

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTA' DI AGRARIA
Dipartimento Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

TESI DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

EVOLUZIONE DELLA QUALITA' PANIFICATORIA IN
GRANO DAL SECONDO DOPOGUERRA AD OGGI
Evolution of bread-making quality in wheat from World War II to today

Relatore:

Prof. GIULIANO MOSCA

Laureando:

Federico Gecchele

Matricola n. 553795

ANNO ACCADEMICO 2008-2009

INDICE

ABSTRACT	5
INTRODUZIONE	7
1. Il concetto di qualità in grano tenero	9
1.1 La qualità e i suoi molteplici aspetti	9
1.2 Composizione chimica del frumento	11
1.3 Il glutine e il suo rapporto con la storia	15
1.4 La qualità delle farine	16
1.5 La proteomica e lo studio delle proteine	19
2. Qualità alla lente d'ingrandimento: cenni sul genoma del frumento	21
2.1 Contenuto e composizione proteica	21
2.2 Le prolammine	22
2.3 Relazione tra composizione proteica e qualità	28
2.4 La durezza della cariosside	29
3. Importanza della tecnica agronomica: ruolo della concimazione azotata	31
3.1 Produzioni di maggiore livello qualitativo: ruolo e importanza della foglia bandiera	36
3.2 La stima del livello nutrizionale tramite l'uso di strumenti ottici	38
3.2.1 Alcuni indicatori dello stato nutrizionale delle colture	39
3.3 Obiettivo: contenimento dell'azoto minerale di sintesi	41
3.3.1 Effetti della consociazione temporanea favino - frumento duro in agricoltura Biologica	42
3.4 L'influenza della concimazione solfatica sulla qualità tecnologica del frumento	46
4. Il "percorso evolutivo" delle varietà coltivate in Italia a partire dal secondo dopoguerra	51
4.1 L'attività di miglioramento genetico del frumento tenero dell'Istituto di Genetica e Sperimentazione Agraria "N. Strampelli" di Lonigo	53
4.1.1 L'Istituto – cenni storici	53
4.1.2 I traguardi raggiunti nel miglioramento genetico delle piante agrarie e la costituzione delle varietà commerciali di grano	54
4.1.3 La conservazione del Germoplasma	56
4.1.4 L'attività di certificazione delle sementi e la divulgazione	56

4.2 Confronto varietale	58
4.2.1 Indici qualitativi considerati	59
4.2.2 Risultati	62
4.3 Considerazioni conclusive	63
Bibliografia	65

ABSTRACT

[ITA]

La presente tesi cerca di definire la qualità del grano, analizzando gli aspetti che la caratterizzano, passando per la composizione chimica del frumento e una breve descrizione della proteomica e della sua funzione. Tutto ciò è strettamente legato alla qualità delle farine ottenute.

Oggetto di studio è stato il glutine, l'artefice principale della qualità, e il contenuto proteico delle farine. Per il primo è stata analizzata la componente genetica delle prolamine, rappresentate da gliadine e glutenine, per il secondo è stata valutata l'influenza della concimazione azotata e della tecnica agronomica, utili per ottenere rese ottimali evitando possibili problemi di allettamento e, a mantenere vitale ed efficiente per il maggior tempo possibile la foglia bandiera. Si è discusso anche dell'importanza dell'agricoltura biologica e della riduzione dell'azoto minerale di sintesi nei programmi di concimazione.

Infine si è voluto osservare come tale qualità sia "evoluita" dal secondo dopoguerra ad oggi. Si sono prese in esame cinque varietà rappresentative, costituite nel periodo considerato, e si sono comparate tra loro per produzione ad ettaro, percentuale di proteina e glutine sulla sostanza secca, e altri due parametri molitori molto importanti quali il W e il rapporto P/L.

Si è giunti poi alle considerazioni conclusive del lavoro di tesi.

[EN]

This graduation thesis aims to define wheat's quality, by the analysis of the characteristic aspects, the wheat's chemical composition and a brief description of the proteomics and its functions. All those facts are strictly bound to the flour's quality obtained.

Matter of interest was the gluten, major actor of the flour's quality, and the flour's protein contents. First of all has been analyzed the genetic component of the prolamine, represented by gliadin and glutenin, in a second time, it has been evaluated the influence of

the nitrogen fertilization and the agronomic technique, functional to obtain optimal yields, avoiding at the same time enticement's problems and useful to keep functional and alive the flag leaf.

It has also been discussed about the importance of the organic agriculture and the reduction of the mineral nitrogen in the fertilization's programs.

Finally the work aimed to observe how the mentioned qualities has developed from the World War II to today. 5 of the most common variety, formed in the mentioned years, were taken in exam, and they have been compared considering the yield/ha, the protein's percentage and the gluten/dry matter and two more important parameters regarding the quality in the milling process, as the W and the P/L ratio.

At the end of all these studies it was possible to process the conclusive considerations.

INTRODUZIONE

Mai come in questi ultimi cinquant'anni l'agricoltura ha conosciuto un incremento tale di produzioni, sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo. Di pari passo è aumentata pure la popolazione, che dagli stessi terreni poteva ora produrre più cibo, seguendo comunque quello che era l'andamento di fine Ottocento e dei primi anni del secolo scorso.

Molti fattori hanno aiutato tutto ciò, tipo l'avvento dei concimi di sintesi o lo studio del genoma vegetale.

Tra tutte le colture, il grano e in particolare il grano tenero, è quello che più di tutte è stato oggetto di attenzioni del mondo scientifico e agronomico. Personaggi illustri come Nazareno Strampelli hanno dedicato la loro vita al servizio dell'agricoltura, ottenendo moltissime varietà di grano dalle vecchie popolazioni locali.

Esiste, però, un'altra faccia della medaglia: pensando ad aumentare solamente le produzioni, si era tralasciato un parametro molto importante, la qualità. Ciò si rispecchiava molto bene nei pani che si producevano, i quali avevano perso il caratteristico profumo e il sapore, oltre che a creare qualche problema durante la panificazione.

Fortunatamente, negli ultimi anni, le multinazionali sementiere, seguendo quello che chiedeva il mercato, hanno immesso nel commercio varietà che mediassero le due cose, raccogliendo i consensi dei produttori agricoli e delle industrie trasformatrici.

1.IL CONCETTO DI QUALITA' IN GRANO TENERO

1.1 LA QUALITA' E I SUOI MOLTEPLICI ASPETTI

I cereali sono specie vegetali appartenenti alla Famiglia delle Graminacee. A livello mondiale, i più coltivati risultano il frumento, il mais, il riso, l'orzo, l'avena e la segale.

Il frumento (*Triticum aestivum o vulgare*) è, sin dalla preistoria, il più importante dei cereali; tale caratteristica dipende dalla sua adattabilità ad ogni tipo di terreno e a differenti climi, pertanto la sua area di coltivazione risulta compresa tra 30°-60° latitudine nord e 20°-40° latitudine sud e, in condizioni particolari, lo si trova in coltura anche all'equatore e oltre il circolo polare artico.

Attualmente vengono coltivate circa dieci specie del genere *Triticum*, ma solo due tra queste presentano interesse dal punto di vista commerciale: il *Triticum vulgare* ed il *Triticum durum* (grano duro).

La qualità del grano dipende da numerosi fattori, i più importanti dei quali sono:

- a) il terreno;
- b) la concimazione: i concimi azotati, ed in particolare i nitrati, oltre ad essere fattori favorevoli, hanno anche il compito di aumentare il contenuto proteico del grano; ciò si verifica entro certi limiti, in quanto superando un certo valore di concimazione, la quantità di azoto ceduto dai fertilizzanti non è più in relazione con la quantità e la qualità del glutine;
- c) la temperatura e lo stato igrometrico dell'aria hanno influenza sulla qualità del grano nella fase di maturazione, e precisamente negli ultimi venti giorni che precedono tale epoca;
- d) i precedenti colturali hanno anch'essi una certa importanza, ad esempio si ottiene una migliore panificazione da grani la cui coltivazione sia stata preceduta da quella di patate o barbabietole.

Non è facile dare una definizione completa della qualità del frumento, in quanto il termine assume un significato diverso per l'agricoltore, il mugnaio, il pastificatore o il panificatore e il consumatore.

Il coltivatore considera il frumento di buona qualità:

- 1- se matura regolarmente sulla pianta che non alletta e rimane sano;

2- se la granella appare ben conformata, sana, asciutta e con elevato peso ettolitrico.

Il panificatore, oltre ad apprezzare le caratteristiche indicate al punto 2 richiede:

- 1- buone dimensioni e uniformità della cariosside;
- 2- seme senza corpi estranei e non banalmente miscelato con quello di altre varietà;
- 3- partite di frumento con caratteristiche tipiche delle regioni di provenienza;
- 4- frumento di facile macinazione e di alta resa in farina;
- 5- basso contenuto in ceneri.

1.2 COMPOSIZIONE CHIMICA DEL FRUMENTO

Acqua: il contenuto di acqua (umidità) del frumento è molto variabile e dipende dal clima e dall'ambiente dove viene coltivato: è possibile avere da un minimo di 8% in grani coltivati in zone a clima secco ad un massimo del 17-18% in grani prodotti in zone a clima particolarmente umido.

Il contenuto in acqua rappresenta, in definitiva, un notevole indice commerciale in quanto varia il peso specifico del grano e quindi ne influenza la resa in macinazione, la conservabilità della farina e le sue caratteristiche tecnologiche.

Carboidrati: il 72% del peso della cariosside del frumento è costituita da carboidrati o glucidi, a loro volta formati dal 60-68% di amido, dal 6,5% di pentosani; dal 2-2,5% di cellulosa e dall'1,5% di zuccheri riducenti. Il componente glucidico più importante dal punto di vista tecnologico e di cui il grano è maggiormente ricco è l'amido; la sua importanza tecnologica è dovuta alla capacità di assorbire acqua.

I granuli di amido sono formati da due tipiche molecole: lineari (amilosio) con diametro di 5-15 μ e ramificate (amilopectina) con diametro di 20-39 μ ; le prime sono polimeri il cui monomero è il D-glucosio unito da legami alfa 1,4 glucosidici; l'amilopectina è invece formata da catene ramificate con legame alfa 1,6.

Studi hanno dimostrato che le proprietà reologiche dell'amido dipendono anche dal grado di maturazione del grano al momento della mietitrebbiatura: la capacità di idratazione diminuisce con la maturazione del grano, ma l'amido ricavato dal grano maturo è più attaccabile dagli enzimi di quello ricavato dal grano non maturo; inoltre è stato riscontrato un aumento delle amilasi con la maturazione.

In conclusione l'amido del grano a piena maturazione permette di ottenere un pane di maggior volume rispetto a quello di grano non maturo.

Le caratteristiche tecnologiche dell'amido dipendono anche dalle sue dimensioni: i granuli piccoli hanno un contenuto di amilosio inferiore a quello degli amidi regolari e producono un pane con un minor volume.

L'amido contiene dal 19 al 26% di amilosio e dal 74 all'81% di amilopectina.

La temperatura di gelatinizzazione dell'amido dipende da diversi fattori (concentrazione, pH, ecc.), ma generalmente è tra 56°-60° C.

Notevole importanza tecnologica, oltre all'amido, rivestono anche gli zuccheri riducenti in

quanto sono le sostanze che permettono l'attuazione della fermentazione degli impasti (farina-acqua) con produzione di gas. Gli zuccheri riducenti sono presenti in minima quantità nel grano appena raccolto, ma si formano successivamente durante la conservazione sia del grano che della farina, per azione di enzimi che trasformano l'amido in destrina e maltosio.

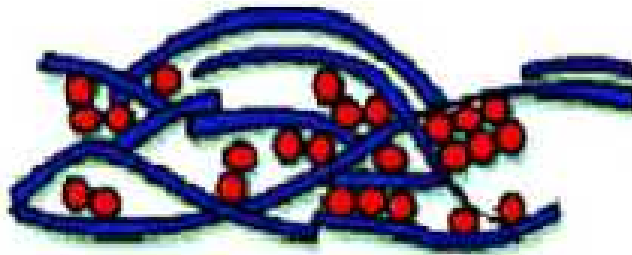
Sono anche presenti, in preminenza nella parte corticale della cariosside, pentosani, lignina e cellulosa.

Protidi: il contenuto proteico del grano (riferito al contenuto di azoto totale determinato con il metodo Kjeldahl e moltiplicato per il fattore 5,7) oscilla da un minimo di 8% ad un massimo di 18%, con valori medi tra il 10 ed il 14%.

E' stata messa in evidenza da Osborne nel 1924, mediante un semplice frazionamento basato sulla solubilità o meno in acqua, la presenza di quattro tipi di sostanze proteiche; di queste, due sono solubili in soluzioni saline diluite: le albumine (leucosina), con contenuto percentuale rispetto al totale proteico del 12% e le globuline con il 4%; due sono insolubili in acqua e solubili invece in solventi polari (alcol e acetone): le gliadine con un'incidenza del 44% e le glutenine con il 40%. Tra questi componenti proteici del frumento, le due frazioni insolubili in acqua hanno una grande importanza tecnologica perché a contatto con l'acqua si uniscono con legami intermolecolari, formando il glutine che rappresenta la sostanza che conferisce resistenza ed elasticità all'impasto ottenuto da farina ed acqua.

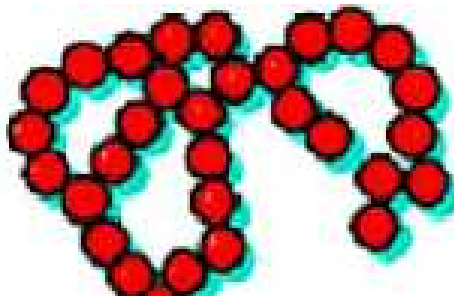
LE PROTEINE DEL GLUTINE

GLUTINE: la predominanza delle gliadine o delle glutenine influenza le proprietà dell'impasto



GLIADINE: sono molecole relativamente piccole, di forma globulare e simmetrica, con area superficiale ridotta. Ciò determina una minore tendenza ad interagire con altre proteine.

Un eccesso di gliadine comporta un impasto molto estensibile



GLUTENINE: presentano una superficie notevole, ciò favorisce le interazioni molecolari.

Un eccesso di glutenine comporta un impasto molto rigido e forte (elastico).



Lipidi: entrano solo in piccola percentuale nella composizione chimica del frumento (1,5-2%) e sono localizzati principalmente nel germe (particolarmente ricco in tocoferoli, che prendono il nome di vitamina E).

I componenti lipidici più importanti sono i gliceridi, i fosfolipidi e gli steroli.

Nella composizione in acidi grassi dei gliceridi e dei fosfolipidi prevalgono acidi grassi insaturi quali l'acido oleico e linoleico.

Numerose ricerche hanno messo in evidenza l'importanza dei lipidi sia nei processi tecnologici di trasformazione che nella conservazione dei prodotti finiti; tale importanza è legata alle proprietà tensioattive dei grassi e alla loro capacità di reagire con le proteine.

Sali minerali: la maggior parte delle sostanze inorganiche del frumento si trovano nella crusca e nelle cellule aleuroniche e la loro quantità oscilla tra l'1,5 e il 2%.

Vitamine: il frumento contiene notevoli quantità di alcune vitamine, quali la tiamina (B₁), la riboflavina (B₂), la niacina, l'acido pantotenico, l'acido folico, la biotina, la colina, l'insitolo, i tocoferoli e la xantofilla, precursore della vitamina A. E' invece completamente privo di altre, quali la vitamina C e D.

La loro distribuzione nella cariosside è tale da essere localizzata quasi del tutto negli strati esterni per cui vengono a ritrovarsi in gran parte nei prodotti secondari della macinazione.

