

Estratto da:



Università degli Studi di Sassari

Facoltà di Agraria

Dipartimento di Scienze agronomiche e Genetica vegetale agraria

**Evoluzione varietale e qualità in frumento duro
(*Triticum turgidum* subsp. *durum*):
dalle vecchie popolazioni alle attuali cultivar**

Coordinatore

Prof. Mauro Deidda

a cura di

**Rosella Motzo
Francesco Giunta
Simonetta Fois**

Ricerca cofinanziata dalla
Fondazione Banco di Sardegna
(nota 1154/4135 del 18/12/2001)

MIGLIORAMENTO GENETICO ED EVOLUZIONE VARIETALE

Il miglioramento genetico delle diverse specie coltivate è iniziato con la domesticazione delle prime piante selvatiche circa 10.000 anni fa, quando i nostri antenati cacciatori-raccoglitori iniziarono a scegliere le migliori piante selvatiche e a coltivarle, rendendo possibile lo sviluppo di economie agricole e pastorali ed il sorgere di società umane complesse. L'atto stesso della coltivazione e la continua scelta, da parte degli agricoltori, delle piante migliori ha comportato un processo continuo di modificazione dei genotipi, che ha conferito alle specie domestiche adattamento alle condizioni dell'agricoltura.

Le popolazioni di specie prevalentemente autogame come il frumento, coltivate prima che Mendel ponesse le basi scientifiche per la nascita della genetica e, quindi, del miglioramento genetico come scienza applicata, erano quindi rappresentate dalle cosiddette **landraces**, popolazioni naturali introdotte in coltivazione e, in quanto tali, caratterizzate da un ottimo adattamento all'ambiente in cui venivano coltivate. Da un punto di vista genetico, queste popolazioni erano costituite da qualcosa di più complesso che non un semplice miscuglio di linee pure diverse, considerata la presenza di una quota variabile di incrocio ed il vantaggio selettivo degli eterozigoti. Le landraces rappresentarono l'unico tipo di cultivar fino a circa 150-180 anni fa e vennero sostituite da cultivar basate su singole linee pure quando gli agricoltori più evoluti iniziarono ad isolarne i singoli componenti, costituendo le prime varietà a stretta base genetica. Anche se mancano prove evidenti, è lecito supporre che queste nuove varietà fossero superiori alle landraces che le avevano precedute, dal momento che esse rimpiazzarono le landraces già alla fine del diciannovesimo secolo in tutti i settori più tecnologicamente avanzati dell'agricoltura. Le landraces persistettero, sebbene le superfici ad esse destinate andassero via via riducendosi, nelle zone più remote dei paesi temperati del Nord e, in misura maggiore, nelle aree tropicali. In queste aree, molte popolazioni coltivate di riso, sorgo e leguminose sono ancora di questo tipo, seppure stiano rapidamente scomparendo.

La sostituzione delle landraces con varietà basate sulla singola linea pura, l'unico tipo di cultivar oggi utilizzato per il frumento, fu indotta e giustificata dalle nuove esigenze di un ambiente agricolo e di un mercato in rapida evoluzione. La maggiore uniformità genetica (un unico genotipo altamente omozigote) delle varietà basate sulla singola linea pura rispetto alle vecchie landraces, comportava infatti una maggiore uniformità fenotipica, vantaggiosa per lo svolgimento delle comuni pratiche agricole in una agricoltura in cui il ricorso alla meccanizzazione era sempre più spinto. Semi e piante uniformi agevolano infatti la meccanizzazione di operazioni come la semina e la raccolta, e la sincronia nella fenologia rende più efficace e sicura l'applicazione di diserbanti, pesticidi e fertilizzanti.

La maggiore uniformità contribuisce inoltre ad aumentare il valore del prodotto, sia di quello conferito direttamente ad un consumatore, che premia anche l'aspetto estetico del quale l'uniformità è parte integrante, sia di quello destinato all'industria di trasformazione, per la quale un prodotto uniforme significa in genere un più efficiente utilizzo delle macchine e minori scarti.

L'uniformità è infine una qualità da un punto di vista legale, nata dall'esigenza di poter distinguere inequivocabilmente tra le cultivar, nel momento in cui esiste una legislazione atta a garantire e difendere i

diritti economici dei costitutori. Una varietà “moderna” deve infatti rispondere per legge ai requisiti di *distinguibilità, uniformità, stabilità e valore agronomico superiore*. In conclusione, il bisogno di uniformità è complesso e variabile: ha aspetti produttivi, di qualità, estetici e legali.

Il progresso varietale di tutte le piante coltivate ha perciò portato ad una uniformità sempre più spinta delle nuove costituzioni, non solo nelle specie prevalentemente autogame, ma anche in quelle prevalentemente allogame, per le quali la maggiore uniformità è uno dei motivi alla base della produzione di varietà ibride. Oggi le varietà locali sono ancora utilizzate in agricolture di sussistenza che non prevedano grandi impieghi di mezzi tecnici e che abbiano come obiettivo quello di ottenere produzioni piuttosto stabili, anche se non particolarmente elevate. In periodi diversi per le diverse colture e nei diversi Paesi, l'agricoltura tradizionale comincia a cedere il passo a forme di agricoltura più evolute nel momento in cui si realizza la sostituzione delle varietà locali con quelle migliorate. Nasce così il cosiddetto *fenomeno varietale* che innesca quel processo per il quale le nuove varietà richiedono tecniche agronomiche più avanzate e queste reclamano nuove e migliori varietà, in un processo ciclico che porta ad un continuo e progressivo aumento della produzione unitaria delle colture e ad una più alta redditività dei fattori impiegati in agricoltura. Il miglioramento genetico riveste in questo processo un ruolo trainante. Il fenomeno varietale non è stato contemporaneo nei diversi Paesi, né per colture differenti all'interno dello stesso Paese. Per l'Italia la nascita del fenomeno varietale si colloca negli anni '20 per il frumento, negli anni '50 per il mais e negli anni '70 per l'orzo (Lorenzetti, 2000).

All'eccessiva uniformità sono associati anche aspetti negativi, soprattutto per quanto riguarda l'impatto di stress biotici ed abiotici, e l'erosione genetica.

Le piante selvatiche raramente sono soggette ad attacchi epidemici da parte dei vari patogeni. Ospiti e patogeni sopravvivono insieme in un equilibrio complesso che non vede nessuno dominare, grazie fondamentalmente alla eterogeneità genetica delle popolazioni naturali ed alla discontinuità nella distribuzione spaziale. Anche le agricolture primitive erano e sono caratterizzate da variabilità genetica e complessità spaziale, ed anche in questo caso gli attacchi epidemici sono rari. Le agricolture evolute, al contrario, oltre a restringere la base genetica delle popolazioni coltivate, diffondono queste popolazioni geneticamente omogenee su aree estese, creando al contempo degli habitat profondamente alterati sia per i patogeni che per l'ospite. In queste condizioni, lo sviluppo epidemico delle malattie è favorito, come dimostrano numerosi esempi tra i quali l'epidemia di *Helminthosporium maydis* sugli ibridi di mais in cui la maschiosterilità era stata introdotta attraverso il citoplasma suscettibile “Texas”.

La disponibilità di una adeguata riserva di variabilità genetica, sotto forma di genitori geneticamente differenziati da includere nei programmi di miglioramento, condiziona fortemente il successo del miglioramento genetico nel lungo periodo. Ma il miglioramento efficace tende a sostituire le vecchie varietà geneticamente eterogenee con nuove varietà geneticamente omogenee che sono in numero tanto più ridotto quanto più sono buone e adattate. Questo processo, che comporta l'affermarsi di poche varietà e la scomparsa dalla coltivazione, in modo definitivo, delle popolazioni locali, prende il nome di **erosione genetica**. Ciò che è cambiato, cioè, nella transizione dal Neolitico al miglioramento genetico scientifico non è solo la natura della selezione, ma la natura ed il range della variabilità genetica (Frankel, 1970). La base genetica ristretta per ciascuna specie e zona potrebbe condurre ad un rallentato progresso del miglioramento o alle suddette crisi patologiche e, a livello mondiale, alla diminuzione della variabilità

genetica disponibile per far fronte a futuri cambiamenti della situazione biologica, climatica e socio-economica.

Un lavoro accurato di esplorazione, collezione e conservazione della variabilità genetica presente nelle popolazioni vegetali locali è quindi oggi irrinunciabile per due motivi :

- raccogliere materiali interessanti per il lavoro di miglioramento ;
- raccogliere materiali che sono in pericolo di estinzione.

Il primo tipo di lavoro, che è necessario per i centri di ricerca pubblici e privati, è curato in modo capillare dai diretti interessati; il secondo tipo di lavoro è invece più squisitamente politico perché ha lo scopo di salvare materiali utili per l'umanità di domani. Di quest'ultimo si sono fatti carico organismi che sono emanazione delle Nazioni Unite, come la FAO, che ha promosso l'organizzazione di centri internazionali di raccolta. Il coordinamento dei programmi di salvaguardia delle risorse genetiche vegetali internazionali è gestito dall'IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), appositamente istituito nel 1974. In molti Paesi operano inoltre strutture nazionali di conservazione del germoplasma.

Le collezioni di germoplasma

La conservazione del germoplasma può avvenire *in situ* o *ex situ*. La conservazione *in situ* prevede di conservare specie e popolazioni nei loro *habitat* naturali, in modo che possano continuare ad evolversi durante la conservazione come risposta alle pressioni selettive naturali. La conservazione *ex situ* consiste invece nel collezionare e conservare germoplasma in apposite banche genomiche ed in collezioni. Il numero di banche genomiche e di collezioni nel mondo e le dimensioni delle collezioni *ex situ* crebbero notevolmente tra i primi anni '70 e la fine degli anni '80, in risposta alla crescente consapevolezza delle minacce alla variabilità genetica vegetale. Attualmente esistono più di 1300 collezioni *ex situ* registrate nel database WIEWS (World Information and Early Warning System), per un totale di circa 6,1 milioni di accessioni. Le collezioni variano per quanto riguarda gli scopi che si prefiggono, la specie, la variabilità genetica, il tipo di accessioni e l'origine dei materiali. Esistono tre categorie concettuali di collezioni *ex situ*: di base, attive e duplicate, i cui scopi sono differenti. Nelle collezioni di base lo scopo principale è la conservazione nel lungo periodo. Le collezioni duplicate contengono tutte le accessioni di quelle di base ma in minori quantità, in luoghi geograficamente distanti da quelle di base per far fronte ad eventuali perdite della collezione di base. Nelle collezioni attive o di lavoro, la conservazione è a medio termine e lo scopo principale è quello di valutare ed utilizzare i materiali per il miglioramento e/o per la ricerca. Questi materiali possono essere utilizzati da chiunque ne faccia richiesta. I miglioratori, infine, creano spesso delle proprie collezioni, il cui scopo è quello di conservare i materiali necessari al loro lavoro di miglioramento.

Per quanto concerne le specie conservate nelle collezioni, i dati della FAO del 1996 indicano che il 48% di tutte le accessioni delle collezioni *ex situ* è rappresentato da cereali, seguiti da leguminose (16%), foraggiere (10%), ortive (8%), fruttiferi e radici e tuberi (4% ciascuna), colture da fibra e da olio (2% ciascuna), altre (6%). Più del 60% del germoplasma mondiale è conservato in Europa ed Asia, il 26% nel continente americano. Il 48% delle accessioni note è costituito da cultivar moderne o linee inserite in programmi di miglioramento, il 36% sono landraces o vecchie cultivar, e circa il 15% sono piante selvatiche o progenitori

delle specie coltivate. Dal momento che non c'è mai stato un sistematico lavoro di catalogazione delle risorse genetiche vegetali, è impossibile dire quanto le attuali collezioni *ex situ* siano rappresentative del totale della variabilità genetica esistente *in situ*. Senz'altro, le collezioni di cereali sono in questo senso più complete e rappresentative di quelle di fruttiferi, ortive (con l'eccezione del pomodoro e della patata), leguminose ecc.

E' generalmente accettato che la conservazione *in situ* sia quella da preferire, quando possibile, dal momento che non blocca l'evoluzione (Heywood, 1993). Oggi la conservazione della biodiversità *in situ* è virtualmente equivalente alla protezione di aree confinate, con minimo disturbo da parte dell'uomo. Questo approccio ha delle severe limitazioni ed il futuro di molte di tali 'riserve' *in situ* diventa sempre meno sicuro in relazione alla contemporanea evoluzione biogeografia, sociale e politica dei Paesi che ospitano queste collezioni. Si distinguono diversi tipi di conservazione *in situ*:

a) **conservazione della biodiversità in aree protette** (parchi nazionali, riserve). In questo caso lo scopo non è salvaguardare una particolare specie o popolazione vegetale, ma l'integrità della zona delimitata intesa come campione di un ecosistema efficiente. Non esiste perciò alcuna garanzia che una particolare specie venga adeguatamente conservata, ma è possibile perdere singole specie o popolazioni

b) **conservazione di particolari specie in aree protette**, che dipenderà dalle pratiche attuate per la conservazione. Il mantenimento del sito nelle sue condizioni naturali, infatti, non garantisce la conservazione di una particolare specie e delle sue popolazioni. E' invece necessario un pianificato e sistematico lavoro di gestione che consenta di non perdere variabilità genetica

c) **conservazione di una particolare specie in 'frammenti' di *habitat***. Alcune specie sono sopravvissute fino ad oggi ridotte a piccole popolazioni confinate a frammenti di particolari ecosistemi. La flora delle isole ad esempio è particolarmente vulnerabile alla perdita di *habitat* o alla loro frammentazione. In tali circostanze esistono rischi notevoli che i pochi individui rimasti non sopravvivano in condizioni naturali, per cui viene solitamente intrapreso un lavoro di conservazione sia *in* che *ex situ*.

