



Università degli Studi del Molise
Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti

*Dottorato di Ricerca in "Difesa e Qualità delle Produzioni
Agroalimentari e Forestali" - XXV ciclo*

SSD AGR/02

***Effetto della tecnica agronomica e
dell'ambiente pedo-climatico su
accrescimento e resa
quali-quantitativa di varietà di frumento
duro***

Studente: Massimiliano Camerini

Docente guida: Prof. Dr. Sebastiano Delfine

Matricola:141447

Coordinatore: Prof. Dr. Pasquale Trematerra

INTRODUZIONE	3
Origine ed evoluzione	3
Caratteri botanici	4
Frutto	4
L'Apparato radicale	6
Fusto o culmo	6
Apparato fogliare	7
Infiorescenza	7
Fasi fenologiche	9
Germinazione - Emergenza	9
Accestimento.....	10
Viraggio.....	10
Levata.....	11
Botticella.....	11
Spigatura e fioritura.....	11
Maturazione.....	12
Esigenze ambientali.....	12
Esigenze pedologiche.....	14
Tecnica colturale	14
Avvicendamento.....	14
Lavorazione e preparazione del suolo.....	15
Concimazione.....	16
Semina	19
Importanza economica del frumento duro.....	20
Produzione di frumento duro in Canada	23
Principali prodotti di trasformazione del frumento duro.....	24
La semola.....	25
La pasta.....	25
Il pane.....	27
Qualità del frumento duro.....	29
Qualità tecnologica ed influenza delle condizioni ambientali.....	30
La coltivazione del frumento duro in biologico.....	31
Varietà coltivate e miglioramento genetico	34
Altezza delle piante	34
Precocità del ciclo colturale.....	36
Resa delle colture.....	37
Indice di raccolto (Harvest Index).....	37
Qualità della granella.....	37
Miglioramento genetico e agricoltura biologica.....	38
SCOPO DELLA TESI.....	41
MATERIALI E METODI.....	43

Località	43
Tecnica Agronomica.....	43
Varietà utilizzate: Italia	47
Varietà utilizzate: Canada.....	49
Analisi qualitativa e quantitativa	51
Analisi statistica.....	53
RISULTATI.....	54
Tarquinia	54
Roma	57
Convenzionale.....	58
Biologico	61
Confronto Biologico vs Convenzionale	63
Concimazione.....	64
Campobasso	69
Convenzionale.....	70
Biologico	73
Confronto Biologico vs Convenzionale	75
Biologico nelle tre località	77
Biologico a Roma e Campobasso.....	78
Convenzionale a Roma e Campobasso.....	80
Ridgetown	81
DISCUSSIONI E CONCLUSIONI	85
BIBLIOGRAFIA.....	92

INTRODUZIONE

Origine ed evoluzione

Il frumento è stato una delle prime piante a essere coltivata dall'uomo circa 11.000 di anni fa, nel Neolitico, nel vicino e medio Oriente. I primi frumenti coltivati dall'uomo furono forme diploidi (genoma AA) e tetraploidi (genoma AABB), e le loro relazioni genetiche indicano che entrambe le colture ebbero origine nella parte sud-orientale della Turchia (Heun et al, 1997; Nesbitt, 1998; Dubcosky e Dvorak, 2007). La diffusione della coltivazione del frumento iniziò circa 9000 anni fa, in corrispondenza con la comparsa delle prime specie esaploidi (Feldman, 2001).

Le prime forme coltivate di frumento erano essenzialmente razze selvatiche selezionate dagli agricoltori a partire da popolazioni selvatiche, presumibilmente in ragione della superiore capacità produttiva o di altre caratteristiche morfo-fisiologiche. La domesticazione fu accompagnata dalla selezione di caratteristiche genetiche che allontanarono le forme coltivate dai loro progenitori ancestrali spontanei. In particolare, due caratteri hanno un'importanza tale da meritare di essere menzionati. Il primo è la perdita della cosiddetta "frantumazione del rachide"; tale carattere costituisce un indubbio aiuto alla dispersione dei semi nelle popolazioni naturali, mentre comporterebbe pesanti perdite di granella nelle forme coltivate. Di fatto, tutte le forme coltivate di frumento presentano un rachide molto consistente. Il secondo carattere da menzionare è la perdita della stretta aderenza delle glume alle cariossidi, ciò che rende, nei frumenti coltivati, molto più semplice la trebbiatura.

Far i frumenti coltivati, il frumento duro (*Triticum turgidum* Desf. var. *durum*) si presenta come una specie allotetraploide con corredo cromosomico $2n = 4x = 28$ cromosomi (genoma AABB). Esso origina da un fenomeno di ibridizzazione intergenerica, seguita da poliploidizzazione, fra due specie diploidi, *T. urartu* ($2n = 2x = 14$ cromosomi, donatrice del genoma AA), e una specie diploide donatrice del genoma BB, molto probabilmente *Aegilops speltoides* o una specie ad essa affine (Kubalakova et al, 2005). Più precisamente, l'ibrido spontaneo ha prodotto la comparsa della specie tetraploide *T. dicoccoides*, il progenitore selvatico dell'attuale frumento duro.

Caratteri botanici

Frutto

Il frutto del frumento duro prende il nome di cariosside e viene comunemente definita chicco. Dal punto di vista morfologico, esso si presenta di forma allungata e sezione trasversale rotondeggiante/sub-triangolare. La cariosside è un frutto vestito indeiscente uniseminato poiché i tessuti del pericarpo sono concresciuti con quelli del seme. L'embrione è individuabile alla base della faccia dorsale della cariosside, alla sua sommità è possibile scorgere un ciuffo di peli. La faccia ventrale della cariosside è percorsa in tutta la sua lunghezza da un solco, detto ilo. Sezionando longitudinalmente, è possibile individuare delle strutture ben distinte:

- embrione, circa il 3% del suo peso;
- endosperma o albume, circa l'88% del suo in peso;
- tegumenti, circa l' 9% del suo peso, rappresentati dello spermoderma e il pericarpo.

Il peso della cariosside dipende da numerosi fattori, quali: varietà, tecnica agronomica, ambiente di coltivazione, densità di semina. In media, 1000 cariossidi raggiungono un peso variabile fra 45 e 55 grammi; valori inferiori vengono riscontrati in corrispondenza di annate particolarmente sfavorevoli, a causa di avverse condizioni climatiche o attacchi di parassiti.

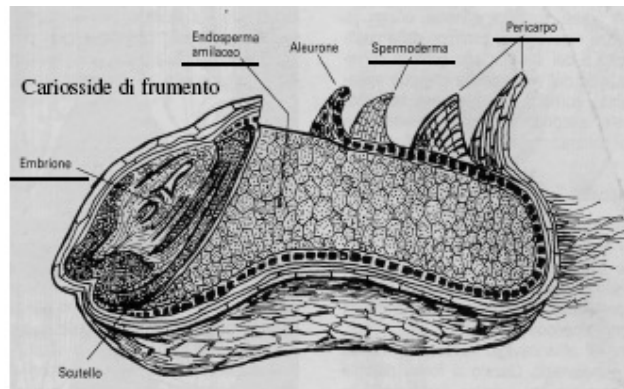


Figura 1- Cariosside di frumento

L'endosperma è costituito principalmente da amido, pur presentando un discreto contenuto in proteine (glutine). Nel frumento duro, l'endosperma ha consistenza vitrea. Tra di esso e il pericarpo è possibile individuare uno strato molto ricco in proteine, detto

aleurone o strato aleuronico. L'endosperma contiene, inoltre, piccole percentuali di lipidi, sostanze minerali, polisaccaridi non amidacei e composti fenolici a basso peso molecolare. L'endosperma e l'embrione sono in comunicazione mediante lo scutello, o cotiledone, il quale svolge le funzioni di organo di suzione delle sostanze nutritive nel corso della fase di germinazione.

Dell'endosperma i primi componenti ad essere indagati sono stati i granuli di amido, strutture complesse e composte da diversi polimeri costituiti soprattutto da amilosio ed amilopectina, ma anche da proteine e lipidi. L'interesse scientifico e tecnologico per l'amido si è notevolmente accresciuto, dato il rinnovato interesse per le caratteristiche nutrizionali (includenti la produzione di amido resistente), la trasformazione in etanolo e le trasformazioni geniche (sviluppo di amidi "waxy").

Il contenuto proteico della granella è di fondamentale importanza, sia dal punto di vista qualitativo che da quello quantitativo, in quanto è ritenuto il principale fattore a determinare la qualità della pasta. Le proprietà reologiche degli impasti di frumento duro, dipendono in larga misura dalle caratteristiche fisico-chimiche delle proteine costituenti il glutine. Queste, dette Gliadine e Glutenine, danno luogo alla formazione di una complessa struttura reticolare stabilizzata sia da legami covalenti (ponti disolfuro), che da interazioni di natura secondaria, tra le quali possiamo annoverare legami ad idrogeno e di natura idrofobica (Belton, 1999; Shewry et al., 2001). In particolare, mentre le glutenine sono proteine polimeriche le cui singole componenti sono unite fra di loro da legami disolfuro inter-molecolari e conferiscono agli impasti le caratteristiche di forza ed elasticità, le gliadine sono proteine monomeriche che prendono parte alla formazione del glutine mediante legami idrogeno inter-catena, grazie ai numerosi residui di glutammina presenti, e mediante legami di natura idrofobica fra le catene non polari degli aminoacidi.

L'analisi elettroforetica (SDS-PAGE) permette la separazione delle subunità gluteniniche in due gruppi caratterizzati da mobilità elettroforetica differente, costituiti da subunità ad alto peso molecolare (HMW-GS) e subunità a basso peso molecolare (LMW-GS). Le prime sono costituite da un numero esiguo di sub unità (generalmente da 3 a 5), mentre il secondo gruppo presenta una maggiore abbondanza ed eterogeneità.

Fino a poco tempo fa, minore interesse è stato rivolto alla composizione di germe e crusca, sebbene queste due componenti contribuiscano a circa il 20% del peso della frazione finale dopo la molitura tradizionale. Ciò è dovuto al fatto che queste frazioni costituiscono solo una piccola percentuale del totale valore economico del frumento molito (Fulcher e Duke, 2002). È ormai risaputo, tuttavia, che le frazioni di pericarpo e germe

derivate dalla molitura convenzionale forniscono la maggioranza dei composti biologicamente attivi della granella. Tra questi, vale la pena di segnalare l'elevato contenuto in vitamine del gruppo B (tiamina, niacina, riboflavina ed acido pantotenico), minerali (calcio, magnesio, potassio, fosforo, sodio e ferro), amminoacidi essenziali (arginina e lisina); di notevole importanza anche gli alti livelli di fibre alimentari e composti antiossidanti. Occorre tuttavia segnalare che gli strati esterni della cariosside presentano un certo contenuto di fattori antinutrizionali (tannini, fitati e resorcinoli), il cui livello andrebbe ridotto mediante il miglioramento genetico e della tecnologia di trasformazione (Buonocore e Silano, 1993).

Sembra, infine, che alcuni degli antiossidanti più concentrati nella crusca di cereali (acido ferulico, cumarico, derivati dell'acido cinnammico e flavonoidi) possano contribuire anche ad alcune delle resistenze della granella agli attacchi fungini. Mc Keehen et al. (1999) hanno notato che i livelli di acido ferulico e di altri acidi cinnammici nella crusca mostrano qualche relazione con le differenze osservate nella suscettibilità di diverse cultivar di frumento all'infezione da *Fusarium*.

L'Apparato radicale

Nel frumento duro, l'apparato radicale è di tipo fascicolato, ed è formato da un insieme di radici che si dipartono a raggiera dal fusto, raggiungendo di solito una profondità di 70 – 80 cm. In condizioni particolari, però, l'apparato radicale può svilupparsi fino ad una profondità di 2 m. La prima radice che si forma è quella embrionale, alla germinazione; da questa, si formeranno due paia di radici secondarie, che vanno a formare le cosiddette radici seminali. La loro importanza decresce man mano che la pianta si accresce ed emette, dalla base del culmo principale e di quelli secondari, altre radici, dette avventizie.

Fusto o culmo

Il culmo è cilindrico, costituito da circa 5-8 nodi (dai quali si diparte una foglia e altrettanti internodi) internamente cavi, eccetto nel frumento duro dove l'ultimo internodo è pieno di tessuto spugnoso. Lo stesso tessuto spugnoso riempie gli internodi. Nelle vecchie varietà di frumento l'altezza del culmo principale poteva raggiungere, a maturazione, anche il valore di 2 m. Per contenere gli effetti negativi di questo portamento è intervenuto pesantemente il miglioramento genetico, ed oggi l'altezza delle moderne cultivar di frumento duro oscilla fra 70 e 100 cm.

Dato che all'ascella delle foglie sono presenti delle gemme, che daranno origine ad altri culmi, al fusto principale se ne aggiungeranno dei nuovi: nelle cv. moderne mediamente da 2 a 3. Questi culmi detti secondari di 1°, 2°, 3° ordine, ecc.. si formano in una precisa fase fisiologica, detta fase di accestimento; il loro numero, oltre che da fattori genetici, è determinato dalle tecniche colturali e dalle caratteristiche pedoclimatiche dell'ambiente di coltivazione.

Apparato fogliare

All'emergenza una struttura detta coleoptile, che è una foglia trasformata, incappuccia e riveste l'apice caulinare o piumetta con lo scopo di proteggerlo durante l'emergenza. Qualche giorno dopo l'emergenza la prima foglia vera fora il coleoptile e inizia a fotosintetizzare. Le successive foglie che si formano sono inserite sui nodi con disposizione alterna. Il n° totale delle foglie è circa 5-8 e il colore è verde più o meno intenso o glaucescente se presente un sottile strato ceroso. Ogni foglia è essenzialmente costituita da due parti: una inferiore, che abbraccia completamente il fusto ed è perciò detta guaina, ed una parte superiore, detta lamina. Alla confluenza fra guaina e lamina possiamo individuare una piccola lingua, detta ligula, e due strutture estroflesse, dette auricole. Tali strutture diventano particolarmente evidenti a ridosso dell'accestimento. La ligula impedisce che l'acqua piovana penetri tra guaina e fusto, mentre le auricole sono coinvolte nell'ancoraggio della guaina al fusto. L'ultima foglia che si forma, quella subito sotto l'infiorescenza, è la più sviluppata di tutte ed è detta foglia-bandiera. Questa riveste grande importanza durante le fasi di fioritura e di formazione della cariosside.

Infiorescenza

I fiori del frumento sono tipicamente ermafroditi, riuniti in spighe sessili le quali sono a loro volta riunite a formare una spiga. Questa è formata da un asse centrale, detto rachide, su cui si inseriscono gli assi delle spighe, detti rachille. In generale, per ogni spiga troviamo circa 20 spighe che si inseriscono sul rachide in maniera alternata, o distica. Ogni spigetta si presenta avvolta da due strutture, dette glume. I fiori, in numero compreso fra 1 e 8, si sviluppano nella spigetta all'ascella delle glume. Ciascun fiore è avvolto da due glumette, una superiore, o lemma, e una inferiore, detta palea. La lemma, nel frumento duro, è dotata di un'appendice apicale particolarmente lunga, detta arista o resta.

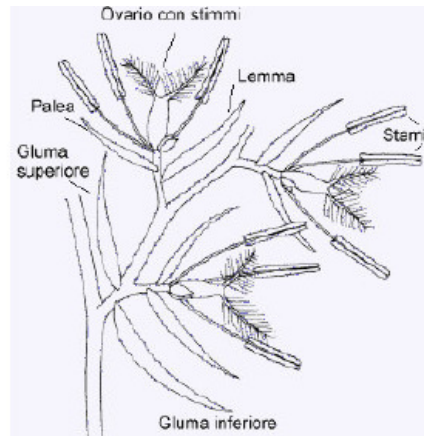
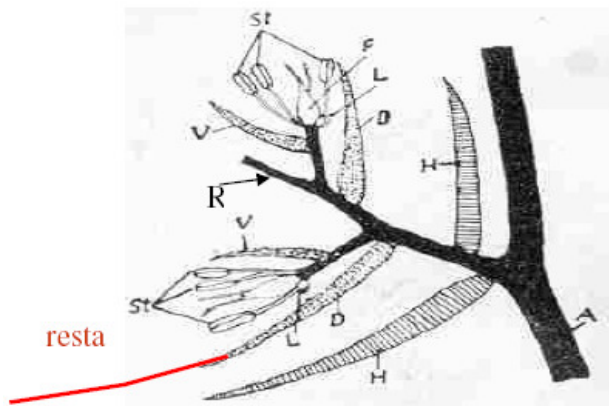


Figura 2 - Spighetta di frumento: rachide (A); rachilla (R); le glume (H); le glumette, lemma (D) e palea (V); l'androceo (St), il gineceo (F) e le lodicole (L).

La palea presenta sezione trasversale ad U e avvolge completamente il fiore. Lemma e palea racchiudono al loro interno due piccole strutture, dette lodicole le quali, gonfiandosi dopo la fecondazione, fanno divaricare le glumelle lasciando vedere chiaramente gli stami che fuoriescono da queste. In ogni spighetta normalmente solo i 2-3 fiori basali sono fertili mentre gli altri sono sterili.



Figura 3 - Spiga di frumento duro cv. Russello

Il fiore di ogni spighetta è costituito da un gineceo presentante ovario uniovulato supero, uno stilo bifido e uno stigma piumoso e un androceo costituito da 3 stami con rispettivo filamento e antera. La fecondazione è autogama e cleistogama.

Fasi fenologiche

Il frumento, negli ambienti italiani, viene di solito seminato tra la fine di Ottobre e l'inizio di Dicembre, a seconda delle caratteristiche climatiche dell'ambiente di coltivazione. La biologia del frumento, che è una pianta annuale microterma, comprende le seguenti principali fasi: germinazione, emergenza, accestimento, viraggio, levata, botticella, fioritura, maturazione.

Germinazione - Emergenza

I processi fisiologici legati alla germinazione possono manifestarsi anche a temperature relativamente basse (1 – 2 °C), anche se quelle ottimali variano da 20 a 25 °C. La germinazione inizia con l'imbibizione della cariosside la quale, in 10 – 15 ore, può assorbire un quantitativo d'acqua pari a metà del suo peso iniziale. Contemporaneamente, si verifica una fase di distensione cellulare, a seguito del quale l'embrione aumenta le sue dimensioni e plumula e radichette embrionali fuoriescono, lacerando il pericarpo.



Figura 4 - Coleoptile che viene forato dalla prima foglia vera

Il coleoptile, dopo l'emergenza dal suolo, viene forato dalla prima foglia vera che inizia a fotosintetizzare; la plantula, che fino a questo momento aveva utilizzato le sostanze di riserva dell'endosperma del seme, inizia a vivere di vita autonoma.

Accestimento.

Già dall'apparire della quarta foglia cominciano ad essere evidenti le gemme, all'ascella della seconda foglia e di quelle successive. Ha così inizio l'accestimento, ossia quel fenomeno di emissione di culmi secondari che, a loro volta, potranno formare altri culmi secondo le stesse modalità



Figura 5 - Fase di accestimento del frumento

L'odierna agrotecnica non punta ad un alto accestimento, al massimo 3-4 culmi, poiché questi non portano sempre una spiga fertile. Ciò per la forte competizione ormonica intraplanta tra i culmi di vario ordine che determina un disseccamento precoce di quelli secondari in eccesso.

Il fenomeno dell'accestimento si verifica quasi a contatto del suolo in una zona detta piano di accestimento. Nella fase di accestimento si ha accumulo di sostanze di riserva alla base del culmo che, in tal modo, tende leggermente ad ingrossarsi ricordando vagamente la forma di un piccolissima cipollina. Nella fase di accestimento si determina il numero totale delle spighe/m².

Viraggio.

Per stimoli termo-fotoperiodici, verso circa la metà di Febbraio per i frumenti seminati entro la seconda metà di novembre, si ha l'induzione o iniziazione fiorale detta fase del viraggio. Ciò avviene quando il frumento ha circa 7-9 foglie. In alcune varietà il viraggio avviene solo se le piante sono state soggette, per un certo periodo di tempo, a basse temperature (comprese tra circa 0 e 6 °C). Tale fenomeno è detto vernalizzazione. A seguito del

viraggio l'apice del culmo non differenzierà più foglie ma differenzierà gli abbozzi delle future spighe.

Levata.

Quando le temperature si portano su valori compresi tra 8 e 12 °C, ciò che avviene circa verso la metà del mese di Marzo, si passa nella fase di levata. In questa fase il fusto subisce un deciso allungamento e i nodi, che fino a questo momento erano rimasti piuttosto ravvicinati, iniziano decisamente a distanziarsi. L'allungamento degli internodi è determinato dalla proliferazione del tessuto meristemico presente alla loro base, ed inizia a partire da quello più basso. Visivamente la levata corrisponde quando sezionando il culmo con una lametta l'apice caulinare si trova a circa 1 cm dal piano di accostamento.

Botticella.

Dopo la levata gli abbozzi della spiga, che fino a questo momento non erano visibili, cominciano a rendersi evidenti e, quando tutti gli internodi si sono allungati la spiga ormai formata viene progressivamente messa fuori, in circa 15-20 giorni, dalla guaina dell'ultima foglia. Prima della fuoriuscita della spiga il rigonfiamento dell'ultima guaina, dovuta a questa, porta vagamente a farla somigliare a una piccola botte dà il nome a questa fase che è detta di botticella.

Spigatura e fioritura.

Pochi giorni dopo la fase di botticella segue l'uscita della spiga o spigatura e dopo circa 5 o 6 giorni dalla spigatura la fase di fioritura, che si verifica dalla seconda metà del mese di Aprile fino alla seconda metà di Maggio, a seconda dell'ambiente di coltivazione. In questa fase la pianta ha raggiunto la massima altezza. In queste fasi, specie quella di fioritura, il frumento è sensibile ai colpi di freddo, ossia ad abbassamenti di temperatura sotto i 15° C che portano a sterilità delle spighe.

In realtà, nel momento in cui le antere sono visibili, la fecondazione è già avvenuta, per cui è improprio parlare di fioritura. Ricordiamo, infatti, che il frumento duro è una specie a fecondazione autogama caratterizzata da cleistogamia, ossia la fecondazione avviene quando le strutture fiorali non sono ancora visibili. La fioritura di una spiga si completa in breve tempo, non più di 2-3 giorni. In un singolo appezzamento di terreno coltivato con una sola varietà, la fioritura si esaurisce in circa 7 giorni. Nella fase fioritura si determina il numero di cariocidi per spiga, che rappresenta il grado di allegagione dei fiori.

Maturazione.

A seguito della fecondazione, inizia il processo di embriogenesi e di maturazione. La fase di maturazione della cariosside si divide in:

- Lattea: dalla fecondazione a circa 10 giorni dopo questa. Il 70% del peso della granella è dato da acqua. Se la cariosside viene schiacciata fuoriesce un liquido lattiginoso per la presenza di granuli di amido;
- Cerosa: le lamine del frumento tendono ad ingiallire (viraggio del colore) così come le cariossidi. Il 40-45% del peso della granella è dato da acqua. La granella si può incidere con l'unghia del dito come se avesse una consistenza simile alla cera;
- Gialla: la pianta è quasi tutta di color giallo per suo progressivo disseccamento. È circa la fine di giugno. La cariosside si scalfisce con difficoltà con l'unghia del dito. Il frumento ha, a questo stadio, raggiunto la fase di maturazione fisiologica dell'embrione per cui una cariosside potrebbe subito germinare e dare origine ad una nuova pianta se si eliminasse il fenomeno della sua dormienza, dovuta a sostanze ormoniche. Circa il 30% del peso della granella è rappresentato da acqua;
- Piena: epoca che non conviene oltrepassare per la raccolta. In questa fase circa il 15% del peso della granella è acqua;
- Di morte: in questa fase circa il 10% del peso della granella è acqua. Ottima umidità per la conservazione delle cariossidi ma se il frumento viene raccolto in questo stadio si ha una elevata perdita di granella per sgranature.

Esigenze ambientali.

Il frumento è una specie longidiurna; l'iniziazione fiorale comincia nell'inverno avanzato, quando i giorni si allungano. Essendo una specie microterma, le esigenze termiche delle varie fasi fenologiche sono piuttosto contenute. Il frumento è una pianta C3, per cui, alle alte temperature, va incontro al fenomeno della fotorespirazione, a seguito del quale viene demolito molto di quello che è stato fotosintetizzato. Le esigenze termiche per un accettabile svolgimento delle diverse fasi fenologiche non sono elevate: germinazione e

accestimento circa 2-3 °C, levata circa 10-12 °C, fioritura circa 15° C e maturazione circa 18-20 °C.

In particolare le temperature critiche minime, ossia quando le funzioni vitali frumento cessano sono: emergenza circa da -6 a -8 C°, accestimento fase della 3° foglia circa da -15 a -20 °C (il frumento può resistere fino a -29 °C sotto copertura nevosa), levata circa da -2 a -3° C.

Durante la fase di levata il frumento è molto sensibile al freddo così come lo è nella fase di fioritura. Nei fondovalle e in tutte aree dove avvengono pericolosi ritorni di freddo tardivi le varietà a levata precoce sono a rischio per cui è bene usare cultivar a levata e fioritura tardiva.

Anche gli eccessi di temperatura sono pericolosi. Specie negli ambienti dell'Italia centro-meridionale può accadere che, all'inizio della fase di maturazione della granella, si verifichino alte temperature causate da venti caldi di origine africana. In tali condizioni avviene la cosiddetta stretta da calore, a seguito della quale la granella perde umidità con estrema rapidità, risultando alla raccolta striminzita e con basso peso ettolitrico. Negli ambienti dove è facile avere la stretta si preferiscono cultivar con levata e fioritura precoce. Trattando di esigenze termiche occorre evidenziare che le massime produzioni di frumento si hanno in climi temperato-freschi con temperature massime tra circa 22 e 24 °C.

Dopo la temperatura, l'acqua contenuta nel suolo è il fattore più importante per la produttività della coltura. Eccetto periodi siccitosi durante il periodo autunno-invernale e primaverile, non molto comuni in Italia, è nella fase di granigione, da maggio a metà giugno, ossia circa 40-45 gg. , che le disponibilità idriche del suolo sono un fattore limitante la produzione. Se carenti si ha infatti una diminuzione di assimilazione netta e accorciamento della fase di riempimento delle cariossidi.

Anche l'eccesso di umidità atmosferica, durante e dopo la maturazione fisiologica, causa danni per la riduzione di qualità della granella. In particolare nei frumenti duri le cariossidi risultano "*bianconate*", presentando una frattura non vitrea, come dovrebbe essere, per presenza di zone con notevole quantità di amido. Dopo che le cariossidi fisiologicamente mature sono interessate da piogge e notevole abbassamento delle temperature ambientali, si ha spesso la loro pre-germinazione per rottura della loro dormienza. Dormienza, dovuta a sostanze ormoniche dette blastocoline, che normalmente dura circa dai 30 ai 60 giorni.

Esigenze pedologiche.

Il frumento si adatta ad un'ampia gamma di condizioni pedologiche. Trova le condizioni ideali in suoli tendenzialmente argillosi, di buona struttura e con sostanza organica facilmente mineralizzabile. Nei suoli fortemente argillosi può soffrire di diradamenti durante inverni freddi e piovosi. Predilige pH prossimo alla neutralità, pur adattandosi bene sia in suoli con alcalinità costituzionale sia in suoli sub-acidi. Il frumento tollera discretamente la salinità. Su suoli poco profondi o ricchi di scheletro si adattano male varietà di frumento, specie se tenero, di elevata potenzialità produttiva.

Tecnica colturale

Avvicendamento

Il frumento è una coltura sfruttante, in quanto lascia nel terreno un modesto contenuto di residui colturali (5 – 7 t/ha) oltretutto caratterizzati da un modesto potere umigeno, dato che il loro coefficiente isoumico è pari a 0,1 (Bonciarelli, 1994). Di conseguenza, particolare attenzione deve essere posta alle rotazioni colturali se si vuole mantenere il livello di resa della coltura e la fertilità generale del suolo su valori soddisfacenti.

È universalmente accettato che le specie migliori, come precedenti colturali per il frumento duro sono le leguminose (Gan *et al*, 2003; Lopez-Bellido *et al*, 2001); d'altronde, già nel I secolo d.c. Lucio Giunio Moderato Columella, nel suo *De re Rustica*, esaltava il benefico effetto sulla fertilità del suolo di colture quali lupino, fava, veccia e pisello. In tempi meno lontani, assolutamente da citare la fondamentale esperienza della cosiddetta rotazione di Norfolk (rapa – orzo – trifoglio pratense – frumento), iniziata nel 1730 in Inghilterra, la quale ha permesso di determinare in modo scientifico l'incremento di resa ottenibile dal frumento coltivato dopo una specie appartenente alla famiglia delle leguminose, in tal caso il trifoglio pratense. Tra le colture da rinnovo particolarmente adatte a precedere il frumento sono, ad es., la barbabietola da foraggio ed il girasole (Montemurro, 2009; Ryan *et al*, 2010). Occorre tener presente però che nell'ambito delle colture da rinnovo vi sono alcune importanti differenze. Ad esempio, il girasole e la barbabietola sono particolarmente valide per il controllo delle malerbe, la loro precocità di raccolta e per i loro residui colturali poco ingombranti e velocemente degradabili. In particolare quest'ultimo fatto rende possibile la semina del frumento a seguito di una lavorazione semplificata del suolo o con una sua semina diretta. Il mais ed il sorgo, se da

un lato possono essere considerate colture che ben si adattano all'impiego come precedenti colturali per il frumento (Bonciarelli, 1994), dall'altro creano problemi per gli abbondanti residui lasciati e per il ritardo con cui è possibile iniziare i lavori di preparazione del letto di semina per il frumento. Il maggiore problema creato da queste ultime due specie, però, è senza dubbio legato ai maggiori rischi di attacchi da parte di parassiti sul frumento. Tali attacchi possono causare danni agli agricoltori sia a causa della riduzione delle rese finali, sia perché alcuni patogeni producono metaboliti secondari dannosi per la salute umana ed animale, come ad esempio i funghi patogeni agenti causali della fusariosi della spiga (Tamburic *et al*,.....)