Enzimi: sono sostanze di natura proteica che vengono definiti catalizzatori biologici in quanto concorrono allo svolgimento di reazioni di natura biochimica; pur essendo presenti in modesta quantità nella cariosside del grano, rivestono un ruolo fondamentale nelle caratteristiche tecnologiche dei prodotti derivati.

Il più importante enzima del grano è la diastasi che è presente nell'embrione del grano ed è particolarmente importante durante la germinazione in quanto la sua attività si svolge durante tale fase. La diastasi è composta dall'alfa-amilasi e dalla beta-amilasi e la sua azione si esercita in due tempi sull'amido, prima viene liquefatto e poi trasformato in maltosio e destrina.

Mentre l'alfa-amilasi produce sia destrina che maltosio, la beta-amilasi produce solo maltosio.

Le amilasi, producendo zuccheri riducenti, permettono successivamente la fermentazione.

L'alfa-amilasi contenuta naturalmente nella farina di frumento, è spesso insufficiente, soprattutto se la coltivazione del grano è avvenuta in un clima secco, per cui è necessario l'aggiunta di farina maltata particolarmente ricca di tale enzima.

Azione enzimi:

- le proteasi agiscono sulle proteine formando polipeptidi ed aminoacidi; tale fenomeno presenta un aspetto negativo dal punto di vista tecnologico nei prodotti di fermentazione in quanto non permette la formazione del costrutto proteico;
- le cellulasi scompongono le pareti cellulosiche del frumento;
- le invertasi, presenti nei lieviti, agiscono sul saccarosio trasformandolo in destrosio e levulosio;
- le maltasi, che trasformano il maltosio in due molecole di glucosio;
- le ossidasi danno una colorazione bruna agli impasti.

1.3 IL GLUTINE E IL SUO RAPPORTO CON LA STORIA

Il glutine fu isolato per la prima volta da uno scienziato italiano, **Beccari**. In un rapporto nel 1728 egli descrisse come era possibile “estrarre” questo materiale da un impasto di farina e acqua mediante un lavaggio delicato sotto acqua corrente in modo da allontanare l'amido.

Per la prima volta furono isolate proteine da una fonte vegetale: fino ad allora si pensava che tali macromolecole fossero presenti solo nelle matrici di origine animale. La massa isolata con queste modalità è costituita, oltre che da proteine (80% della sostanza secca), anche da grassi (8%), sostanze minerali, una piccola quota di amido; proprietà determinante per il ruolo tecnologico svolto in panificazione dal glutine è rappresentata dalla sua capacità di trattenere acqua, circa il 70% del suo peso.

La successiva, rilevante scoperta sulle proteine dei cereali fu fatta solo centocinquanta anni più tardi. Nel 1924, l'inglese **Osborne** propose di separare e classificare le proteine del frumento (e di ogni altro cereale) in quattro categorie in base alla solubilità in quattro differenti solventi, utilizzati in sequenza. Le proteine solubili in acqua furono definite da Osborne albumine, globuline quelle solubili in soluzioni saline, prolamine (denominate gliadine nel caso del frumento) la frazione che raggruppa le numerose proteine solubili in

soluzione acquosa di etanolo e gluteline (glutenine nel frumento) il gruppo estraibile con soluzioni debolmente acide o alcaline.

1.4 LA QUALITA' DELLE FARINE

Il frumento tenero viene prevalentemente utilizzato per la produzione di pane e in minor misura per prodotti da forno quali biscotti, crackers, panettoni e dolci vari. Ogni prodotto richiede un particolare tipo di farina che a sua volta presuppone l'impiego di grani con caratteristiche qualitative diverse.

Attraverso le fasi della macinazione del frumento tenero si ottengono una serie di prodotti dalle caratteristiche diverse: farina, farinetta, farinaccio, crusca, cruschetto, tritello e scarti di pulitura.

Considerando che la cariosside è formata dalle seguenti parti: 12,5% di corteccia, 85% di albume e 2,5% di germe, la macinazione consiste nel separare l'85% di albume dalle altre parti, trasformandolo quindi in farina.

In media le percentuali dei vari prodotti ottenuti dalla macinazione sono i seguenti:

- farina 75-78%;
- farinetta e farinaccio 2,5-3%;
- crusca, cruschetto e tritello 20-22%;
- scarti di pulitura 0,2-2%

Le farine derivate da basse estrazioni (*grado di abburattamento*) provengono principalmente dalla parte centrale del chicco e si contraddistinguono ad occhio nudo per la loro purezza e candore; sono denominate in Italia farina tipo 00. Al contrario, una farina ad alto tasso di estrazione (circa 80%) sarà meno chiara in quanto contiene anche la farina proveniente dalla parte esterna del chicco (strato aleuronico); in relazione al contenuto in ceneri (minerali) possono essere denominate farina tipo 0, tipo 1 o tipo 2. Quando la percentuale di estrazione giunge al 100% si ottiene la cosiddetta farina integrale, cioè uno sfarinato comprensivo anche di crusca.

Denominazione del prodotto	Umidità max (%)	Ceneri min (%)	Ceneri max (%)	Proteine min (%)
Farina di grano tenero tipo 00	14,5	-	0,55	9,0
Farina di grano tenero tipo 0	14,5	-	0,65	11,0
Farina di grano tenero tipo 1	14,5	-	0,80	12,0
Farina di grano tenero tipo 2	14,5	-	0,95	12,0
Farina integrale	14,5	1,3	1,70	12,0

Tabella 1.1 Principali caratteristiche delle farine di grano tenero in commercio in Italia.

I fattori che influenzano la qualità sono in gran parte legati alle componenti genetiche delle diverse varietà ed alle loro eventuali variazioni dovute alla fertilizzazione, al clima ed alle infezioni delle piante.

Tra le sostanze azotate proteiche della farina di frumento predominano le gliadine e le glutenine che, fortemente idratate, danno una massa elastica detta glutine, principale responsabile delle proprietà dell'impasto.

Il diverso comportamento del glutine è in rapporto alla composizione in aminoacidi delle proteine della farina da cui deriva, all'orientamento spaziale delle catene polipeptidiche ed alla distribuzione delle cariche.

Dalla idrolisi delle proteine e quindi del glutine si ottengono aminoacidi con quantità minime di lisina e di triptofano; la carenza di questi due aminoacidi essenziali per l'organismo umano mostra che è necessario, dal punto di vista nutritivo, integrare la farina di frumento con altre farine aventi proteine di miglior valore biologico.

La percentuale di glutenina rispetto al contenuto totale di proteine ha un'influenza negativa sul volume del pane, mentre le proteine residue incidono positivamente sul volume del medesimo.

La qualità panificatoria media deve essere definita valutando sia il comportamento della pasta ottenuta dal frumento in causa, durante la lavorazione meccanica, sia le sue caratteristiche chimiche e biochimiche.

La qualità tecnologica della farina dipende non solo dalla composizione in aminoacidi del glutine ma anche dalla presenza di aminoacidi solforati quali quelli contenenti gruppi tiolici (-SH) e disolfurici (-S-S-).

I gruppi tiolici si possono classificare in non reattivi e reattivi: il contenuto di questi ultimi

varia da 4,0 a 7,5 μ eq/g di proteina ed aumenta negli impasti ottenuti da farine più raffinate, in quelli sottoposti a prolungato mescolamento ed in quelli trattati con sostanze capaci di provocare la rottura dei legami idrogeno.

In conclusione, pur tenendo conto dei pareri discordi di alcuni autori, si può affermare che l'azione migliorante degli agenti ossidanti si esplica solo su una parte dei gruppi -SH presenti, chiamati appunto accessibili, reattivi o liberi.

Importanti sono inoltre i legami disolfurici per le proprietà dell'impasto in quanto formano legami incrociati tra catene polipeptidiche ed inoltre, reagendo con i gruppi tiolici, possono intercambiarsi e quindi dare mobilità alla struttura relativamente semirigida dell'impasto. Possono essere classificati in due tipi: intercatena ed intracatena. Mentre i primi reagiscono con il solfito in soluzione acquosa e, vengono perciò chiamati "reattivi", gli altri in queste condizioni non vengono ridotti.

In relazione all'impasto, i legami intercatena sono i più importanti per quanto riguarda le proprietà tecnologiche.

Dai risultati ottenuti, la farina dei grani di forza contiene una maggiore quantità di gruppi disolfurici per grammo di sostanza secca rispetto a quella dei grani deboli.

Prendendo in considerazione il contenuto proteico e le proprietà tecnologiche dei diversi tipi di farina, in generale si ha una relazione inversa tra il numero dei legami disolfurici e la quantità di proteine: i dati ottenuti per grammo di proteina mostrano che il grano debole contiene una maggiore quantità di gruppi disolfurici rispetto ai grani di forza.

Questi risultati forniscono un'indicazione interessante sulle differenze di qualità delle farine poiché i gruppi -S-S- legano le varie catene polipeptidiche delle proteine: la struttura di queste ultime subisce quindi variazioni in base al numero dei legami.

In relazione all'impasto, i legami intercatena sembrano essere più importanti per quanto riguarda le proprietà reologiche.

Per definire il ruolo dei vari tipi di gruppi tiolici e disolfurici sono state infine effettuate determinazioni su estratti acquosi di farine a differente forza di impasto: i risultati hanno dimostrato che entrambi i gruppi reattivi, sia tiolici che disolfurici, aumentano con il diminuire della forza, mentre i gruppi solfurici totali diminuiscono col crescere della forza.

Per quanto riguarda l'amido, le condizioni di macinazione adottate determinano il grado di danneggiamento dello stesso influenzando le caratteristiche della farina; un modesto danneggiamento dei granuli di amido può riuscire benefico, un grado eccessivo è invece indesiderabile. I granuli di amido non danneggiati rigonfiano e gelatinizzano solo

debolmente alla temperatura nella quale si effettua l'impasto e la lievitazione, mentre per quelli danneggiati il processo avviene quasi totalmente o del tutto.

I granuli di amido non danneggiati dalla macinazione, durante il processo di fermentazione dell'impasto non sono attaccati dalla beta-amilasi, e solo lentamente dall'alfa-amilasi, trasformandoli in maltosio; al contrario, i granuli frantumati vengono idrolizzati dalle amilasi.

L'impiego di farina macinata troppo finemente, nella quale si era constatata un'elevata percentuale di granuli danneggiati, porta alla formazione di pane di volume inferiore al normale, con mollica umida e mal cotta, caratterizzato da un colore eccessivamente scuro della crosta.

1.5 LA PROTEOMICA E LO STUDIO DELLE PROTEINE

Negli ultimi anni lo sviluppo di metodi avanzati per il sequenziamento del DNA, ha contribuito in modo notevole alla caratterizzazione e all'ottenimento del genoma completo di numerosi organismi (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Entrez/Genome/main_genomes.html).

I risultati ottenuti in questo campo hanno comunque reso chiaro che la conoscenza del genoma è solo il primo *step* per la comprensione dei processi cellulari che avvengono negli organismi. Infatti, mentre il genoma contiene le informazioni che permettono ad un organismo di vivere e riprodursi, le funzioni essenziali di una cellula sono svolte dai prodotti dei geni, le proteine.

Sono infatti le proteine che operano e che rendono possibile tutti i processi, sia fisiologici che patologici.

Di conseguenza, alla genomica oggi si è affiancata la “*proteomica*”, ovvero la scienza che studia su grande scala il proteoma, ovvero, “*l'intero contenuto PROTeico espresso da un genOMA*” di una cellula, di un tessuto o di un organismo, in determinate condizioni ambientali. Lo scopo della *proteomica* è proprio quello di fotografare, a livello proteico, in ogni istante della vita di una cellula, di un tessuto o di un organismo, l'evoluzione di tale complesso sistema.

Parlando di proteomica non si può non parlare della “*bioinformatica*”, la quale è diventata parte integrante degli studi proteomici. Infatti, in un singolo esperimento si ottengono

generalmente una consistente quantità di dati, espressione della complessità di tali studi. Quindi, l'analisi dei dati ottenuti (bioinformatica) rappresenta uno *step* essenziale per l'identificazione delle proteine.

L'insieme delle informazioni dedotte dagli studi proteomici, correlate con quelle ottenute a livello genomico, dovrebbe così consentire di stabilire l'effettivo ruolo sia delle proteine sia dei geni, nonché le relazioni genotipo-fenotipo. In tal senso, l'identificazione dei geni espressi fenotipicamente in un organismo in rapporto a un particolare contesto temporale e spaziale dello sviluppo, definito dalla configurazione delle proteine presenti nella cellula, nonché la comparazione tra il proteoma di diverse cellule o della stessa cellula in tempi diversi, rappresentano oggi le nuove sfide conoscitive dell'indagine molecolare sulla vita.

2.QUALITA' ALLALENTE D'INGRANDIMENTO: CENNI SUL GENOMA DEL FRUMENTO

2.1 CONTENUTO E COMPOSIZIONE PROTEICA

Il contenuto proteico (espresso in percentuale del peso secco della cariosside) è un carattere genetico fortemente influenzato dalle condizioni di coltivazione (suolo, clima, disponibilità di sostanze nutritive). Esso è inoltre correlato inversamente con la produttività. La localizzazione cromosomica dei geni che controllano caratteri quantitativi poligenici come il contenuto proteico è difficile da determinare. I geni che influiscono su questo carattere sono localizzati su tutti i cromosomi, e questa localizzazione può essere diversa nelle diverse varietà.

Attualmente sono disponibili numerosi modelli matematici e software da utilizzare nell'analisi dei rapporti di concatenazione tra geni marcatori e geni che controllano il contenuto proteico. Una enorme quantità di dati genetici sono stati ottenuti utilizzando le tecniche molecolari basate sul polimorfismo dei frammenti di restrizione (RFLP, Restriction Fragment Length Polymorphism), sui RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) o gli AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) in alcuni cereali come il mais ed il riso. Sfortunatamente queste tecniche hanno dato scarsi risultati in grano. I costi delle tecniche molecolari nella ricerca di geni per il contenuto proteico ed altri fattori qualitativi e nella costituzione varietale sono tuttora piuttosto elevati, mentre rimangono incerti i risultati.

È universalmente accettato che il fattore principale che causa variabilità nella qualità tecnologica di una singola varietà di grano è il contenuto proteico. Tuttavia quando si confrontano genotipi diversi di grano ci si accorge che le rette di correlazione tra contenuto proteico e parametri qualitativi hanno pendenze diverse. Ciò deriva dal fatto che le diverse varietà di grano e la materia prima da esse derivata possono presentare differenze significative nella composizione proteica e, in particolare, nei rapporti tra le frazioni proteiche che costituiscono il glutine (Wasik e Bushuk 1975; Heubner e Wall 1976).

A partire dagli anni '80, l'attività di miglioramento genetico della qualità tecnologica del

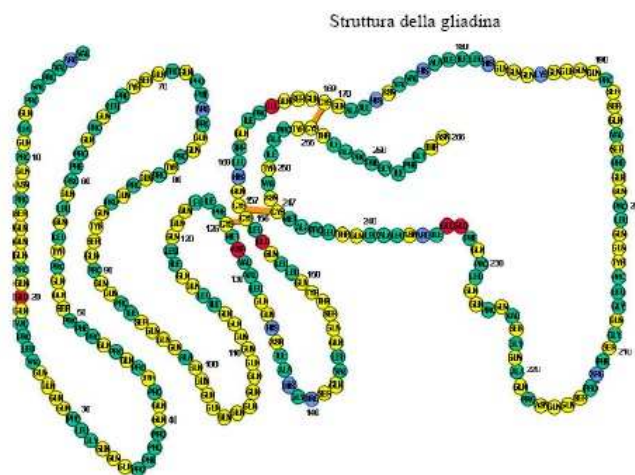
grano ha avuto un notevole impulso dalla individuazione di specifiche proteine correlate con la qualità del glutine (Damidaux *et al.* 1978; Kosmolak *et al.* 1980; Payne *et al.* 1979, 1984). In particolare, è stato dimostrato che tra le due principali frazioni proteiche del glutine, gliadine e glutenine, è quest'ultima che determina in maggior misura le caratteristiche reologiche degli impasti (elasticità ed estensibilità) attraverso la formazione di polimeri proteici costituiti da subunità gluteniniche a basso peso molecolare (LMW-GS) e ad alto peso molecolare (HMW-GS) (Payne *et al.* 1979, 1984; Branlard *et al.* 1985; Pogna *et al.* 1990; Gupta *et al.* 1991; Halford *et al.* 1992).