Caratterizzazione delle collezioni

E' ormai ampiamente accettato che un passo essenziale e preliminare alla utilizzazione delle collezioni sia la loro valutazione e caratterizzazione: più informazioni esistono sui materiali in collezione, maggiore è la possibilità di utilizzazione e quindi il valore di una collezione. Esiste un generale consenso riguardo alle categorie di risorse genetiche vegetali che dovrebbero essere conservate e valutate: le attuali cultivar altamente produttive, cultivar ormai obsolete, landraces, progenitori selvatici delle specie coltivate e particolari stock genetici e citogenetici. In quest'ultimo gruppo possono essere incluse linee in fasi avanzate di programmi di miglioramento, ma anche piante transgeniche mai registrate come cultivar, anche se alcuni autori propongono di confinare questi materiali in una categoria a parte (Dencic, 1999).

I 'descrittori', ossia i caratteri identificabili e misurabili di una accessione, che vengono tradizionalmente rilevati per valutare, selezionare ed usare le collezioni sono:

- la resistenza a stress biotici
- l'adattamento e la resistenza a stress abiotici
- la quantità e qualità della produzione

A questi dati si accompagnano informazioni riguardanti il nome, il luogo di sviluppo o di raccolta, le caratteristiche morfologiche. La scelta dei descrittori durante la creazione di un database che descriva una collezione, determinerà non solo le dimensioni del database, ma anche l'utilità del database per gli utilizzatori. L'IPGRI ha pubblicato una lista di oltre 60 descrittori, specifici per le diverse colture (Perry e Ayad, 1995) e distinti in due categorie:

descrittori di caratterizzazione: consentono una facile e rapida discriminazione tra i fenotipi. Sono in genere caratteri ad elevata ereditabilità;

descrittori di valutazione: caratteri normalmente a bassa ereditabilità, ma utili per il miglioramento genetico, come la resa, la performance agronomica, la suscettibilità agli stress, particolari caratteri biochimici e citologici.

Nel caso del frumento, l' EWDB (European Wheat Data Base) ha stabilito la seguente lista minima integrata (descrizione e valutazione) di descrittori:

- *habitus* di crescita
- attributo principale (il carattere più utile per quella particolare accessione)
- utilizzazione principale
- descrittori morfologici (presenza/assenza di reste, colore del pericarpo, densità della spiga)
- caratteristiche citologiche e geni identificati (traslocazioni *1B/1R*, geni *Rht*)
- pattern elettroforetico (subunità gluteniniche, gliadine)
- altezza della pianta
- contenuto proteico
- peso di 1000 'semi'
- livello di resa
- allettamento
- suscettibilità al freddo
- suscettibilità agli stress biotici

L'uso di liste di descrittori, messe a punto da gruppi di esperti del settore, garantisce l'uniformità delle valutazioni quando i dati vengono scambiati.

Il miglioramento genetico del frumento duro in Italia

All'inizio del XX secolo erano presenti in Italia un gran numero di popolazioni locali di frumenti tetraploidi, prevalentemente coltivate nel Centro, nel Sud e nelle Isole, e prevalentemente destinate alla produzione di pani tipici locali o di minestre. Il *Triticum turgidum* subsp. *durum*, usato anche per la produzione di paste tipiche, era diffuso nelle aree aride e semiaride, mentre in aree ristrette, collinose o montagnose, venivano coltivati anche il *T.turgidum* subsp. *turgidum* ed il *T. turgidum* subsp *dicoccum* (farro, emmer), spesso insieme al diploide *T. monococcum* (einkorn) e all'esaploide *T.aestivum* subsp. *spelta*, per pane e minestre. Fu solo nella prima metà del XX secolo che l'utilizzazione di base delle due specie, duro e tenero, si differenziò più nettamente: duro per la pastificazione, tenero per il panificazione (Bozzini et al., 1998).

Le landraces o popolazioni locali (1800-1920)

Dalla fine del 1800 fino al 1920 circa, la coltivazione del frumento duro in Italia era basata sull'uso di un gran numero di popolazioni locali o landraces, che rappresentavano in quel periodo l'unico germoplasma disponibile. Particolarmente ricche di popolazioni locali erano la Sicilia, la Sardegna, la Puglia, la Basilicata e la Calabria. Nel 1927 Emanuele De Cillis le descrisse in un volume dal titolo 'I grani d'Italia', distinguendole per epoca di semina, precocità e zona di diffusione. Le più conosciute e diffuse sono riportate nella tabella 3. A queste popolazioni locali si aggiungevano alcune popolazioni nordafricane quali il **Bidi**, varietà di origine tunisina di media precocità, il **Tripolino**, precoce, ed il **Mahmoudi**.

La superficie complessiva destinata a frumento duro era in questo periodo di circa 1,29 milioni di ha (De Cillis, 1927), pari al 27% della superficie totale destinata al frumento, e Sicilia e Sardegna erano le regioni con la maggiore superficie, pari rispettivamente a 632.000 e 158.000 ha.

Le popolazioni più diffuse in Italia (De Cillis, 1927) erano :

- il gruppo delle Saragolle (4 entità)	200.000 ha
- il gruppo delle Russie (2 entità)	174.000 ha
- il Realforte	83.000 ha
- la Sammartinara	105.000 ha

In Sardegna la varietà più diffusa era il **Trigu murre**, che da solo occupava una superficie superiore a quella di tutte le altre popolazioni messe insieme.

La fertilizzazione del terreno era in genere affidata alle cosiddette 'colture miglioratrici da rinnovo', e gli avvicendamenti rappresentavano l'aspetto più importante della tecnica agronomica. Sia in Sicilia che in Sardegna prevalevano gli avvicendamenti discontinui, ossia quelli in cui era previsto il maggese, e la concimazione diretta in genere non veniva praticata. In Sicilia il rinnovo poteva essere costituito da fava, cece o, più raramente, da cotone, pomodoro o carciofo, il reingrano era meno diffuso che in altre regioni meridionali, e le lavorazioni erano piuttosto superficiali. In Sardegna il rinnovo, non sempre praticato, era rappresentato da fava, cece, cicerchia, ed il riposo pascolativo entrava quasi sempre negli avvicendamenti per un numero variabile di anni. Le lavorazioni per il rinnovo venivano realizzate alla profondità di 15-20 cm.

Solo una minima parte di questi materiali è sopravvissuta fino ad oggi, e tra quelli reperibili esistono notevoli incertezze riguardo alla corrispondenza con le descrizioni di De Cillis (1927, 1942). Boggini et al. (1987), lavorando su 24 vecchie varietà siciliane, trovarono che alcune erano composte, come atteso, da due o più linee diverse l'una dall'altra, altre avevano un fenotipo differente da quello descritto da De Cillis (1942), in altre ancora il fenotipo originale era presente solo in alcune linee, ed, infine, delle linee acquisite come varietà diverse erano in realtà indistinguibili. A questi problemi hanno senz'altro contribuito da un lato la frequente confusione riguardo le denominazioni, che vedeva popolazioni diverse indicate dagli agricoltori con lo stesso nome, così come popolazioni uguali indicate con nomi diversi nelle diverse zone di coltivazione, dall'altro tecniche di conservazione del germoplasma non sempre adeguate, in particolare per quanto riguarda l'esiguità dei materiali conservati, non sufficienti a garantire la presenza, nel campione, di tutte le linee presenti nella popolazione originaria.

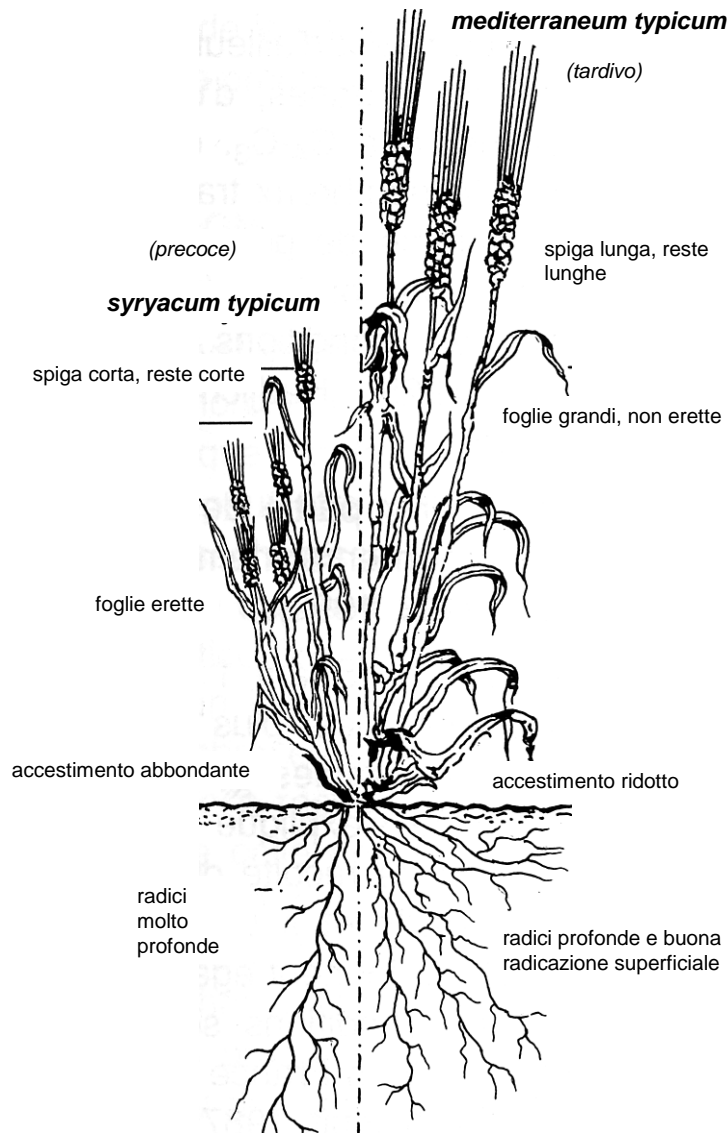
Tabella 3. Principali landraces di frumento duro coltivate in Italia fino agli anni '20

Nome	Diffusione	Produttività media (t ha⁻¹)	Resistenza alle ruggini	Accestimento
Popolazioni a semina autunnale, tardive				
<i>Rossia</i>	Calabria, Basilicata	1,2	media	medio
<i>Biancuccia</i>	Sicilia	1,1	elevata	medio
<i>Sicilianu</i>	Sardegna	1,0	media	medio
<i>Saragolla siciliana</i>	Campania	1,1	media	medio
<i>Trigu arrubbiu</i>	Sardegna	1,3	media	elevato
<i>Biancale o Trigu biancu</i>	Sardegna	0,9	media	medio
Popolazioni a semina autunnale, media precocità				
<i>Saragolla o Duro di Puglia</i>	Campania, Puglia, Basilicata, Abruzzo, Molise, Lazio	0,8-1,6	elevata	medio
<i>Realforte</i>	Sicilia	1,2-1,4	elevata	elevato
<i>Sammartinara</i>	Sicilia	1,0	bassa	medio
<i>Russello</i>	Sicilia	1,2	elevata	scarso
<i>Scorzonera</i>	Sicilia	1,1	elevata	elevato
<i>Trigu murre</i>	Sardegna	1,1-1,2	elevata	elevato
Popolazioni a semina autunnale, precoci				
<i>Ruscia</i>	Sicilia	1,0	bassa	medio
<i>Gigante</i>	Sicilia	1,1	media	elevato
Popolazioni a semina primaverile				
<i>Triminia</i>	Sicilia, Puglia	1,2-1,3	media	scarso
<i>Rusticanu</i>	Sardegna	0,8	elevata	medio

Il primo periodo del miglioramento: selezione genealogica da popolazioni locali ed esotiche (1920-1950)

Questa fase del miglioramento genetico durò circa un trentennio, dagli anni '20 agli anni '50, e consistette quasi esclusivamente nella selezione genealogica di singole linee pure dalle landraces precedentemente coltivate, non solo italiane, ma anche siro-palestinesi e nord-africane (dopo il 1912, soprattutto libiche, come conseguenza della fine della guerra tra l'Italia e l'Impero ottomano). L'unica eccezione rispetto alla selezione genealogica in questo periodo è rappresentata da Garigliano, ottenuto da Strampelli nel 1926 con

Figura 6. Rappresentazione schematica dei frumenti duri del gruppo *syriacum typicum* e *mediterraneum typicum* (modificato da Ali Dib et al., 1992)



notevole anticipo rispetto agli altri costitutori, attraverso ibridazione intraspecifica seguita da selezione. Pressoché tutto il materiale presente in questo momento in Italia risultava appartenente ai due gruppi (o sottospecie o sezioni) individuati da Grignac (1965) all'interno del germoplasma di frumento duro della zona del Mediterraneo: il gruppo *mediterraneum typicum* e quello *syriacum typicum* (Bozzini, 1970).

I due gruppi sono caratterizzati da marcate differenze biomorfologiche da considerare come risposte adattative alle diverse condizioni climatiche delle rispettive zone di origine, e riconducibili alla minore altezza,

maggior precocità, maggior accostamento e minore lunghezza delle reste del tipo *syriacum* rispetto a quello *mediterraneum* (figura 6).

I miglioratori più attivi in questo periodo furono Ugo De Cillis (figlio di Emanuele, precedentemente menzionato come Autore de 'I grani d'Italia') che lavorò in quegli anni alla Stazione Sperimentale di Granicoltura per la Sicilia di Catania insieme a Felice Casale e Giuseppe Conti (impegnato nel precedente ventennio alla Stazione Agraria Sperimentale di Bari), nonché il notissimo Nazareno Strampelli (Foggia), protagonista a livello mondiale del miglioramento genetico del frumento tenero.

Le varietà più diffuse prodotte dai diversi miglioratori in questo periodo sono riportate nella tabella 4.