La profonda semplificazione dei sistemi colturali che oggi caratterizza l'agricoltura ha portato all'espansione della pratica del ringrano (o monocoltura) del frumento e il ristoppio dopo altri cereali a paglia. Tale tecnica è decisamente sconsigliabile, giacché determina maggior virulenza delle malattie, maggiore infestazione di malerbe specifiche, peggioramento della fertilità fisica, chimica e biologica del suolo e, in generale, una riduzione delle rese finali (Stelluti *et al*, 2007). In base alla rotazione o avvicendamento utilizzato, il frumento può essere coltivato in consociazione con una leguminosa, con risultati egualmente positivi (Ghaley *et al*, 2005)

Lavorazione e preparazione del suolo.

Le lavorazioni che vengono eseguite sul frumento possono essere distinte in principali e secondarie. L'aratura è la classica lavorazione principale, che viene di solito eseguita ad una profondità di circa 30 cm. Diffusa è anche l'aratura a doppio strato, la quale prevede una prima ripuntatura profonda del suolo alla profondità di 60 cm, seguita dall'aratura. Le due operazioni possono essere eseguite contemporaneamente, mediante l'impiego di aratro ripuntatore. La zollosità del suolo viene successivamente ridotta grazie alle lavorazioni complementari (erpatura, frangizollatura), le quali consentono la preparazione di un letto di semina ben livellato ed affinato. È importante che l'aratura venga eseguita in condizioni umidità del suolo non eccessiva (tempera), per evitare il fenomeno del "guasto" o "arrabbiaticcio".

Ogni possibile semplificazione delle lavorazioni del suolo, in termini di numero ed d'intensità, è un obiettivo che occorre perseguire in quanto in sintonia con un' agricoltura di tipo sostenibile mirante alla riduzione dei costi di produzione e dell'impatto ambientale. L'ostacolo più frequente per la semplificazione o la riduzione delle lavorazioni del suolo anche con condizioni pedologicamente idonee è costituito dalla quantità e qualità dei

residui della coltura precedente. Ad esempio dopo l'erba medica, data la sua tendenza al ricaccio, la riduzione della profondità di lavorazione del suolo è problematica tanto che la profondità ideale è circa 35 cm. Difficoltà si presentano anche dopo il sorgo da granella. Infatti in questo caso l'aratura media o medio-profonda è utile per ben interrare i suoi residui colturali solitamente abbondanti e poco alterabili. Così dicasi dopo il mais da granella anche se i suoi residui colturali sono più alterabili.

La massima espressione della semplificazione delle lavorazioni è rappresentata dalla semina diretta su suolo non lavorato (semina su sodo o sod-seeding), una tecnica a cui il frumento duro ha dimostrato di adattarsi in maniera soddisfacente e che, se eseguita correttamente, consente di ottenere livelli di resa del tutto paragonabili a quelli realizzabili secondo schemi di lavorazione tradizionali (Marandola, 2012). Si tratta di una tecnica promettente soprattutto per gli ambienti dell'Italia meridionale, dove le condizioni ambientali non favorevoli allo sviluppo di malattie fungine consentono di limitare l'effetto negativo del mancato interrimento dei residui colturali. Particolarmente adatte risultano anche le aree marginali e poco produttive dell'Appennino centro-meridionale, dove la semina su sodo ha permesso di ottenere vantaggi in termini di riduzione dei costi e di contenimento del fenomeno di erosione del suolo, consentendo nel contempo il raggiungimento di livelli di resa pari a quelli ottenibili con le tecniche di lavorazione tradizionali (Armentano, 2012).

Concimazione

Insieme alla corretta scelta varietale la concimazione rappresenta l'intervento agronomico più importante per la produzione e la qualità della granella. Sebbene siano molti gli elementi nutritivi di cui il frumento abbisogna, i cosiddetti macroelementi (Azoto, Fosforo, Potassio) sono considerati i più importanti. Altri elementi, quali Calcio, Molibdeno, Zolfo, rivestono grande importanza nella fisiologia della coltura ma sono di solito presenti nel suolo in quantità sufficienti. Un corretto piano di concimazione deve basarsi sulla conoscenza di vari fattori, tra cui le caratteristiche del suolo, il precedente colturale, la varietà coltivata, la produzione attesa, l'andamento stagionale. L'assorbimento di tali elementi nutritivi avviene in modo variabile; si stima, infatti, che esso raggiunga il suo massimo durante la fase di levata, al termine della quale risulta assorbito non meno del 70 – 80 % del fabbisogno totale (Bonciarelli, 1994)

P_2O_5 (ppm)	K_2O (ppm)	Valutazione Agronomica
0 – 15	0 – 50	Molto basso
16 – 30	51 – 100	Basso
31 – 45	101 – 150	Mediamente fornito
46 – 70	151 – 200	Alto
□ 70	□ 200	Molto alto

Tabella 1- Valutazione del fosforo assimilabile (metodo Olsen) e del potassio scambiabile nel suolo (metodo internazionale). I valori inferiori dell'intervallo si riferiscono a terreni sabbiosi, quelli più alti a suoli argillosi; per terreni di medio impasto si assumono valori intermedi.

Per quanto riguarda la concimazione azotata, essa è considerata di fondamentale importanza, anche a causa del fatto che i livelli di azoto nel terreno non sono quasi mai in grado di soddisfare a pieno le esigenze nutritive della coltura. Tali esigenze possono essere stimate nell'ordine di 2,4 – 2,8 kg di azoto per quintale di granella prodotta. molta attenzione deve essere posta nel valutare attentamente le dosi di azoto da apportare, al fine di evitare gli effetti negativi tanto di un difetto (rese inferiori, minore tasso proteico della granella, cariossidi bianconate), quanto di un eccesso di fertilizzazione (maggiori rischi di allettamento, aumentata suscettibilità ad alcune malattie, INSERIRE BIBL.). In linea di massima, nell'Italia centro-settentrionale può essere considerata soddisfacente una dose di 120 – 150 kg/ha, mentre nelle regioni meridionali può risultare opportuno ridurre gli apporti di Azoto, fino a valori compresi tra 70 e 100 kg/ha. Va comunque sottolineato che, data l'estrema variabilità pedo-climatica degli ambienti colturali italiani, le dosi indicate in precedenza devono essere valutate caso per caso. Per quanto riguarda la distribuzione temporale dell'apporto di fertilizzanti azotati, bisogna tenere presente che l'assorbimento dello stesso è massimo nel periodo compreso fra l'inizio dell'accestimento e la fase di botticella (Bibl.....). In considerazione di ciò, si consiglia (Bonciarelli, 1994) di frazionare gli apporti di fertilizzante azotato in tre interventi; uno in pre-semina, generalmente sotto forma fosfato biammonico, in ragione di circa 30 kg/ha, il secondo in corrispondenza dell'inizio del viraggio, con una dose di 60 – 70 kg/ha, ed il terzo poco prima della levata, anche in questo caso alla dose di 60 – 70 kg/ha. Un frazionamento ulteriore è da sconsigliare, dati sia il costo economico che tale strategia comporterebbe, sia i rischi di compattamento del suolo causati da un eccessivo passaggio dei macchinari. Il Fosforo riveste un ruolo di notevole importanza su alcuni aspetti quali – quantitativi del frumento. Sono riportati effetti positivi su resistenza alle malattie, aumento del numero di

spighe per unità di superficie e sviluppo dell'apparato radicale; quest'ultimo aspetto riveste notevole importanza soprattutto negli ambienti colturali dell'Italia meridionale, dove un sistema di radici ben sviluppato e profondo consente alle piante una efficace valorizzazione del contenuto idrico del suolo. Effetti di una insufficiente dotazione di Fosforo sono sviluppo stentato e ritardato, minore produzione di cariossidi. Per quanto riguarda la concimazione fosfatica, la ridottissima mobilità di tale elemento nel suolo consiglia di procedere all'interramento dello stesso in pre-semina, nella fase di preparazione del suolo. In genere, nella duro granicoltura si apporta Fosforo sotto forma di fosfato biammonico, consentendo la contemporanea applicazione di fertilizzante azotato. Per quanto riguarda le dosi, bisogna considerare che la produzione di un quintale di granella richiede un quantitativo di Fosforo pari a 1,4 – 1,6 kg/ha di anidride fosforica (P_2O_5). In considerazione delle rese normalmente ottenibili nei principali ambienti di coltivazione italiani, dosi di 70 kg/ha possono essere considerate sufficienti a soddisfare il fabbisogno culturale.

Per quanto riguarda il Potassio, una buona dotazione nel terreno contribuisce a rendere le piante di frumento più resistenti all'allettamento e più resistenti a determinate malattie (Bibl....). In generale, i suoli italiani sono ben dotati di Potassio; se a questo si aggiunge che le esigenze del frumento in questo elemento non sono elevate (per produrre un quintale di granella sono sufficienti apporti di 2,5 – 3 kg/ha di Ossido di Potassio) e che la maggior parte del quantitativo assorbito viene restituito al terreno con i residui colturali, appare evidente come nella maggior parte dei casi non vi sia bisogno di ricorrere ad una concimazione potassica. Qualora le condizioni dell'ambiente di coltivazione richiedano un certo apporto di tale elemento, va tenuto conto del fatto che il potassio viene assorbito dalle piante principalmente nel periodo immediatamente precedente la maturazione. Comunque, data la ridotta mobilità dell'elemento nel suolo e la facilità con cui viene trattenuto dal potere adsorbente dello stesso, di solito i fertilizzanti potassici vengono apportati durante la fase di preparazione del letto di semina, consentendo l'interramento degli stessi.

Merita di essere citato anche l'effetto della concimazione solfatica sulle caratteristiche quali-quantitative delle produzioni. Carenze di tale elemento possono essere causate dall'impiego di fertilizzanti azotati a basso titolo di zolfo, così come alla riduzione del quantitativo di sostanza organica nei suoli agrari (Shewry et al., 2001). Una carenza in zolfo può determinare una riorganizzazione della sintesi proteica nella granella (Moss et al., 1983). La carenza di zolfo durante la granigione è stata associata ad alterazioni nei

rapporti fra gruppi di proteine di riserva (Wrigley et al., 1984). Applicazioni tardive di azoto in assenza di zolfo possono alterare il bilancio fra questi nutrienti in modo tale da rendere i livelli di zolfo inadeguati per un normale sviluppo delle proteine della granella (Wooding et al., 2000). Per il frumento duro, è indispensabile assicurare un adeguato quantitativo di zolfo per le colture, vista l'importanza che il numero e la distribuzione dei legami disolfuro intermolecolari, così come la presenza di residui cisteinici come potenziali siti di legame riveste sulle caratteristiche pastificatorie del prodotto trasformato (Shewry e Tatham, 1997). È stata riscontrata, infatti, una correlazione significativa fra la qualità di cottura della pasta ed il contenuto in ponti disolfuro e gruppi sulfidrilici delle glutenine ricche in zolfo (Kobrehel e Alary, 1989; De Stefanis *et al*, 2004). In linea di massima si può affermare che le risposte alla concimazione solfatica sono significative soprattutto ad elevate concimazioni azotate, quindi in sistemi ad agricoltura intensiva (Flaete et al., 2005).

Semina

Per prima cosa, bisogna scegliere la varietà più adatta all'ambiente di coltivazione. Indipendentemente da ciò, la semente deve soddisfare certi requisiti di legge:

- Una purezza specifica non inferiore al 99%
- Una germinabilità non inferiore al 85%,
- Un bassissimo numero di semi di infestanti (su 500 g di cariossidi non più di 10 semi di avena selvatica e 0 semi di *Lolium temulentum*) e materiali estranei ed essere esente da parassiti fungini come, ad es. , del genere *Tilletia* e *Ustilago* .

L'epoca di semina dipende sia dall'ambiente di coltivazione, sia dalle caratteristiche varietali. In generale, nel nostro paese il periodo adatto alla semina è l'autunno; nell'Italia settentrionale conviene non andare oltre la fine di Ottobre, mentre nell'Italia centrale si può attendere anche fino alla metà di Novembre. Nell'Italia meridionale ed insulare, poi, è possibile effettuare la semina fino alla metà di Dicembre. Nel determinare l'epoca di semina, bisogna

Tenere conto anche delle caratteristiche di precocità della varietà; in generale, con varietà a spigatura tardiva conviene anticipare le semine. Ovviamente, il contrario avviene con varietà a spigatura precoce.

Il quantitativo ottimale di semente da impiegare va da 150 kg/ha nell'Italia centro-meridionale, a circa 180 nell'Italia del nord. In caso di posticipazione della data di semina

autunnale rispetto a quella ottimale per la località in esame o per semine eseguite direttamente su suolo non lavorato, o ancora per coltivazioni di frumento biologico, è opportuno aumentare la densità di semina a circa 230 – 250 kg/ha. Nella tradizionale pratica, nel caso di posticipazione della semina, si aumenta la quantità di seme prevista ad ettaro di circa 1 kg per ogni giorno di ritardo rispetto a quella usuale della zona.

La maggior parte dei durogranicoltori utilizza seminatrici a file. Le file possono essere semplici, con interfila compreso fra 15 e 18 cm, o riunite in coppie (bine), con una distanza fra le bine di 25 – 30 cm e di 12 – 15 cm nella bina.

Subito dopo la semina, può essere utile eseguire un intervento di rullatura, specie se il suolo si presenta asciutto o troppo soffice. La rullatura, aumentando la risalita d'acqua capillare, per aumento della microporosità e facendo aderire bene il seme al suolo, permette al frumento di germinare velocemente.

La rullatura può tornare utile anche in inverno, dopo che il suolo che a subito forte congelamento torna normale (una leggera rullatura fatta subito dopo il disgelo riavvicina le radici al suolo che per questo motivo si erano sconnesse). In questo caso per eccessivo rigoglio vegetativo dovuto ad eccesso di produzione di nitrati causata dall'elevata attività della microflora, si può avere il fenomeno dell'allettamento. Con una leggera la rullatura compattando il suolo, si riduce la disponibilità di O₂ per i batteri nitrificanti a causa della diminuzione di porosità.

Importanza economica del frumento duro

Il frumento è il cereale più coltivato al mondo. Il suo areale di coltivazione si estende dalle zone semiaride del Medio Oriente fino all'emisfero settentrionale tra i 30° e i 60° di latitudine, raggiungendo al nord la Finlandia e la Norvegia, e all'emisfero australe, tra i 27° ed i 40° di latitudine in Argentina. La coltura costituisce ancora oggi l'alimento base per il 35 % della popolazione mondiale e viene anche utilizzato per le razioni foraggiere destinate alla zootecnia. Nell'annata agraria 2010/2011, la produzione mondiale di frumento (duro + tenero) ha raggiunto il valore record di 704 milioni di tonnellate (FAOSTAT). Di questi, appena il 5 % circa è rappresentato da frumento duro: secondo i dati statistici forniti dall'International Grain Council, nel periodo 1991-2011 la produzione mondiale di granella di frumento duro è stata infatti in media di 35,7 milioni di tonnellate, con un minimo di 26,2 milioni di tonnellate nell'annata agraria 1993/94 ed un massimo di 41 milioni nel 2009/2010. Si capisce, quindi, che il frumento duro rappresenta una coltura

“di nicchia”, ma che riveste una fondamentale importanza per l’agricoltura Italiana, sia dal punto di vista economico che da quello identitario. I dati della campagna durogranicola 2010/2011 rivelano che la produzione mondiale di frumento duro ha raggiunto il livello più basso negli ultimi 10 anni, in parte a causa delle abbondanti riserve di granella dovute alla eccezionale annata agraria precedente, ma ancor di più per la pesante diminuzione (-44%) della superficie coltivata in Canada. Tale diminuzione è stata il risultato di due fattori principali concomitanti: per prima cosa il forte carryover, dovuto alle notevoli rese dell’annata precedente, che ha indotto molti agricoltori ad optare, nel 2010/2011, per la semina di altre colture, come canola o hard red spring wheat (in Canada, gli stock di prodotto vengono conservati prevalentemente in azienda). Il secondo fattore è rappresentato dalle avverse condizioni meteo che hanno interessato le maggiori aree duro granicole del Canada (Manitoba, ma soprattutto Saskatchewan) nel periodo Aprile – Giugno 2011, ossia l’epoca di semina del frumento duro primaverile. Alla fine di tale periodo, infatti, solo il 59 % delle semine previste era stato completato, contro una media del’86 % nel quinquennio precedente.

Nel 2011, i maggiori produttori mondiali sono risultati UE (8,7 milioni di tonnellate), Canada (3,0 milioni di tonnellate), Stati Uniti e Turchia (2,9 milioni di tonnellate), Algeria (2,2 milioni di tonnellate) e Marocco (1,6 milioni di tonnellate). La produzione media di grano duro nell’Unione Europea è stata ottenuta soprattutto in Italia (46 % del totale europeo), Francia (29,1%), Spagna (10,5 %) e Grecia (9,9 %).

Per quanto riguarda più strettamente l’Italia, la superficie investita a frumento duro ha fatto registrare, nel periodo 1997/2011, un trend in diminuzione, passando da un massimo di 1,772 milioni di ettari nel 2004/2005 ad un minimo di 1,286 milioni di ettari nel 2010/2011. Nel 2005/2006 la superficie è scesa drasticamente rispetto al dato dell’annata precedente, a seguito della nuova Politica Agricola Comunitaria (PAC) e del “disaccoppiamento totale”, che prevedeva l’erogazione dei sussidi agli agricoltori indipendentemente dal tipo di ordinamento produttivo praticato, purché fossero rispettate alcune norme relative al rispetto dell’ambiente ed alla qualità degli alimenti. I dati del 2012 sono in linea con quanto registrato nell’annata agraria precedente, dato che il frumento duro è stato coltivato su una superficie totale di 1,304 milioni di ettari. Nello stesso periodo, la produzione totale nazionale ha raggiunto il valore massimo di 5,113 milioni di tonnellate nel 2008/2009, mentre il valore minimo è stato ottenuto nel 2001/2002, con 3,624 milioni di tonnellate. Nel 2012, la produzione totale di granella di frumento duro ha raggiunto il valore di 4,18 milioni di tonnellate; si tratta di un dato in deciso miglioramento rispetto a quanto registrato nelle

due annate precedenti, ma ancora lontano dal dato di 5 milioni di tonnellate, considerato come necessario per soddisfare le esigenze della strategica industria pastaria nazionale. La produzione per ettaro nell'ultimo ventennio in Italia è oscillata tra 1.7 e 3.2 tonnellate/ha. Nel 2012, i maggiori livelli produttivi sono stati riscontrati nell'Italia meridionale che ha fornito il 61,6% dell'offerta nazionale, seguita dall'Italia centrale con il 30,0 % e dall'Italia settentrionale con l'8,4%. Le produzioni più elevate sono state ottenute in Puglia, che ha fornito il 22,9% dell'offerta nazionale, Sicilia, Marche, Toscana, Basilicata e Lazio (Tab. 2).

REGIONE	SUPERFICIE (.000 ha)	%	PRODUZIONE (.000 t)	%
PIEMONTE	0.7	0.1	3.4	0.1
LOMBARDIA	11.4	0.9	69.3	1.7
VENETO	6.7	0.5	34.0	0.8
EMILIA - ROMAGNA	26.1	2.0	152.8	3.7
TOSCANA	104.2	8.0	365.5	8.7
UMBRIA	19.1	1.5	82.1	2.0
MARCHE	130.0	10.0	582.2	13.9
LAZIO	66.5	5.1	221.8	5.3
ABRUZZO	29.7	2.3	87.7	2.1
MOLISE	53.6	4.1	188.9	4.5
CAMPANIA	37.1	2.8	114.5	2.7
PUGLIA	361.3	27.7	957.6	22.9
BASILICATA	120.4	9.2	335.5	8.0
CALABRIA	37.2	2.9	104.0	2.5
SICILIA	264.4	20.3	784.7	18.8
SARDEGNA	35.3	2.7	90.9	2.2
ITALIA	1304.0	100.0	4179.9	100.0

Tabella 2 - Produzione di frumento duro in Italia, anno 2012 (AGER)

Nonostante l'Italia sia il primo produttore di frumento duro nell'Unione Europea, il comparto continua a presentare un bilancio negativo negli scambi commerciali con l'estero dovuto ad elevate importazioni di granella di livello qualitativo medio-alto. Nei primi 8 mesi del 2012, le importazioni di granella hanno raggiunto il valore di 0,941 milioni di tonnellate, in deciso decremento rispetto al dato (1,347 milioni di tonnellate) relativo all'analogo periodo dell'anno precedente (AGER). Tra i problemi che concorrono alla destabilizzazione del mercato e che si ripercuotono negativamente sull'intera filiera di produzione della pasta, figurano innanzitutto gli insufficienti livelli qualitativi di gran parte della produzione granellare italiana ed una forte disomogeneità fra le partite provenienti dalle diverse zone (Di Trapani e Schimmenti, 2005).

I derivati del frumento duro ed in particolare le paste alimentari, invece, continuano a rappresentare una voce attiva del comparto superando ampiamente in valore assoluto il deficit del prodotto non trasformato e contribuendo a ridurre l'elevato deficit dell'intero settore agroalimentare del Paese. Nei primi 8 mesi del 2012, infatti, le esportazioni di paste alimentari hanno raggiunto il valore di 1072,6 milioni di euro, dato che supera il già eccezionale valore di 989,9 milioni di euro ottenuto nell'analogo periodo del 2011 (AGER).

Produzione di frumento duro in Canada

Il Canada è un grande produttore di frumento; i dati relativi al 2012 mettono in evidenza una produzione totale di 27,2 milioni di tonnellate, in aumento del 7,6% rispetto all'analogo dato del 2011. Il 90% del frumento canadese viene coltivato nelle provincie delle grandi praterie, in particolare Manitoba, Alberta e Saskatchewan (Statistics Canada). Si tratta perlopiù di frumento tenero, ma importante è anche la produzione di frumento duro; i dati del 2012 indicano, infatti, una produzione finale stimata di tale cereale di 4,63 milioni di tonnellate, dato che se confermato farebbe del Canada il primo produttore mondiale, davanti all'Italia. Il Canada è il principale esportatore di frumento duro al mondo, in quanto solo il 20% della produzione nazionale è diretta all'utilizzo interno. L'Italia è il principale importatore di frumento duro canadese. Il frumento duro coltivato in Canada appartiene alla categoria dei frumenti a semina primaverile, o Canadian Western Amber Durum; la provincia che detiene il primato nella produzione di duro è il Saskatchewan, in cui la rigidità dell'inverno ostacola la semina di varietà autunnali, ma nel contempo la relativa aridità della stagione estiva rende l'ambiente meno adatto alla coltivazione del frumento tenero (A. Schaafsma, comunicazione personale). Secondo le stime di Statistics Canada, infatti, la produzione di frumento duro nel Saskatchewan ammonterebbe a 3,9 milioni di

tonnellate, rappresentando quindi oltre l'80% del totale canadese. Per quanto riguarda la provincia più popolata, l'Ontario, la produzione di frumento per l'anno 2012 si è attestata sul valore di 1,88 milioni di tonnellate. A differenza delle provincie delle grandi praterie, oltre il 90% del frumento coltivato in Ontario viene seminato in autunno; le condizioni meteo meno proibitive dell'inverno, specialmente nell'Ontario sud-occidentale, permettono infatti la sopravvivenza invernale del frumento, garantendo così vantaggi di resa pari a circa il 40 % rispetto al frumento a semina primaverile (Ontario Cereal Crop Committee). Nell'Ontario, si coltiva esclusivamente frumento tenero. Date le rese inferiori, la coltivazione di frumento duro primaverile non è economicamente conveniente, e solo recentemente è stata registrata la prima varietà di frumento duro a semina autunnale, denominata OAC Amber (Tamburic et al., 2012) I numerosi impianti di trasformazione della provincia, diffusi soprattutto nell'area della Grande Toronto, devono perciò "importare" granella non trasformata dalle provincie centrali, sostenendo così dei costi notevoli. Vi sarebbe quindi sia la possibilità che la convenienza economica per introdurre la coltivazione del frumento duro nella provincia, a patto però di poter disporre di genotipi adatti all'ambiente di coltivazione. La strada migliore da seguire è quella di predisporre programmi di miglioramento genetico per la costituzione di varietà idonee; tale strategia, se da un lato consente di selezionare materiali col più alto grado di adattamento possibile, dall'altro comporta un impegno oneroso, sia in termini di costi che di tempo. Nel breve periodo, può risultare perciò più conveniente valutare l'adattabilità di genotipi stranieri.

Principali prodotti di trasformazione del frumento duro

Il frumento duro viene utilizzato per la produzione di alimenti trasformati, quali pasta, couscous, burghul, pane lievitato e non. A livello mondiale il consumo di tali alimenti, in particolare la pasta, mostra un trend in deciso incremento. In molte regioni industrializzate, in particolare in Nord America, Europa Meridionale ed Australia, il frumento duro è esportato come materia prima o come pasta trasformata industrialmente ed un crescente numero di Paesi meno industrializzati esporta il frumento duro regolarmente.

La qualità del frumento duro influenza direttamente la qualità dei prodotti trasformati; risulta, perciò, necessario operare per il raggiungimento di livelli qualitativi tali da permettere l'impiego della granella nei processi di trasformazione per la preparazione dei diversi prodotti. L'utilizzo di varietà di elevata qualità è un prerequisito nei Paesi produttori, specialmente per quelli che competono sul mercato d'esportazione. Caratteristiche

qualitative determinanti (vitrosità, durezza, colore giallo, quantità e qualità delle proteine) pur risultando sotto controllo genetico, possono essere influenzati tanto dall'andamento climatico che dalla tecnica agronomica.

La semola

La granella di frumento duro si differenzia da quella di frumento tenero per il colore giallo ambrato e per l'aspetto vitreo, oltre che per una dimensione generalmente maggiore (in media di circa il 20% nelle varietà commerciali) ed un endosperma molto più duro rispetto al frumento tenero. Queste caratteristiche spiegano l'idoneità del grano duro alla molitura in semola. La qualità molitoria della granella è dovuta ad una serie di parametri, quali peso ettolitrico e dimensione della cariosside (Dexter et al., 1991; Novaro et al., 2001). La semola è definibile come particelle di endosperma prodotte dalla molitura del frumento duro e passate attraverso un setaccio n. 20 U.S. (0,86 mm). In media, la molitura commerciale produce generalmente il 65-70% di semola ed il 5-12% di farina. Altro importante parametro qualitativo è il contenuto in ceneri, il quale dovrebbe superare un valore percentuale che in molti paesi è fissato per legge. Anche il contenuto minerale della granella, benché il livello di controllo genetico sia molto alto (la maggior parte dei minerali si concentra negli strati esterni della cariosside), risulta influenzato da fattori ambientali (Winfield, 1989). I principali fattori grado di influenzare negativamente la resa in semola sono la bianconatura (porzioni di endosperma a basso tenore proteico), causata da squilibri nella nutrizione azotata e da precipitazioni atmosferiche nel periodo immediatamente precedente la raccolta (Matsuo e Dexter, 1980) e la volpatura (scurimento del lato embrionale), dovuta ad attacchi di patogeni o da eventi biochimici implicanti la produzione di acido ferulico in maturazione (Kaan et al., 1998). La volpatura può aggiungere punti scuri non desiderabili a semola, pasta, pane.

La pasta

La pasta è il prodotto di trasformazione del frumento duro di gran lunga più apprezzato nel mondo, componente chiave della dieta mediterranea ed il suo consumo è stato anche raccomandato dalle linee guida dell'USDA-HHS (U.S. Department of Agriculture – Health and Human Services) come fonte ottimale di carboidrati complessi.

L'Italia detiene il primato produttivo per il 2011 con 3,317 milioni di tonnellate, seguita dagli Stati Uniti d'America, con 2,0 milioni di tonnellate, Brasile (1,3 milioni) e Russia (1,083 milioni). In Italia, inoltre, poco meno della metà degli sfarinati prodotti è utilizzata per

l'esportazione. La versatilità della pasta, la sua conservabilità, la disponibilità in numerose forme e dimensioni, l'elevata digeribilità, le buone caratteristiche nutrizionali ed i bassi costi costituiscono una buona attrattiva per il consumatore. Per quanto riguarda il consumo pro-capite annuo, anche in questo campo il nostro paese detiene il primato a livello mondiale, con 26 kg; al secondo posto troviamo il Venezuela, con 12,3 kg, seguito da Tunisia (11,9 kg), Grecia (10,5 kg) e Svizzera (9,3 kg). Gli Stati Uniti d'America, nonostante un consumo pro-capite di 8,8 kg, sono in cima alla classifica dei consumi globali, con un dato pari a 2,7 milioni di tonnellate. Al secondo posto troviamo l'Italia, con 1,541 milioni di tonnellate, seguita da Brasile (1,195 milioni di tonnellate) e Russia, con 1,128 milioni di tonnellate (IPO).

Gli ingredienti basilari della pasta sono la semola e/o la farina di grano duro ed acqua. Gli ingredienti sono lavorati a formare un impasto che è estruso sotto vuoto per produrre pasta lunga e corta di forma e dimensione ben definita. Il processo di essiccazione della pasta deve essere protratto fino al valore di 12- 12,5 %, e può avvenire in tempi differenti (Donnelly, 1991).

