MUSEO LOMBARDO DI STORIA DELL'AGRICOLTURA

FONDAZIONE
MORANDO BOLOGNINI

SOCIETÀ
AGRARIA DI LOMBARDIA

ACCADEMIA DEI
GEORGOFILI
SEZIONE NORD-OVEST

Leguminose da granella - Sant'Angelo Lodigiano - 14 ottobre 2016

ASSOCIAZIONE MILANESE
LAUREATI IN SCIENZE AGRARIE
E IN SCIENZE FORESTALI

AMA
Associazione
Musei Agricoli
Italiani

SEMINARIO SULLE LEGUMINOSE DA GRANELLA

Sala dei Cavalieri - Castello Visconteo di Sant'Angelo Lodigiano
Venerdì 14 ottobre 2016

ATTI

edizione a cura di
Tommaso Maggiore, Luigi Mariani e Lodovico Alfieri

Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura
Sant'Angelo Lodigiano - edito nel febbraio 2017

ISBN 9788890973536
Titolo: ATTI DEL SEMINARIO SULLE LEGUMINOSE DA GRANELLA

Indice

Il seminario e il suo tema	Tommaso Maggiore e Luigi Mariani..	5
Leguminose da granella nel Mondo e in Italia - aspetti economici	Dario Frisio e Vera Ventura……	6
Note storiche sulle leguminose da granella	Luigi Mariani …….	19
Le leguminose da granella - aspetti agronomici	Tommaso Maggiore …….	30
Miglioramento genetico delle leguminose da granella	Carlo Pozzi ……	39
Leguminose da granella e ricerca agricola	Andrea Sonnino ……	45
Leguminose come orticole da industria	Antonio Ferrante ……	51
Fattori antinutrizionali delle Leguminose	Roberto Bollini ……..	57
Modulazione di molecole bioattive di fattori antinutrizionali in fagiolo (*Phaseolus vulgaris L.*)	Francesca Sparvoli ……	65
Le leguminose da granella per la mangimistica	Tommaso Maggiore ……..	82
La soia nell'alimentazione umana	Pietro Bontempi …….	91
Le leguminose in alimentazione animale	Vittorio Dell'Orto e Giovanni Savoini	93

IL SEMINARIO E IL SUO TEMA

Tommaso Maggiore[1,2] e Luigi Mariani[1,2]

1 Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura e
2 Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Università degli Studi di Milano
*Per la corrispondenza: luigimariani957@gmail.com

La FAO ha dichiarato il 2016 l'anno delle Leguminose da Granella ed è anche per questa ragione che gli Enti richiamati in copertina hanno pensato di dedicare, in occasione della giornata dell'alimentazione (16 Ottobre), un seminario a queste piante.
Lo stimolo è dato anche dalla constatazione che in Italia, pur riconoscendo l'importanza delle proteine vegetali per l'alimentazione umana e animale, la coltivazione delle leguminose da granella, proteaginose per eccellenza, negli ultimi decenni, ha subito una drastica contrazione a favore di altre colture e in particolare dei cereali. Ciò dovuto alla non soddisfacente produttività in termini economici.
L'osservazione che per molte delle specie considerate l'attività di miglioramento genetico appare insufficiente dovrebbe stimolarci a presentare un progetto per il potenziamento di queste colture nell'area del Mediterraneo.
Inoltre, tenendo presente che le leguminose da granella erano alla base della cosiddetta Dieta Mediterranea e ritenendo che non siano state sufficientemente studiate circa la loro influenza sulla prevenzione delle cardiopatie, sarebbe utile promuovere un progetto di studio teso a verificare, su un'ampia popolazione, questi effetti.
Questo seminario mira ad approfondire le tematiche sopra accennate avvalendosi del contributo di esperti che operano nei diversi segmenti della filiera delle leguminose da granella.

The Workshops and its aim

This seminar was held in 2016 in coincidence with the World Food Day (http://www.fao.org/world-food-day/home/en/) and was aimed to discuss about pulses and their importance for mankind.
The decision was also due to the fact that in Italy, while recognizing the importance of plant proteins for human and animal nutrition, the cultivation of pulses have suffered a drastic decline in recent decades in favor of other species and in particular cereals. This is mainly due to the unsatisfactory productivity.
The observation that the genetic improvement seems insufficient for many pulses (with the only exception of soybean) should stimulate to present a project for the expansion of these crops in the Mediterranean.
Moreover, bearing in mind that the grain legumes are the basis of so-called Mediterranean diet and believing that their influence on heart disease prevention has not been sufficiently studied, it would be useful to promote a research aimed at verifying, on a large population, such a phenomenon.
This seminar aims to address the abovementioned issues with input from experts working in the various segments of the supply chain of pulses.

LEGUMINOSE DA GRANELLA NEL MONDO E IN ITALIA – ASPETTI ECONOMICI

Pulses in the world and in Italy – economical aspects

Dario Frisio[1] e Vera Ventura[1]

1 DEMM - Università degli Studi di Milano
*Per la corrispondenza: dario.frisio@unimi.it

Riassunto
Dall'analisi delle serie storiche dal 1961 ad oggi, viene delineato il ruolo attuale e pregresso delle leguminose in ambito nazionale e mondiale con riferimento all' importanza delle diverse specie, produzioni, consumi e commercio mondiale. Emerge l'incapacità del sistema agricolo italiano di intercettare la ripresa della domanda sviluppatasi a partire dalla seconda metà degli anni ottanta, per cui il fabbisogno nazionale è coperto in larga parte da importazioni.

Summary
An analysis of time series from 1961 outlines the role of pulses national and international context. Production, consumption and world trade and relevance of different species are highlighted and discussed. The inability of the Italian agricultural system to intercept the recovery of demand from the second half of the eighties is apparent and by consequence the national needs are met largely by imports.

Il quadro generale: un percorso di crescita discontinuo

Nel biennio 2013-14 la produzione mondiale di leguminose da granella è arrivata al massimo storico con circa 77,6 milioni di tonnellate realizzate. Questo risultato giunge al termine di un periodo pressoché costante di crescita iniziato a metà dello scorso decennio: dopo aver superato nel 2005 la quota di 60 milioni di tonnellate, in soli cinque anni è stata oltrepassata anche quella dei 70 milioni. In soli dieci anni, tra il 2005 e il 2014, l'incremento è risultato quindi superiore al 29%, raddoppiando la velocità di crescita rispetto al ventennio precedente. In realtà il balzo in avanti realizzato nell'ultimo decennio non è unico nella storia più recente; anche negli anni ottanta dello scorso secolo, infatti, la produzione mondiale, dopo un ventennio di sostanziale stagnazione con oscillazioni intorno ai 45 milioni di tonnellate e una contrazione a 40 milioni nella parte finale, prese a crescere passando da 45,5 a 55,3 milioni di tonnellate tra il 1981 e il 1991, con un momentaneo picco di 59,2 milioni nel 1990, realizzando un tasso di crescita superiore al 21%. Questi balzi in avanti appaiono analoghi come intensità, ma differiscono in misura significativa come componente principale: più strettamente legato all'aumento delle rese medie unitarie il primo, maggiormente dipendente dall'espansione delle superfici coltivate quello più recente (Figura 1).
Nel 2014, a livello mondiale, le superfici coltivate a leguminose da granella hanno infatti superato gli 85 milioni di ha, raggiungendo il massimo storico dell'ultimo mezzo secolo, ovvero da quando esistono statistiche continuative e sufficientemente attendibili[1], e probabilmente dall'inizio

[1] Così come per le altre coltivazioni, la Banca Dati FAO riporta le statistiche annuali dei principali aggregati (superfici, produzioni, rese, import, export, disponibilità, consumi, ecc.) relativi alle leguminose da granella a partire dal 1961. I

dell'agricoltura stessa. All'inizio degli anni sessanta dello scorso secolo esse ammontavano a poco meno di 69 milioni di ha e arrivarono a superare la soglia dei 70 milioni nel biennio 1963-64. Successivamente andarono incontro a un progressivo declino fino a scendere a poco più di 60 milioni di ha nel 1979 per poi tornare sui livelli iniziali a partire dalla seconda metà degli anni ottanta, livelli mantenuti con limitate variazioni fino all'inizio del nuovo millennio. Solo a partire dal 2002 le superfici coltivate si sono mantenute stabilmente al di sopra della soglia dei 70 milioni di ha e soltanto negli ultimi anni hanno iniziato un percorso di solida crescita, arrivando a oltrepassare la soglia degli 80 milioni nel 2011. L'incremento messo a segno pari a circa il 33% tra il 1961 e il 2014, è quindi attribuibile per circa due terzi solamente all'ultimo quinquennio.
Per quanto riguarda le rese, invece, per tutti gli anni sessanta e settanta dello scorso secolo esse oscillarono tra 0,6 e 0,7 t/ha, con una media pari a 0,66 t/ha, livello già raggiunto nel 1962; evidenziando lo scarso impatto iniziale della *green revolution* su questo gruppo di colture. Nei successivi anni ottanta, invece, le rese medie unitarie aumentarono circa del 20%, passando da 0,71 a 0,86 t/ha tra il 1982 e il 1990, e costituirono perciò la componente principale del balzo in avanti delle produzioni mondiali, pesando per il 74% sul risultato conseguito. Successivamente e fino alla seconda metà dello scorso decennio hanno sempre oscillato tra 0,8 e 0,85 t/ha, scendendo sotto la soglia di 0,8 t/ha solo in tre annate. Negli ultimi sei anni, ovvero tra il 2009 e il 2014, hanno superato per quattro volte la soglia di 0,9 t/ha, toccando un massimo pari a 0,94 t/ha sia nel 2012 che nel 2013 e scendendo a un minimo di 0,86 t/ha nel 2011. Il balzo in avanti della produzione mondiale nell'ultimo decennio è perciò in parte attribuibile anche all'incremento delle rese, ma la componente principale è stata l'espansione delle superfici coltivate che ha pesato per il 63,3% sul risultato conseguito.

Evoluzione per aree di sviluppo economico[2]

Nel 2011 il principale produttore mondiale era l'India con 17,6 milioni di t/ha, pari al 26% del totale, seguita da Myanmar, 7,8%, Cina, 6,8%, e poi, nell'ordine con quote comprese tra il 5,7% e il 3,1%, da Canada, Brasile, Australia, Russia, Etiopia, Nigeria e Niger. Tra questi primi dieci paesi, che concentravano due terzi dell'intera produzione mondiale, soltanto Canada e Australia producono principalmente per il mercato esterno, mentre l'India, il Brasile e i tre paesi africani riservano quasi esclusivamente al consumo interno quanto prodotto.

---

dati riportati sono stati oggetto di alcune critiche in quanto appaiono a volte incompleti e, soprattutto, soprattutto tendono a sottostimare le produzioni per autoconsumo, che assumono un certo rilievo nel caso delle leguminose da granella e in particolare nei paesi più poveri. L'attenzione dedicata a queste colture è comunque aumentata nel tempo; basti pensare che ancora alla fine degli cinquanta dello scorso secolo il Report annuale "State of Food and Agriculture" (edito per la prima volta nel 1947) non vi dedicava spazio a differenza di altri gruppi di coltivazioni (cereali, zucchero, frutta fresca e secca, oleaginose, piante da fibra, tabacco, ecc.).

[2] Developed/Advanced =Economie sviluppate/avanzate: 39 paesi secondo la definizione del Fondo Monetario Internazionale; Economie in transizione: nazioni dell'Europa Centrale e Orientale e di altre parti del mondo in passato ad economia socialista; NIC (Newly Industrialized Countries) = paesi di nuova industrializzazione: 10 paesi (Cina, India, Indonesia, Malesia, Filippine, Thailandia, Turchia, Messico, Brasile e Sud Africa) con rapida crescita dell'economia e in particolare del settore industriale; Emerging Economies/Markets = Economie/Mercati Emergenti: altri paesi dell'America Latina e dell'Asia in fase di rapido sviluppo economico; LDC = Least Developed Countries, paesi con reddito medio pro-capite inferiore a 1 dollaro/giorno; PVS = Paesi in Via di Sviluppo: paesi con ecnomie ancora poco sviluppate ma con reddito medio pro-capite superiore a 1 dollaro/giorno.

Tenuto conto di questa graduatoria, per il carattere di bene sostitutivo "inferiore" dei prodotti di origine animale per quanto riguarda l'apporto proteico nella dieta alimentare, il quadro evolutivo sopra evidenziato può trovare ulteriori chiavi di interpretazione suddividendone le variabili prese in considerazione per gruppi di paesi individuati in relazione al livello di sviluppo economico (Tabella 1).

Tale caratteristica emerge in modo evidente, ma in parte anche sorprendente, esaminando l'evoluzione delle superfici coltivate. LDC e PVS, i due gruppi di paesi più poveri, mostrano una progressiva espansione delle superfici coltivate a leguminose da granella da porre in relazione con la necessità di soddisfare, sia pure in modo insufficiente, il fabbisogno proteico di una popolazione in costante crescita e con una dieta quasi esclusivamente vegetale. All'inizio degli anni sessanta dello scorso secolo questi due gruppi coltivavano circa 10 milioni di ha a leguminose da granella, con una leggera prevalenza degli LDC sui PVS e una quota complessiva sul totale mondiale pari al 15%; alla fine degli anni ottanta, mentre le superfici mondiali rimanevano pressoché inalterate, arrivarono a 15 milioni di ha, 22% del totale, di cui 9,2 negli LDC. All'inizio di questo decennio, infine, pur in presenza di un aumento globale delle superfici coltivate, essi sono arrivati a concentrarne quasi il 40%, con gli LDC a 22 milioni di ha (oltre quattro volte la superficie di 50 anni addietro) e i PVS a 10. Viceversa, sia i NIC che gli Emerging Markets sono andati incontro a una progressiva, sia pur lieve, contrazione delle superfici; i NIC rimangono il gruppo principale, concentrando il 45% del totale mondiale nel triennio 2011-13, ma hanno perso circa 3 milioni di ha rispetto al triennio 1961-63 e dieci punti di peso relativo; gli Emerging Markets a partire dalla fine degli anni ottanta sono scesi da 3,5 a 3,1 milioni di ha, riducendo il proprio contributo relativo dal 5% al 3%. Anche questi due gruppi presentano una crescita demografica sostenuta, tuttavia il percorso di sviluppo economico intrapreso ha determinato, salvo significative eccezioni come nel caso dell'India, un aumento del consumo alimentare di prodotti di origine animale. Ancor più drastico è il calo fatto segnare dalle economie in transizione; in questo caso le superfici a leguminose da granella erano già scese da 11,1 a 7,7 milioni di ha prima della svolta del 1989; successivamente il crollo del sistema agricolo pre-esistente e il percorso di sviluppo intrapreso hanno determinato un vero e proprio crollo, portando le superfici ad appena 2,8 milioni di ha; conseguentemente il peso relativo di questo gruppo che nel triennio 1961-63 arrivava al 16% è sceso dapprima all'11% per poi precipitare al 3% nel triennio 2011-13. Rispetto a quanto sopra evidenziato, ovvero al calo di importanza relativa delle leguminose da granella al crescere dello sviluppo economico, l'evoluzione delle superfici coltivate nei paesi industrializzati sembra in contraddizione: rimaste stabili intorno a 4,6-4,7 milioni di ettari tra l'inizio degli anni sessanta e la fine degli anni ottanta del secolo scorso , esse sono aumentate negli ultimi anni arrivando a 6,9 milioni di ha nel triennio 2011-13 e portando il peso relativo del gruppo sul totale mondiale dal 7% al 9%. In realtà quanto osservato nell'ultimo mezzo secolo è solo la coda di un'evoluzione più lunga e che già aveva portato a una rilevante riduzione delle superfici coltivate in relazione a uno sviluppo economico realizzato o in via di consolidamento (come nel caso dell'Italia); negli ultimi 50 anni le superfici sono rimaste stabili e poi sono cresciute per una serie di motivi di diverso carattere: da quelli agronomici alla realizzazione di produzioni export-oriented (in Canada e Australia soprattutto), fino agli incentivi messi a disposizione dalle politiche agrarie per svariate ragioni (sostenibilità della produzione agricola, ambiente, aumento dell'autosufficienza proteica vegetale, ecc.).

L'evoluzione delle rese medie unitarie porta invece a una netta contrapposizione tra paesi industrializzati ed economie in transizione da una parte e i rimanenti gruppi dall'altra. Rispetto alla media mondiale, infatti, i primi due gruppi si collocano costantemente a un livello superiore: così nel 1961-63 rispetto a una media mondiale di 0,6 t/ha i paesi industrializzati arrivavano a 0,9 e i paesi allora ad economia socialista a 0,7 t/ha; lo scarto aumentò in modo consistente durante gli anni ottanta, vuoi per i programmi di miglioramento varietale e gestionale nei paesi occidentali vuoi per l'utilizzo massivo di mezzi produttivi negli altri, portandone le rispettive rese medie a 1,8 e a 1,2 t/ha a fronte di 0,8 t/ha a livello mondiale. Successivamente le rese medie sono cresciute in modo marginale nei paesi industrializzati, mentre nelle economie in transizione sono arrivate a 1,5 t/ha nel 2011-13 rispetto a una media mondiale anch'essa in lieve incremento. Viceversa gli altri gruppi sono rimasti costantemente sotto la media mondiale o al più allo stesso livello; va tuttavia evidenziato come i PVS, che partivano da rese medie unitarie di 0,4 t/ha all'inizio degli anni sessanta, siano arrivati a colmare il gap con la media mondiale, pareggiandola nel triennio 2011-13 con 0,9 t/ha. Conseguentemente, se le rese medie unitarie mondiali in 50 anni sono aumentate del 43%, quelle dei paesi industrializzati, delle economie in transizione e dei PVS sono più che raddoppiate, mentre quelle degli LDC evidenziano tassi di crescita in linea con l'andamento medio generale, invece quelle degli Emerging Markets e dei NIC presentano tassi di incremento più contenuti e pari, rispettivamente al 33% e al 22%, evidenziando una limitata capacità o forse una scarsa attenzione verso programmi di miglioramento genetico o di tecnica colturale.
Dalla combinazione di questi due fattori deriva l'evoluzione delle produzioni di leguminose da granella nei diversi gruppi di paesi. I paesi industrializzati hanno realizzato un incremento produttivo molto consistente passando da 41,1 milioni di tonnellate nel 1961-63 a 86,8 nel triennio 1986-88 fino a 130,4 milioni di tonnellate nel 2011-13; nei due sottoperiodi l'incremento assoluto è stato simile, ma nel primo è dipeso principalmente dall'aumento delle rese, mentre nel secondo è attribuibile quasi esclusivamente all'espansione delle superfici coltivate. Anche PVS e LDC hanno realizzato significativi incrementi passando, rispettivamente, da 20,1 a 88,5 e da 30,2 a 172,5 milioni di tonnellate, con un'accelerazione consistente nella seconda parte del periodo preso in considerazione; in entrambi i casi, ma soprattutto per gli LDC, la componente principale della crescita è stata l'incremento delle superfici coltivate. Per NIC ed Emerging Markets la crescita è stata molto ridotta, inferiore a venti punti percentuali in 50 anni, ma è stata resa possibile dal pur limitato aumento delle rese che ha comunque consentito di controbilanciare la riduzione delle superfici. Viceversa nelle economie in transizione, pur in presenza di tassi di crescita delle rese unitarie molto elevati, il vistoso calo delle superfici coltivate ha determinato un crollo produttivo e la produzione è scesa da 95,4 a 43,3 milioni di tonnellate tra la fine degli anni ottanta e l'inizio di questo decennio. Conseguentemente il peso relativo dei diversi gruppi è notevolmente mutato in mezzo secolo: i paesi industrializzati sono saliti dal 9% al 19%, i PVS dal 5% al 12% e gli LDC dal 7% al 23%, mentre gli Emerging Markets sono scesi dal 5% al 3%, i NIC dal 57% al 38% e i paesi in transizione dal 17% al 6%.

Le principali specie coltivate

Tra le leguminose da granella il fagiolo, nelle sue molteplici varietà, è la specie maggiormente coltivata a livello mondiale: nel triennio 2011-13 occupava mediamente 29,5 milioni di ha, pari al

37% del totale, di cui oltre la metà coltivata nei paesi NIC. Seguivano nell'ordine: cece, con il 16%, anch'esso in prevalenza nei NIC, fagiolo dell'occhio, con il 14%, quasi esclusivamente nei PVS e LDC, pisello, 9%, prevalentemente nei paesi sviluppati, caiano, lenticchia e fava, rispettivamente con il 7%, il 5% e il 3%, tutti concentrati soprattutto nei NIC. Di minore importanza il lupino, la veccia e il fagiolo bambara, i primi due prevalentemente nei paesi di maggior reddito, il terzo in quelli più poveri.

Nel primo decennio del nuovo secolo, in corrispondenza con la forte espansione complessiva delle leguminose, la dinamica più accentuata ha riguardato cece e caiano, con incrementi della superficie coltivata superiori al 30%, intorno alla media quella di lenticchia e fagiolo dell'occhio, +16% e +15%; inferiore alla media ma comunque positivo è stato l'andamento di fagiolo e pisello, +11% e +12%, mentre soltanto la fava ha subito un deciso ridimensionamento facendo segnare un calo del 10%.

Sul piano delle rese la specie mediamente più produttiva è la fava, 1,8 t/ha, seguita dal pisello, 1,6 t/ha, mentre tra le altre principali specie coltivate solo la lenticchia supera la soglia della tonnellata per ettaro. Il fagiolo dell'occhio evidenzia le rese più basse, appena 0,6 t/ha, tuttavia è la specie che nell'ultimo ventennio ha mostrato la crescita maggiore con un balzo quasi del 90% rispetto all'inizio degli anni novanta dello scorso secolo. Le rese di cece e lenticchia sono aumentate di oltre il 30%, mentre quelle di fagiolo e fava presentano un incremento del 24-25%, intorno alla media quella del caiano, +15%; soltanto il pisello sembra presentare seri problemi di miglioramento genetico, ma soprattutto un'elevata influenza degli stress biotici (funghi, batteri, virus, insetti), tanto che nello stesso periodo la resa media è scesa dell'11% (Tabella 2).

Conseguentemente le produzioni delle principali specie sono tutte aumentate nel primo decennio di questo secolo, ma con intensità e componenti diverse: incrementi superiori al 50% si segnalano per fagiolo dell'occhio, lenticchia e cece, grazie soprattutto all'incremento delle rese per le prime due specie, mentre per il cece la crescita è dipesa prevalentemente dall'espansione delle superfici coltivate; l'incremento produttivo del caiano è risultato intorno al 40%, anche in questo caso in massima parte per l'incremento delle superfici coltivate, così come per il fagiolo, in crescita del 19%. La produzione mondiale di pisello è invece cresciuta del 10%, poiché l'incremento delle superfici ha compensato il calo delle rese, viceversa per la fava l'incremento delle rese ha controbilanciato la diminuzione delle superfici determinando un lieve incremento produttivo, +3%.

Nel 2014 la produzione complessiva di leguminose da granella per circa un terzo è data dai fagioli e per il 17% dai piselli, seguono le lenticchie con il 9%, mentre le rimanenti quattro principali specie apportano ciascuna circa il 6-7% della produzione.

Il commercio internazionale

Le leguminose da granella concentrano una frazione minima del commercio internazionale agricolo: nel 2013 rispetto a un valore complessivo dell'export mondiale pari a quasi 1.400 miliardi di dollari, le esportazioni di leguminose da granella infatti non arrivavano a 100 miliardi di dollari, pari allo 0,7%. In mezzo secolo tuttavia il peso relativo è quasi raddoppiato, poiché nel 1961 era pari allo 0,4%. Le esportazioni sono aumentate progressivamente passando da poco più di 1 milione di tonnellate di inizio anni sessanta a oltre 2 milioni all'inizio degli anni ottanta, per poi giungere a oltrepassare la soglia dei 5 milioni di tonnellate già a metà dello stesso decennio e quella dei 10

milioni nel 2006, fino ad arrivare a 13,7 milioni di tonnellate nel 2013. A tale crescita, soprattutto nell'ultimo ventennio, è corrisposto un continuo incremento della quota di produzione avviata al commercio internazionale.. La quota era appena del 3% all'inizio degli anni sessanta dello scorso secolo e, pur crescendo, si è mantenuta inferiore al 5% fino alla seconda metà degli anni settanta; successivamente ha iniziato a aumentare più rapidamente arrivando al 10% alla fine degli anni ottanta e al 15% all'inizio del nuovo secolo, toccando il valore massimo del 19% sia nel 2009 che nel 2011, mentre nel 2013 si è attestata al 18% (Figura 2).
Nel 2013 sul totale delle esportazioni mondiali il contributo maggiore era dato dai piselli e dai fagioli, rispettivamente con il 34% e il 29%; seguivano le lenticchie, con il 20%, i ceci, con il 12%, e le fave, con il 5%. Le altre principali specie, fagiolo dell'occhio e caiano, non incidono sulle esportazioni poiché vengono avviate esclusivamente al consumo interno nei paesi, per lo più poveri, in cui vengono coltivate. La quota di produzione esportata è invece particolarmente elevata nel caso delle lenticchie, 50%, e dei piselli, 40%, scende al 17% per fave e fagioli, mentre è appena del 12% per i ceci (Tabella 3).
Il principale fornitore del mercato mondiale è il Canada che esporta quasi 5 milioni di tonnellate, principalmente piselli e lenticchie di cui è leader assoluto, pari al 36,5%, e che ha come clienti principali l'India e la Cina, cui si dirigono rispettivamente il 39% e il 16% delle sue esportazioni. Seguono Australia, leader per l'export di ceci, e Myanmar, leader nel comparto dei fagioli, entrambi con quote intorno al 10% ed esportazioni dirette principalmente verso il mercato dell'Asia Meridionale (India, Pakistan, Bangladesh, Sri Lanka). Gli USA si collocano al quarto posto, con circa l'8%, portando la concentrazione complessiva dei primi quattro paesi al 65%, quota che si eleva all'86% prendendo in considerazione i primi dieci esportatori che comprendono anche Cina, Russia, India, UE a 27 (con il 3,3%), Etiopia e Turchia.
Il principale cliente del mercato mondiale è invece l'India che da sola importa il 27% del totale delle leguminose da granella ed è leader per quanto riguarda piselli, fagioli, lenticchie e ceci. Al secondo tra gli importatori, con il 10% circa, coabitano Cina e UE a 27, segue il Bangladesh, con il 6,5% e poi un gruppo di sei paesi tutti intorno al 3%: Egitto, Emirati Arabi, Pakistan, Brasile, USA e Turchia. La concentrazione dell'import, così come per tutti i mercati agricoli, è inferiore a quella dell'export, ma comunque ragguardevole: 50% per i primi quattro paesi importatori, 68% per i primi dieci.