La cultivar **Senatore Cappelli**, rilasciata nel 1915 e ancora coltivata dopo quasi 90 anni, fu senz'altro la costituzione più importante di questo periodo, in cui arrivò a coprire fino al 60% della superficie italiana a frumento duro, per estendersi in seguito anche in altri paesi del Mediterraneo (Turchia e Spagna). L'origine di Cappelli viene fatta risalire alla popolazione nord-africana Jean Retifah che, secondo De Cillis (1927), non era in realtà diversa dalla varietà di origine tunisina Bidi importata dal Prof. Tucci in Sicilia. La cultivar Senatore Cappelli era caratterizzata da un'ampia adattabilità, un maggior numero di cariossidi per spiga (33-42) e per spighetta (1,8-2,2) (Porceddu, 1987) rispetto alle precedenti popolazioni locali, ma soprattutto da un'ottima qualità della semola. I principali difetti erano per contro rappresentati da una notevole suscettibilità all'allettamento ed alle ruggini. Tipica rappresentante della sezione *mediterranea*, era alta e con epoca di maturazione mediamente tardiva. In questo periodo il successo del S. Cappelli fece sì che la superficie destinata a questa cultivar divenisse superiore a quella occupata complessivamente da tutte le altre. Prove quindicennali (1922-36) istituite da Strampelli a Foggia riportano una resa media parcellare di S. Cappelli di circa 2,6 t ha⁻¹. In pieno campo, Maliani (1998) valuta un incremento nelle rese da 0,9 a 1,2 t ha⁻¹ nel passare dalle landraces a S. Cappelli. Il successo di questa cultivar fece sì che fosse in seguito ampiamente utilizzata per il miglioramento genetico, tanto che più dell'80% delle cultivar italiane registrate entro il 1987 avevano Cappelli nel loro pedigree (Boggini et al., 1987).

Tabella 4. Cultivar di frumento duro basate sulla singola linea pura costituite in Italia tra gli anni '20 e gli anni '50 per selezione genealogica da landraces (eccezione Garigliano)

Costitutore	Cultivar	Origine
Strampelli (1866-1941)	<i>Senatore Cappelli</i>	Cultivar nord-africana Jean Retifah
	<i>Aziziah 17-45</i>	Cultivar Aziziah, libica ma di origini palestinesi, quindi appartenente alla sez. <i>syriaca</i>
	<i>Tripolino</i>	Sinonimo, secondo De Cillis, di Aziziah
	<i>Duro di Puglia</i>	Sinonimo, secondo De Cillis, di Saragolla
	<i>Dauno</i> <i>Garigliano</i>	Gruppo di cultivar originate da un incrocio tra genitori sconosciuti Tripolino x Cappelli
U. De Cillis (1901-1984)	<i>Timilia S.1</i>	Omonima popolazione locale
	<i>Russello S.97</i>	Omonima popolazione locale
Conti (1889-1966)	<i>Aziziah 301 e 302</i>	Cultivar Aziziah, libica ma di origini palestinesi, quindi appartenente alla sez. <i>syriaca</i>
	<i>Russello 329</i>	Omonima popolazione locale
	<i>Russello S.G.7</i>	Omonima popolazione locale ⁽¹⁾
	<i>Triminia 284</i>	Omonima popolazione locale
Barbieri (1911-1975)	<i>Biancale</i>	Trigu biancu
Casale (1902-1972)	<i>Eti 6</i>	Popolazione nord-africana, ma appartenente alla sez. <i>syriaca</i>

⁽¹⁾ D'Amato (1989) indica il *Taganrog*, una varietà russa, come popolazione dalla quale sarebbe stato estratto il *Russello S.G.7*, e De Cillis (1964) lo segnala come unico appartenente alla sezione europea, diffusa nei Balcani, nella Russia sud-occidentale, nell'Anatolia e successivamente nel Nord America. Tale origine del *Russello*, peraltro non supportata da altri riferimenti bibliografici, sembra non essere plausibile considerata la notevole diversità biomorfologica tra *Taganrog* e *Russello*.

Le **Aziziah**, date le origini palestinesi della varietà nord-africana Aziziah da cui vennero estratte (Iannelli & Pezzali, 1976), appartenevano alla sezione *syriaca* (Grignac, 1965) ed erano, quindi, caratterizzate un'altezza inferiore a 1,2 m, cui erano associate una maggiore precocità, un più basso rapporto paglia/granella (inferiore a 1 malgrado le spighe più corte), una resa per spiga superiore ai 2,5 g. Avevano una fertilità minore di Cappelli (30-31 cariossidi per spiga e 1,3-1,8 per spighetta) e venivano coltivate quasi esclusivamente nelle isole, dove nel 1956 occupavano una superficie di 23.000 ha.

I **Russello** erano tardivi e quindi suscettibili alla stretta, molto alti e poco produttivi, con un elevato peso delle cariossidi ed una produzione di paglia che superava del 50% quella del seme (Porceddu, 1987).

Garigliano, 3-4 giorni più precoce di Cappelli (D'Amato, 1989), era diffuso soprattutto in Sicilia, mentre il **gruppo dei Dauno**, di cui faceva parte il Dauno III, era particolarmente diffuso in Sardegna dove occupava, nel 1946, una superficie di circa 52.000 ha.

Queste nuove costituzioni, in particolare il S.Cappelli, soppiantarono ben presto le vecchie popolazioni locali, tanto che all'inizio degli anni '50 la superficie italiana a frumento duro era destinata per 660.000 ha a S.Cappelli, per circa 90.000 ha a Russello, e per circa 47.000 ha ciascuno a Russello e Dauno (dati ISTAT).

Le modeste densità di semina e la limitata fertilità del terreno cooperarono per lungo tempo a non rendere grave il problema dell'allettamento associato all'elevata statura di queste cultivar. Inoltre la quantità di concimi utilizzati era decisamente bassa, soprattutto nel periodo immediatamente successivo alla guerra, periodo per il quale Rivoira et al. (1987) stimano una quantità di concimi utilizzati pari a 4,0 kg ha⁻¹ di N₂, 7,8 di P₂O₅ e 0,5 di K₂O, riferiti alla superficie agraria totale di 21 milioni di ha circa.

La superficie mediamente destinata a frumento duro in Italia in questo periodo passò da 1,2 milioni di ha nel quinquennio 1926-30, a 1,4-1,5 nei quindici anni successivi, per scendere nuovamente intorno a 1,3 milioni di ha alla fine degli anni '40 (tabella 5). Per quanto riguarda la distribuzione regionale, mentre negli anni '20 la coltura del frumento duro non superava i limiti dell'Italia centrale (Abruzzo, Molise e Lazio le regioni più a nord), alla fine degli anni'40 apparvero nell'Italia centrale, accanto al Lazio, la cui superficie a duro era raddoppiata, coltivazioni di duro anche in Toscana, nelle Marche e in Umbria, rispettivamente su 8 mila, 900 e quasi 5 mila ettari (Iannelli e Pezzali, 1976).

Tabella 5. *Evoluzione delle rese e delle superfici per il frumento duro in Italia dal 1926 al 2000. Medie quinquennali (dati ISTAT)*

Quinquennio	Resa (t ha ⁻¹)	Superficie (milioni ha)	Produzione milioni di t
1926-30	0.98	1.2	1.16
1931-35	1.13	1.4	1.54
1936-40	1.21	1.5	1.82
1941-45	0.85	1.5	1.26
1946-50	0.92	1.3	1.24
1951-55	1.12	1.4	1.54
1956-60	1.09	1.4	1.50
1961-65	1.29	1.3	1.73
1966-70	1.62	1.4	2.34
1971-75	1.94	1.6	3.04
1976-80	1.92	1.6	3.07
1981-85	2.05	1.7	3.56
1986-90	2.19	1.8	3.98
1991-95	2.92	1.5	4.49
1996-00	2.73	1.6	4.50

In seguito alla 'battaglia del grano', negli anni '30 e nonostante i maggiori sforzi dedicati al frumento tenero, si passò da una resa media di campo di 0,9 t ha⁻¹ negli anni '20, a 1,2 t ha⁻¹ nella seconda metà degli anni '30.

Negli anni '40 la guerra riportò le rese ai livelli degli anni '20. Questo dovrebbe significare che, probabilmente, la componente agronomica era in quel periodo più importante di quella genetica nel determinare le rese (Bozzini et al., 1998).

Alla fine della guerra, la produzione di grano duro in Italia era quantitativamente e qualitativamente insufficiente e concentrata, sia per ragioni economico-sociali che pedoclimatiche, esclusivamente nelle regioni meridionali, di norma in terreni piuttosto poveri. Le conseguenti rese limitate non stimolavano gli investimenti e le industrie molitorie e di pastificazione risolvevano i problemi di approvvigionamento miscelando i grani locali con grano duro americano, canadese o argentino come il Candeal-Taganrog, probabilmente una selezione della popolazione russa originaria, giallastro e con glutine tenace (Bianchi e Boggini, 1998).

Il secondo periodo: selezione dalle popolazioni segreganti ottenute per ibridazione controllata di frumenti duri della zona del Mediterraneo (1950-metà anni '60)

Questa fase del miglioramento, che interessò gli anni '50 e '60, fu caratterizzata dal ricorso ad incroci tra linee della sezione *mediterranea*, di provenienza nord-africana (essenzialmente S.Cappelli), e linee della sezione *syriaca* (Aziziah, Eiti, Sinai, Tripolino), più precoci e più basse, per la creazione di variabilità entro cui selezionare. Il precursore di questo nuovo corso del miglioramento genetico fu nuovamente Strampelli che, già nel 1927, aveva costituito la cultivar Garigliano in seguito all'incrocio tra S.Cappelli e Tripolino. Più tardi vennero costituite una serie di altre cultivar, tra le quali le più importanti e diffuse sono riportate nella tabella 6.

Se non si considera Garigliano, l'incrocio tra tipi mediterranei e tipi siriaci ebbe in generale l'effetto di portare la taglia al di sotto dei 120 cm migliorando la resistenza all'allettamento, di aumentare la precocità e quindi diminuire l'incidenza della stretta, di far scendere il rapporto 'paglia: granella' al di sotto dell'unità (tabella 7).

Tabella 6. *Cultivar di frumento duro selezionate in Italia tra gli anni '40 e la prima metà degli anni '60 dalle popolazioni segreganti ottenute in seguito ad ibridazioni intraspecifiche*

cultivar	incrocio	costitutore
<i>Capeiti 8</i>	Eiti 6 x Cappelli	Casale (1955)
<i>Patrizio 6</i>	Eiti 6 x Cappelli	Casale (1955)
<i>Casale 92</i>	Azizia x Cappelli	Casale
<i>Sincape 9</i>	Sinai x Cappelli	De Cillis U. (1963)
<i>Grifoni 235</i> <i>o B52</i>	incrocio spontaneo S.Cappelli x frumento sconosciuto (Grifoni 1955), forse Aziziah (D'Amato, 1989)	Grifoni (1955)

Solo Aziziah, data la sua appartenenza alla sezione *syriaca*, aveva un rapporto 'paglia: granella' inferiore a 1 tra le cultivar del gruppo precedente. Dai dati riportati nella tabella 7 sembrerebbe anche evidente una riduzione nella lunghezza della spiga rispetto a S.Cappelli, accompagnata però da una maggiore produzione di granella per spiga.

Secondo Bozzini (1970), **Capeiti 8** e **Patrizio 6** hanno rappresentato il vero progresso varietale in circa quarant'anni di storia del frumento duro (dal 1915 al 1955), tanto da essere responsabili dell'inizio del declino del S. Cappelli, a metà degli anni '60. Queste cultivar, praticamente indistinguibili tra loro, superavano ampiamente in resa le precedenti cultivar, ed erano più produttive, più precoci e più resistenti all'allettamento di S.Cappelli. L'ampia diffusione, anche all'estero, di Capeiti 8, fece sì che venisse inserito come testimone accanto a S. Cappelli in numerose indagini, rendendo disponibili numerosi dati.

Tabella 7. Confronto tra le nuove costituzioni *Capeiti 8* e *B52* e le precedenti cultivar coltivate in Sicilia (da Caruso e Majo, 1964)

Varietà	Granella per spiga (g)	Altezza (cm)	Resistenza allettamento	Resistenza stretta	Rapporto paglia: granella	P1000 semi (g)	Lunghezza spiga (mm)
<i>Dauno III</i>	2,52	145	scarsa	media	1,49	48,6	65,8
<i>Realforte</i>	2,31	127	scarsa	scarsa	1,44	50,5	62,0
<i>Aziziah</i>	2,47	119	elevata	elevata	0,96	44,1	68,3
<i>Russello</i>	1,94	153	scarsa	media	1,46	44,1	56,4
<i>S.Cappelli</i>	2,41	139	media	media	1,40	47,0	79,2
<i>Garigliano</i>	2,22	122	media	media	1,20	44,9	71,3
<i>Capeiti 8</i>	2,87	114	elevata	elevata	0,98	45,7	67,8
<i>B52</i>	2,97	118	media	elevata	0,96	41,0	67,2

Rivoira et al. (1987) riportano, per il decennio 1955-65, rese parcellari del *Capeiti 8* leggermente superiori a quelle del *Cappelli* sia al Centro (3,7 vs 3,4 t ha⁻¹) che al Sud (2,8 vs 2,6 t ha⁻¹ su un totale di 101 prove per *S.Cappelli* e 75 per *Capeiti 8*).

Alla maggiore precocità in spigatura e maturazione di *Capeiti 8* corrispondeva una minore proporzione della paglia e quindi una maggiore quota di assimilati destinati alle cariossidi, ed un più lungo periodo di granigione rispetto a *S.Cappelli*, documentati da un confronto a livello internazionale tra le due cultivar curato dalla FAO-IAES per tre anni consecutivi in pressoché tutti i Paesi del bacino del Mediterraneo (Bogyo et al., 1969; Porceddu, 1987).