Per ottenere un prodotto di qualità è indispensabile utilizzare granella di elevato valore proteico, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Le proteine del glutine devono infatti essere in grado di formare, durante la fase di impastatura, una rete di proteine viscoelastica, insolubile alla cottura, che intrappoli i granuli di amido e che prevenga rotture strutturali, disintegrazione della superficie della pasta ed ammassamento in sovracottura. Paste migliori vengono ottenute impiegando granelle con contenuti proteici intorno al 13%; l'utilizzo di materiale con un livello proteico inferiore all'11% comporta un peggioramento del prodotto finale (Dexter et al., 2001; Giannibelli et al., 2001). A parità di contenuto proteico, invece, cultivar diverse mostrano qualità pastificatorie differenti; ciò dimostra l'importanza della qualità del glutine nel determinare la qualità della pasta (Marchilo et al., 1998). A basse temperature di essiccazione il contenuto proteico della granella e la qualità proteica sono le principali componenti della qualità pastificatoria (D'Egidio et al., 1990; Novaro et al., 1993), mentre ad alte temperature quest'ultima dipende solo dal contenuto proteico (D'Egidio e Novaro, 1993).

Altra caratteristica peculiare della granella di frumento duro è l'elevato contenuto in pigmenti gialli, principalmente caroteni e xantofille, che determina il più o meno intenso colore giallo della pasta. L'interesse dei produttori per tale caratteristica è decisamente aumentato negli ultimi anni, e la realizzazione di varietà con valori elevati di indice di giallo è diventata un obiettivo da perseguire per i costitutori varietali. Tuttavia, altre

caratteristiche possono influenzare negativamente il colore finale del prodotto trasformato, quali elevati livelli di attività lipossigenasica (LOX), perossidasi e polifenolossidasi nella semola (Peña e Pfeiffer, 2005; Trono *et al.*, 1999; Borrelli *et al.*, 1999) e la temperatura di essiccazione della pasta (Feillet, 1988). Per concludere, è importante segnalare l'interesse crescente nella produzione di paste funzionali. Gli alimenti funzionali sono un segmento di mercato emergente nell'agroalimentare e possono essere utilizzati come parte integrante di un regime dietetico finalizzato a migliorare la nutrizione o a prevenire le malattie.

Il pane

Il pane di grano duro, lievitato e non, è consumato principalmente nei Paesi Mediterranei e nell'Asia Occidentale (Quaglia, 1988; Nachit, 1998). A seconda del tipo di pane, la materia prima può essere costituita da semola, miscela semola-farina, farina, sfarinato integrale (Quaglia, 1988; Boyacioglu e D'Apollonia, 1994) o da una combinazione di sfarinati di grano duro e tenero. Il pane lievitato è diffuso soprattutto in Italia, Grecia ed Azerbaijan (Quaglia, 1988; Boyacioglu e D'Apollonia, 1994). È prodotto con sfarinati viscoelastici che, a seguito di lievitazione, forniscono un pane più o meno espanso. Un basso rapporto fra crosta e mollica caratterizza i pani lievitati. La combinazione della formula, delle proprietà viscoelastiche del glutine, la lunghezza della fase fermentativa e le condizioni di cottura determinano dimensione, volume, spessore della crosta e struttura della mollica di un dato tipo di pane. Fra i numerosissimi tipi di pane prodotti in Italia, il più diffuso e rinomato è il pane di Altamura che è il primo prodotto in Europa a fregiarsi del marchio DOP nella categoria merceologica "panetteria e prodotti da forno". Il pane di Altamura caratterizzato da colore giallo, crosta croccante, mollica soffice e porosa e lunga conservabilità è prodotto da rimacinato di semola di frumento duro ottenuta dalle varietà Appulo, Arcangelo, Duilio e Simeto coltivate nel territorio delimitato nel disciplinare di produzione. In Italia Meridionale, inoltre, sono diffusi altri prodotti di trasformazione del frumento duro quali le frise o friselle in provincia di Salerno, Foggia, Bari e Lecce (Quaglia, 1988). Il frumento duro nella regione del WANA (Europa mediterranea, Africa settentrionale e Asia occidentale) è prevalentemente usato per preparare una varietà di pani locali non lievitati o *flat breads* (Nachit, 1998). Il grano duro è usato da solo o miscelato con frumento tenero per preparare pani non lievitati come *chapati* e *naan* in India e *tortillas* di farina nel Messico Nord-Occidentale. Nella regione del WANA i pani non lievitati di frumento duro sono simili nella preparazione e negli attributi generali a quelli preparati con frumento

tenero, ma sembrano mantenere più a lungo la freschezza poiché la farina di frumento duro ha maggiore capacità di assorbimento idrico rispetto a quella del tenero. In WANA le caratteristiche aromatiche di questi pani sono requisiti qualitativi importanti, in India ed in Messico il colore giallo intenso non è gradito. Generalmente i pani hanno una forma ovale o tonda e possono essere a singolo o a doppio strato. Sono caratterizzati da un elevato rapporto fra crosta e mollica (Faridi, 1988), possono essere sottili (meno di 1 cm come *chapatis* e *tortillas*) o spessi (4-6 cm come *naan*, *baladi* e *pita*). Parecchi tipi di *flat breads* sono diventati prodotti industriali e gli standard qualitativi devono soddisfare le richieste dei *fast food* o la convenienza dell'industria alimentare. È il caso del *baladi* e del *khobz* (Faridi, 1988). Ciò richiede frumento duro con attributi qualitativi fisici e chimici ben definiti e costanti, essendo la composizione proteica la caratteristica principale. Diversi studi (Peña et al., 1994; Marchilo et al., 1998; Dexter et al., 2001) hanno mostrato che la qualità panificatoria del frumento duro, come nel caso del tenero, è fortemente influenzata dalle proprietà viscoelastiche dell'impasto e dalla composizione delle proteine del glutine. Generalmente un glutine forte o mediamente forte è necessario per produrre un'appropriata viscoelasticità dell'impasto, un soddisfacente volume e buone caratteristiche della mollica. Altri studi hanno confermato che le varietà di frumento duro o le farine con una maggiore estensibilità dell'impasto tendono a mostrare una migliore attitudine alla panificazione di quelle con carattere di tenacità (Peña et al., 1994; Ammar et al., 2000; Peña, 2000; Dexter et al., 2001). È stato dimostrato che la composizione in subunità gluteniniche ad alto peso molecolare influisce prioritariamente sulla qualità panificatoria (Boggini e Pogna 1989, Peña et al. 1994; Liu et al., 1996; Ammar et al., 2000); tuttavia, anche le subunità gluteniniche a basso peso molecolare possono avere un ruolo importante (Gupta e MacRitchie, 1994; D'Ovidio e Masci, 2004). Sembra che i frumenti duri caratterizzati da una maggiore forza del glutine possano formare impasti troppo tenaci per la panificazione (Ciaffi et al., 1995; Ammar et al., 2000). Le caratteristiche varietali influenzano marcatamente la qualità panificatoria. Come è noto la maggior parte delle moderne cultivar di grano duro sono state selezionate per l'attitudine pastificatoria e presentano generalmente un glutine poco tenace e poco estensibile, non particolarmente idoneo alla panificazione (Rao et al., 2001; Palumbo et al., 2002). In Italia, tuttavia, è stata condotta una notevole attività di miglioramento genetico (Boggini et al., 2003b) oltre che numerosi studi di confronto varietale relativamente alla qualità panificatoria (Palumbo et al., 2003) del frumento duro.

Qualità del frumento duro

La qualità del frumento duro è un concetto di tipo multidisciplinare, i cui determinanti variano in relazione al segmento della filiera considerato ed alla tipologia di prodotto trasformato (tabella 2).

QUALITA' AGRONOMICA	QUALITA' MOLITORIA	QUALITA' TECNOLOGICA	CONSUMATORE
Potenzialità produttiva	Peso ettolitrico	Contenuto proteico	Standard qualitativi per pasta, pane, ecc.
Resistenza a stress biotici ed abiotici	Contenuto in ceneri	Qualità del glutine	Aspetto
Qualità merceologica	Uniformità del lotto Umidità della granella Impurezze	Indice di giallo	Rapporto qualità/prezzo

Tabella 3 - Le diverse tipologie della qualità di frumento duro dalla produzione al consumo del prodotto trasformato
(da Flagella, 2006, modificato da Troccoli, 2000)

Dall'esame della tabella si evince che la qualità agronomica è determinata, principalmente, dalla potenzialità, dalla stabilità e dalla qualità produttiva, mentre la qualità molitoria dipende in ultima fase dalla resa in semola, dal contenuto in ceneri, dal grado di umidità della granella e dalle impurezze. Dal punto di vista tecnologico, i determinanti di qualità dipendono dalla tipologia del prodotto trasformato, ma possono essere sintetizzati nel contenuto proteico, nella qualità del glutine e dal colore giallo. Infine, qualità igienico-sanitaria, sensoriale e di servizio sono essenziali per il consumatore (Troccoli et al., 2000). Col passare del tempo, però, stanno acquisendo, soprattutto per il consumatore, sempre più importanza elementi che non si riferiscono al prodotto, ma al contesto di produzione (Peri, 1998). Tra questi, vale la pena di segnalare l'origine territoriale e la cultura, l'ambiente e la sua protezione e la deontologia dei sistemi produttivi. Ci sono, infine, dei requisiti di garanzia che considerano il prodotto come oggetto di mercato e sono la certificazione di terza parte e la rintracciabilità di azienda e di filiera. I sistemi di garanzia di qualità costituiscono attualmente lo sviluppo più importante dei sistemi produttivi. La qualità del frumento duro influenza direttamente la qualità dei prodotti trasformati. Risulta, perciò, necessario raggiungere livelli soglia di qualità per ottenere proprietà di

trasformazione e di cottura idonee per la preparazione dei diversi prodotti di trasformazione. L'utilizzo di varietà di elevata qualità è un prerequisito nei Paesi produttori, specialmente per quelli che competono sul mercato d'esportazione. Tratti qualitativi economicamente importanti (vitrosità, durezza, colore giallo, quantità e qualità delle proteine) sono sotto controllo genetico, ma possono essere modificati da fattori climatici ed agronomici.

Qualità tecnologica ed influenza delle condizioni ambientali

Per quanto riguarda le proteine, sia il loro contenuto che la loro qualità concorrono a determinare la qualità tecnologica dell'impasto (D'Egidio *et al.*, 1990). Entrambi sono sia sotto controllo genetico che delle caratteristiche ambientali, con una prevalenza del primo aspetto per quanto riguarda la qualità del glutine, e dell'ambiente sul contenuto proteico. (Mariani *et al.*, 1995). Le principali e più indagate condizioni ambientali in grado di condizionare il tenore e la composizione proteica sono le concimazioni azotate e solfatica, la temperatura ed il regime idrico (Desiderio *et al.*, 1998 e 1999; D'Egidio *et al.*, 2000). La concimazione azotata determina un incremento del contenuto proteico (Peckanek *et al.*, 1997; Desiderio *et al.*, 1998).

Per quanto riguarda la temperatura, i suoi effetti sulla composizione delle proteine di riserva sono complessi. Alte temperature durante la granigione sono responsabili di un incremento del tenore proteico (Troccoli *et al.*, 2000). Per quanto riguarda la qualità proteica, invece, temperature comprese fra i 30 ed i 35 °C possono determinare un miglioramento delle caratteristiche tecnologiche del frumento, mentre temperature superiori a 35° possono provocare uno scadimento della qualità delle proteine (Corbellini *et al.*, 1997).

Poche informazioni sono invece disponibili a proposito del deficit idrico. Migliori prestazioni qualitative sono emerse in condizioni di minori apporti idrici (Fares *et al.*, 1993), un effetto negativo dell'apporto idrico in fase di granigione sulla qualità della granella (Rharrabti *et al.*, 2003), ed infine una positiva influenza del deficit idrico su alcuni parametri tecnologici, ma anche un maggior contributo della componente genetica sulla qualità (Guttieri *et al.*, 2001).

Infine, lo stress salino, spesso associato a deficit idrico, può influenzare la qualità tecnologica del frumento duro (Flagella *et al.*, 2000).

La coltivazione del frumento duro in biologico

L'agricoltura biologica può essere definita come "...un sistema di produzione che tutela la salute del suolo, dell'ecosistema e delle persone. Si basa su processi ecologici, biodiversità e cicli adatti alle condizioni locali, piuttosto che sull'uso di input con effetti avversi. L'agricoltura biologica combina tradizione, innovazione e scienza, perché l'ambiente condiviso ne tragga beneficio e per promuovere relazioni corrette e una buona qualità della vita per tutti coloro che sono coinvolti" (IFOAM). Sempre secondo l'IFOAM, alla base del metodo di produzione biologico si trovano quattro principi fondamentali:

1. Principio della salute. L'agricoltura biologica deve sostenere e rafforzare la salute del suolo, delle piante, degli animali, dell'uomo e del pianeta come uno ed indivisibile.
2. Principio ecologico. L'agricoltura biologica deve basarsi su sistemi e cicli ecologici, lavorare con loro, imitarli e contribuire a renderli sostenibili.
3. Principio di equità. L'agricoltura biologica dovrebbe basarsi su rapporti che assicurino equità per quanto riguarda l'ambiente comune e le opportunità di vita
4. Principio di cura. L'agricoltura biologica deve essere gestita in modo precauzionale e responsabile per proteggere la salute e il benessere delle generazioni presenti e future e dell'ambiente.

Va dunque sottolineato che l'agricoltura biologica guarda al sistema di coltivazione non solo in termini di resa finale ottenibile, ma considerando l'agroecosistema nel suo complesso, anche in termini di efficienza produttiva e sostenibilità a lungo termine. Infatti, significativi miglioramenti della qualità complessiva dell'ecosistema agrario sono stati riportati da numerosi autori. Vale la pena di citare i risultati del famoso pluridecennale esperimento "DOK trial", eseguito in Svizzera dal 1978 al 1998 (Mäder *et al.*, 2002). I risultati di tale esperimento a lungo termine, in cui venivano messi a confronto sistemi di produzione biodinamico, biologico e convenzionale, hanno mostrato rese in granella per i cereali biologici pari al 90 % di quelle convenzionali, mostrando però nel contempo una maggiore efficienza del sistema biologico in termini di costo energetico per unità prodotta. Allo stesso tempo, significativi effetti della conduzione in biologico sono stati osservati per quanto riguarda le caratteristiche del suolo, in termini di accresciute stabilità, attività enzimatiche, biomassa microbica del suolo e biodiversità generale dello stesso.

Nel mondo (dati 2010), 37 milioni di ettari vengono coltivati in biologico; si tratta di una quota ancora piccola rispetto al totale mondiale delle aree coltivate (1 % circa), ma in significativa crescita, dato che a partire dal 1999 l'estensione della superficie coltivata secondo i dettami dell'agricoltura biologica sono più che triplicati (Worldwatch Institute, 2013). Il continente più "biologico" risulta l'Oceania, con 12,1 milioni di ettari; seguono l'Europa, con 10 milioni di ettari (tra l'altro, tra il 2009 e il 2010 l'Europa ha aumentato del 9% i suoi terreni coltivati a biologico), l'America Latina, con 8,4 milioni di ettari, l'Africa, con poco più di 1 milione di ettari certificati e l'Asia con un totale di 2,8 milioni di ettari. Gli Usa sono invece rimasti indietro nell'adozione di metodi di produzione agricola sostenibili. Se però si considerano le vendite di prodotti biologici e non la produzione, l'industria statunitense dei prodotti organici è uno dei settori in più rapida crescita nel Paese: più 9,5% nel 2011, quando ha raggiunto 31,5 miliardi dollari di fatturato. Da notare come l'agricoltura biologica sia ormai regolata da standard internazionali: nel 2010 erano 84 i Paesi del mondo che attuavano regolamenti per il biologico, 10 in più che nel 2009. In Italia, il processo di produzione biologica deve uniformarsi a standard predefiniti (disciplinare di produzione) controllati e certificati da organismi di controllo riconosciuti dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (Regolamento UE 2092/91 e successive modifiche). Inoltre, un'agenzia di accreditamento è responsabile di assicurare che l'ente di certificazione sia competente a realizzare il processo di certificazione.

Nella UE la superficie coltivata in biologico rappresenta il 2,1 % della SAU totale; la Spagna è il primo paese biologico d'Europa, con 1,46 milioni di ettari, seguita dall'Italia, con 1,11 milioni di ettari. Italia che però primeggia per numero di operatori, con 48.269, ed è settima a livello mondiale con il 3% circa della superficie complessiva mondiale. Seguono la Germania e l'Austria. Svezia, Estonia e Svizzera, invece, sono i Paesi europei che hanno la maggiore percentuale di agricoltura biologica rispetto a quella convenzionale (tutti oltre il 10%).

I principali Paesi Europei produttori di frumento duro con metodo convenzionale sono anche i principali produttori con metodo biologico. In Italia, primo Paese produttore con metodo biologico a livello europeo, la superficie coltivata a cereali rappresenta il 16,7 % della SAU biologica, ed in particolare quella coltivata a frumento duro rappresenta il 40% della SAU destinata ai cereali (SINAB). Sia la resa produttiva che gli standard qualitativi rappresentano aspetti critici del sistema di produzione biologico del frumento duro. Ambedue gli aspetti sono fortemente influenzati dalla disponibilità di azoto nel terreno in alcune fasi di sviluppo della coltura. In generale, i cereali coltivati in biologico sono

caratterizzati da minori rese e contenuti proteici rispetto a quelli da agricoltura convenzionale, data l'impossibilità di utilizzare fertilizzanti azotati di sintesi. L'esclusivo impiego di fonti di Azoto organiche (es. letame e leguminose nella rotazione colturale), può comportare un rilascio dell'elemento non sincronizzato con le esigenze della coltura (Boggini et al., 2003). Tuttavia, una opportuna scelta varietale, unita ad una attenta gestione agronomica delle produzioni può comunque permettere di ottenere risultati qualitativamente non dissimili da quelli raggiungibili con l'agricoltura convenzionale (Fredriksson et al., 1998).

Per quanto riguarda gli altri nutrienti di base, compresi minerali, vitamine ed aminoacidi, nel frumento duro biologico si è osservato un incremento nel contenuto in ceneri e nel contenuto in acido ferulico. L'indice di giallo, invece, non mostrava differenze fra campioni biologici e convenzionali (Carcea et al., 1999). Altri studi, condotti prevalentemente su frumento tenero, hanno riportato differenze non significative tra prodotti biologici e convenzionale per quanto riguarda il contenuto in minerali (Lairon *et al.*, 2009; Rembiałkowska, 2007).

Un altro aspetto non trascurabile della cerealicoltura biologica è la resistenza alle avversità biotiche che colpiscono l'apparato fogliare e la spiga. Come già illustrato precedentemente, il regolamento UE 2092/91 non permette l'uso di trattamenti antiparassitari con prodotti di sintesi; pertanto, in attesa di una più ampia diffusione di prodotti naturali di lotta, la principale alternativa rimane quella dell'uso di varietà resistenti. Data l'impossibilità di utilizzare antifungini di sintesi per il controllo delle malattie, alcuni autori hanno ipotizzato una maggiore contaminazione da micotossine nei cereali biologici, rispetto a quelli convenzionali (Malmauret et al., 2002). La contaminazione da micotossine, specialmente deossinivalenolo (DON) è uno dei principali problemi per gli agricoltori. Le micotossine, infatti, hanno effetti negativi sulla salute umana e sembrano legate al rischio di cancro all'esofago (Bennett e Klich, 2003). Tuttavia dati recenti suggeriscono una sostanziale equivalenza fra frumenti biologici e convenzionali per ciò che concerne la presenza di DON (Avantaggiato et al., 2007). Altri studi più recenti, indicano addirittura una concentrazione di DON significativamente minore in granella di frumento duro da agricoltura biologica, rispetto a quella convenzionale, anche in annate in cui l'andamento climatico è risultato favorevole per la crescita e lo sviluppo di funghi micotossigenici (Quaranta *et al.*, 2010).

In definitiva, un'attenta rassegna della letteratura a riguardo evidenzia che il contenuto in micotossine è altamente variabile indipendentemente dal sistema agricolo utilizzato, e che,

relativamente al territorio italiano, i livelli più elevati di contaminazione sono riscontrabili nei frumenti coltivati negli areali di coltivazione settentrionali.

Anche il livello di contaminazione da metalli pesanti della granella potrebbe essere influenzato dal metodo di coltivazione biologico. A tal proposito, alcune fonti suggeriscono che l'assunzione di metalli pesanti da parte della pianta potrebbe essere maggiore in condizioni di carenza dei principali nutrienti (AFSSA, 2003).

Varietà coltivate e miglioramento genetico

Il frumento duro è coltivato sul suolo del nostro paese da tempo immemorabile. Come risultato di ciò, un consistente numero di genotipi costituisce il panorama varietale che è stato ed è coltivato in Italia, dalle razze locali, diffuse prevalentemente nel periodo 1900 – 1920, alle prime linee pure selezionate nei trent'anni successivi (Bozzini, 1970), ai primi incroci intraspecifici al fine di generare piante più basse e precoci (tipico esempio di varietà costituita in questo periodo è “Capeiti 8”, nata dall'incrocio “Senatore Cappelli” × “Eiti 6”, rilasciata nel 1955) per arrivare, a partire dal 1970, allo sfruttamento dei geni *Rht* (“Reduced height genes”), i quali hanno consentito l'ottenimento di cultivar a taglia bassa. Fra queste ricordiamo la varietà Creso, ottenuta nel 1974 e tuttora utilizzata. Un forte impulso alle attività di miglioramento genetico varietale in campo cerealicolo venne dato dall'attività di raccolta e conservazione di genotipi locali condotta dal CIMMYT. A tal proposito, segnaliamo le numerose varietà selezionate da Vallega presso l'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura (Oggi Unità per la valorizzazione qualitativa dei cereali, presso il CRA), derivate da incroci tra genotipi forniti dallo stesso CIMMYT e la varietà Senatore Cappelli.

Nel presente paragrafo saranno analizzati gli effetti prodotti dall'attività di miglioramento genetico sulle principali caratteristiche morfologiche, agronomiche e qualitative delle varietà di frumento duro diffuse e coltivate in Italia nel XX secolo.

Altezza delle piante

I dati registrati in differenti lavori (Precetti e Annichiarico, 1998; Motzo et al, 2004) sottolineano la progressiva riduzione della taglia della coltura, passando dalle popolazioni locali (125 – 132 cm), alle linee derivanti da selezione, (104 – 109), fino alle varietà ottenute da incrocio (83 – 89 cm).

Varietà	Anno di iscrizione	Altezza (cm)	Epoca di spigatura (dal 1 Apr)	Resa (t/ha)	Harvest index (%)	Contenuto proteico (% s.s)	Pigmenti carotenoidi (ppm)	Indice alveografico W (J*10 ⁻⁴) (es)
Timilia	1900	113	37	3,26	22	18,0	3,84	30 (3)
Russello S.G 7	1910	124	33	3,57	25	18,2	4,87	40 (3)
Cappelli	1915	115	33	3,88	25	18,3	4,51	80 (3)
Aziziah	1919	93	27	3,52	28	18,1	4,69	99 (3)
Grifoni 325	1949	99	26	3,66	28	17,2	4,77	104 (3)
Capeiti 8	1950	91	23	4,42	31	16,4	4,83	97 (3)
Trinakria	1970	96	23	4,29	29	18,0	4,74	75 (4)
Appulo	1973	85	23	4,37	32	16,5	4,56	58 (3)
Creso	1974	71	31	4,85	38	17,4	4,12	146 (3)
Valnova	1975	72	27	4,67	37	17,9	4,38	128 (4)
Arcangelo	1983	69	24	5,25	39	16,3	4,55	111 (3)
Duilio	1984	74	22	5,09	40	16,7	4,55	127 (4)
Simeto	1988	77	24	5,43	38	16,8	4,71	194 (3)
Ofanto	1990	71	26	4,88	38	16,5	5,57	49 (3)

Tabella 4 - Effetto del miglioramento genetico su 14 varietà di frumento duro coltivate in Italia (Da De Vita et al., 2007)

La prima sostanziale riduzione di altezza (91 cm), con conseguente miglioramento della resistenza all'allettamento, si ebbe con l'introduzione della varietà Capeiti 8 (1950). Il progressivo contenimento dell'altezza, fino all'iscrizione nel Registro Nazionale Varietale della varietà "Appulo", è stato realizzato sfruttando la limitata variabilità genetica che il carattere presentava all'interno della specie.

Nello stesso tempo si resero disponibili genotipi contenenti i geni *Rht1* e *Rht2*, capaci di ridurre ulteriormente la taglia. I risultati più importanti furono ottenuti incrociando alcuni frumenti teneri di origine giapponese con frumenti duri. Una parte del materiale derivante da reincroci eseguiti in Messico presso il CIMMYT fu introdotto in Italia per essere utilizzato in specifici programmi di breeding. Frutto di tali programmi sono le varietà della serie "Val", realizzate negli anni '70.

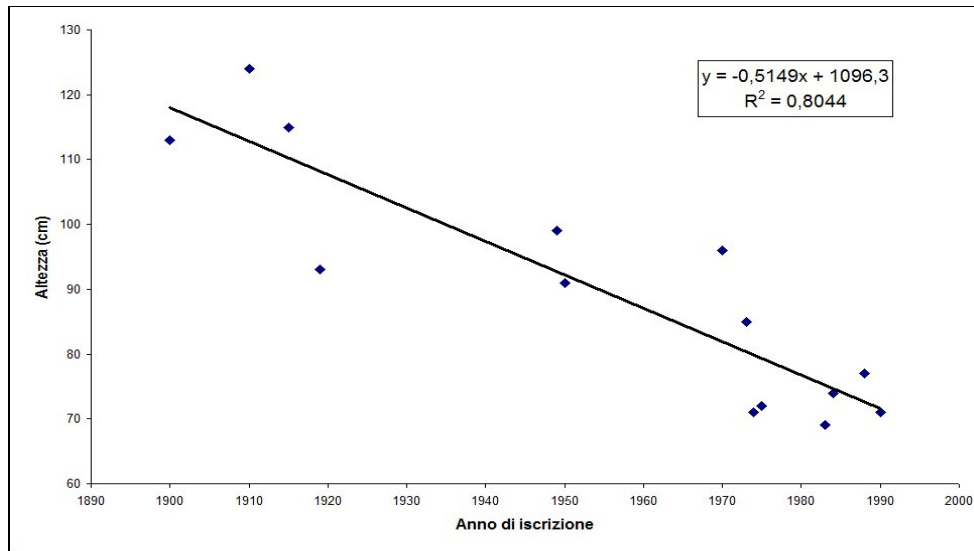


Figura 6 - Altezza di 14 varietà di frumento duro iscritte in Italia nel secolo scorso (Da De Vita et al. 2007)

Studi recenti (Slafer et al., 2005) evidenziano che, oltre un certo valore, la riduzione dell'altezza determina una contrazione del potenziale produttivo. Per questo le moderne cultivar di frumento duro manifestano valori di altezza del culmo compresi fra 70 e 100 cm.

Precocità del ciclo colturale

Si deve al grande costituente Nazareno Strampelli, l'intuizione della maggiore adattabilità agli areali dell'Italia meridionale di varietà di frumento duro a ciclo precoce. La selezione per questo carattere ha come conseguenza l'aumento della probabilità di sfuggire allo stress idrico spesso atteso nella parte finale del ciclo della coltura. (Slafer et al., 2005). Come primi esempi di varietà a ciclo corto possiamo citare le varietà "Capeiti 8", "Trinakria" ed "Appulo".

Negli anni successivi l'esigenza di allargare l'areale di coltivazione del frumento duro e sfruttare le potenzialità produttive delle regioni settentrionali ha favorito l'ingresso, nel panorama varietale italiano, di varietà contraddistinte da un sensibile ritardo nell'epoca di fioritura (es. Valnova, Creso). Attualmente, varietà a ciclo tardivo sono in commercio, sia di origine nazionale (Dylan, Marco Aurelio, Odisseo) sia di origine straniera, prevalentemente francese (Liberdur). Poiché la lunghezza del ciclo colturale è rimasta pressoché invariata, l'anticipo dell'epoca di spigatura ha avuto, come risultato, un allungamento della fase di riempimento della granella (intervallo di tempo compreso tra la spigatura e la maturazione della coltura). Studi approfonditi mettono in luce, analogamente a quanto riscontrato per l'altezza, una riduzione di resa correlata ad un eccessivo anticipo del ciclo colturale. (Slafer et al., 2005).

Resa delle colture

Gli studi condotti sulle accresciute capacità produttive dei genotipi moderni (Canevara et al., 1994; Ortiz-Monasterio et al., 1997) dimostrano che tale risultato è dovuto ad un aumento del numero di cariossidi prodotte per m², a sua volta determinato tanto da una maggiore fertilità della spiga, quanto al maggior numero di spighe fertili per pianta.

L'incremento della fertilità della spiga è dovuto anche all'effetto pleiotropico dei geni per la riduzione della taglia introdotti dalle varietà di frumento tenero (Gale, 1979), mentre il maggior numero di spighe fertili per pianta è il risultato del minor grado di accostamento delle cultivar moderne.

Indice di raccolto (Harvest Index)

L'indice di raccolto (Donald, 1968) esprime il rapporto tra il peso della granella e il peso totale della pianta, ed è un indice del grado di ripartizione dei fotosintetati fra gli organi dell'organismo vegetale. L'indirizzo generale dei costitutori varietali è stato quello di aumentare l'indice di raccolto; ciò è stato ottenuto sia attraverso la riduzione dell'altezza delle piante, sia a seguito dell'aumento della fertilità della spiga. (Sinclair et al., 1998). La biomassa prodotta dai vari genotipi resta, al contrario, pressoché invariata, indicando come l'incremento di resa sia associato esclusivamente ad una differente allocazione dei fotosintetati. Come per altezza e precocità del ciclo colturale, un andamento analogo è stato individuato per l'indice di raccolto, con decremento produttivo al di sopra di una certa soglia.