La composizione delle proteine di riserva è dunque il più importante fattore qualitativo del grano. Le proteine di riserva appartengono a tre famiglie principali, le gliadine, le subunità gluteniniche a basso peso molecolare (LMW) e le subunità gluteniniche ad alto peso molecolare (HMW). Esse costituiscono la parte preponderante del glutine, una massa proteica elastica che si ottiene impastando la semola o la farina sotto un rivolo d'acqua.

2.2 LE PROLAMMINE

Le prolammine (così chiamate per l'alto contenuto in prolina e glutammina) costituiscono l'80% circa delle proteine totali della cariosside dei frumenti e sono le principali responsabili delle caratteristiche tecnologiche degli impasti ottenuti da semole o farine. Le prolammine costituiscono il glutine e sono rappresentate principalmente da gliadine e glutenine.

Le prime sono molecole monomeriche tipicamente classificate in alfa, beta, gamma e omega, in ordine di mobilità decrescente in elettroforesi acida. La condizione monomerica è dovuta all'assenza di residui cisteinici, come nel caso delle omega-gliadine, o alla presenza di soli legami disolfuro intra-molecolari (le rimanenti gliadine).



Con il termine glutenine viene designato, invece, un complesso polimerico, costituito da subunità ad alto (HMW-GS) e a basso (LMW-GS) peso molecolare, stabilizzato da ponti disolfuro inter ed intramolecolari. Essi sono stati scarsamente caratterizzati a causa delle elevate dimensioni molecolari che possono essere dell'ordine di grandezza di diversi milioni. Tali dimensioni dipendono dalla quantità delle subunità gluteniniche costituenti, e dalle caratteristiche strutturali delle stesse, quali estensione del dominio ripetuto, numero e posizione dei residui cisteinici. Dato il loro ruolo fondamentale nel determinare gli aspetti funzionali del glutine, risulta importante avere una conoscenza più dettagliata della composizione ed organizzazione dei polimeri gluteninici.

PROTEINE DEL GLUTINE	GLIADINE MONOMERICHE	ó-GLIADINE	<i>PROLAMINE povere in S</i>
		α-,β-GLIADINE	<i>PROLAMINE ricche in S</i>
		γ-GLIADINE	
	GLUTENINE POLIMERICHE	Sub unità LMW	
		Sub unità HMW	<i>PROLAMINE HMW</i>

Tabella 2.1 Classificazione delle proteine del glutine basata su omologie strutturali e relazioni genetiche

Le HMW-GS vengono a loro volta suddivise in subunità di tipo x e y, che differiscono sia nell'organizzazione del dominio centrale ripetuto, ricco in prolina e glutammina, che nel numero dei residui cisteinici; le subunità di tipo x hanno sempre quattro cisteine, tranne la subunità 1Dx5 che ne ha cinque, mentre le subunità di tipo y ne hanno sette (Shewry et al., 1992). Esse differiscono dalle altre proteine di riserva per l'alto contenuto in glicina e un più basso contenuto in prolina.

Dallo studio della loro struttura secondaria è risultato che le HMW- G S hanno una regione centrale con conformazione a beta-spirale, ricca di glutammina e prolina, amminoacidi responsabili dell'elasticità e flessibilità della struttura proteica mentre le regioni terminali, che presentano una conformazione ad alfa-elica, contengono i residui di cisteina coinvolti nella formazione di ponti disolfuro.

Nei frumenti teneri (AABBDD) le HMW-GS sono codificate dai geni presenti ai loci *Glu-1* situati sui bracci lunghi dei cromosomi 1A, 1B e 1D (*Glu-A1*, *Glu-B1* e *Glu-D1*); ognuno di questi loci è costituito da due geni strettamente associati che codificano per le due diverse subunità proteiche x con peso molecolare maggiore, ed y con peso molecolare minore. Tutte le cultivar di frumento tenero posseggono le subunità 1Bx, 1Dx e 1Dy; alcune presentano anche la subunità 1By e/o la 1Ax; la subunità 1Ay è sempre assente in frumenti teneri e duri, mentre è presente nei frumenti selvatici diploidi e tetraploidi, progenitori degli attuali frumenti coltivati. Quando si verifica la contemporanea assenza della subunità di tipo x ed y al locus *Glu-A1* si parla di allele nullo. Il polimorfismo presente a ciascun locus è stato descritto da Payne et al. (1984), che stabilirono una numerazione per identificare le diverse varianti alleliche e definirono anche le correlazioni tra queste e le caratteristiche qualitative (panificabilità) dei frumenti teneri. Le combinazioni casuali dei possibili alleli presenti ai loci *Glu-A1*, *Glu-B1* e *Glu-D1* fa sì che il numero delle HMW-GS varia da 3 a 5 nei frumenti teneri e da 2 a 3 nei frumenti duri.

Le LMW-GS rappresentano un complesso molto eterogeneo di proteine, comprendente subunità designate di tipo B, C e D. Le tipiche LMW-GS appartengono prevalentemente al gruppo B, mentre i gruppi C e D corrispondono a gliadine modificate nel numero di cisteine, caratteristica che le ha rese funzionalmente sub unità gluteniniche e quindi parte del polimero gluteninico. In particolare, le subunità C sono rappresentate principalmente da gliadine modificate di tipo alfa, beta e gamma (Masci et al., 2002), mentre le subunità D sono omega-gliadine che hanno acquisito un residuo cisteinico per mutazione (Masci et al., 1993; 1999).

I geni codificanti per le LMW-GS sono essenzialmente presenti ai loci *Glu-3* (*Glu-A3*, *Glu-B3* e *Glu-D3*), situati sul braccio corto dei cromosomi omologhi del gruppo 1 e più o meno strettamente associati ai loci *Gli-1* che controllano la sintesi delle gliadine.

Le gliadine contribuiscono alla viscosità dell'impasto, mentre le glutenine sono responsabili dell'elasticità e della tenacità (Veraverbeke e Delcour, 2002).

In particolare, la quantità e le dimensioni dei polimeri gluteninici sono positivamente correlate con le proprietà tecnologiche degli impasti (MacRitchie e Lafiandra, 1997). Queste caratteristiche dei polimeri gluteninici dipendono perciò dalla capacità delle singole subunità componenti di formare polimeri più o meno estesi. Sulla base di tale capacità, le subunità gluteniniche vengono funzionalmente suddivise in tre gruppi:

(i) gli “estensori di catena” che, possedendo due residui cisteinici liberi per formare due legami disolfuro intermolecolari, sono in grado di allungare linearmente il polimero gluteninico. A questa categoria corrispondono principalmente le tipiche LMW-GS e alcune HMW-GS;

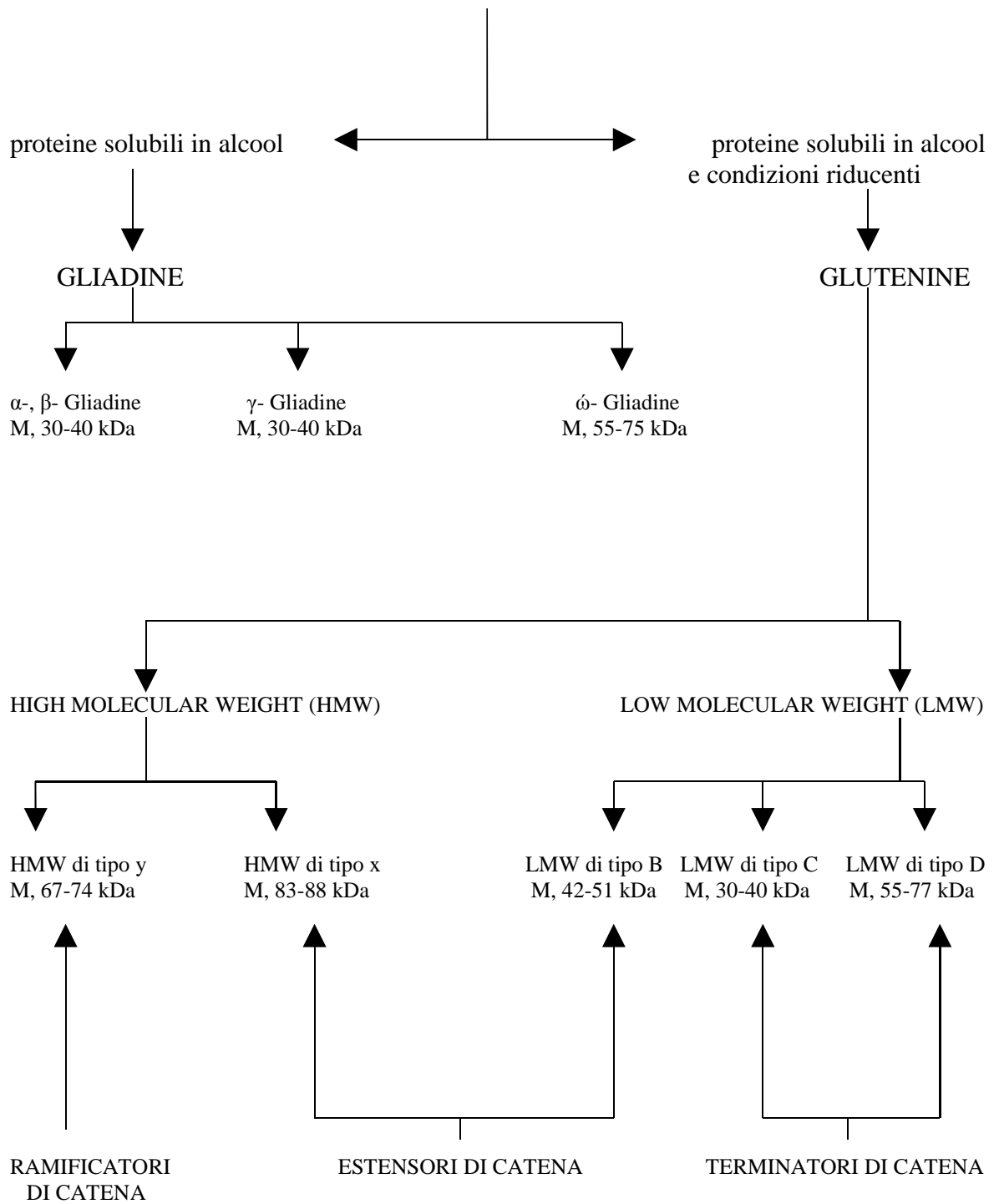
(ii) i “ramificatori di catena”, che posseggono tre o più residui cisteinici per la formazione di legami covalenti intermolecolari, contribuendo così all'accrescimento non lineare dei polimeri gluteninici.

Probabilmente alcune varianti alleliche di HMW-GS sono in grado di esplicare questo ruolo;

(iii) i “terminatori di catena” che, possedendo un unico residuo di cisteina libero, interferiscono con la crescita del polimero gluteninico durante le fasi di maturazione della cariosside. Le gliadine modificate (LMW-GS appartenenti ai gruppi C e D) presumibilmente svolgono questo ruolo. Benché tutte le proteine di riserva contribuiscano a determinare le caratteristiche qualitative degli impasti, vi sono delle differenze esercitate dalle diverse classi proteiche a seconda del prodotto finale considerato: ad esempio, la composizione in HMW-GS è fondamentale nel determinare le caratteristiche panificatorie del frumento tenero, mentre le LMW-GS lo sono per le proprietà pastificatorie del frumento duro. In particolare, queste ultime presentano due principali forme alleliche nel frumento duro: le LMW-1, tipiche delle cultivar di frumento duro di qualità più scadente, e le LMW-2, caratteristiche invece delle cultivar migliori (Payne et al., 1984b; Pogna et al., 1988). Le LMW-2 sono notevolmente più abbondanti delle LMW-1 (Masci et al., 1995), e la quantità di LMW-GS sembra essere il fattore determinante delle differenze qualitative tra LMW-1 e LMW-2, sebbene differenze strutturali non possano essere del tutto escluse. L'elevato numero di varianti alleliche esistenti per le subunità gluteniniche

ad alto e basso peso molecolare ha permesso di evidenziare il loro diverso ruolo nell'influenzare le caratteristiche funzionali degli impasti modulando le dimensioni dei polimeri gluteninici. Le basi molecolari che determinano le differenze qualitative associate alle diverse varianti alleliche sono oggetto di studio approfondito da parte di numerosi gruppi di ricerca.

PROTEINE DI RISERVA



Classificazione delle proteine della cariosside di grano (Occhipinti L. 2003. Tesi di laurea: studi di proteomica sulle cultivar di grano duro Simeto).

2.3 RELAZIONE TRA COMPOSIZIONE PROTEICA E QUALITÀ

P. I. Payne è stato il primo a dimostrare che la presenza di certe subunità HMW è correlata alla buona qualità panificatoria del grano tenero. L'osservazione che le subunità 1, 2*, 5+10, 7+9 e 17+18 sono presenti prevalentemente nelle varietà di grano tenero con glutine forte e buona qualità panificatoria ha fornito ai costitutori un metodo semplice per scegliere i genotipi da incrociare e per selezionare le progenie sulla base della loro composizione in subunità HMW. In effetti la composizione in subunità HMW è in grado di spiegare una quota significativa (anche il 50%) della variabilità osservata nella qualità panificatoria.

Per ciò che riguarda il grano duro, la variabilità allelica per le subunità HMW è piuttosto limitata rispetto a quella di grano tenero, anche perché mancano o sono rare le proteine codificate dal locus Glu-A1. Tuttavia è stato osservato che le subunità 7+8 danno un glutine più forte delle subunità 6+8 e 20 (Pogna *et al.* 1990) e ciò è in accordo con l'osservazione che le migliori varietà italiane di grano duro contengono queste subunità.

Dal punto di vista del miglioramento genetico è importante osservare che gli effetti delle subunità HMW e LMW sulla elasticità ed estensibilità degli impasti sono additivi. Il ruolo svolto da queste subunità deriva dalla loro capacità di dare origine a polimeri di dimensioni variabili attraverso la formazione di ponti disolfuro intermolecolari. La presenza di alcune subunità HMW e LMW è infatti risultata strettamente correlata con la formazione di polimeri gluteninici di grandi dimensioni rispetto a quelli formati da altre subunità. Alla luce di queste scoperte, l'approccio genetico al miglioramento qualitativo del grano deve mirare alla manipolazione del numero, della struttura e dell'espressione dei geni che codificano per le subunità gluteniniche in modo da incrementare la quantità di polimeri gluteninici di grandi dimensioni.

Grossi polimeri si possono ottenere attraverso l'aumento del numero di geni gluteninici attivi, l'aumento della loro efficienza di trascrizione e traduzione, oppure attraverso l'incremento della capacità delle subunità di formare ponti disolfuro intermolecolari.

2.4 LA DUREZZA DELLA CARIOSSIDE

La durezza del seme è una importante caratteristica varietale che è correlata con la resa in macinazione e la qualità del prodotto finale. Il frumento tenero con cariosside dura (noto anche come grano “hard”) richiede più acqua e un tempo doppio di condizionamento prima della macinazione rispetto al frumento tenero con cariosside soffice e farinosa. Inoltre la farina del frumento “hard” ha un assorbimento idrico più elevato. Le varietà di grano duro hanno sempre cariossidi particolarmente dure.