E' oramai assodato che una corretta fenologia è indispensabile per massimizzare sia la produzione di biomassa che l'HI, dal momento che consente di far coincidere i diversi stadi di sviluppo di una coltura con i periodi più favorevoli a livello di disponibilità di risorse ambientali. L'aumento di precocità ottenuto in *Capeiti 8* e nelle altre costituzioni di questo periodo attraverso l'incrocio con i frumenti della sezione *syriaca*, rappresenta l'inizio di un progressivo aumento della precocità del frumento duro perseguito attraverso il miglioramento genetico, che ha fatto sì che, attualmente, le cultivar italiane si presentino in genere più precoci rispetto alle altre cultivar di frumento duro coltivate nelle aree Mediterranee (Pecetti et al., 1996).

L'anticipo della spigatura e della fioritura non solo consente, come già accennato, l'allungamento del periodo di riempimento della cariosside, dato che eventuali differenze genotipiche nella data di maturazione non possono esprimersi a causa delle condizioni ambientali limitanti della tarda primavera, ma fa anche sì che la cariosside inizi a riempirsi in un periodo meno stressante sia da un punto di vista termico che idrico, rappresentando in questo senso un meccanismo di 'escape'.

L'altro importante passo avanti compiuto con le costituzioni varietali di questo periodo è rappresentato dalla riduzione in taglia che, apprezzata inizialmente soprattutto in relazione al suo effetto positivo sull'allettamento, comportò anche un primo aumento nell'harvest index (HI, indice di raccolta, rapporto tra peso della granella e peso totale), altro tema dominante nel miglioramento genetico del frumento duro. Dalle produzioni di paglia rilevate da Polano (1958), più basse nelle nuove costituzioni a causa della minore

altezza, è possibile calcolare l'HI, anche se il dato così ricavato è senz'altro sovrastimato a causa della assenza della pula dalla produzione di paglia. L'HI risulta superiore a 0,40 in Capeiti 8, Grifoni, Patrizio 6 e le Aziziah, mentre i valori più bassi sono quelli relativi a S. Cappelli (0,32) e Ruiu sicilianu (0,29), a fronte di una biomassa totale che varia da un minimo di circa 6,0 t ha⁻¹ nelle Aziziah ad un massimo di 102 nel Trigu sardu, con valori tra 80 e 9,0 t ha⁻¹ per le popolazioni e le selezioni genealogiche, e tra 6,5 e 8,0 t ha⁻¹ per le nuove costituzioni. L'aumento in HI di Capeiti 8 rispetto a S.Cappelli è confermato dai dati di Bogyo et al. (1969).

Molto peggiore rispetto al S. Cappelli era la qualità molitoria e pastificatoria, sia di Capeiti 8 che di Patrizio 6 (Vallega 1974), ulteriormente aggravata dall'estendersi della coltivazione del duro verso aree meno adeguate di quelle nelle quali era coltivato il S.Cappelli (Vallega e Zitelli, 1973). Oltre ad un peso della cariosside inferiore (Bogyo et al., 1969; Caruso e Majo, 1964; Polano, 1958), le nuove costituzioni mostravano infatti deficienze nella qualità plastica degli impasti (Iannelli e Pezzali, 1976) ed anche una maggiore attività lipossidasi (Bozzini, 1970), negativa per la colorazione ambrata della semola.

Il giudizio sintetico di un pastificatore sardo (Polano, 1958) indicava come ottima la qualità pastificatoria di Cappelli, Dauno, Russello e di quasi tutte le popolazioni locali, buona quella di Capeiti 8, mediocre quella di Garigliano.

La superficie italiana coltivata a frumento duro restò costantemente attestata, in questo decennio, intorno a 1,4 milioni di ha (tabella 5), con una distribuzione regionale in tutto simile a quella della fine del precedente periodo. Il tentativo di estendere la coltivazione del frumento duro in aree del Centro e del Nord ebbe infatti risultati spesso deludenti o discutibili, probabilmente perché le varietà disponibili erano state selezionate per gli ambienti meridionali (Bianchi e Boggini, 1998). Le rese fecero registrare un incremento, passando da una media di 0,92 t ha⁻¹, nel quinquennio 1946-50, a 1,12 t ha⁻¹ nel 1951-55 ed a 1,09 nel 1956-60 e 1,29 t ha⁻¹ nel quinquennio successivo (tabella 5). A tale aumento contribuì in parte il mutato panorama varietale, caratterizzato dall'inizio del declino di S.Cappelli e dal contemporaneo inizio della diffusione delle nuove costituzioni, Capeiti 8 in particolare. In base ai dati ISTAT, la superficie destinata al frumento duro negli anni '64-'65 era così ripartita: 518 mila ha S.Cappelli (-28 % rispetto alla sua massima espansione, in corrispondenza del periodo 1946-47), 260 mila ha Capeiti 8 (quasi otto volte la superficie del 1958-59), 109 mila ha B52, e meno di 100 mila ha ciascuno per Russello S.G.7, Garigliano, Patrizio e Dauno.

Il deterioramento nella qualità della semola, conseguente alla diffusione in coltura di Capeiti 8 e Patrizio, insieme alla incapacità delle cultivar di frumento duro allora disponibili di raggiungere produzioni elevate in terreni fertilizzati (Bonvicini, 1956) ed alla crescente necessità di ridurre le importazioni per l'industria pastaria, intensificò i programmi di miglioramento genetico da parte di costitutori sia pubblici che privati, avviando una nuova fase del miglioramento genetico.

Terzo periodo (metà anni '60-1973): introgressione di caratteri importanti attraverso incroci interspecifici (con altri frumenti tetraploidi e con frumenti esaploidi), uso della mutagenesi

A partire dagli anni '60 sono attivi nel miglioramento genetico del frumento duro Barbieri e Deidda in Sardegna, Ballatore in Sicilia, Iannelli e Grifoni in Puglia, mentre a Roma si costituiscono due gruppi: uno che ruota intorno a Scarascia-Mugnozza per l'applicazione della mutagenesi al miglioramento del frumento duro, l'altro con a capo Vallega e Zitelli, che si interessa di resistenza alle malattie e qualità della pasta. E'

dall'attività di questi costitutori che arrivano le nuove varietà che sostituiranno definitivamente S.Cappelli (tabella 8).

Il massiccio lavoro di ibridazione interspecifica che contraddistingue questa fase del miglioramento prese l'avvio dai lavori pionieristici di Forlani (1950).

L'ibridazione interspecifica con frumenti teneri venne utilizzata principalmente per ottenere frumenti duri con culmi più corti e robusti, o per aumentare il numero di fiori fertili per spighetta. Maliani (1968) ottenne in questo modo le cultivar di frumento duro **Forlani** (Villa Glori x *T.turgidum*) e **C.Jucci** (Forlani x Russello), poco diffuse in coltura.

T.dicoccum, *T.turgidum*, *T.sphaerococcum* ecc., vennero invece utilizzati da Alessandroni, Rusmini e Scalfati (1966) come fonte di resistenze a patogeni, al freddo ed all'allettamento, e per aumentare la fertilità della spiga, con la costituzione di varietà come **Lambro** e **Belfuggito**, caratterizzate da resa elevata e resistenza al freddo, ma anch'esse poco coltivate.

La mutagenesi venne utilizzata per il miglioramento del frumento duro da D'Amato, Scarascia Mugnozza, Bozzini, Bagnara e Mosconi presso il CNEN (Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, ora ENEA). Furono in questo modo costituite le cultivar della serie Castel: **Castelporziano** e **Castelfusano** (mutanti di Cappelli), **Casteldelmonte** (da Grifoni) e **Castelnuovo** (da Garigliano). Castelporziano differiva dal Cappelli per un singolo gene parzialmente dominante in grado di ridurre l'altezza del 34% (Bozzini e Scarascia Mugnozza, 1967) e rappresenta uno dei rari esempi di varietà prodotte direttamente per mutagenesi (Gale e Youssefian, 1985). L'allele responsabile della taglia ridotta in Castelporziano è perciò diverso dai geni *Rht* più utilizzati e pare avere effetti positivi sulla resa (Giorgi et al., 1984). Un confronto condotto da Bogyo et al. (1969) tra Capeiti 8 e Castelporziano indica che la riduzione in altezza non era associata, in questa cultivar, ad una riduzione nella produzione delle parti vegetative, che risultavano invece particolarmente vigorose e davano luogo ad un HI inferiore a quello del più alto Capeiti 8.

Tabella 8. *Cultivar costituite in Italia tra gli anni '60 e '70*

cultivar	Incrocio	costitutore
<i>Forlani</i>	Villa Glori x <i>T.turgidum</i>	Maliani (1968)
<i>C. Jucci</i>	Forlani x Russello	Maliani
<i>Castelporziano</i>	mutante di Cappelli	Scarascia Mugnozza (1968)
<i>Casteldelmonte</i>	mutante di Grifoni	Scarascia Mugnozza (1968)
<i>Ichnusa</i>	Biancale x Capeiti	Barbieri e Deidda (1968)
<i>Nuraghus</i>	Biancale x Patrizio	Barbieri e Deidda (1968)
<i>Maristella</i>	Dauno III x Capeiti 8	Barbieri e Deidda (1968)
<i>Trinakria</i>	B14 x Capeiti 8	Ballatore (1970)
<i>Hymera</i>	B14 x Capeiti 8	Ballatore (1970)
<i>Appulo</i>	(Cappelli x Grifoni 235)x Capeiti 8	Dionigi (1973)

L'ibridazione intraspecifica venne invece utilizzata da Barbieri e Deidda (1968) per la selezione di **Maristella**, **Nuragus**, **Ottava** e **Ichnusa**, adatte alle condizioni siccitose della Sardegna, e da Ballatore per la costituzione di **Hymera** e **Trinakria**, quest'ultima con ottima qualità pastificatoria. Dionigi, a Bari, selezionò **ISA 1**, molto precoce e di buona produttività (Dionigi, 1971), e successivamente, nel 1973, **Appulo**, che ben presto diventò, con Capeiti 8, una delle varietà più diffuse in quel periodo in Italia.

Le caratteristiche produttive e biomorfologiche di Trinakria, Maristella e Appulo non erano molto dissimili da quelle del Capeiti 8 (Polano, 1958, Deidda e Marras, 1968; Porceddu, 1987), per cui queste nuove costituzioni abbinavano ad una superiorità sempre più evidente rispetto a S.Cappelli in termini di quantità di granella prodotta, una qualità non sempre soddisfacente e sempre inferiore a quella di S.Cappelli. Rispetto

al Capeiti 8, l'epoca di spigatura era contemporanea o poco più tardiva, l'altezza simile o superiore per Trinakria e Maristella, inferiore per Appulo, il peso di 1000 'semi' in genere inferiore (Porceddu, 1987), e la resa in genere superiore per Appulo e Maristella, inferiore e molto variabile per Trinakria. La migliore tra le nuove costituzioni per qualità era Trinakria, caratterizzata da un elevato contenuto proteico della granella, variabile tra il 13,6 ed il 14,3%. Buona era anche la qualità di Maristella (Iannelli e Pezzali, 1976), che in un lavoro di Deidda e Milia (1968) mostra rese in semola e quantità di glutine secco simili a S.Cappelli a parità di incidenza della bianconatura.

Il notevole successo e la diffusione di S.Cappelli prima e Capeiti 8 in seguito, furono probabilmente responsabili del fatto che, nonostante il massiccio lavoro di ibridazione di questo periodo, pressoché tutte le nuove costituzioni fossero più o meno strettamente imparentate con S.Cappelli (figura 9).

La nuova cultivar più importante di questo periodo in termini di diffusione in coltura è senz'altro Appulo che, iscritta nel Registro Varietale nel 1973, già l'anno successivo compare tra le prime quattro cultivar italiane più diffuse. Nel 1974 la produzione totale italiana di frumento duro è infatti rappresentata per il 38% circa da Capeiti 8, per il 18% da Patrizio e l'11% da Appulo. Permane peraltro un 15% di frumento duro di S.Cappelli (dati ISTAT). Il contributo di Appulo alla produzione nazionale sale al 18% nel 1975.