Qualità della granella

Le esperienze italiane indicano che il notevole incremento delle rese in granella sia stato accompagnato da un parallelo decremento del contenuto proteico. Tale associazione negativa è imputabile tanto ad una sorta di diluizione delle proteine ad opera dell'aumentato quantitativo dei carboidrati, quanto a fattori ambientali e genetici (Blanco et al., 2006).

Solo di recente, la selezione per la qualità delle proteine è diventata un obiettivo da raggiungere per i costitutori varietali. La selezione di varietà con una superiore qualità tecnologica ha condotto, probabilmente in maniera indiretta, ad un aumento delle frequenze di particolari subunità proteiche ad elevato peso molecolare HMW nelle cultivar più recenti. (Pogna et al., 1990).

L'ultimo decennio del secolo scorso, infine, è stato caratterizzato anche dal crescente interesse dell'industria di trasformazione per il colore della pasta, un importante fattore estetico, ed ultimamente anche nutrizionale. Mentre risultati soddisfacenti nel miglioramento genetico per il colore sono stati ottenuti nel resto del mondo (Boggini, 1996), in Italia solo recentemente, con la comparsa di varietà come Svevo, la selezione per questo carattere ha ricevuto la giusta attenzione, come mostrato in tab. 4 (De Vita et al., 2007).

Miglioramento genetico e agricoltura biologica

Si stima che più del 95% delle produzioni biologiche siano ottenute utilizzando varietà selezionate per l'agricoltura convenzionale (Lammerts van Bueren, 2011). Anche i moderni genotipi di frumento duro sono il risultato di processi di miglioramento genetico miranti all'ottenimento di materiali in grado di fornire elevate prestazioni produttive in presenza di consistenti input energetici; di conseguenza, ci si chiede se questi materiali possano essere adatti all'utilizzo in agricoltura biologica, dove gli apporti energetici sono decisamente inferiori. In definitiva, ci si è domandati, in passato, se i caratteri che conferiscono elevate prestazioni in agricoltura convenzionale siano gli stessi che permettano l'ottenimento di produzioni elevate in agricoltura biologica. Alcuni hanno ipotizzato una maggiore adattabilità delle vecchie varietà al metodo biologico, sulla base dei minori apporti energetici che caratterizzavano nel passato l'agricoltura; recenti ricerche, sembrano smentire quest'affermazione, individuando una maggiore capacità produttiva dei genotipi più recenti rispetto a quelli più datati (Carr *et al.*, 2006).

Le profonde differenze fra agricoltura biologica e convenzionale hanno indotto molti a ritenere indispensabile la messa in atto di programmi di miglioramento genetico specifici, in quanto si è giunti alla conclusione che vi sia una certa divergenza fra i caratteri che conferiscono elevata produttività nei due metodi di produzione. Possiamo citare, come esempio, l'altezza delle piante: è già stato ricordato in precedenza come la riduzione della taglia è stato un obiettivo perseguito dai miglioratori nel corso del secolo passato, per il positivo effetto sulla resa e sui rischi di allettamento. Lo stesso carattere, però, può comportare degli svantaggi in agricoltura biologica, per una ridotta capacità competitiva nei confronti delle malerbe e per una bassa capacità di assorbimento dell'Azoto a basse concentrazioni nel suolo (Reid *et al.*, 2009; Dawson *et al.*, 2008). Un'altra caratteristica importante in agricoltura biologica è lo sviluppo consistente dell'apparato radicale, che consente sia di esercitare maggiore competizione nei confronti delle specie infestanti, sia

di migliorare la efficienza di utilizzazione dell'Azoto (Nitrogen Use Efficiency, NUE) (Dawson *et al.*, 2008). Allo stesso tempo, un apparato radicale vigoroso consente di aumentare la resistenza ai trattamenti meccanici di controllo delle malerbe (scerbatura), migliorando l'ancoraggio al suolo. Altri caratteri che si sono rivelati importanti per incrementare la capacità competitiva delle piante in agricoltura biologica e, in definitiva, la resa finale, sono un vigoroso sviluppo iniziale, una capacità elevata di accestimento ed un esteso apparato fogliare (Reid *et al.*, 2009). Comunque, va tenuto conto della possibile influenza dell'ambiente pedoclimatico sull'effetto reale di tali caratteri e, in definitiva, sulle caratteristiche dell'ideotipo adatto all'impiego in agricoltura biologica. Ad esempio, se da un lato un apparato fogliare molto sviluppato può conferire alle piante un maggiore potere competitivo nei confronti delle malerbe attraverso una maggiore cattura della radiazione fotosintetica, dall'altro può determinare, in ambienti caldi ed aridi, maggiori perdite d'acqua a causa della accresciuta superficie evapotraspirante determinando, quindi, possibili maggiori stress idrici.

Conclusioni

L'aspetto più interessante dell'evoluzione varietale è indubbiamente costituito dalle modificazioni morfologiche che le piante hanno subito nel corso degli anni, insieme agli incrementi produttivi. Si è infatti passati da un fenotipo alto, foglioso, tardivo e con ampio apparato radicale, tipico delle razze locali in uso fino agli inizi del XX secolo, ad uno basso, precoce, con limitata estensione fogliare ed capacità di accestimento, caratterizzante le varietà che si sono affermate, in particolare, nella seconda metà del '900.

Si sono affermati, cioè, quei genotipi in cui l'elevata produzione economica dipende dalla capacità di interferire in misura inferiore con le piante vicine. La riduzione nella crescita del culmo ha consentito alla spiga di usufruire di una maggiore quantità di nutrienti, a scapito del ridotto sviluppo vegetativo. L'andamento parabolico della relazione tra altezza e resa delle piante, però, suggerisce un limitato margine di miglioramento in termini di ulteriore riduzione dell'indice di raccolto.

Il grande problema della dura granicoltura italiana, però, è rappresentato, negli ambienti tradizionalmente interessati alla coltivazione di tale specie, dall'imprevedibilità dell'andamento climatico; l'irregolare distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno accompagnate da lunghi periodi siccitosi, così come l'estrema variabilità delle condizioni pedoclimatiche anche fra ambienti vicinali, rendono ancora oggi instabili ed altalenanti le

produzioni cerealicole incidendo, nel contempo, anche sulle caratteristiche qualitative della produzione, sia in termini assoluti che di omogeneità delle partite. Nell'immediato futuro sarà necessario l'avvio di nuovi programmi di miglioramento genetico in cui le procedure classiche di costituzione varietale sfruttino le nuove piattaforme tecnologiche messe a disposizione dalla biologia molecolare, come i marcatori molecolari, numerosissimi e non soggetti ad influenze ambientali, che consentiranno di migliorare l'efficienza di programmi di ricombinazione e selezione genica, garantendone il risultato e riducendo i tempi di lavoro.

SCOPO DELLA TESI

Il frumento duro nel mondo è coltivato su un'area meno estesa del frumento tenero e con impiego prevalente per la preparazione di paste alimentari. In Europa il principale produttore di tale cereale è l'Italia, che nel 2012 gli ha destinato una superficie pari a 1,304 milioni di ettari su un totale a frumento di 1,92 milioni di ettari, con una produzione di 4,18 milioni di tonnellate. Il frumento duro ha avuto una notevole espansione in Italia negli anni '70 a seguito della politica agricola seguita dalla Comunità Europea per soddisfare le crescenti esigenze dei consumatori e, di conseguenza, ridurre le importazioni. Questa politica è stata di notevole vantaggio per l'Italia, che è il principale produttore di frumento duro, e in particolare per le regioni meridionali ed insulari, dove è stata tradizionalmente concentrata la produzione di questo cereale.

Il frumento duro si adatta meno facilmente del tenero agli ambienti difficili (freddo, umidità eccessiva, allettamento e mal del piede), mentre dà migliori risultati negli ambienti caldi ed aridi e nei terreni argillosi con buona capacità di ritenzione idrica, dove riesce a realizzare la migliore espressione qualitativa.

Il recente miglioramento genetico del frumento duro ha prodotto parecchie nuove varietà, le quali hanno radicalmente rinnovato il panorama varietale italiano. I problemi del miglioramento genetico del frumento duro sono stati mossi da due esigenze: quella di creare varietà agronomicamente migliori per le aree di tradizionale coltivazione del frumento duro (Italia meridionale ed insulare), e quella di creare nuove varietà per poterne estendere la coltura nell'Italia centro-settentrionale.

Le rese ottenibili col frumento duro sono ormai dello stesso ordine di grandezza di quelle ottenibili nelle stesse condizioni coi frumenti teneri, per cui la convenienza economica a coltivare l'una o l'altra specie dipende essenzialmente dal valore di mercato della granella e dal regime di contribuzione UE. In molte zone dell'Italia meridionale vanno considerate buone le rese superiori a 3,5 t/ha.

Alla luce di queste poche considerazioni è evidente come diventi necessario conoscere bene le caratteristiche produttive quali-quantitative delle numerose varietà di frumento duro per garantire stabilità di produzione e buoni standard qualitativi. Diventa quindi necessario testare agronomicamente le diverse varietà in diversi ambienti per individuare quale risponde meglio alle nostre esigenze.

Un'altra moderna problematica da analizzare è quella legata alla possibilità di coltivare in biologico il frumento duro, al fine di soddisfare quelle sempre crescenti fette di mercato

che lo richiedono. Anche in questo caso valgono le considerazioni fatte per le colture in convenzionale. Inoltre, per stabilire la convenienza in termini di resa, è necessario un confronto tra forme di allevamento in biologico ed in convenzionale.

Scopo di questo lavoro di tesi è stato quello di evidenziare, per le varietà oggetto di studio, la loro capacità produttiva e la loro propensione all'allevamento in biologico, valutando nel contempo l'effetto di alcuni fattori agronomici, quali fertilizzazione e densità di semina. Per A tale scopo sono state messe a confronto 8 varietà di frumento duro (Claudio, Creso, Dylan, Iride, Meridiano, Normanno, Saragolla e Svevo) allevate in tre ambienti dell'Italia centro-meridionale: Tarquinia (VT), Roma e Campobasso.

Nelle pagine precedenti si è parlato della frumenticoltura canadese, mettendo in risalto, in particolare, la produzione di frumento nella provincia dell'Ontario e ponendo l'accento sulle possibilità di introdurre in tale territorio la coltivazione del frumento duro a semina autunnale. Il panorama varietale locale si compone di un'unica varietà registrata per l'utilizzo nell'Ontario; ne segue perciò la necessità di valutare le prestazioni di genotipi di origine straniera, allo scopo di ottenere informazioni circa la fattibilità della coltura. A tale scopo, 15 genotipi italiani (le 8 varietà indicate precedentemente, più Anco Marzio, Arnacoris, Aureo, Colosseo, Duilio, Maestrone e Neolatino) sono stati inseriti in una prova di confronto varietale condotta in collaborazione con il Ridgetown Campus della University of Guelph (Ridgetown, Chatham-Kent County – Ontario), sotto la direzione scientifica della Dr.ssa Lijljana Tamburic-Ilincic, in una località dell'Ontario Sud Occidentale, Ridgetown.

MATERIALI E METODI

Località

Le prove sono state condotte nel corso delle annate agrarie 2010/2011 e 2011/2012 in tre località differenti, due nel Lazio e una in Molise. Nel Lazio sono stati utilizzati i campi dell'Azienda Sperimentale Inviolatella dell'Unità di Ricerca per la Valorizzazione Qualitativa dei Cereali del CRA (CRA-QCE, ex Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura), siti in Roma, all'interno del Parco Regionale di Veio, ad un'altezza di m 20 s.l.m., ed i campi sperimentali dell'ARSIAL – Azienda Regionale per lo Sviluppo Agricolo del Lazio, siti in Tarquinia (VT), località Portella, ad un'altezza di m 60 s.l.m. In Molise sono stati utilizzati i campi dell'azienda agricola "Tullo", sita nel comune di Campobasso, ad un'altezza di m 700 s.l.m. In Canada, prove di confronto varietale sono state eseguite a Ridgetown (42°26' Nord, 81°53' Ovest), una località dell'Ontario Sud-occidentale

Tecnica Agronomica

A Roma ed a Campobasso le prove sono state condotte sia in biologico che in convenzionale, mentre a Tarquinia sono state eseguite prove di confronto solo in biologico, in quanto il campo sperimentale disponibile per l'esecuzione di prove in convenzionale non avrebbe permesso un affidabile confronto con i risultati del campo condotto in biologico. In Canada, tutti e tre i campi sperimentali sono stati condotti in convenzionale, secondo le tecniche comunemente adottate dagli agricoltori locali.

Per tutte e tre le località italiane, la preparazione del letto di semina è iniziata con un'aratura a 30 cm di profondità, seguita da una serie di ripetute erpicature con erpice a dischi per affinare ulteriormente il terreno. La semina è stata eseguita su parcelle di 10 m² di superficie (1,5 x 6,67 m) per mezzo di una seminatrice parcellare "Hege". I semi sono stati disposti su sei file per parcella. Per tutte e tre le località sono state utilizzate due densità di semina, 350 e 500 semi germinabili/m². La germinabilità dei semi, benché indicata sulle schede fornite dalle ditte sementiere, è stata comunque determinata prima della semina secondo le metodiche standard, utilizzando un campione di 400 semi divisi in gruppi di 100 e sistemati in quattro capsule di germinazione che sono state poste in camere di crescita alla temperatura di 20°C. La germinabilità della semente è stata determinata contando i semi germinati dopo una settimana. Anche il peso di 1000 semi è stato determinato in laboratorio, contando mediante macchina contasemi "Numigral" il

numero di semi contenuti in un campione di 15 g di peso. Per ciascuna parcella è stato seminato un campione dal peso determinato dalla formula:

$$P = (TKW/1000) \times D \times 10 \times (1/G)$$

Dove :

D: Densità di semina (semi/m²)

TKW: Peso 1000 semi (Thousand Kernels Weight);

G: Germinabilità;

10: Sup. Parcella in m².

Per le prove in convenzionale è stata utilizzata semente concia, mentre per le prove in biologico si è fatto ricorso a semente non concia fornita dalle stesse ditte sementiere. Per quanto riguarda le prove di confronto fra biologico e convenzionale, le prove sono state eseguite secondo uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con parcella suddivisa con 3 repliche, con la densità di semina come parcella principale e il genotipo come sub-parcella. Stesso schema è stato utilizzato per la prova di concimazione, con lo schema di fertilizzazione come parcella principale e di nuovo il genotipo come sub-parcella.

In Canada, è stata utilizzata una densità di semina di 435 semi germinabili/m², ed è stato adottato uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con 4 repliche. Contrariamente a quanto avvenuto in Italia, la preparazione del letto di semina è stata eseguita mediante minima lavorazione, consistente in una semplice lavorazione superficiale del suolo, in quanto trattasi della più comune tecnica di preparazione del suolo fra gli agricoltori canadesi.

Per quanto riguarda le prove condotte in convenzionale, l'apporto di fertilizzanti nei campi è stato frazionato in tre interventi, uno prima della semina con fosforo e azoto sotto forma di fosfato bi ammonico (per una dose complessiva di 30 kg/ha di N-N e 77 kg/ha di P-P₂O₅), e due in post-emergenza (uno in accestimento ed uno in levata) con azoto sotto forma di urea, per una dose, rispettivamente, di 60 e 70 kg/ha di N-N. Limitatamente al campo di Roma convenzionale, nelle annate agrarie 2010/2011 e 2011/2012 è stata eseguita una prova di concimazione basata sul confronto di due schemi di fertilizzazione azotata; quello indicato in precedenza, ed uno schema che ha previsto il solo apporto di

fertilizzante azotato in pre-semina, secondo le stesse dosi e modalità impiegate nello schema classico.

In Canada, la fertilizzazione è stata frazionata in due interventi, uno in pre-semina, utilizzando un fertilizzante NPK (per un totale di 15 kg/ha di N-N, 15 kg/ha di P-P₂O₅ e 15 kg/ha di K-K₂O), ed uno in copertura, sotto forma di Nitrato Ammonico, per un totale di 50 kg/ha di N-N. Dunque, l'apporto totale di Azoto è risultato, per le prove canadesi, di 65 kg/ha di N-N.

Tanto in Canada che nei campi italiani condotti in convenzionale, è stato eseguito un unico intervento di diserbo in post emergenza.



Figura 7 - Roma: diserbo meccanico (scerbatura) su frumento duro biologico

Per le prove condotte in biologico, non è stato effettuato nessun intervento di fertilizzazione. Il controllo delle malerbe è stato eseguito mediante diserbo chimico per le prove in convenzionale, e mediante diserbo meccanico e manuale (strigliatura e scerbatura) per le prove condotte in biologico. Per maggiori dettagli circa i principi attivi utilizzati e le date di intervento, si rimanda alle schede agronomiche riportate in Tab. 5.

La raccolta è stata eseguita mediante l'uso di una mietitrebbiatrice parcellare "Wintersteiger". Subito dopo la raccolta, i campioni sono stati sottoposti a pulizia per ventilazione, pesati per calcolare la resa, espressa in t/ha, ed infine sottoposti alle analisi per determinarne le caratteristiche qualitative e quantitative.

Località	Tecnica agronomica	Terreno	Coltura precedente	Data di semina	Concimazione (kg/ha)					Diserbo	Data di raccolta
					pre-seminala			copertura (N)			
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	I	II		
ROMA	CONV	Medio impasto	Fr. Duro	19/11/11	30	77	0	60	70	Hussar Maxx (300 g/ha)	05/07/12
	BIO	Medio impasto	Favino		0	0	0	0	0	Meccanico + manuale	
	CONCIMAZIONE (2012)	Medio impasto	Fr. Duro	19/11/11	30	77	0	0	0	Hussar Maxx (300 g/ha)	05/07/12
	CONCIMAZIONE (2011)	Medio impasto	Favino	17/11/10	30	77	0	60	70		
CAMPOBASSO	CONV	Medio impasto-argilloso	Girasole	30/11/11	30	77	0	60	70	Atlantis (0.5 l/ha) + 2,4 D (0.5 l/ha)	19/07/12
	BIO	Medio impasto-argilloso	Sulla	03/11/11	0	0	0	0	0	Meccanico + manuale	18/07/12
TARQUINIA	BIO	Argilloso-sabbioso	Erbaio misto	29/11/11	0	0	0	0	0	Meccanico + manuale	26/06/12
RIDGETOWN	CONV	Limoso-sabbioso	Soia	04/11/11	15	15	15	50	0	Buctril M (1.0 l/ha)	13/07/12

Tab. 5 – Scheda agronomica

Varietà utilizzate: Italia

Claudio [Origine: (Sel. CIMMYT 35 x Durango) x (ISI 938 x Grazia)]

Spiga di medie dimensioni, con bordi paralleli ed ariste nere a maturazione, ottimo accestimento, taglia media (85-90 cm).

Varietà medio precoce caratterizzata da altissima produttività ed elevati peso ettolitrico (82 – 84 kg/Hl) e peso di 1000 cariossidi (44 – 50 g). La buona tolleranza al freddo, alla siccità ed alle principali fitopatie ne consentono la coltivazione in ogni ambiente pedoclimatico. Quantità consigliata di seme per ha: 190- 200 kg

Dal punto di vista qualitativo fornisce una granella con un buon contenuto proteico (13 – 14 %), un elevato contenuto in glutine ed un buon indice di giallo (22 – 24). Moderatamente suscettibile alla bianconatura, moderatamente resistente all'allettamento.

Dal punto di vista fitosanitario, risulta da resistente a moderatamente resistente all'oidio, moderatamente resistente alla ruggine bruna.

Creso [Origine: CpB144 x (CY t54 -N10-B) CP2 63 Tc3]

I genitori del Creso sono, da un lato il mutante Cp B144, ottenuto per trattamento con raggi X della storica varietà Cappelli e caratterizzato, rispetto a quest'ultima, da taglia più bassa, produttività più elevata, granella meno bianconata e peso ettolitrico più elevato; dall'altro, un derivato di un incrocio complesso effettuato in Messico.

Si adatta facilmente ai diversi ambienti compensando le differenze pedoclimatiche dei nostri. Quantità consigliata di seme per ha: 200-220 kg

Presenta una spiga dalla caratteristica forma piramidale con ariste brune a maturità; l'accestimento è ottimo, la taglia piuttosto ridotta (70 – 75 cm) e l'epoca di maturazione medio – tardiva.

La produttività è media, elevati sono anche il peso ettolitrico (80 – 82 Kg/Hl) ed il contenuto proteico (13 – 14 %). Il contenuto in glutine è buono mentre l'indice di giallo assume valori medio-bassi (17 – 21). moderatamente suscettibile alla bianconatura, presenta una spiccata resistenza all'allettamento ed una buona resistenza al freddo ed alla siccità.

Dal punto di vista fitopatologico, la varietà risulta resistente alle principali malattie fogliari, in particolare alla ruggine bruna.

Dylan (Origine: Neodur x Ulisse)

Fumento di ottima produttività e pregiate caratteristiche plastiche del glutine ed elevato indice di giallo della semola. Spighe a reste brune, di taglia medio-alta e di ciclo medio-tardivo. E' resistente alla ruggine bruna.

Iride (Origine: Altar 94 x Ares sib)

Iscritta al registro varietale nel 1996, si tratta di una varietà a spigatura precoce, di taglia medio bassa e con ariste brune a maturità. Fornisce una granella dall'elevato peso ettolitrico, con un buon indice di giallo (22 – 24) ed un contenuto medio di proteine. La qualità del glutine è buona.

Risulta caratterizzata da una buona resistenza al freddo, così come buona è la resistenza all'allettamento.

Dal punto di vista fitopatologico si è dimostrata resistente tanto all'oidio quanto alla ruggine bruna.

Meridiano [Origine: (Simeto x WB881) x Duilio/F21]

Varietà dotata di un elevatissimo potenziale produttivo, determinato da tre componenti della produzione quali fertilità della spiga, peso 1.000 semi e spighe per metro quadrato. Meridiano possiede una certa adattabilità e stabilità produttiva, risultando adatto alla coltivazione in tutto il territorio italiano. Epoca di spigatura da media a medio-precoce, taglia media, reste bruno-chiare. Tali caratteristiche vengono confermate anche da prove condotte in molti paesi all'estero (tra le varietà più diffuse nel Bacino del Mediterraneo). La granella si caratterizza per le eccellenti caratteristiche qualitative, l'ottimo indice di colore della semola e l'ottima attitudine alla trasformazione industriale. Presenta però difficoltà nel raggiungimento di valori peso ettolitrico soddisfacenti, cosa da tenere in considerazione soprattutto in determinati ambienti. Inoltre Meridiano presenta un basso contenuto in ceneri (inferiore alla media) e per le buone caratteristiche di tenacità del glutine. Dal punto di vista fitopatologico, risulta mediamente resistente ai principali patogeni del frumento (Oidio, Septoria, Ruggine bruna).

Normanno [Origine: (Simeto x F22) x L35]

Normanno è una varietà di grano duro a ciclo da medio a medio-precoce, con ottime caratteristiche particolarmente idonee alla pastificazione. È dotato di un elevato contenuto proteico, di un ottima qualità del glutine e di un elevato indice di giallo. Garantisce, inoltre, un elevato e costante potenziale produttivo, buona resistenza alle principali patologie e all'allettamento.

Saragolla (Origine: Iride x 0114)

Varietà di ciclo precoce, con spiga di notevoli dimensioni, taglia media e reste biancastre. Dotata di un notevole potenziale produttivo, in grado di esprimersi su livelli elevati in tutti gli ambienti di coltivazione italiani. Presenta un contenuto proteico da medio a medio-alto, con una granella dotata di buona qualità pastificatoria. Dal punto di vista fitopatologico, esibisce una buona resistenza contro Oidio e Septoria ed un'ottima resistenza nei confronti della Ruggine bruna.

Svevo (Origine: Linea Cimmyt x Zenit)

Varietà selezionata per l'elevatissima attitudine all'accumulo di proteine e per l'elevato indice di giallo della semola. Ciclo precoce, taglia medio-alta e reste di colore bruno. Dotata di un discreto potenziale produttivo, inferiore però a quello delle varietà precedenti. La granella si contraddistingue per le notevoli caratteristiche qualitative, l'ottimo indice di colore della semola e la straordinaria attitudine alla trasformazione industriale. Svevo è una delle varietà più diffuse fra quelle coltivate sotto contratto di filiera

Varietà utilizzate: Canada

In Canada, oltre alle 8 varietà elencate precedentemente, sono state utilizzate altri 8 genotipi, 7 italiani e 1 canadese.

Anco Marzio [Origine: Stot x (Altar 84 x ALD)]

Ciclo medio-precoce, taglia media, si segnala per una buona resistenza all'allettamento e alla Ruggine bruna, mentre sembra temere il freddo intenso. Buona la qualità del glutine, elevato il peso ettolitrico.

Arnacoris [Origine:]

Varietà che si adatta particolarmente agli ambienti di coltivazione dell'Italia centro-settentrionale, presenta una lunghezza del ciclo media ed una particolare resistenza all'Oidio ed all'allettamento. Spiga a bordi paralleli con reste chiare, taglia media, qualità del glutine anch'essa media.

Aureo (Origine: Kofa/Svevo)

Varietà selezionata con particolare attenzione per i caratteri qualitativi, è caratterizzata da un'epoca di spigatura precoce, taglia medio-alta, elevato indice di accostamento. Potenziale produttivo mediamente inferiore alle cultivar più produttive, ma molto elevato il contenuto proteico, così come elevati sono peso ettolitrico e qualità del glutine. Mediamente resistente alle principali fitopatie.

Colosseo (Origine: Mutante Mexa x Creso)

Varietà a ciclo medio precoce, di taglia media e spiga a bordi paralleli compatta. Ottimo indice di accostamento, elevata resistenza alle Ruggini, buona resistenza all'Oidio ed all'allettamento. Ottima attitudine pastificatoria

Duilio [Origine: Cappelli x (Anhinga x Flamingo)]

Una delle varietà più adattabili e coltivate con successo dalla Sicilia alla pianura Padana ed in diversi paesi europei. Epoca di spigatura medio-precoce, taglia media (85 – 90 cm). Varietà dal peso ettolitrico elevato, così come elevato risulta il peso di 1000 cariossidi (48 – 54 g). La granella è caratterizzata inoltre da un contenuto proteico medio, così come medio risulta anche l'indice di giallo.

Maestrale (Origine: Iride/Svevo)

Maestrale è una varietà di grano duro a ciclo precoce, taglia media e reste bruno chiare, con potenziale produttivo particolarmente elevato e stabile, dotata di buona resistenza a tutte le principali patologie e all'allettamento. La granella

fornisce semole con caratteristiche qualitative molto buone e indice di giallo elevato

Neolatino [Origine: (Latino x Trinakria) x (MG1433/4 x Latino)]

Epoca di spigatura precoce e taglia media, risulta moderatamente suscettibile all'allettamento e alla Ruggine bruna, mentre esibisce una buona resistenza al freddo ed all'Oidio. La varietà si caratterizza per un valore di peso di 1000 cariossidi elevato, così come elevati risultano solitamente il peso ettolitrico, il contenuto proteico e la tenacità del glutine. Medio-basso il valore dell'indice di giallo.

OAC Amber [Origine: (N736-89 x Urraca) x N1439-83]

Unica varietà di frumento duro a semina autunnale registrata in Canada, selezionata presso University of Guelph, Ridgetown campus. La varietà è stata registrata dopo essere stata valutata nel 2010 e 2011 in Ontario Winter Wheat Performance Trial (OWWPT), durante il quale ha esibito valori elevati di peso ettolitrico, peso di 1000 cariossidi, contenuto proteico e indice di accostamento. Dal punto di vista fitopatologico, la varietà è resistente alle Ruggini, mentre mostra una moderata suscettibilità sia all'Oidio che alla Septoria.

Analisi qualitativa e quantitativa

Sono stati determinati alcuni parametri morfo-fisiologici e quali-quantitativi per valutare il comportamento delle varietà negli ambienti considerati. L'epoca di spigatura è stata individuata mediante rilievi periodici in campo, come la spigatura, che si ritiene raggiunta quando almeno il 50 % delle piante della parcella mostra la spiga completamente libera dalla foglia a bandiera. La densità di spighe per m² è stata anch'essa determinata mediante rilievi in campo; la procedura utilizzata ha previsto l'individuazione di un tratto campione, della lunghezza di 100 cm, giudicato rappresentativo della fittezza generale della parcella, e la rilevazione del numero di spighe emesse dalle piante facenti parte del suddetto tratto. Un tratto di 100 cm di lunghezza rappresenta una superficie di 0,23 m². Sullo stesso tratto campione sono stati effettuati i rilevamenti dell'altezza. In Canada è stato rilevato anche il dato della

sopravvivenza invernale al momento del risveglio vegetativo, mediante valutazione visiva della fittezza di ciascuna parcella.

Il peso di 1000 semi è stato determinato contando il numero di semi contenuti in un campione di 15 grammi di granella intera. Le dimensioni del campione di riferimento sono state stabilite sperimentalmente. Il peso ettolitrico è stato determinato mediante l'uso dello strumento Infratec™ 1241 Grain Analyzer (FOSS AB Analytical, Sweden). Tale strumento è in grado anche di determinare, mediante misure di conducibilità elettrica, il valore dell'umidità della granella, valore che è stato utilizzato per il calcolo della produzione al 13 % di umidità. Tale valore è considerato come il limite superiore, oltre il quale la granella non viene commercializzata. Il valore di produttività al 13 % di umidità è stato calcolato secondo la formula:

$$P_{13\%} = P_e (1-U_e)/(1-U_r)$$

Dove:

P_e = Produzione Effettiva;
 $P_{13\%}$ = Produzione al 13 % di Umidità;
 U_e = Umidità Effettiva;
 U_r = Umidità di riferimento, ossia 13 %.