Il controllo genetico della durezza del seme è piuttosto semplice ed interessa un solo gene principale *Ha* nel braccio corto del cromosoma 5D. La forma allelica dominante *Ha* determina la sofficità della cariosside, mentre la forma recessiva *ha* (o la sua assenza, come in grano duro) determina la durezza della cariosside. Questo gene produce un gruppo eterogeneo di proteine note come friabiline che sono presenti in grano tenero sia nelle cariossidi dure che in quelle soffici ma in queste ultime sono associate ai granuli d’amido, mentre nelle prime sono libere nella matrice dell’endosperma.

Le friabiline sono costituite da una serie di polipeptidi con peso molecolare di 15 kD, due dei quali hanno una elevata omologia di sequenza aminoacidica N-terminale con la puroindolina-a (*pinA*) e la puroindolina-b (*pinB*), proteine basiche ricche in cisteina e in grado di legare i lipidi. *PinA* e *pinB* hanno un 60% circa di omologia nella sequenza aminoacidica. I geni che controllano le puroindoline sono stati localizzati nel cromosoma 5D, come il suddetto gene *Ha*. Recentemente i geni delle friabiline sono stati trasferiti dal cromosoma 5D di grano tenero nel cromosoma 5B di varietà italiane di grano duro allo scopo di produrre cultivar di grano duro con cariosside soffice, con nuove caratteristiche tecnologiche.

3.IMPORTANZA DELLA TECNICA AGRONOMICA: RUOLO DELLA CONCIMAZIONE AZOTATA

E' assodato che circa il 90% degli elaborati presenti nella granella derivano dal periodo fecondazione-maturazione piena, di norma della durata di 40-50 giorni, dove l'amido è allocato nel chicco occupando il 70-75% del totale; seguono le proteine per il 14-14,5%.

Nell'ultima fase prevale l'allocazione dell'azoto (coda finale di carico proteico), dove in taluni casi può arrivare anche al 15%. Importanti sono quindi quelle varietà che presentano una curva di ripresa finale di accumulo della proteina, dal quale si otterrà il glutine che influenzerà i processi successivi (Sinclair T.R. et al., 1993).

Tra gli elementi indispensabili alla pianta, l'azoto è quello che con frequenza maggiore si trova nel terreno in quantità insufficiente a soddisfare il fabbisogno del frumento. La concimazione azotata è pertanto di primaria importanza nella coltivazione di questo cereale ed è pressoché sempre necessaria per ottenere elevate rese di prodotto.

La quantità di azoto da apportare alla coltura con i concimi azotati varia però da caso a caso, in funzione dei seguenti fattori: caratteristiche genetiche della varietà coltivata, quantità di azoto presente nel terreno, quota dell'azoto del terreno utilizzabile dalla pianta in funzione dell'intensità di mineralizzazione della sostanza organica, condizioni climatiche che influenzano non solo l'attività dei microrganismi del terreno, ma anche la perdita di azoto per dilavamento, disponibilità di acqua per la pianta specialmente durante la levata e la maturazione delle cariossidi, costo di acquisto e di distribuzione del concime.

La conoscenza dei fattori già elencati e della loro azione in un dato ambiente, integrata con quella dei risultati di prove di concimazione condotte in campo, permette di individuare una dose media di concime, che poi di volta in volta deve essere adattata attraverso l'osservazione diretta della vegetazione. Anche l'impostazione di bilanci che considerino gli assorbimenti della coltura e la quantità di azoto del terreno disponibile per la coltura, oppure la diagnosi dello stato nutrizionale della pianta secondo determinate metodologie analitiche, possono fornire solo dati di orientamento per definire la dose di azoto da usare nella concimazione.

Vi sono delle varietà che rispondono con marcati incrementi di prodotto a livelli elevati di azoto nel terreno, poiché nelle piante si ha un aumento della fertilità della spiga; altre,

invece, non utilizzano bene alte dosi di azoto o addirittura possono subire dei danni per effetto di un maggiore allettamento.

Dosi di azoto alla coltura (kg/ha)	Peso medio delle cariossidi (g 1000 car.)	Peso Ettolitrico (kg/hl)	Contenut o proteico (%)	Contenuto di glutine secco (%)
0	41,6	80,8	11,5	4,2
50	41,6	80,9	11,6	4,3
100	40,2	80,8	11,7	4,6
150	38,3	80,3	12,3	4,7
200	36,0	79,4	12,6	5,1
250	37,9	79,5	13,5	5,3

Tabella 3.1 Influenza della concimazione azotata su alcune caratteristiche qualitative delle cariossidi. Dati ottenuti a Bologna su frumento tenero “Irrerio” (Baldoni R., Giardini L. Coltivazioni Erbacee. Patròn Editore).

Rilevante è l’influenza delle condizioni climatiche sulla dose di concime azotato da distribuire alla coltura. I quantitativi maggiori sono da impiegare quando esistono le condizioni generali di fertilità dell’ambiente e di varietà coltivate tali da permettere elevate rese spingendo la concimazione azotata ad alti livelli. La quantità di azoto deve diminuire procedendo verso le zone semiaride ed aride, per non trovarsi nella condizione che il lussureggiamento della pianta comporti un alto consumo idrico così che nella fase di maturazione l’acqua disponibile nel terreno sia insufficiente. Nelle condizioni dell’Italia settentrionale e centrosettentrionale può ritenersi media una dose di azoto di 120-150 kg/ha, ma si arriva anche ai 200 kg/ha. Nell’ambiente caldo arido del Mezzogiorno e delle isole non si superano invece i 100-120 kg/ha e spesso conviene rimanere su livelli inferiori (70-100 kg/ha).

Il problema delle scarse precipitazioni che interessa l’Italia meridionale è il fattore limitante per le produzioni di quelle zone; diverse sperimentazioni hanno evidenziato l’effetto positivo del regime idrico sulla produzione, mentre per quanto riguarda il contenuto proteico l’irrigazione determina un lieve decremento.

Altro elemento che influenza la concimazione azotata è il livello di fertilità lasciato dalla coltura precedente.

Precedente colturale	Buona 60-70 q/ha	Media 50-60 q/ha	Bassa 30-45 q/ha
Ringrano (paglia interrata)	200-220	180-200	110-130
Ringrano (paglia asportata)	160-180	150-170	80-100
Rinnovi letamati	120-140	100-120	50-70
Rinnovi non letamati	140-160	130-150	70-90
Leguminose da granella	120-140	100-120	60-80
Prati di leguminose	80-100	60-80	40-60

Tabella 3.2 Concimazione azotata (kg/ha di N) a seconda della disponibilità idrica (buona, media e bassa) e livelli produttivi (60-70 / 50-60 / 30-45 q/ha).

Per quanto riguarda le epoche e la tecnica di distribuzione è evidente la necessità di intervenire con la concimazione in modo da evitare in ogni momento carenze nella nutrizione azotata della pianta, ma specialmente di evitarle nelle fasi più critiche (Martin M. et al. 1990).

Tenendo presente che al fine della resa di granella il periodo in cui maggiormente una carenza di azoto reca effetti dannosi è quello che corrisponde allo stadio di “spiga a 1 cm”, cioè inizio formazione del primo internodo; è evidente che la distribuzione del concime deve avvenire prima di tale periodo. L’epoca migliore coincide pertanto con il periodo in cui la spiga si trova a circa 1 cm dal livello del piano di accostamento. In terreni molto carenti di azoto risulta, tuttavia, utile distribuire una parte del concime alla semina o all’accostamento, per favorire lo stesso e l’accrescimento delle giovani piantine.

E’ ancora da considerare che l’epoca di concimazione influenza il contenuto proteico della cariosside (Martin M. et al., 1990). Da questo punto di vista è importante la nutrizione azotata della pianta durante la maturazione. Allo scopo possono essere molto utili irrorazioni fogliari con soluzioni di urea, verso le quali la pianta di frumento è molto resistente, a differenza di altre specie che sopportano solo soluzioni a bassa concentrazione, distribuendo una quantità di concime tale da apportare alla coltura 20-25 kg/ha di azoto.

Di norma, quindi, si consiglia di anticipare in presemina un 20% dell’azoto totale (dai 30 ai 40 kg/ha), unitamente al fosforo e al potassio (si può usare un ternario tipo 8-24-24), destinando la restante quota azotata in uno o due interventi in copertura; l’ultimo

intervento il più tardi possibile, in prossimità della spigatura, con un concime fogliare (quello minerale solido potrebbe impiegare un tempo più o meno lungo a seconda del profilo del terreno per apportare i suoi effetti).

Per quanto riguarda la fertilizzazione organica, il frumento trae poco vantaggio da questa pratica a causa del ritardo con cui l'azoto diviene disponibile, il che provoca anche un ritardo nella maturazione ed attacchi parassitari più intensi.

Negli ultimi anni, con l'obiettivo di aumentare l'efficienza nutritiva dell'azoto, sono stati prodotti formulati da utilizzare in copertura in grado di modulare la disponibilità dell'elemento nel tempo. I concimi non a pronto effetto vengono classificati in base alla modalità di cessione dell'azoto in concimi condensati a bassa solubilità, concimi ricoperti, concimi con inibitori della nitrificazione e dell'attività ureasica.

L'efficienza d'uso dei concimi azotati è notoriamente bassa (Raun e Johnson, nel 1999, riportano come, in media, i cereali utilizzino appena il 33% dell'N distribuito con i fertilizzanti e come tale valore possa subire oscillazioni in rapporto a fattori ambientali e agronomici).

Infatti, mentre solo una quota dell'elemento somministrato con il concime viene realmente assorbita dalle radici, un'altra frazione, di entità variabile in funzione delle diverse tecniche colturali, può essere dispersa nell'ambiente. Le voci di perdita di azoto sono attribuibili, in ragione diversa e in relazione alle caratteristiche pedoclimatiche, a processi quali la nitrificazione, la lisciviazione, la denitrificazione, la volatilizzazione, nonché al processo di mineralizzazione-immobilizzazione da parte della biomassa microbica del suolo.

L'efficienza di utilizzazione dell'N (NUE), calcolata come rapporto tra la produzione di granella e l'N potenzialmente disponibile (somma dell'N accumulato nella biomassa epigea della coltura non concimata, dell'N residuale alla raccolta e dell'N somministrato), è fortemente influenzata dal genotipo e dall'agrotecnica applicata e le perdite di N dal sistema per effetto combinato della denitrificazione, volatilizzazione e lisciviazione (rilascio ambientale) possono essere consistenti.

Le rese di granella risultano crescenti all'aumentare della disponibilità potenziale di N nel suolo. Al contrario, la NUE si riduce progressivamente all'aumentare della dose di concime distribuito.

Il rischio di dilavamento dei nitrati, ad esempio, è particolarmente elevato in terreni sabbiosi a bassa capacità idrica di campo. Nel caso della denitrificazione, le perdite dell'azoto sono legate alla formazione di intermedi metabolici quali l'ossido di azoto (NO) e il protossido di azoto (N₂O). Inoltre, la distribuzione in superficie di urea nei terreni calcarei senza l'opportuno interrimento del concime può essere causa di perdite di ammoniacca per volatilizzazione.

Con l'obiettivo di aumentare l'efficienza nutritiva dell'azoto nei confronti delle colture sono stati prodotti, quindi, formulati in grado di modulare la disponibilità dell'elemento nel tempo.

Nella normativa EN 12366, il termine anglosassone *slow release* (lento rilascio) è per lo più riferito ai concimi condensati, mentre i termini *coated* o *controller release* (rilascio controllato) sono prevalentemente utilizzati per i concimi ricoperti.

Definizioni di lento rilascio riportate nella normativa EN 13266 (CEN/TC 260 – <i>Task force Slow release fertilizers</i>)
Rilascio: trasferimento di un elemento nutritivo dal fertilizzante al mezzo ricevente (acqua)
Quota di rilascio: frazione di massa (in percentuale) di un elemento nutritivo rilasciato in un determinato periodo di tempo
Lento rilascio: rilascio di un elemento nutritivo secondo i criteri di seguito riportati: <ul style="list-style-type: none">- non più del 15% della frazione di massa percentuale dell'elemento nutritivo deve essere rilasciato in 24 ore;- non più del 75% della frazione di massa percentuale dell'elemento nutritivo deve essere rilasciato in 28 giorni;- almeno il 75% della frazione di massa percentuale dell'elemento nutritivo deve essere rilasciato nell'arco di tempo prestabilito

Benedetti A. et al. 2004. Inf. Agr., 34: 65.

L'uso di questi concimi comporta alcuni indubbi vantaggi:

- maggiore efficienza d'uso dei concimi. La maggiore disponibilità nel tempo dell'azoto determina l'ottimizzazione dell'assorbimento dell'azoto somministrato;
- possibilità di ridurre gli interventi di distribuzione del concime. In virtù della non immediata disponibilità azotata è possibile somministrare tutto l'azoto di cui la coltura necessita in un'unica soluzione in copertura;
- bassa tossicità. La cessione graduale dell'elemento nutritivo fa sì che non si manifestino incrementi eccessivi della salinità nell'intorno del granulo di concime, per cui è possibile distribuirlo anche nelle immediate vicinanze delle piante;

- disponibilità dell'azoto nel lungo periodo. In ragione diversa, in funzione della tipologia del concime utilizzato e delle caratteristiche del terreno, la disponibilità dell'azoto è stimata in un arco di tempo variabile da poche settimane a qualche anno, sebbene si stimi che i concimi a lento rilascio esplicino la loro azione nell'arco di mesi.

Purtroppo, l'elevata tecnologia legata ai processi di produzione, fa sì che il prodotto finito abbia un costo di mercato decisamente superiore a quello dei concimi tradizionali, motivo per cui il loro impiego in agricoltura resta ancora limitato.

Sorge l'interrogativo: il lento rilascio, tramite l'utilizzo di concimi azotati a non pronto effetto, dà la garanzia di coprire tutte le fasi di sviluppo del grano fino alla fine?

E' difficile rispondere a questa domanda, è ovvio che l'andamento stagionale modula la cessione dell'azoto; sarà quindi auspicabile tenere conto di questo importantissimo fattore.

3.1 PRODUZIONI DI MAGGIORE LIVELLO QUALITATIVO: RUOLO E IMPORTANZA DELLA FOGLIA BANDIERA

Recentemente gli aspetti qualitativi e sanitari hanno assunto un ruolo chiave nella coltivazione del frumento tenero.

Due sono gli aspetti prevalenti: il contenuto e la tipologia di proteine nella granella, che influenza le caratteristiche reologiche delle farine ottenute, e la presenza di micotossine, in particolare di deossivalenolo (DON), soprattutto dall'entrata in vigore delle normative comunitarie (reg. 1126/2007/Ce).

Tutto ciò supporta la necessità di ottimizzare l'agrotecnica, con l'obiettivo di migliorare qualitativamente la produzione di granella di frumento tenero.

Il processo di fotosintesi della foglia bandiera nel grano è responsabile del 30-50% degli assimilati accumulati nella granella nella fase di riempimento, tra cui l'accumulo di proteine (Pepler et al., 2005).

Pertanto, un miglioramento delle produzioni e della qualità molitoria e sanitaria delle farine potrebbe essere conseguito mediante l'applicazione di strategie che proteggono la foglia bandiera e ne rallentino la senescenza.