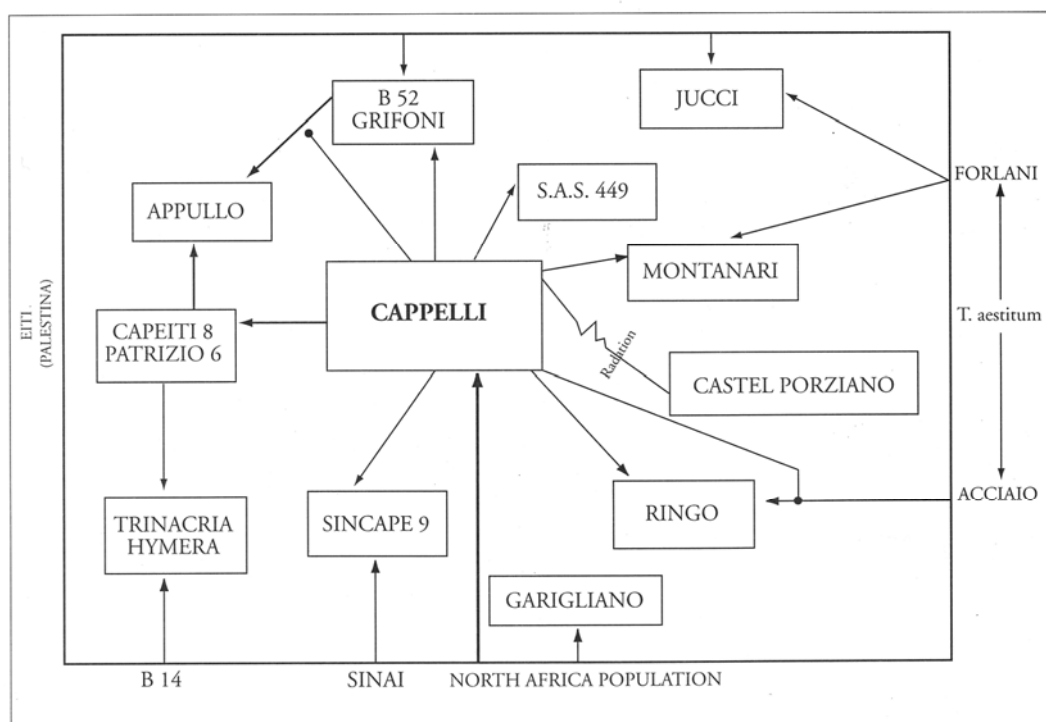


Figura 9. Rapporti genetici tra la cultivar S.Cappelli ed i grani duri costituiti successivamente (da Vallega e Zitelli, 1973)

Gli attuali Registri Varietali nascono in Italia nel 1971 e sono regolamentati dalla legge n.1096/71 "Disciplina dell'attività sementiera", a sostituzione della vecchia normativa. Tale legge, sottoposta in seguito a numerose modifiche, pone alla base delle direttive riguardanti le specie agricole due principi chiave: sono condizioni preliminari per l'immissione in commercio delle varietà vegetali l'iscrizione delle stesse ad un registro ufficiale e la certificazione ufficiale delle sementi. Dal momento in cui i Registri vengono istituiti divengono perciò disponibili, a fianco dei dati ISTAT riguardanti superfici coltivate e produzioni, quelli dell'Ente Nazionale

Sementi Elette (ENSE) riguardanti i quantitativi di sementi certificate. Si tratta di dati con significato diverso in quanto i dati ISTAT, rilevati su aree campione, sono spesso soggetti alla influenza della componente soggettiva del rilevatore, mentre quelli ENSE, seppure più precisi, non tengono conto della diffusa pratica del reimpiego delle sementi non certificate prodotte nell'ambito aziendale, pratica molto diffusa nel frumento duro, per il quale ancora negli anni '80 circa il 70% della semente utilizzata veniva prodotta in azienda.

Nel quinquennio 1971/75 è evidente una espansione della superficie nazionale coltivata a frumento duro, che arriva a 1,6 milioni di ha (+ 16% rispetto al periodo 1961/65), ripartiti in modo diverso a livello regionale rispetto al passato. La vasta sperimentazione condotta a partire dal 1966 in diversi ambienti dell'Italia centrale e settentrionale, è responsabile della comparsa in questo periodo di Marche, Umbria, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna tra le regioni produttrici di frumento duro. Contemporaneamente si assiste ad una continua contrazione della superficie destinata a questa coltura in Sardegna, dove i 200 mila ha coltivati all'inizio del secolo risultano oramai dimezzati, e ad un sensibile aumento in Puglia, Calabria e Basilicata.

Parallelamente all'aumento di superficie totale, le rese medie nazionali arrivano a toccare, nel quinquennio '71/'75, le 1,9 t ha⁻¹, con un incremento di circa il 20% rispetto al precedente quinquennio. Questo incremento ha diverse cause, tra le quali il cambiamento nella distribuzione regionale delle superfici, se si considera le maggiori rese conseguibili nelle più favorevoli condizioni pedoclimatiche dell'Italia centrale (2,7 t ha⁻¹ nelle Marche nel periodo considerato, contro 2,4 in Puglia e 1,7 in Sicilia). A questo si aggiunge il generalizzato incremento delle rese regionali, attribuibile sia alle migliorate tecniche agronomiche che al miglioramento genetico. Il consumo di azoto per la concimazione aumenta infatti in questo periodo in modo considerevole (Rivoira et al., 1987) e la minore taglia delle nuove costituzioni ne consente un maggiore uso per unità di superficie. All'incremento produttivo di Capeiti 8 rispetto a S.Cappelli, quantificato da Rivoira (1982) intorno al 12%, fa seguito un ulteriore incremento del 7% realizzato dalle nuove costituzioni Appulo, Maristella e Isa 1, rispetto a Capeiti 8 (dati medi di circa 200 prove, Rivoira, 1982).

Ultimo periodo : introgressione dei geni *Rht* per la taglia ridotta e incroci con materiali provenienti dal CIMMYT

Per il frumento, come per le maggiori colture, è stato soprattutto l'aumento dell'HI, ossia della proporzione di biomassa allocata nella granella, a determinare gli incrementi nelle rese.

Gli aumenti in biomassa totale sono stati, al contrario, trascurabili, per cui l'aumento in HI è derivato da un ridotto investimento negli organi non raccolti, principalmente nei culmi. Questo spiega la stretta relazione esistente nei cereali, tra riduzione in altezza e HI (figure 12 e 13).

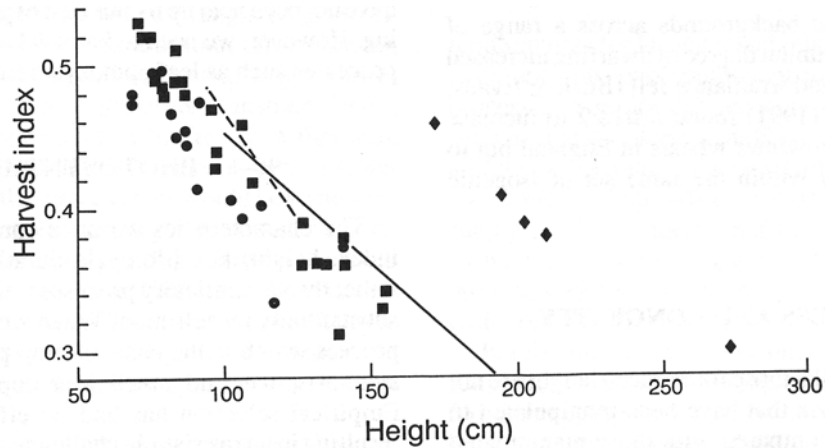


Figura 12. Relazione tra lunghezza del culmo e harvest index in 5 cereali (frumento, ■; orzo, ●; mais, ◆) e regressioni calcolate per avena (linea tratteggiata) e riso (linea continua). Da Evans, 1993

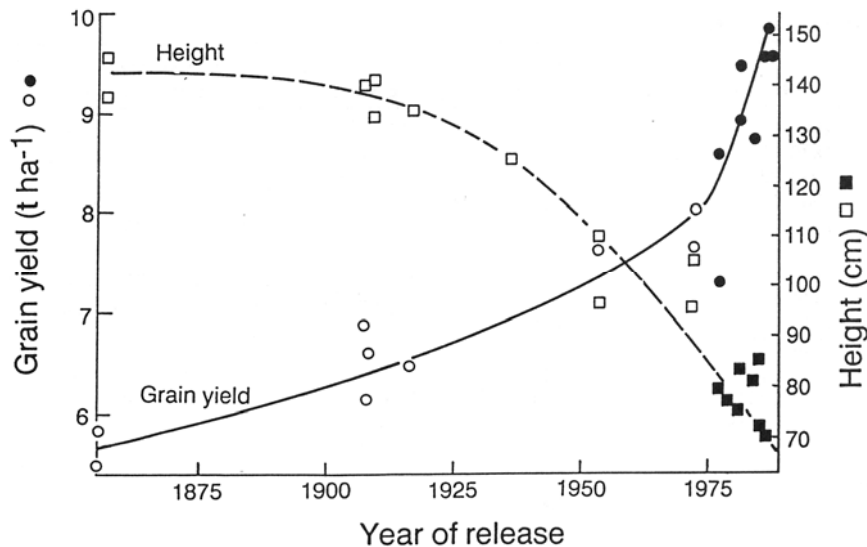


Figura 13. Cambiamenti in altezza (quadrati) ed in resa potenziale (cerchi) in relazione all'anno di rilascio di alcune cultivar di frumento Britanniche. I simboli pieni corrispondono alle cultivar con l'*Rht2*. Da Evans, 1993

Prima del 1950 si utilizzavano per il frumento varietà alte mediamente intorno ai 150 cm, con HI intorno al 30-35%, che competevano efficacemente con le infestanti, producevano molta paglia e potevano essere raccolte facilmente a mano. Negli anni '60-'70, contemporaneamente alla produzione di fertilizzanti di sintesi che non potevano essere sfruttati appieno dalle varietà alte sulle quali causavano allettamento, vennero individuati un gruppo di major genes (*Rht*, reduced height) chiamati genericamente "dwarfing genes" (geni nanizzanti) in grado di ridurre l'altezza del culmo.

Nei frumenti duri l'introduzione della bassa taglia avvenne successivamente ai frumenti teneri, ed il dwarfing gene utilizzato fu il *Gai/Rht1* del frumento tenero giapponese Norin 10, localizzato sul cromosoma 4A, che conferisce insensibilità alle gibberelline. L'effetto iniziale dell' introduzione dei dwarfing genes fu spesso negativo e fu necessaria la manipolazione del background genetico in cui questi geni venivano inseriti perché potessero esprimersi a pieno i vantaggi oggi ampiamente sfruttati.

La riduzione dell'altezza del culmo ottenuta con l'introduzione dei geni *Rht* è conseguenza di una riduzione nella lunghezza degli internodi, mentre il loro numero, e quindi il numero di foglie, è rimasto costante, evitando così una diminuzione della superficie fotosintetica e quindi della capacità di produrre assimilati. La riduzione in lunghezza è stata accompagnata da una riduzione in peso dei culmi, che ha reso disponibile una certa quantità di assimilati per destinazioni alternative. Le destinazioni alternative possibili erano però molte ed in competizione tra loro: potevano essere utilizzati per aumentare le dimensioni dell'infiorescenza, che solitamente si sviluppa contemporaneamente all'allungamento del culmo; potevano essere conservati come riserva per la successiva crescita delle cariossidi; potevano essere usati per aumentare l'accostamento o la crescita delle radici. Il successo dei dwarfing genes si è perciò realizzato nel momento in cui il background genetico nel quale sono stati inseriti è stato modificato attraverso la selezione dei genotipi in cui gli assimilati in eccesso venivano traslocati alla spiga, dove consentivano la produzione di un numero più elevato di cariossidi a parità di numero di spighe. L'effetto dell'inserimento di questi geni è stato quindi quello di aumentare l'HI fino a valori prossimi al 50% a parità di biomassa totale, con un conseguente aumento delle rese. La riduzione dell'altezza ha inoltre consentito di aumentare le concimazioni azotate e quindi la produzione di biomassa, senza incorrere nell'allettamento. D'altro canto la minore competitività delle piante basse nei confronti delle infestanti è stata superata grazie al fatto che, nello stesso periodo, l'industria chimica rendeva disponibili numerosi erbicidi.

Decennio 1970-1980

Le prime costituzioni di questo periodo sono state le cultivar **Alex**, **Giorgio** e **Gerardo** (Vallega e Zitelli, 1973), frutto di un programma di miglioramento genetico iniziato da Vallega e Zitelli nel 1961, che prevedeva incroci interspecifici con il frumento tenero giapponese 'Norin 10' a bassa taglia e con altri genotipi, come Yuma, originario del Nord Dakota, portatori dei geni per varie resistenze (tabella 9).

Da questi filoni di ricerca, condotti parallelamente dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura e dall'ENEA, nascono, agli inizi degli anni '70, le cultivar del gruppo '**Val**' e la cultivar **Creso** (Bozzini e Bagnara, 1974), che segnarono un grande passo in avanti nel panorama varietale italiano del frumento duro.

Tali varietà, grazie alla resistenza all'allettamento ed al maggior harvest index associato alla statura ridotta, e grazie alla resistenza alla ruggine nera ed all'oidio, consentirono il raggiungimento di livelli produttivi decisamente superiori a quelli delle precedenti costituzioni.

Tabella 9. *Principali cultivar costituite in Italia nel decennio 1970-80*

Cultivar	Anno di iscrizione	Genealogia	Costitutore
<i>Creso</i>	1974	Cpb 144 x [(Yt54-N10-B) Cp ² 63 Tc ¹]	ENEA Roma
<i>Valgerardo</i>	1975	/(Yt 54 - N 10 - B) By ² Ld 390, Il 14587 /(Cappelli x Yuma)	Ist. Sperimentale Cerealicoltura Roma
<i>Valnova</i>	1975	Cappelli x {[Sel F2(Yt54-N10B)BY ²] LD 390, Il 14587} x (S.Cappelli x Yuma)	Ist. Sperimentale Cerealicoltura Roma
<i>Karel</i>	1979	Mex x 198 x Maristella	CRAS Cagliari

Creso fu ottenuto incrociando dapprima il grano tenero giapponese Norin 10 con frumenti duri del Centro e Nord America. Una linea proveniente da tali incroci realizzati da Borlaugh nel 1962 fu a sua volta incrociata con un mutante del Cappelli, il Cp B 144, e dalla popolazione segregante risultante furono estratte le due

varietà Creso e Mida (Bozzini e Bagnara, 1974). Iscritto al registro nel 1974, Creso ebbe una rapida diffusione, soprattutto nel Centro-Nord grazie alla sua tardività, e ancora oggi, dopo quasi trent'anni, è la quinta varietà italiana per quantità di sementi prodotte, con 32407 t, pari al 7,3% dell'intera produzione sementiera di frumento duro. L'ideotipo di Creso dimostrò che i frumenti duri avevano ormai raggiunto le stesse potenzialità produttive dei teneri (fino a 10 t ha⁻¹), senza peraltro perdere l'elevata qualità tecnologica necessaria per l'industria pastificatoria (Bozzini et al., 1984; Bozzini, 1985).

Minore diffusione, imputabile più ad una inadeguata attività commerciale-sementiera che ad una reale inferiorità genetica (Bianchi e Boggini, 1998), hanno invece avuto le varietà del gruppo 'Val' (Valgerardo, Valnova, Valforte ecc.), più precoci di Creso e quindi più adatte agli ambienti meridionali. Tra queste **Valnova**, iscritta al Registro nel 1975, ha avuto il maggiore successo, diffondendosi anche in altri Paesi del Mediterraneo (Spagna e Portogallo in particolare), e diventando un valido progenitore in molti programmi di miglioramento.