Utilizzi e consumi: un caso esemplare per la legge di Engel

In economia la legge di Engel indica che la proporzione di reddito di una famiglia, e per estensione di un sistema economico, riservata all'alimentazione, e più in generale ai beni normali, diminuisce all'aumentare del reddito sia perché si arriva a saturazione sia perché subentrano nel paniere di consumo beni considerati di maggior pregio.
Il caso delle leguminose da granella è esemplificativo di questa legge in quanto il loro consumo con redditi bassi è prevalentemente destinato all'alimentazione umana per soddisfare le esigenze di assunzione proteica, mentre all'aumentare del reddito una parte significativa viene riservata all'alimentazione animale e cresce l'apporto proteico di origine zootecnica (latte, carne, uova).
Nelle sei aree di sviluppo economico prese in considerazione questo emerge anzitutto dalla destinazione delle quantità disponibili (produzione + import netto), infatti i paesi sviluppati e quelli

con economia in transizione ne riservano meno della metà per l'alimentazione umana, viceversa nelle economie emergenti e in quelle più povere la maggior parte è destinata al consumo umano. Dal bilancio si evidenzia poi come nei paesi più poveri, PVS e LDC, una quota notevole delle disponibilità, rispettivamente il 7% e il 9%, venga perso prima di arrivare all'utilizzo finale, evidenziando le ben nota necessità di investimenti in infrastrutture e in mezzi tecnici che possono limitare il fenomeno (tabella 4) (figure 3 e 4).
La legge di Engel viene poi confermata in modo molto chiaro dall'andamento dei consumi pro-capite nell'ultimo mezzo secolo con particolare riferimento per le aree in fase di sviluppo economico (NIC ed economie emergenti). Nei paesi sviluppati, infatti, già nel 1961 il consumo pro-capite era ridotto a 3,5 kg/anno, è sceso a meno di 3 kg tra la seconda metà degli anni settanta e le prima metà degli anni ottanta, per poi risalire fino ai livelli iniziali entrando in una fase di rivitalizzazione del prodotto in relazione a una maggiore percezione dei suoi attributi dietetici e salutistici. Nelle aree più arretrate, LDC e PVS, invece il consumo pro-capite è addirittura aumentato passando rispettivamente da 8 a 11,2 e da 6,3 a 8,6 kg/anno, grazie all'aumento della produzione precedentemente descritto, pur in presenza di una popolazione in forte crescita. Nelle economie in transizione si partiva da un consumo medio pro-capite superiore ai 4 kg/anno sceso a meno di 2 kg/anno nel corso degli anni ottanta e soprattutto durante la crisi degli anni novanta, con un minimo di 1,5 nel 2000, per poi risalire a 2 kg/anno negli ultimi anni. Viceversa nelle altre aree il consumo è significativamente diminuito in relazione all'aumento del reddito medio. Così nelle economie emergenti il consumo è sceso progressivamente da 6 a 4 kg/anno/pro-capite e nei NIC addirittura da 15 a 8 kg/anno, mentre a livello mondiale è sceso da 9 a 7 kg.
Questa evidenza trova poi ulteriore conferma nel contributo dato dalle leguminose all'apporto proteico complessivo sceso a livello medio mondiale dal 9 al 5%, ma rimasto quasi inalterato sia nelle economie più povere, 11% negli LDC e 7% nei PVS, che nei paesi sviluppati, 2%. Viceversa si è ridotto dal 2% all'1% nelle economie in transizione, paesi in cui il consumo di leguminose è sempre stato marginale per cultura e tradizione, ma soprattutto dal 7% al 4% nelle economie emergenti e dal 19% al 5-6% nei NIC.

Le leguminose da granella in Italia

A questa traiettoria di consumo non è sfuggita l'Italia dove negli anni precedenti la seconda guerra mondiale il consumo pro-capite superava abbondantemente i 10 kg/anno, nel periodo post-bellico oscillava invece intorno ai 6 kg, ma prese a scendere nel corso degli anni sessanta, sia per la crescita del reddito medio che per un effetto sostituzione dato dal crescente consumo di carne e di altri prodotti di origine zootecnica. Il fondo venne toccato nella seconda metà degli anni settanta e nella prima metà degli anni ottanta con consumi ridotti a meno di 4 kg/anno/pro-capite, successivamente anche in Italia i consumi sono ripresi per una rivitalizzazione del prodotto ritornando intorno a 5 kg. Allo stesso tempo la quota di apporto proteico scesa dal 4% di inizio anni sessanta fino a un minimo del 2% è risalita al 3% negli ultimi anni (Figure 5 e 6).
Ancor più consistente tuttavia è stato il calo di importanza delle leguminose da granella nell'agricoltura italiana; la superficie coltivata che prima della II guerra mondiale superava 1,3 milioni di ha e che ancora nel 1961 era quasi esattamente pari a 1 milione di ha, di cui oltre il 50% a fava e il 36% a fagiolo, ha poi iniziato un rapido declino: meno di 500 mila ha coltivati a partire dal

1971, meno di 200 mila dal 1985, sotto i 100 mila dal 1994, per attestarsi intorno ai 70 mila ha successivamente. Nel 2015 sono stati coltivati 67 mila ha, di cui 42 mila a fava e 11 mila a cece, mentre le altre specie non raggiungono i 10 mila ha (Figura 7).

Nonostante l'aumento delle rese, triplicato negli ultimi 60 anni passando da 0,6 a 1,8 t/ha, anche le produzioni sono così precipitate dalle 800 mila tonnellate degli anni cinquanta dapprima alle 600 mila di fine anni sessanta, a meno di 400 mila nella seconda metà degli anni settanta, fino alle 122 mila tonnellate prodotte nel 2015.

Attualmente il 52% della superficie e il 51% della produzione è concentrato nel Mezzogiorno, mentre il Centro Italia coltiva il 35% della superficie e produce circa il 30% del totale nazionale. La coltivazione è pressoché scomparsa nel Nord Italia, e in particolare nel Nord Est dove conta appena 500 ha nel 2015.

Il sistema agricolo italiano non è quindi riuscito a intercettare la ripresa della domanda sviluppatasi a partire dalla seconda metà degli anni ottanta e il fabbisogno nazionale deve perciò essere coperto in larga parte da importazioni. Nel 2015, in particolare, le importazioni nette sono risultate pari a 289 mila tonnellate, con un deficit di oltre 200 milioni di euro, mentre il tasso di autosufficienza nell'ultimo triennio è rimasto costantemente sotto il 30% (Tabella 5).

Le leguminose da granella possono però ritrovare un proprio ruolo nel panorama dell'agricoltura italiana, in particolare come possibilità di scelta nell'ambito del *greening*, ma a condizione di arrivare a *performance* produttive competitive che ne rendano economicamente sostenibile la scelta. Tale condizione può però essere raggiunta solo attraverso ricerca e innovazione e quindi adeguati finanziamenti.

Bibliografia

Akibonde S. and Maredia M. (2011). Global and regional trends in production, trade and consumption of food legume crops. 83 pp. East Lansing, MI, USA: Department of Agricultural, Food and Resource Economics, Michigan State University.

Evenson R.E., Gollin D. (2003). Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. Science, Vol. 300, Issue 5620, pp. 758-762.

FAOSTAT database 2016. (http://faostat.fao.org/)

Nedumaran S, Abinaya P, Jyosthnaa P, Shraavya B, Parthasarathy Rao and Cynthia Bantilan. 2015. Grain Legumes Production, Consumption and Trade Trends in Developing Countries. Working Paper Series No 60. ICRISAT Research Program, Markets, Institutions and Policies.

Tabella 1 -Superfici, produzioni e rese delle leguminose da granella per aree di sviluppo economico.

AREE	SUPERFICI (milioni ha)				PRODUZIONI (milioni t)				RESE (t/ha)			
	1961-63	1986-88	2011-13	2014	1961-63	1986-88	2011-13	2014	1961-63	1986-88	2011-13	2014
LDC	5,4	9,2	22,0	22,5	3,0	5,1	17,2	18,0	0,6	0,6	0,8	0,8
PVS	4,6	5,9	10,0	10,5	2,0	3,4	8,8	7,2	0,4	0,6	0,9	0,7
Emerging Markets	3,4	3,5	3,0	2,9	2,2	2,9	2,6	2,7	0,7	0,8	0,9	1,0
NIC	39,6	37,6	36,4	39,7	25,1	24,3	28,1	30,9	0,6	0,6	0,8	0,8
TRANSITION	11,1	7,7	2,8	2,8	7,4	9,5	4,3	4,9	0,7	1,2	1,5	1,7
DEVELOPED	4,6	4,7	6,9	7,4	4,1	8,7	13,0	13,9	0,9	1,8	1,9	1,9
WORLD	68,7	68,5	81,1	85,6	43,8	54,0	74,1	77,6	0,6	0,8	0,9	0,9

Fonte: elaborazione degli autori su dati FAO

Tabella 2 - Superfici, produzioni e rese delle leguminose da granella per specie.

Specie	SUPERFICI (milioni ha)				PRODUZIONI (milioni t)				RESE (t/ha)			
	1961-63	1991-93	2011-13	2014	1961-63	1991-93	2011-13	2014	1961-63	1991-93	2011-13	2014
Fagioli	23,4	25,5	29,5	30,1	11,6	16,4	23,5	25,1	0,5	0,6	0,8	0,8
Fave	5,5	2,2	2,4	2,4	5,5	3,2	4,4	4,3	1,0	1,4	1,8	1,8
Ceci	12,0	10,3	13,2	14,8	7,3	7,2	12,2	14,2	0,6	0,7	0,9	1,0
Fagioli dall'occhio	3,1	7,6	11,4	12,5	1,0	2,5	7,1	5,6	0,3	0,3	0,6	0,4
Lenticchie	1,6	3,3	4,3	4,5	0,9	2,7	4,8	4,9	0,6	0,8	1,1	1,1
Piselli	10,4	7,5	6,8	6,9	10,1	13,5	10,9	11,3	1,0	1,8	1,6	1,7
Caiano (Pigeon peas)	2,7	4,2	5,9	6,7	1,8	2,7	4,3	4,9	0,7	0,6	0,7	0,7
Altre leguminose	10,0	8,1	7,5	7,7	5,7	6,1	6,8	7,3	0,6	0,8	0,9	0,9
TOTALE	68,7	68,5	81,1	85,6	43,8	54,0	74,1	77,6	0,6	0,8	0,9	0,9

Fonte: elaborazione degli autori su dati FAO

Tabella 3 - Principali paesi esportatori e importatori mondiali di leguminose da granella nel 2013.

Export				
Rank	Paese	Milioni t	%	% cumul.
1	Canada	5,0	36,5%	36%
2	Australia	1,4	10,3%	47%
3	Myanmar	1,4	10,1%	57%
4	USA	1,2	8,5%	**65%**
5	Cina	0,8	6,1%	72%
6	Russia	0,5	3,8%	75%
7	UE 27	0,4	3,3%	79%
8	India	0,4	3,0%	82%
9	Etiopia	0,3	2,5%	84%
10	Turchia	0,2	1,7%	**86%**
	Mondo	**13,7**	100,0%	

Import				
Rank	Paese	Milioni t	%	% cumul.
1	India	3,3	26,7%	27%
2	Cina	1,1	8,5%	35%
3	UE 27	1,0	8,3%	43%
4	Banglades	0,8	6,5%	**50%**
5	Egitto	0,4	3,5%	53%
6	Emir. Arab	0,4	3,1%	57%
7	Pakistan	0,4	3,0%	60%
8	Brasile	0,4	3,0%	63%
9	USA	0,3	2,7%	65%
10	Turchia	0,3	2,6%	**68%**
	Mondo	**12,5**	100,0%	

Fonte: elaborazione degli autori su dati FAO

Tabella 4 - Bilancio di approvvigionamento e utilizzo delle leguminose da granella per area di sviluppo economico nel 2011 (milioni di tonnellate).

AREE	Produ-zione	Import	Export	Variaz. Stock	Dispo-nibilità	Alimentazione		Sementi	Perdite	Altri usi
						umana	animale			
LDC	15,6	0,8	2,2	-0,5	13,7	8,5	2,6	0,9	1,2	0,5
PVS	6,2	2,0	0,3	0,4	8,4	6,7	0,5	0,4	0,6	0,1
Emerging Markets	2,8	1,5	0,7	0,1	3,7	2,9	0,4	0,2	0,1	0,0
NIC	28,1	5,2	1,6	0,2	31,8	25,0	4,2	1,4	1,1	0,0
TRANSITION	4,6	0,3	0,9	0,0	3,9	0,8	2,4	0,5	0,2	0,0
DEVELOPED	10,9	2,3	7,7	1,3	6,8	3,2	2,7	0,6	0,2	0,1
WORLD	68,1	12,1	13,5	1,5	68,2	47,2	12,9	4,0	3,5	0,7

Fonte: elaborazione degli autori su dati FAO

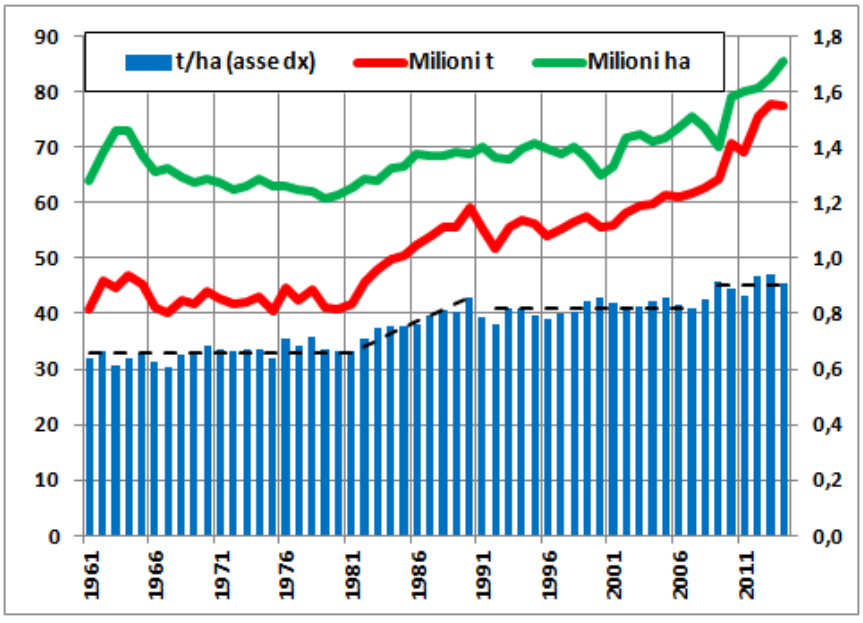
Tabella 5 - Le leguminose da granella in Italia [a].

Principali indicatori	*2000-02*	*2007-09*	*2010-12*	*2013*	*2014*	*2015*
Superfici (.000 ha)	67	76	71	62	62	67
Produzione (.000 t)	157	173	136	110	110	122
Importazioni nette (.000 t)	422	267	277	280	289	289
Importazioni nette (milioni euro)	140	133	167	202	228	216
Disponibilità interna (.000 t)	579	440	413	390	399	411
Tasso di autosufficienza [1]	27,1%	39,4%	32,9%	28,2%	27,5%	29,6%

Fonte: Elaborazioni degli autori su dati Istat (2014-15 provvisori).

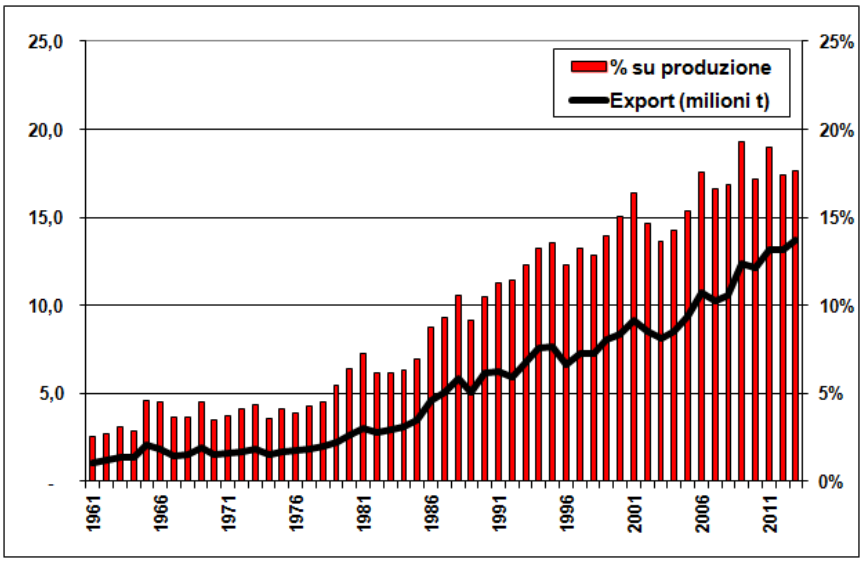
[1] Produzione/Disponibilità interna

[a] escluso pisello proteico



Anni	Superfici milioni ha	Produzioni milioni t	Rese t/ha
1961-63	68,7	43,8	0,64
1971-73	63,0	42,2	0,67
1981-83	63,6	45,0	0,71
1991-93	68,7	54,2	0,79
2001-03	70,2	57,9	0,82
2011-13	81,1	74,1	0,91
2014	85,6	77,6	0,91

Figura 1 - Superfici, produzioni e rese unitarie delle leguminose da granella nel mondo (1961-2014) (fonte: elaborazione degli autori su dati FAO).



2013	Milioni t		%
	Produz.	Export	Export
Piselli	11,5	4,6	40%
Fagioli	23,7	4,0	17%
Lenticchie	5,3	2,7	50%
Ceci	13,3	1,6	12%
Fave	4,3	0,7	17%
Sub-totale	58,1	13,7	24%
Altre	19,5	nd	nd
TOTALE	77,7	13,7	18%

Figura 2 - Commercio internazionale di leguminose da granella (1961-2013) (fonte: elaborazione degli autori su dati FAO).

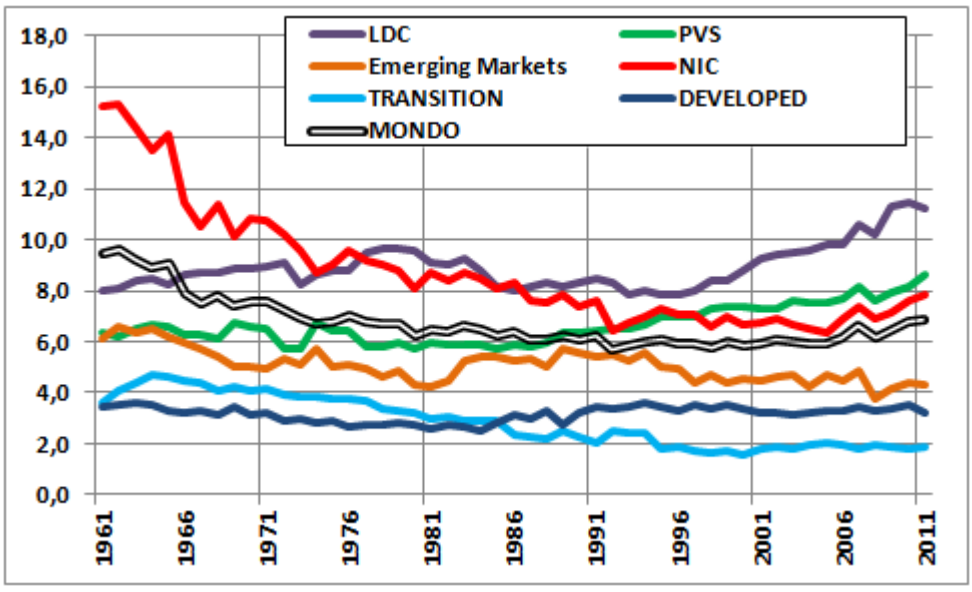


Figura 3 - Evoluzione dei consumi pro-capite di leguminose da granella per aree di sviluppo economico (kg/anno)(fonte: elaborazione degli autori su dati FAO).

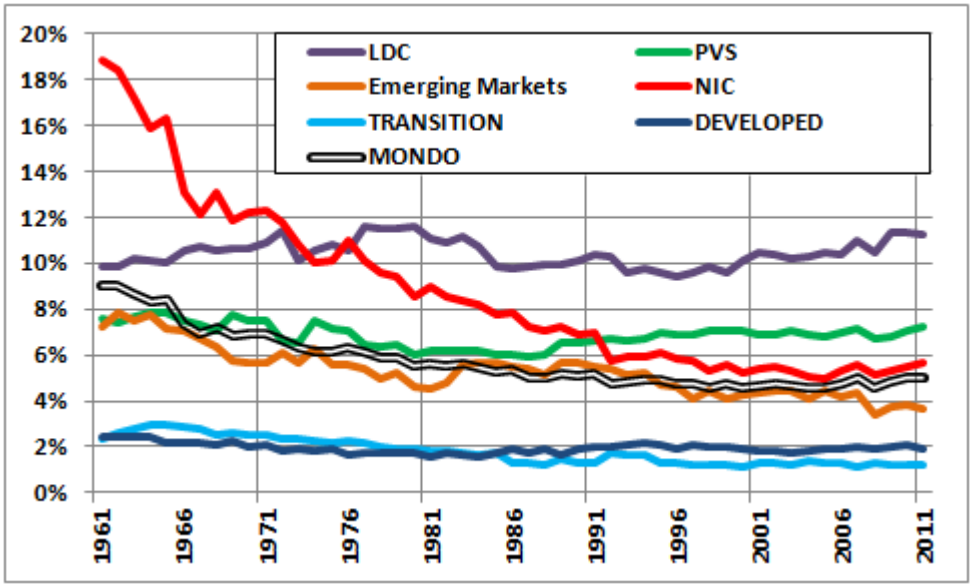


Figura 4 - Evoluzione del contributo % all'apporto proteico totale delle leguminose da granella per aree di sviluppo economico (fonte: elaborazione degli autori su dati FAO).

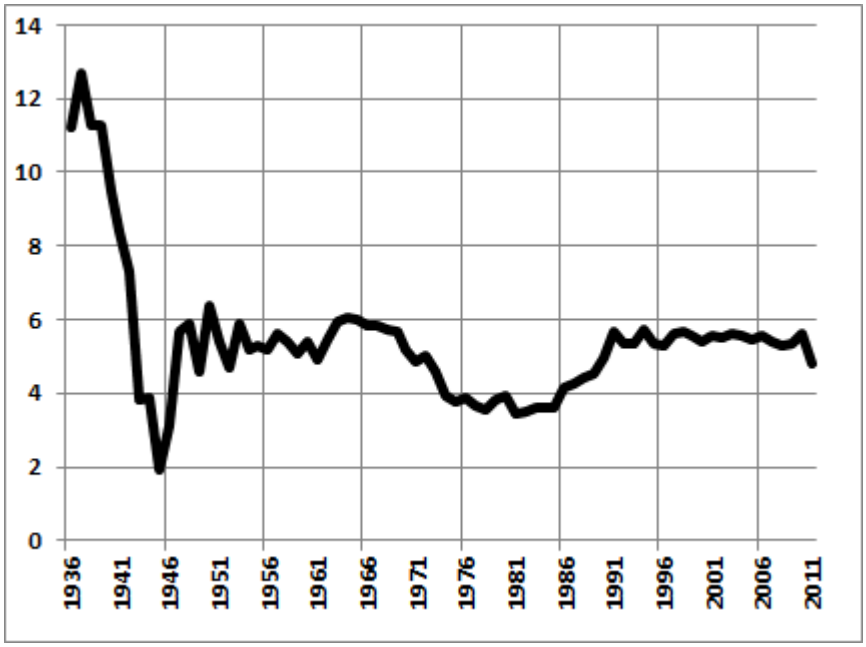


Figura 5 - Evoluzione dei consumi pro-capite di leguminose da granella in Italia dal 1936 al 2011 (kg/anno)(fonte: elaborazione degli autori su dati ISTAT e FAO).

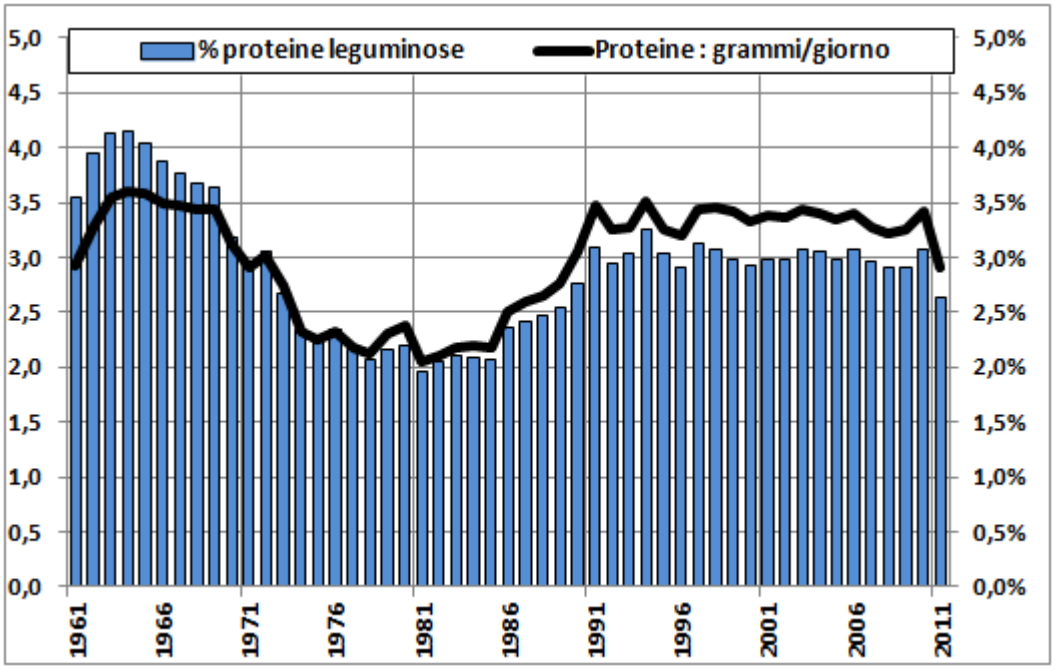


Figura 6 - Evoluzione del contributo % all'apporto proteico totale delle leguminose da granella in Italia (fonte: elaborazione degli autori su dati FAO).

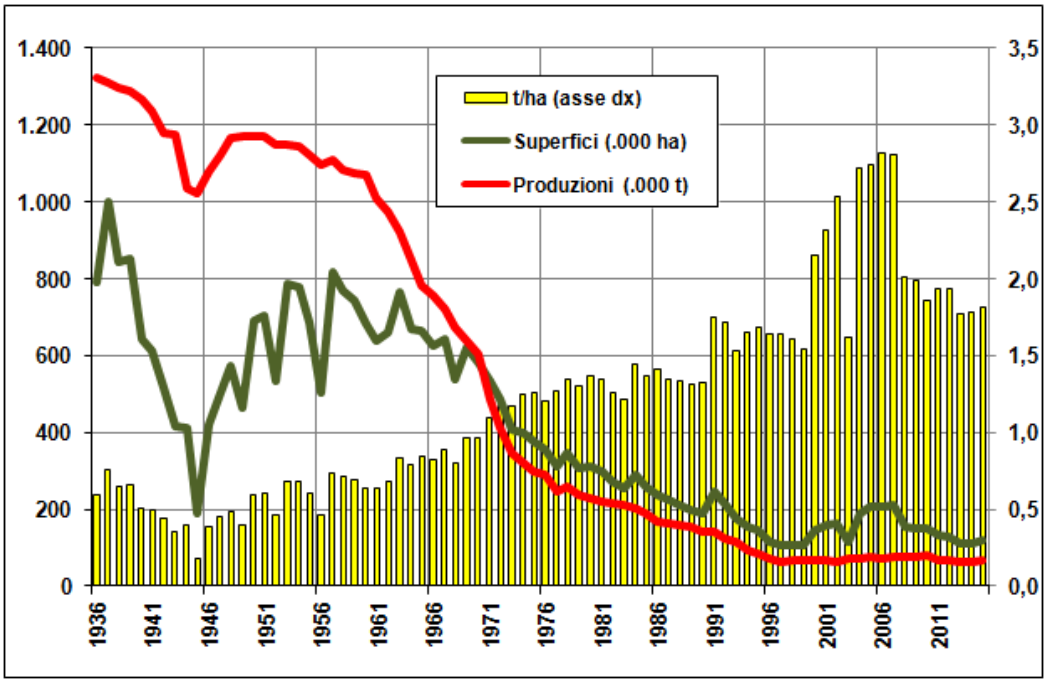


Figura 7 - Superfici, produzioni e rese unitarie delle leguminose da granella in Italia (1936-2015) (fonte: elaborazione degli autori su dati ISTAT).

NOTE STORICHE SULLE LEGUMINOSE DA GRANELLA
Historical notes on pulse crops

Luigi Mariani

Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura
Dipartimento di Scienze Agrarie e Alimentari - Università degli Studi di Milano
*Per la corrispondenza: luigimariani957@gmail.com

Riassunto
Il lavoro descrive l'evoluzione del rapporto fra uomo e leguminose dalla domesticazione alla rivoluzione verde. Le quattro civiltà (riso, frumento, mais e sorgo) avevano nel loro pacchetto di domesticazione una o più leguminose da granella. Tali colture hanno poi accompagnato le grandi civiltà agricole nell'intero percorso evolutivo e fino alla rivoluzione verde che vede la soia fra le sue principali protagoniste.