Il contenuto proteico della granella è stato determinato mediante l'uso dello stesso strumento, precedentemente tarato mediante l'uso del metodo Kjeldahl. In Canada, il peso ettolitrico è stato determinato pesando la granella contenuta in un volume di 0,5 Lt., mentre il contenuto proteico della granella è stato determinato mediante l'uso dello strumento SpectraStar™ 2400 NIR Analyser (Unity, Australia).

Analisi statistica

I dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA) mediante l'uso del software MSTAT-C (Dept. Of Crop and Soil Sciences and Dept. Of Agricultural Economics, Michigan state University, USA). Ciascun campo sperimentale è stato analizzato separatamente, per valutare l'effetto del trattamento (densità di semina e/o schema concimazione), del genotipo, dell'anno di coltivazione (limitatamente alla prova di concimazione condotta a Roma) e delle loro interazioni. Successivamente, i dati dei 3 campi biologici (Campobasso, Roma e Tarquinia) sono stati analizzati insieme per individuare l'effetto di località, densità di semina, genotipo e relative interazioni. Stessa operazione è stata condotta sui 2 dati raccolti nei 2 campi condotti in convenzionale (Campobasso e Roma). Infine, le due località in cui sono state condotte prove di confronto tra biologico e convenzionale sono state analizzate separatamente per valutare, in ciascuna località, la significatività o meno di tecnica agronomica, densità di semina e genotipo, nonché delle loro interazioni.

Per quanto riguarda i risultati delle prove condotte in Canada, l'analisi della varianza è stata eseguita considerando il solo genotipo come fattore.

Le medie sono state messe a confronto mediante il Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

RISULTATI

Tarquinia

Presso il sito sperimentale di Tarquinia (VT) è stata condotta una prova in biologico. In fig. 8 riportato l'andamento meteorologico dell'annata agraria, messo a confronto con le medie di lungo periodo.

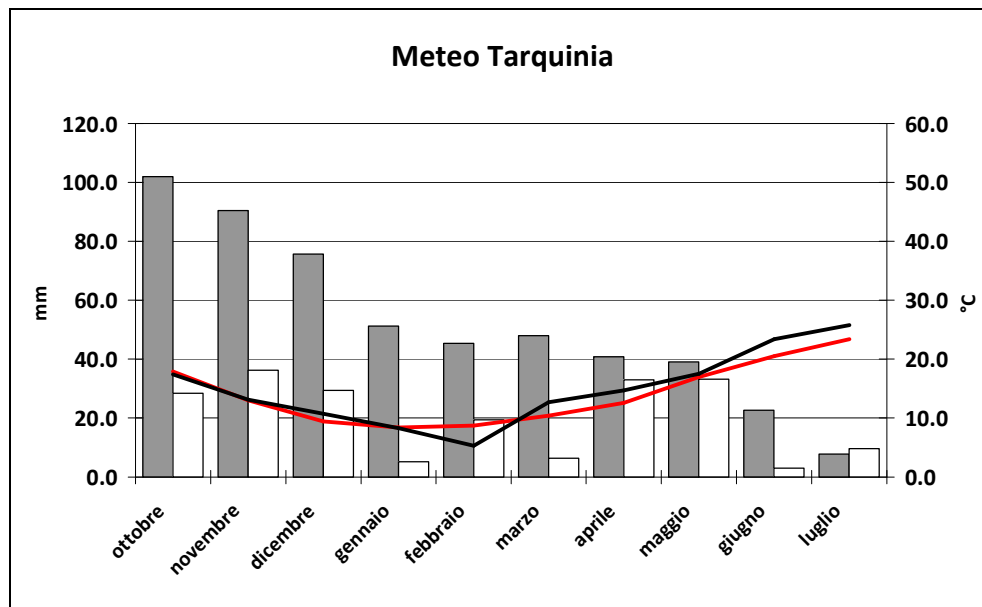


Figura 8 – Tarquinia: Andamento meteo
■ Precipitazioni lungo periodo; □ Precipitazioni 2011/2012; — Tmed lungo periodo; — Tmed 2011/2012)

L'andamento meteorologico si è discostato notevolmente dalla norma dell'areale; la stagione colturale è stata decisamente siccitosa, con un totale di precipitazioni inferiore di circa 300 mm rispetto alle medie poliennali. Dopo qualche iniziale difficoltà nella preparazione dei terreni per la scarsità di piogge, le semine sono avvenute correttamente durante il mese di novembre. In inverno sono state registrate temperature molto rigide, sempre inferiori alle medie poliennali mentre le precipitazioni hanno assunto carattere nevoso durante la prima metà di febbraio. Le piogge sono però mancate quasi del tutto, come d'altronde avvenuto in tutta la zona litoranea della Maremma toscana e laziale. Nello stesso areale, infatti, tutte le colture in pieno campo sono state irrigate per salvare i raccolti, almeno per le aziende che ne hanno avuto la possibilità, mentre nel resto delle campagne i seminati sono stati affienati. Precipitazioni

pressoché assenti e temperature superiori alla norma hanno caratterizzato l'ultima parte del ciclo vegetativo favorendo un rapido asciugamento della granella e quindi una raccolta leggermente anticipata.

La densità di semina si è rivelata non significativa statisticamente sulla maggior parte dei parametri; unico fattore influenzato dalla densità di semina è stato il numero di culmi/m², sistematicamente maggiore con la densità più alta. Il genotipo, per contro, ha influenzato statisticamente tutti i caratteri. La resa in granella si è attestata su valori medi non particolarmente elevati, leggermente superiori a 2 t/ha per entrambe le densità di semina (2,49 t/ha per 500 semi/m², 2,16 per 350 semi/m²), valori inferiori alle medie di lungo periodo nell'areale. Non significativo statisticamente si è dimostrato l'effetto della densità di semina su quasi tutti i parametri studiati. Per quanto riguarda il genotipo, tale fattore si è rivelato statisticamente significativo ($p \leq 0,001$), sebbene il test di Duncan non abbia rivelato differenze fra le cultivar, con la sola eccezione di Creso, che ha fatto registrare i livelli produttivi più bassi con entrambe le densità di semina. Quindi, questo genotipo si rivela non adatto a questo tipo di ambiente di coltivazione, caratterizzato da un consistente stress idrico nella fase di riempimento della granella che non favorisce varietà a spigatura tardiva come Creso.

I livelli proteici della granella sono risultati generalmente bassi, con la sola eccezione di Creso in cui, però, il contenuto proteico soddisfacente è da imputare ai livelli di resa particolarmente bassi. Tra gli altri genotipi si segnala Svevo, che si conferma varietà particolarmente brillante per questo carattere. Significativa è risultata l'interazione Densità x Varietà sul contenuto proteico, di cui troviamo un esempio nella consistente differenza fra i valori fatti registrare da Claudio nelle due densità di semina.

I valori di peso ettolitrico sono stati particolarmente elevati, in linea con quanto registrato ovunque nell'annata agraria, regolarmente al di sopra della soglia di 80 kg/hl; il valore più elevato è stato fatto registrare da Claudio, che si conferma quindi varietà in grado di raggiungere soglie di eccellenza per questo parametro. Il peso di 1000 cariossidi più alto è stato fatto registrare da Creso, con entrambi gli investimenti, mentre Iride si è rivelata la più "debole", avendo fatto registrare i valori inferiori con entrambe le densità.

Varietà	Densità di semina	Spigatura (gg dopo 1 Apr)	Altezza (cm)	TKW ^a (g.)	Resa (t/ha, U.R. 13%)	Spighe m-2	Proteine (% s.s)	Peso hl (kg/hl)
CLAUDIO	500	21	82 ab	53.9	2.48	319	12.0	84.6
CRESO	500	22	73 cf	56.0	1.63	280	13.3	83.1
DYLAN	500	20	79 ad	55.4	3.09	261	10.5	82.9
IRIDE	500	16	71 df	48.0	2.56	281	10.3	84.1
MERIDIANO	500	16	78 ae	52.5	2.10	275	11.0	82.3
NORMANNO	500	18	79 ac	52.2	3.05	328	10.3	83.3
SARAGOLLA	500	15	80 ac	49.1	2.73	207	10.0	82.2
SVEVO	500	16	75 bf	49.1	2.32	283	12.0	83.6
CLAUDIO	350	21	75 bf	53.4	2.16	204	11.1	83.6
CRESO	350	20	78 ae	58.3	1.46	199	12.4	83.5
DYLAN	350	21	78 ae	50.0	2.79	196	10.5	83.7
IRIDE	350	15	69 f	47.4	1.99	217	10.6	83.3
MERIDIANO	350	16	86 ae	54.3	2.55	217	11.0	81.9
NORMANNO	350	18	70 ef	49.7	2.13	197	10.4	82.5
SARAGOLLA	350	16	76 bf	46.7	2.36	190	10.0	81.4
SVEVO	350	13	80 ac	50.1	1.86	212	12.2	83.0

Medie Varietà

CLAUDIO	21 a	79 ab	53.7 b	2.32 b	262 a	11.6 c	84.1 a
CRESO	21 ab	75 bc	57.2 a	1.54 c	239 a	12.8 a	83.3 bc
DYLAN	21 ab	78 ab	52.7 b	2.94 a	228 ab	10.5 e	83.3 bc
IRIDE	15 d	70 c	47.7 d	2.27 b	249 a	10.4 e	83.7 ab
MERIDIANO	16 cd	82 ab	53.4 b	2.33 b	246 a	11.0 d	82.1 d
NORMANNO	18 bc	75 bc	51.0 bc	2.59 ab	262 a	10.4 e	82.9 c
SARAGOLLA	15 d	78 ab	47.9 d	2.54 ab	199 b	10.0 f	81.8 d
SVEVO	14 d	78 ab	49.6 cd	2.09 b	247 a	12.1 b	83.3 bc

Medie densità di Semina

Media 500	18	77	52.0	2.49	279 a	11.2	83.3
Media 350	18	76	51.2	2.16	204 b	11.0	82.9

ANOVA

(ns: non significativo - *p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001)

varietà	***	**	***	***	*	***	***
densità	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
var x dens	ns	*	ns	ns	ns	**	ns

Tab 6 - Tarquinia Biologico. Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per p<0.05
^apeso 1000 cariossidi

In conclusione, l'ambiente di Tarquinia non si è dimostrato adatto al raggiungimento di livelli quali-quantitativi soddisfacenti per l'agricoltura biologica, nell'annata agraria presa in considerazione. Per quanto riguarda la tecnica agronomica, la densità di semina si è rivelata uno strumento di intensificazione colturale inefficace, mentre fra i genotipi è emerso una certa equivalenza nelle produzioni delle cultivar di più recente costituzione; unica eccezione Cresco, che si conferma genotipo ormai superato e non adatto alle caratteristiche pedoclimatiche della Maremma laziale.

Roma

Nel sito sperimentale di Roma sono state realizzate prove di confronto fra tecnica convenzionale e biologica; inoltre, sia nell'annata agraria 2010/2011 che in quella successiva, è stata condotta una prova di concimazione azotata, allo scopo di verificare la capacità di adattamento delle varietà a bassi livelli di fertilizzazione.

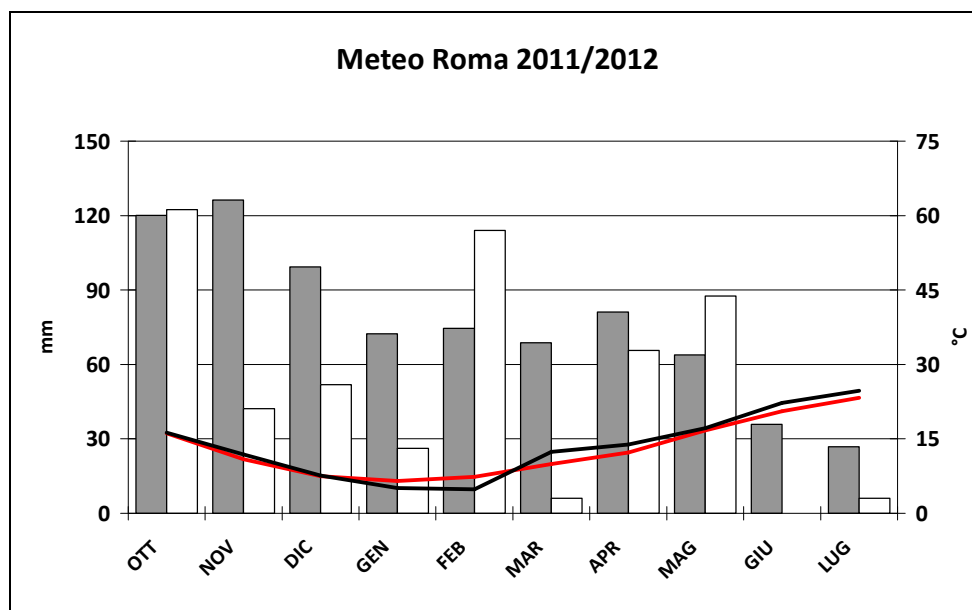


Figura 9 – Roma: Andamento meteo
 (■ Precipitazioni lungo periodo; □ Precipitazioni 2011-2012; — Tmed lungo periodo; — Tmed 2011/2012)

Per quanto riguarda l'andamento meteorologico (fig. 9) il persistere di condizioni di bel tempo per tutto l'autunno, se da un lato ha reso più difficoltosi i lavori di

preparazione del letto di semina, dall'altro ha favorito la tempestiva esecuzione delle semine nel mese di Novembre.

Le successive precipitazioni, a volte cospicue, e le temperature mantenutesi miti hanno determinato una pronta germinazione dei semi e favorito un'ottimale fittezza, garantendo nel contempo un buon grado di sviluppo vegetativo dei seminati. In inverno sono state registrate temperature molto rigide, sempre inferiori alle medie poliennali mentre le precipitazioni, decisamente scarse, hanno assunto carattere nevoso durante la prima metà di febbraio. La persistenza del manto nevoso si è protratta per tutto il mese di Febbraio, cosa che ha garantito alle piante una certa protezione contro le basse temperature notturne, che nella zona dei campi sperimentali hanno raggiunto valori di -10°C . Le temperature hanno cominciato a levare solo dalla prima decade di aprile e, dalla metà dello stesso mese fino a tutto maggio, sono riprese le precipitazioni di cui hanno beneficiato in fase di spigatura e riempimento della granella. Come a Tarquinia, anche a Roma l'ultima fase del ciclo colturale è stata caratterizzata da scarsità di precipitazioni e temperature superiori alla media, cosa che ha permesso un leggero anticipo della raccolta.

Convenzionale

Anche a Roma, limitato è stato l'effetto della densità di semina; va comunque sottolineato che l'analisi della varianza ha individuato un effetto statisticamente significativo sul numero di culmi/m² e, cosa più interessante, sulla data di spigatura (anticipata con la densità di semina maggiore) e sul peso di 1000 cariossidi (maggiore di 2 grammi con la densità di 350 semi/m²). Per il resto, l'effetto del genotipo è risultato statisticamente significativo su tutti i parametri misurati, ad eccezione del numero di culmi/m². L'interazione fra i due fattori è stata sempre statisticamente non significativa.

Le rese in granella sono state elevate, in linea con l'eccezionalità dell'annata agraria appena conclusa, così come elevate sono state tutte le caratteristiche qualitative della granella. La varietà più produttiva si è rivelata Meridiano, nota per le sue notevoli capacità di resa, che ha sfiorato il dato di 8 t/ha con entrambe le densità. Valori di resa elevati, superiori a 6 t/ha, sono stati raggiunti da tutte le varietà; unica eccezione Cresco, con rese di poco superiori a 5 t/ha, che a Roma come a Tarquinia, pur nella diversità di tecnica agronomica, si

mostra varietà ormai datata e avente un potenziale produttivo non all'altezza delle moderne costituzioni.

Il contenuto proteico delle granelle ha raggiunto valori eccellenti, sempre superiori al 13% e, in diversi casi, anche alla soglia del 14,5%, valore che identifica la I classe di qualità secondo la normativa vigente. La varietà migliore è risultata Svevo, con un valore medio superiore addirittura al 15%, valore più che soddisfacente associato ad un livello di resa medio fra le due densità, pari a circa 6 t/ha. Contenuto proteico elevato anche da parte di Creso, che ha però raggiunto una produzione nettamente inferiore alle altre cultivar. Da segnalare il dato di Dylan e Claudio, che hanno fatto registrare dei livelli proteici pari o superiori al 14%, in associazione ad una resa media che, per Dylan, ha superato il valore di 7 t/ha.

Il peso ettolitrico è stato particolarmente elevato per tutte le cultivar, anche per quelle che normalmente presentano qualche difficoltà in annate meno favorevoli. Con entrambe le densità di semina, la media generale è risultata superiore a 86 kg/hl; su tutti, spicca il dato di Claudio, varietà che sempre si caratterizza per valori notevoli di tale parametro, il cui dato medio ha sfiorato gli 88 kg/hl.

Notevole anche il dato relativo al peso di 1000 cariossidi, per il quale, come ricordato precedentemente, l'effetto della densità è risultato significativo statisticamente e si è tradotto in una riduzione di circa 2 grammi del valore medio nel campo a maggiore densità di semina. Tale fenomeno si è verificato con la medesima intensità per tutte le cultivar. Per tutti i genotipi, il valore medio ha superato i 50 g., con l'eccellente punta fatta registrare da Meridiano, superiore a 60 g.

In sintesi, la prova condotta nell'annata agraria appena conclusa ha evidenziato livelli quali - quantitativi eccellenti. Le condizioni climatiche primaverili hanno favorito il consistente riempimento della granella per tutte le varietà. Come a Tarquinia, anche a Roma la densità di semina non ha permesso di incrementare le prestazioni produttive di tutte le varietà; da sottolineare, però, l'effetto significativo su peso di 1000 cariossidi e sulla data di spigatura, mentre il significativo effetto sul numero di culmi/m², anche se prevedibile, si è tradotto in un aumento medio di appena il 10% per tutti i genotipi con l'investimento maggiore. Anche a Roma, pur nella diversità di tecnica agronomica, Creso ha

Varietà	Densità Di semina	Spigatura (gg. dopo 1 Apr.)	Altezza (cm.)	TKW ^a (g.)	resa (t/ha, U.R. 13%)	Spighe/m ²	Proteine (% s.s.)	Peso hl (kg/hl)
CLAUDIO	350	18	92	57.4	6.90	309	14.2	87.9
CRESO	350	22	84	59.6	5.29	307	14.8	86.5
DYLAN	350	18	91	58.6	7.26	313	13.8	86.4
IRIDE	350	14	83	55.3	6.79	303	13.7	86.9
MERIDIANO	350	17	91	61.8	7.73	325	13.5	85.6
NORMANNO	350	18	85	58.8	6.41	316	13.4	86.5
SARAGOLLA	350	14	86	55.0	6.39	297	13.6	83.6
SVEVO	350	13	92	57.8	5.75	294	15.4	86.1
CLAUDIO	500	19	92	55.6	6.79	312	14.0	87.6
CRESO	500	23	86	58.1	5.33	341	14.8	86.4
DYLAN	500	19	91	55.4	7.63	343	14.1	86.3
IRIDE	500	15	83	53.7	7.28	330	13.1	87.1
MERIDIANO	500	18	91	59.5	7.63	355	13.4	85.6
NORMANNO	500	18	89	57.5	7.25	351	13.8	85.9
SARAGOLLA	500	15	89	52.9	6.95	333	13.5	83.3
SVEVO	500	13	91	55.3	6.30	319	14.8	86.4

Medie Varietà

CLAUDIO	19	b	92	a	56.5	c	6.84	bc	310	14.1	b	87.8	a
CRESO	23	a	85	c	58.9	b	5.31	e	324	14.8	a	86.5	bc
DYLAN	18	bc	91	ab	57.0	bc	7.45	ab	328	14.0	bc	86.4	c
IRIDE	15	d	83	c	54.5	d	7.03	ac	317	13.4	d	87.0	bc
MERIDIANO	18	c	91	ab	60.7	a	7.68	a	340	13.5	d	85.6	d
NORMANNO	18	bc	87	bc	58.1	bc	6.83	bc	333	13.6	cd	86.2	cd
SARAGOLLA	14	d	87	bc	53.9	d	6.67	c	315	13.5	d	83.4	e
SVEVO	13	e	92	ab	56.5	c	6.02	d	307	15.1	a	86.3	c

Medie densità di semina

Media 500	17.5	a	89	56.0	b	6.90	336	a	13.9	86.1
Media 350	16.9	b	88	58.0	a	6.56	308	b	14.0	86.2

ANOVA

(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

varietà	***	***	***	***	ns	***	***
densità	*	ns	**	ns	*	ns	ns
var x dens	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 7 - Roma Convenzionale. Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per p≤0.05

^apeso 1000 cariossidi

raggiunto livelli di resa lontani dagli altri genotipi, ulteriore conferma del limitato potenziale produttivo di questa varietà.

Biologico

A Roma, la prova condotta in biologico ha fornito risultati più che eccellenti, paragonabili a quelli ottenuti in convenzionale. Anche qui, la densità di semina non ha fornito effetti statisticamente significativi, se si esclude un effetto significativo sul peso di 1000 cariossidi, fatto analogo a quanto avvenuto in convenzionale.

Le rese medie hanno superato ampiamente il dato di 6 t/ha con entrambe le densità di semina; il test di Duncan ha messo in evidenza, come avvenuto a Tarquinia con la medesima tecnica agronomica, un livellamento delle rese per le costituzioni varietali più recenti. Ancora una volta, Creso ha raggiunto una resa inferiore di circa il 20% rispetto alla media generale.

Il contenuto proteico delle granelle è stato più che eccellente, attestandosi su valori medi superiori a 13,5%, livelli che sarebbero ottimi anche per l'agricoltura convenzionale. Per quanto riguarda l'effetto genotipico, anche in biologico Svevo conferma la sua capacità di utilizzare a pieno la disponibilità di azoto. Il dato di Creso, seppur considerevole, va sempre messo in relazione ai livelli di resa inferiori alle altre varietà. Sicuramente più degni di nota i risultati raggiunti da Claudio e Dylan, circa pari a quelli di Creso ma associati a livelli produttivi nettamente superiori a 6 t/ha. Così come in convenzionale, anche in biologico i contenuti proteici inferiori sono stati raggiunti da Meridiano e Iride.

Pesi ettolitrici eccellenti sono stati raggiunti da tutte le varietà, ed i valori non si sono discostati da quelli raggiunti in convenzionale. Anche in biologico, Claudio ha sfiorato il notevole dato di 88 kg/hl.

Il peso di 1000 cariossidi è stato l'unico parametro influenzato significativamente dalla densità di semina; il dato medio con la densità inferiore è risultato superiore, seppure la differenza fra le due medie sia risultata inferiore rispetto alla prova condotta in convenzionale. Anche qui, Meridiano ha fatto registrare un dato eccellente, anche se va sottolineato come tutti i valori abbiano superato ampiamente la soglia di 50 g.

Varietà	Densità di semina	Spigatura (gg. Dopo 1 Apr.)	Altezza (cm.)	TKW ^a (g.)	Resa (t/ha, U.R. 13%)	Spighe/m ²	Proteine (% s.s.)	Peso hl (kg/hl)
CLAUDIO	500	27	90	54.1	6.33	331	14.2	87.4
CRESO	500	30	83	58.7	5.37	336	14.3	86.9
DYLAN	500	28	87	54.3	6.83	319	13.9	86.6
IRIDE	500	23	82	52.0	7.36	335	13.0	88.2
MERIDIANO	500	26	85	58.2	6.51	339	13.1	86.1
NORMANNO	500	28	84	57.0	6.43	306	14.2	86.2
SARAGOLLA	500	25	83	56.3	6.95	296	14.2	86.6
SVEVO	500	23	90	54.4	6.29	314	14.6	86.6
CLAUDIO	350	29	90	54.4	6.50	309	13.9	87.5
CRESO	350	31	84	59.6	4.88	303	13.9	86.7
DYLAN	350	29	82	57.8	6.54	320	13.9	86.4
IRIDE	350	24	84	53.0	6.87	297	12.7	88.0
MERIDIANO	350	27	86	59.0	7.11	309	12.7	86.4
NORMANNO	350	29	83	58.8	6.24	306	13.5	86.6
SARAGOLLA	350	25	84	56.6	7.10	290	13.7	86.2
SVEVO	350	23	89	55.3	6.08	307	14.2	86.4

Medie Varietà

CLAUDIO	28	b	90	a	54.3	d	6.42	a	320	14.0	ab	87.5	b
CRESO	30	a	83	b	59.2	a	5.13	b	320	14.1	ab	86.8	c
DYLAN	29	b	85	ab	56.1	c	6.68	a	320	13.9	b	86.5	cd
IRIDE	24	de	83	b	52.5	e	7.11	a	316	12.8	c	88.1	a
MERIDIANO	27	c	86	ab	58.6	a	6.81	a	324	12.9	c	86.2	d
NORMANNO	29	b	83	b	57.9	ab	6.34	a	306	13.9	b	86.4	cd
SARAGOLLA	25	cd	84	b	56.4	bc	7.02	a	293	13.9	b	86.4	cd
SVEVO	23	e	89	a	54.9	cd	6.19	a	311	14.4	a	86.5	cd

Medie densità di semina

Media 500	26		85		55.7	b	6.51		322	13.9		86.8	
Media 350	27		85		56.8	a	6.41		305	13.6		86.8	

ANOVA

(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

varietà	***	*	***	**	ns	***	***
densità	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
var x dens	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 8 - Roma Biologico. Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per p≤0.05

^apeso 1000 cariossidi

In sintesi, l'annata agraria si è rivelata positiva anche per le prove condotte in biologico, che hanno fatto registrare risultati qualitativi che sarebbero eccellenti anche per prove condotte in convenzionale. Come per le prove condotte in convenzionale, la densità di semina si è rivelata generalmente inefficace, ma anche qui è emersa significatività statistica su peso di 1000 cariossidi.

Confronto Biologico vs Convenzionale

I risultati dei due campi sono stati sottoposti ad analisi statistica, al fine di individuare l'effetto della densità di semina, della tecnica agronomica (biologico vs. convenzionale) e delle sue interazioni col fattore genotipico.

Per quanto riguarda la resa, i dati medi dei campi biologico e convenzionale, nonostante sia risultato significativo l'effetto della tecnica agronomica, si sono praticamente equivalsi (6,46 t/ha contro 6,73 t/ha, rispettivamente). Il fattore che ha esercitato la maggiore influenza è risultato la varietà, mentre è interessante notare che l'interazione fra varietà e tecnica agronomica non è risultata significativa, ciò che dimostra come i migliori genotipi in convenzionale abbiano raggiunto i livelli produttivi migliori anche in biologico. Si conferma, infine, l'assenza di effetto della densità di semina.

Il tenore proteico delle granelle è stato influenzato principalmente dalla varietà; ancora una volta, infatti, nonostante la significatività statistica della tecnica agronomica, il valore medio in biologico (13,8%) ha in pratica eguagliato quello del campo convenzionale (14%). L'interazione fra genotipo e tecnica agronomica è risultata significativa, ma il suo peso è stato di gran lunga inferiore a quello del fattore varietale. Significativa è risultata anche l'interazione fra densità di semina e tecnica agronomica; in convenzionale, i dati medi dei due investimenti si sono equivalsi, mentre una leggera differenza è emersa in biologico, a vantaggio della densità di semina maggiore.

Per il peso ettolitrico, ancora una volta il fattore più importante si è dimostrato il genotipo. La tecnica agronomica ha mostrato significatività, con il risultato più alto per il campo condotto in biologico (86,8 kg/hl contro 86,1 kg/hl). Significativa è risultata anche l'interazione fra genotipo e tecnica agronomica essenzialmente a seguito della differenza fra le prestazioni con le due tecniche da parte di Iride e Saragolla, entrambe migliori in biologico.

	Spigatura	Altezza	TKW	Resa	Spighe/m ²	Proteine	Peso hl
Genotipo (G)	***	***	***	***	ns	***	***
Tecnica agronomica (T)	***	***	**	*	ns	***	***
Densità di semina (D)	ns	ns	***	ns	***	ns	ns
G X T	*	ns	**	ns	ns	***	***
G X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T X D	**	ns	ns	ns	ns	***	ns
G X T X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 9 – Roma: Confronto Biologico vs. Convenzionale. Risultati ANOVA
(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

Per quanto riguarda il peso di 1000 cariossidi, i 3 fattori principali (genotipo, densità di semina, tecnica agronomica) si sono rivelati significativi, con anche in questo caso una prevalenza del fattore varietale. Significativa si è dimostrata anche l'interazione fra genotipo e tecnica agronomica.

In sintesi, il fattore varietale si è dimostrato il più importante sulla maggior parte dei caratteri. Anche nel confronto fra biologico e convenzionale la densità di semina si è rivelata ampiamente inefficace, anche se si è confermata la sua influenza sul peso di 1000 cariossidi. Anche la tecnica agronomica ha mostrato significatività sulla maggior parte dei caratteri, ma la sua importanza è stata di gran lunga minore.