A questo fine sono possibili 3 soluzioni:

- Il trattamento alla spigatura con fungicidi triazolici o imidazolici, che controllano efficacemente la fusariosi della spiga e la contaminazione da DON, mostra un significativo effetto nel mantenere vitale più a lungo la foglia bandiera con positivi riflessi sulle produzioni e il contenuto proteico.
- L'aggiunta di strobilurine nei programmi di lotta, che permette una più prolungata vitalità della coltura, per un controllo più efficace delle malattie della foglia bandiera, quali septoriosi, le ruggini e il mal bianco.
- L'aggiunta di un concime fogliare al trattamento fungicida in spigatura per il controllo della fusariosi per rallentare i processi di senescenza dei tessuti preposti alla fotosintesi. Un effetto positivo della distribuzione di questi prodotti è stata osservata, oltre che sulla produzione, anche sul contenuto proteico della granella e sulla qualità molitoria delle farine.

L'applicazione del concime fogliare esercita un ulteriore effetto positivo sul mantenimento di più alti contenuti di clorofilla nella foglia bandiera, prolungando il periodo di riempimento della granella. La distribuzione combinata del concime fogliare e del fungicida evidenzia effetti migliorativi rispetto alla distribuzione del solo concime alla maturazione latte.

E' stato osservato che il trattamento fungicida determina un vantaggio produttivo medio dell'8% a fronte di un vantaggio produttivo medio del 12% a seguito della concimazione minerale. Il miglioramento produttivo è da attribuire all'incremento del peso ettolitrico e dei mille semi, conseguente ad un trattamento in spigatura. Inoltre, l'aggiunta del concime fogliare alla lotta fungicida determina un ulteriore aumento produttivo, sebbene le differenze rispetto al solo trattamento fungicida non risultino significative.

Sperimentazioni hanno dimostrato che a parità di concimazione minerale (140 kg/ha), un effetto significativo sul contenuto proteico della granella si può osservare solo con l'applicazione del concime fogliare e di una miscela fungicida strobilurino-imidazolico.

Le analisi alveografiche evidenziano elevati valori di W e P/L, mentre distribuzioni del solo fungicida imidazolico non hanno significativamente aumentato il valore di W, cosa che invece avviene mediante trattamenti con strobilurine (+10%). Infine, non si osservano differenze significative tra i trattamenti per i valori di P/L, che quindi non è risultato squilibrato dai trattamenti fogliari.

3.2 LA STIMA DEL LIVELLO NUTRIZIONALE TRAMITE L'USO DI STRUMENTI OTTICI

Valutare il colore delle foglie di frumento con gli appositi strumenti consente di ottenere informazioni dettagliate sulla quantità di azoto da distribuire al fine di massimizzare la produzione e minimizzare il rischio ambientale.

Questo aspetto è importante in particolar modo quando si usano concimi minerali a rilascio di azoto relativamente rapido, quelli, cioè, che contengono nella formulazione il nitrato o che, pur non contenendolo, possono renderlo disponibile in poco tempo (come, ad esempio, il nitrato di calcio, il nitrato ammonico e l'urea).

Il frazionamento della concimazione in diversi interventi è necessario per assecondare la fisiologia della pianta, le cui richieste di azoto cambiano durante il ciclo, e minimizzare gli sprechi.

Per frumento e orzo si parla di prima concimazione di copertura per definire l'apporto di concime azotato alla ripresa vegetativa e di seconda concimazione di copertura per l'intervento alla levata, quando è più rilevante il fabbisogno immediato delle colture.

Quando si applicano strategie volte a modulare la distribuzione del concime sul diverso fabbisogno della coltura si punta a modificare soprattutto la seconda distribuzione. La determinazione della dose di seconda distribuzione non è immediata, essendo strettamente legata alle condizioni del suolo, alla precessione colturale e all'andamento climatico della prima parte del ciclo colturale. Essa, però, va calibrata correttamente in modo da massimizzare le rese ed evitare gli sprechi.

3.2.1 ALCUNI INDICATORI DELLO STATO NUTRIZIONALE DELLA COLTURE

Lo stato nutrizionale della coltura è misurabile attraverso il contenuto di azoto nei tessuti vegetali: si tratta di un metodo oggettivo (è costoso), necessita di un certo tempo di attesa per ottenere i dati dal laboratorio e il risultato grezzo non è di immediato utilizzo pratico.

Per ovviare a questi svantaggi il mondo della ricerca ha ideato e messo a punto degli indicatori alternativi, in grado di guidare nella definizione della seconda distribuzione.

Alcuni hanno proposto di prendere in considerazione lo sviluppo della coltura (ad esempio, misurando l'altezza della pianta, la densità della coltura o la superficie fogliare), altri l'intensità del colore delle foglie (a vista o con strumenti specifici, come le carte colorimetriche, lo SPAD o l'N-Tester).

L'N-Tester, sviluppato a partire dallo SPAD, misura la trasmittanza della luce attraverso la foglia. In pratica, la lettura avviene "pinzando" nello strumento una parte ben definita della foglia, a un terzo della lunghezza a partire dall'inserzione della lamina sul culmo.

A questo punto lo strumento emette un raggio di luce nello spettro del rosso e del vicino infrarosso, che solo in parte riesce ad attraversare la foglia e a raggiungere un sensore di misura. Un'apposita taratura interna allo strumento consente di leggere valori che sono tanto più alti quanto più la foglia è di colore verde intenso. Per ottenere un valore di colore relativo a un trattamento sperimentale è necessario effettuare 30 misurazioni su altrettante piante diverse; per incrementare la precisione e l'accuratezza delle misure occorre pinzare su tutte le piante sempre la stessa foglia, che è l'ultima completamente svolta (con ligula visibile).

Numerosi studi hanno dimostrato che l'intensità del verde delle foglie è proporzionale al contenuto in clorofilla, che, a sua volta, è in funzione della concentrazione di azoto nella pianta e, dal momento che i valori di colore fogliare non sono influenzati unicamente dalla fertilizzazione azotata, ma risentono anche del tipo di suolo, dell'andamento meteorologico, degli eventuali attacchi parassitari e dell'agrotecnica adottata, è necessario normalizzarli, per poter isolare l'effetto della sola concimazione e così confrontare i valori provenienti da situazioni diverse.

I valori normalizzati sono stati calcolati come percentuale rispetto al colore fogliare misurato su un apposito trattamento sovraconcimato (trattamento *spia*, il quale rappresenta la massima intensità di verde raggiungibile in quella fase del ciclo).

Tale normalizzazione ha permesso il calcolo dell'Indice di sufficienza azotata (ISA) per tutti i trattamenti:

ISA = (valore del colore fogliare del trattamento / valore del colore fogliare della spia) X 100

L'ISA calcolato per i valori di colore fogliare misurati appena prima della seconda distribuzione è stato messo in relazione con il deficit di azoto.

Il deficit di azoto è la differenza tra la dose di concime distribuita per ogni trattamento in prima distribuzione e la dose totale necessaria per ottenere il massimo produttivo. In pratica, il deficit di azoto è l'ulteriore fabbisogno di concime azotato per massimizzare la resa della coltura.

La relazione tra le letture di N-Tester normalizzate (ISA) e il deficit di azoto consente di individuare una corrispondenza tra le classi di colore fogliare e la dose di azoto da somministrare alla seconda distribuzione.

La normalizzazione della lettura permette di utilizzare in areali e anni diversi le tabelle di taratura ottenute dalla sperimentazione per una stessa varietà. Tuttavia, è necessario produrre tabelle di taratura per le singole varietà.

ISA (%)	Deficit di N (kg/ha)
≤ 50	190
51-60	150
61-70	120
71-80	90
81-90	50
91-100	20
>100	0

Tabella 3.3 Taratura con la corrispondenza tra classi di ISA e azoto da somministrare in seconda distribuzione (Bertora C. et al. 2009. Inf. Agr., 16 (suppl.): 26.

Frumento varietà Blasco

3.3 OBIETTIVO: CONTENIMENTO DELL'AZOTO MINERALE DI SINTESI

Il frumento è una coltura che trae vantaggi notevoli dall'avvicendamento con altre specie, con poche eccezioni. Già al primo anno di ringrano o ristoppio è marcata la riduzione delle rese di granella. Gli effetti negativi del ringrano sono dovuti particolarmente alla proliferazione di erbe infestanti, di insetti, di nematodi, di malattie, contro cui non sempre si dispone di sufficienti mezzi di lotta.

Buone precessioni colturali per il frumento sono le colture da rinnovo (mais, bietola, tabacco,...) poiché questo cereale è in grado di utilizzare molto bene il residuo di fertilità che tali colture lasciano nel terreno.

Negli ultimi anni, il prezzo sempre maggiore dei concimi minerali di sintesi e le maggiori preoccupazioni verso un'agricoltura più "naturale", rispettosa dell'ambiente, nonché un'esplosione di nuove aziende ad agricoltura biologica hanno dirottato l'attenzione verso nuove fonti di azoto.

Numerose sperimentazioni hanno dato risultati più o meno positivi nei confronti di tecniche di fertilizzazione biologica come ad esempio lo spargimento di sanse umide olearie.

La coltura di frumento può trarre beneficio dallo spargimento sul terreno di sanse umide olearie come ammendante in relazione alla varietà ed alla dose di reflu; infatti, effetti negativi si sono registrati soltanto con la distribuzione di dosi elevate di reflu, viceversa l'apporto di basse dosi ha favorito un trend positivo della produzione di cariossidi.

In tutte le varietà il contenuto proteico è aumentato con andamento progressivo (fino al 13.1%).

Elevata importanza presentano le rotazioni.

L'influenza delle rotazioni tra il frumento e le colture foraggere, rispetto alla monosuccessione, è particolarmente evidente, soprattutto in condizioni di allevamento irriguo.

E' stata effettuata una sperimentazione in ambiente mediterraneo su piani di avvicendamento di sei anni basata su rotazioni di colture foraggere annuali (erbaio, trifoglio alessandrino e orzo) e prato poliennale (medica) con frumento duro.

Le rese di frumento in monosuccessione sono risultate inferiori alla media di quelle dopo prato (24,4% in irriguo e 28,3% in asciutto) e di quelle dopo erbaio (23,6% in asciutto e 20,7% in irriguo).

Tipo di rotazione	Asciutto (resa t/ha)	Irriguo (resa t/ha)
Monosuccessione	2,88	3,44

Frumento al 1°anno dopo medicaio	4,10	5,03
Frumento al 2°anno dopo medicaio	4,03	4,53
Frumento al 3°anno dopo medicaio	3,92	4,08
Media frumento dopo prato	4,02	4,55
Frumento al 1°anno dopo erbaio	3,71	4,46
Frumento al 2°anno dopo erbaio	3,81	4,34
Frumento al 3°anno dopo erbaio	3,79	4,21
Media frumento dopo erbaio	3,77	4,34

Tabella 3.4 Influenza sulla resa (t/ha) del tipo di rotazione applicato (Martiniello P. et al. 2007. In Atti del XXXVII Congresso SIA. Catania: 30).

Osservazioni sono state fatte sulle modalità di gestione del suolo nel periodo intercalare tra una leguminosa da granella a ciclo autunno-vernino e un cereale autunno-vernino in successione, che potrebbero influenzare la disponibilità di N fissato dalla leguminosa per il cereale. Hanno dimostrato che solo un 20% della quota di azoto da fissazione atmosferica della leguminosa (in questo caso il favino) si è resa disponibile al cereale (grano) in successione, ciò conferma che gran parte dell'N del favino viene perso nel periodo intercalare.

Un capitolo importante sono le consociazioni tra il frumento e le leguminose. Qui di seguito viene riportata una sperimentazione effettuata tra il 2004 e il 2006 a Papiano (Perugia).

3.3.1 EFFETTI DELLA CONSOCIAZIONE TEMPORANEA FAVINO - FRUMENTO DURO IN AGRICOLTURA BIOLOGICA

- *accumulo di azoto, produzione e qualità della granella.*

La produzione del frumento coltivato secondo il metodo biologico nelle aree mediterranee è generalmente modesta e di scadente qualità tecnologica, conseguenza del basso tenore proteico della granella. I motivi vanno ricercati nella difficoltà di garantire in biologico un adeguato e tempestivo apporto di azoto assimilabile durante le fasi critiche della coltura, a causa del divieto di utilizzare i concimi minerali a pronto effetto e dell'inefficienza della concimazione organica nelle colture a ciclo autunno-vernino.

Nel lavoro si è inteso valutare gli effetti sulla produzione e sulla qualità della granella dell'azoto assimilabile fornito al frumento duro biologico con la consociazione temporanea con il favino.

In un esperimento a pieno campo condotto nel biennio 2004/05 e 2005/06 a Papiano (Perugia) sono state confrontate 3 tecniche di coltivazione: 1) nessun intervento di coltivazione dopo la semina (controllo), 2) un intervento in copertura con erpice strigliatore (erpicato) e 3) consociazione temporanea con il favino, cv Vesuvio, (consociato) applicate a 3 varietà di frumento duro (Cappelli, Creso e Duilio). La consociazione temporanea è stata realizzata con la semina autunnale delle due specie a file semplici alterne (interfila frumento-favino di 0,225 m) e interrimento delle piante di favino all'inizio della levata del frumento. La semina del frumento nelle altre tesi è stata fatta secondo la tecnica usuale (file semplici distanti 0,15 m).

Alla raccolta, a fronte di una differenziazione della produzione di biomassa modesta e mai significativa, la consociazione ha fatto registrare rispetto al controllo un aumento significativo di azoto (in media +22% nel 2005 e +31% nel 2006) con un incremento dell'azoto allocato nella granella costante (+5%) nei due anni e in tutte le varietà.

	biomassa (t/ha)		N assorbito (kg/ha)		granella (t/ha)		proteine (N% x 5.7)		bianconatura (%)	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Varietà										
Cappelli	6,36	8,33	56	61	1,59	1,61	14,4	12,1	10,4	9,4
Creso	5,31	5,71	59	50	1,90	2,27	13,2	9,5	25,0	38,9
Duilio	4,88	6,04	50	60	1,97	2,35	10,9	10,6	53,8	36,8
Tecniche										
Consociato	5,50	7,25	63	66	1,97	2,30	13,9	11,5	16,0	14,1
Controllo	5,68	6,35	52	51	1,85	1,97	12,0	10,2	38,0	36,2
Erpicato	5,37	6,48	50	53	1,65	1,96	12,6	10,6	35,2	34,8

Tabella 3.5 Biomassa secca, azoto assorbito, produzione di granella secca e caratteristiche qualitative della granella in varietà di frumento duro coltivate con tre tecniche biologiche a Papiano (PG) nel biennio 2004-2005, 2005-2006 (Guiducci et al. 2007. In Atti del XXXVII Congresso SIA. Catania: 6)

La produzione di granella è risultata modesta in entrambi gli anni e in tutte le situazioni sperimentali (Tabella 3.5), a causa del bassissimo numero di spighe per m² (in media 374

nel 2005 e 450 nel 2006), largamente inferiore a quello necessario per raggiungere la produzione media ottenibile nella zona con tecniche colturali convenzionali.

La limitatezza dell'incremento produttivo nel consociato è legata alla riduzione della radiazione assorbita dalle piante, dovuta alla competizione della leguminosa durante il periodo di coesistenza e alle file molto spaziate indispensabili per realizzare la tecnica. Per contro, l'effetto della consociazione è stato decisamente marcato sul tenore proteico della granella, che nel consociato ha superato largamente (2005) o approssimato (2006) lo standard minimo richiesto per la produzione di pasta, e, ancora di più, sulla bianconatura delle cariossidi, con valori dimezzati nel consociato rispetto al controllo.

Detto ciò, ed esaminando i dati ottenuti, si osserva che la consociazione temporanea con il favino consente un incremento della disponibilità di azoto per il frumento, non sufficiente a garantire sostanziosi aumenti della produttività della coltura, ma in grado di consentire l'ottenimento di granelle di accettabile qualità anche in sistemi biologici e in condizioni di scarsa fertilità azotata.