Abstract
The paper describes the evolution of the relationship between man and pulses from the domestication and up to the green revolution. The four civilizations (rice, wheat, corn and sorghum) had in their package of domestication one or more grain legumes. Moreover these crops accompanied the great agricultural civilizations in the entire evolutionary path until the green revolution which sees the soybean among its main protagonists.

Premessa

Un efficacissimo disegno che riproduce una pianta di fagiolino dell'occhio alias dolico (*Dolichos melanoftalmus* DC.) (**figura 1**) e che è tratto dai Discorsi di Pier Andrea Mattioli sull'opera di Dioscoride (1544) è un ottimo viatico per trattare delle leguminose (Fabaceae) e cioè di una fra le più grandi famiglie di piante vascolari, con 18000 specie riunite in 650 generi. Ad essa afferiscono piante erbacee, arboree o arbustive che hanno come tratti comuni il fiore papilionaceo, i semi contenuti in un frutto detto baccello o legume e la simbiosi radicale con batteri del genere Rizobium.

Le origini

I macrofossili collocano l'origine delle leguminose nel Terziario (Eocene) intorno a 60 milioni di anni orsono (Lavin et al., 2005) come attesta il macrofossile di un baccello con semi di *Podocarpium eocenicum* sp. nov. proveniente da un bacino carbonifero cinese afferente all'Eocene medio (Lutetiano - Bartoniano), fra 48 e 38 milioni di anni BP (Xu et al 2015). Questo ci rimanda a un'era geologica, l'eocene, con temperatura di 8 – 14°C superiore a quella attuale (**figura 2**) (https://en.wikipedia.org/wiki/Paleoclimatology) e con anidride carbonica intorno a 680 ppmv (Jagniecki et al, 2015).
Circa l'origine dei noduli radicali e della simbiosi con i rizobi non mi risulta l'esistenza di tracce fossili in grado di orientarci nel labirinto delle origini. Sappiamo però che i quattro ordini in cui è presente la simbiosi con microrganismi azotofissatori (Fabales in simbiosi con Rizobium; Rosales,

Cucurbitales, e Fagales in simbiosi con attinobatteri del genere Fankia) hanno un progenitore comune intorno a 80 milioni di anni orsono (**figura 3**).
Si noti anche che le leguminose hanno le potenzialità per massimizzare il beneficio derivante da elevati livelli di CO_2 che si traduce in più elevati livelli di fotosintesi e in maggiore fissazione di azoto da parte dei batteri simbionti (Roger set al., 2009).

Alle origini del rapporto fra uomo e leguminose

Il rapporto fra uomo e leguminose dura da decine di migliaia di anni e risale alle economie di caccia e raccolta, quando fra le specie vegetali raccolte vi erano sicuramente le leguminose. Di tale remota fase resta forse traccia nell'etimo latino: legumen da legere "cogliere", mentre nel caso dei cereali l'etimo rimanda alla sacralità – "piante appartenenti a Cerere".
La Rivoluzione neolitica vede la presenza costante di leguminose nei pacchetti di domesticazione delle quattro grandi civiltà, la cui localizzazione è illustrata in **figura 4**. In particolare nel caso della civiltà del riso si hanno soia *(Glycine max*) e fagiolo mungo (*Vigna radiata*) nel caso della civiltà del frumento si hanno pisello (*Pisum harvense*), lenticchia (*Lens culinaris*), cece (*Cicer arietinum*), fava (*Vicia faba*), veccia (*Vicia sativa*), ervo (*Vicia ervilia*), cicerchia (*Lathyrus sativus*), trigonella (*Trigonella foenum-graecum*) e lupino (*Lupinus albus*), nel caso della civiltà del mais si hanno fagiolo (*Phaseolus vulgaris*) e arachide (*Arachis ipogea*) e infine nel caso della civiltà del sorgo si ha il dolico.
L'immancabile presenza delle leguminose nei pacchetti di domesticazione delle 4 grandi civiltà si giustifica con almeno tre motivi:
- agronomico: la rotazione cereali vernini – leguminose è il tradizionale strumento per conservare la fertilità;
- dietetico: il cibo basato sul binomio cereali vernini - leguminose è alternativo alla carne perché completo sul piano amminoacidico;
- fito-sociologico: le leguminose sono infestanti dei cereali (es: veccia, latiro) oppure si giovano della consociazione con i cereali stessi (es: mais e fagiolo).

Da notare poi che secondo un'ipotesi formulata da Vavilov nel 1917 e ripresa da Zohary e Hopf (2000, pp 70-71) la domesticazione di avena (*Avena sativa L.*) e segale (*Secale cereale L.*) potrebbe spiegarsi con il fatto che sin dalle origini dell'agricoltura nella mezzaluna fertile queste due specie avrebbero accompagnato frumento e orzo come infestanti e li avrebbero poi seguiti nella migrazione verso l'Europa, ove in ambienti favorevoli (ad esempio ambienti freddo-umidi e suoli acidi per la segale, ambienti umidi e miti per l'avena) avrebbero preso il sopravvento. Una tale ipotesi potrebbe ad avviso di chi scrive estendersi anche alle prime leguminose che potrebbero essersi presentate per la prima volta ai nostri progenitori come infestanti dei cereali, tant'è vero che il genere *Vicia* comprende ancor oggi alcune importanti malerbe dei cereali vernini (*V. cracca, V. hirsuta e V. tetrasperma*).
Vale qui anche la pena ricordare che la rivoluzione neolitica è un unicum nel senso che avviene in modo sincrono in 4 aree del globo del tutto isolate l'una dall'altra il che può essere spiegato come fa Sage (1995) con il fatto che il livello l'anidride carbonica passando dalle 180 ppmv del glaciale alle 280 ppmv dell'interglaciale accrebbe in modo sensibile il potenziale produttivo delle colture (frumento: + 35%) aumentando anche la resistenza allo stress idrico, il che incentivò alla

produzione agricola popoli che probabilmente già da millenni facevano tentativi in tal senso. A ciò si aggiunga, almeno per la mezzaluna fertile, il fatto che il clima, mite durante l'oscillazione di Allerod (14100 -12900 anni orsono) diviene freddo-arido nel Dryas recente (12900-11700 anni orsono), il che ebbe vaste conseguenze sulla vegetazione (**figura 5**) rendendo probabilmente la raccolta spontanea meno vantaggiosa rispetto all'agricoltura.
Che le popolazioni paleolitiche dedite a caccia e raccolta abbiano a lungo sfruttato le specie che poi saranno oggetto di domesticazione ce lo dimostra un lavoro di Snir et al. (2015) in cui si indaga il sito Ohalo II datato a 23000 anni orsono. Tale sito, posto sulla riva del Mare di Galilea (Israele), era abitato stabilmente da una popolazione pre-natufiana di cacciatori-raccoglitori e in esso sono state reperite 140 specie di piante fra cui cereali selvatici (*Triticum dicoccoides*, *Hordeum spontaneum*, *Avena barbata*), leguminose selvatiche (*Lathyrus sp*., *Lens sp*., *Pisum sativum ssp. humile*, *Vicia palaestina*) e 13 specie di quelle che attualmente sono malerbe e che appartengono ai generi *Adonis, Chenopodium, Fumaria, Galium, Lolium, Malva, Melilotus, Neslia, Notobasis e Silybum*. Nel sito in questione sono state altresì reperite una lama per falce messoria e una macina.
La domesticazione delle leguminose fu senza dubbio favorita dal fatto che queste specie sono in gran parte autogame (un'eccezione è la fava) e cioè si autofecondano senza di norma ricevere polline da altri individui. Ciò le predispone a "fissare" con facilità nel proprio DNA i caratteri favorevoli che l'uomo coltivatore via via individua e che sono il vero carattere distintivo della domesticazione la quale non può essere in alcun modo ridotta alla sola coltivazione intenzionale. In particolare in tabella 1 si riassumono i caratteri distintivi rispetto al progenitore selvatico che si colgono in gran parte delle leguminose domestiche.

La migrazione verso ovest della rivoluzione neolitica

Una volta compiuta la domesticazione, la nuova tecnologia agricola iniziò ad espandersi e, nel caso della civiltà del frumento, l'espansione avvenne soprattutto verso l'Europa ed il Nord Africa, come ci mostra in modo ancor oggi molto efficace la figura 6 tratta da Hammerman e Cavalli Sforza (**figura 6**), la quale riporta delle curve di iso-diffusione che pongono in evidenza una velocità media di avanzata di 500 km ogni 500 anni, con anomalie positive anche sensibili in coincidenza delle grandi vie d'acqua (mar Mediterraneo, grandi fiumi dell'Europa centrale), favorevoli al commercio e alla diffusione di nuove tecnologie.
Le fonti archeologiche indicano ad esempio che in Grecia (Valamoti etal 2011) dal neolitico si reperiscono in numerosi siti *Lens, Lathyrus sativus*, *Vicia ervilia* e *Pisum* mentre nuovi arrivi di specie (*Vicia faba minor* - favino, *Lathyrus clymenum* e *L. ochrus*) si registrano durante l'età del Bronzo. Indicazioni analoghe ci vengono dall'area danubiana (Kreutz etal 2005; Kohler-Schneider & Caneppele, 2009) e dall'Italia (Rottoli & Castiglioni, 2009).

Fonti documentali successive

Le fonti documentali sono anch'esse di grande utilità per seguire nel tempo il diffondersi della coltura delle leguminose da granella. Ad esempio la Bibbia è ricca di informazioni relative ad Israele ed ai popoli che lo circondano (Cananei, Egizi, popoli mesopotamici) e ci parla di Esau,

avido cacciatore, che cede al pastore Giacobbe la primogenitura per un piatto di lenticchie rosse (Gen 25,30) e di Davide che durante il conflitto per la successione si ritira nelle boscaglie del Giordano per sfuggire al figlio Assalonne e riceve dai sudditi provviste fra cui vasi di fave e lenticchie (Sam 17,28).

Teofrasto (371-287 a.C.), botanico allievo di Aristotele, scrive che le leguminose migliorano il terreno: "*Fra le altre leguminose la fava è quella che più migliora il suolo, pur se è seminata fitta e se produce molto frutto. … le fave non sono una coltura gravosa per il suolo; essi paiono concimarlo in quanto la pianta cresce rapida e si decompone facilmente, per cui in Tessalia e Macedonia le si interra quando sono a fiore*." Elogio del sovescio a parte, i greci antichi erano mangiatori di legumi, per cui gli ateniesi celebravano la *Kyampsia*, festa in onore di Apollo in cui si consumavano legumi e Diogene Laerzio (180-240 d.C.) scrive che i legumi sono il cibo che contiene la massima proporzione di quella materia vivente di cui le nostre anime sono particelle.

I legumi sono poi la componente della puls, polenta di cereali e legumi, piatto popolare tipico dei popoli italici, giunto fino al medioevo per essere soppiantato dalla polenta di mais dopo la scoperta dell'America. Si noti che da puls deriva forse il termine *pulses* che designa i legumi in inglese.

L'importanza dei legumi è attestata dai cognomi delle famiglie aristocratiche romane: Pisoni da pisum (pisello), Fabi da faba (fava), Lentuli da lens/lentis (lenticchia), Ciceroni da cicer (cece) (Caneva, 2016), una tradizione che si ripresenta nei cognomi italiani moderni (Fava, Fagioli, Fasolini, Ceci, Lupino, Lenticchia, Veccia, Latiro, ecc.) (http://www.sitoufficiale.net/mappa-dei-cognomi-italia/).

Nell'antichità romana Catone (234-149 a.C.), nel suo *De re rustica*, scrive "*pianta lupini, fave e veccie per concimare i tuoi campi*" mentre Varrone (116-27 a.C.) nel suo *Rerum rusticarum* scrive che "*i legumi dovrebbero essere seminati su suoli leggeri non tanto per ciò che producono essi stessi ma perché fanno bene alle colture che li seguono*".

Virgilio (70-19 a.C.) nelle Georgiche (30 a.C.) indica la rotazione triennale maggese - leguminose da granella - cereale vernino (*dopo il raccolto, fa il maggese .. quando poi avrai raccolto i legumi (veccia e lupino) semina il frumento o lo spelta*). Inoltre Plinio (23-79 d.C.) in *Naturalis historia* scrive che il lupino arricchisce il suolo di campi e vigneti come qualunque concime e sotto questo punto di vista la fava è la prima fra i legumi. Nel *De re rustica* di Columella (4-70 dC) sopravvive l'idea di alternanza fra le colture con presenza del maggese per ripristinare la fertilità e fra le leguminose vengono proposte le fava, dolico, pisello e lupino.

Nel medioevo Ibn al Awwan (XI-XII secolo), il più influente autore della scuola araba andalusa, nel suo *Kitāb al-Filāḥa* (libro di agricoltura) parla diffusamente della coltivazione delle leguminose, scrivendo ad esempio che "*la terra che ha ricevuto veccia, fava, fagiolo e lenticchia è buona per il frumento e si trova in una condizione superiore a tutte le altre*". In Italia invece Pier De Crescenzi (1230-1320) con il suo *Liber ruralium commodorum* riprende la trattatistica agronomica romana e parla di dolico, fava, cicerchia e veccia.

L'epoca dei grandi viaggi coincide con la presa di contatto e l'arrivo in Europa di leguminose esotiche, in primis il fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.). Al riguardo si noti che mentre l'accettazione delle piante del nuovo mondo sarà molto lenta per pomodoro e patata e graduale ma non immediata per mais, assai rapida sarà invece quella del fagiolo, il che avvenne probabilmente in quanto questo sarà confuso con il dolico, domesticato in Africa e noto in Europa fin dall'epoca romana.

Nel rinascimento ricordo il grande agronomo bresciano Agostino Gallo (1499-1570) che nel suo dialogo "*Le vinti giornate dell'agricoltura et de' piaceri della villa*" si occupa di leguminose da granella ed in particolare di fava, cece, cicerchia, lenticchia, lupino, veccia e fagiolo.

Le leguminose da granella fra XVIII e XX secolo

La rivoluzione agraria inglese del XVIII secolo (che crea la base alimentare per la rivoluzione industriale) si basa sulla rotazione di Norfolk che si afferma alla fine del XVII secolo. Il successo di tale rotazione spinse gli scienziati a interrogarsi sull'origine dell'effetto positivo delle leguminose sulla fertilità, che come abbiamo visto era già noto agli antichi, e l'attenzione si centrò sull'origine dell'azoto di cui tali piante sono ricche. In particolare Priestley (1774-77) e Ingen Housz (1779) affermano che le leguminose assorbono azoto molecolare dall'aria mentre Boussingault (1838) con esperimenti in vaso ricava che pisello e trifoglio paiono ricavare azoto dall'aria e il frumento no, concludendo che la sorgente dell'azoto è l'ammoniaca dell'aria. Seguono esperimenti da parte di molti ricercatori volti a chiarire il fenomeno e si giunge infine a Hermann Hellriegel (1831-1895) il quale il 20 settembre 1886, nel corso di un congresso tenutosi a Berlino e presieduto dall'agronomo britannico Joseph Henry Gilbert, presenta il lavoro in cui attribuisce la capacità di fissare l'azoto ai microrganismi in simbiosi con le radici delle leguminose. Richiamo qui in sintesi le conclusioni cui pervenne Hellriegel:

- per le graminacee il suolo è l'unica sorgente di azoto mentre le leguminose dispongono di una seconda sorgente a cui attingono in modo molto efficiente in assenza della prima;
- la seconda sorgente per le leguminose è l'azoto molecolare atmosferico (N_2);
-le leguminose non attingono direttamente a N_2 atmosferico, ma lo fanno tramite batteri azotofissatori del suolo che però non sono sufficienti a coprire le loro esigenze, per cui tale funzione viene potenziata prendendo in simbiosi nei noduli radicali gli azotofissatori.

La conferma di tali conclusioni è data da Lawes e Gilbert a Rothamsted in Gran Bretagna (1889 e 1891), da Woods negli Usa (1891 e 1892), da Schloesing e Laurent in Francia (1890 e 1892) e da Alpe e Menozzi in Italia (1892).

Giungiamo così all'attualità che vede le leguminose (in particolare soia e fagiolo) fra le protagoniste della rivoluzione verde. Al riguardo ricordo che la soia con 118 milioni di ettari è oggi al quarto posto fra i vegetali coltivati, dopo frumento (222 milioni di ha), mais (183 milioni di ha) e riso (163 milioni di ha) mentre più indietro, all'ottavo posto, troviamo il fagiolo con 31 milioni di ha. Per la soia si noti inoltre che secondo le statistiche FAO (http://www.fao.org/faostat/en/#home) la produzione media ettariale del 2013 è più che raddoppiata rispetto al 1961, passando da 1.1 a 2.6 t/ha (+131% pari a +2.4% per anno) mentre per il fagiolo l'aumento è assai meno sensibile in virtù dei minori investimenti in innovazione: da 0.49 t/ha del 1961 a 0.87 del 2014 (+77% pari a +1.4% per anno).

Bibliografia

Caneva G., 2016. Ara pacis: parlare al popolo attraverso le immagini della natura, Gangemi editore Spa
Fred E.B., Baldwin I.L., McCoy E., 1932. Root nodule bacteria and leguminous crops, Univ. of Wisconsin Press.

Fuller D., 2006. Recent lessons from Near Eastern archaeobotany : wild cereal redomestication cultivation and tracing multiple origins dispersals, The International Seminar on the First Farmers in Global perspective; Lucknow, India, 18-20 January. 2006
Jagniecki E.A. et al., 2015. Eocene atmospheric CO_2 from the nahcolite proxy. Geology, published online October 23, 2015. doi: 10.1130/G36886.1.
Kohler-Schneider M., Caneppele A., 2009. Late Neolithic agriculture in eastern Austria: archaeobotanical results from sites of the Baden and Jevis?ovice cultures (3600–2800 B . C .), Veget Hist Archaeobot (2009) 18:61–74
Kreuz A., Marinova E., Schafer E., Wiethold J., 2005. A comparison of early Neolithic crop and weed assemblages from the Linearbandkeramik and the Bulgarian Neolithic cultures: differences and similarities, Veget Hist Archaeobot (2005) 14:237–258
Lavin M, Herendeen PS, Wojciechowski MF, Evolutionary rates analysis of Leguminosae implicates a rapid diversification of lineages during the tertiary, Systematic Biology, 2005 Aug;54(4):575-94.
Neef R., 2003. Overlooking the Steppe-Forest: A Preliminary Report on the Botanical Remains from Early Neolithic Göbekli Tepe (Southeastern Turkey), Neo-Lithics 2/03. 13-15.
Rogers A., Ainsworth E.A., Leakey A.D.B.. Will Elevated Carbon Dioxide Concentration Amplify the Benefits of Nitrogen Fixation in Legumes?, Plant Physiology, November 2009, Vol. 151, pp. 1009–1016 (2009).
Rottoli & Castiglioni, 2009. Prehistory of plant growing and collecting in northern Italy, based on seed remains from the early Neolithic to the Chalcolithic (c. 5600–2100 cal B . C .), Veget Hist Archaeobot (2009) 18:91–103
Sage R.W., 1995. Was low atmospheric CO2 during the Pleistocene a limiting factor for the origin of agriculture?, Global Change Biology, Volume 1, Issue 2, 93–106.
Snir A, Nadel D, Groman-Yaroslavski I, Melamed Y, Sternberg M, Bar-Yosef O, et al., 2015. The Origin of Cultivation and Proto-Weeds, Long Before Neolithic Farming. PLoS ONE 10(7): e0131422. doi:10.1371/journal.pone.0131422
Valamoti etal 2011. Investigation of processing and consumption of pulses among prehistoric societies – Greece, Veget Hist Archaeobot (2011) 20:381–396
Wolff E.W., 2011. Greenhouse gases in the Earth system: a palaeoclimate perspective - Phil. Trans. R. Soc. A (2011) 369, 2133–2147 doi:10.1098/rsta.2010.0225
Xu Q. et al, 2015. Eocene Podocarpium(Leguminosae) from South China and its biogeographic implications, Front. Plant Sci., 03 November 2015

Tabella 1 – Caratteri distintivi delle specie domestiche rispetto al progenitore selvatico.

Selvatico	**Domestico**
Semi piccoli e ricchi di sostanze tossiche o amare	semi grandi con ridotta presenza o assenza di sostanze tossiche o amare
baccelli deiscenti	baccelli indeiscenti
dormienza dei semi*	assenza di dormienza dei semi
carattere longidiurno*	carattere neutrodiurno*
tegumenti spessi (limite all'idratazione)	tegumenti sottili
portamento prostrato (fusti esili, allungati e che si maritano ad altre piante erbacee grazie anche ai viticci).	portamento eretto, internodi corti e fusti più spessi, viticci ridotti o assenti.

(*) es: in pisello il seme diviene germinabile solo dopo esposizione al freddo e a condizioni di giorno lungo.

Figura 1 - Pianta di dolichi. Disegno tratto dai discorsi di Pier Andrea Mattioli sull'opera di Dioscoride (1544).

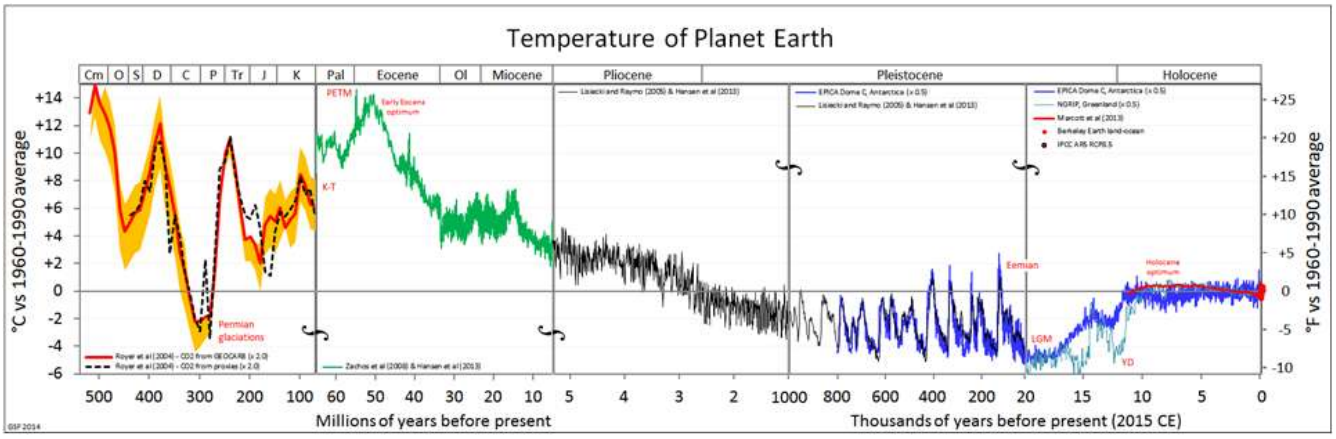


Figura 2 – Temperatura del nostro pianeta negli ultimi 500 milioni di anni e che presenta una scala tanto più larga quanto più ci si avvicina al presente. Nella parte colorata in verde si scoglie il picco dell'Eocene, epoca cui risalgono le prime tracce di leguminose (fonte: Wikipedia, 2016 - https://en.wikipedia.org/wiki/Paleoclimatology).

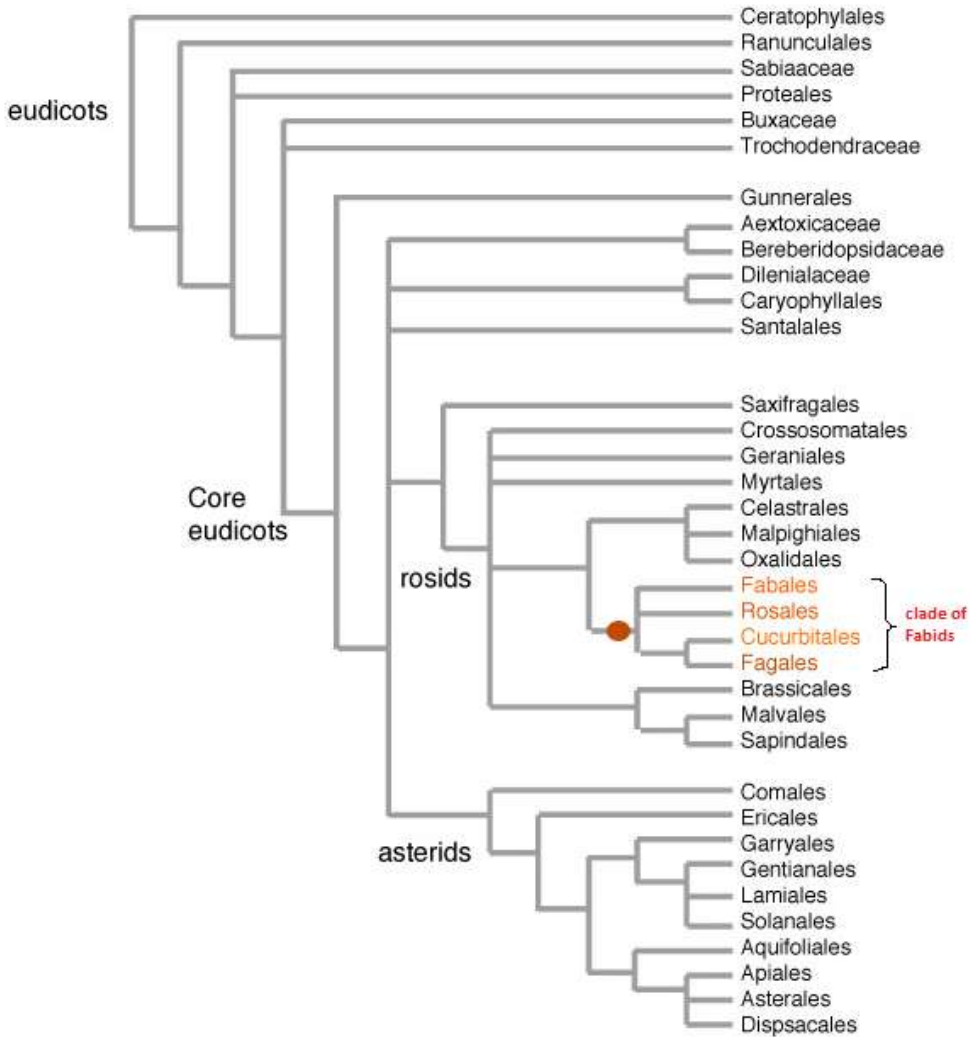


Figura 3 – In arancio sono evidenziati i quattro ordini in cui è presente la simbiosi con microrganismi azotofissatori.