Concimazione

Nel corso delle annate agrarie 2010/2011 e 2011/2012 è stata condotta una prova di concimazione che ha visto l'utilizzo di due schemi di concimazione, secondo le modalità riportate nella scheda agronomica (sezione Materiali e Metodi). L'andamento meteorologico nel 2010/2011 (fig. z) si è discostato notevolmente da quello dell'annata successiva. Il periodo immediatamente precedente le semine è stato caratterizzato da una forte scarsità di precipitazioni, cosa che ha parzialmente ostacolato una corretta preparazione del letto di semina senza peraltro impedire una tempestiva esecuzione delle stesse. Per contro, il livello delle precipitazioni nel mese di Novembre è risultato quasi 3 volte superiore alla media di lungo periodo, tanto che in tutto il versante

centro-tirrenico gli agricoltori che non avevano effettuato le semine nella prima metà del mese sono stati costretti a posticipare le stesse nella seconda metà del mese di Gennaio.

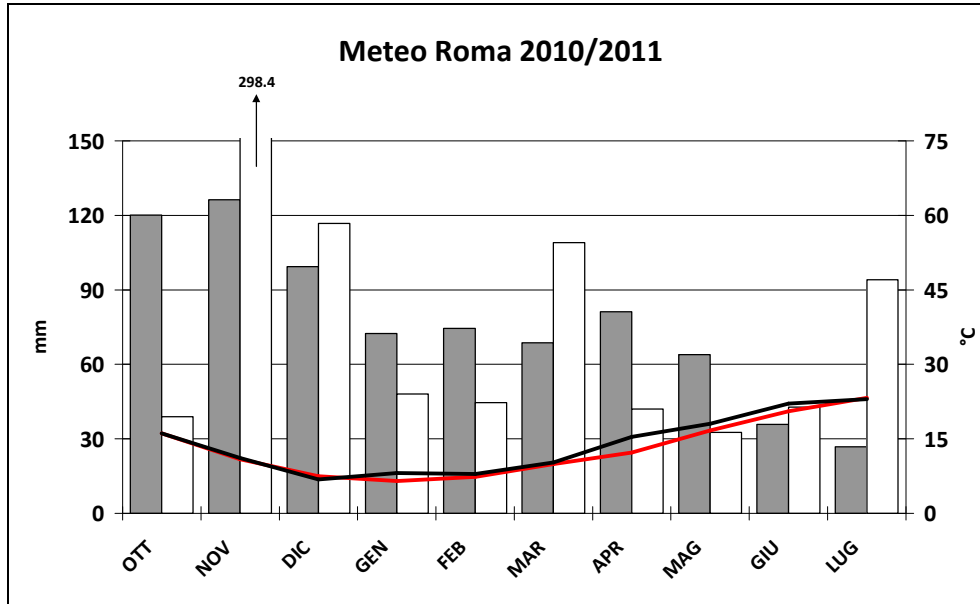


Figura 10 – Roma 2010/2011: Andamento meteo
 (■ Precipitazioni lungo periodo; □ Precipitazioni 2010/2011; — Tmed lungo periodo; — Tmed 2010/2011)

Le precipitazioni invernali sono state meno intense e ben distribuite; anche se non si sono avuti periodi di freddo prolungati, temperature minime particolarmente basse sono state registrate a metà Dicembre, a volte associate a precipitazioni di carattere nevoso. Tale fenomeno non ha però causato danni evidenti alle colture. I mesi di Maggio e Aprile sono risultati piuttosto caldi e siccitosi, determinando uno sviluppo vegetativo più contenuto ma anche una limitata incidenza delle principali malattie fungine. La ripresa delle precipitazioni a inizio Giugno ha favorito il regolare riempimento delle cariossidi.

La riduzione dell'apporto di fertilizzante azotato ha causato una contrazione delle produzioni di tutte le varietà; la resa media della tesi non concimata è risultata pari al 57% della tesi concimata nel 2011 e al 70% nel 2012. In ciascuna delle annate agrarie non è risultata significativa l'interazione fra fertilizzazione e varietà, segno che non sono emerse differenze fra le cultivar nel grado di penalizzazione produttiva.

Per quanto riguarda il contenuto proteico, nel 2011 la differenza fra le medie dei due trattamenti è risultata pari a meno di 3 punti percentuali, mentre l'anno

successivo tale differenza è salita a oltre 4 punti. Nel 2011 non è emersa significatività dell'interazione fra trattamento e varietà, mentre tale interazione è risultata significativa nel 2012, denotando quindi una diversa capacità varietale nell'utilizzo delle forme di azoto disponibile. Comunque, in tale anno l'effetto della interazione è risultato meno "importante" di quello del trattamento, che ha sovrastato anche il peso dell'effetto genotipico. A livello varietale, la cultivar che nel 2012 ha mostrato la maggiore capacità di valorizzazione dell'azoto è stata ancora una volta Svevo con una dato minimo di 10,5% nella tesi non concimata e di 15,4% nella prova concimata.

Di rilievo il fatto che in entrambe le annate agrarie il ridotto apporto di fertilizzante non abbia avuto effetto statisticamente significativo sull'altezza delle piante; il genotipo si è rivelato significativo in entrambe le annate unitamente, ma solo nel 2011, all'interazione tra trattamento e varietà.

In entrambe le annate, il peso ettolitrico ha evidenziato una contrazione dei valori medi a causa della ridotta fertilizzazione. Nel 2011, tale contrazione è stata più marcata (78,9 kg/hl contro 76,3 kg/hl) che nel 2012 (85,3 kg/hl contro 86,2 kg/hl). L'interazione fra i due fattori principali è risultata sempre significativa, in maniera più marcata nel 2011. In entrambe le annate, la cultivar migliore sotto questo aspetto è risultata Claudio, unico genotipo il cui valore medio ha oltrepassato, nel 2011, il valore di 80 kg/hl.

Andamento simile per quanto riguarda il peso di 1000 cariossidi, con la sola differenza della non significatività statistica dell'interazione genotipo x trattamento nel 2011. In generale, l'annata 2011/2012 si è rivelata più favorevole al raggiungimento di valori elevati per tale parametro, con medie generali superiori a 50 g. per entrambi gli schemi di fertilizzazione. Come esempio di interazione fra i due fattori principali, che ha mostrato significatività in tale annata, possiamo citare Creso, in cui la differenza fra le due medie è risultata inferiore a 2 g., e Svevo, in cui tale valore è risultato di poco inferiore a 9 g.

Il confronto statistico fra le due annate ha messo in mostra il forte effetto dell'anno di coltivazione su tutti i parametri, superato per importanza dal genotipo solo per ciò che concerne la data di spigatura, e da quest'ultimo e dal trattamento di fertilizzazione sul peso di 1000 cariossidi. L'interazione fra genotipo e trattamento fertilizzante è risultata significativa per data di spigatura,

Varietà	Azoto	Spigatura (gg. dopo 1 Apr.)	Altezza (cm.)	TKW ^a (g.)	resa (t/ha, U.R. 13%)	Spighe m-2	Proteine (% s.s.)	Peso hl (kg/hl)
CLAUDIO	LOW	19	94	53.3 df	4.59	307	10.0 g	86.3 bc
CRESO	LOW	22	84	58.0 bc	3.11	291	11.7 e	86.1 cd
DYLAN	LOW	18	88	53.7 df	4.85	314	9.5 h	85.7 d
IRIDE	LOW	14	86	47.8 g	4.80	306	9.2 hi	85.6 d
MERIDIANO	LOW	16	92	51.8 f	5.28	310	8.8 ij	83.1 af
NORMANNO	LOW	19	86	53.2 ef	4.78	317	9.0 hi	85.6 d
SARAGOLLA	LOW	14	87	48.0 g	5.20	316	8.3 j	82.9 f
SVEVO	LOW	13	94	49.1 g	3.94	307	10.5 f	86.6 bc
CLAUDIO	HIGH	18	92	57.4 c	6.90	309	14.2 c	87.9 a
CRESO	HIGH	22	84	59.6 b	5.29	307	14.8 b	86.5 bc
DYLAN	HIGH	18	91	58.6 bc	7.26	313	13.8 cd	86.4 bc
IRIDE	HIGH	14	83	55.3 d	6.79	303	13.7 d	86.9 b
MERIDIANO	HIGH	17	91	61.8 a	7.73	325	13.5 d	85.6 d
NORMANNO	HIGH	18	85	58.8 bc	6.41	316	13.4 d	86.5 bc
SARAGOLLA	HIGH	14	86	55.0 de	6.39	297	13.6 d	83.6 e
SVEVO	HIGH	13	92	57.8 bc	5.75	294	15.4 a	86.1 cd

Medie Varietà

CLAUDIO	19 b	93 a	55.4 b	5.74 b	308	12.1 b	87.1 a
CRESO	22 a	84 c	58.8 a	4.20 d	299	13.2 a	86.3 b
DYLAN	18 b	90 ab	56.2 b	6.05 ab	314	11.6 c	86.0 b
IRIDE	14 d	85 c	51.5 d	5.79 b	304	11.4 cd	86.3 b
MERIDIANO	17 c	92 a	56.8 b	6.50 ab	317	11.2 de	84.4 c
NORMANNO	19 b	86 bc	56.0 b	5.59 b	317	11.2 de	86.0 b
SARAGOLLA	14 d	87 bc	51.5 d	5.79 b	307	11.0 e	83.3 d
SVEVO	13 e	93 a	53.4 c	4.85 c	301	13.0 a	86.4 b

Medie trattamenti

Media Low	16.8	89	51.9 b	4.57 b	309	9.6 b	85.3 b
Media High	16.9	88	58.0 a	6.56 a	308	14.0 a	86.2 a

ANOVA

(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

varietà	***	***	***	***	ns	***	***
concimazione	ns	ns	***	***	ns	***	***
var x conc	ns	ns	***	ns	ns	***	***

Tab.10 – Roma Concimazione 2012. Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per P≤0.05

^apeso 1000 cariossidi

Varietà	Azoto	spigatura (gg. dopo 1 Apr.)	altezza (cm.)	TKW ^a (g.)	Resa (t/ha, U.R. 13%)	Spighe m2	Proteine (% s.s.)	Peso hl (kg/hl)	
Claudio	Low	27	62	47.4	1.55	207	13.0	79.3	bc
Creso	Low	27	62	50.7	1.17	207	14.1	75.3	g
Dylan	Low	24	77	53.2	3.21	268	11.0	78.5	cd
Iride	Low	15	70	47.6	2.66	233	10.6	76.7	ef
Meridiano	Low	16	75	51.0	2.64	271	10.6	73.3	h
Normanno	Low	21	78	52.6	2.98	238	11.1	76.1	fg
Saragolla	Low	14	65	44.6	2.88	248	10.2	75.2	g
Svevo	Low	13	70	48.5	2.11	262	11.5	76.1	fg
Claudio	High	23	73	52.5	3.03	270	15.7	80.8	a
Creso	High	28	70	52.6	1.91	248	15.0	77.3	e
Dylan	High	24	78	59.8	5.22	322	13.9	80.3	ab
Iride	High	16	67	52.5	3.37	319	13.4	78.6	cd
Meridiano	High	16	73	54.8	3.04	283	13.9	77.7	de
Normanno	High	22	73	57.4	4.42	309	13.4	79.0	c
Saragolla	High	15	70	50.3	3.69	264	13.4	78.7	cd
Svevo	High	14	78	54.6	2.87	287	15.0	78.6	cd

Medie varietà

Claudio	25	b	68	b	50.0	c	2.29	e	238	c	14.4	a	80.1	a
Creso	27	a	66	b	51.7	bc	1.54	f	228	c	14.5	a	76.3	c
Dylan	24	c	78	a	56.5	a	4.21	a	295	a	12.4	bc	79.4	a
Iride	16	e	68	b	50.1	c	3.02	cd	276	ab	12.0	bc	77.7	b
Meridiano	16	e	74	a	52.9	b	2.84	ce	277	ab	12.2	bc	75.5	d
Normanno	21	d	76	a	55.0	a	3.70	ab	273	ab	12.2	c	77.5	b
Saragolla	15	f	68	b	47.5	d	3.29	bc	256	bc	11.8	bc	77.0	bc
Svevo	14	g	74	a	51.5	bc	2.49	de	275	ab	13.3	ab	77.4	b

Medie trattamenti

Media Low	19.6		69.8		49.5	b	2.40	b	242		11.5	b	76.3	b
Media High	19.7		72.9		54.3	a	3.44	a	288		14.2	a	78.9	a

ANOVA

(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

varietà	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
concimazione	ns	ns	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	***	***
var x conc	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**

Tab.11 – Roma Concimazione 2011. Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per P≤0.05

^apeso 1000 cariossidi

peso ettolitrico e peso di 1000 cariossidi, favorita in questi ultimi due casi dalla generale bassa variabilità sempre esibita da questi due caratteri. Da notare come per due caratteristiche importanti, quali resa e tenore proteico della granella, l'interazione fra genotipo e anno di coltivazione è risultata significativa mentre non lo è stata quella fra genotipo e trattamento fertilizzante. Sembra quindi prevalere l'effetto dell'ambiente di coltivazione, inteso come sito x anno, rispetto alla tecnica agronomica impiegata.

	Spigatura	Altezza	TKW	Resa	Spighe/m ²	Proteine	Peso hl
Genotipo (G)	***	***	***	***	***	***	***
Trattamento (T)	ns	ns	***	***	***	***	***
Anno (A)	***	***	***	***	***	***	***
G X T	***	ns	***	ns	ns	ns	***
G X A	***	***	***	***	*	ns	***
T X A	***	ns	*	***	***	**	***
G X T X A	***	ns	*	ns	ns	ns	**

Tab. 12 – Roma Concimazione: Confronto 2011 vs. 2012. Risultati ANOVA
(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

Campobasso

L'andamento meteorologico della stagione 2011/2012 a Campobasso è stato caratterizzato da temperature superiori alla media nel mese di Dicembre, situazione che ha favorito sia la emergenza dei seminati, sia un vigoroso sviluppo iniziale delle piante. Le temperature hanno subito un brusco abbassamento nei mesi di Gennaio e soprattutto Febbraio, accompagnate in quest'ultimo mese da intense precipitazioni a carattere nevoso. In seguito, L'ambiente di prova è stato caratterizzato da abbondanti precipitazioni che si sono distribuite regolarmente nel corso del ciclo delle piante e hanno influenzato positivamente la coltura, determinando una chiusura ottimale del ciclo della stessa.

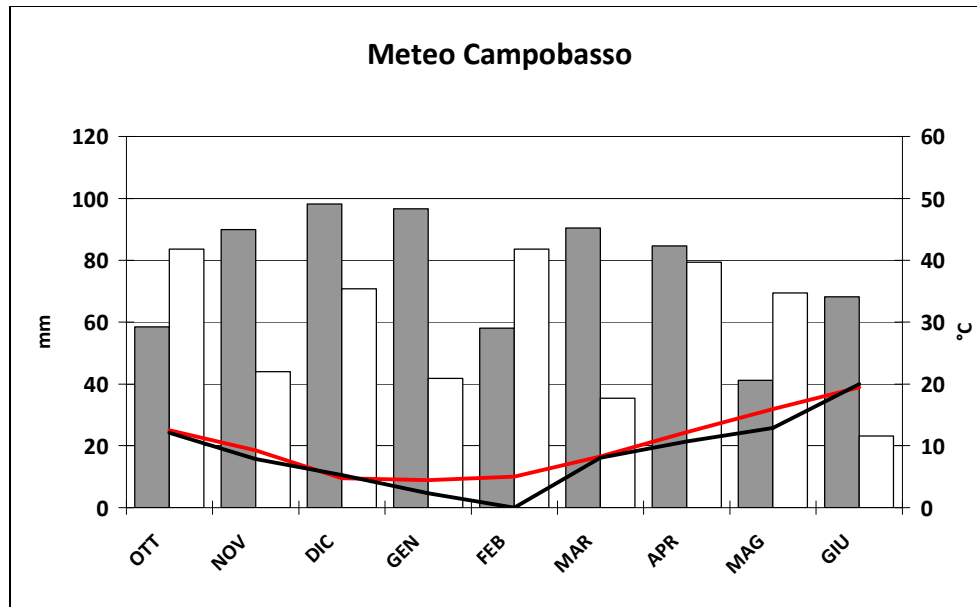


Figura 11 – Campobasso: Andamento meteo
 (■ Precipitazioni lungo periodo; □ Precipitazioni 2010/2011; — Tmed lungo periodo; — Tmed 2010/2011)

Convenzionale

Le prove condotte in convenzionale a Campobasso hanno raggiunto livelli eccellenti, sia dal punto di vista produttivo che da quello qualitativo, in linea con quanto avvenuto a Roma. I risultati dell'analisi della varianza mettono in mostra una totale assenza di significatività statistica della densità di semina su tutti i parametri oggetto di studio, ad eccezione della data di spigatura, verificatasi con un anticipo medio di 2 giorni nelle parcelle a maggiore densità di semina. Per il resto, il fattore genotipico ha influenzato significativamente tutti i caratteri, ad eccezione del numero di culmi per m², che non è stato influenzato da nessun fattore. L'interazione fra i due fattori principali è risultata sempre non significativa.

Per quanto riguarda la resa, ancora una volta i risultati migliori sono stati raggiunti da Claudio, Meridiano e Saragolla, in grado di superare il dato medio di 6 t/ha con entrambe le densità di semina. Il dato peggiore, ancora una volta, è stato raggiunto da Creso, unica varietà la cui resa media non ha superato il valore di 5 t/ha con entrambi gli investimenti. In generale, è possibile affermare che, dal punto di vista della resa, a Campobasso sono stati favoriti i cicli più precoci; fa eccezione Claudio, una delle cultivar più produttive nonostante il

ciclo alla spigatura fra i più lunghi, della quale sono però note ed apprezzate, non solo in Italia, tanto la capacità produttiva, quanto la stabilità e l'adattabilità a ambienti di coltivazione differenti.

I livelli proteici sono stati particolarmente elevati; con entrambe le densità di semina, i valori medi hanno sfiorato il 16%. Fra le cultivar più produttive, Saragolla Meridiano ed Iride, pur rimanendo su medie pari a circa il 15%, hanno fatto registrare le prestazioni inferiori. In sintesi, le varietà meno produttive hanno raggiunto i livelli proteici più alti; fanno eccezione Svevo e ancora una volta Claudio. La prima varietà, in particolare, ha nettamente superato il 16%, al pari di Creso, Dylan e Meridiano ma associando a questo dato una resa in granella nettamente più elevata.

Come a Roma, anche a Campobasso il peso ettolitrico delle granelle ha raggiunto valori elevati, attestandosi regolarmente al di sopra degli 80 kg/hl. Come già menzionato ad inizio paragrafo, la densità di semina non ha avuto effetto statisticamente significativo, al pari della sua interazione col genotipo che si è rivelato l'unico fattore in grado di influenzare l'andamento del peso ettolitrico. Come nelle altre località, Claudio ha ottenuto il risultato migliore; con entrambe le densità di semina, il suo dato è risultato di circa 3 kg superiore alla media generale. Il dato inferiore è stato fatto registrare da Normanno e, così come a Roma, da Meridiano, che si conferma quindi una varietà la quale, in annate meno favorevoli, può andare incontro a delle difficoltà per raggiungere valori soddisfacenti di questo parametro.

Il peso di 1000 cariossidi, differentemente da quanto avvenuto a Roma, non è stato influenzato dalla densità di semina, ma solo dal fattore genotipico. I valori medi, comunque, sono risultati piuttosto bassi, specie se paragonati con i valori ottenuti dalle stesse varietà a Roma ed in altre località del Molise nel corso della stessa annata agraria (Codianni *et al.*, 2012). I valori medi con entrambi gli investimenti sono risultati inferiori a 43 g., ed ancora una volta le cultivar più in difficoltà sono risultate Iride e Saragolla.

In sintesi, i risultati ottenuti a Campobasso in convenzionale confermano l'inefficacia della densità di semina come strumento di intensificazione colturale già emersa a Roma, così come Creso si conferma la varietà con i minori livelli produttivi. Ancora una volta, Meridiano si dimostra varietà dal forte potenziale produttivo, talvolta associato a tenori proteici e valori di peso ettolitrico inferiori

Varietà	Densità di semina	Spigatura (gg. dopo 1 Apr.)	Altezza (cm.)	TKW ^a (g.)	Resa (t/ha, U.R 13%)	Spighe m ⁻²	Proteine (% s.s.)	Peso hl (kg/hl)
CLAUDIO	350	49	85	44.5	6.58	297	15.7	85.6
CRESO	350	50	74	46.0	4.73	257	16.2	83.4
DYLAN	350	46	77	41.8	5.59	288	16.2	82.6
IRIDE	350	44	78	41.2	5.97	265	15.0	83.9
MERIDIANO	350	46	80	41.3	6.56	277	15.0	80.7
NORMANNO	350	48	73	41.6	4.81	248	16.1	80.9
SARAGOLLA	350	45	78	40.7	6.20	283	15.2	82.1
SVEVO	350	43	83	44.1	5.78	264	16.3	82.7
CLAUDIO	500	46	86	45.0	6.05	300	15.7	86.2
CRESO	500	49	76	45.3	4.87	274	16.5	83.3
DYLAN	500	44	76	41.1	5.32	303	16.4	83.3
IRIDE	500	42	79	40.5	5.81	306	15.1	84.0
MERIDIANO	500	43	79	41.6	6.30	312	15.0	81.3
NORMANNO	500	46	78	40.1	5.61	271	16.2	80.9
SARAGOLLA	500	43	84	39.0	6.09	268	14.9	83.2
SVEVO	500	42	80	43.3	5.75	299	16.7	82.1

Medie Varietà

CLAUDIO	48	b	86	a	44.8	a	6.32	a	299	15.7	ac	85.9	a
CRESO	50	a	75	d	45.6	a	4.80	d	265	16.3	ab	83.4	bc
DYLAN	45	c	77	bd	41.4	b	5.45	bd	296	16.3	ab	83.0	bc
IRIDE	43	d	79	bd	40.9	b	5.89	ab	286	15.0	c	83.9	b
MERIDIANO	45	c	80	bd	41.4	b	6.43	a	294	15.0	c	81.0	d
NORMANNO	47	b	76	cd	40.8	b	5.21	cd	259	16.2	ac	80.9	d
SARAGOLLA	44	c	81	bc	39.9	b	6.14	a	275	15.1	bc	82.7	c
SVEVO	43	d	81	ab	43.7	a	5.77	ac	281	16.5	a	82.4	c

Medie densità di semina

media 350	46	a	79		42.6		5.78		272	15.7		82.8	
Media 500	44	b	80		42.0		5.73		291	15.8		83.0	

ANOVA

(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

varietà	***	**	***	***	ns	*	***
densità	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
var x dens	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab.13 – Campobasso Convenzionale. Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per P≤0.05

^apeso 1000 cariossidi

alla media. Claudio mette nuovamente in luce le sue capacità di fornire rese e contenuti proteici eccellenti mentre Svevo, in un ambiente in cui tutte le varietà hanno ottenuto risultati produttivi inferiori rispetto a Roma, si mostra la meno penalizzata dal diverso ambiente colturale, associando ad un dato di resa in granella più che soddisfacente un elevatissimo contenuto in proteine.

Biologico

Anche a Campobasso, così come a Roma e differentemente da Tarquinia, le rese realizzate in biologico hanno raggiunto livelli eccellenti, regolarmente al di sopra della soglia di 6 t/ha. A livello statistico, la densità di semina non ha avuto effetto sulla resa e sul peso ettolitrico, ma ha esercitato un'influenza significativa sul tenore proteico della granella, sul peso di 1000 cariossidi e sulla data di spigatura. Il genotipo ha avuto effetto statisticamente significativo su tutti i parametri, ad eccezione della densità di spighe/m², mentre l'interazione tra i due fattori principali ha influenzato data di spigatura e peso di 1000 cariossidi.

Per quanto riguarda la resa, tutte le varietà hanno superato il dato medio di 6 t/ha, ad eccezione ancora una volta di Creso che, pur raggiungendo un livello produttivo niente affatto disprezzabile (5,03 t/ha), è risultata di gran lunga la varietà meno produttiva. I risultati del test di Duncan hanno messo in luce l'assenza di differenze statisticamente significative fra i genotipi (fa eccezione, ovviamente, Creso), analogamente a quanto avvenuto a Roma e, in parte, a Tarquinia.

I tenori proteici delle granelle hanno evidenziato una condizione generale di grave sofferenza, con medie generali inferiori al 10% per entrambe le densità di semina. Tra i due investimenti, è emersa una differenza di poco inferiore al punto percentuale (9,7% contro 9%) a favore del campo a 350 semi/m². Tra le varietà, pur in un ambito di valori ampiamente deficitario i risultati migliori sono stati ottenuti da Svevo, unico genotipo a superare la soglia del 10% (in particolare, 11,5% con la densità di semina minore).

Come nelle altre località, il peso ettolitrico è risultato eccellente, con valori medi superiori a 84 kg; a livello varietale, al solito la parte del leone la ricopre Claudio, con una media generale pari a 85 kg/hl. C'è da dire, comunque, che emerge una certa omogeneità fra tutte le cultivar, con differenze ridotte fra i

Varietà	Densità di semina	Spigatura (gg. Dopo 1 Apr.)	Altezza (cm)	TKW (g.)	Resa (t/ha, U.R. 13%)	Spighe/m ²	Proteine (% s.s.)	Peso hl (kg/hl)
CLAUDIO	500	36 c	89	48.6 ef	5.50	304	8.9	84.7
CRESO	500	39 a	80	51.8 bd	4.80	229	9.4	84.9
DYLAN	500	36 c	89	48.5 ef	5.83	248	8.4	83.9
IRIDE	500	32 f	80	44.7 g	6.11	261	8.1	84.8
MERIDIANO	500	34 de	87	52.9 bc	5.99	271	9.2	83.1
NORMANNO	500	35 d	84	47.8 ef	6.41	249	9.0	84.6
SARAGOLLA	500	32 fg	79	48.0 ef	6.53	265	8.9	83.7
SVEVO	500	31 g	90	51.0 d	5.79	267	10.3	85.5
CLAUDIO	350	38 a	95	52.0 bd	6.64	267	9.8	85.2
CRESO	350	39 a	84	54.9 a	5.26	222	9.8	84.8
DYLAN	350	37 b	88	51.3 cd	6.64	216	8.9	85.1
IRIDE	350	35 d	83	47.2 f	6.41	217	9.0	85.2
MERIDIANO	350	36 bc	88	53.1 b	6.15	225	9.1	82.5
NORMANNO	350	37 b	86	49.4 e	6.55	249	9.6	84.4
SARAGOLLA	350	34 de	85	48.5 ef	6.34	222	9.8	83.0
SVEVO	350	34 e	91	51.4 bd	6.67	236	11.5	86.4

Medie Varietà

CLAUDIO	37 b	92 a	50.3 bc	6.07 a	286	9.3 b	85.0 b
CRESO	39 a	82 d	53.3 a	5.03 b	225	9.6 b	84.9 b
DYLAN	36 c	88 b	49.9 c	6.23 a	232	8.6 c	84.5 b
IRIDE	34 e	82 d	46.0 e	6.26 a	239	8.6 c	85.0 b
MERIDIANO	35 d	88 bc	53.0 a	6.07 a	248	9.1 bc	82.8 c
NORMANNO	36 c	85 cd	48.6 d	6.48 a	249	9.3 b	84.5 b
SARAGOLLA	33 e	82 d	48.2 d	6.44 a	243	9.3 b	83.4 c
SVEVO	33 f	91 ab	51.2 b	6.23 a	251	10.9 a	85.9 a

Medie densità di semina

Media 500	34 b	85	49.2 b	5.87	262	9.0 b	84.4
Media 350	36 a	88	51.0 a	6.33	232	9.7 a	84.6

ANOVA

(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

varietà	***	***	***	*	ns	***	***
densità	**	ns	***	ns	ns	*	ns
var x dens	*	ns	*	ns	ns	ns	ns

Tab.14 – Campobasso Biologico. Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per P≤0.05

^apeso 1000 cariossidi

genotipi e risultati soddisfacenti anche da parte di materiali, come Meridiano, altrove maggiormente penalizzati rispetto alle varietà migliori.

Il peso di 1000 cariossidi ha raggiunto valori mediamente elevati, con il dato medio maggiore nelle parcelle a densità di semina minore (51 g.) più alto di circa 2 grammi rispetto all'altro (49,2 g.). Il miglior dato medio generale è stato ottenuto da Creso (53,3 g.) e Meridiano (53 g.). Come già detto, l'interazione tra densità di semina e genotipo è risultata significativa; in generale, sembra che i genotipi più precoci siano stati meno penalizzati dal maggiore investimento, con l'unica eccezione di Iride.

Concludendo, i risultati ottenuti a Campobasso in biologico sono stati eccellenti dal punto di vista della resa in granella e del peso ettolitrico, con valori generali di assoluto riguardo anche per produzioni convenzionali; una situazione gravemente deficitaria è stata registrata invece sul piano del contenuto proteico delle cariossidi. Contrariamente al campo convenzionale e a quelli di Roma e Tarquinia, la densità di semina ha avuto maggior effetto, anche se non c'è stata influenza sulla resa in granella.

Confronto Biologico vs Convenzionale

Come a Roma, anche a Campobasso è stato eseguito un confronto fra biologico e convenzionale, il quale ha messo in evidenza delle differenze rispetto alla località laziale.

Per quanto riguarda la resa, il fattore più importante si è rivelato il genotipo. Significativi sono risultati anche gli altri 2 fattori principali (densità di semina e tecnica agronomica), con produzioni medie leggermente maggiori con la tecnica biologica e con la densità di semina più grande, ma maggiore importanza ha assunto l'interazione fra genotipo e tecnica agronomica, con alcune varietà (segnatamente Creso, Dylan e Normanno) apparentemente penalizzate più delle altre dalla tecnica convenzionale.