Da segnalare, in questo periodo, anche la cultivar **Karel** (Mex x 198 x Maristella) costituita nel 1979 in Sardegna presso il CRAS (Centro Regionale Agrario Sperimentale) da Deidda e caratterizzata sia da livelli di produzione che da stabilità produttiva superiori a Creso, ma da cariossidi piccole e qualità pastificatoria medio-bassa. I risultati di una prova triennale di confronto varietale condotta in un totale di 33 località dell'Italia centro – meridionale (Rivoira, 1979), indicano per Karel una precocità simile a quella di Appulo, Maristella e Trinakria ma superiore a quella delle altre cultivar dwarf e semi-dwarf, e la collocano al primo posto come livelli produttivi (4,5 t ha⁻¹ come media dei tre anni e di tutte le località), insieme a Valforte (4,3 t ha⁻¹) e Valgerardo (4,1 t ha⁻¹).

Gli incrementi produttivi ottenuti con queste nuove cultivar rispetto al Capeiti 8 sono variati, in base ai dati di Rivoira (1979), dal 21 al 33%.

A parte le già citate variazioni in altezza, Rivoira (1982) mette in evidenza in queste nuove costituzioni un più elevato rapporto tra accestimento utile e accestimento totale ed una più accentuata contemporaneità nella formazione dei culmi di accestimento, con conseguente maggiore sincronia nello sviluppo dei culmi secondari rispetto a quelli di accestimento. Le caratteristiche qualitative sembrano invece non aver subito particolari modifiche.

Gli incrementi in resa e l'adattabilità delle nuove varietà ai diversi ambienti possono essere valutati, a partire dal 1973/74, anche attraverso i dati provenienti dalle prove nazionali di confronto varietale, nate per iniziativa dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura e diffuse su tutto il territorio nazionale. In base a tali risultati, relativi a 25 cultivar per anno (nuove costituzioni e testimoni) confrontate inizialmente in 10 ambienti diversi ed attualmente in 60 ambienti diversi per anno, le cultivar significativamente più produttive dei testimoni sono state Creso, Valnova, Valgerardo e Valselva, nel periodo 1974-78, in cui hanno realizzato rese parcellari superiori ai 4,2 t ha⁻¹, Valnova, Valforte e Karel nel periodo 1979-82 (> 4,5 t ha⁻¹) (Bianchi e Mariani, 1993).

L'impatto di queste nuove costituzioni sull'agricoltura può essere analizzato considerando la situazione italiana alla fine degli anni '70 – inizio anni '80. Per quanto riguarda il patrimonio varietale, all'inizio degli anni '80 sono iscritte al Registro Nazionale 47 cultivar, la cui diffusione in coltura è riportata nella tabella 10, e molte sono in fase di iscrizione (Rivoira, 1982).

Tabella 10. Ripartizione percentuale per varietà della superficie a frumento duro in Italia nel 1980 (modificata da Rivoira, 1982)

Dati ISTAT		Dati ENSE	
<i>Capeiti 8</i>	29,2	<i>Appulo</i>	32,4
<i>Appulo</i>	16,0	<i>Creso</i>	28,0
<i>Creso</i>	13,9	<i>Capeiti 8</i>	19,2
<i>S.Cappelli</i>	9,7	<i>Patrizio 6</i>	10,0
<i>Patrizio 6</i>	9,3	<i>Trinakria</i>	1,8
<i>Trinakria</i>	6,0	<i>Isa</i>	1,8
<i>Montanari</i>	0,6	<i>Maristella</i>	1,7
<i>Valgerardo</i>	0,5	<i>Produra</i>	1,2
		<i>Valnova</i>	0,7
		<i>Cappelli</i>	0,7
Altre	14,8	Altre	2,5

I due rilevamenti, pur presentando variazioni notevoli nelle percentuali, concordano per quanto riguarda le tre cultivar più diffuse, ossia Appulo, Capeiti 8 e Creso. Vediamo pertanto che ad aver raggiunto i livelli di diffusione delle già affermate Capeiti 8 prima e Appulo poi è soltanto il Creso, prevalentemente diffuso nelle regioni dell'Italia centro-settentrionale (Emilia, Toscana, Umbria, Marche e Lazio) dove la più elevata piovosità primaverile consente a questa cultivar, più tardiva delle altre, di estrinsecare le proprie potenzialità produttive con elevata frequenza. La maggiore produttività di Creso, rispetto a Capeiti 8 ed Appulo, è responsabile del fatto che nello stesso anno il contributo percentuale alla produzione nazionale di frumento duro sia pari al 27,8% per Capeiti 8, al 17,6% per Appulo ed al 16,7% per Creso (dati ISTAT). Tra le altre nuove costituzioni, Karel comparirà tra le prime 8 nell'annata successiva, quando contribuirà all'1,2% della produzione nazionale, per raggiungere la sua massima diffusione nel 1984 (3%). Il fatto che questa cultivar fosse stata prodotta in Sardegna e la sua adattabilità alle condizioni climatiche dell'isola fecero sì che nel 1988 Karel fosse la cultivar più diffusa in assoluto in Sardegna, con quasi 37 mila ettari, pari al 45,5% della superficie regionale (dati ISTAT). Valnova è presente nelle statistiche ISTAT a partire dal 1982, per raggiungere una punta massima del 4,8% della produzione nazionale ancora più tardi, nel 1987, mentre Valforte compare solo nel 1985 e non supera mai il 2,9%.

A parte il ritmo piuttosto lento che nel mondo agricolo caratterizza il recepimento delle nuove acquisizioni tecnologiche, questi dati mettono in evidenza l'enorme importanza dell'attività di divulgazione e commercializzazione delle ditte sementiere nel regolare la diffusione delle diverse costituzioni varietali, spesso in contraddizione con il loro reale valore.

Rispetto alla situazione del quinquennio 1971/75, in quello 1981/85 la superficie nazionale destinata al frumento duro resta stabile, mentre le rese medie nazionali salgono da 1,9 a 2,05 t ha⁻¹, portando ad un incremento nella produzione totale del 16% (tabella 5).

E' in questo decennio, più precisamente del 1976, che entra in vigore il regolamento CEE n. 1143/76, che prevede un sistema di sostegno comunitario per i diversi tipi di cereali (frumento, mais, orzo, avena ecc.). Tale normativa prevedeva la concessione di un aiuto ad ettaro per i seminativi, differenziato a seconda delle regioni di produzione e limitato ad alcune di esse. Il prezzo di intervento era differenziato per i diversi tipi di cereali, e quello più alto risultava proprio quello per il frumento duro, pari a 266,7 ECU/t nell'ultima campagna prima della riforma Mac Sharry del 1992. La normativa aveva lo scopo di "incoraggiare un incremento di produttività ed un miglioramento della qualità del prodotto" ed era indirizzata al solo frumento

duro atto alla produzione di paste alimentari. L'individuazione delle regioni di produzione era effettuata anno per anno, anteriormente all'inizio della campagna di commercializzazione (Conforti, 2002).

Decennio 1980-1990

Il successo delle varietà appena costituite e le nuove disposizioni di legge contribuirono ad aumentare gli investimenti nel miglioramento del frumento duro, portando alla costituzione di un gran numero di nuove varietà altamente produttive attraverso l'introduzione di nuovo germoplasma, prevalentemente dal CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de maiz y trigo, Messico), e la ricombinazione dell'intero pool genico disponibile per i frumenti tetraploidi (Porceddu et al., 1980; Blanco e Scarascia-Mugnozza, 1989, Blanco et al., 1987; Blanco et al., 1991).

Le nuove cultivar di questo decennio, tuttora presenti nel Registro varietale, sono riportate nella tabella 11, che mette in evidenza il ruolo sempre meno importante dei miglioratori pubblici nell'attività di costituzione varietale.

Tabella 11. *Principali cultivar costituite negli anni '80*

Cultivar	Anno di iscrizione	Genealogia	Costitutore
<i>Latino</i>	1982	(Cappelli x Anhinga) x <i>T. turgidum</i>	Federconsorzi Roma
<i>Appio</i>	1982	Cappelli x Gaviota x Yuma	Federconsorzi Roma
<i>Arcangelo</i>	1983	Creso x Appulo	Granital Srl, Roma
<i>Tresor</i>	1984	Amber durum x S-22-80	ISEA Ancona
<i>Duilio</i>	1984	Cappelli x (Anhinga x Flamingo)	Federconsorzi Roma
<i>Adamello</i>	1985	Valforte x sel Turchia 7116	Istituto Sperimentale Cerealicoltura Roma
<i>Lira</i>	1985	Mandon x FD 1104	Società Produttori Sementi Bologna
<i>Messapia</i>		(Mex x Crane "S") x Tito	Ist. Migl. Gen. Bari
<i>Grazia</i>	1985	M 6800127 x Valsesa	Maliani Genetica, Recanati
<i>Vitron</i>	1987	Turquia 77 x (Jori "S" x Anhinga "S" x Flamingo "S")	Romon Battle Vernis Madrid
<i>Plinio</i>	1988	Linea D 50 x Trigo Candeal	Federconsorzi Roma
<i>Simeto</i>	1988	Capeiti 8 x Valnova	Stazione sperimentale granicoltura, Caltagirone
<i>Neodur</i>	1990	(184-7 x Valdur) x Edmore	Gae Masse Francia
<i>Ofanto</i>	1990	Adamello x Appulo	Ist. Sperim. Cerealicoltura Foggia

Le cultivar più produttive tra queste ultime costituzioni in base ai risultati delle prove nazionali coordinate dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura sono riportate nella tabella 12.

Non tutte queste nuove varietà si diffondono con successo, anzi molte hanno una scarsa diffusione anche se agronomicamente e/o qualitativamente pregevoli. **Latino** ha cominciato a diffondersi nel 1985/86, ha superato il 10% della produzione nazionale negli anni 1989-91, ma è stato ritirato dal mercato per la insufficiente qualità pastificatoria, decisamente scarsa anche in Ofanto. Iniziano invece a diffondersi **Appio** e **Duilio**, che raggiungono alla fine del decennio rispettivamente il 6,3 ed l'8,9% della produzione nazionale.

Tabella 12. Varietà più produttive nei diversi cicli di prove comparative nazionali; in ogni anno la loro resa è risultata maggiore della media di tutte le prove aumentata di 0,4 o 0,5 t (minima differenza significativa). Modificato da Bianchi e Mariani, 1993

1983-88	1984-90	1989-92
Aldura	Messapia	Simeto
Latino	Norba	Plinio
Appio	Duilio	Vitron
	Adamello	
	Lira	
	Grazia	
> 4,59+0,4 t ha ⁻¹	> 4,65+0,4 t ha ⁻¹	> 5,18+0,35 t ha ⁻¹

Nessuna delle nuove costituzioni riesce peraltro a togliere a Creso il primato di varietà più coltivata. Questa cultivar, seconda solo a Capeiti 8 nel 1981 con il 22,5% della produzione nazionale contro il 24% di Capeiti 8 ed il 20,4% di Appulo, resta la varietà più coltivata a partire dal 1982 per tutto il decennio, con un picco del 42,6% della produzione totale nel 1987, ed il 31% nel 1990, quando a superare il 10% sono solo Appulo (11,6%) e Latino (12,9%) (tabella 13).

Tabella 13. Percentuale della produzione di alcune varietà sulla produzione totale in Italia nel decennio 1981-1990 (dati ISTAT). Le linee orizzontali separano le cultivar costituite in periodi diversi

Varietà	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90
Cappelli	6,5	6,0	4,5	4,1	3,9	2,4	1,9	2,0	2,0	1,7
Capeiti	24,0	22,0	21,9	18,0	16,7	13,2	10,9	8,5	8,0	6,4
Patrizio	8,8	8,2	7,5	7,8	8,1	4,0	3,7	3,7	3,3	1,9
Appulo	20,4	16,2	14,8	19,6	14,5	15,6	12,2	16,0	12,8	11,6
Trinakria	4,8	5,5	5,1	2,4	3,7	3,2	2,7	1,6	2,3	1,6
Creso	22,5	28,6	30,4	30,4	34,1	38,6	42,6	34,4	31,3	30,8
Produra	1,9	3,5	3,2	4,1	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0	2,2
Karel	1,2	0,8	2,7	3,0	0,7	2,4	1,6	4,1	2,4	1,3
Valnova		0,7	2,4	4,6	4,2	4,4	4,8	3,8	4,2	3,5
Valforte					1,3	2,9	2,4	1,8	1,9	1,7
Latino					2,1	2,6	7,4	8,7	13,0	12,9
Appio							1,0	3,5	4,5	6,3

Si osserva in questo decennio un notevole aumento sia della superficie destinata al frumento duro, che nel quinquennio 1986-90 arriva a toccare la punta massima di 1,8 milioni di ha, che delle rese unitarie, che arrivano a quasi 2,2 t ha⁻¹ (tabella 5).

E' del 1982 il Regolamento CEE n.1451/82 che introduce per primo il concetto di 'tradizionalità' quale condizione necessaria per definire le aree di produzione del frumento duro alle quali erano limitati gli aiuti comunitari. Tali aree vengono fissate una volta per tutte con regolamento comunitario, che individua in Italia le seguenti regioni: Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Lazio, Marche, Molise, Puglia, Sardegna, Sicilia, Toscana, Umbria e le zone di montagna e svantaggiate. L'aiuto, a differenza di prima, non doveva servire più a migliorare la produttività e la qualità del prodotto, ma era inteso a garantire un tenore di vita equo agli agricoltori meno favoriti, localizzati in alcune regioni tradizionali.

Contrariamente a quanto ci si potrebbe aspettare, la definitiva esclusione del Nord dal regime di sostegno comunitario ai seminativi non comporta una riduzione delle superfici a frumento duro, che al contrario passano dall'1,8% della superficie totale nel 1980 al 4% nel 1990, contribuendo quindi in parte all'innalzamento delle rese medie nazionali.