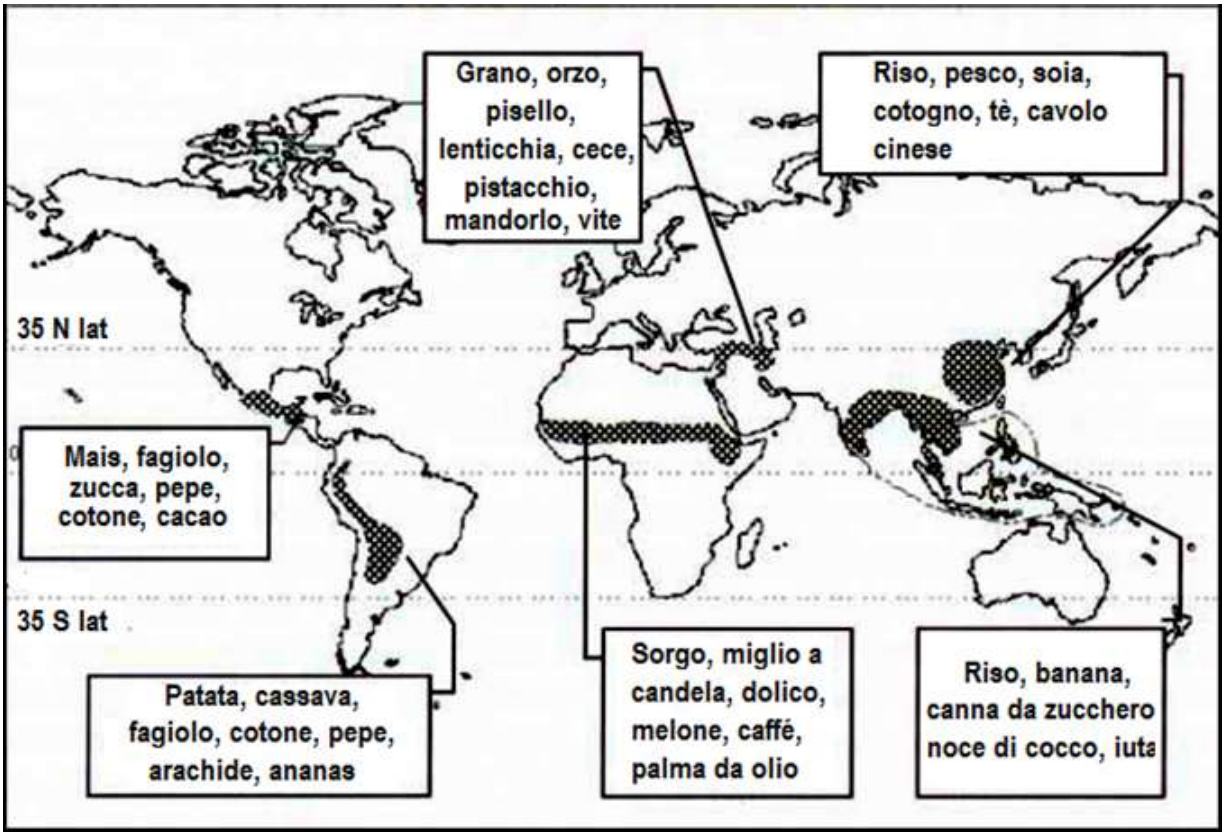


Figura 4 – I centri di origine delle quattro grandi civiltà del frumento (mezzaluna fertile), del mais (Americhe), del riso (Asia orientale) e del sorgo (Africa sub-sahariana) (Gepts, 2004 - modificato).

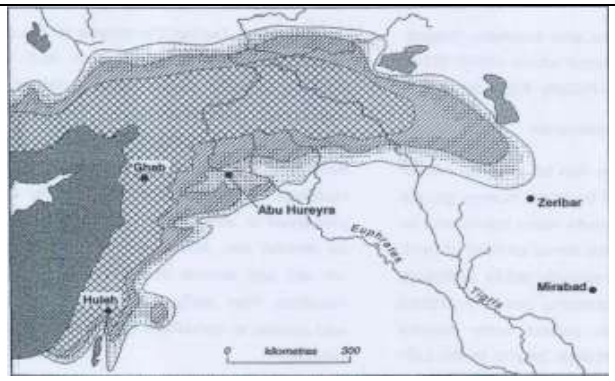
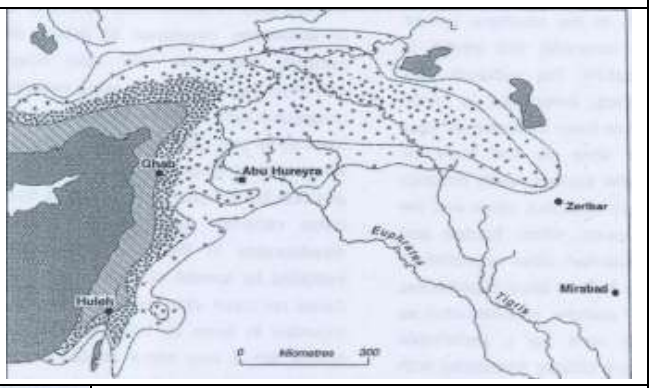
Oscillazione di Allerod (12-13mila BP) (Clima umido e mite)		Dryas recente (11mila BP) (clima freddo-arido)	
			
	Foreste e boschi abbastanza fitti (incluse foreste montane, boschi di sclerofille mediterranee e boschi xerici decidui a querce e rosacee) Boschi con radure a querce, terebinti e rosacee (mosainco di boschi e radure dominate da vegetazione erbacea annua) Steppe a terebinti-mandorli, steppe alberate, iclusi linee sottili di alberi in cui dominano formazioni steppiche a erbe Aree nelle due zone precedenti che presentano estesi popolamenti di frumento e segale selvatici Steppe a artemisie, chenopodiacee perenni e erbe alte perenni		Mosaico di aree dominate da alberi di foreste montane, boschi mediterranei e steppe alberate con alberi che si sviluppano in filari sottili Zone a vegetazione parzialmente morta, con isolati gruppi di alberi con cereali selvatici e leguminose sopravvissuti in catini umidi (microrifugi) . La densità dei puntini indica la maggiore o minore densità dei gruppi di alberi. Zona con vegetazione arborea completamente morta e senza gruppi di alberi vivi come nelle zona precedente, salvo isolati terebinti e cespugli di cappero che sopravvivono nel letto di fiumane.

Figura 5 – Paleo-vegetazione durante l'oscillazione di Allerod (a sinistra) e nel Dryas recente (Fuller, 2006).

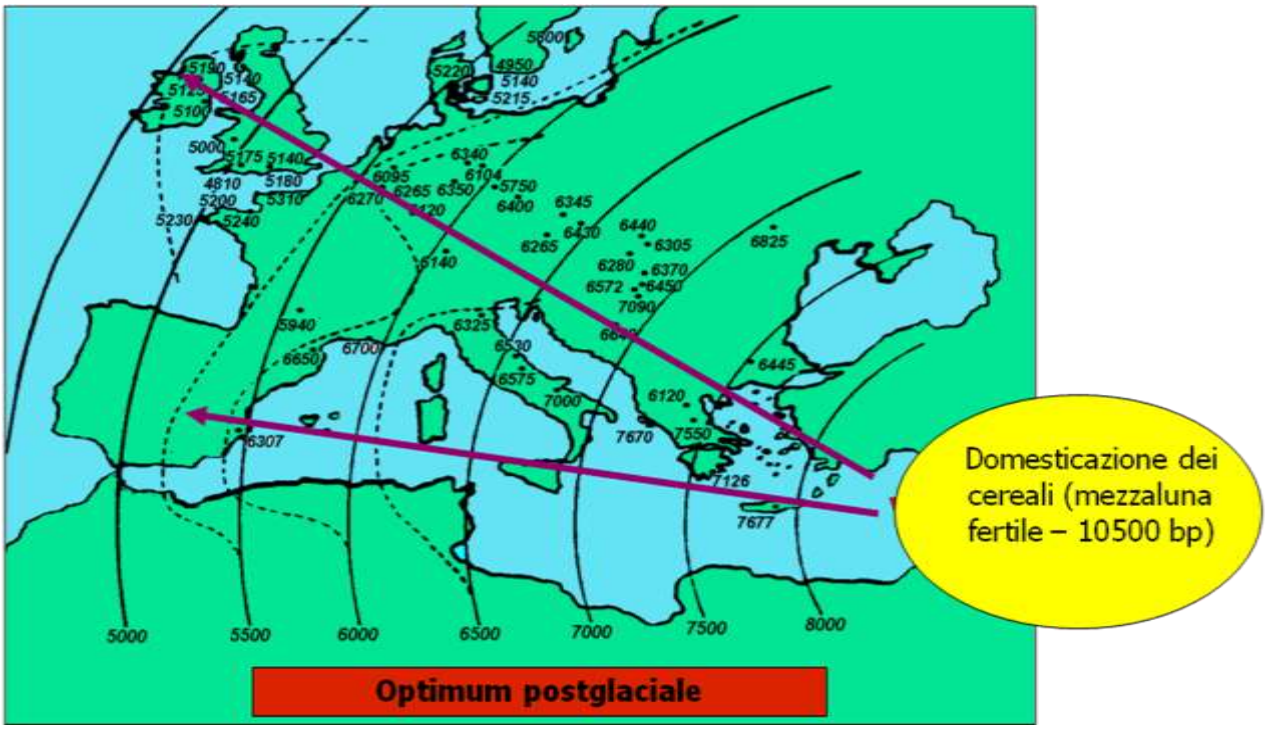


Figura 6 - Traiettoria di espansione dell'agricoltura dalla mezzaluna fertile. I punti indicano le presenze di piante coltivate in siti preistorici datati con carbonio 14 (date = anni orsono). (da Hammerman e Cavalli Sforza, 1977).

LE LEGUMINOSE DA GRANELLA -ASPETTI AGRONOMICI
Pulses. Agronomic aspects

Tommaso Maggiore

Presidente del Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura. Sant'Angelo Lodigiano (LO)
*Per la corrispondenza: tommaso.maggiore@unimi.it

Riassunto
Dopo una breve descrizione delle caratteristiche botaniche comuni delle leguminose da granella si tratta dell'azotofissazione e dell'influenza della stessa sulle altre colture nonché sulla fertilità del terreno. Si fa un cenno alle leguminose utilizzate in Italia nell'alimentazione umana (cece, cicerchia, fagiolo, fava, lenticchie, lupini e piselli) e si indicano le possibili vie per incrementarne le superfici coltivate.

Abstract
After a brief description of the common botanical features of pulses their peculiar features in terms of nitrogen nutrition and influence on other crops and soil fertility are presented. The main pulses cultivated in Italy for human consumption (chickpea, grass pea, bean, broad bean, lentils, lupins and peas) are briefly presented and the possible ways to increase the area under cultivation are discussed in the final part of the work.

Premessa

Ricordo anzitutto che in Italia mentre le superfici investite a leguminose da granella andavano a diminuire fortemente, come si è visto dai dati presentati dal Prof. Frisio e come si può osservare in Tabella 1 per le civaie, le ricerche, almeno per certi versi, non sono mancate. Basta in proposito ricordare quelle finanziate:

- dal CNR alla metà degli anni '70 del secolo scorso "Ricerche di nuove fonti proteiche e di nuove formulazioni alimentari" nel quale era inserito il sotto progetto "Miglioramento delle produzioni vegetali per fini alimentari e industriali mediante interventi genetici", dove sono stati indagati gli aspetti nutrizionali, agronomici e economici delle leguminose da granella;
- dal Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, a metà degli anni '80, dal titolo "Ricerche e interventi per il miglioramento quantitativo e qualitativo delle leguminose da granella", nel quale si è indagato su vari aspetti delle leguminose da granella presenti in Italia e anche sulla soia, allora di recente introduzione in coltura;
- con il progetto PROM "Progetto di ricerca per potenziare la competitività di orticole in aree meridionali" sono state prese in considerazione anche le leguminose quali cece, lenticchia, cicerchia e fava denominate "leguminose minori". E' qui da notare come la fava, coltura che negli anni '50 occupava cica 600.000 ettari, nell'anno 2000 era diventata leguminosa minore!

Quanto devo raccontare in questo intervento è trattato sinteticamente, ma magistralmente, da Franco Bonciarelli nel volume "Coltivazioni erbacee da pieno campo" edito da Edagricole Bologna nel 1987. Riprenderò con mie parole quanto scritto da Bonciarelli, dedicandogli anche questo mio dire e augurandogli una migliore salute rispetto a quella che, mi si dice, oggi abbia.

Le leguminose

Le piante di interesse agricolo note come leguminose da granella (da "legere" = raccogliere) chiamate volgarmente anche civaie, appartengono a un gran numero di generi e specie avente dalla nascita dell'agricoltura, ovunque nel mondo, una grande importanza alimentare. Infatti forniscono granella con alto contenuto in proteine e pertanto hanno occupato e occupano ancora un posto di rilievo nell'alimentazione umana e/o degli animali domestici. L'alto contenuto proteico (dal 20 al 40%) li fa anche denominare "proteaginose". Queste proteine tuttavia hanno un contenuto di aminoacidi solforati (cistina e metionina) basso e ciò fa sì che il valore biologico delle stesse sia limitato, mentre la lisina è presente in abbondanza. L'alimentazione che mette insieme le leguminose con i cereali è perfetta in quanto si ottiene una integrazione ideale: le proteine dei cereali sono ricche di cistina e metionina e poveri di lisina e triptofano, mentre quelle delle leguminose, come detto, ne sono ricchi.
Le granelle di certe leguminose oltre che di proteine sono ricche di grassi, da esse pertanto si possono ricavare pannelli o farine ricche di proteine e oli alimentari. La soia ad esempio contiene il 18-20% di lipidi e data anche la prevalenza di proteine (40%) viene denominata proteo-oleaginosa. Al contrario i semi di arachide, che contengono fino al 48% di lipidi, fanno denominare la specie oleo-proteaginosa.
Un tempo tutte le leguminose da granella, proprio per il loro elevato contenuto proteico, venivano denominate "carne dei poveri".
Le leguminose da granella, esclusa la fava, coltivate in Italia negli ultimi 65 anni sono riportate in tabella 1. Balza subito all'occhio la fortissima diminuzione di superficie occupata. Da 642.000 ha circa nel 1950 a soli 25.000 ha nel 2015.
Le leguminose di cui parleremo ora sono riportate in tabella 2. Alcune di queste sono impiegate anche per la produzione di foraggio o la realizzazione di sovesci.
Le leguminose appartengono alla famiglia delle Fabaceae (da Faba, una delle specie coltivate da più tempo) o Leguminosae (da legume, il frutto tipico) o Papilionaceae (da papilio, farfalla, come la forma del fiore) e presentano le seguenti comuni caratteristiche botaniche. Il *fiore* è detto zigomorfo, presenta cioè una marcata simmetria bilaterale di tipo pentamero. *Calice* gamosepalo con 5 denti. *Corolla*, formata da un petalo più grande, detto vessillo, con ai lati due petali detti ali e in basso, saldati insieme, altri 2 petali che formano la carena. *Fiore*, bisessuato con androceo e gineceo racchiusi nella cavità della carena. L'androceo è formato da 10 stami che in genere sono disposti in due verticilli: 1 stame libero e 9 i cui filamenti sono saldati insieme e formano un tubo che avvolge l'ovario. Il gineceo è formato da un solo carpello e contiene un numero di ovuli variabile da 1 a 10. *Frutto*, è il tipico legume (baccello) di varie forme a seconda della specie. Detto legume si apre in due valve lungo due linee di sutura. *Seme*, varia moltissimo per dimensione, forma, colore, ma presenta alcune caratteristiche comuni e specifiche. I tegumenti (strato più esterno) a maturità tendono ad indurirsi e a diventare impermeabili all'acqua. All'interno la massa è costituita dall'embrione del quale i cotiledoni costituiscono l'organo di accumulo delle sostanze di riserva. Caratteristico del seme è anche l'*ilo* e cioè l'area in cui si inserisce il funicolo, sorta di cordone ombelicale che unisce il seme al baccello. L'ilo varia in forma, posizione e colore nelle diverse specie.

Dal punto di vista agronomico è importante considerare il comportamento delle singole specie nella fase germinazione-emergenza. Infatti in alcune specie i cotiledoni emergono dal terreno insieme con le plantule (germinazione epigeica) in altre restano sotto terra ed emerge la sola plantula (germinazione ipogeica). Ad esempio il primo è il caso della soia e il secondo è quello del pisello. E' evidente che nel primo caso anche una lieve formazione di crosta, dopo la semina, può ostacolare l'emergenza delle piante ed è pertanto indispensabile cercare di eliminarla in tempo utile per far si che non venga a mancare la densità desiderata.
Nella tabella 3 sono riassunte le destinazioni attuali dei diversi legumi tradizionalmente impiegati in Italia: secco, fresco, appertizzato, surgelato, per sovesci e colture di copertura.
Che le leguminose fossero capaci di mantenere la fertilità del suolo era noto sin dall'antichità. Già Camillo Tarello da Lonato (BS) (Ricordo di Agricoltura) alla metà del 1500 aveva intuito i vantaggi che si ricavavano con la coltura di Trifoglio violetto in precessione al frumento, vantaggi confermati dal contemporaneo Agostino Gallo (1564, Le dieci giornate della vera agricoltura e piaceri della villa) e ancora nel 1700 nelle rotazioni di Norfock. Appariva pertanto evidente che l'impiego delle leguminose consentiva di disporre di una maggiore quantità di azoto e che la composizione dei residui colturali contribuiva alla quantità e qualità dell'humus del terreno. Nel 1850 il francese Jean Baptiste Boussingault dimostrò che le leguminose sono capaci di ricavare l'azoto oltre che da fonti minerali del suolo anche dall'atmosfera. Il meccanismo dell'acquisizione dell'azoto atmosferico fu in parte capito nel 1888 da Hemann Hellriegel che riconobbe nei tubercoli presenti sulle radici delle leguminose il sito di assimilazione dell'azoto atmosferico. Nello stesso anno (1888) Martinus Beijerinck isolò, dai noduli radicali, i batteri che risultano essere gli agenti della fissazione dell'azoto atmosferico. Questi batteri aerobi, gran negativi e asporigeni, furono chiamati Rizobi (rhiza = radice; bios= vita). Il meccanismo, in grande sintesi, è il seguente: l'azoto atmosferico (N_2) viene ridotto in ammoniaca (NH_3) poi utilizzata direttamente dalla pianta; questa però cede agli stessi energia sotto forma di fotosintati (zuccheri). Trattasi quindi di una simbiosi mutualistica leguminosa-rizobio che consente, rispetto a tutte le altre piante (esclusa l'ulmacea *Parasponia*), una autosufficienza per l'azoto. Oggi possiamo affermare che l'azotofissazione biologica, dopo la fotosintesi clorofilliana, è la più importante reazione biochimica per la vita sulla terra (Squartini A., 2004). Si stima a livello mondiale che l'azoto annualmente fissato attraverso la simbiosi rizobio-leguminosa sia equivalente a quello fornito sotto forma minerale. Questa negli ultimi 60 anni è passata da 3 milioni di t a 100 milioni di t e per produrla, sempre a livello mondiale, è necessario l'impiego di circa il 5% del totale dei combustibili annualmente consumati.
Da quanto sopra deriva la considerazione che è sempre più necessario ritornare alle colture di leguminose per ridurre l'impiego dei fertilizzanti azotati e le conseguenti problematiche ambientali. Le leguminose non hanno bisogno di altra fonte di azoto se non di quella rizobica. Se si fornisce azoto alla pianta alla semina anche in situazioni difficili si constata sempre che gli apporti di concime azotato fanno diminuire l'attività dei rizobi e il numero delle nodosità senza che la resa aumenti mentre in alcuni casi può anche diminuire.
Le leguminose arricchiscono il suolo di azoto, infatti i nodi si rinnovano e quelli che muoiono si staccano dalle radici e vengono mineralizzati. Alla morte della pianta poi, l'azoto che è contenuto nei residui ritorna al suolo. Dato che i 9/10 di questo azoto è contenuto negli organi aerei si comprende quale sia il beneficio dell'interramento di queste parti.
Le leguminose possono nutrire in azoto le piante che sono loro associate. Basta citare il caso più conosciuto: l'associazione graminacee-leguminose prative; o quello praticato nelle aree di origine

del mais e del fagiolo, dove le due specie venivano coltivate in stretta consociazione con il mais atto a svolgere anche la funzione di tutore del fagiolo rampicante.
La quantità di azoto fissata annualmente da un ettaro di leguminose è variabile, a seconda della specie e del vigore della coltura, da 100 a 400 kg. Dopo la raccolta la metà di questa quantità resterà nel suolo a disposizione della coltura successiva. E' importante conoscere le quantità di azoto fissato dalle diverse colture. I dati disponibili a riguardo si trovano per le leguminose foraggere e meno per quelle da granella. I risultati di recenti ricerche italiane sono riportati in tabella 4 (Borreani et al. 2003).
La simbiosi ha necessità delle seguenti condizioni:

- Nel terreno deve essere presente il rizobio specifico per la leguminosa coltivata. Infatti quello di una specie spesso è inattivo su un'altra, ad es. quello del fagiolo è inattivo sulla erba medica, trifogli, pisello, ecc. (Tabella 5)
- L'assenza di una coltura di leguminose per molti anni può causare la sparizione del rizobio corrispondente. La batterizzazione, come usualmente si chiama la inoculazione delle sementi, è indispensabile per una riuscita della coltura. Ancora oggi in soia, dopo 35 anni dall'introduzione, preferiamo "rizobiare" il seme con lo specifico microrganismo i cui ceppi sono stati continuamente selezionati e migliorati per efficienza. L'effetto dell'inoculazione sulla soia è considerevole e indispensabile all'ottenimento di alte rese.
- I terreni non devono essere troppo acidi, infatti, come tutti i batteri, i rizobi sono meno attivi a pH inferiore a 6. Ammendanti calcarei e magnesiaci associati all'inoculazione delle sementi rendono possibili queste colture in terreni relativamente acidi. Molibdeno, Boro e Cobalto sembrano indispensabili alla fissazione dell'azoto.
- La presenza di batteriofagi, virus capaci di distruggere i batteri, può spiegare il deperimento di certe colture di leguminose.

Bisogna comunque ricordare che l'azoto incamerato dalle leguminose per via simbiotica può apparire "gratuito", ma in realtà non lo è, perché i rizobi ricavano l'energia necessaria all'azotofissazione dalla utilizzazione di quote notevoli di carboidrati fotosintetizzati della pianta ospite. Ciò spiega il perché la biomassa prodotta delle leguminose, dato l'alto contenuto proteico, è molto inferire a quella che, nelle medesime condizioni, producono altre piante non leguminose.
Giustamente fa osservare Bonciarelli (testo citato) che proprio per la capacità di fissare l'azoto atmosferico grazie ai rizobi le leguminose da granella, come quelle foraggere, sono mezzi importanti per mantenere o aumentare il livello di fertilità dei terreni e ciò non solo nelle plaghe ove la scarsità di prodotti industriali rende i concimi azotati rari o costosi. Per questo offrono una preziosa opportunità di alternanza a colture sfruttanti, come i cereali, in un razionale quadro di avvicendamento colturale. Storicamente, in proposito, bisogna ricordare che una azione puntuale di razionalizzazione della posizione delle leguminose negli avvicendamenti colturali fu realizzata con grande attenzione, ambiente per ambiente, dai cattedratici ambulanti nei primi 30 anni del secolo scorso.
Le leguminose da granella sono state e tutt'ora sono un alimento fondamentale per molte popolazioni dei paesi in via di sviluppo, mescolate ai cereali hanno soddisfatto, grazie al bilanciamento degli aminoacidi, il fabbisogno proteico degli uomini specie dove non è possibile disporre a sufficienza di proteine animali. Nei paesi sviluppati, abbiamo prima visto i dati italiani, la granella delle leguminose ha perduto molta della sua tradizionale importanza nell'alimentazione umana, sostituita da alimenti proteici di origine animale.

Nella tabella 6 si riportano le produzioni totali conseguite nel 2015 e le quantità delle diverse leguminose importate, nonché i paesi di origine delle stesse. Si può osservare che, se si esclude la fava, per ceci, fagioli, lenticchie e piselli i quantitativi importati sono di gran lunga superiori a quelli prodotti.
Nella tabella 7 sono messi a confronto le composizioni medie dei legumi secchi con quelle di diversi tipi di carne. In particolare si evidenzia che la percentuale di proteina varia, a seconda delle specie, dal 22 al 27%. Le leguminose da granella sono state da sempre importanti nella cosiddetta "dieta mediterranea" e su questo si soffermerà il Prof. Battezzati nel suo intervento. Ritengo che sarebbe molto importante finanziare gli studi che Battezzati propone di effettuare e ciò anche per poter, dopo, stimolare una politica atta a fare maggiormente estendere dette colture, valorizzandole adeguatamente.
Si è parlato dei pregi delle leguminose, ma è necessario fare cenno anche ai difetti. Si è già fatto cenno alle carenze aminoacidiche cui bene o male si può porre rimedio; è da ricordare anche che, pur in misura diversa per le diverse specie, provocano flatulenza, dovuta al fatto che gli zuccheri stachiosio e raffinosio nel tratto ilo-cecale fermentano con produzione di gas (H,CO_2, CH_4). Questo argomento sarà trattato nel pomeriggio da Bollini, che mostrerà anche alcune importanti soluzioni genetiche. Nei semi sono contenuti sostanze tossiche (alcaloidi nel lupino, aminoacidi non proteici come la canavanina nella veccia o neurotossine nella cicerchia); principi antimetabolici (antitripsici nella soia; emolisine e emoagglutinine nella fava; glucosidi, saponine, tannini, ecc.). E' comunque da tener presente che molti inconvenienti si eliminano con semplici trattamenti: cottura, tostatura, ammollo.
I fattori che hanno scoraggiato la coltivazione delle leguminse in questi ultimi 50 anni, almeno nei paesi sviluppati, sono in sintesi:
- prezzi poco remunerativi;
- rese basse (Tabella 8);
- difficoltà nella meccanizzazione;
- quasi nessun apporto benefico del miglioramento genetico.

Solo recentemente si vede un certo interesse per la coltura del cece per la quale qualche azione di miglioramento è stata fatta. Nel fagiolo si trovano sia D.O.P. sia I.G.T. che tuttavia hanno scarsa importanza dal punto di vista quantitativo e lo stesso dicasi anche per la lenticchia di Castelluccio di Norcia (Tabella 9).

Conclusione

Ricordo che su queste specie difficilmente le società sementiere, che fanno anche miglioramento genetico, avranno interesse a sviluppare una attività in positivo. Pertanto è compito dello Stato occuparsene con programmi di lunga durata. Senza questa attività le rese resteranno basse e tali, in un mondo sempre più globalizzato, da rendere impraticabili queste colture.
Concludo, condividendolo a pieno, con quanto scriveva Bonciarelli esattamente 30 anni fa: " E' da ritenere che le leguminose da granella dovranno dare un contributo più importante dell'attuale all'alimentazione umana, come base proteica integrativa dei cereali, nella dieta di tutte le popolazioni della terra, e non solo di quella dei paesi sottosviluppati. Con il crescere della popolazione si impone il problema di aumentare la disponibilità di proteine e questo obbiettivo non

può essere realizzato solo aumentando le produzioni zootecniche o le rese unitarie delle colture alimentari (cereali, tuberi, legumi, ortaggi), ma inevitabilmente modificando le abitudini alimentari verso una dieta più vegetariana.

Bibliografia

Bonciarelli F.,1987. Coltivazioni erbacee da pieno campo. Edagricole, Bologna

Borreani G., Tabacco E., Grignani C., 2003. Quantificazione dell'azotofissazione nelle leguminose foraggere. Rivista di Agronomia, 37, 21-31.

Squartini A.,2004. Ecologia dell'azotofissazione simbiontica; in " Il sistema suolo vegetazione" di Amato et.al., Liquori Editore, 85-104.

Tabella 1 - Superficie (ha) destinata a leguminose da granella secca in Italia (fonte ISTAT)*.

LEGUMINOSE	**1950**	**1965**	**1975**	**2005**	**2015**
CECE	110.267	59.915	16.320	5.188	11.167
FAGIOLO	488.115	281.082	71.448	8.179	5.870
LENTICCHIA	24.265	17.974	2.957	1.738	3.099
PISELLO	19.960	9.263	4.095	3.568	4.755
TOTALE	642.607	368.234	94.820	18.673	24.891

Non sono rilevate le colture presenti negli orti familiari. Per Fava vedere la relazione del prof. Frisio in questo seminario.

Tabella 2 - Le leguminose da granella coltivate in Italia.

CLASSE:	DICOTILEDONI
ORDINE:	FABALES
FAMIGLIA:	FABACEAE
SOTTOFAMIGLIA:	FABOIDEAE

		2n
CECE	*Lens culinaris* Medik	14
CICERCHIA	*Latirus sativus* L.	14
FAGIOLO Comune	*Phaseolus vulgaris* L.	22
di Spagna	*Phaseolus coccineus* L.	22
di Lima	*Phaseolus lunatus* L.	22
FAGIOLO DELL'OCCHIO	*Vigna unguculata* (L:) Walp	22
FAVA	*Vicia faba* L.	12
LUPINO Bianco	*Lupinus albus* L.	50
Giallo	*Lupinus luteus* L.	52
Selvatico	*Lupinus angustifolius* L.	40
Delle Ande	*Lupinus mutabilis* sweet	48
PISELLO	*Pisum sativum* Asch	14
SOIA	*Glicine max* Merr.	40

Tabella 3 - Destinazione dei diversi legumi in Italia.