Per quanto riguarda il contenuto proteico, la parte del leone la fa la tecnica agronomica, che spiega quasi totalmente la variabilità. Significativo anche il fattore varietale, ma non è emersa significatività statistica per la sua interazione con la tecnica agronomica, segno che tutte le cultivar sono state penalizzate nella stessa misura dal mancato apporto di fertilizzanti azotati minerali.

Il peso ettolitrico, come atteso, si è caratterizzato per una forte componente genotipica, ma consistente è stato anche l'effetto della tecnica agronomica, il quale si è tradotto in un valore medio generale di 84,5 kg/hl in biologico contro 82,9 in convenzionale. Nuovamente non significativo l'effetto della densità di semina, al contrario dell'interazione fra genotipo e tecnica agronomica, con le varietà a ciclo più lungo maggiormente penalizzate, pur in un ambito di valori regolarmente superiori a 80 kg/hl, dalla conduzione in convenzionale.

	Spigatura	Altezza	TKW	Resa	Spighe/m ²	Proteine	Peso hl
Genotipo (G)	***	***	***	***	*	***	***
Tecnica agronomica (T)	***	***	***	**	***	***	***
Densità di semina (D)	***	ns	***	*	***	ns	ns
G X T	***	**	***	*	ns	ns	***
G X D	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
G X T X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 15 – Campobasso: Confronto Biologico vs. Convenzionale. Risultati ANOVA
(ns: non significativo - *p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

Per quanto riguarda il peso di 1000 cariossidi, si confermano i forti effetti di genotipo e tecnica agronomica, con quest'ultima che ha esercitato l'influenza maggiore, ma si conferma anche la significatività statistica della densità di semina, con un dato medio di 45,6 g. per la densità di 500 semi/m² contro 46,8 g. per l'investimento minore. Emerge anche la significatività statistica dell'interazione fra genotipo e tecnica agronomica, con ancora una volta una certa penalizzazione delle varietà più tardive nella conduzione in convenzionale.

Sintetizzando, dalla comparazione fra le due tecniche di coltivazione nella località di Campobasso risulta prevalente l'effetto della tecnica agronomica rispetto al genotipo ed alla densità di semina, che invece si conferma come fattore poco influente (nonostante l'effetto significativo su peso di 1000 cariossidi e data di spigatura). Tale fatto marca una certa differenza rispetto a quanto riscontrato a Roma, dove il fattore varietale aveva esercitato l'effetto maggiore.

Biologico nelle tre località

Il confronto fra i risultati ottenuti in biologico nelle 3 località di prova (Campobasso, Roma e Tarquinia) ha messo in luce un forte effetto dell'ambiente di coltivazione, che si è rivelato il più importante su tutti i caratteri. Ancora una volta limitato si è confermato l'effetto della densità di semina, a parte la già verificatasi significatività statistica su data di spigatura e peso di 1000 cariossidi.

	Spigatura	Altezza	TKW	Resa	Spighe	Proteine	Peso hl
Genotipo (G)	***	***	***	***	**	***	***
Località (L)	***	***	***	***	***	***	***
Densità di semina (D)	***	ns	*	ns	***	ns	ns
G X L	ns	ns	***	ns	ns	ns	***
G X D	ns	ns	**	*	ns	ns	ns
L X D	***	ns	ns	ns	***	***	*
G X L X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 16 – Biologico: Confronto Tarquinia vs. Campobasso vs Roma. Risultati ANOVA
(ns: non significativo - * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$)

Per quanto riguarda la resa, l'ambiente colturale si è rivelato il fattore più importante, unitamente al genotipo; l'importanza di quest'ultimo, però, è risultata nettamente inferiore a quella ambientale. Ancora priva di significatività l'azione della densità di semina, così come l'interazione fra quest'ultima e l'ambiente di coltivazione.

Anche per quanto riguarda il tenore proteico delle granelle, l'effetto dell'ambiente di coltivazione si è rivelato il più importante, seguito dal fattore genotipico; l'importanza di quest'ultimo si è però dimostrata superiore rispetto a quanto osservato per la resa in granella. Significativa anche l'interazione fra ambiente di coltivazione e densità di semina, ma soprattutto quella fra ambiente di coltivazione e genotipo.

Il peso ettolitrico, solitamente carattere con una forte impronta genotipica, ha visto ancora una volta prevalere il fattore ambientale. Ancora una volta la densità di semina risulta non significativa, mentre significative sono state due interazioni; quella fra densità di semina e ambiente di coltivazione e, soprattutto, quella fra genotipo ed ambiente di coltivazione.

Il peso di 1000 cariossidi ha visto confermata la già riscontrata significatività della densità di semina, anche se i due fattori più importanti si sono dimostrati ancora una volta l'ambiente di coltivazione e il genotipo. In questo caso, il fattore genotipico ha mostrato un effetto maggiore che per gli altri caratteri. Effetto marcato anche per l'interazione fra genotipo e ambiente di coltivazione, mentre altamente significativa si è rivelata l'interazione fra densità di semina e ambiente di coltivazione.

Sintetizzando, l'analisi della varianza nei 3 ambienti in cui sono state condotte prove in biologico ha permesso di determinare un forte effetto dell'ambiente di coltivazione, che si è dimostrato il più importante su tutti i caratteri, anche quelli, come il peso ettolitrico, solitamente a forte impronta genotipica. Il fattore varietale ha mostrato una certa importanza sul peso di 1000 cariossidi, carattere che tra l'altro si è rivelato il solo, unitamente alla data di spigatura, influenzato significativamente dalla densità di semina.

Biologico a Roma e Campobasso

Allo scopo di consentire un paragone con i risultati delle prove in convenzionale, condotte solo a Campobasso e Roma, è stata eseguita l'analisi della varianza sulle prove in biologico eseguite in queste due località.

I risultati hanno evidenziato una certa differenza rispetto all'analisi condotta sui dati relativi a 3 ambienti, differenze particolarmente marcate per quanto riguarda la resa. Infatti, se nell'analisi a 3 ambienti il fattore più importante si era rivelato l'ambiente di coltivazione, nello schema a 2 ambienti il genotipo ha fatto riscontrare di gran lunga l'importanza maggiore, seguito a distanza dall'ambiente di coltivazione. La densità di semina e tutte le interazioni sono risultate non significative statisticamente.

	Spigatura	Altezza	TKW	Resa	Spighe	Proteine	Peso hl
Genotipo (G)	***	***	***	***	ns	***	***
Località (L)	***	ns	***	*	***	***	***
Densità di semina (D)	***	ns	***	ns	***	ns	ns
G X L	*	ns	***	ns	ns	**	***
G X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L X D	*	ns	ns	ns	ns	***	ns
G X L X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 17 – Biologico: Confronto Campobasso vs Roma. Risultati ANOVA

(ns: non significativo - * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$)

Per quanto riguarda il tenore proteico della granella, l'analisi della varianza ha rivelato una certa similitudine con quella condotta su 3 ambienti, se si esclude una minore importanza del fattore varietale.

Analogo discorso per il peso ettolitrico, che ha visto ancora una volta il predominio del fattore ambientale ed una importanza del fattore varietale leggermente maggiore. Confermata la significatività dell'interazione fra genotipo e ambiente, mentre non lo è stata quella fra ambiente e densità di semina.

Il peso di 1000 semi ha visto la conferma dell'importanza del fattore ambientale e del genotipo, ma l'importanza di quest'ultimo è risultata decisamente minore rispetto all'analisi a 3 ambienti. La densità di semina si è nuovamente dimostrata significativa, così come l'interazione fra genotipo e ambiente di coltivazione, mentre quella fra ambiente e densità di semina, contrariamente all'analisi a 3 ambienti, non lo è risultata.

In sintesi, l'analisi a 2 ambienti ha mostrato alcune differenze rispetto a quella a 3 ambienti, principalmente per quanto riguarda la resa in granella. Per questo carattere, il peso del genotipo è risultato decisamente superiore a quello ambientale, tanto da fare di quello varietale il fattore più importante per quanto riguarda la resa.

Convenzionale a Roma e Campobasso

L'analisi della varianza eseguita sulle prove condotte in convenzionale a Roma e Campobasso mostra alcune differenze rispetto ai risultati delle prove in biologico nelle stesse località.

Per quanto riguarda la resa, ambiente di coltivazione e genotipo hanno fatto registrare un'importanza simile, con una leggera prevalenza da parte di quest'ultimo. Nei campi biologici, invece, il genotipo era risultato ampiamente predominante. Da notare anche la significatività dell'interazione tra genotipo e ambiente, che non si era verificata nei campi condotti in biologico.

Il tenore proteico della granella è risultato influenzato solamente da genotipo ed ambiente di coltivazione, con prevalenza di quest'ultimo. In biologico, il fattore ambientale era risultato decisamente più importante, mentre significative si erano rivelata l'interazione fra genotipo e ambiente, che in convenzionale non ha evidenziato significatività statistica.

	Spigatura	Altezza	TKW	Resa	Spighe	Proteine	Peso hl
Genotipo (G)	***	***	***	***	**	***	***
Località (L)	***	***	***	***	***	***	***
Densità di semina (D)	***	ns	*	ns	***	ns	ns
G X L	ns	ns	***	ns	ns	***	***
G X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L X D	***	ns	**	*	***	ns	*
G X L X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 18 – Convenzionale: Confronto Campobasso vs Roma. Risultati ANOVA

(ns: non significativo - * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$)

Il peso ettolitrico ha visto le stesse significatività statistiche emerse in biologico (genotipo, ambiente, interazione fra genotipo ed ambiente); la differenza fra i due gruppi di campi consiste in un aumentato peso del fattore genotipico.

Il peso di 1000 cariossidi è risultato pesantemente influenzato dal fattore ambientale; significativo, ma in misura minore, anche il fattore varietale, così come significatività statistica è emersa a carico della densità di semina.

Riguardo le interazioni, sono risultate significative quella fra ambiente di coltivazione e densità di semina e, soprattutto, quella fra genotipo e ambiente. In conclusione, si conferma l'importanza dei due fattori genotipo e ambiente di coltivazione, anche se differenze sono emerse rispetto al biologico riguardo le loro importanze. Ancora una volta la densità di semina si è mostrata inefficace, anche se hanno trovato conferma la significatività statistica su peso di 1000 cariossidi e data di spigatura.

Ridgetown

L'andamento meteorologico dell'annata 2011/2012 a Ridgetown, così come in tutto l'Ontario, si è discostato parecchio dalle medie di lungo periodo.

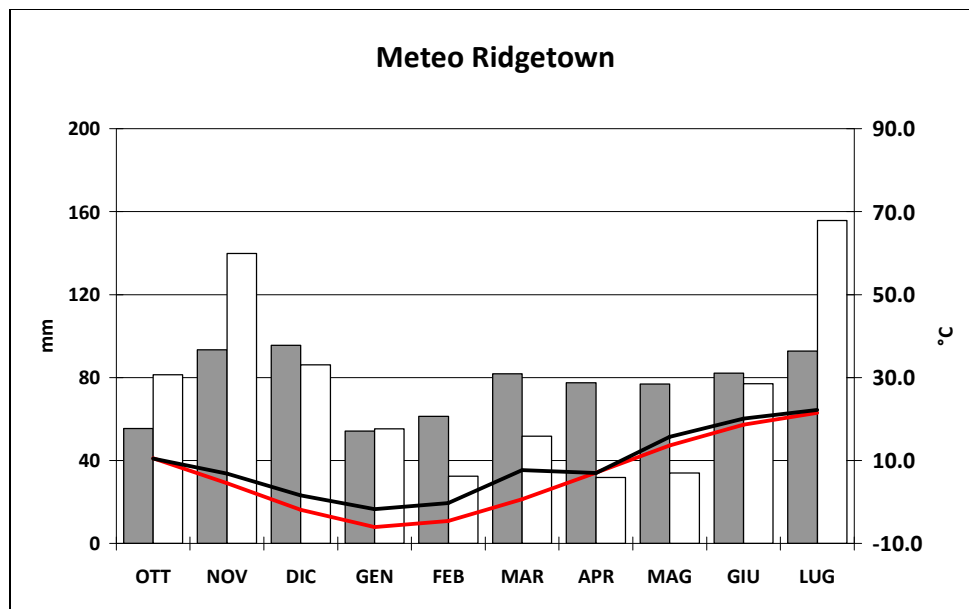


Figura 12 –Ridgetown: Andamento meteo
 (■ Precipitazioni lungo periodo; □ Precipitazioni 2010/2011; — Tmed lungo periodo; — Tmed 2010/2011)

In generale, la stagione è risultata meno fredda della media, così come inferiori al solito sono state le precipitazioni, incluse quelle nevose nel periodo invernale. Particolarmente mite è stato il mese di Marzo, al quale ha fatto però seguito un mese di Aprile caratterizzato, nella fase iniziale, da ribassi termici consistenti rivelatisi particolarmente dannosi per le colture fruttifere. Le precipitazioni, scarse fino al mese di Maggio, hanno raggiunto i valori medi di lungo periodo

nel mese di Giugno, cosa che, unitamente alle temperature più alte del solito, ha garantito un regolare riempimento delle granelle. Particolarmente piovoso è risultato poi il mese di Luglio, cosa che ha in parte ostacolato la raccolta. L'umidità della granella alla trebbiatura, superiore al 14%, ha reso necessario il suo temporaneo immagazzinamento in essiccatoio, al fine di ridurre il contenuto idrico delle cariossidi fino ad un valore prossimo al 13%.

Per quanto riguarda le prestazioni varietali, ben 4 varietà (Claudio, Arnacoris, Dylan e Duilio) hanno raggiunto livelli di resa in granella pari a circa 5 t/ha e, cosa più interessante, non statisticamente differenti dall'unica varietà di frumento duro a semina autunnale registrata in Canada (OAC Amber). Interessante anche i valori generalmente alti di winter survival, o sopravvivenza invernale, tutti superiori al valore di 80% e, per 5 varietà, non diversi statisticamente dal dato di OAC Amber. Generalmente molto alto il numero di culmi/m², nettamente maggiore di quanto riscontrato in Italia, fatto probabilmente da mettere in relazione con le basse temperature invernali. Il tenore proteico delle granelle si è attestato su dati medi soddisfacenti, al di sopra del 13% per la maggior parte delle varietà. Ancora una volta Svevo conferma le sue caratteristiche di genotipo in grado di valorizzare appieno il contenuto di azoto del suolo, fornendo un dato di poco inferiore al 15%. Buono anche il dato di Aureo, anch'essa varietà caratterizzata dai tenori proteici generalmente elevati, anche se il dato di resa in granella risulta inferiore a quello di Svevo. Fra le varietà più produttive, i risultati migliori sono stati raggiunti da Dylan e Claudio, i cui contenuti proteici sono risultati rispettivamente superiori ed uguali al 13,5%, mentre una condizione di difficoltà è stata registrata per Arnacoris, il cui dato è risultato il più basso, nettamente al di sotto del 13%. I valori di peso ettolitrico si sono attestati su medie lontane da quanto ottenuto in Italia, in quanto tutte le varietà hanno fatto registrare valori inferiori a 80 kg/hl. Anche in Canada, Claudio ha ottenuto il dato migliore, risultando, insieme a OAC Amber, l'unico genotipo a superare la soglia di 76 kg/hl. Da segnalare come alcune varietà, come Iride, Saragolla e Meridiano, abbiano messo in luce le stesse difficoltà riscontrate talvolta in Italia, pur in un ambito di valori completamente diverso. Anche il peso di 1000 cariossidi è risultato decisamente inferiore ai valori raggiunti in Italia; la varietà migliore si è rivelata Dylan, unica a superare la soglia dei 46 g, ottenendo un valore

Varietà	Spigatura (gg. dopo 1 Apr)	Winter Survival (%)	Altezza (cm.)	Spighe/m ²	Resa (t/ha, U.R 13%)	TKW ^a (g.)	Peso hl (kg/hl)	Proteine (% s.s.)
ANCO MARZIO	52 bc	80 e	68 ce	459 bd	3.49 dg	35.0 g	75.3 b	13.2 dg
ARNACORIS	49 de	99 a	68 ce	534 a	5.01 a	43.5 b	75.4 b	12.6 g
AUREO	50 cd	96 ac	72 b	520 ab	3.44 eg	39.0 ef	75.3 b	14.6 ab
CLAUDIO	50 cd	98 ab	71 bc	521 ab	5.07 a	44.6 ab	76.3 a	13.4 ce
COLOSSEO	54 ab	85 e	64 eh	421 d	3.14 g	42.5 bc	73.9 c	14.0 bc
CRESO	55 a	90 d	65 dg	503 ab	4.19 bd	43.1 bc	74.8 b	13.4 cf
DUILIO	49 de	99 a	69 bd	533 a	4.55 ac	43.8 b	74.7 b	12.7 fg
DYLAN	54 ab	85 e	66 df	464 bd	4.79 ab	46.5 a	75.4 b	13.7 cd
IRIDE	50 cd	93 bd	62 gh	505 ab	3.72 dg	35.4 g	72.4 d	13.2 dg
MAESTRALE	51 cd	84 e	68 bd	409 d	3.40 fg	35.0 g	72.6 d	13.3 dg
MERIDIANO	47 e	95 ad	66 df	539 a	4.16 be	42.0 bd	73.7 c	12.9 eg
NEOLATINO	49 de	91 cd	67 ce	546 a	4.16 be	44.3 ab	75.1 b	13.2 dg
NORMANNO	54 ab	84 e	63 fh	434 cd	3.50 dg	39.4 de	72.8 d	14.0 bc
OAC AMBER	54 ab	100 a	78 a	531 a	5.00 a	39.1 ef	76.3 a	13.1 dg
SARAGOLLA	49 de	93 bd	61 h	494 ac	3.98 cf	36.7 fg	72.7 d	13.2 dg
SVEVO	50 cd	91 cd	68 bd	491 ac	3.68 dg	40.6 ce	75.1 b	14.8 a
Medie	51	91	67	494	4.08	40.6	74.5	13.5

Tab.19– Ridgetown (Canada). Le medie con almeno una lettera in comune non sono differenti statisticamente per P≤0.05

^apeso 1000 cariossidi

nettamente più alto di quello raggiunto da OAC Amber. Fra le cultivar più produttive, buono anche il dato di Claudio, di poco inferiore a 45 g, mentre ancora una volta Iride fa registrare valori nettamente più bassi della media, risultando, insieme a Anco Marzio e Maestrato, la varietà caratterizzata dal valore più basso.

In sintesi, la prova varietale condotta in Canada ha evidenziato buone prestazioni quali-quantitative da parte di alcuni genotipi, su tutti Claudio e Dylan, che hanno ottenuto per resa e tenore proteico della granella risultati non diversi statisticamente da quelli della varietà Canadese OAC Amber. Le caratteristiche di alcune cultivar hanno trovato conferma, come l'elevato tenore proteico raggiunto da Svevo, la buona adattabilità ambientale e l'elevato peso ettolitrico di Claudio, le difficoltà di Iride in fatto di peso di 1000 cariossidi e della stessa Iride, Saragolla e Meridiano in tema di peso ettolitrico. Ovviamente, sarà necessario ripetere ancora la prova varietale, magari inserendo ulteriori

ambienti di coltivazione, allo scopo di confermare i dati ottenuti e verificare se i buoni risultati raggiunti da alcuni genotipi non siano in parte dovuti all'andamento climatico più mite del solito verificatosi nell'annata agraria passata.

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

L'Italia è il principale produttore di frumento duro dell'Unione Europea, con una produzione di 4,18 milioni di tonnellate ed una superficie coltivata pari a 1,304 milioni di ettari. Il frumento duro si adatta meno facilmente del tenero agli ambienti difficili (freddo, umidità eccessiva, allettamento e mal del piede), mentre dà migliori risultati negli ambienti caldi ed aridi e nei terreni argillosi con buona capacità di ritenzione idrica, dove riesce a realizzare la migliore espressione qualitativa.

Il recente miglioramento genetico del frumento duro ha prodotto parecchie nuove varietà, le quali hanno radicalmente rinnovato il panorama varietale italiano. Le attività di miglioramento genetico del frumento duro sono state mosse da due esigenze: quella di creare varietà agronomicamente migliori per le aree di tradizionale coltivazione del frumento duro (Italia meridionale ed insulare), e quella di creare nuove varietà per poterne estendere la coltura nell'Italia centro-settentrionale.

Il miglioramento delle prestazioni della coltura è stato ottenuto anche grazie al miglioramento della tecnica agronomica, inteso sia come maggiore disponibilità di input energetici (es. fertilizzanti minerali), sia come individuazione dei parametri agronomici adatti a garantire la piena espressione del potenziale produttivo di ciascuna varietà (epoca e densità di semina, lavorazioni del terreno, gestione infestanti, ecc.).

Alla luce di queste poche considerazioni è evidente come diventi necessario conoscere bene le caratteristiche produttive quali-quantitative delle numerose varietà di frumento duro per garantire stabilità di produzione e buoni standard qualitativi. Diventa quindi necessario testare agronomicamente le diverse varietà in diversi ambienti per individuare quale risponde meglio alle nostre esigenze.

Un'altra moderna problematica da analizzare è quella legata alla possibilità di coltivare in biologico il frumento duro, al fine di soddisfare quelle sempre crescenti fette di mercato che lo richiedono. Anche in questo caso valgono le considerazioni fatte per le colture in convenzionale. Inoltre, per stabilire la convenienza in termini di resa, è necessario un confronto tra forme di

allevamento in biologico ed in convenzionale con le stesse varietà che sono state migliorate per l'allevamento ad alto input energetico (convenzionale) .

L'analisi dei risultati ottenuti dalla sperimentazione, evidenzia la scarsa efficacia mostrata dalla densità di semina come strumento di intensificazione produttiva. In tutte le località e con entrambe le tecniche di coltivazione (biologico e convenzionale), infatti, l'effetto dell'investimento sulla resa in granella si è rivelato non significativo, al pari della sua interazione col fattore varietale. Diversi autori hanno riportato un incremento della resa in frumento dovuto ad un aumento della quantità di semente utilizzata (Arduini *et al.*, 2006). L'incremento di resa è stato messo in relazione tanto all'accresciuto numero di spighe per unità di superficie, quanto all'aumento del peso di 1000 cariossidi. Studi condotti in altri paesi hanno ottenuto risultati differenti, mostrando una riduzione della resa correlata a un aumento della quantità di semente impiegata (Carr *et al.*, 2003; Wood *et al.*, 2003). Un effetto plateau è stato individuato utilizzando un numero maggiore di densità di semina (McKenzie *et al.*, 2011). Nel nostro caso, la densità di semina ha avuto un effetto statisticamente significativo sul numero di spighe per m² a Roma (sia in biologico che in convenzionale) e, in maniera più marcata, a Tarquinia, ma non ha Campobasso (sia in biologico che in convenzionale). Tanto a Campobasso quanto, parzialmente, a Roma, la capacità di accestimento delle varietà è stata in grado di limitare l'effetto del minor quantitativo di semente impiegata. Contemporaneamente, però, è emerso un effetto sul peso di 1000 cariossidi, regolarmente inferiore nelle parcelle a maggiore densità di semina. Altro effetto interessante della diversa densità di semina è risultato l'anticipo, da 1 a 2 giorni, della data di spigatura nelle parcelle a maggiore densità di semina. Entrambi gli effetti erano stati già evidenziati da altri autori (Mason *et al.*, 2007). Si può ipotizzare che l'aumentata densità di semina abbia comportato un aumento delle piante per unità di superficie ed una diminuzione dell'emissione di culmi di accestimento da parte delle stesse, in particolare a Campobasso e Roma; come risultato, si è verificata una competizione fra piante, che ha prodotto come risultato un anticipo della data di spigatura ed un ridotto peso di 1000 semi. L'effetto sulla data di spigatura non è risultato significativo nel campo biologico di Roma, probabilmente a causa del ritardo, con cui è stata eseguita la semina rispetto al campo convenzionale. L'epoca di semina può essere considerata come uno

strumento agronomico di gestione delle coltivazioni, e può quindi essere modulata in funzione delle diverse problematiche cui si prevede le colture andranno incontro. Solitamente, in agricoltura biologica si preferisce anticipare le semine, con il duplice scopo di garantire un pronto sviluppo vegetativo, che consente un maggior grado di competitività nei confronti delle malerbe, e di favorire lo sviluppo dell'apparato radicale, che garantirà alle piante un ancoraggio al suolo più robusto nel momento in cui saranno eseguiti gli interventi di diserbo meccanico. Nel nostro caso, l'epoca di semina a Roma è stata ritardata perché, negli anni precedenti, si erano verificati degli attacchi di SBCMV (Soilborne Cereal Mosaic Virus), i quali si erano rivelati particolarmente distruttivi a carico delle prove condotte in biologico. Ritardare le semine è uno dei pochi strumenti di lotta contro questo patogeno, insieme all'utilizzo di varietà resistenti.

Per quanto riguarda l'adattabilità delle cultivar testate all'agricoltura biologica, sia a Roma che a Campobasso l'interazione fra genotipo e tecnica agronomica è risultata significativa per alcuni caratteri, segno di un diverso comportamento delle varietà. Non è stata riscontrata, però, significatività a Campobasso per quanto riguarda il contenuto proteico, ed a Roma per la resa in granella. In entrambe le località, tutte le varietà coltivate in biologico hanno fornito rese in granella non differenti statisticamente fra loro, dato che si è in parte ripetuto anche a Tarquinia. Unica eccezione si è dimostrata Creso, la quale ha fornito una produzione di granella di gran lunga inferiore alle altre 7 cultivar in ogni località. In convenzionale, si è verificato un maggior livello di differenziazione fra le varietà a livello di resa in granella. Alla luce della preponderanza dell'effetto genotipico sulla resa riscontrato tanto a Roma, quanto a Campobasso, possiamo affermare che le varietà testate hanno mostrato un buon grado di adattamento al metodo di coltivazione biologico. Fa eccezione Creso, varietà ormai datata e caratterizzata, evidentemente, da un potenziale produttivo non all'altezza delle costituzioni più recenti. Discorso parzialmente simile per il livello proteico della granella, con due andamenti però diversi nelle due località. A Roma, infatti, i valori in biologico hanno quasi eguagliato quelli in convenzionale, mentre a Campobasso la differenza fra le due medie ha superato i 6 punti percentuali. A Roma, l'effetto genotipico sul contenuto in proteine è risultato preponderante. Normalmente, il tenore proteico rappresenta

il vero tallone d'Achille per il frumento biologico, a causa dell'impossibilità di usare fertilizzanti azotati prontamente disponibili. Per soddisfare il fabbisogno azotato delle colture biologiche si può fare affidamento sull'uso di prodotti di origine organica e sulle rotazioni colturali con specie vegetali come le leguminose; in entrambi i casi, la riserva di azoto deve, per poter essere realmente disponibile, passare attraverso processi di mineralizzazione condotti perlopiù dalla microflora tellurica. Di conseguenza, la piena disponibilità dell'azoto nel suolo può non essere sincronizzata con le esigenze della coltura, massime durante le fasi di accostamento e levata. L'andamento meteorologico della stagione, a Roma, è stato totalmente favorevole al pieno utilizzo dell'azoto del suolo da parte del frumento; le condizioni di freddo che hanno caratterizzato il mese di Febbraio hanno rallentato i processi di mineralizzazione della sostanza organica del suolo, ma non hanno influenzato negativamente lo stato di salute delle piante, grazie alla copertura nevosa che ha protetto le colture fino alla fine del mese. Il mese di Marzo, invece, è risultato più caldo della media e pressoché privo di precipitazioni; come conseguenza, presumibilmente, il ritmo della mineralizzazione della sostanza organica è stato intenso ma non si è verificato il fenomeno della lisciviazione delle forme di azoto minerale. La copertura nevosa del mese di Febbraio, sciogliendosi, ha assicurato un livello di umidità del suolo funzionale al pieno sviluppo sia delle attività vegetali, sia di quelle microbiche. I mesi di Aprile e Maggio hanno visto un intensificarsi delle precipitazioni, cosa che ha favorito il pieno riempimento delle granelle. Da non sottovalutare, infine, il mese di Giugno totalmente secco, che ha garantito un rapido asciugamento delle cariossidi. A Campobasso, i tenori di azoto fortemente deficitari registrati in biologico possono essere imputati sia ad un probabile basso livello di tale elemento nel terreno, sia all'andamento meteo meno favorevole di quello registrato a Roma. La località di Tarquinia, invece, non si è dimostrata particolarmente adatta all'ottenimento di prestazioni soddisfacenti in agricoltura biologica; nella stagione ha pesato con ogni probabilità l'estrema secchezza del clima nella fase di riempimento della granella, fenomeno che, d'altronde, si manifesta ogni anno nella zona, anche se con minore intensità. Precedenti esperienze di confronto fra biologico e convenzionale condotte in zona (Camerini, 2009) suggeriscono che l'ambiente di coltivazione di Tarquinia sia più adatto all'ottenimento di buoni risultati

produttivi attraverso consistenti input energetici, quali quelli che caratterizzano l'agricoltura convenzionale.

Se si esclude Cresò, tutte le varietà hanno esibito un notevole potenziale produttivo; a Roma, la lunghezza del ciclo alla spigatura non sembra aver esercitato un ruolo determinante, visto che fra i genotipi più produttivi troviamo Meridiano, di ciclo precoce, e Dylan, di ciclo medio-tardivo. A Campobasso, per contro, in convenzionale i genotipi precoci sono stati nettamente favoriti, probabilmente a causa delle condizioni meteo non favorevoli ad un pieno riempimento delle granelle nel mese di Giugno.