Dal 1991 ad oggi

Il lavoro di miglioramento genetico di quest'ultimo periodo si è manifestato attraverso la continua iscrizione di nuove cultivar, mediamente 8 all'anno, tanto che nel 2002, erano 134 le cultivar iscritte al Registro Nazionale delle varietà, di cui ancora 7 costituite prima del 1980 (Capeiti 8, S. Cappelli, Caltelporziano, Isa 1, Appulo, Creso, Ringo e Valnova).

La politica comunitaria di sostegno al frumento duro ha senz'altro stimolato l'attività di miglioramento su questa specie durante questi ultimi anni. Nel 1992 la riforma MacSherry (1765/92) prevede la corresponsione, in aggiunta al pagamento compensativo per i cereali, di un importo supplementare per il frumento duro, inteso a risarcire i produttori di tale coltura delle zone di produzione tradizionali per la perdita di reddito dovuta all'allineamento del prezzo del frumento duro su quello degli altri cereali.

Successivamente, il decreto del 17 Dicembre 1990 del Ministero dell'Agricoltura e la circolare del 29 Ottobre 1993 n.D. 288, stabiliscono che a partire 1995 si possa accedere all'aiuto supplementare per le aree vocate alla produzione di frumento duro solo impiegando il 100% di seme certificato, con un processo graduale che passava per un minimo del 30% nel 1993 e del 60% nel 1994. Nata in seguito alle pressioni delle lobby dei produttori sementieri, questa legge ha portato il tasso di rinnovamento del seme dal 30% dell'inizio degli anni '90, a oltre il 70% (Lorenzetti, 2000).

L'attuale assetto legislativo è stato varato con la riforma del 1997 e prevede che la concessione dell'aiuto supplementare, che si aggiunge all'aiuto ad ettaro ricevuto in ambito della più generale OCM seminativi, riservato alle aziende ricadenti nelle aree storiche di produzione, sia concesso a condizione che si utilizzino nella semina varietà certificate con requisiti minimi di qualità.

Nel 1996 un gruppo di ricercatori ed operatori, sulla base dell'esperienza e dei dati riportati in letteratura, ha stabilito i parametri di qualità più importanti ai fini della pastificazione, ed il loro peso relativo nell'"indice globale" che viene utilizzato per la classificazione delle varietà di grano duro ai fini della concessione dell'aiuto supplementare. Tali parametri vengono monitorati sistematicamente dall'Unità di Studi sui Cereali dell'INRAN (Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione). L'aiuto supplementare è limitato ad una superficie massima nazionale stabilita per ogni stato membro e suddivisa tra aree tradizionali (344,5 euro/ha), ed aree 'semi-tradizionali' dove la coltivazione del grano duro è ben consolidata (138,9 euro/ha). L'Italia ha distribuito la superficie assegnata tra le 12 regioni centro meridionali tradizionali. Puglia e Basilicata occupano il 47% della superficie nazionale garantita, che sale al 60% se ad esse si aggiunge la Basilicata. L'ammontare complessivo di aiuti per l'agricoltore dipende, oltre che dall'aiuto supplementare, dalla zona omogenea di appartenenza dell'azienda, ossia dalle rese storiche a cui viene commisurato l'aiuto ad ettaro per tutti i seminativi, fatto che avvantaggia i produttori delle zone semi-tradizionali, con rese storiche più alte (Conforti, 2002).

Le costituzioni più pregevoli di questo periodo sono riportate nella tabella 14, dalla quale è evidente la pressoché totale scomparsa dei miglioratori pubblici dall'elenco dei costitutori, che oramai si identificano nelle ditte sementiere.

Tabella 14. Principali cultivar costituite dopo gli anni '90

Cultivar	Anno di iscrizione	Genealogia	Costitutore
<i>Flavio</i>	1992	Latino x Cappelli	Federconsorzi Roma
<i>Gianni</i>	1992	Incroci di genotipi turchi e varietà italiane	Mosconi Giovanni Ancona
<i>Radio</i>	1992	Creso x Isa	Proseme Foggia
<i>Parsifal</i>	1992	INRA 92-1 x D81028	Venturoli Sementi Bologna
<i>Italo</i>	1993	Incroci di genotipi turchi e varietà italiane	Mosconi Giovanni Ancona
<i>Colosseo</i>	1995	Mutante Mexa x Creso	Eurogen- Proseme
<i>Giemme</i>	1995	Duilio x Grazia	Maliani Genetica Recanati
<i>Iride</i>	1996	Altar84 x Ares sib	Società Produttori Sementi SPA (BO)/ENEA
<i>Svevo</i>	1996	Sel. Cimmyt x Zenit sib	Società Produttori Sementi SPA (BO)
<i>Rusticano</i>	1996	Linea CIMMYT F2 – Ceyt 16° n.09	Società Produttori Sementi SPA (BO)/ENEA
<i>Ciccio</i>	1996	(Appulo x Valnova) x (Valforte x Patrizio)	Eurogen (Proseme)
<i>Claudio</i>	1998	(Sel. Cimmyt x Durango) x (IS1938 x Grazia)	Sinagro ISEA Falconara Marittima

I dati della rete di prove di confronto varietale coordinate dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura consentono di individuare tra le cultivar più produttive all'inizio del decennio (1992) **Simeto** in tutte le località saggiate, **Plinio** e **Vitron** per il Centro Nord, **Adamello** per il Sud, **Duilio** e **Vitron** per le isole. Simeto e Adamello si distinguono anche per una ottima qualità pastificatoria. E' in questo periodo che si inizia a considerare anche il colore tra i parametri di qualità, caratteristica per la quale sono disponibili materiali particolarmente pregevoli tra le costituzioni francesi (Primadur e Neodur).

E' proprio **Neodur** una delle migliori varietà nel Centro-Nord nel 1994, mentre Duilio e Simeto vengono affiancati nel Centro-Sud da **Ofanto**, cultivar produttiva ma con scarse caratteristiche qualitative della granella. Tra le cultivar più recenti sono da segnalare in questo anno le buone produzioni di **Gianni** e **Parsifal**, e la buona qualità di **Tresor** e **Flavio**.

Nel 1996 Gianni si conferma tra le cultivar con rese più elevate al Centro ed al Nord, Parsifal al Centro ed al Sud, Duilio continua a fornire rese elevate e Simeto appare in calo. Le migliori nuove costituzioni sono **Colosseo**, medio tardiva con pesi ettolitrici e pesi di 1000 'semi' elevati, **Italo**, **Solex** e **Giemme**.

A fianco a Gianni, ormai tra le cultivar migliori da cinque anni, ed a Colosseo, compaiono nel 1998 **Iride**, precoce e molto produttiva in tutte le località, seppure con cariossidi piccole e pesi ettolitrici bassi, **San Carlo**, di media precocità, adatto alle condizioni climatiche del Centro-Nord, **Nefer**, tardiva e con mediocri caratteristiche merceologiche, e **Colorado**, medio tardiva ma con buona colorazione e buona qualità in generale. Si distinguono per le buone caratteristiche qualitative anche San Carlo, Italo, Svevo e Mongibello.

La più interessante novità del 2002 è rappresentata da **Claudio** che, ormai al quarto anno di prova, mostra costantemente indici di resa superiori a 100 e pesi ettolitrici superiori a 80 kg hl⁻¹. Iride e Duilio permangono tra le cultivar più produttive insieme a **Ciccio, Svevo e Rusticano**.

Tabella 15 . Dinamica delle quantità di sementi ufficialmente certificate dal 1992 al 2002 espresse come percentuale del totale per le prime dieci varietà di ogni anno. Dati ENSE.

anno iscrizione	Varietà	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1973	<i>Appulo</i>	4.5	10.8	2.3	3.8	3.1	3.0	2.6	2.4	2.0		
1974	<i>Creso</i>	16.1	13.4	9.3	7.9	7.5	8.6	9.1	8.6	7.9	7.8	7.4
1982	<i>Appio</i>	11.9	10.8	7.7	5.9	3.8	3.7	3.2				
1983	<i>Arcangelo</i>	1.0	2.5	4.4	4.6	5.2	5.8	7.4	8.0	9.0	10.1	7.6
1984	<i>Duilio</i>	15.6	15.9	11.7	9.1	10.2	13.6	13.3	15.0	13.9	12.3	12.1
1985	<i>Grazia</i>	13.3	10.7	8.5	7.1	6.2	6.1	5.4	4.2	3.6	2.8	2.8
1988	<i>Simeto</i>	14.4	19.4	28.5	32.1	32.6	26.6	22.6	20.4	19.2	19.3	19.5
1990	<i>Neodur</i>	2.9	3.7	3.0	1.2	1.2	1.4	1.8				
1990	<i>Ofanto</i>	4.7	6.3	11.2	13.3	11.0	8.0	7.3	5.4	4.3	2.6	3.1
1992	<i>Radioso</i>								2.7			
1995	<i>Colosseo</i>				0.3	2.2	6.3	10.3	9.6	7.9	5.5	5.7
1996	<i>Ciccio</i>								3.3	6.9	8.3	9.1
1996	<i>Iride</i>											2.4
1996	<i>Rusticano</i>									2.4	2.9	2.4
1996	<i>Svevo</i>										1.8	
totale prime dieci		84.3	93.5	86.6	85.1	83.0	83.1	83.0	79.6	77.0	73.7	72.1

Ancora una volta è da rimarcare la lenta diffusione delle nuove costituzioni, messa in evidenza nella tabella 15, relativa alla dinamica della quantità di sementi certificate dall'ENSE. Colosseo, discretamente diffusa già nello stesso anno di iscrizione, raggiunge un massimo del 10% nel 1998 per iniziare immediatamente a diminuire, Ciccio mostra una crescita costante a partire da tre anni dopo l'iscrizione, Rusticano e Iride compaiono ancora più tardi. La tabella mette anche in evidenza la definitiva scomparsa di vecchie costituzioni, quali Appulo e Appio, e la costante superiorità di due delle cultivar iscritte nel decennio precedente: Simeto, con punte del 33% nel 1996, e Duilio, con un massimo del 16% nel 1993, entrambe in leggero ma costante declino. Nel complesso il panorama varietale sembra indirizzato verso una maggiore diversificazione, se si considera che le prime dieci cultivar per produzione di sementi rappresentavano ben l'84% delle sementi totali prodotte nel 1992, mentre sono solo il 72% nel 2002.

Le rese medie nazionali hanno mostrato un incremento del 33% superando, nella media di questi ultimi dieci anni, le 2,8 t ha⁻¹ (dati ISTAT). Da un punto di vista varietale, ad aver contribuito a questo incremento di resa sono soprattutto le cultivar costituite nel precedente decennio, ed in particolare Simeto, le cui rese parcellari sono variate, nel quadriennio 1991/94 tra un minimo di 4,9 t ha⁻¹ in Sicilia ed un massimo di quasi 7,0 t ha⁻¹ al Nord.

Per quanto riguarda invece la distribuzione delle superfici si è avuta in Italia, tra il 1990 ed il 2001, una sensibile riduzione nelle aree semi-tradizionali di produzione – principalmente Emilia Romagna – ma, allo stesso tempo, un limitato aumento della superficie coltivata nelle regioni tradizionali. In queste ultime, la contrazione che ha interessato la Sicilia (passata da 403 mila a 351 mila ha) è stata bilanciata dall'aumento di superficie in Puglia (da 385 mila a 410 mila ha), che è divenuta così il principale bacino produttivo nazionale. Queste dinamiche regionali hanno determinato, nel complesso, un livellamento verso il basso della superficie investita in Italia che, dopo aver recuperato la forte contrazione accusata nei primi anni di

applicazione della riforma Mac Sharry, si è assestata su una superficie di poco superiore a 1,6 milioni di ha (-2% rispetto al 1990) (Conforti, 2002).

Per quanto riguarda la qualità, il rapporto di valutazione realizzato dalla società belga ADE per l'UE conclude che l'entrata in vigore della riforma Mac Sharry ha portato ad un deterioramento della qualità del frumento duro comunitario. Secondo l'ADE i produttori sarebbero stati guidati nelle loro scelte produttive solo dal prezzo di mercato. Avendo questo subito negli ultimi anni pesanti ribassi relativamente ai fattori produttivi, si sarebbe avuta una riduzione di consumi intermedi ed un peggioramento delle pratiche colturali, con un conseguente deterioramento della qualità (Conforti, 2002).

In realtà, se si considerano i parametri di qualità definiti nel 1996 si osserva una sostanziale costanza qualitativa della produzione italiana, sia in termini di peso ettolitrico, che di percentuale proteica e colore. La leggera tendenza alla diminuzione della tenacità non appare peraltro preoccupante (dati INRAN).

In effetti, le lamentate carenze qualitative del frumento duro italiano per la pastificazione non sono tanto da riferirsi alla qualità intrinseca della granella, quanto a quella che viene più precisamente definita come qualità commerciale, ossia alla disponibilità di partite di prodotto omogenee nelle caratteristiche qualitative. E' pertanto la frammentazione aziendale, e quindi la disponibilità sul mercato di una gran quantità di piccole partite di granella con caratteristiche qualitative non uniformi, a creare problemi all'industria pastaria.

Un importante contributo al miglioramento genetico, in particolare a quello finalizzato al miglioramento della qualità, potrebbe quindi essere fornito dalle vecchie popolazioni locali non più coltivate e sino ad ora poco utilizzate nei programmi di miglioramento genetico, anche in considerazione della possibilità di utilizzare il frumento duro anche per la produzione di pani tipici, come in passato. Le politiche comunitarie degli ultimi anni tendono infatti a valorizzare la qualità del prodotto, anche a scapito della quantità, in contrasto con la vecchia tendenza ad un indiscriminato aumento della sola produttività (Sini, 1997).