	LEGUMI					
DESTINAZIONE	CECI	FAGIOLI	FAVE	LENTICCHIE	LUPINI	PISELLI
FRESCO		**	**			**
SECCO	**	**	**	**	**	**
APPERTIZZATI	**	**	**	**		**
SURGELATI		**	**			**
ALIM. ANIMALE			**		**	**
COVER CROPS			**		(**)	(**)
SOVESCI					(**)	(**)

Tabella 4 - Azoto fissato da diverse leguminose (Borreani et al. 2003).

SPECIE	PRODUZIONE (t s.s./ha)	N_2 FISSATO (kg/ha)	
Erba medica	38,5	777	triennio
Trifoglio violetto	17,1	363	biennio
Sulla	11,4	230	biennio
Lupinella	9,3	156	biennio
Trifoglio Alessandrino	7	146	anno
Trifoglio incarnato	6,1	96	anno
Veccia comune	6,9	170	anno
Veccia villosa	7,2	174	anno
Favino	4	118	anno

Tabella 5 - Lista delle specie di rizobi delle leguminose più comuni (Amager,2001).

SPECIE°°	OSPITI PRINCIPALI	NOTE
RHIZOBIUM		
R. LEGUMINOSARUM		
bv. viciae	Lathirus, Lens, Pisum, Vicia	
bv. trifolii	Trifolium	pH4,5-8
bv. phaseoli	Phaseolus	assenta con pH < 5
R etli		
bv. phaseoli	Phaseolus	
R. gallicum		
bv. Gallicum	Phaseolus	
bv. phaseoli	Phaseolus, Onobrichis	
R. hedisarii	Hedisarum	specifico per la sulla
Bradyrhizobium		
B. japonicum	Glicine max	
B. elcanii	Glicine max	
B. liaoningensis	Glicine max	
SINORHIZOBIUM		
S. meliloti	Medigago, Melilotus, Trigonella	pH < 6, ass. < 5
S. fredii	Glicine max, vigna	
S- medicae	Medigago, Melilotus, Trigonella	tip. Mediche medit.
MESORHIZOBIUM		
M. loti	Lotus	
M. ciceri	Cicer aretinum	
M. mediterraneum	Cicer aretinum	

Tabella 6 - Quantità di leguminose da granella prodotte e importate nel 2015. Sono segnalati anche i Paesi di origine dei materiali importati (Fonte ISTAT).

	PRODUZIONE (t)	IMPORTAZIONE (t)	IMPORTATI DA		
CECI	62.502	184.700	CANADA	MESSICO	TURCHIA
FAGIOLI	120.570	753.140	CINA	CANADA	ARGENTINA
FAVE	1.064.791	281.370	FRANCIA	INGHILTERRA	GERMANIA
LENTICCHIE	13.402	318.910	CANADA	STATI UNITI	
PISELLI	96.288	318.910	FRANCIA	CANADA	
TOTALI	1.357.553	1.686.870			

Tabella 7 - Composizione media dei legumi secchi a confronto con le carni (U= umidità; PG = proteina grezza; L= lipidi; CARB = carboidrati).

	%				mg/100 g					
LEGUMI SECCHI	**U**	**PG**	**L**	**CARB.**	**Na**	**K**	**Mg**	**Fe**	**Ca**	**P**
CECI	13	22	4,9	54,3	6	800		6	117	299
FAGIOLI SECCHI	11	24	2	51,7	2	1400	132	7	137	437
FAVE SGUSCIATE	13	27	3	55,3				5	96	420
LENTICCHIE	12	25	2,5	54	10	810	77	5	127	347
PISELLI	13	22	2	58	38	900	16	5	48	320
CARNI										
POLLO	74	24	1,4	0	72	330		1	10	210
MAIALE (coscia)	74	20	4,4	0	76	370		2	8	176
VITELLONE (magro)	72	21	3,1	0				2	11	175

Dati INRAN. Si tenga presente che i legumi sono privi di colesterolo, mentre nelle carni a confronto è presente in ragione di 70-80 mg per 100 grammi.

Tabella 8 - Rese delle leguminose da granella in Italia e in varie epoche (dati ISTAT).

	RESE (q/ha)				
SPECIE	**1950**	**1965**	**1975**	**2005**	**2015**
CECE	10,9	12	11,2	12,3	15
FAGIOLO	19,1	20,2	22,3	16,7	20,8
FAVA	14,8	13,8	15,8	19,1	18,9
LENTICCHIA	8,1	7,6	7,9	7,5	8,2
PISELLO	19,2	16,9	20,3	28,7	21,91

Tabella 9 - Legumi italiani riconosciuti D.O.P. e I.G.P.

	RICONOSCIMENTO	**REGIONE**	**PROVINCIA**
Fagioli bianchi di Rotonda	D.O.P.	BASILICATA	POTENZA
Fagiolo Cannellino di Atina	D.O.P.	LAZIO	FROSINONE
Fagiolo Cuneo	I.P.G.	PIEMONTE	CUNEO
Fagiolo di Lamon	I.G.P.	VENETO	BELLUNO
Fagiolo di Sarcon	I.G.P.	BASILICATA	POTENZA
Fagiolo di Sorana	I.G.P.	TOSCANA	PISTOIA
Lenticchia di Castelluccio di Norcia	I.G.P.	UMBRIA	PERUGIA

MIGLIORAMENTO GENETICO DELLE LEGUMINOSE DA GRANELLA
Pulses breeding

Carlo Pozzi

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Università degli Studi di Milano
*Per la corrispondenza: carlo.pozzi@unimi.it

Riassunto
Fino al 2005 il breeding delle leguminose da granella (escludendo la soia) ha potuto contare su ridotte risorse genomiche e molecolari. Negli ultimi 10 anni è stato possibile tradurre l'enorme mole di informazione genomica in breeding. Per esempio sono state realizzate mappe genetiche e fisiche ad alta densità che hanno permesso di mappare decine di caratteri importanti per il breeding. Queste attività hanno permesso di sviluppare linee superiori con caratteristiche di tolleranza alla siccità, e "accumulo" di geni utili per le resistenze a patogeni (per esempio fusariosi, Ascochyta, ruggini) e per aspetti qualitativi (per esempio la qualità dell'olio in arachide). In questo articolo si riportano i trend più recenti del breeding molecolare in leguminose da granella, e si descrivono i futuri scenari di ricerca e sviluppo.

Abstract
Until 2005 the breeding of pulses (excluding soybean) had limited genomics resources and molecular breeding was difficult. During the last decade international research led demand-driven innovations in genome science and managed to translated the large genome information in breeding. For instance, large-scale genomic resources including draft genome assemblies, comprehensive genetic and physical maps, thousands of SSR markers, millions of SNPs, several high-throughput as well as low cost marker genotyping platforms have been developed in pulses. It has been possible to map several breeding related traits, and translational genomics have become available in these legumes. The targeted traits include enhanced drought tolerance, enhanced and pyramided resistance (for example to Fusarium wilt and Ascochyta blight), and improved seed quality (for example in groundnut). This article describes the most recent trends in pulses molecular breeding and future research and development scenarios.

Le origini e gli obiettivi del breeding moderno delle leguminose da granella

La storia della genetica inizia con la storia della genetica delle leguminose da granella. Tutto è cominciato, infatti, con le osservazioni sulla segregazione di alcuni caratteri fenotipici evidenti in pisello, effettuate dal monaco cecoslovacco Gregor Mendel nella seconda metà del 1800. Mendel fu un fortunato osservatore, che decise di cimentarsi con una specie che ha un genoma "semplice" che non è passato attraverso complicate storie di incroci e duplicazioni. L'arguto monaco stesso confessò ad un suo estimatore ed allievo che non sarebbe stato saggio avventurarsi nello studio della segregazione in tarassaco perché, da quel che aveva visto, le regole che aveva appena finito di codificare, in quel caso non si potevano applicare. Mendel, semplicemente, non sospettava nulla circa la natura molecolare e genica delle segregazioni che osservava. Per arrivare a questo occorre attendere circa 100 anni. Le leguminose da granella continuano ad essere un ottimo banco di lavoro per i genetisti, che nel frattempo si sono armati di ogni tipo di strumento, statistico e molecolare.
Oggi i genetisti e miglioratori genetici (noti come breeder) hanno le idee chiare circa gli obiettivi da perseguire nel migliorare le leguminose da granella. La diffusione della coltivazione delle

leguminose da granella è rallentata soprattutto a causa delle basse rese, e fin ora neppure i programmi di miglioramento genetico più intensi sono riusciti a modificare significativamente questo tratto (Döring, 2015). La principale limitazione all'aumento delle rese è l'interazione genotipo x ambiente, che influenza l'espressione di importanti caratteri quantitativi legati alla resa e alla sua stabilità (Bohra et al., 2014). La pianta ideale (il cosiddetto ideotipo) deve avere resistenza ai patogeni ed agli stress abiotici (in particolare alle basse temperature, ma ovviamente si sta lavorando alacremente per contrastare le diminuzioni di resa dovute ai cambiamenti climatici in genere). Inoltre diventa sempre più importante selezionare varietà adatte alla raccolta meccanica ed in generale ai processi industriali. Questo comprende la selezione per sincronia di fioritura e maturazione, e in alcune specie anche per precocità di fioritura. Ulteriore obiettivo del miglioramento genetico è la qualità della granella ottenuta (Sparvoli et al., 2015)

Metodi tradizionali di miglioramento genetico

Il miglioramento genetico classico nelle leguminose da granella è condizionato dalla biologia riproduttiva di queste specie. Si tratta per lo più di autogame, caratterizzate da una bassa variabilità genetica (Varshney and Kudapa, 2013). I metodi utilizzati sono quindi il pedigree, il single seed descent (SSD), il bulk breeding, o il backcross (Nadarajan and Gupta, 2010). Il metodo pedigree è complesso, soprattutto a causa della difficoltà nella gestione dei dati fenotipici raccolti. Tuttavia alcuni programmi genetici (per esempio in Canada) lo utilizzano abbondantemente, e vengono realizzati ogni anno 300 nuovi incroci in pisello. I caratteri selezionati vanno dal colore e integrità del seme fino alla resistenza alle infezioni fungine. Le piante di pisello analizzate dai breeder possono arrivare fino a 10.000 per singolo programma di breeding, con una pressione selettiva del 80-90%. Il metodo SSD ha dato interessanti risultati soprattutto in termini di miglioramento per le resistenze. L'ottenimento di ibridi non è semplice in molte specie leguminose e prevede la tecnica dell'embryo rescue per poter ottenere piante ibride vitali.
Un settore importante del miglioramento genetico tradizionale considera l'architettura della pianta. In alcune specie (per esempio pisello) è importante ottenere architetture della canopy "autoportanti", che grazie ai tendrilli resistono all'allettamento. Il carattere, si è scoperto, è controllato da pochi geni che sono quindi un target perfetto per il breeding, oltre che per lo studio generale della architettura fogliare (Benlloch et al., 2015).
La maggior parte dei caratteri agronomici studiati nelle leguminose sono poligenici. La variazione nei caratteri poligenici è attribuita a loci quantitativi (quantitative trait loci, QTL). Molte volte la individuazione di molteplici geni per un carattere usando l'analisi di segregazione da sola non è efficiente perché è difficile tenere conto delle differenze dovute alla interazione tra genotipo e ambiente. Anche nelle leguminose da granella si è cercato di ovviare a queste limitazioni introducendo il breeding di precisione assistito da marcatori molecolari. Solo negli ultimi 3-5 anni si è assistito ad una significativa spinta in questa direzione, grazie alla drastica riduzione dei costi di sequenziamento e genotipizzazione.

Il miglioramento genetico molecolare

La recente introduzione delle tecniche biomolecolari rende possibile l'uso di marcatori molecolari che riescono a rimpiazzare i test di screening in popolazioni di breeding, e l'uso di geni esogeni da specie correlate, che portano resistenze alla specie coltivata. Usando queste tecniche è possibile ottenere livelli di resistenza maggiori e più durevoli, mediante il pyramiding di geni minori di resistenza (cioè il loro "accumulo" nello stesso genotipo), in background genetici adatti, aventi adattamenti regionali. L'uso di selezione genetica assistita da marcatori molecolari (MAS) offre ai breeder un modo per migliorare la efficienza di selezione riducendo il tempo e lo sforzo necessari per sviluppare nuove cultivar (Kumar et al., 2011).
Il breeding molecolare nelle leguminose utilizza tutte le nuove tecnologie: marcatori molecolari, sequenziamenti ad alta efficienza e "profondità" di analisi, fenotipizzazione automatica ad alta efficienza, strumenti di analisi statistica avanzata e multivariata. Tutti questi strumenti devono lavorare insieme, e questo è ottenuto grazie all'impiego di piattaforme di informatica e bioinformatica (Singh et al., 2016).
Gli obiettivi generali del breeding molecolare sono trovare la sequenza dei geni che governano i caratteri di interesse; aumentare la definizione della posizione di mappa dei loci di interesse; acquisire nuova variabilità genetica «positiva» per caratteri di interesse; introgredirla in varietà di élite rapidamente. Il processo, nelle sue linee generali, implica l'individuazione della regione genomica che ospita i caratteri di interesse; la creazione di grandi numeri di marcatori molecolari in associazione con il locus genomico; il mappaggio fisico dell'area, cioè l'individuazione delle regioni cromosomiche che ospitano il locus; il sequenziamento dell'area fisica; l'individuazione dei geni candidati per il carattere studiato; le prove genetico-fisiologiche che associno il gene candidato al fenotipo studiato; lo sviluppo di programmi di breeding per introdurre alleli migliorativi per il locus studiato in cultivar di élite.
Gli strumenti molecolari a disposizione del breeder delle leguminose sono ormai notevolmente sviluppati. Per esempio sono disponibili più di un milione di sequenze di tratti genomici espressi (EST) in cece, veccia, fagiolo, soia, e pisello. Inoltre sono stati sviluppati migliaia di marcatori molecolari: in cece, per esempio, sono disponibili più di 30.000 marcatori basati su polimorfismi di singoli nucleotidi (SNP) (Varshney, 2016). Questi grandi numeri vengono gestiti con speciali apparecchiature: sequenziatori e microarray (la società Affymetrix ha recentemente prodotto un microarray di 60.000 SNP per tre specie leguminose).
Le analisi genomiche molecolari hanno già portato a notevoli risultati. Per esempio, in cece sono stati individuati dei punti di elevata densità di QTL per la tolleranza alla siccità, che arrivano a spiegare fino al 60% della variabilità osservata per questo carattere (Kale et al., 2015).
La mappatura di QTL in cajano ha portato alla identificazione di più di 20 loci, che controllano la maschiosterilità; il tempo di fioritura; i giorni alla maturità della granella; il numero di baccelli per pianta; il peso dei 100 semi; l'altezza ed altri caratteri legati alla resa.

Il sequenziamento del genoma delle leguminose da granella e l'integrazione con il breeding

Il genoma di molte leguminose da granella è stato sequenziato, con diversi livelli di precisione (Varshney, 2016; Varshney et al., 2013). Alcuni esempi sono il genoma del cajano (pubblicato nel 2012), del fagiolo mungo (2014), dell'arachide (2016), del lupino (2016).
La disponibilità della sequenza genomica permette di realizzare mappe di associazione sempre più dense, e quindi di riuscire a "catturare" con sempre maggior efficienza i geni che sottendono QTL agronomicamente importanti.
La sequenza genomica è uno strumento "muto", nel senso che occorre decodificarla per poterne estrarre informazioni preziose per il breeding. La genetica è essenziale per poter assegnare un significato molecolare alle sequenze ottenute. In cece, per esempio, questo approccio è stato importante per identificare i geni dei QTL per la tolleranza alla siccità. Sono state a questo scopo realizzate delle linee ricombinanti inbred (RIL) ottenute dall'incrocio tra un parentale sensibile alla siccità e uno tollerante. L'uso di tecniche di sequenziamento ad alta efficienza su questo materiale genetico ha permesso di identificare una piccola regione genomica che ospita 23 geni, dei quali quattro sono potenziali candidati per il fenotipo studiato.
Il sequenziamento, quindi, è solo il primo passo verso il breeding molecolare. In molte leguminose sono stati avviati progetti di risequenziamento. Questi hanno lo scopo di comprendere la struttura della popolazione; individuare regioni di similarità tra genomi; comprendere la struttura del genoma e raffinare l'associazione tra geni e caratteri. In cece sono state risequenziate 300 linee provenienti da 33 Paesi, appartenenti a entrambe i gruppi di breeding (Desi e Kabuli) (Millán et al., 2015). In cajano, l'ICRISAT ha intrapreso il risequenziamento di 3.000 linee. L'analisi di molti diversi genomi, e il loro risequenziamento, sta rendendo sempre più utile l'uso della sintenia tra leguminose, per derivare informazioni utili al breeding.

Ulteriori sviluppi del breeding molecolare

Le leguminose sono caratterizzate da una scarsa variabilità genetica, e questo complica l'uso di popolazioni biparentali per il mappaggio di caratteri agronomici. Una soluzione proviene da recenti sviluppi di genetica di associazione. Sono state messe a punto popolazioni multi-parentali o pan-mittiche (o a libero incrocio) per il mappaggio e clonazione genica: le popolazioni di interincrocio multi-parentale avanzato (MAGIC), di backcross avanzato, o le linee di sostituzione cromosomica segmentale (CSSL).
L'integrazione tra sequenziamento di nuova generazione e popolazioni pan-mittiche hanno portato allo sviluppo di tecnologie quali l'analisi di associazione genomica (GWAS). La GWAS ha trovato applicazione nelle leguminose, per esempio in cece (per l'identificazione di regioni genomiche responsabili per la determinazione della resa senza irrigazione e per il rapporto isotopico del C) e in pisello per l'identificazione di marcatori in associazione con resistenze, colore del seme e del fiore, e concentrazione di carboidrati del seme e del fiore
I marcatori molecolari sono fondamentali per accelerare il breeding, consentendo di sviluppare l'insieme di tecnologie note come breeding assistito (marker assisted selection, MAS). La MAS è particolarmente utile quando si tratta di selezionare caratteri quantitativi multipli. I marcatori accelerano sia il processo di identificazione delle piante da selezionare in successivi cicli, sia la velocità con cui si riduce la quantità di genoma del donatore rispetto a quella del ricorrente in

programma di backcross. Esempi di breeding per introgressione assistita sono disponibili in fagiolo (De Ron et al., 2015).

Frontiere del breeding delle leguminose da granella

L'applicazione delle tecnologie molecolari diventa imprescindibile in programmi di breeding moderni ed efficienti. La selezione genomica (genomic selection) promette di combinare la precisione del mappaggio di QTL con lo sfruttamento di ampia variabilità genetica (per esempio derivante dall'uso di varietà selvatiche in programmi di breeding), e sta cominciando ad essere usata anche in alcune leguminose (Cheng et al., 2015).
I risequenziamenti genomici promettono di rendere possibile lo scambio di informazioni genetico-genomiche tra specie più e meno studiate, velocizzando molto i progressi del breeding (Gujaria-Verma et al., 2014).
Le nuove tecnologie di modificazione genomica (genome editing) consentono di ottenere piante con caratteristiche agronomiche modificate in modo specifico e senza alterarne in modo significativo il genoma. Queste tecnologie sono già state applicate con successo in soia, per esempio.
Questi nuovi strumenti permettono di migliorare il modo in cui si acquisisce, misura ed utilizza la variabilità genetica. Affinché questo posso avvenire occorre disporre di grandi network internazionali di ricerca, che condividano obiettivi e dati. L'approccio collaborativo, rafforzato dalla presenza e partecipazione di enti di ricerca sovranazionali, è essenziale, soprattutto quando implementato attraverso soluzioni innovative (farmer-participatory varietal selection, consorzi di sementi, piattaforme di innovazione, piattaforme di fenotipizzazione).

Bibliografia

Benlloch, R., Berbel, A., Ali, L., Gohari, G., Millan, T., and Madueno, F. (2015). Genetic control of inflorescence architecture in legumes. *Front Plant Sci* **6**, 543.

Bohra, A., Pandey, M. K., Jha, U. C., Singh, B., Singh, I. P., Datta, D., Chaturvedi, S. K., Nadarajan, N., and Varshney, R. K. (2014). Genomics-assisted breeding in four major pulse crops of developing countries: present status and prospects. *Theor Appl Genet* **127**, 1263-91.

Cheng, P., Holdsworth, W., Ma, Y., Coyne, C. J., Mazourek, M., Grusak, M. A., Fuchs, S., and McGee, R. J. (2015). Association mapping of agronomic and quality traits in USDA pea single-plant collection. *Molecular Breeding* **35**.

De Ron, A. M., Papa, R., Bitocchi, E., González, A. M., Debouck, D. G., Brick, M. A., Fourie, D., Marsolais, F., Beaver, J., Geffroy, V., McClean, P., Santalla, M., Lozano, R., Yuste-Lisbona, F. J., and Casquero, P. A. (2015). Common Bean. *In* "Grain legumes", Vol. 10, pp. 1-36. Springer.

Döring, T. F. (2015). Grain Legume Cropping Systems in Temperate Climates. *In* "Grain legumes", Vol. 10, pp. 401-434. Springer.

Gujaria-Verma, N., Vail, S. L., Carrasquilla-Garcia, N., Penmetsa, R. V., Cook, D. R., Farmer, A. D., Vandenberg, A., and Bett, K. E. (2014). Genetic mapping of legume orthologs reveals high conservation of synteny between lentil species and the sequenced genomes of Medicago and chickpea. *Front Plant Sci* **5**, 676.

Kale, S. M., Jaganathan, D., Ruperao, P., Chen, C., Punna, R., Kudapa, H., Thudi, M., Roorkiwal, M., Katta, M. A., Doddamani, D., Garg, V., Kishor, P. B., Gaur, P. M., Nguyen, H. T., Batley, J., Edwards, D., Sutton, T., and Varshney, R. K. (2015). Prioritization of candidate genes in "QTL-hotspot" region for drought tolerance in chickpea (Cicer arietinum L.). *Sci Rep* **5**, 15296.

Kumar, J., Choudhary, A. K., Solanki, R. K., and Pratap, A. (2011). Towards marker-assisted selection in pulses: a review. *Plant Breeding* **130**, 297-313.

Millán, T., Madrid, E., Cubero, J. I., Amri, M., Castro, P., and Rubio, J. (2015). Chickpea. *In* "Grain legumes" (Springer, ed.), Vol. 10, pp. 85-109.

Nadarajan, N., and Gupta, S. (2010). Role of classical breeding in improvement of pulse crops. *Electronic Journal of Plant Breeding* **1**, 1099-1106.
Singh, V. K., Khan, A. W., Saxena, R. K., Kumar, V., Kale, S. M., Sinha, P., Chitikineni, A., Pazhamala, L. T., Garg, V., Sharma, M., Sameer Kumar, C. V., Parupalli, S., Vechalapu, S., Patil, S., Muniswamy, S., Ghanta, A., Yamini, K. N., Dharmaraj, P. S., and Varshney, R. K. (2016). Next-generation sequencing for identification of candidate genes for Fusarium wilt and sterility mosaic disease in pigeonpea (Cajanus cajan). *Plant Biotechnol J* **14**, 1183-94.
Sparvoli, F., Bollini, R., and Cominelli, E. (2015). Nutritional Value. *In* "Grain legumes", Vol. 10, pp. 291-325. Springer.
Varshney, R. K. (2016). Exciting journey of 10 years from genomes to fields and markets: Some success stories of genomics-assisted breeding in chickpea, pigeonpea and groundnut. *Plant Sci* **242**, 98-107.
Varshney, R. K., and Kudapa, H. (2013). Legume biology: the basis for crop improvement. *Functional Plant Biology* **40**, v-viii.
Varshney, R. K., Roorkiwal, M., and Nguyen, H. T. (2013). Legume Genomics: From Genomic Resources to Molecular Breeding. *The Plant Genome* **6**, 1-7

LEGUMINOSE DA GRANELLA E RICERCA AGRICOLA
Pulses and agricultural research

Andrea Sonnino

Enea – Divisione Biotecnologie e Agroindustria – C.R. Casaccia – Roma
*Per la corrispondenza: Andrea.sonnino@enea.it

Riassunto
I legumi contribuiscono in modo sostanziale all'alimentazione ed alla nutrizione umana, apportando a basso prezzo energia, sali minerali e proteine alternative a quelle di origine animale. La loro buona conservabilità permette inoltre di ridurre perdite e sprechi alimentari. Inoltre la produzione di legumi offre consistenti vantaggi agronomici per la loro capacità di fissare azoto atmosferico e quindi di autofertilizzarsi, lasciando nel suolo residui utili per le colture successive. Le leguminose sono quindi adatte a essere coltivate in rotazione con altre colture, anche seguendo gli schemi dell'agricoltura conservativa. Nonostante questi pregi, le leguminose da granella hanno una diffusione non corrispondente al loro potenziale, soprattutto a causa della loro scarsa produttività, che si traduce in una bassa redditività per gli agricoltori. Gli investimenti dedicati alla ricerca sulle leguminose sono nettamente inferiori alle risorse finanziarie dedicate alla ricerca su altre specie coltivate. I relativamente bassi tassi di incremento di produttività delle colture di leguminose da granella possono quindi essere attribuiti almeno parzialmente ai bassi finanziamenti destinati alle attività di ricerca e sviluppo per la loro produttività. Ne consegue una forte indicazione per i decisori politici a migliorare i livelli d'investimento in ricerca sulle leguminose da granella.

Abstract
Pulses offer a good source of high quality vegetal proteins and minerals; are rich in fibres and complex carbohydrates; are less expensive than food of animal origin; have a long shelf life and thus reduce the food wastage footprint. Pulses grow in symbiosis with nitrogen-fixing bacteria that fix as much as 5 to 7 million tons of nitrogen per year. Pulses therefore self-fertilize and leave nutrients in the soils for the successive crops. This allows saving big quantities of energy-demanding non-biologically fixed nitrogen and makes pulses ideal crops for rotation schemes and intercropping, and thus integral components of conservation agriculture. In spite of the wide recognition of these virtues, in 2014 pulses were cultivated on one eighth of the land devoted to cereal production. Among the possible causes of this relatively scarce adoption, we can include the low yield of pulses, which means low profitability for famers. The yield gap between cereals and pulses increased constantly over the recent decades. The global funding for pulse crop productivity and sustainability research is considerably lower than the funds allotted to research on other crop species. In conclusion, pulse crop productivity research appears to be dramatically underfunded and low gains in pulse productivity can be at least partially attributed to this neglect. Increase of investments in pulse research appears therefore as a priority for policy makers.

Introduzione

La Assemblea Generale delle Nazioni Unite[3] ha dichiarato il 2016 Anno Internazionale dei Legumi[4] (*International Year of Pulses* o IYP) e ha affidato alla FAO il compito di facilitarne le celebrazioni in collaborazione con i governi nazionali, le organizzazioni non governative e altri parti interessate. Le attività connesse con la celebrazione dell'Anno Internazionale dei Legumi hanno contribuito ad attirare l'attenzione dei responsabili politici, degli amministratori pubblici, dei ricercatori, dei rappresentanti delle organizzazioni dei produttori e del settore privato e del pubblico in generale su queste piante coltivate e sui loro prodotti.
Questo lavoro si propone di riassumere le più importanti proprietà nutrizionali dei legumi e le caratteristiche agronomiche salienti delle piante che li producono, per poi discutere la loro attuale diffusione. L'articolo esamina quindi gli investimenti dedicati alla ricerca sulle leguminose e formula quindi una indicazione per i responsabili delle politiche agricole internazionali e nazionali.

Aspetti nutrizionali

I legumi contribuiscono in modo sostanziale alla alimentazione ed alla nutrizione umana. Essi sono infatti un'ottima fonte di proteine vegetali, con una composizione amminoacidica complementare a quella dei cereali. I legumi offrono inoltre un ottimo apporto energetico, con carboidrati complessi digeribili lentamente e quindi a basso indice glicemico. Infine, il loro valore nutrizionale è arricchito da sali minerali, vitamine del gruppo B e fibre. La presenza di alcuni fattori anti nutrizionali, quali gli inibitori delle proteasi e le fitoemoagglutinine, è invece un aspetto negativo, che può essere attenuato mediante appropriate tecniche di preparazione degli alimenti.
Va inoltre considerato che le proteine dei legumi sono acquisibili a prezzi più bassi delle proteine animali e sono quindi più accessibili anche dalla parte della popolazione che dispone di meno risorse. La loro buona conservabilità permette inoltre di ridurre perdite e sprechi alimentari e di migliorare in conseguenza la sostenibilità dei sistemi alimentari.