Per quanto riguarda la prova di concimazione eseguita a Roma, i risultati hanno messo in luce una riduzione delle prestazioni per tutte le cultivar in assenza di input azotati. Sia nel 2011 che nel 2012 non vi è stata interazione significativa fra concimazione e genotipo per quanto riguarda la resa, segno che le varietà sono state penalizzate allo stesso modo. Stesso discorso per quanto riguarda il contenuto proteico nel 2011, mentre nel 2012 è emersa significatività statistica a carico dell'interazione fra genotipo e trattamento fertilizzante. Emerge, in particolare, una certa difficoltà da parte di alcuni genotipi a bassi livelli di azoto nel terreno, segnatamente Meridiano e soprattutto Saragolla, mentre Svevo conferma le sue ottime capacità in materia di efficienza nell'assorbimento dell'azoto anche in presenza di un ridotto apporto di fertilizzante.

I Risultati ottenuti nella prova varietale condotta in Canada hanno messo in luce un buon adattamento di alcuni genotipi a condizioni ambientali totalmente diverse da quelle per le quali gli stessi sono stati selezionati, non solo per l'estremo rigore invernale ma anche per le temperature inferiori nella fase di maturazione della granella. Delle 4 varietà che hanno raggiunto risultati produttivi paragonabili a quelli dell'unica varietà canadese, Claudio e Dylan hanno fatto registrare anche valori proteici interessanti, specie se si tiene conto che l'apporto di fertilizzante azotato è stato piuttosto ridotto, pari a meno della metà di quanto viene normalmente applicato in Italia e per il quale questi genotipi vengono selezionati. La varietà più produttiva, Claudio, è anche quella che ha raggiunto l'altezza maggiore; tale dato, alla luce dell'elevato valore di winter survival esibito da questa cultivar e della taglia consistente della cultivar canadese OAC Amber, suggerisce l'importanza di tale carattere per ottenere un buon adattamento all'ambiente di coltivazione dell'Ontario meridionale.

Contrariamente a quanto si può pensare, infatti, la mortalità invernale delle piante non è dovuta al freddo, quanto alle particolari condizioni che si vengono a creare all'inizio della primavera, quando la copertura nevosa si scioglie. In tale periodo dell'anno, l'alternanza di temperature diurne superiori allo zero, e notturne inferiori a tale soglia determina un ciclo di fusione – congelamento dell'acqua tellurica, accompagnato, rispettivamente, da movimenti di abbassamento e sollevamento del suolo. Se l'apparato radicale delle piante non è ben sviluppato, si ha come conseguenza l'espulsione delle stesse dal terreno.(A. Schaafsma, comunicazione personale). Essendo lo sviluppo epigeo un buon indice del grado di sviluppo radicale, ne consegue l'importanza di una taglia robusta in ambienti interessati da problemi come quelli sopra esposti. Ne consegue anche l'importanza di una semina la più possibile anticipata, allo scopo di garantire uno sviluppo radicale sufficiente ad affrontare il problema del congelamento dell'acqua del suolo.

Per concludere, i risultati di questa tesi hanno evidenziato una notevole capacità produttiva da parte delle moderne costituzioni varietali (esclusa la vecchia varietà Creso), le quali sono state in grado di raggiungere produzioni notevoli in ambienti completamente diversi fra loro, quali Roma e Campobasso, sia in biologico che in convenzionale. Il contenuto proteico delle cariossidi ha raggiunto valori eccellenti in convenzionale in entrambe le località; fra le varietà, Svevo ha confermato la sua capacità di valorizzare il contenuto di azoto nel terreno, Claudio ha manifestato una notevole attitudine ad associare tenori proteici elevati a livelli di resa nettamente superiori alla media, mentre capacità inferiori sono state messe in luce da alcuni genotipi, confermate del resto anche dai risultati della prova di concimazione. Dal confronto fra biologico e convenzionale, l'interazione fra genotipo e tecnica agronomica è risultata significativa ma di entità limitata, segno che tutti i materiali hanno mostrato un buon grado di adattamento all'agricoltura biologica. La densità di semina ha mostrato scarso effetto in tutte le località e con entrambe le tecniche di coltivazione, con differenze non significative per quanto riguarda resa e tenore proteico della granella. Fra gli ambienti di coltivazione, Roma si è rivelata particolarmente favorevole alla coltura con entrambi i metodi di coltivazione, mentre a Campobasso le rese in biologico e convenzionale si sono equivalse, ma un forte deficit nei contenuti proteici delle cariossidi è emerso in biologico.

Tarquinoa, infine, si è rivelata località poco adatta all'ottenimento di standard quali-quantitativi soddisfacenti in biologico.

Buoni risultati produttivi sono ottenibili anche ricorrendo a tecniche di coltivazione, come l'agricoltura biologica, caratterizzate dal basso input energetico. Fermo restando il buon grado di adattabilità a tale tecnica messo in mostra dai genotipi testati, è importante continuare a valutare le risposte produttive dei vari genotipi, così come è altrettanto importante determinare sia l'adattabilità degli ambienti colturali alle varie tecniche agronomiche, sia l'influenza degli stessi ambienti sulle prestazioni generali delle varietà coltivate, eseguendo studi che coinvolgano un numero consistente di genotipi testati in un insieme di ambienti colturali rappresentativi delle diverse condizioni pedoclimatiche in cui il frumento duro viene coltivato in Italia.

BIBLIOGRAFIA

- **AFSSA 2003.** Évaluation des risques et bénéfices nutritionnels et sanitaires des aliments issus de l'agriculture biologique. *Agence Francaise de Sécurité Sanitaire des Aliments, Maisons-Alfort.*
- **Ammar K., Kronstad W.E., Morris C.F., 2000** - Breadmaking quality of selected durum wheat genotypes and its relationship with high molecular weight glutenin subunits allelic variation and gluten protein polymeric composition. *Cereal Chemistry*, 77:230-236.
- **Amtmann A., Troufflard S., Armengaud P., 2008** – The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum*. 133:682-691
- **Arduini I., Masoni A., Ercoli L., Mariotti M., 2006** - Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *European Journal of Agronomy*, 25:309-318
- **Armentano G., 2012** – Semina su sodo: “filosofia” produttiva per le aree marginali. *L'Informatore Agrario*, 1:60-61
- **Austin R.B., 1999** – Yield of wheat in the United Kingdom: Recent advances and prospects. *Crop Science*, 39:1604-1610.
- **Avantaggiato G., Antonacci V., Quaranta F., Belocchi A., Aureli G., D'Egidio M. G. 2007** – Evaluation of safety and quality of organic durum wheat from experimental fields in Italy. *International conference on organic agriculture and food security*. 3-5 May 2007, FAO – Italy.
- **Bell M.A., Fisher R.A., Byerlee D., Sayre K., 1995** – Genetic and agronomic contributions to yield grains: a case study for wheat. *Field Crop Research*, 44:55-65
- **Belton P.S., 1999** – On the elasticity of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 29: 103-107.
- **Bennett J. W. and Klich M., 2003** – Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 2003, p. 497–516.
- **Bianchi A., Mariani B.M., 1993** – La rete nazionale di prove di confronto tra varietà di frumento duro: Un bilancio dopo venti anni. *L'Informatore Agrario*, 34:5-7
- **Blanco A., Simeone R., Gadaleta A., 2006** – Detection of QTLs for grain protein content in durum wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 112: 1195-1204.

- **Boggini G., D'Egidio M.G., Di Fonzo N., Novaro P., Arcangeli A., Brandini R., Cecchini C., Colucci F., Fares C., Gosparini E., Palumbo M., Pucciarmati S., Schiamone M.G., Spina A., Virzi N., 2003** - Qualità del raccolto 2003 di frumento duro. *L'Informatore Agrario*, 36:35-40.
- **Boggini G., Pogna N.E., Tusa P., 1996** – Genetic and biochemical aspects of dough quality in wheat. *Advanced in Food Science*, 18: 145-151.
- **Bonciarelli F., Bonciarelli U.** , Coltivazioni erbacee. Edagricole, Bologna, 1994.
- **Borghi B., Corbellino M., Cattaneo M., 1986** – Modification of the sink-source relationships in bread wheat and its influence on grain yield and grain protein content. *Journal of agronomical and crop science*, 157:245-254.
- **Borrelli G.M., Troccoli A., Di Fonzo N., Fares C., 1999** - Durum wheat Lypoxigenase activity and other quality parameters that affect pasta color. *Cereal Chemistry*, 76: 335-340.
- **Boyacioglu M.H., D'Apollonia B.L., 1994** - Durum wheat and bread products. *Cereal Foods World*, 39:168-174.
- **Bozzini A., Corazza L., D'Egidio M.G., Di Fonzo N., La Fiandra D., Pogna N.E., Poma I., 1998.** Durum wheat (*Triticum turgidum* spp. *durum*). In Scarascia Mugnozza G.T., Pagnotta M.A. (eds.): Italian contribution to plant genetics and breeding. Viterbo (I).
- **Bozzini, A., 1970** - Genetica e miglioramento genetico dei frumenti duri. *Genetica Agraria* 24: 145–193.
- **Buonocore V., Silano V. 1993** - Fattori antinutrizionali nei cereali. A. Fidanza ed. Le Scienze Quaderni, 72:87-94.
- **Camerini M., 2009** – Influenza dell'ambiente di coltivazione sulla resa qualitativa di varietà di frumento duro. Tesi di Laurea Magistrale. Campobasso, A.A 2008-2009.
- **Canevara M.G., Romani M., Corbellini M., Perenzin M., Borghi B., 1994** – Evolutionary trends in morphological, physiological, agronomical and qualitative traits of *triticum aestivum* L. cultivars bred in Italy since 1990. *European Journal of Agronomy* 3: 175-185.
- **Carcea M., Salvatorelli S., Bruschi L., Krizanovic J. 1999** - Impatto delle tecniche agronomiche sulla qualità tecnologico- nutrizionale di frumenti duri provenienti da agricoltura biologica. *Agricoltura e Ricerca*, 183:59- 66.
- **Carr P.M., Horsley R.D., Poland W.W., 2003** - Tillage and seeding rate effects on wheat cultivars. I. Grain production. *Crop Science*, 43, 202–209.

- **Carr P.M., Kandel H.J., Porter P.M., Horsley R.D., Zwinger S.F., 2006** – Wheat cultivar performance on certified organic fields in Minnesota and North Dakota. *Crop Science*, 46:1963-1971
- **Ciaffi M., Lafiandra D., Turchetta T., Ravaglia S., Bariana H., Gupta R., MacRitchie F., 1995** - Breadbaking potential of durum wheat lines expressing both x- and y- type subunits at the Glu-A1 locus. *Cereal Chemistry*, 72:465-469.
- **Codianni P., De Vita P., Papa R., Fornara M., Mazzon V., Quaranta F., Preiti G., Laghetti G., Losavio F.P., Tedone L., De Mastro G., Schiavone D., Mori M., Blanco A., Colonna M., Ricci M., 2012** – Areale Sud peninsulare. *Informatore Agrario* 33, supplemento
- **Corbellini M., Canevar M.G., Mazza L., Ciaffi M., La Fiandra D., Borghi B. 1997** Effect of the duration and intensity of heat shock during grain filling on dry matter and protein accumulation, technological quality and protein composition in bread and durum wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 24: 245-260.
- **D'Egidio M.G., Desiderio E., Cecchini C., Cantone M.T., Dottori A., Brogna G., Fornara M. 2000** - Fertilizzazione azotata e qualità del frumento duro. *Molini d'Italia*, 8:39-44.
- **D'Egidio M.G., Mariani B.M., Nardi S., Novaro P., Cubadda R. 1990** - Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Chemistry*, 67:275-281.
- **D'Egidio M.G., Novaro P., 1993** - Durum wheat grain proteins: effects of genotype, environment and drying technologies on pasta quality. *Proceedings of the International Meeting Wheat Kernel Proteins. Molecular and functional aspects*, Viterbo, 1993. 295-297.
- **D'Ovidio R., Masci S., 2004** - The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 39:321-339.
- **Dawson J.C., Huggins D.R., Jones S.S., 2008** – Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Research*, 107:89-101
- **De Stefanis E., Sgrulletta D., Pucciarmati S., De Vita P. 2004** - Redox changes and storage protein properties in durum wheat. *Grain Quality*, 7:1323-1326.
- **Debbouz A., Dick J.W., Donnelly B.J., 1994** - Influence of raw material on couscous quality. *Cereal Foods World*, 39:231-236.

- **Desiderio E., D'Egidio M.G., Brogna G., Ciricofolo E., Codianni P., Lendini M., Mazzoncini M., Palumbo M., Porfiri O., Fornara M., Cecchini C., Dottori A., Cantone M.T. 1999** - Azoto e qualità della pasta. *Terra e Vita*, 39:43-48.
- **Desiderio E., D'Egidio M.G., Ciricofolo E., Codoni D., Lendini M., Palumbo M., Porfiri O., Fornara M., Cecchini C. 1998** - Effetti della concimazione azotata su produzione e qualità della granella di frumento duro. *L'Informatore Agrario*, 10:31-38.
- **Dexter J.E., Preston K.R., Marchilo B.A, Clarke J.M., Carcea M., 2001** - Comparison of physical dough, bread-making and pasta-making properties of some Italian and North American durum wheat cultivars of variable strength. *Proceedings of the 11th ICC Cereal and Bread Congress and of the 50th Australian Cereal Chemistry Conference*, Melbourne 2001. Melbourne: Wootton M., Batey I.L., Wrigley C.W. ed. Cereal Chem. Division, Royal Australian Chemical Institute. 659-663.
- **Dexter J.E., Tkachuck R., Tipples K.H., 1991** - Physical properties and processing quality of durum wheat fraction recovered from a specific gravity table. *Cereal Chemistry*, 68:401-405.
- **Di Trapani A.M. , Schimmenti E., 2005** - Calano le superfici di frumento duro. *L'Informatore agrario* , 35: 33-37.
- **Donald C.M., 1968** – The design of a wheat ideotype. *Proceeding of the 3rd International Wheat Genetics Symposium*, Canberra (AUS).
- **Donnelly B.J., 1991** - Pasta: raw materials and processing. In: Lorenz K.J., Kulp K. ed. New York: Marcel Dekker. *Handbook of Cereal Science and Technology*, 763-792.
- **Dubcovsky J., Dvorak J., 2007** – Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. *Science*, 316:1862-1866.
- **Elias E.M., 1995** - Durum wheat products. In: Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N., Araus J.L. ed. Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, Serie A: Séminaires Méditerranéennes No. 40. Options Méditerranéennes, Zaragoza, España: Istituto Agronomico Mediterraneo di Zaragoza, 23-31.
- **Fares C., Paoletta G., De Ninno M., Gallo A., Sorrentino G., Di Fonzo N., 1993** Effetti della concimazione azotata e dell'irrigazione sulla qualità tecnologica del frumento duro (*Triticum durum* Desf.) in ambienti con carenza idrica. *Rivista di Agronomia*, 27:117-124.
- **Faridi H., 1988** - Flat breads. In: Pomeranz Y. ed. Wheat Chemistry and Technology. St. Paul, M.N.: American Association of Cereal Chemists, 457-506.

- **Feillet P., 1988** - Protein and enzyme composition of durum wheat. In: Fabriani G., Lintas C. ed. *Durum wheat: Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. 93-119.
- **Feldman M., 2001** – Origin of cultivated wheat. In: Bonjean AP, Angus WJ, eds. *The world wheat book: a history of wheat breeding*. Paris, France: Lavoisier Publishing, 3-56
- **Flaete N.E.S., Hollung K., Ruud L., Sogn T., Faergestad E.M., Skarpeid H.J., Magnus E.M., Uhlen A.K. 2005** - Combined nitrogen and sulphur fertilisation and its effect on wheat quality and protein composition measured by FE-FPLC and proteomics. *Journal of Cereal Science*, 41:357-369.
- **Flagella Z., Vittozzi, L.C., Platani C., Di Fonzo N. De Caro A., 2000** - Effetto della salinità sull'efficienza del trasporto elettronico fotosintetico e sulla produttività del frumento duro (*Triticum durum* Desf.). *Irrigazione e Drenaggio*, 47 (1): 31-36.
- **Fredriksson H., Salomonsson L., Andresson R., Salomonsson A.C. 1998** - Effect of protein and starch characteristics on the baking properties of wheat cultivated by different strategies with organic fertilizers and urea. *Acta Agricola Scandinava Section B-, Soil and Plant Science*, 48:49-57.
- **Fulcher R.G., Rooney Duke T.K. 2002** - Whole-grain structure and organization: implications for nutritionists and processors. In: Marquart L., Slavin J.L., Fulcher R.G. ed.: *Whole-grain Foods in Health and Disease*. 9-45.
- **Gale M.D., 1979** – The effects of *Norin 10* dwarfing genes on yield. In: *Indian society of genetics and plant breeding: Proceedings of Fifth international wheat genetics symposium*, 2: 978-987. New Delhi (IND).
- **Gan Y.T., Miller P.R., McConkey B.G., Zentner R.P., Stevenson F.C., McDonald C.L., 2003** – Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in the semiarid Northern Great Plain. *Agronomy Journal*, 95(2):245-252.
- **Ghaley B.B., Hauggaard-Nielsen H., Høgh-Jensen H., Jense E.S., 2005** – Intercropping of wheat and pea as influenced by nitrogen fertilization. *Nutrition Cycling in Agroecosystems*, 73:201-212.
- **Gianibelli M.C., Uthayakumaran S., Sissons M.J., Morell M.K., Batey I.L., 2001** - Effects of different components of durum wheat semolina on basic rheological parameters. *Proceedings of the 11th ICC Cereal and Bread Congress and of the 50th Australian Cereal Chemistry Conference*, Melbourne, 2001. Melbourne: Wootton M., Batey I.L., Wrigley C.W. ed. Cereal Chem. Division, Royal Australian Chemical Institute, Australia, 641-644.

- **Giardini L.** , Agronomia generale: ambientale e aziendale. Patron, Bologna, 2002.
- **Gupta R.B., MacRitchie F., 1994** - Allelic variation at gluten subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1 of common wheats. II. Biochemical basis of the allelic effects on dough properties. *Cereal Chemistry*, 19:19- 29.
- **Guttieri M.J., Stark J.C., O'Brien K., Souza E. 2001** - Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41:327- 335.
- **Heun M., Schäfer-Pregl R., Klawan D., Castagna R., Accerbi M., Borghi B., Salamini F., 1997** - Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science*, 278:1312-1314.
- **Jenner C. F., Uglade T.D., Aspinall D., 1991** – The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 18: 211-226.
- **Kaan F., Regnier T., Macheix J.J., Souyris I., 1998.** -Recent advances for blackpoint resistance in durum wheat. *Proceedings of the SEWANA Durum Network Workshop*. Aleppo, 1998. Aleppo: Nachit M.M., Baum M., Porceddu E., Monneveux P., Picard E., ICARDA ed. 324- 328.
- **Kobrehel K., Alary R. 1989** - The role of a low molecular weight glutenin fraction in the cooking quality of durum wheat pasta. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 47:487-500.
- **Kosmolak E.G., Dexter J.E., Matsuo R.R., Leisle D., Marchylo B.A., 1980** – A relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoagrams. *Canadian Journal of Plant Science*, 60: 427:432.
- **Kubaláková M., Kovářová P., Suchánková P., Číhalíková J., Bartoš J., Lucretti S., Watanabe N., Kianian S.F., Doležel J., 2005** – Chromosome sorting in tetraploid wheat and its potential for genome analysis. *Genetics*, 170(2):823-829.
- **Lairon D., 2009** – Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30:33-41.
- **Lammerts van Bueren E.T., Jones S.S., Tamm L., Murphy K.M., Myers J.R., Leifert C., Messmer M.M., 2011** – The need to breed crop varieties suitable for organic farming using wheat, tomato and broccoli as example: a review. *NJAS – Wageningen Journal of Life Science*, 58:193-205.
- **López-Bellido R.J., López-Bellido L., 2001** – Efficiency of nitrose in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research*, 71:31-46.

- **Mäder P., Fliessbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Niggli U., 2002** – Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296:1694-1697.
- **Marandola D., 2012** – Dieci consigli per coniugare frumento e semina su sodo. *L'Informatore Agrario*, 36:53-56.
- **Marchilo B.A., Dexter J.E., Clarke J.M., Ames N., 1998** - Effects of protein content on CWAD quality. In: *Wheat protein production and marketing. Proceedings of the Wheat Protein Symposium*, Saskatoon, 1998. Saskatoon: Fowler D.B., Geddes W.E., Johnston A.M., Preston K.R. ed., 53-62.
- **Mariani B.M., D'Egidio M.G., Novaro P. 1995** - Durum wheat quality evaluation: influence of genotype and environment. *Cereal Chemistry*, 72: 194-197.
- **Mason H., Navabi A., Frick B., O'Donovan J., Spaner D., 2007** - Cultivar and Seeding Rate Effects on the Competitive Ability of Spring Cereals Grown under Organic Production in Northern Canada. *Agronomy Journal*, 99:1199-1207.
- **Mc Keehen J.D., Busch R.H., Fulcher R.G. 1999** - Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) phenolic acids during grain development and their contribution to Fusarium resistance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 1476- 1482.
- **McKenzie R.H, Bremer E., Middleton A.B., Pfiffner P.G., Woods S.A, 2011** - Optimum seeding date and rate for irrigated cereal and oilseed crops in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, 91(2):293-303.
- **Montemurro F., 2009** – Different nitrogen fertilization sources, soil tillage, and crop rotations in winter wheat: effect on yield, quality, and nitrogen utilization. *Journal of Plant Nutrition*, 32:1-18.
- **Moss H.J., Randall. P.J., Wrigley C.W. 1983** - Alteration to grain, flour and dough quality in three wheat types with variation in soil sulphur supply. *Journal of Cereal Science*, 1:255-264.
- **Motzo R., Fois S., Giunta F., 2004** – Relationship between grain yield and quality of durum wheats from different eras of breeding. *Euphytica*, 140: 147-154.
- **Nachit M.M., 1998** - Durum breeding research to improve dryland productivity in the Mediterranean region. *Proceedings of the SEWANA Durum Network Workshop*, Aleppo, 1998. Aleppo: Nachit M.M., Baum M., Porceddu E., Monnevaux P., Picard E. ed. 1-15.
- **Nesbitt M., 1998** – Where was einkorn wheat domesticated? *Trends in Plant Science*, 3:1360-1385.

- **Novaro P., Colucci F., Venora G., D'Egidio M.G., 2001** - Image analysis of whole grains: a noninvasive method to predict semolina yield in durum wheat. *Cereal Chemistry*, 78:217-221.
- **Novaro P., D'Egidio M.G., Mariani B.M., Nardi P., 1993** - Combined effect of protein content and high temperature drying systems on pasta cooking quality. *Cereal Chemistry*, 70: 716-719.
- **Ortiz-Monasterio J.I., Pena R.J., Sayre K.D., Rajaram S., 1997** – CIMMYT's genetic progress in wheat grain quality under four nitrogen rates. *Crop science* 37: 892-897.
- **Palumbo M., Spina A., Boggini G., 2002** - Bread-making quality of italian durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars. *Italian Journal of Food Science*, 2:123-133.
- **Palumbo M., Spina A., Boggini G., 2003** - Caratteristiche qualitative e attitudine panificatoria delle nuove varietà di frumento duro. *Cereali: Scienza e Benessere dal Campo alla Tavola, risultati del triennio 2000- 2002*, 69-72.
- **Pecetti L. e Annicchiarico P., 1998** - Agronomic value and plant type of Italian durum wheat cultivars from different eras of breeding. *Euphytica* 99: 9–15.
- **Peckanek U., Karger A., Groger S., Charvat, B., Schoggl G., Lelley T. 1997** - Effect of nitrogen fertilization on quantity of flour protein components, dough properties, and breadmaking quality of wheat. *Cereal Chemistry*, 74:800-805.
- **Peña R.J., 2000** - Durum wheat for pasta and breadmaking. Comparison of methods used in breeding to determine gluten quality-related parameters. In: Royo C., Nachit M.M, Di Fonzo N., Araus J.L. ed. *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges*, Serie A: Séminaires Méditerranéennes No. 40. Options Méditerranéennes, Zaragoza, España: Instituto Agronomico Mediterraneo di Zaragoza, 423-430.
- **Peña R.J., Pteiffer W.H., 2005** - Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement. In: Royo C. et al., ed. *Durum wheat breeding. Current approaches and future strategies*, Binghamton, NY: Food Product Press, 663-703.
- **Peña R.J., Zarco-Hernandez J., Amaya-Celis A., Mujeeb- Kazi A., 1994** - Relationship between chromosome 1B-encoded glutenin subunit compositions and breadmaking quality characteristics of some durum wheat (*Triticum turgidum*) cultivars. *Journal of Cereal Science*, 19:243- 249.
- **Peri C. 1998** - La qualità degli ortofrutticoli freschi e trasformati, principi – tecniche - applicazioni. Seminari; Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli (IVTPA), Milano, 22 Aprile 1998.

- **Pogna N.E., Autran J.C., Mellini F., Lafiandra D., Feillet P., 1990** – Chromosome 1B-encoded gliadins and glutenins subunits in durum wheat: Genetics and relationship to gluten strength. *Journal of Cereal Science*, 11: 15-34.
- **Qarooni J., 1994** - Historic and present production, milling and baking industries in the countries of the Middle East and North Africa. Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- **Quaglia G.B., 1988** - Other durum wheat products. In: Fabriani G., Lintas C., ed. *Durum wheat: Chemistry and Technology*. St. Paul, M.N.: American Association of Cereal Chemists, 263-282.
- **Quaranta F., Amoriello T., Aureli G., Belocchi A., D'Egidio M.G., Fornara M., Melloni S., Desiderio E., 2010** - Grain Yield, Quality and Deoxynivalenol (DON) Contamination of Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.): Results of National Networks in Organic and Conventional Cropping Systems. *Italian Journal of Agronomy*, 4:353-366
- **Rao V.K., Mulvaney S.J., Dexter J.E., Edwards N.M., Peressini D., 2001** - Stress-relaxation properties of mixograph semolina-water doughs from durum wheat cultivars of variable strength in relation to mixing characteristics, bread and pasta-making performance. *Journal of Cereal Science*, 34:215-232.
- **Reid T.A., Yang R.C., Salmon D.F., Spaner D., 2009** – Should spring wheat breeding for organically managed systems be conducted on organically managed land? *Euphytica*, 169:239-252.
- **Rembiałkowska E., 2007** – Quality of plant products from organic agriculture. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 87:2757-2762.
- **Rharrabti Y., Royo C., Villegas D., Aparicio N., Garcia del Moral L.F. 2003** Durum wheat quality in Mediterranean environments I. Quality expression under different zones, latitudes and water regimes across Spain. *Field Crops Research*, 80: 123-131.
- **Rodriguez D., Andrade F.H., Goudriaan J., 1999** – Effect of phosphorus nutrition on tiller emergence in wheat. *Plant and Soil*, 209:283-295.
- **Ryan J., Singh M., Pala M., Makhboul R., Masri S., Harris H.C., Sommer R., 2010** - Crop sequences, nitrogen fertilizer and grazing intensity in relation to wheat yields in rainfed systems. *Journal of Agricultural Science*, 148:205-216.
- **Schaafsma A.W., Tamburic-Ilinic L., Miller J.D., Hooker. D.C., 2001** – Agronomic considerations for reducing deoxynivalenol in wheat grain. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23: 279-285.

- **Shewry P.R., Tatham A.S. 1997** - Biotechnology of wheat quality. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 73:397-406.
- **Shewry P.R., Tatham A.S., Halford N.G., 2001** - Nutritional control of storage protein synthesis in developing grain of wheat and barley. *Plant Growth Regulation*, 34:105-111.
- **Simon M.R., Cordo C.A., Perello A.E., Struik P.C., 2003** – Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. *Journal of Phytopathology*, 151:283-289.
- **Sinclair T., 1998** – Histological changes in harvest index and crop Nitrogen accumulation. *Crop Science*, 38: 638-643.
- **Slafer G. A., Araus J.L., Royo C., Luis F., Garcia del Moral L. F., 2005** – Promising eco-physiological traits for genetic improvement of winter cereal yields in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology* 146: 61-70.
- **Stelluti M., Caliandro A., Stellacci A.M., 2007** – Influence of previous crop on durum wheat yield and yield stability in a long-term experiment. *Italian Journal of Agronomy*, 3:333_339.
- **Sweeney D.W., Granade G.V., Eversmeyer M.G., Whitney D.A., 2000** – Phosphorous, potassium, chloride, and fungicide effects on wheat yield and leaf rust severity. *Journal of Plant Nutrition*, 23:1267-1281.
- **Tamburic-Ilincic L., Smid A., Griffey C., 2012** - OAC Amber winter durum wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 92:973-975.
- **Troccoli A., Borrelli G. M., De Vita P., Fares C. and Di Fonzo N., 2000** - Durum Wheat Quality: A Multidisciplinary Concept. *Journal of Cereal Science* 32: 99–113.
- **Trono D., Pastore D., Di Fonzo N., 1999** - Carotenoid dependent inhibition of durum wheat lipoxygenase. *Journal of Cereal Science*, 29: 99-102.
- **Winfield J., 1989** - Dictionary of milling terms and equipment. Kansas City, Missouri: Association of Operative Millers.
- **Wood G.A., Welsh J.P., Godwin R.J., Taylor J.C., Earl R., Knight S.M., 2003** - Real-time measures of canopy size as a basis for spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. *Biosystem Engineering*, 84:513–531.
- **Wooding A.R., Kavale S., Wilson A.J., Stoddard F.L., 2000** - Effects of nitrogen and sulphur fertilizer on commercial-scale wheat quality and mixing requirements. *Cereal Chemistry*, 77:791-797.

- **Wrigley C.W., duCros D.L., Fullington J.G., Kasarda D.D., 1984** - Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulphur deficiency in wheat. *Journal of Cereal Science*, 2:15-24.