- *Nutrizione azotata e intercettazione della PAR.*

Nella sperimentazione precedente è stato valutato pure lo stato nutrizionale del frumento, determinato con misure SPAD (SPAD-502, Minolta Co.Ltd.) delle foglie e, soltanto nel 2005, anche con la determinazione del contenuto di N proteico (metodo Kjeldhal) e della superficie delle foglie bandiera alla spigatura.

La PAR intercettata ($Q_{int}=Q_i-Q_t$) all'interramento del favino è stata calcolata mediante rilievo con un ceptometro portatile della PAR incidente (Q_i) e della PAR trasmessa al suolo (Q_t). Nel 2006, a partire da 9 giorni dopo l'interramento, è stata determinata la Q_{int} cumulata giornaliera.

La consociazione ha determinato un sensibile miglioramento dello stato nutrizionale delle foglie del frumento, con valori SPAD significativamente più alti rispetto al controllo già all'interramento della leguminosa. Le differenze si sono progressivamente accentuate

durante la levata, raggiungendo i valori massimi nei rilievi effettuati dopo la spigatura.

Il contenuto di azoto delle foglie bandiera conferma gli effetti positivi della consociazione sulla nutrizione azotata del frumento.

La consociazione ha determinato una significativa riduzione della PAR intercettata dal frumento, da imputare sia alla competizione esercitata dalle piante di favino, evidenziata

dai più alti valori di Q_{int}/Q_i e di LAI della leguminosa rispetto al frumento nel consociato, sia al diverso sesto d'impianto (Tabella 3.6).

L'effetto della distanza tra le file diventa ancora più evidente se si analizza la PAR intercettata su scala giornaliera, rimasta sempre significativamente più bassa nel consociato rispetto al controllo.

Le differenze tra le tecniche si sono attenuate durante la levata, per l'aumento del LAI e dell'altezza delle piante, ma, entro varietà, i valori cumulati alla fine del periodo di determinazione sono rimasti significativamente più bassi nel consociato rispetto al controllo.

	LAI		Q_{int}/Q_i	
	2005	2006	2005	2006
Consociato (favino)	1,60	1,71	0,454	0,386
Consociato (frumento)	0,70	1,42	0,279	0,348
Controllo (frumento)	0,81	1,16	0,294	0,434

Tabella 3.6 LAI e PAR intercettata (Q_{int}/Q_i) dal frumento e dal favino a mezzogiorno nel consociato e nel controllo alla data di interrimento della leguminosa. Valori medi di tre varietà (Guiducci M. et al. 2007. In Atti del XXXVII Congresso SIA. Catania: 52).

Risulta evidente che la consociazione temporanea determina un significativo miglioramento della disponibilità di azoto per il frumento, ma, obbligando all'adozione di un sesto d'impianto fortemente asimmetrico, comporta una riduzione della PAR intercettata che tende a controbilanciare gli effetti positivi del miglioramento dello stato nutrizionale delle piante di frumento.

3.4 L'INFLUENZA DELLA CONCIMAZIONE SOLFATICA SULLA QUALITÀ TECNOLOGICA DEL FRUMENTO

Lo zolfo inorganico è convertito in composti importanti dal punto di vista nutrizionale e funzionale ed è anche coinvolto nella formazione dei gruppi tiolici e dei ponti disolfuro, indispensabili per la stabilizzazione delle strutture proteiche e responsabili, in parte, delle proprietà viscoelastiche del glutine. Il frumento duro, se coltivato in carenza di zolfo, può presentare modificazioni sia dei rapporti tra proteine di riserva della granella che delle performance qualitative degli sfarinati, risultando gli impasti più tenaci e meno estensibili. Alcuni studi condotti su frumento duro in diverse condizioni di concimazione solfatica e di regime idrico dal C.R.A., hanno dimostrato che con decorso pluviometrico favorevole, le differenze tra livelli di concimazione solfatica sono minime. Un più accentuato deficit idrico permette di evidenziare differenze significative tra livelli di concimazione solfatica in relazione alla qualità della granella.

Il Dipartimento AAPV dell'Università di Padova ha osservato come i tempi di applicazione dell'azoto e dello zolfo potessero incidere sulle subunità gluteniniche HMW e LMW, e quindi influire sulla qualità del grano. La sperimentazione, condotta nel biennio 2004-2005 da Strenghetto I. et al., presso l'Azienda agraria sperimentale dell'Università poneva a confronto cinque varietà panificabili di frumento tenero, nell'ordine: Blasco (CO.NA.SE., I), Bologna (SIS, I), Lona (DSP, CH), Sagittario (PSB, I) e Trofeo (Renk Venturoli, I); scelte sulla base delle caratteristiche tecnologiche e sulla composizione delle sub-unità HMW.

Cultivar	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1
Blasco	2*	7+8	5+10
Bologna	2*	7 ^{OE} +8	5+10
Lona	1	17+18	2+12
Sagittario	1	7+9	2+12
Trofeo	1	7+9	5+10

Tabella 3.7 Composizione delle sub-unità gluteniniche HMW nelle cinque varietà considerate (Strenghetto I. et al. 2006, l.c.).

E' noto che la composizione proteica dipende principalmente dal genotipo, ma molti fattori possono modificare la qualità del grano; in particolare la disponibilità dell'azoto e dello zolfo determinano il contenuto di proteine e la loro composizione. Diversi autori hanno studiato gli effetti dell'azoto e dello zolfo sulla qualità delle farine usate per la

panificazione, risultando che l'azoto aumenta la quantità totale delle proteine al momento del raccolto, ciò è correlato con l'aumento delle gliadine e delle glutenine (Triboi et al., 2000). MacRitchie e Gupta (1993) si accorsero della riduzione della concentrazione dello S nel grano associato ad un aumento del rapporto HMW / LMW, determinando così un aumento della resistenza della pasta.

Nella sperimentazione sono stati distribuiti 160 kg/ha di N in tre forme diverse (trattamenti): urea (T1), N a lenta cessione (inibitore della nitrificazione DMPP) con S (T2), urea con S (T3).

Per tutti i trattamenti sono state distribuite 32 unità di N/ha alla semina, il resto in tempi diversi a seconda del piano di fertilizzazione. In T2, l'azoto è stato distribuito una sola volta durante la fase di accostamento (fine febbraio), insieme a 68 unità di S/ha. In T1 l'azoto è stato somministrato in tre applicazioni in pre-fioritura e in fioritura. In T3, l'azoto è stato applicato come nel trattamento T1, insieme allo S.

Le produzioni di grano sono risultate simili, mentre una diminuzione generale delle proteine totali è stata riscontrata nel T2 a seguito dell'applicazione della forma di azoto a lenta cessione. Tale risultato è stato associato anche ad una diminuzione dell'estensibilità della pasta (L), della forza (W) e dell'indice alveografico (G).

In seguito ad un'analisi all'HPLC, non sono state trovate differenze significative tra i regimi di fertilizzazione e il contenuto di UPP (frazione proteica che in letteratura è comunemente relazionata a favorevoli proprietà reologiche della pasta. Fig 3.1). Ci si dovrà aspettare una diminuzione della forza della pasta (W) in caso di somministrazione di S (trattamenti T2 e T3), come conseguenza di un possibile aumento delle subunità LMW, ricche di S e che contribuiscono significativamente alla estensibilità della pasta.

Attraverso un'analisi del gel dopo SDS-PAGE è stato dimostrato che i trattamenti non hanno influenzato significativamente la quantità di subunità HMW, LMW o il rapporto HMW/LMW (Fig 3.2), che era principalmente legato alla varietà.

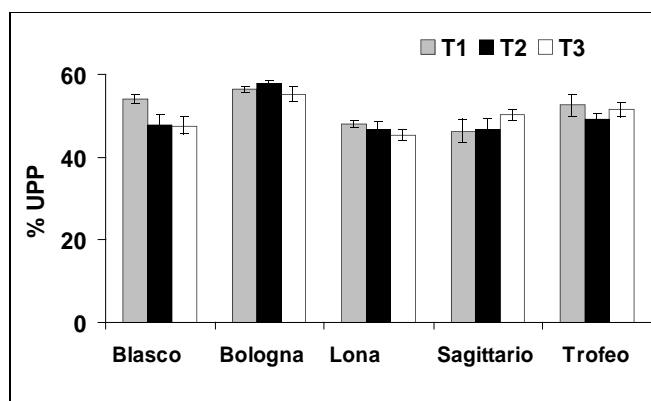


Figura 3.1 Percentuale di proteine polimeriche inestraiabili (UPP) nelle 5 varietà di frumento esaminate, con concimazioni differenti. Le barre verticali indicano l'errore standard (Strenghetto et al., l.c.).

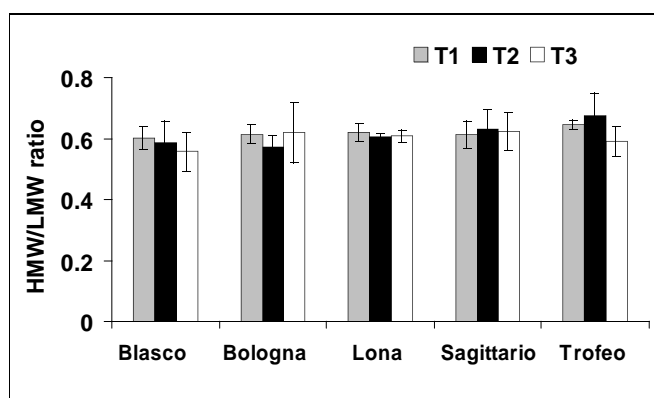


Figura 3.2 Rapporto HMW / LMW nelle 5 varietà di frumento esaminate, con concimazioni differenti. Le barre verticali indicano l'errore standard (Strenghetto et al., l.c.).

Da tutto ciò risulta che la maggior parte delle caratteristiche qualitative del grano sono determinate geneticamente e possono variare notevolmente tra le varietà, ma in alcuni casi l'applicazione tempestiva dell'N e dello S possono influenzare le proprietà reologiche attraverso modifiche alla composizione delle proteine. In questo studio, l'alta disponibilità di entrambe le sostanze potrebbe avere parzialmente mascherato alcuni dei possibili effetti sulla qualità del grano, ma si potrebbe sostenere che un ruolo importante può essere svolto nel tempo dalla dinamica del rapporto N / S.

4.IL “PERCORSO EVOLUTIVO” DELLE VARIETA’ COLTIVATE IN ITALIA A PARTIRE DAL SECONDO DOPOGUERRA

Le vecchie popolazioni di frumento tenero presentano un profilo qualitativo del glutine in gran parte scadente. Le prime varietà di grano ottenute con l'incrocio hanno evidenziato un miglioramento delle caratteristiche agronomiche legate principalmente all'altezza delle piante e alla precocità che ha permesso di aumentare le loro prestazioni produttive rispetto a quelle fornite dalle popolazioni locali. Queste prime varietà di frumento, ottenute dopo il 1920, comunque fornivano una granella con scarsa qualità molitoria.

La costituzione in Italia di varietà di elevata qualità ha avuto notevole impulso solo nell'ultimo ventennio con la costituzione delle varietà di forza (es. Manital) e di molte altre varietà con buone caratteristiche panificabili. Comunque, a tutt'oggi, le importazioni di grani di forza dai paesi tradizionalmente produttori di questi prodotti sono elevate, anche perché la coltivazione di questi grani in Italia presenta notevoli problematiche legate agli elevati costi di produzione e alle difficoltà organizzative di stoccaggio differenziato della materia prima a seconda delle caratteristiche qualitative.

L'innovazione varietale rappresenta uno strumento a costo zero di cui dispone l'agricoltore per migliorare le rese e rispondere alle esigenze dell'industria di trasformazione, ma per effettuare una scelta corretta è necessario verificare l'adattabilità delle nuove costituzioni all'areale in cui si opera. L'elenco delle varietà di frumento tenero iscritte al registro nazionale ogni anno si arricchisce di nuove costituzioni, per questo è indispensabile caratterizzare, sul territorio, le novità vegetali, considerando sia gli aspetti agronomici che qualitativi. A tale scopo è necessario valutare, mediante opportune sperimentazioni di campo, limitate alle varietà di frumento tenero più rispondenti alle specifiche destinazioni d'uso (prodotti da forno, alimenti funzionali) ed emerse dalla sperimentazione nazionale, la loro interazione con l'ambiente, considerando anche gli aspetti legati alla presenza ed evoluzione delle principali malattie eventualmente presenti sul territorio. Ciò al fine di garantire una produzione caratterizzata da elevati e stabili standard quantitativi e qualitativi

e rispondere adeguatamente alle richieste dell'industria di trasformazione e dei consumatori, oltre ad una più facile collocazione sul mercato della produzione, un approvvigionamento non fortemente gravato da costi di trasporto e, verosimilmente, una tracciabilità più facilmente gestibile.

4.1 L'ATTIVITÀ DI MIGLIORAMENTO GENETICO DEL FRUMENTO TENERO DELL'ISTITUTO DI GENETICA E SPERIMENTAZIONE AGRARIA "N. STRAMPELLI" DI LONIGO

4.1.1 L'ISTITUTO - CENNI STORICI

L'agricoltura italiana e veneta superati gli eventi bellici, prendeva importanti iniziative introducendo nuove tecnologie e nuove varietà vegetali che facevano intravedere grandi possibilità evolutive, ma che aprivano anche il problema di una profonda ristrutturazione di tutto il sistema produttivo.

In questo contesto, è sorto l'Istituto di Genetica e Sperimentazione Agraria "Nazareno Strampelli".

Il 7 aprile del 1947, in una sala della Banca Popolare Agricola di Lonigo, si riunivano 47 agricoltori dei Comuni della zona, per costituire una Sezione Produttori Sementi, in seno al Consorzio Agrario Provinciale di Vicenza.

Presiedeva la riunione l'Ing. Francesco Moro ed era presente l'ispiratore dell'iniziativa, il Prof. Cirillo Maliani, allievo del Prof. Nazareno Strampelli, direttore della Stazione Fitotecnica di Badia Polesine dell'Istituto Nazionale di Genetica per la cerealicoltura di Roma.

Dall'incontro nacque il centro sementiero di Lonigo, dopo quelli di Montagnana e di Badia Polesine, quest'ultimi già costituiti dal Prof. Cirillo Maliani, nelle aree limitrofe delle Province di Padova, Rovigo e Vicenza,

Già al primo anno di attività 1947-1948, il centro sementiero di Lonigo, riprodusse e controllò 9.700 q.li di semente, rappresentati dalle varietà di frumento tenero, Aquila, Damiano, Impeto, Lauro Bassi, Salto, S. Giorgio, S. Pastore, Tevere e Villa Glori.

Visti i risultati ottenuti e la partecipazione degli agricoltori leoniceni si pensò di dare un ruolo significativo al centro, nacque così l'Istituto di Tecnica Agraria "Nazareno Strampelli" per il miglioramento delle piante e delle sementi, successivamente chiamato "Istituto di Genetica e Sperimentazione Agraria "Nazareno Strampelli".

4.1.2 I TRAGUARDI RAGGIUNTI NEL MIGLIORAMENTO GENETICO DELLE PIANTE AGRARIE E LA COSTITUZIONE DELLE VARIETA' COMMERCIALI DI GRANO

In Italia a partire dal 1950 si costituirono le prime cattedre di genetica e di miglioramento vegetale nelle facoltà di scienze e di agraria e la fondazione della società italiana di genetica agraria. Il primo risultato, fu la sostituzione delle vecchie varietà di Strampelli e di Todaro, con le nuove varietà di frumento tenero costituite da Michaelles, Bonvicini, Maliani, Forlani, ecc.

Nella costituzione e diffusione delle nuove varietà, importante è stata l'attività dell'Istituto, attraverso gli incroci, le selezioni e le sperimentazioni sulle colture di frumento, di granoturco, di orzo e di piante foraggere che hanno grandemente contribuito al miglioramento qualitativo e ad una più alta redditività della produzione agricola, non soltanto nella provincia e nella regione, ma in tutta Italia e all'estero.