Aspetti agronomici

Anche da un punto di vista agronomico la produzione di legumi offre consistenti vantaggi. I batteri che vivono in simbiosi con le leguminose sono infatti in grado di fissare azoto atmosferico che concorre a soddisfare i bisogni nutrizionali delle coltivazioni e che lascia nel suolo residui utili per le colture successive. Si calcola che nelle coltivazioni mondiali di leguminose vengano fissati dai 5 ai 7 milioni di tonnellate di azoto per anno, permettendo quindi di limitare la produzione di fertilizzanti chimici azotati, che richiede un processo industriale altamente energivoro.
Le leguminose sono quindi particolarmente utili per la adozione di pratiche agronomiche sostenibili, entrando in rotazioni e consociazioni con altre colture, in applicazione per esempio dei principi di agricoltura conservativa. Questo approccio prevede difatti, oltre alla riduzione delle

[3] 68ma Sessione
[4] In questo articolo ci si riferisce ai legumi intendendo le leguminose coltivate per la produzione di granella secca per alimentazione diretta umana o animale. Sono escluse pertanto sia le leguminose coltivate per la produzione di ortaggi freschi (come piselli freschi e fagiolini), sia quelle coltivate per l'estrazione di olii vegetali (come soia e arachidi).

lavorazioni del terreno e alla copertura del suolo con residui colturali, l'adozione di rotazioni e di avvicendamenti con leguminose (ISPC, 2013).
Inoltre, alcune varietà di leguminose sono dotate di un profondo apparato radicale, in grado di esplorare un vasto strato di suolo e di ottimizzare l'utilizzazione delle risorse idriche.

Diffusione e produttività

Nonostante che i loro pregi siano ampiamente riconosciuti, la coltivazione dei legumi ha coperto nel 2014 un'area totale di 85 milioni di ettari, pari a solamente un nono della superficie dedicata alla coltivazione di cereali.[5]
La Figura 1 confronta la produttività media globale di cereali e legumi dal 1961 al 2014. Nel 1961 le rese medie dei legumi assommavano a circa 64 kg per ettaro contro i 135 kg per ettaro prodotti dai cereali. I legumi producevano quindi poco meno della metà dei cereali. Nel 2014 la produttività media dei legumi era arrivata a 91 kg per ettaro, ma la resa media dei cereali era aumentata in modo più che proporzionale, raggiungendo 391 Kg per ettaro. La produttività media dei legumi era quindi meno di un quarto di quella ottenuta dai cereali.
La bassa produttività dei legumi si traduce spesso in minori ricavi per gli agricoltori e, di conseguenza, in una minore attrattività della loro coltivazione in confronto con altre colture, fornendo quindi una possibile giustificazione per la loro relativamente scarsa diffusione.
Nelle statistiche relative ai cereali è compreso anche il mais, che è una pianta C4. L'introduzione e la diffusione di ibridi F1 di mais ha sicuramente contribuito al rapido aumento di produttività media dei cereali. D'altro canto, la fissazione dell'azoto atmosferico operato dai simbionti delle leguminose ha un costo energetico per le piante ospiti, diminuendone la capacità produttiva. Si è quindi considerato il differenziale di produzione tra soia e legumi (Figura 1). La soia è difatti una leguminosa C3, e può quindi essere comparata ai legumi per capacità produttiva. La resa per ettaro è aumentata del 43% tra il 1961 ed il 2014. Il divario di produttività rispetto ai cereali è aumentato nel medesimo periodo, ma in maniera meno pronunciata che tra cereali e legumi.
La produttività delle coltivazioni di legumi in Italia è triplicata tra il 1961 ed il 2014, essendo passata da poco più di 6 q/ha a circa 18 q/ha (Figura 2). Nello stesso periodo la produttività dei cereali è aumentata da 22 a 57 q/ha. La superficie coltivata a legumi è crollata da 1.089.291 ha nel 1961 a 79.69686 ha nel 2014, con una perdita di oltre 97%.

Ricerca applicata ai legumi

Un recente studio preparato nell'ambito dell'Anno Internazionale dei Legumi 2016 stima che il finanziamento globale alla ricerca sui legumi ammonta a 197,8 milioni di dollari per anno (Murrel, 2016). Lo studio non copre la Cina per mancanza di dati, ma è ragionevole affermare che la ricerca mondiale sui legumi può contare su finanziamenti totali che non eccedono di molto i 200 milioni di dollari per anno. Considerando che Beintema et al. (2012) stimano la spesa globale per ricerca agricola nel 2008 in 31,7 miliardi dollari per anno, possiamo inferire che la spesa totale in ricerca sui legumi rimane decisamente al di sotto dell'1% della spesa totale in ricerca agricola.

[5] Tutti i dati riportati in questa sezione sono tratti dal database FAOSTAT.

La situazione è simile se si considerano gli investimenti pubblici in ricerca negli Stati Uniti, che è uno di più grandi investitori mondiali in scienza e tecnologia agricoli, con 4,2 miliardi dollari per anno (Alston and Pardey, 2008): solo 16,8 milioni di dollari per anno (Murrel, 2016) vengono infatti destinati alla ricerca pubblica sui legumi, meno dello 0,5% del totale.
I centri internazionali di ricerca agricola che fanno capo al CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research) nel periodo 2002-06 hanno destinato alla ricerca sui legumi l'11% del totale dei finanziamenti, a fronte del 33% allocato alle ricerca sui cereali ed il 16% assegnato alla ricerca su tuberi e radici (ISPC, ?). Sembra interessante notare che la quota di investimenti in ricerca destinata ai legumi dei 15 centri del CGIAR ammontava al 19% del bilancio nel periodo 1977-1981, ma è poi diminuita in maniera progressiva.
La differenza tra le risorse investite nella ricerca su soia e quelle investite in ricerca sui legumi è più difficile da stimare, anche perché oltre al settore pubblico, il settore privato è fortemente impegnato nella produzione di sementi e quindi investe ingenti risorse in questo settore. Gli investimenti pubblici per ricerca sulla soia negli Stati Uniti sono stati di circa 10 volte superiori agli investimenti pubblici per ricerca su fagiolo (Alston and Pardey, 2008).

Conclusioni

I dati riportati in questo studio ci permettono di concludere che la ricerca volta a migliorare la produttività e la sostenibilità delle coltivazioni di piante leguminose da granella per consumo umano è fortemente sottofinanziata. Conclusioni simili sono riportate nella Morocco Declaration, adottata dall'International Conference on Pulses for Health, Nutrition and Sustainable Agriculture in Drylands, tenutasi recentemente a Marrakesh.[6]
La produttività delle colture di leguminose da granella è aumentata negli ultimi cinquanta anni ad un ritmo inferiore a quello osservato per altre colture di pieno campo, come i cereali, o anche di leguminose da granella destinate alla produzione di mangimi e alla estrazione di olii vegetali, come la soia. Sia cereali che soia sono state oggetto di programmi di ricerca di gran lunga meglio finanziati.
La ricerca in agricoltura in generale, ed in particolare l'ottenimento di varietà migliorate, ha contribuito in misura sostanziale agli incrementi della produzione agricola ottenuti negli ultimi cinquanta anni (Evenson e Gollin, 2003). Non sembra azzardato pertanto inferire che i relativamente bassi tassi di incremento di produttività delle colture di leguminose da granella possono essere almeno parzialmente attribuiti al minore finanziamento destinato alle relative attività di ricerca. Ne consegue una forte indicazione per i decisori politici a migliorare gli investimenti in ricerca per la produttività e la sostenibilità della produzione di legumi.

Bibliografia

Alston J, Pardey P. 2008. Public Funding for research into specialty crops. HortScience 43(5), 1461-1470.
Beintema N M, Stads G-J, Fuglie K O, Heisey P. 2012. ASTI global assessment of agricultural R&D spending. IFPRI, Washington DC.

[6] http://www.icarda.org/sites/default/files/MoroccoPulsesDeclaration-ICP2016.pdf

Evenson R E, Gollin D. 2003. Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. Science, 300(5620), 758-762.
ISPC. 2013. The Nebraska Declaration on Conservation Agriculture. CGIAR. http://ispc.cgiar.org/sites/default/files/ISPC_StrategyTrends_ConservationAgriculture_NebraskaDeclaration.pdf
ISPC. (data non riportata) Notes on the study of historical CGIAR research investments for the ISPC Secretariat. Independent Science and Partnership Council, Rome.
Murrell D. 2016. Global Research and Funding Survey on Pulse Productivity and Sustainability. Productivity and Sustainability Committee. International Year of Pulses 2016. Rome.

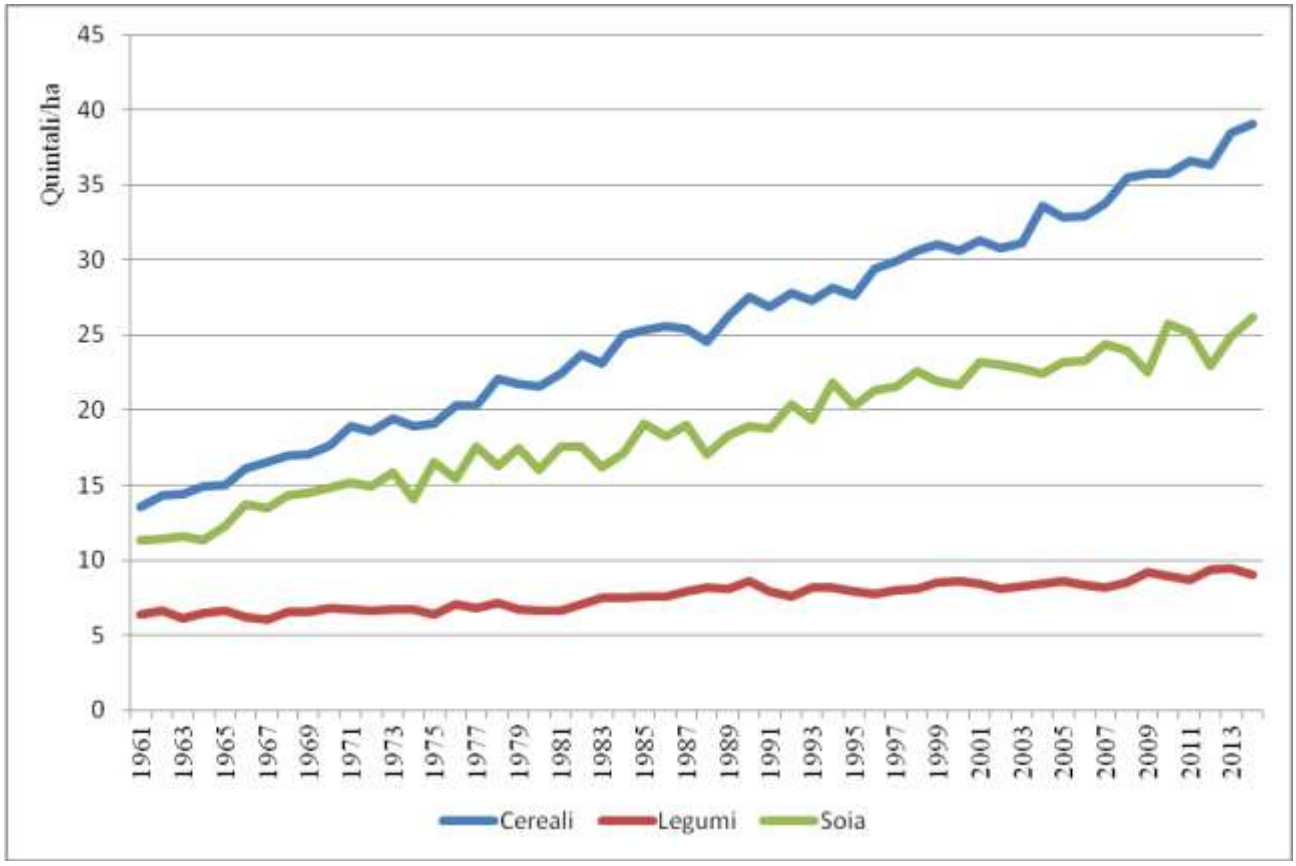


Figura 1 - Produttività mondiale di cereali, legumi per alimentazione umana e soia (1961 – 2014)

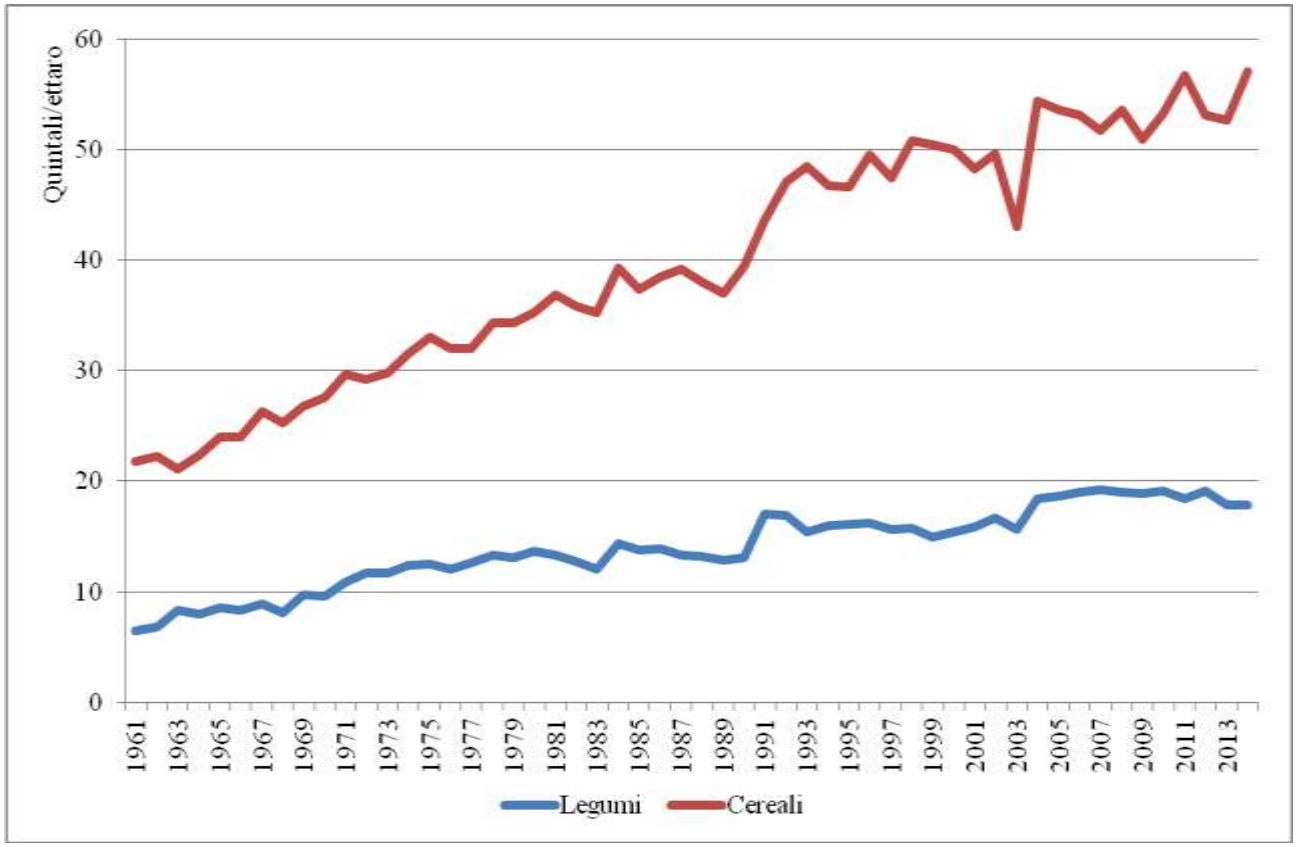


Figura 2 - Produttività di cereali e legumi per alimentazione umana in Italia (1961 – 2014)

LEGUMINOSE COME ORTICOLE DA INDUSTRIA
Legumes as vegetables for the industry

Antonio Ferrante

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Università degli Studi di Milano

*Per la corrispondenza: antonio.ferrante@unimi.it

Riassunto
La coltivazione delle leguminose da destinare all'industria agro-alimentare è progressivamente diminuita nel nostro paese, anche se i consumi in questi ultimi anni sono aumentati a seguito dell'aumentata importanza di queste orticole nella dieta. La coltivazione di leguminose destinate alla trasformazione industriale deve essere opportunamente programmate in funzione della capacità lavorativa dell'industria. L'alta qualità del prodotto finale è ottenuta attraverso l'identificazione di specifiche cultivar o varietà migliori adattabili al contesto ambientale di interesse. La gestione agronomica deve essere definita e allineata all'esigenza dell'industria agroalimentare. Pertanto, l'agronomo e il tecnologo devono collaborare per ottenere le migliori produzioni con il giusto grado di maturazione. Le informazioni sulle esigenze delle principali leguminose sono datate ed è necessaria una nuova sperimentazione per riportare la produzione italiana delle leguminose ad essere competitiva a livello internazionale.

Abstract
The cultivation of legumes for the agro-industry is progressively declined in Italy, even if the consume of these vegetables increased. The importance of legumes in the diet has increased for their potential benefit on the human health. The legumes cultivation for the industry must be very well planned considering the working capacity of the processing line of the industry. The quality of the raw material depends from the correct selection of the best cultivar or variety for each crop in a determined environment. The agronomic management of the cultivation has to be defined and aligned with the agri-food industry requirements. Therefore the agronomist and food technologist have to collaborate in order to obtain the highest quality at the correct maturity stage. The amounts of fertilizer requirements for the different legumes are not determined, but based on very old advises. It is necessary to plan a new experimentation for improving the legumes cultivation in Italy and increase the competitiveness at international level.

L'importanza delle leguminose in orticoltura

Le leguminose sono importanti colture per l'alimentazione umana e quelle più utilizzate in orticoltura da pieno campo sono il cece (*Cicer arietinum* L.), la cicerchia (*Lathyrus sativus* L.), il fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.), la fava (*Vicia faba* L.), il pisello (*Pisum sativum* L.) e la lenticchia (*Lens culinaris* Medik). I legumi stanno acquistando sempre più interesse dal punto di vista alimentare, per i loro effetti benefici sulla salute umana. Diversi studi affermano che i legumi nell'alimentazione hanno un effetto diretto nel controllo e nella prevenzione di malattie metaboliche come il diabete mellitico, malattie coronarie e alcune neoplasie del tratto gastro-intestinale (Tharanathan e Mahadevamma, 2003). Sono buone fonti di carboidrati a lento rilascio e sono ricchi in proteine variabili dal 18 al 40%, sicuramente tra gli ortaggi sono quelli che hanno valori più alti molto vicino alla carne. Le leguminose sono coltivate per la produzione di ortaggi freschi o secchi per la vendita diretta o per l'industria alimentare.

Per la trasformazione industriale occorre scegliere la varietà o cultivar più adatta all'ambiente di crescita, in modo da possedere il giusto grado di resistenza e di maturazione, senza che la lavorazione possa incidere molto sulla qualità del prodotto finale. Per ogni processo tecnologico idealmente deve corrispondere una varietà idonea, in modo da garantire una qualità ottima al consumatore finale. Per tale motivo è necessario uno scambio di informazioni tra agronomo e tecnologo alimentare dell'industria, in modo da poter chiaramente pianificare una precisa programmazione colturale in grado di rispondere alle esigenze lavorative dell'industria di trasformazione. Dopo aver scelto la varietà giusta, la tecnica colturale deve essere gestita in modo da garantire il raggiungimento della maturazione tecnologica nel periodo programmato. Per raggiungere questo obiettivo bisogna conoscere molto bene la risposta della coltura alle condizioni pedo-climatiche dell'area di coltivazione.

Caratteristiche botaniche delle principali leguminose.

Le diverse leguminose hanno caratteristiche botaniche molto simili che si riflettono anche sulla tecnica colturale. Hanno un apparato radicale fittonante e fusto di lunghezza e forma variabile. Le foglie possono essere semplici o composte, con foglie appaiate lungo un asse, foglie pennate che possono suddividersi in imparipennate (con una fogliolina terminale) o paripennate (la foglia terminale è trasformata in cirro o viticcio). Le foglie possono essere anche trifogliate, con foglie sessili o picciolate.
Il fiore è zigomorfo (ammette una sola simmetria bilaterale) costituto da un petalo centrale (vessillo), due laterali (ali) e due basali (carena). Il calice è gamosepalo, ossia sepali uniti. Il frutto è un baccello o legume (da cui deriva il nome della famiglia), che si apre in due valve lungo due linee di sutura. Il frutto è generalmente uniloculare con più semi, deiscente che aprendosi lascia cadere i semi a maturazione. I semi sono molto diversi da specie a specie, ma in generale in tutte le leguminose tendono ad indurirsi e diventare impermeabili all'acqua. Il seme presenta l'ilo che è la cicatrice lasciata dal funicolo, ossia il peduncolo che l'ovulo all'interno dell'ovario. I semi sono costituiti da un embrione e da grandi cotiledoni che forniscono le sostanze nutritive nelle prime fasi della germinazione. Questa può essere epigea o ipogea a secondo della specie. Nella germinazione epigea i cotiledoni fuoriescono fuori dal terreno insieme alla plantula, nelle specie ipogea i cotiledoni rimangono nel terreno e fuoriesce solo la plantula.
Tutte le leguminose sono colture azotofissatrici, ossia riescono a rendere biodisponibile l'azoto atmosferico attraverso la simbiosi a livello radicale con il *Rhizobium leguminosarum*. Nella fase di sviluppo delle radici questo batterio forma dei tubercoli radicali e rende le leguminose autosufficienti per l'azoto.

Tecniche colturali

La coltivazione delle colture orticole da industria deve essere programmata in funzione della capacità lavorativa dell'industria di trasformazione. Pertanto, devono essere inserite nella programmazione diverse aziende che adottano epoche di semina opportunamente cadenzate. Occorre inoltre conoscere bene la risposta delle colture all'ambiente di crescita ed agli eventualmente anomali innalzamenti o abbassamenti della temperatura durante il ciclo colturale. Per

alcune specie, in condizioni ambientali ottimali, la durata del ciclo colturale è molto ben definito. E' il caso del fagiolino, facilmente programmabile e presenta un ciclo molto stabile al variare delle condizioni ambientali, con una durata di 50-60 giorni dalla semina alla raccolta. Al contrario, alcune colture come il pisello sono molto sensibili alle variazioni di temperatura, pertanto l'innalzamento anche di pochi gradi velocizza la maturazione, determinando un rapido indurimento della granella.
Le leguminose svolgono un ruolo importanti dal punto di vista agronomico perché ben si adattano a condizioni pedoclimatiche difficili e nelle pratiche agronomiche di rotazione permettono di migliorare la fertilità del suolo. Nell'orticoltura biologica sono indispensabili per arricchire il terreno di azoto, in quanto garantiscono l'azoto fissazione dell'azoto atmosferico.
Di seguito sono riportate le principali note di coltivazione riferite alle leguminose più importanti

Fagiolo

I fagioli possono essere coltivati per la produzione della granella (da sgranare) o per i baccelli (mangiatutto). Esistono diversi fagioli, quelli più comuni sono il fagiolino, il borlotto (entrambi sono *Phaseolus vulgaris* L.), il fagiolo dell'occhio (*Vigna unguiculata* L.), il fagiolo di Spagna (*Phaseolus coccineus* L.) e il fagiolo di Lima (*Phaseolus lunatus* L.). I fagioli possono essere destinati al mercato fresco o all'industria per l'inscatolamento (appertizzazione) o per la surgelazione.
Il terreno ottimale di sviluppo è quello con tessitura uniforme, ben drenato e livellato per evitare il ristagno idrico. Non necessità di lavorazioni profonde, sono sufficienti 25-20 cm, in alcuni casi buoni risultati si sono ottenuti anche dalla semina su sodo. La semina può essere effettuata con seminatrici pneumatiche che consentono un investimento di 45-50 semi/m^2, con 45-50 cm tra le file e 4-5 sulla fila. Per favorire l'uniformità di germinazione si può effettuare un'irrigazione alla semina. La temperatura ottimale è di 16-25 °C, la temperatura minima di vegetazione è 10 °C mentre soffre quando vengono superati i 32 °C. L'irrigazione può essere necessaria nella fase di fioritura con volumi ridotti fino a fornire 100-150 m^3/ha. Il volume stagionale può variare da 600 a 2100 m^3/ha con apporti stagionali pari al 50% evapotraspirazione massima (ETM) della coltura, fino a 3600 m^3/ha con limite d'intervento al 100% ETM al limite del ciclo colturale (Tarantino et al., 1985). Il ciclo colturale del fagiolino da industria può durare tra i 60-70 giorni. L'esigenza nutrizionale del fagiolo è di 30-40 kg/ha N, 120 kg/ha P_2O_5 e 100-200 kg/ha K_2O (Setti, 1990). L'azoto nella prima fase ha la funzione di attivazione della crescita prima del pieno funzionamento della simbiosi con il batterio azotofissatore. La raccolta deve essere effettuata velocemente perché i baccelli maturano in fretta. L'industria per la surgelazione richiede fagiolini con baccelli di lunghezza 10-12 cm, con classe di calibro preferibilmente di 7,5 mm. Per l'appertizzazione, invece, sono da preferire baccelli inferiori a 10 cm e con calibri fini (Dal Re et al., 1991). Molto importante è la meccanizzazione utilizzata per la raccolta in modo da ridurre danni meccanici che possono aumentare la respirazione e la produzione di etilene. La resa varia da 10 a 18 t/ha, dipende dal genotipo e dall'epoca di semina.
Per il borlotto, invece, la raccolta viene effettuata 80-90 giorni dopo la semina e la resa è di 4-7 t/ha e uno scarto sulla produzione di circa 5-7% (Pirani et al., 1992).

Pisello

Il pisello dal punto di vista orticolo è coltivato soprattutto per il mercato fresco come baccelli o per l'industria come granella allo stadio di maturazione cerosa. Nel nostro paese la coltivazione avviene soprattutto al Nord per avere temperature più adattate nella fase di maturazione. Nelle aree del

Centro Italia spesso le temperature elevate di maggio e giugno possono indurre un rapido indurimento della granella e una perdita della produzione. A causa di questo motivo la raccolta avviene in un periodo compreso tra maggio e luglio. Per migliorare la produzione è necessario ricorrere al miglioramento genetico per identificare cultivar più idonei alle zone agricole italiane.
Dal punto di vista agronomico le varietà più idonee sono quelle con altezze comprese tra 60-80 cm, resistenza all'allettamento, contemporaneità di maturazione, buona apertura del baccello a maturità tecnologica, lento indurimento della granella. Per la surgelazione i requisiti richiesti dall'industria sono: colore uniforme e verde inteso, dolce ma non amidaceo, bassa percentuale di semi danneggiati, calibro della granella piccolo e tolleranza ai trattamenti termici di lavorazione. Il ciclo colturale del pisello è definito molto bene dalle unità di calore (UC) accumulate, che si calcolano sommando le temperature giornaliere medie, dal giorno della semina a quella della raccolta abbassate di 4,5 °C (zero termico della coltura). Purtroppo le UC per ogni cultivar non sono stabili ma influenzate dal fotoperiodo pertanto spesso non sono utilizzabili per la programmazione colturale. Infatti, il pisello è molto sensibile al fotoperiodo che condiziona la velocità di crescita. Il periodo migliore di coltivazione è collocato tra fine febbraio inizio giugno.
Dal punto di vista nutrizionale il fabbisogno è limitato a 30-40 kg/ha di azoto per un effetto starter e 80-100 kg/ha P_2O_5 e 120-150 kg/ha di K_2O (Tab. 1). L'azoto è fornito sotto forma ammoniacale ed è necessario soprattutto in caso di abbassamento delle temperature nella fase iniziale di sviluppo. Le basse temperature rallentano la moltiplicazione dei batteri fissatori e rallenta l'instaurarsi della simbiosi mutualistica con le piante.
La raccolta deve essere effettuata al giusto grado tenderometrico che esprime la tenerezza della granella, che deve coincidere con la capacità di lavorazione dell'industria. Per i piselli destinati alla surgelazione i valori ottimali sono superiori a 100 e un contenuto di solido insolubile all'alcol compreso tra 10 e 15.