Bibliografia

- Abbate P.E., Andrade F.H., Culot J.P., 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.* 124, 351-360.
- Alessandroni A., Rusmini B., Scalfati M.C., 1966. Influenza di specie del genere *Triticum* e di altri generi nelle discendenze di incroci interspecifici e intergenerici per il miglioramento genetico di *Triticum durum*. *Ist. Naz. Cerealicoltura (Roma)*, 88bis, 1-26.
- Ali Dib T., Monneveux P., Araus J.L., 1992. Adaptation à la sécheresse et notion d'ideotype chez le blé dur. II. Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie* 12, 381-393.
- Barbieri R., Deidda M., 1968. Contributo al miglioramento genetico del grano duro. *Sementi elette* 3, 1-3.
- Bianchi A., Boggini G., 1998. Evoluzione varietale. *Quaderni Accademia Georgofili* VI, 25-42.
- Bianchi A., Mariani B.M., 1993. La rete nazionale di prove di confronto tra varietà di frumento duro: un bilancio dopo vent'anni. *L'inf. Agr.* 34, 5-7.
- Blanco A., Scarascia-Mugnozza G.T., 1989. Messapia: una nuova varietà di frumento duro precoce e produttiva. *L'Inf. Agr.* XLV, 61-63.
- Blanco A., Simeone R., Resta P., 1987. The addition of *Dasyperum villosum* (L) Candargy chromosome in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Theor. Appl. Genet.* 74, 328-333.
- Blanco A., Giorgi B., Perrino P., Simeone R., 1991. Risorse genetiche e miglioramento della qualità di frumento duro. *Agricoltura e Ricerca* 144, 41-58.
- Blum A., Golan G., Mayer J., Sinmena B., Shipler L., Burra J., 1989. The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert in Israel. *Euphytica* 43, 87-96.
- Boggini G., Pogna N.E., 1990. Miglioramento genetico del frumento duro: criteri e metodi di selezione per la qualità pastificatoria. *Agricoltura ricerca*, anno XII, num. 114, 59-68.
- Boggini C., Dal Belin Peruffo A., Mellini F., Pogna N.E., 1987. Storage protein composition, morphophysiological and quality characters of 24 old durum wheat varieties from Sicily. *Rachis* 6, 30-35.
- Bogyo T.P., Scarascia-Mugnozza G.T., Sigurbjornsson B., Bagnara D., 1969. Results and statistical analysis of International Mutant Durum Wheat Trials 1965-68. Part I, FAO, Rome.
- Bonvicini M., 1956. Contributo allo studio dei grani duri. *Sementi elette* 7, 1-11.
- Bozzini A., 1970. Genetica e miglioramento genetico dei frumenti duri. *Genetica agraria* 24, 145-193.
- Bozzini A., 1985. Frumento duro: orientamenti varietali – tecnica colturale – aspetti fitopatologici. *L'Italia agricola*, 131-142.
- Bozzini A., Scarascia-Mugnozza G.T., 1967. A dominant short straw mutation induced by thermal neutrons in durum wheat. *Wheat Inf. Serv.* 23-34, 5-6.
- Bozzini A., Bagnara D., 1974. Creso, Mida e Tito, nuovi grani duri del laboratorio Agricoltura del C.N.E.N. *L'Inf. Agr.* 20, 15869-15871.
- Bozzini A., Mosconi C., Rossi L., Scarascia-Mugnozza G.T., 1984. Il miglioramento genetico del grano duro al Centro Ricerche Energia della Casaccia. *L'Inf. Agr.* 25, 39-46.
- Bozzini A., Corazza L., D'Egidio M.G., Di Fonzo N., La Fiandra D., Pogna N.E., Poma I., 1998. Durum wheat. In: Scarascia Mugnozza G.T. and Pagnotta M.A. Eds., *Italian contribution to plant genetics and breeding*, pp.181-194.
- Caruso P., Majo I., 1964. Contributo al miglioramento genetico del grano duro. *Gen. Agr.* XVII, 107-131.
- Conforti P., 2002. Un'analisi dell'ipotesi di riduzione del sostegno al grano duro nell'unione europea e dei suoi effetti in Italia. *INEA, Working Paper n.14*, 82 pp.
- Cubadda R., Carcea M., Pasqui L.A., Perten H., 1991. Metodo rapido di valutazione della qualità del glutine delle semole e del grano duro, *Tecnica Molitoria*, 861-874.
- D'Amato F., 1989. The progress of Italian wheat production in the first half of the 20th century: the contribution of breeders. *Agr. Med.* 119, 157-174.
- Damidaux R., Feillet P., 1978. Relation entre les propriétés viscoélastiques du gluten cuit, la teneur en protéines et la qualité culinaire des blés durs. *Ann. Technol. Agric.* 28, 799.
- Damidaux R., Autran, J.C., Grignac, P., Feillet, P., 1978. Mise en évidence de relations applicables en sélection entre l'électrophorogramme des gliadines et les propriétés viscoélastiques du gluten de *Triticum durum*. *Desf. C. R. Acad. Sci. Sér. D.* 287, 701-704.
- De Cillis E., 1927. I grani d'Italia. *Tipografia della Camera dei Deputati*, Roma, pp.173.
- De Cillis E., 1942. I grani siciliani. *Catania, Stazione Sperimentale di Granicoltura per la Sicilia*.
- De Cillis U., 1964. Le finalità che si richiedono al miglioramento genetico del frumento duro ed i mezzi per raggiungerle. *Genetica agraria* 18, 51-70.

D'Egidio M.G., De Stefanis E., Fortini S., Nardi S., Sgrilletta D., Volpi M., 1986. Modificazioni indotte nelle proteine del glutine con la pastificazione e possibili legami con la qualità della pasta. *Tecnica molitoria* 37, 89-97.

- 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.
- Deidda M., Marras G.F., 1968. Osservazioni sul comportamento biologico e produttivo di nuove cultivar di grano duro. *Agricoltura* 11, 41-47.
- Deidda M., Milia M., 1968. Bianconatura, resa in semola, quantità di glutine in due varietà di grano duro. *L'Italia agricola* 7, 3-8.
- De Lisio, L., 2000. Assicurazione della qualità della semola e della pasta secca nei pastifici - Metodi di determinazione ed apparecchiature analitiche, *Tecnica molitoria*, 51, 3, 209-259.
- Dencic S., 1999. The role of genebanks in evaluating PGR. In: Gass T., Frese L., Begemann F. and Lipman E. Eds., *Implementation of the global plan of action in Europe – Conservation and sustainable utilisation of plant genetic resources for food and agriculture*. Proc. Europ. Symp. Braunachweig, Germany, IPGRI, pp. 163-171.
- Di Fonzo N., Gentinetta E., 1989. Prodotti di riserva del seme. In *AGRICOLE Ed., Genetica dei cereali*, SO. GRA.TE, pp. 295-310.
- Dionigi A., 1971. Informazioni sperimentali del triennio 1969-71 sul nuovo grano duro precocissimo "ISA 1". *Annali* II, 335-353.
- Evans L.T., 1993. Processes, genes and yield potential. In: D.R. Buxton, R. Shibles, R.A. Forsberg, B.L. Blad, K.H. Asay, G.M. Paulsen, R.F. Wilson, *International Crop Science I, based on the Int. Crop Science Congress, Iowa, 14-22 July 1992*, pp.687-696.
- Forlani R., 1950. Ibridazioni interspecifiche e intergeneriche di graminacee. *Annali della Sperimentazione agraria* IV, 537-560.
- Frankel O. H., 1970. Evaluation and utilisation. Introduction remarks. In: Frankel O.H. and Bennett E. Eds., *Genetic resources in plants. Their exploration and conservation*, Blackwell, Oxford and Edinburgh, pp.395-402.
- Furesi R., 1996. La filiera del grano duro. In: Idda L., *Agroalimentare in Sardegna*, pp.333-363.
- Gale M.D., Youssefian S., 1985. Dwarfing genes in wheat. In: G.E.Russell Ed., *Plant breeding*, pp.1-36.
- Giorgi B., Barbera F., Bitti O., Cavicchioni G., 1984. Yield performance of F3 progenies from a durum wheat cross involving two different semi-dwarfing genes, Rht1 and SD mutation. In: *Semi-dwarf cereal mutants and their use in cross breeding II. IAEA-TECDOC 307. Proceedings of a research Co-ordination meeting, Joint FAO/IAEA Division, Davis, California, August 1982*, pp.91-99. IAEA, Vienna, Austria.
- Grifoni E., 1955. Nuovi grani per l'Italia meridionale. *Genetica agraria*, 366-377.
- Grignac P., 1965. Contribution à l'étude de *Triticum durum* Desf. Thèse doctorat, Toulouse, 151 pp.
- Heywood V. H., 1993. Broadening the basis of plant resource conservation. In: Gustavson P.J., Appels R. and Raven P. Eds., *Conservation and exploitation*. Plenum Press, New York, pp. 1-14.
- Iannelli P., Pezzali M., 1976. Grano duro: si è lavorato sodo, ma molto rimane da fare per essere autosufficienti. *L'Inf. Agr.* 4, 21575-21584.
- Irvine, G.N., 1978. Durum wheat and paste products. In: Y. Pomeranz Ed., *Wheat chemistry and technology*, second edition, pp.777-796.
- Kirby E.J.M., 1988. Analysis of leaf, stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Field Crops Res.* 18, 127-140.
- Kosmolak F.G., Dexter J.E., Matsuo R.R., Lesile D., Marchylo B.A., 1980. A relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoregrams. *Can. J. Plant Sci.* 427-432.
- Kudryavtsev A.M., Boggini G., Bendettelli S., Illichevskii N.N., 1996. Gliadin polymorphism and genetic diversity of modern Italian durum wheat. *J. Genet. and Breed.* 50, 239-248.
- Lorenzetti F., 2000. La semente ed il progresso dell'agricoltura. *Sementi elette* 2, 5-8.
- Maliani C., 1968. Importance du blé dur et son amélioration génétique par le moyen du croisement interspécifique. *Melhoramento*, 21.
- Maliani C., 1998. Nuove varietà di grano duro e loro caratteristiche. *Quaderni Accademia Georgofili* VI, 57-64.
- Matsuo, R.R., Dexter, J.E., 1980. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. *Can. J. Plant Sci.* 60: 60-49
- Matveef M., 1966. Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires. *Bull. ENSMIC*, 213-216.
- O' Brien L., Ronalds J.A., 1984. Yield and quality interrelationship amongst random F3 lines and their implications for wheat breeding. *Australian Journal of Agricultural Research* 28, 5-9.
- O' Brien L., Ronalds J.A., 1986. The effect on yield distribution of early generation selection for quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37, 211.

- Pecetti L., Boggini G., Doust M.A., Annichiarico P., 1996. Performance of durum wheat landraces from Jordan and Morocco in two Mediterranean environments. *J. Genet. Breed.* 50, 41-46.
- Perry M., Ayad G., 1995. Analysis management and exchange of molecular data. Report of IPGRI Workshop "Molecular genetic techniques for PGR", Rome, Italy, 51-54.
- Pogna N., 1998. Basi genetiche e biochimiche del miglioramento qualitativo. *Quaderni Accademia Georgofili* VI, 43-56.
- Polano P., 1958. Contributo al miglioramento della produzione del grano duro in Sardegna. *Studi sassaresi* VI, 1-28.
- Porceddu E., 1987. Evoluzione varietale e problemi attuali del miglioramento genetico dei cereali vernini. *Riv. Di Agron.* 21: 33-54.
- Porceddu E., De Pace C., Spagnoletti Zeuli P.L., Scarascia Mugnozza G.T., 1980. Variabilità genetica in generazioni segreganti di frumenti duri (*Triticum durum*) distanti. *Genetica agraria* XXXIV, 182-183.
- Quaglia G., 1988. L'evoluzione tecnologica nel processo di produzione di pane di grano duro, in *Il grano duro per la panificazione*, CE.S.O.E.T.- Centro Studi Operativi Economico Tecnici, A.G.C.I.- Associazione Generale Cooperative Italiane, Atti del convegno, pp. 127-148
- Rasmusson D.C., Hester A.J., Fick G.G., Byrne I, 1971. Breeding for mineral content in wheat and barley. *Crop Sci.*, 5: 623-626.
- Rivoira G., 1979. Risultati agronomici conseguiti dall'attività collegiale di ricerca del sub-progetto "Frumento duro". Comunicazione presentata all'incontro-seminario: "Attività di ricerca dei sottoprogetti "Frumento duro" e "Leguminose da granella", Enna, 149-173.
- Rivoira G., 1982. Alcune considerazioni agronomiche sulle nuove cultivars italiane di grano duro. *Genetica agraria* V, 192-142.
- Rivoira G., Deidda M., Marras G.F., 1987. Evoluzione e problemi attuali della coltivazione dei cereali vernini. *Riv. Di Agron.* 21, 5-32.
- Sini M.P., 1997. Typical local products and their zone of origin: the importance of their re-evaluation emphasising the links which connect them. 52nd EAAE Seminar – Parma, June 19-21.
- Shewry P.R., 1996. Cereal grain protein. In : Henry, R.J. and Kettlewell, P.S Eds., *Cereal grain quality*, CHAPMAN & HALL, First edition 1996, pp. 221-250.
- Vallega V., 1974. Historical perspective of wheat breeding in Italy, Proc. 4th FAO/Rockefeller Found. Wheat seminar, Teheran, May 21-June 2 1973, pp. 115-126.
- Vallega J., Zitelli G., 1973. New high yielding italian durum wheat varieties. In: Proc. Symposium on Genetics and breeding of durum wheat, Bari, 14-18 May 1973, pp. 373-399.
- Zeleny L., 1978. Criteria of wheat qualità. In: Y. Pomeranz Ed., *Wheat chemistry and tecnology*, second edition, p.23 - 49.