Il lavoro di miglioramento delle piante erbacee è stato largamente attuato, specialmente sul frumento tenero ed ha permesso di conseguire notevoli risultati.

In ordine di tempo sono state ottenute le seguenti varietà:

Varietà	Genealogia	Anno Incrocio	Iscrizione RNV
<i>Lonigo 1</i>	S. Pastore x Baudi 1624/7	1951	
<i>Leonardo</i>	Bandi x (S. Pastore x Damiano) 3780/51/5	1951	
<i>Leone</i>	(S. Pastore x Funo) 222/51/2 x Carne 53/43	1953	1969
<i>Lepre</i>	(S. Pastore x Funo) 204/51/8 A.T.M. x (Fortunato x Salto) -55/6	1953	
<i>Lupo</i>	Fiorello x S. Pastore 3647/52/6	1952	
<i>Lontra</i>	(Fortunato x Freccia) 2619/52/7 x A.T.M. 43	1952	1970
<i>Libellula</i>	(Tevere x Giuliani) 1491/54/3 x S. Pastore	1954	1970
<i>Lince</i>	(Liberio x Damiano) 5107/54/8 x S. Pastore	1954	
<i>Lama</i>	(Fortunato x Salto) 241/55/12 x (Mara x S. Pastore)	1955	
<i>Lucciola</i>	(Freccia x Funo) 11/55/4 x (Leonardo 56 x Akagomughi)	1955	1970
<i>Leopardo</i>	(Leone x Libellula) x Irnerio	1973	1981
<i>Liocorno</i>	Irnerio x HP1	1976	1989
<i>Lampo</i>	Manital x Liocorno	1985	1995
<i>Lampone</i>	Gemini x Liocorno	1985	1998

Tabella 4.1 Varietà ottenute dall'Istituto Strampelli (Bressan M. et al. 2003. Cereali del Veneto).

Di queste varietà sono state iscritte al Registro Nazionale Varietale per la commercializzazione: il Leone, il Lucciola, il Lontra, il Libellula, il Leopardo, il Liocorno, il Lampo e il Lampone.

Libellula, Leonardo, Lucciola e Lontra sono state largamente coltivate in Italia ed hanno incontrato uno straordinario successo nei paesi dell'Est, dove negli anni 60 occupavano, assieme al S. Pastore, la maggior parte delle aree a frumento in Jugoslavia, Ungheria e Bulgaria. Il Libellula, inoltre si è diffuso in Austria e, soprattutto, in Cina.

La superficie investita a Libellula in Italia è stata veramente notevole e lo conferma il fatto che tale varietà, nel 1974, si trovava al 4° posto per i quantitativi di semente certificata,

secondo i dati pubblicati dall'E.N.S.E. (dopo Irnerio, Marzotto e S. Pastore) con oltre 200.000 quintali comprensivi di pre-base, base, prima e seconda moltiplicazione.

Il Lontra venne pure coltivato su un'area abbastanza vasta con un quantitativo di semente certificata di 56.540 quintali per il 1974.

Il Lampo e il Lampone sono ancor oggi commercializzati.

4.1.3 LA CONSERVAZIONE DEL GERMOPLASMA

La Banca del germoplasma

La tutela della diversità genetica delle colture deve essere vista come una delle possibili strategie per consentire uno sviluppo agricolo sostenibile e più conservato delle risorse.

Sin dalla sua fondazione l'Istituto di Genetica e Sperimentazione Agraria "N.Strampelli" di Lonigo ha conservato in una banca del germoplasma un ampio numero di popolazioni

locali e varietà italiane ed estere di frumento tenero ed alcune tra le più importanti varietà ad impollinazione libera di mais.

Le accessioni vengono conservate e riprodotte mediamente ogni 5 anni, in base alla necessità sia di conservazione che di coltivazione per prove agronomiche.

Per il frumento tenero la riproduzione prevede la semina in file-spiga per la riproduzione del seme e controllo dei caratteri, la semina in parcelle di 10 mq per singola accessione per il rilievo dei principali dati morfologici e la semina di parcelloni da mq 100-150 per singola accessione, qualora sia necessario disporre di maggiori quantitativi di seme per prove agronomiche e di coltivazione.

4.1.4 L'ATTIVITÀ DI CERTIFICAZIONE DELLE SEMENTI E LA DIVULGAZIONE

Nel 1950, l'Italia era completamente sprovvista di una legislazione diretta a controllare e garantire la qualità delle sementi nelle diverse fasi della produzione, della lavorazione meccanica, della certificazione e della commercializzazione.

In questo settore, l'Istituto ha svolto un'opera pionieristica avendo iniziato per primo, nell'anno 1951, la certificazione volontaria del seme di grano prodotto dalla Sezione Sementi del Consorzio Agrario di Lonigo e dalla Società Produttori Sementi di Badia Polesine, nella consapevolezza che fosse l'unica strada da battere ai fini di moralizzare il mercato nazionale delle sementi e di valorizzare le produzioni di pregio.

Nel 1954 l'Istituto ha allargato la propria attività alla certificazione sia dei semi di cereali sia anche al seme di erba medica che alla maggior parte delle sementi, comprese le orticole.

Nell'anno 1959 l'attività ha ricevuto il riconoscimento ufficiale da parte del Ministero dell'Agricoltura e Foreste, il quale autorizzava l'Istituto, assieme alla Federconsorzi e all'Istituto di Praticoltura di Lodi, ad eseguire la certificazione delle sementi di piante foraggere ed la certificazione a norma della legge 10 dicembre 1958 n. 1094.

Nell'anno 1968, la certificazione delle sementi in Italia, veniva demandata ad un unico ente, l'Ense (Ente Nazionale Sementi Elette con sede in Milano) per tutto il territorio nazionale, con la legge 25 novembre 1971, n 1096, pubblicata sulla Gazzetta ufficiale n.322 del 22 dicembre 1971.

Con l'emanazione di tale legge sono state recepite nella legislazione italiana tutte le direttive comunitarie di base che regolano gli scambi intra ed extra comunitari in materia di sementi.

Come conseguenza immediata è stata l' istituzione del Registro Nazionale Varietale, rendendo obbligatoria l' iscrizione di varietà di prodotti sementieri, condizione necessaria per la commercializzazione delle medesime sul territorio nazionale.

In quest'ultimo trentennio l'Istituto, su incarico del Ministero e dell'E N S E, ha eseguito nella Regione Veneto le prove di laboratorio e di campo, descrittive e agronomiche, atte a stabilire l'omogeneità, la stabilità e la differenziazione delle varietà /ibridi di cereali, proteaginose e orticole, ai fini dell'iscrizione al Registro Nazionale Varietale (RNV).

La divulgazione

L' Istituto si è occupato di promuovere convegni, incontri e visite guidate, ai fini di dibattere i problemi di tecnica agraria di maggiore interesse, di collaborare con enti per manifestazioni in campo aventi lo scopo di trasferire le più aggiornate scoperte scientifiche e di divulgare i risultati sperimentali sulla stampa specializzata e via internet.

Numerose, inoltre, sono ogni anno le visite che agricoltori, operatori, esperti e studiosi del mondo agricolo sia del veneto sia di altre regioni italiane, effettuano ai campi sperimentali dello Strampelli, in occasione delle "visite guidate".

Ha sviluppato una serie di contatti di collaborazione con molti fra i maggiori centri specializzati europei nel campo della ricerca agraria e importanti sono i rapporti operativi con molte regioni italiane, dal Trentino al Friuli-Venezia Giulia, alla Lombardia, all'Emilia-Romagna, alla Toscana, oltre che naturalmente (ed in precipua misura), un rapporto capillare con gli enti e gli organismi agricoli della Provincia e del Veneto

Notevole importanza, inoltre, rivestono l'istituzione dei campi dimostrativi-divulgativi, presso le aziende agricole del territorio in condizioni di pieno campo, a verifica dei risultati emersi dalla sperimentazione.

4.2 CONFRONTO VARIETALE

L'Istituto N. Strampelli di Lonigo (VI) ha effettuato dei rilievi morfologici e delle analisi qualitative relative alle accessioni presenti nella sua collezione (Banca del Germoplasma) nel biennio 2001-2002, che hanno permesso di valutare il comportamento invernale, la precocità di spigatura, l'altezza della pianta ed i principali caratteri della spiga e del seme e la qualità della granella (percentuale di proteine e di glutine).

Nelle prove realizzate nel 2001/2002, n. 27 accessioni, scelte tra le più rappresentative o più interessanti dal punto di vista agronomico in base alla valutazione morfologica effettuata nel 2001, sono state sottoposte ad un confronto varietale in due ambienti di coltivazione: a Lonigo (VI) presso l'Istituto "N. Strampelli" e a Ceregnano (RO) presso l'azienda pilota e dimostrativa "Sasse Rami" di Veneto Agricoltura.

Nella presente tesi sono state prese in considerazione cinque varietà di grano tenero, scelte in base all'anno di iscrizione al Registro Nazionale Varietale, e quindi rappresentative del periodo storico considerato, in modo tale da poter valutare l'andamento produttivo e qualitativo del grano dal secondo dopoguerra ai giorni nostri.

Varietà considerate, in ordine temporale di iscrizione al RNV: Piave ('54)*; Gentil Rosso 48 ('54)*; Libellula ('70); Liocorno ('89); Aubusson (2002)**

*per il Piave e il Gentil Rosso 48 non si può parlare di un anno di iscrizione, visto che il RNV è stato istituito solamente alla fine degli anni '60.

**varietà francese di più recente costituzione e iscrizione, la cui coltivazione in Italia succede ai rilievi e alle analisi qualitative effettuate dall'Istituto Strampelli in quel biennio (2001-2002).

Applicando la medesima tecnica agronomica è stato possibile confrontare varietà costituite in epoche diverse e precisamente varietà costituite nel secondo dopoguerra in

comparazione con quelle di più recente costituzione.

Tipo di terreno	medio impasto
Concimazione	N 32 kg/ha P ₂ O ₅ 96 kg/ha K ₂ O 96 kg/ha N copertura 35 kg/ha

Investimento	Vecchie varietà 400 p/m ² Nuove varietà 450 p/m ²
---------------------	--

Tabella 4.2 Scheda agronomica (Bressan et al., l.c.)

4.2.1 INDICI QUALITATIVI CONSIDERATI

L'analisi viene ristretta a cinque importantissimi parametri che definiscono la qualità del grano: produzioni (t/ha), proteina (% ss), glutine (% ss), W (J x 10⁻⁴) e P/L.

- *Il contenuto proteico*

Esiste una precisa relazione tra contenuto proteico e attitudine panificatoria o pastificatoria. Anche in questo caso l'informazione che si ottiene è ancora incompleta poiché la buona qualità dipende certamente dalla quantità di proteine presenti ma è altrettanto vero che, a parità di contenuto proteico, è la composizione chimica delle proteine che influisce in modo determinante sulla qualità. A parità di contenuto proteico risulta determinante la composizione in subunità proteiche. Praticamente tutti i laboratori di analisi sono in grado di determinare il tenore proteico. Il contenuto in azoto viene moltiplicato per il fattore 5,7 e si ricava così la percentuale di proteine che solitamente viene espressa con riferimento alla sostanza secca o all'umidità standard del 14%.

Oggi si determinano sullo sfarinato integrale mediante NIR (Near InfraRed).

- *Il glutine*

La valutazione del glutine estratto dalle farine, a seguito di prolungato lavaggio in acqua per eliminare l'amido dall'impasto, è uno dei metodi più semplici e più usati per giudicare la qualità. Il prodotto che si ottiene è una massa traslucida ed elastica, e ha un contenuto in acqua di circa il 70%. La composizione del glutine secco è all'incirca la seguente: proteine

78-85 %, lipidi 5-10 %, amido 5-15%. La quantità di glutine estratto è strettamente correlata al tenore proteico totale in quanto ne costituisce oltre l'80%.

- ***L'Alveogramma (L'alveogramma di Chopin)***

Dischi di impasto vengono preparati con 250 g di farina e una soluzione di NaCl al 2,5% e sottoposte alla pressione di un gas, che ne provoca il rigonfiamento, con la formazione di un alveolo o bolla, fino alla rottura. Nel corso del processo le variazioni di pressione all'interno della bolla vengono misurate e riportate in un diagramma (alveogramma). I principali indici ottenuti sono: P(mm, altezza del diagramma), rappresenta la massima pressione raggiunta; è un indice della "tenacia" dell'impasto, caratteristica conferita dalle glutenine; valori elevati indicano anche un notevole assorbimento di acqua per arrivare alla consistenza ottimale, con una conseguente alta resa in pane. L (lunghezza del diagramma), proporzionale al tempo necessario per determinare la rottura dell'alveolo; indica la "estensibilità" dell'impasto, collegata alla sua capacità di gonfiarsi senza rompersi, conferita dalle gliadine. G (ml), o indice di rigonfiamento, che corrisponde alla radice quadrata del volume di aria necessaria per la rottura della bolla ed indica l'attitudine a dare pane bene sviluppato e con buona porosità. W ($J \times 10^{-4}$), proporzionale all'area del diagramma, che riassume tutte le caratteristiche dell'alveogramma; indica la "forza" dell'impasto cioè la resistenza che l'impasto oppone alla rottura. P/L indica l'equilibrio tra tenacità ed estensibilità e deve avere valori equilibrati, attorno a 0,5-0,7; valori più bassi indicano eccesso di estensibilità ed impasti tendenzialmente collosi mentre valori più alti eccesso di tenacità ed impasti poco elastici, che sono accettabili se accompagnati da valori di W proporzionalmente elevati.

Classe tecnologica	Proteine (% ss)	W ($J \times 10^{-4}$)	P/L
Fumenti di forza (FF)	>14,5	>300	<1
Fumenti panificabili superiori (FPS)	>13,5	220-300	0,4-0,6

Fumenti panificabili (FP)	>11,5	160-220	0,4-0,6
Fumenti biscottieri (FB)	>10,5	<120	0,2-0,5

Tabella 4.3 Classificazione dei frumenti teneri in base ai risultati dell'alveografo di Chopin.

4.2.2 RISULTATI

<u>VARIETA'</u>	<u>PRODUZIONI</u> (T/HA)	<u>PROTEINA</u> (% SS)	<u>GLUTINE</u> (% SS)	<u>W</u> (J x 10 ⁻⁴)	<u>P/L</u>
-----------------	-----------------------------	---------------------------	--------------------------	--	------------

PIAVE ('54)	4,53	11,1	8,6	103	0,45
GENTIL ROSSO 48 ('54)	4,45	12,0	8,5	67	0,45
LIBELLULA('70)	5,34	9,4	6,7	83	0,41
LIOCORNO ('89)	7,50	9,3	5,0	180	0,71
AUBUSSON ('02)	9,72	12,5	8,0	250	0,50

Tabella 4.4 Parametri considerati

Da tali dati, passando dalle varietà di frumento del dopoguerra a quelle moderne, si è osservato sotto il profilo qualitativo una diminuzione progressiva del contenuto proteico (da valori di 11,1-12 % ss a 9,3 % ss) e del glutine (da 8,6 % ss a 5 % ss) fino alla fine degli anni '90. Dal duemila in poi, riconoscimenti di mercato incentrati sempre di più sulla qualità del grano e sulle sue caratteristiche legate alla panificazione hanno spinto la ditte sementiere a produrre varietà che presentassero valori di proteina e glutine molto prossimi e, a volte maggiori, rispetto a quelli delle varietà degli anni '50 (rispettivamente 12,5 % ss e 8 % ss), con in più valori di panificazione molto migliori (W = 250 rispetto a 103 o addirittura inferiori).