Cece

Il cece (*Cicer arietinum* L.) ha un fusto pressoché eretto presenta foglie imparipennate che portano 11-13 foglioline ellittiche pubescenti. I fiori sono riuniti in racemi di colore bianchi con venature rosa o rosso. I baccelli portano 2-3 semi ovati, di colore variabile dal bianco, giallastro o marrone. La pianta è una specie tollerante la siccità con un apparato radicale ramificato e profondo.
Le esigenze termiche del cece sono tipiche delle microterme con una temperatura minima di 10 °C. La semina viene effettuata in autunno al Centro-Sud e in primavera al Nord. Nel primo caso il ciclo è di 180 giorni e si dimezza a 90 giorni nella semina primaverile. Per garantire la germinazione la temperatura deve essere compresa tra i 15 e i 30 °C, mentre per l'attività vegetativa l'intervallo ottimale è da 25-30 °C. Nel periodo della maturazione la pianta predilige un clima caldo-asciutto. Dal punto di vista pedologico, il cece non tollera terreni salini, alcalini, calcarei e con ristagno idrico. Si raccomanda il ritorno sullo stesso terreno non prima di 2 anni. La resa dipende dalle condizioni climatiche e in particolare la disponibilità di acqua nella fase di fioritura e ingrossamento dei baccelli. La raccolta viene effettuata da giugno ad agosto con rese che variano da 8,8 a 1,5 t/ha.

Trasferimento dal campo all'industria

La fase più critica, dove è il prodotto può subire una perdita di qualità, è quella dalla raccolta all'industria di lavorazione. Molto importante è raccogliere il prodotto al giusto grado di maturazione tecnologica, limitare i danni meccanici dovuti alla raccolta e trasformare il prodotto il primo possibile per bloccare tutti i processi degenerativi. Questo è particolarmente vero per gli ortaggi con un intenso metabolismo come piselli e fagioli. Le ferite incrementano il tasso di respirazione e conseguentemente aumenta il calore prodotto. Per ridurre i danni meccanici è

necessario studiare e sviluppare delle macchine raccoglitrici perfezionate per le diverse leguminose. L'abbassamento della temperatura rallenta questi processi metabolici e contribuisce alla riduzione della perdita di qualità.
L'industria per l'appertizzazione richiede specifici requisiti che variano da coltura a coltura. Per i piselli, le varietà idonee alla trasformazione devono avere caratteristiche specifiche, in particolare:
- uniformità di colore (verde scuro intenso), dimensioni ridotte e rendimento in granella elevato;
- grani rugosi ad alto contenuto zuccherino;
- maturazione uniforme, con un grado tenderometrico superiore a 100.
Le varietà vengono classificate in precoci, medie e tardive in relazione al tempo necessario per la maturazione.
I fagioli destinati all'appertizzazione sono prevalentemente i borlotti ed i cannellini. I requisiti più importanti sono:
- l'uniformità di colore e rendimento in granella elevato;
- maturazione uniforme.
Per la surgelazione i requisiti sono leggermente differenti. Per i piselli è richiesto oltre all'uniformità del colore anche l'assenza di semi bianchi o parzialmente decolorati, con un grado tenderometrico compreso tra 92-105 e un contenuto di Solido Insolubile in Alcol (AIS) compreso tra 10 e 15 (Maini e Setti, 1990).
I fagioli destinati alla surgelazione devono avere un colore verde intenso, devono essere uniformi, non devono presentare il filo, forma tondeggiante e rettilinea, lunghezza dei baccelli compresi tra 70 e 100 mm, calibro preferibilmente tra 7,5 e 8,5 mm (Crivelli, 1997). Sulla base del calibro le categorie merceologiche si distinguono in extrafini (fino a 7,5 mm), finissimi (7,6-8,5 mm), fini (8,6-9,5 mm) e medi (oltre 9,5 mm).

Conclusioni

Le superfici destinate alla coltivazione delle leguminose sono drasticamente diminuite in Italia, mentre i consumi sono aumentati. Attualmente, molte industrie agroalimentari degli appertizzati o della preparazione delle zuppe pronte importano i legumi secchi da diversi paesi nel mondo. La qualità dei legumi d'importazione è spesso compromessa dalle condizioni sub-ottimali durante la conservazione e il trasporto, che portano all'accumulo di micotossine.
Le leguminose da industria possono rappresentare nel futuro, in Italia, una risorsa per l'orticoltura industriale da pieno campo. Per riportare la coltivazione delle leguminose in Italia sono necessari programmi di ricerca per il supporto a tutta la filiera. La ricerca e la sperimentazione devono focalizzarsi sul miglioramento genetico, sull'introduzione di nuove tecniche agronomiche e modificare i processi di lavorazione per ridurre le perdite di qualità ed ottenere un prodotto finito di alta qualità.

Bibliografia essenziale

Crivelli G., 1997. La surgelazione del fagiolino da industria. L'Informatore Agrario 32: 60-62.
Dal Re L., Trentini L., Zani A., 1991. Fagiolini da industria in Emilia-Romagna: risultati ed osservazioni. L'Informatore Agrario 25: 52-58.
Pirani V., Del Gatto A., Ferrari V., Acciarri N., Celani G., Acciarri M., Crescentini P., Angeletti G., Chiorrini C., 1992. Fagiolo borlotto per l'industria: valutazione di cultivar, concimazione azotata e miglioramento genetico. L'Informatore Agrario 3: 64-70.
Maini R., Setti G., 1990. Il pisello da industria. Terra e Vita, 18: 55-59.
Setti G. 1990. Il fagiolino "mangiatutto". Terra e Vita 12: 52-56
Tarantino E., Rubino P., De Palma E., 1985. Influenza del regime irriguo sulla temperatura radiativa superficiale della vegetazione della coltura di fagiolino da industria. Riv. Di Agron. 19(4): 284-292.

Tharanathan R. N., & Mahadevamma, S. 2003. Grain legumes—a boon to human nutrition. Trends in Food Science & Technology, 14(12), 507-518.

Tabella 1. Apporto di fertilizzanti in relazione alla produzione media delle principali leguminose.

Coltura	**Resa**	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**
	t/ha	kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
Cece	1-1,5	30	60	90
Fagiolo	4-5	25-35	100	0,9
	4-5	28-80	70-120	100-150
Pisello	5-8	30	50-60	70
	4-7	30-40	80-100	120-150
	5-8	0-40	50-100	48-80

FATTORI ANTINUTRIZIONALI DELLE LEGUMINOSE
Antinutritional factors of legume seeds

Roberto Bollini

Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria, CNR, Via Alfonso Corti 12, 20133 Milano
*Per la corrispondenza:: bollini@ibba.cnr.it

Riassunto
Un numero sempre più rilevante di studi suggerisce che il consumo di semi di leguminose ha un effetto benefico sulla salute. Questi semi sono nutrizionalmente ricchi e rappresentano una fonte rilevante in termini energetici, di proteine e micronutrienti, sia nell'alimentazione umana sia in quella animale. Ciò nonostante, molte componenti dei semi possono avere effetti negativi nella dieta. Le proteine di riserva, che rappresentano oltre la metà delle proteine del seme, possono essere potenti allergeni, come nel caso della soia e delle arachidi. I semi contengono anche un corredo di proteine di difesa contro predatori e insetti e che, nella dieta, interferiscono con l'assimilazione dei nutrienti. Tra queste, le lectine provocano gravi disturbi intestinali, mentre gli inibitori di idrolasi, quali gli inibitori dell'α-amilasi e gli inibitori della tripsina, interferiscono con la digestione dell'amido e delle proteine. Le lectine e gli inibitori di idrolasi sono termolabili e una corretta cottura dei semi ne annulla gli effetti negativi.
I semi contengono anche molteplici antimetaboliti non proteici. Tra i principali vi sono gli α–galattosidi, causa della flatulenza, i fitati, responsabili della ridotta biodisponibilità dei minerali, i composti fenolici che riducono la digestione delle proteine, l'assorbimento dei carboidrati e la biodisponibilità dei minerali.

Abstract
A growing body of research shows that consumption of legume seeds in the diet has several beneficial effects. These seeds are nutritionally rich and represent an important source in terms of energy, proteins and micronutrients, for both human and animal consumption.
Despite this, several components may show detrimental effects. Defense proteins against pests and predators interfere with nutrient assimilation. Among them are lectins and protease inhibitors, which are thermolabile and their activities must be eliminated by proper cooking. Furthermore, reserve proteins of soybean and peanut are highly allergenic for sensitive individuals. A number of other bioactive compounds may reduce protein digestibility, nutrient absorption and mineral bioavailability.
It must be pointed out that some of these antinutritional factors are also being regarded as health promoting compounds.

Introduzione

I semi di cereali e leguminose forniscono larga parte dell'apporto energetico e di proteine nell'alimentazione sia umana sia animale.
Il consumo frequente di legumi è associato a numerosi effetti benefici, tra questi la prevenzione di cardiopatie, obesità, diabete, cancro al colon, ecc. Studi sempre più approfonditi sono volti a correlare questi effetti con le diverse componenti del seme.
I semi delle leguminose sono particolarmente ricchi in proteine: a maturazione il contenuto proteico varia dal 20% a oltre il 40% del peso del seme secco; questi valori sono molto superiori a quelli dei

cereali, che di norma non superano il 15%. Importanti sono anche alcuni composti bioattivi, sia di natura proteica quali lectine e inibitori di idrolasi, sia di natura non proteica, quali fitati, oligosaccaridi, composti fenolici, amminoacidi non proteici, fibre solubili e insolubili (Tabella 1).
Alcuni componenti sono considerati fattori antinutrizionali, in quanto influiscono negativamente sulla qualità nutrizionale dei semi. Le cause sono varie: alcuni sono poco digeribili o diminuiscono la digeribilità di altre componenti della dieta, altri inducono effetti tossici, altri ancora sono potenti allergeni.
La definizione di fattore nutrizionale è però ambigua poiché lo stesso composto può anche avere effetti benefici sulla salute. Il bilancio tra gli effetti benefici e quelli negativi dipende dalla struttura chimica, concentrazione, tempo di esposizione e interazione con i componenti della dieta.

Fattori antinutrizionali proteici

Proteine di riserva
Più del 50% delle proteine contenute nei semi delle leguminose è rappresentato dalle proteine di riserva. Queste sono sintetizzate durante la maturazione, accumulate in comparti subcellulari (i vacuoli di riserva) e idrolizzate durante la germinazione per fornire aminoacidi e scheletri carboniosi nelle prime fasi di sviluppo della plantula (Vitale e Bollini, 1995).
Le proteine di riserva sono globuline oligomeriche raggruppate in due classi, identificate dal loro coefficiente di sedimentazione: le viciline 7S e le legumine 11S. La sequenza aminoacidica delle globuline di riserva è molto simile nelle diverse leguminose, suggerendo l'esistenza di una forte pressione selettiva atta a mantenere una struttura della proteina necessaria a essere immagazzinata nel seme. Questa struttura compatta sembra essere la causa della loro scarsa digeribilità. Dal punto di vista nutrizionale hanno un basso contenuto in aminoacidi solforati e di triptofano. Sebbene presenti in tutti i legumi, la loro abbondanza è molto variabile e in alcuni genotipi sono completamente assenti. Entrambe le proteine di riserva sono costituite da piccole famiglie proteiche e una delle strategie per migliorare nutrizionalmente la qualità dei legumi è quella di selezionare linee genetiche contenenti varianti più digeribili, come recentemente provato nel fagiolo (Montoya et al., 2010).
Alcune delle varianti 7S e 11S hanno una potente attività allergenica. Questo è il caso delle globuline della soia e delle arachidi. Nella soia sono stati descritti 16 allergeni, tra questi vi sono entrambe le globuline, che nel seme rappresentano oltre la metà delle proteine totali (Herman e Burks 2011). Anche nei semi delle arachidi le globuline di riserva sono le principali componenti allergeniche (Koppelman et al., 2016). L'allergenicità di queste proteine sembra essere imputabile a peptidi interni alla molecola e che non sono denaturati durante la cottura.
Tentativi sono in corso per cercare di eliminare, o almeno ridurre, l'allergenicità di queste specie. Gli approcci possono essere di tipo classico, utilizzando la biodiversità naturale, oppure attraverso la mutagenesi o le più avanzate tecniche biotecnologiche. I risultati fin qui ottenuti dimostrano la possibilità di diminuire/eliminare uno o più allergeni ma indicano anche che l'eliminazione totale dell'allergenicità è difficilmente raggiungibile, perché richiede una profonda alterazione del proteoma del seme, in quanto le molecole implicate sono molteplici (Ramos et al., 2009; Kinney et al., 2001; Dodo et al., 2008)

Lectine

Le lectine sono una famiglia di proteine altamente omologhe che possono riconoscere i carboidrati in modo specifico e reversibile. Queste proteine possono così legarsi alle glicoproteine presenti sui villi intestinali, interferendo con l'assimilazione dei nutrienti.

L'abbondanza e l'attività biologica delle lectine varia sia nelle diverse specie sia nei genotipi della stessa specie. Il fagiolo comune (*P. vulgaris*) è la leguminosa con il più alto contenuto di lectine, anche se genotipi a basso contenuto sono stati identificati (Campion et al., 2009; Confalonieri et al., 1992). Basso o nullo contenuto di lectine è stato riportato in cece e nel genere *Vigna* (Tabella 2).

Gli effetti più comuni dovuti all'ingestione delle lectine, sia nell'uomo sia nell'animale monogastrico, sono dissenteria e vomito. Nel seme sono considerate proteine di difesa da predatori (Chrispeels e Raikhel, 1991). La tossicità è dovuta alla resistenza alla proteolisi e stabilità in un ampio spettro di pH. Poiché queste proteine sono termolabili, una adeguata cottura ne annulla gli effetti tossici.

Inibitori di proteasi

Inibitori dell'α-amilasi. Tra i più abbondanti inibitori di proteasi troviamo gli inibitori dell'α-amilasi; queste sono proteine in grado di legarsi a diversi tipi di amilasi, quali quelle umana, suina, di funghi e di alcuni insetti (Ishimoto et al., 1995). Per questa caratteristica sono considerati proteine di difesa. In effetti, l'espressione dell'inibitore dell'α-amilasi di fagiolo in piselli transgenici li rende resistenti al tonchio (*Bruchus pisorum*) rendendo così superflua la fumigazione durante lo stoccaggio (De Sousa-Majer et al., 2007). Una prova nutrizionale sui polli dimostrava però che la presenza dell'inibitore aveva effetti negativi sulla digestione dell'amido, rendendo così antieconomico il loro utilizzo.

La presenza dell'inibitore dell'α-amilasi varia molto nei diversi legumi; i livelli più alti si trovano nei semi di fagiolo (2-4g/kg), livelli intermedi si trovano nei semi del fagiolo di lima, fagiolino dall'occhio, cece, fava e lupino, mentre non si rileva attività nei semi di lenticchia, pisello e soia.

L'inibitore dell'α-amilasi più studiato è quello del fagiolo: è una glicoproteina molto stabile che, per eliminarne gli effetti antinutrizionali, richiede almeno 10 minuti a 100°C.

Inibitori di tripsina

Molti legumi contengono inibitori di enzimi proteolitici che sono considerati insetticidi naturali. Queste proteine sono molecole antinutrizionali perché interferiscono con la digestione delle proteine. Se non sono inattivate con la cottura, possono inibire l'azione di enzimi digestivi quali tripsina, chimotripsina, carbossipeptidasi e elastasi.

La maggior parte di questi inibitori di proteasi appartengono a due classi proteiche: gli inibitori di tipo Kunitz (particolarmente abbondanti in soia) e quelli di tipo Bowmann-Birk, a presenza più diffusa. Le due molecole sono molto simili tra loro e contengono due siti attivi che, nel caso dell'inibitore di tipo Kunits, riconoscono la stessa proteasi, la tripsina, oppure, nel caso dell'altro inibitore, la tripsina e la chimotripsina. La loro abbondanza è molto variabile, sia tra le diverse specie, sia tra le diverse varietà. Le condizioni ambientali in cui si sviluppa il seme possono inoltre interferire sull'accumulo di queste proteine (Piergiovanni e Pignone, 2003).

Fattori antinutrizionali non proteici

Oligosaccaridi

I più comuni oligosaccaridi dei semi delle leguminose sono zuccheri solubili, a basso peso molecolare, rappresentati dalla famiglia dei raffinosaccaridi. Sono α-galattosidi legati al carbonio C-6 della molecola glucosidica del saccarosio. I più rappresentativi sono il trisaccaride raffinosio, il tetrasaccaride stachiosio e il pentasaccaride verbascosio. Sia il contenuto totale sia quello relativo varia nelle diverse specie e tra i genotipi (Tabella 3).

Sono considerati fattori antinutrizionali per gli animali monogastrici perché, non essendo idrolizzati dagli enzimi delle mucose intestinali, sono fermentati dalla flora batterica con la conseguente produzione dei gas responsabili del fenomeno della flatulenza.

Acido fitico

Un grave problema alimentare, in particolare nei paesi in via di sviluppo, è la carenza di micronutrienti quali ferro e zinco. I legumi hanno buon contenuto di questi microelementi, la cui biodisponibilità è però limitata dalla presenza di acido fitico.

L'acido fitico è la principale riserva di fosforo del seme ed è accumulato complessato con vari minerali bivalenti nella forma di sali. Questo composto è considerato un importante fattore antinutrizionale poiché, negli animali monogastrici, durante il passaggio gastrointestinale lega i microelementi presenti, riducendone l'assorbimento. Il problema è rilevante anche nel settore della mangimistica: le molecole di fitato passano direttamente nelle feci diminuendo così l'assimilazione del fosforo e contribuendo all'eutrofizzazione dell'ambiente. A parziale rimedio si aggiunge fitasi e/o fosfato ai mangimi.

Uno degli obiettivi del miglioramento genetico è la riduzione dell'acido fitico nei semi. Sebbene la quantità di questo antinutriente vari molto tra le specie, genotipi e disponibilità di fosforo nel terreno, il suo accumulo a basso livello è stato reso possibile solo attraverso mutazioni indotte (Campion et al., 2009).

Composti fenolici

Sono principalmente rappresentati dai tannini e dai flavonoidi e sono in larga parte accumulati nel tegumento, dove contribuiscono a determinarne il colore.

I composti fenolici variano in contenuto e composizione tra le diverse specie, tessuti, stadi di sviluppo e in risposta a fattori ambientali.

In termini nutrizionali, l'effetto principale dei tannini è la riduzione della digeribilità delle proteine, sia mediante l'inibizione di proteasi, sia formando complessi non digeribili con le proteine della dieta. I tannini, nel tratto intestinale, formano anche complessi con polisaccaridi e ferro riducendone così l'assorbimento e la biodisponibilità.

Composti antinutrizionali minori

La qualità nutrizionale dei semi di leguminose è influenzata anche da altri composti meno abbondanti, specie-specifici e di composizione chimica diversa.

I semi della fava sono noti per il contenuto in vicina e convicina, due glicosidi pirimidinici causa del favismo. Questo è una forma di anemia emolitica che colpisce individui che hanno un difetto genetico nel gene codificante per la glucosio-6fosfoto deidrogenai localizzata negli eritrociti. Vicina

e convicina sono solo parzialmente termolabili, la loro presenza può essere completamente eliminata solo con un ammollo in acqua calda per alcuni giorni. Nel seme le due molecole fanno parte del meccanismo di difesa contro funghi fitopatogeni e contro le larve del tonchio *Callosobruchus maculatus*.

I baccelli freschi e i semi della fava sono una fonte principale di L-DOPA, un aminoacido non proteico potenzialmente tossico che, se ingerito in quantità, può causare allucinazioni, nausea, vomito e anoressia. L-DOPA è termosensibile e non è rilevato dopo cottura.

I semi della cicerchia (*Lathirus sativus*) contengono un altro aminoacido non proteico, il ODAP. Questi è causa del neurolatirismo, un disturbo associato all'uso prolungato dei semi di questa specie e che consiste nella degenerazione dei neuroni motori e nella paralisi irreversibile delle gambe.

Conclusioni

I semi delle leguminose contengono un corredo di composti che sono funzionali per la difesa del seme da predatori o per fornire energia ai primi stadi della germinazione, ma che interferiscono nella dieta. Alcune di queste molecole sono termolabili e un'accurata cottura è indispensabile per eliminare la loro attività. In altri casi è possibile diminuire il loro contenuto nel seme, attraverso il miglioramento genetico classico o con le tecniche biotecnologiche più innovative. I risultati della modifica del corredo proteico e/o metabolico del seme vanno sempre controllati a livello di potenzialità agronomica.

Bibliografia

Burstin J, Gallardo K, Mir R, Varshney R, Duc G. 2011. Improving protein content and nutrition quality. In: Pratrap A, Kumar J (eds) Biology and breeding of food legumes. CABI publishing, New Delhi, pp 314-328.

Campion B, Perrone D, Galasso I, Bollini R. 2009. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines devoid of major lectin proteins. Plant Breed. 128, 199-204.

Campion B, Sparvoli F, Doria E, Tagliabue G, Galasso I, Fileppi M, Bollini R, Nielsen E. 2009. Isolation and characterisation of an *lpa* (low phytic acid) mutant in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Theor. Appl. Genet. 118, 1211-1221.

Chibbar R, Ambigaipalan P, Hoover R. 2010. Molecular diversity in pulse seed starch and complex carbohydrates and its role in human nutrition and health. Cereal Chem. 7, 342-352.

Confalonieri M, Bollini R, Berardo N, Vitale A, Allavena A. 1992. Influence of phytohemagglutinin on the agronomic performance of beans (*Phaseolus vulgaris* L). Plant Breed.109, 329-334.

Chrispeeels M, Raikhel N. 1991. Lectins, lectin genes, and their role in plant defense. Plant Cell 3, 1-9.

De Sousa-Majer MJ, Hardie DC, Turner NC, Higgins TJ. 2007. Bean alpha-amylase inhibitors in transgenic peas inhibit development of pea weevil larvae. J. Econ. Entomol. 100, 1416-1422.

Dodo HW, Konan KN, Chen FC, Egnin M, Viquez OM. 2008. Alleviating peanut allergy using genetic engineering: the silencing of the immunodominant allergen Ara h 2 leads to its significant reduction and a decrease in peanut allergenicity. Plant Biotechnol. J. 6, 135–145.

Hedley C.L. (ed) 2001. Carbohydrates in grain legume seeds: improving nutritional quality and agronomic characteristics. CABI Publishing, New York.

Herman EM, Burks AW. 2011. The impact of plant biotechnology on food allergy. Current Opinion in Biotechnology 22, 224-230.

Ishimoto M, Suzuki K, Iwanaga M, Kikuchi F, Kitamura K. 1995. Variation of seed alpha-amylase inhibitors in the common bean. Theor. Appl. Genet. 90, 425-429.

Kinney AJ, Jung R, Herman EM. 2001. Cosuppression of the α-subunits of β-conglycinin in transgenic soybean seeds induces the formation of endoplasmic reticulum-derived protein bodies. Plant Cell 13, 1165–117.

Koppelman SJ, Jayasena S. Luykx D. Schepens E, Apostolovic D, de Jong GAH, Isleib TG, Nordlee J, Baumert J, Taylor SL, Cheng H, Maleki S. 2016 Allergenicity attributes of different peanut market types. Food and Chem. Toxicol. 91, 82-90.
Montoya C, Lalles J, Beebe S, Leterme P. 2010. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). Food Res. Int. 43, 443-449.
Muzquiz M, Varela A, Burbano C, Cuadrado C, Guillamon E, Pedrosa M. 2012. Bioactive compounds in legumes: pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health. Phytochem. Rev. 11, 227-244.
Piergiovanni A, Pignone D. 2003. Effect of year-to-year variation and genotype on trypsin inhibitor level in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. J. Sci. Food. Agric. 83, 473-476.
Ramos ML, Huntley JJ, Maleki SJ, Ozias-Akins P. 2009. Identification and characterization of a hypoallergenic ortholog of Ara h 2.01. Plant Mol Biol, 69, 325–335.
Reddy N, Pierson M, Sathe S, Salunkhe D. 1984. Chemical, nutritional and physiological-aspects of dry bean carbohydrates - A review. Food Chem. 13, 25-68.
Sparvoli f, Bollini R, Cominelli E. 2015. Nutritional value. In: *Grain Legumes*, AM De Ron (ed), Handbook of Plant Breeding 10, pp 291.325.
Sreerama Y N, Sashikala V B, Pratape VM, Sing V. 2012. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. Food Chem. 131, 462-468.
Vitale A, Bollini R. 1995. Legume storage proteins. In: *Seed development and germination*, J Kiegel and G Galili (eds.), Marcel Dekker, Inc. New York, Basel, Hong Kong. pp. 73-102.

Tabella 1 - Principali costituenti dei semi delle leguminose (% peso del seme).

Specie	Proteine	Carboidrati totali	Fibre	Amido	Olio
Fagiolo comune	20.9-30.1[§]	54-64[§]	10**	41.5**	1.3-2.5[§]
Pisello	21.9-31[§]	52-62[§]	5.9-12.7*	18.6-54.5*	1.3-3[§]
Cece	16-28[§]	54-66[§]	2.7-9*	42-54.9*	3.1-7[§]
Fava	24.3-32.2[§]	57-60[§]	7.5-13.1*	37-51.5*	1.1-4
Fagiolo dall'occhio	16-36*	56-68[§]	6.3*	46.8-53.6 °	1-1.3[§]
Lenticchia	20.6-32[§]	54-58[§]	12-14.7*	46-49.7*	1-2.1[§]
Lupino	28-47**	26-47**	3***	0.4*	4-15.5**
Soybean	26.5-55.2*	30.2-35**	20**	1.5**	6.5-28.7*

[§] Chibbar, e al., 2010
* Burstin, e al., 2011
** Hedley 2001
*** Reddy, e al., 1984
° Sreerama, e al., 2012

Modificato da Sparvoli e al., 2015.

Tabella 2 - Attività lectinica nel seme.

	Intervallo di agglutinazione	
Specie	Eritrociti di coniglio	Eritrociti umani (tipo AB)
Cannellino (*P. vulgaris*)	6-24	12-390
Pinto (*P. vulgaris*)	6,250-12,500	12,500
Spagna (*P. coccineus*)	1.5-12	98-390
P. acutifolius	1.5-12	24
Lima (*P. lunatus*)	12,500	98
Lenticchia	49-780	1,560-6,250
Pisello	49-195	3,120
Cece	12,500	12,500
Fag. dall'occhio (*V. unguiculata*)	12,500	12,500
Fagiolo mungo (*V. radiata*)	12,500	12,500
Fava	49-3,120	3,120-12,500
Soia	24-390	12,500

I valori indicano la quantità di estratto, in mg/ml, sufficiente per avere agglutinazione di una sospensione di globuli rossi. Bassi valori indicano alta attività. Modificato da Sparvoli et al., 2015

Tabella 3 - Contenuto in α-galattosidi (mg/g) in alcuni legumi spagnoli.

Specie	Raffinosio	Ciceritolo	Stachiosio	Verbascosio
Soia	9.30 ± 0.18	N.D.	40.70 ± 0.87	N.D.
Lupino	6.30-7.31	4.04 ± 0.06	55.03 ± 0.16	11.72 ± 0.02
Lenticchia	2.92 ± 0.39	12.80 ± 0.96	22.60 ± 0.99	21.9 ± 0.77
Pisello	4.20-6.58	1.61 ± 0.15	14.59-26.30	27.75-50.25
Cece	4.51-6.53	22.83-38.3	16.73-22.90	N.D.
Fava	4.03-5.03	N.D.	9.22-9.43	28.69-29.60
Fagiolo	1.00-2.90	N.D.	29.30 ± 0.30	1.1 ± 0.01

Modificato da Muzquiz et al., 2012

MODULAZIONE DI MOLECOLE BIOATTIVE E DI FATTORI ANTINUTRIZIONALI IN FAGIOLO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

Modulation of bioactive molecules and antinutritional factors in common bean (Phaseulus vulgaris L.)