Negli anni precedenti al presente decennio si era chiaramente puntato sulla produzione, la quale è costantemente aumentata dagli anni '50 (4,53 t/ha) fino ai giorni nostri (9,72 t/ha, con punte anche superiori alle 10 t/ha), a discapito, però, della qualità.

Per quanto riguarda i caratteri legati alla panificazione, anche i valori di W sono costantemente aumentati (a parte alcune varietà che già negli anni '50, con appropriata tecnica agronomica, potevano originare valori di W pari anche a 130-140).

Riguardo al P/L non si sono notate, invece, sostanziali differenze.

4.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base di quanto detto, emergono diverse considerazioni.

- 1) Dal dopoguerra ad oggi le varietà coltivate hanno pressoché raddoppiato le loro produzioni, ma solo nell'ultimo decennio tutto ciò è stato accompagnato pure da una ripresa della qualità.
- 2) La misura alveografica a idratazione costante presenta dei limiti per quanto riguarda la caratterizzazione delle farine forti ed extra forti. Queste farine infatti presentano un elevato potere di assorbimento d'acqua, per cui le curve ottenute mediante il metodo classico ad idratazione costante, mostrano un P elevato in quanto le proteine appaiono sottoidratate. Si rende pertanto indispensabile un aggiornamento rapido dei metodi di valutazione della qualità.
- 3) Fattori della nutrizione.
 - La definizione delle epoche migliori per la concimazione minerale discende dalle seguenti considerazioni:
 - l'assorbimento di azoto dal terreno non procede in misura significativa prima dello stadio di 3° foglia, che segna l'inizio dell'accestimento;
 - l'assorbimento di azoto si protrae dalla fase predetta sino alla piena formazione della cariosside;
 - data la grande mobilità dell'azoto nel terreno, tale lasso di tempo è troppo lungo perché sia possibile assicurare per tutto il suo corso la continuità della fornitura di azoto mediante concimazioni troppo anticipate;
 - Le fasi dove la coltura ha bisogno di maggior apporto di azoto sono: accestimento, levata, formazione dei siti di accumulo, processi fecondativi e di sviluppo e ingrossamento delle cariossidi; in questo ultimo stadio una sufficiente disponibilità azotata condiziona il tasso proteico della granella e le connesse caratteristiche qualitative che determinano le proprietà tecnologiche delle farine.
 - Il lento rilascio, tramite l'utilizzo di concimi azotati a lenta cessione, da la garanzia di coprire tutte le fasi di sviluppo del grano fino alla raccolta?. E' difficile rispondere a questa domanda, senz'altro l'andamento stagionale

modula la cessione dell'azoto; sarà quindi auspicabile tenere conto di questo importantissimo fattore.

4) Effetti del fattore S sulla qualità della proteina.

Alcuni studi condotti su frumento in diverse condizioni di concimazione solfatica e di regime idrico hanno dimostrato che con decorso pluviometrico favorevole, le differenze tra livelli di concimazione solfatica sono minime. Un più accentuato deficit idrico permette di evidenziare differenze significative tra livelli di concimazione solfatica in relazione alla qualità della granella.

5) La tendenza attuale è quella di produrre varietà che garantiscano un elevato peso ettolitrico alla raccolta, accompagnato a livelli proteici sempre maggiori.

Tutto questo si accompagna ad una maggiore resistenza verso le patologie fungine e quindi a granelle sempre più sane, esenti da micotossine.

Bibliografia

Benedetti A., Nardi P., Trincherà A., Sanipoli A.M.. 2004. Classificazione e vantaggi dei concimi non a pronto effetto. *Inf. Agr.*, 34: 63-68.

- Bertora C., Bruno G., Moretti B., Desogus S., Gilli M., Gariglio G., Grignani C.. 2009. Come “leggere” il colore fogliare per usare meglio l’azoto. *Inf. Agr.*, 16 (suppl.): 24-27.
- Blandino M., Reyneri A., Vanara F.. 2009. “Lunga vita” alla foglia bandiera per un grano tenero di qualità. *Inf. Agr.*, 16 (suppl.): 19-22.
- Borghi B. 1985. *Il frumento*. Ed. Reda.
- Branlard G. e Dardevet M. 1985. Diversity of grain protein and bred wheat quality, II Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics, *J. Cereal Sci.* 3:345-354.
- Bressan M., Magliaretta L., Pino S. .2003. *Cereali del Veneto. Le varietà di frumento tenero e mais della tradizione veneta*. Veneto Agricoltura, Prov. Vicenza (Ass.to Agricoltura), Ist. N. Strampelli Lonigo (VI).
- Ciaffi M., Lafiandra D., Turchetta T., Ravaglia S., Bariana H., Gupta R. e MacRitchie F. 1995. Bread baking potential of durum wheat lines expressing both x- and y-type subunits at the Glu-A1 locus. *Cereal Chem.* 72:465-469.
- Damidaux R., Autran J. C., Grignac P. e Feillet P. 1978. Mise en evidence de relations applicable en selection entre l’electrophoregramme des gliadines et les proprietes viscoelastique du gluten de Tr, *Durum Desf. C.R. Acad. Sci. Paris Serie D* : 701-704.
- Dubreil, L., Gaborit B., Bouchet B., Gallant D. J., Broekaert L., Quillien L. e Marion D. 1998. Spatial and temporal distribution of the major isoforms of puroindolines (puroindoline-a and puroindoline-b) and non specific lipid transfer protein (ns-LTP1e1) of *Triticum aestivum* seeds. Relationships with their in vitro antifungal properties. *Plant Sci.* 138:121-135.
- Gautier M. F., Aleman M.E., Guirao D., Marion D. e Joudrier P. 1994. *Triticum aestivum* puroindolines, two basic cysteine-rich seed proteins : cDNA sequence analysis and developmental gene expression. *Plant Mol. Biol.* 25:43- 57.
- Giardini L., Baldoni R. 2000. *Coltivazioni erbacee – cereali e proteaginose*, 33-107. Bologna: Pàtron Editore.
- Giorgi B. 1978. A homoeologous pairing mutant isolated in *Triticum durum* cv. Cappelli. *Mutation Breeding Newsletter* 11: 4-5.
- Greenwell P. e Schofield J. D. 1986. A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat. *Cereal Chemistry* 63: 379-380.
- Gupta R.B., Bekes F. e Wringley C.W. 1991. Prediction of physical dough properties from glutenin subunit composition in bread wheats: correlation studies. *Cereal Chem.* 68 :328-333.

- Guiducci M., Boldrini A., Tosti G.. 2007. Effetti della consociazione temporanea con il favino nel frumento duro in agricoltura biologica. Accumulo di azoto, produzione e qualità della granella. In Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 5-6.
- Guiducci M., Tosti G., Boldrini A.. 2007. Effetti della consociazione temporanea con il favino nel frumento duro in agricoltura biologica. Nutrizione azotata e intercettazione della PAR. In Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 51-52.
- Halford N.G., Field J. M., Blair H., Urvin P., Moore K., Robert L., Thompson R., Flavell R. B., Tatham A. e Shewry P.R., 1992. Analysis of HMW glutenin subunits encoded by chromosome 1A of bred wheat (*T. aestivum* L.) indicates quantitative effects on grain quality. *Theor. Appl. Genet.* 83 : 373-378.
- Heubner F.R. e Wall J. S. 1976. Fractionation and quantitative differences of glutenin from wheat varieties varying in baking quality. *Cereal Chem.* (53) :62-67.
- Informatore agrario. 2004. Caratteristiche Aubusson. Opuscolo della Verneuil.
- Kosmolak F.G., Dexter J.E., Matsuo R.R., Leisle D. e Marchylo B.A. 1980. A relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoregrams. *Canadian Journal Pl. Sci.* 60 : 427-432.
- Lacolla G., Cucci G.. 2007. Spargimento di sanse umide olearie come ammendante. Effetti sulla coltura di frumento. In Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 219-220.
- Liu C.J. e Gale M.D. 1989. Ibf-1 (Iodine binding factor), a highly variable marker system in the Triticeae. *Theor. Appl. Genet.* 77:233-240.
- Liu C.Y. e Shepherd K.W. 1995. Inheritance of B subunits of glutenin and w- and g-gliadins in tetraploid wheats. *Theor. Appl. Genet.* 90 : 1149 - 1157.
- MacRitchie F. e Gupta R.B. 1993. Cit. Does nitrogen and sulphur application timing affect patterns of HMW and LMW glutenin subunits for better quality in bread wheat? *In Book of Proc. of IX Cong. of the Eur. Soc. for Agronomy (ESA), Bibl. Fragmenta Agronomica – Part II, 4-7 September 2006, Warsaw (Poland): 483-484.*
- MacRitchie F. e Lafiandra D. 1997. *Structure-functionality relationships of wheat proteins, in Food Proteins and their Applications (S. Damodaran, ed.) Marcel Dekker, NewYork: 293-324.*
- Martin M., Miceli F., Mosca G., Zerbi G., 1990. Influence of nitrose and timing of application on the yield of winter wheat varieties. *Agr. Med.*, 120, 129-137.
- Martin M., Miceli F., Mosca G., Zerbi G., 1990. Nitrogen level and time of application effects on growth of two winter wheat varieties. *Agr. Med.*, 120, 281-287.

- Martiniello P., Delle Vedove G., Zuliani M., Danelon M.. Influenza delle rotazioni foraggiere-frumento duro sulla stabilità delle produzioni delle colture in ambiente meridionale. In Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 29-30.
- Masci S., Egorov T. A., Ronchi C., Kuzmicky D. D., Kasarda D.D. e Lafiandra D. 1999. Evidence for the presence of only one cysteine residue in the D-type Low-Molecular-Weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* 29:17-25.
- Masci S., Lafiandra D., Porceddu E., Lew E. J. L., Tao H. P. e Kasarda D. D. 1993, D Glutenin subunits: N-Terminal Sequences and Evidence for the Presence of Cysteine. *Cereal Chem.* 70:581-585.
- Masci S., Lew E.J.L., Lafiandra D., Porceddu E., Kasarda D. D. 1995. Characterization of low-molecular-weight glutenin subunits in durum wheat by RP-HPLC and N-Terminal sequencing. *Cereal Chem.* 72:100-104.
- Masci S., Rovelli L., Kasarda D. D., Vensel W. H., Lafiandra D. 2002. Characterisation and chromosomal localisation of C-type low molecular weight glutenin subunits in the bread wheat cultivar Chinese Spring. *Theor. Appl. Genet.* 104:422-428.
- Masci S., Rovelli L., Monari A.M., Pogna N. E., Boggini G., Lafiandra D. 2000. Characterization of a LMW-2 type durum wheat cultivar with poor technological properties, in 'Wheat Gluten' (P.R. Shewry and A.S. Tatham eds.), RSC: 16-19.
- Occhipinti L..2003. Studi di proteomica sulla cultivar di grano duro Simeto. Tesi di laurea. Foti S., Fac. Sci. Matematiche, Fisiche e Naturali, Corso di Chimica Industriale, Univ. di Catania: 3-6.
- Pagani A. 2009. Protidi dei cereali, 17. Agraria.unipr.it/didattica/att/154d.0516.file.pdf
- Pagani A. 2009. Slowfood 09. Mi piego ma non mi spezzo. Metodo di Osborne 1924. Aicmarche.org/file_download/13:102-103.
- Payne P. I. 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on breadmaking quality. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 38:141-53.
- Payne P.I., Corfield K.G. e Blackman J.A. 1979. Identification of highmolecular weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread - making quality in wheat of related pedigree. *Theor. Appl. Genet.* 55: 153-159.
- Payne P.I., Jackson E.A. e Holt L. 1984. The association between gamma gliadin and gluten strength in durum wheat varieties: a direct causal effect or the result of genetic linkage?. *J. Cereal Sci.* 2 :73-81,

- Payne P.I., Jackson E.A. e Holt L.M. 1984. The association between g-gliadin 45 and gluten strength in durum wheat varieties, A direct causal effect on the result of genetic linkage. *J Cereal Sci* 2:73-81.
- Payne P.I., Jackson E.A. e Holt L.M. 1984. Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. *Phil. Trans . Roy. Soc., London, B* 304:359-371.
- Pepler et al. 2005. Cit. “Lunga vita” alla foglia bandiera per un grano tenero di qualità. *Inf. Agr.* 2009, 16 (suppl.): 19-22.
- Pogna N. E., Autran J.C., Mellini F., Lafiandra D. e Feillet P. 1990 Chromosome 1B-encoded gliadin and glutenin subunits in durum wheat genetics and relationship to gluten strength, *J. Cereal Sci.* 11 :15-34.
- Pogna N., Lafiandra D., Feillet P. e Autran J.C. 1988. Evidence for a direct causal effect of low molecular weight glutenin subunits on gluten viscoelasticity in durum wheats. *J Cereal Sci* 7:211-214.
- Pompa M., Giuzio L., Gagliardi A., Pastore D., Giuliani M.M., Di Fonzo N., Flagella Z..2007. Influenza della concimazione solfatica sulla qualità tecnologica del frumento duro. In *Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 189-190.*
- Quaglia G. 1984. *Scienza e tecnologia della panificazione.* Chiriotti Editore, seconda edizione.
- Quaglietta, Chiarandà F., Mori M., Di Mola I., Gargiulo O..2007. Risposta di varietà di frumento duro a diverse tecniche di fertilizzazione biologica. Qualità della granella. In *Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 191-192.*
- Raun e Johnson. 1999. Cit. In *Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 259.*
- Redaelli R., Morel M.,H. Autran J.C. e Pogna N.E. 1995. Genetic analysis of low Mr glutenin subunits fractionated by two-dimensional electrophoresis A-PAGE x SDS-PAGE. *J Cereal Sci* 21 : 5-13.
- Seddaiu G., Iezzi G., Roggero P.P. 2007. Fissazione e trasferimento dell’azoto fissato dal favino al frumento duro in successione. In *Atti del XXXVII Convegno SIA. Catania: 7-8.*
- Shewry P.R., Halford N.G. e Tatham A.S. 1992. High Molecular Weight Subunits of Wheat Glutenin. *J. Cereal Sci.* 15:105-120.
- Sinclair T.R., Mosca G., Bona S., 1993. Simulation analysis of variation among seasons in winter wheat yields in Northern Italy. *J. Agr. And Crop Sci.*, 170, 202-207.
- Streghetto I., Vamerli T., La Fiandra D., e Mosca G., 2006. Does nitrogen and sulphur

application timing affect patterns of HMW and LMW glutenin subunits for better quality in bread wheat? *In* Book of Proc. of IX Cong. of the Eur. Soc. for Agronomy (ESA), *Bibl. Fragmenta Agronomica – Part II*, 4-7 September 2006, Warsaw (Poland): 483-484.

Tranquilli G., Lijavetzky D., Muzzi G. e Dubcovsky J. 1999. Genetic and physical characterisation of grain texture - related loci in diploid wheat. *Mol. Gen. Genet.* 262:846-850.

Triboï et al. 2000. *Cit.* Does nitrogen and sulphur application timing affect patterns of HMW and LMW glutenin subunits for better quality in bread wheat? *In* Book of Proc. of IX Cong. of the Eur. Soc. for Agronomy (ESA), *Bibl. Fragmenta Agronomica – Part II*, 4-7 September 2006, Warsaw (Poland): 483-484.

Veneto Agricoltura, Prov.Vicenza (Ass.to Agricoltura). 2008. Frumento tenero. Confronto varietale 2007/2008, report della ricerca. Centro Informazione Permanente, Osservatorio Innovazione: 1-6.

Veraverbeke W.S e Delcour J.A. 2002. Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42:179-208.

Wasik R.J. e Bushuk W. 1975. Relationship between molecular weight distribution of endosperm proteins and spaghetti-making quality of wheats, *Cereal Chem.* 51 : 322-328.