Francesca Sparvoli[1], Monica Laureati[2], Roberto Pilu[3], Ella Pagliarini[2], Ivan Toschi[3], Gianluca Giuberti[4], Paola Fortunati[4], Maria Gloria Daminati[1], Eleonora Cominelli[1] and Roberto Bollini[1]*

[1] Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria, CNR - Via Edoardo Bassini 15 - 20133 Milano - Italia
[2] Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente, Università degli Studi di Milano - Via Giovanni Celoria 2 - 20133 Milano - Italia
[3] Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia, Università degli Studi di Milano - Via Giovanni Celoria 2 - 20133 Milano - Italia
[4] Istituto di Scienze degli alimenti e della nutrizione, Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Cattolica del Sacro Cuore - Via E. Parmense 84 - 29122 Piacenza - Italia
*e-mail: sparvoli@ibba.cnr.it

Riassunto
Il consumo di legumi è associato ad effetti benefici per la salute. I semi dei legumi contengono, però, composti che riducono il loro valore nutrizionale e spesso necessitano di cottura prima del consumo. Farine di genotipi di fagiolo, caratterizzati dalla presenza di ridotte quantità di alcuni di questi composti antinutrizionali, quali la cultivar Lady Joy, priva di lectine tossiche, ed il mutante biofortificato *lpa1*, sono state usate, senza alcun pre-trattamento termico, per produrre biscotti, in combinazione con diverse proporzioni di farina di mais e/o di frumento. I biscotti con farina di fagiolo sono migliori da un punto di vista nutrizionale rispetto a quelli con solo farina di mais e/o frumento. I biscotti ottenuti con la farina *lpa1* risultano biofortificati, mentre quelli con la farina Lady Joy sono sicuri per i consumatori e la presenza di quantità discrete di inibitore dell'α-amilasi ne riduce l'indice glicemico. Questi biscotti sono risultati gradevoli al gusto in modo comparabile a quelli di controllo, anche nelle formulazioni senza glutine. Questo studio evidenzia l'importante contributo dell'approccio genetico per il miglioramento dei prodotti alimentari.

Abstract
Legume consumption is associated with health benefits. However, legume seeds often contain compounds whose presence could affect their nutritional value and they need to be cooked before consumption. Common bean flours, derived from genotypes having different seed composition for absence/presence of antinutritional compounds, as the cv. Lady Joy, lacking toxic lectins, and the biofortified lpa1 mutant line, without any thermal treatments, were used to make biscuits in combination with different proportions of maize and/or wheat flours. Biscuits containing common bean flour were nutritionally better than the control ones. Biscuits obtained with lpa1 flour were biofortified, while the ones with Lady Joy flour were safe for consumers and the presence of discrete quantity of α-amylase inhibitor reduced their glycemic index. These biscuits were accepted by consumers similarly to the control ones, also in the gluten-free formulation. This study highlighted the important contribution of genetic approach to improve food quality.

Introduzione

I legumi sono da tempo considerati alimenti funzionali ed il loro utilizzo come ingredienti in diverse formulazioni alimentari sta diventando sempre più comune. Numerosi studi suggeriscono che il consumo di legumi ha degli effetti benefici sulla salute, come la prevenzione delle malattie cardiovascolari, del diabete e del cancro. Tali effetti benefici dipendono dall'alto contenuto nei semi dei legumi di fibre solubili ed insolubili, dalla presenza di amido che viene digerito lentamente e di prebiotici come oligosaccaridi, composti fenolici ed alcune proteine come la γ-conglutina e la catena α' della globulina 7S di soia. Alcuni di questi composti regolano la glicemia e le funzioni gastro-intestinali, altri possiedono proprietà antiossidanti. In particolare, i legumi, poiché

contengono una tipologia di amido poco digeribile per le sue caratteristiche fisiche e strutturali, hanno un indice glicemico (IG) più basso rispetto ai semi dei cereali, ed il loro consumo è consigliato ai diabetici ed a persone con problematiche cardiovascolari (Sparvoli et al., 2015). Inoltre, essendo privi di glutine, i legumi possono essere usati come ingredienti per celiaci.

Il fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.) ha una notevole importanza da un punto di vista culturale e storico come un componente essenziale nella dieta di moltissime persone nel mondo. I semi di fagiolo sono un'ottima fonte energetica per il nostro organismo, in quanto ci forniscono carboidrati complessi (fibre, amido ed oligosaccaridi), proteine, importanti minerali e vitamine (come ferro, zinco, vitamine del gruppo B, folato) e composti antiossidanti, come i polifenoli, importanti per la nostra salute. Da un punto di vista nutrizionale i semi di fagiolo hanno un maggior contenuto proteico rispetto ai cereali (18-24% contro 8-15%) ed il profilo aminoacidico delle proteine di riserva del seme è complementare a quello delle proteine dei cereali che normalmente sono ricche in aminoacidi solforati e povere in lisina, triptofano e treonina. Dall'altro lato, i semi di fagiolo contengono alcuni composti bioattivi e/o antinutrizionali, come lectine, inibitori di enzimi digestivi, fitato, galattooligosaccaridi ed alcuni composti fenolici, che possono compromettere il valore nutrizionale dei loro semi (Sparvoli et al., 2015).

Le principali lectine presenti nei semi di fagiolo sono le fitoemoagglutinine eritroagglutinanti (PHA-E, con effetto sui globuli rossi) e leucoagglutinanti (PHA-L, con effetto sui globuli bianchi). Il consumo di fagioli crudi o non sufficientemente cotti provoca avvelenamento i cui sintomi clinici estremi sono nausea, vomito, diarrea, gravi gastroenteriti e mancato assorbimento a livello intestinale. Tali effetti sono attribuibili alla presenza delle lectine. Le lectine e l'inibitore dell'α-amilasi (α-AI), ad esse evolutivamente correlato, appartengono alla famiglia genica APA delle proteine di riserva e sono ereditate come un unico locus Mendeliano. L'α-AI, noto anche come faseolamina, è in grado di inibire le α-amilasi di mammifero, bloccando l'accesso ad un sito dell'enzima e inibendo pertanto la digestione dell'amido (Santimone et al., 2004). Poiché l'α-AI previene la digestione dei carboidrati complessi, è ampiamente usato come ingrediente basilare delle preparazioni commerciali di amido-bloccanti per il controllo del peso corporeo (Barrett and Udani, 2011). Infatti l'α-AI è efficace nel ridurre i livelli plasmatici di glucosio post-prandiale, di insulina, di peptide C e di polipeptide inibitorio gastrico in soggetti sani ed affetti da diabete mellito. L'acido fitico (*myo*-inositolo-1,2,3,4,5,6-esa*kis*fosfato) ha una carica fortemente negativa a pH fisiologico e precipita facilmente nella forma di sali fitati, legandosi ad importanti cationi minerali, come ferro, zinco, potassio e magnesio. Gli animali monogastrici, come l'uomo, mancano di fitasi, l'enzima che digerisce i fitati nel tratto digestivo dei ruminanti, e non sono in grado di digerire i fitati presenti nei semi. Di conseguenza l'acido fitico riduce il valore nutrizionale dei semi e dei prodotti da essi derivati, riducendo la biodisponibilità di fosforo e minerali (Schlemmer et al., 2009). Si stima che un terzo della popolazione mondiale soffra della cosiddetta "fame nascosta", dovuta a carenze di micronutrienti. Gli effetti variano nella loro severità e colpiscono in particolare donne, bambini e persone dei paesi in via di sviluppo (Von Grebmer et al., 2014).

Numerose ricerche hanno evidenziato gli effetti benefici del consumo di legumi e ciò ha stimolato l'interesse ad aumentare tale consumo e a trovare nuove formulazioni alimentari per favorirlo. In particolare, i biscotti sono la più ampia categoria di snack tra i prodotti da forno nel mondo e costituiscono la via più semplice per raggiungere l'intera popolazione, grazie ai loro bassi costi di produzione, alla convenienza ed alla lunga conservazione nel tempo.

Il fagiolo è stato spesso considerato come un ingrediente utile per la produzione di snack o prodotti da forno come biscotti, pane e pasta, specialmente con l'obiettivo di realizzare prodotti senza glutine (Giuberti et al., 2015; Giuberti et al., 2016). L'aggiunta di farina di fagiolo provoca un effetto positivo sui livelli di proteine, fibre, amido resistente alla digestione e sull'indice glicemico (Anton et al. 2009; Giuberti et al. 2015, Giuberti et al. 2016). Tuttavia l'utilizzo del fagiolo è limitato dalla presenza di composti antinutrizionali. Per migliorare le caratteristiche nutrizionali del fagiolo e il suo utilizzo nell'alimentazione umana risulta essenziale inattivare e/o rimuovere i composti indesiderati. Infatti l'uso delle farine di fagiolo richiede trattamenti specifici come la

cottura e la macinatura o l'estrusione e la macinatura. In entrambe le procedure è richiesto un passaggio ad alta temperatura che dovrebbe inattivare le lectine e gli inibitori degli enzimi idrolitici (Alonso et al., 2000).
In questo lavoro mostriamo, utilizzando il sistema fagiolo, come una valida strategia alternativa ai trattamenti termici possa essere quella di agire direttamente sulla materia prima, i semi, rimuovendo quei caratteri genetici responsabili dell'accumulo dei fattori antinutrizionali. I risultati sono tratti dal lavoro pubblicato da Sparvoli et al. (2016) e dimostrano il vantaggio dell'utilizzo della cv. Lady Joy e della linea *lpa1* per il miglioramento nutrizionale dei biscotti. Infatti, le farine di questi fagioli hanno livelli molto bassi di attività lectinica e pertanto non necessitano di trattamenti termici per l'inattivazione delle PHA.
I biscotti contenenti farina di fagiolo sono nutrizionalmente migliori rispetto ai biscotti di controllo in quanto hanno un miglior rapporto aminoacidico, un più alto contenuto di fibre, un minor contenuto di amido e un minor indice glicemico predetto (pIG). Inoltre in questo lavoro mostriamo che la cottura in forno non inattiva completamente l'α-AI, contribuendo ulteriormente a ridurre il pIG dei biscotti. Infine mostriamo i dati relativi ad un test cieco su consumatori che mostra che una delle formulazioni con farina di fagiolo ha un buon indice di accettabilità, non significativamente diverso da quello dei biscotti di controllo, privi di farina di fagiolo.

Ottenimento di genotipi di fagiolo a basso contenuto di fattori antinutrizionali

La selezione di caratteri utili attraverso l'analisi della biodiversità naturale o indotta, seguita da incroci genetici, è una strategia per rimuovere i composti indesiderati. Usando tale approccio, sono stati identificati genotipi che mostrano differenze nel contenuto di PHA-E, PHA-L, α-AI e acido fitico, e sono stati usati come parentali in programmi di incroci per produrre linee con diverse combinazioni di proteine di riserva (Confalonieri et al., 1992; Bollini et al., 1999; Campion et al., 2009) (**Fig. 1**).
La varietà Lady Joy, il cui parentale ricorrente è la varietà Taylor's Horticultural, ha un α-AI attivo e contiene solo bassi livelli della lectina di tipo "pinto", una PHA praticamente inattiva, priva di attività eritroagglutinante, la cui presenza in fagiolo è stata riportata con una frequenza inferiore al 10% (Voelker et al., 1986) (**Fig. 1 corsie 3 e 4**). Il mutante *lpa1* porta una mutazione nel gene che codifica per il trasportatore dell'acido fitico (*Pvmrp1*) e nei semi mostra una riduzione del 90% nel contenuto di questo composto (Panzeri et al., 2011). Inoltre questa linea è priva dell'attività eritroagglutinante (è assente PHA-E), ed accumula solo bassi livelli di PHA-L (in **Fig. 1, corsie 1, 2, 4,** confrontare *lpa1* con G12984, un'accessione selvatica contenente PHA-E e la cv. di controllo Taylor's Horticultural).

Valutazione dell'attività eritroagglutinante in biscotti contenenti farine di fagiolo

Per verificare l'effetto della cottura in forno sulla stabilità della PHA, abbiamo prodotto biscotti utilizzando farine di fagiolo di diversi genotipi, contenenti o meno PHA. I genotipi confrontati sono i seguenti: i) cv. Lady Joy, priva di lectine attive, ii) la sua linea parentale, la cv. Taylor's Horticultural, contenente sia PHA-E sia PHA-L, iii) Billò, un ecotipo commerciale, anch'essa contente sia PHA-E sia PHA-L, iv) il mutante *lpa1*, contenete solo PHA-L (pertanto privo di attività eritroagglutinante). I biscotti sono stati preparati secondo la ricetta della "Pasta di meliga", biscotto tipico del Cuneese in cui la farina di mais è stata sostituita con quella di fagiolo (formulazione B14 in **Tab. 1**).
L'eventuale presenza di PHA-E attiva è stata saggiata con il test di eritroagglutinazione (**Tab. 2**). Gli estratti dei biscotti prodotti con le farine di fagiolo di controllo (cv. Taylor's Horticultural e ecotipo Billò) sono ancora in grado di agglutinare gli eritrociti, dopo diluizioni seriali tra 1:80 e

1:160 (**Tab. 2**). Tre minuti di cottura aggiuntiva (da 12 a 15 minuti) diminuiscono l'attività eritroagglutinante, presente fino alla diluizione 1:40 (**Tab. 2**), confermando che un appropriato trattamento a caldo è necessario per l'inattivazione di PHA-E. Come atteso, negli estratti di biscotti prodotti con le farine di fagiolo cv. Lady Joy o *lpa1*, non contenenti PHA-E, non si riscontra attività eritroagglutinante (**Tab. 2**).
Questi dati mostrano come l'utilizzo della cv. Lady Joy, contenente basse quantità di una forma di PHA inattiva (Confalonieri et al., 1992), sia da raccomandare nella preparazione di biscotti contenenti farina di fagiolo, per evitare qualsiasi rischio di avvelenamento da consumo di lectine, senza la necessità di alcun trattamento preliminare della farina.

Formulazioni di biscotti contenenti farina di fagiolo

Per capire il contributo della farina di fagiolo a diversi aspetti della qualità dei biscotti sono state usate diverse miscele di farine in cui la porzione di frumento e/o di mais è stata sostituita da farina di fagiolo (**Tab. 1**). La farina utilizzata è stata ottenuta da semi della cv. Lady Joy, che contiene basse quantità della lectina non tossica di tipo "pinto" e un α-AI attivo. Poiché la celiachia è spesso associate ad alta incidenza di diabete mellito ed esiste un forte interesse nell'abbassare l'indice glicemico degli alimenti senza glutine, per il mantenimento di un buon controllo glicemico, sono state preparate anche due tipologie di biscotti in cui le farine di fagiolo e di mais sostituiscono completamente quella di frumento (B22 e B29, **Tab. 1**).

Analisi dell'attività dell'inibitore dell'α-amilasi

Per verificare le conseguenze della cottura in forno sull'attività dell'inibitore dell'α-amilasi, tale attività è stata analizzata negli estratti sgrassati dei biscotti B12, B14, B22, B24, B29, del controllo "Pasta di meliga" e dei biscotti B14 preparati con farine della cv. Taylor's Horticultural (il parentale ricorrente usato per ottenere la cv. Lady Joy) e dell'ecotipo Billò. Poiché nei biscotti di controllo non è presente farina di fagiolo, non si osserva attività dell'α-AI significativa, mentre un'elevata attività dell'α-AI è misurabile negli estratti di tutti i biscotti contenti farine di fagiolo (**Tab. 3**). Il confronto tra le attività di α-AI nei diversi biscotti e quelle presenti nelle farine grezze mostra che i campioni B12, B24 e B29 mantengono un'attività dell'α-AI tra il 49,4% e il 62,5%, mentre attività più elevate sono riscontrabili nei campioni B14 e B22, che hanno rispettivamente il 100% ed il 75.9% dell'attività attesa per l'α-AI (**Tab. 3**). L'elevato rapporto tra l'attività ottenuta ed attesa dell'α-AI nel biscotto B14 è piuttosto inaspettato. Una possibile spiegazione potrebbe essere che il riscaldamento a secco che avviene durante la cottura in forno, induce cambiamenti nelle proprietà fisico chimiche del biscotto e di conseguenza delle sue componenti, causando un aumento dell'attività dell'α-AI, come mostrato nel caso di trattamento di fagioli con microonde (Oomah et al., 2014). L'attività di α-AI è stata saggiata anche nei biscotti fatti con farine della cv. Taylor's Horticultural e dell'ecotipo Billò. Questi mantengono tra il 69 ed il 75% dell'attività di partenza. La cottura prolungata dei biscotti ottenuti con farina proveniente dalla cv. Taylor's Horticultural riduce tale attività a circa il 21% (campione CP in **Tab. 3**).
Complessivamente questi dati mostrano un altro vantaggio dell'utilizzo della farina Lady Joy: essendo possibile evitare un pretrattamento termico della farina derivante da questo genotipo (grazie all'assenza delle lectine tossiche), nel prodotto da forno è possibile mantenere un'elevata attività dell'α-AI.

Analisi del contenuto di acido fitico nei biscotti

L'acido fitico è un noto composto antinutrizionale ed è molto stabile a trattamenti termici. L'utilizzo di farine quasi prive di acido fitico potrebbe migliorare significativamente la qualità nutrizionale di prodotti da forno. Per valutare questo aspetto abbiamo quantificato l'acido fitico in estratti di biscotti B14 preparati con farina del mutante *lpa1*, praticamente privo di acido fitico o con farine delle cv. Lady Joy e Taylor's Horticultural, con un normale contenuto (**Tab. 4**). Studi nutrizionali effettuati su volontari hanno mostrato che l'assorbimento di ferro da fagioli di genotipo *lpa1* è significativamente maggiore rispetto a quello possibile da fagioli di genotipo con normali livelli di acido fitico (Petry et al., 2013). I risultati riportati in questo lavoro mostrano che i biscotti prodotti con farina del mutante *lpa1* mostrano una riduzione del 50% del contenuto di questo composto rispetto ai biscotti ottenuti con le farine degli altri due genotipi (**Tab. 4**), e indicano che la formulazione dei biscotti B14 con farina *lpa1* è adatta per produrre biscotti biofortificati.

Analisi della composizione globale, dell'indice glicemico e della composizione aminoacidica dei biscotti

I diversi biscotti sono stati analizzati per la loro composizione globale, per l'indice glicemico predetto (pIG) attraverso un'analisi *in vitro* e per il contenuto di aminoacidi totali (**Tab. 6** e **7**). Rispetto ai biscotti di controllo, l'aggiunta di farina di fagiolo aumenta il contenuto di proteine, di ceneri, fibra neutro detersa, fibra acido detersa e, ad un minor livello, di lignina e fibra grezza. L'aggiunta di farina di fagiolo alla ricetta diminuisce il contenuto di amido nel prodotto finale (**Tab. 5**). La classificazione in base al pIG è utile per predire la risposta glicemica *in vivo* di un alimento rispetto ad un controllo di riferimento, gli alimenti vengono classificati come a basso (<55), medio (55–69) ed alto IG (>70) (Foster-Powell et al., 2002). I valori di pIG dei biscotti usati in questo lavoro (calcolati usando pane bianco commerciale come riferimento; pIG = 94.4) diminuiscono all'aumentare del contenuto di farina di fagiolo e variano tra il valore 88,9 dei biscotti di controllo e 61,9 dei biscotti B29. L'amido presente nei semi di fagiolo, rispetto a quello dei cereali, è caratterizzato da più alti livelli di amilosio e dalle maggiori dimensioni dei granuli. Queste due proprietà strutturali dell'amido di fagiolo contribuiscono ad impedire una degradazione completa di tale zucchero. Inoltre l'aumento della quantità di fibre e proteine osservato nei biscotti preparati con l'aggiunta di farina di fagiolo accompagnato dalla possibile formazione di complessi amilosio-lipidici durante la cottura potrebbero contribuire a ridurre ulteriormente l'accessibilità dell'amilasi ad idrolizzare l'amido.
Anche l'attività dell'α-AI presente in tutti i biscotti contenenti farina di fagiolo, tranne quelli con farina del mutante *lpa1*, rappresenta un parametro valutabile che contribuisce ulteriormente alla riduzione del pIG (**Tab. 5**). Per stimare il contributo dell'α-AI attivo al pIG, è stato usato come riferimento il pIG di biscotti fatti col mutante *lpa1* che è privo di α-AI (**Tab. 4**). I risultati mostrano che i biscotti B14, che contengono α-AI attivo, hanno valori di pIG più bassi rispetto ai biscotti fatti con farina del mutante *lpa1*, indicando che l'α-AI attivo contribuisce parzialmente alla diminuzione del valore del pIG (**Tab. 5**).
Sulla base dei risultati descritti, è possibile ipotizzare che il consumo di biscotti preparati con farina di fagiolo possa avere implicazioni positive sulla salute umana, in particolare sul controllo della glicemia specialmente in pazienti diabetici e celiaci. Per esempio, nella popolazione celiaca l'arricchimento con componenti fibrose di prodotti da forno senza glutine è molto positivo, poiché un basso apporto di fibre è stato riscontrato in tali popolazioni (Lamacchia et al., 2014). Inoltre, sebbene ci sia un dibattito tuttora in corso, la riduzione della risposta glicemica nella dieta, in seguito al consumo di prodotti alimentari a basso IG, può influenzare favorevolmente diversi parametrici fisiologici utilizzati come marcatori per sovrappeso, obesità, diabete mellito e rischio di cardiopatia coronarica (Livesey et al., 2008; Brand-Miller et al., 2009). Questo aspetto è

interessante anche per la popolazione celiaca, perché numerosi alimenti senza glutine mostrano un IG più alto rispetto alla loro controparte contenente glutine per compensare la mancanza della matrice glutinica (Pellegrini and Agostoni, 2015). In questo lavoro sono state considerate due formulazioni senza glutine, B22 e B29, e si è visto che hanno un pIG più basso rispetto ai biscotti di controllo, confermando un effetto additivo della farina di fagiolo.
La presenza di farina di fagiolo ha un impatto anche sulla composizione aminoacidica dei biscotti che risulta decisamente più bilanciata: aumenta il contenuto di aminoacidi essenziali Lys, Thr e Trp, mentre il contenuto di aminoacidi solforati non subisce variazioni significative (**Tab. 6** e **7**).

Studio del gradimento dei nuovi biscotti da parte dei consumatori

Per verificare che l'introduzione di un nuovo ingrediente, la farina di fagiolo, ad un alimento convenzionale come i biscotti non fosse sgradita ai consumatori è stato condotto un test di assaggio cieco su un campione di consumatori costituito da 102 soggetti. I dati di gradimento sono riportati in **Tab. 8**. I biscotti B14 hanno ricevuto un giudizio di accettabilità statisticamente confrontabile col biscotto di controllo e l'accettabilità dei biscotti B12, sebbene statisticamente diversa dal controllo, non risulta statisticamente diversa dai biscotti B14, indicando che queste due formulazioni piacciono ai consumatori. Tuttavia l'indice di gradimento diminuisce all'aumentare del contenuto della farina di fagiolo, infatti le formulazioni B22 (senza glutine) e B24 sono significativamente meno apprezzate e hanno ricevuto indici di gradimento che sono appena al di sopra della scala di gradimento, sebbene non siano significativamente diversi dal campione B12. Il biscotto B29 senza glutine, con il più alto contenuto di farina di fagiolo, è risultato il meno gradito in assoluto.
Quindi i biscotti senza glutine con la formulazione B22 possono rappresentare un buon compromesso tra gli effetti positivi sulla salute (assenza di glutine e pIG più basso), le aspettative dei consumatori celiaci ed il gradimento.

Conclusioni

La crescente consapevolezza del legame tra la dieta e la salute è il motore per lo sviluppo di nuovi alimenti che incontrino le esigenze dei consumatori e comprende l'identificazione, lo sviluppo ed il miglioramento di nuovi ingredienti nelle formulazioni alimentari.
In questo lavoro abbiamo valutato il vantaggio dell'utilizzo di farine di genotipi di fagiolo migliorati da un punto di vista nutrizionale per la produzione di biscotti, con lo scopo di contribuire a diversificare la dieta in modo sano. Inoltremostriamo l'importanza dell'approccio genetico per migliorare i prodotti primari, attraverso l'utilizzo del genotipo Lady Joy, privo di PHA attiva, che permette un uso diretto della farina senza alcun trattamento preliminare. Questo approccio ha permesso di ottenere biscotti con un discreto contenuto di α-AI attivo e basso pIG. Infine è stato osservato che l'utilizzo della linea *lpa1* potrebbe contribuire significativamente a ridurre i fitati totali nei biscotti, una caratteristica che dovrebbe aumentare la biodisponibiltà di minerali.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto FILAGRO "Strategie innovative e sostenibili per la filiera agroalimentare", finanziato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dalla Regione Lombardia, Accordo Quadro.
Si ringrazia la Dott.ssa. Alessandra Benati per aver sviluppato i contatti con il biscottificio "PrimoPan".

Bibliografia

Alonso R., Aguirre A., Marzo F. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. Food Chem. 68, 159-165.

Anton A.A., Fulcher R.G., Arntfield S.D. 2009. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. Food Chem. 113, 989-996.

Barrett M.L. and Udani J.K. 1999. A proprietary alpha-amylase inhibitor from white bean (*Phaseolus vulgaris*): a review of clinical studies on weight loss and glycemic control. Nutr. J. 10, 24.

Bollini R., Carnovale E., Campion B. 1999. Removal of anti nutritional factors from bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. Biotech. Agr. Soc. Environ. 3**,** 217-219.

Brand-Miller J., McMillan-Price J., Steinbeck K., Caterson I. 2009. Dietary glycemic index: health implications. J. Am. Coll. Nutr. 28, 446-449.

Campion B., Sparvoli F., Doria E., Tagliabue G., Galasso I., Fileppi M., Bollini R., Nielsen E. 2009. Isolation and characterisation of an *lpa* (low phytic acid) mutant in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Theor. Appl. Genet. 118**,** 1211-1221.

Confalonieri M., Bollini R., Berardo N., Vitale A., Allavena A. 1992. Influence of phytohemagglutinin on the agronomic performance of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Breed. 109**,** 329-334.

Foster-Powell K., Holt S.H.A., Brand-Miller J.C. 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. Amer. J. Clin. Nutr. 76, 5-56.

Giuberti G., Gallo A., Cerioli C., Fortunati P., Masoero F. 2015. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. Food Chem. 175, 43-49.

Giuberti G., Gallo A., Fiorentini L., Fortunati P., Masoero F. 2016. In vitro starch digestibility and quality attributes of gluten free 'tagliatelle' prepared with teff flour and increasing levels of a new developed bean cultivar. Starch 68, 374-378.

Lamacchia C., Camarca A., Picascia S., Di Luccia A., Ginafrani C. 2014. Cereal-based gluten-free food: How to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. Nutrients 6, 575–590.

Livesey G., Taylor R., Hulshof T., Howlett J. 2008. Glycemic response and health – a systematic review and meta-analysis: relation between dietary glycemic properties and health outcomes. Am. J. Clin. Nutr. 87, 258-26.

Oomah B., Kotzeva L., Allen M., Bassinello P. 2014. Microwave and micronization treatments affect dehulling characteristics and bioactive contents of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Sci. Food Agr. 94**,** 1349-1358.

Panzeri D., Cassani E., Doria E., Tagliabue G., Forti L., Campion B., Bollini R., Brearley C., Pilu R., Nielsen E., Sparvoli F. 2011. A defective ABC transporter of the MRP family, responsible for the bean lpa1 mutation, affects the regulation of the phytic acid pathway, reduces seed myo-inositol and alters ABA sensitivity. New Phytol.191**,** 70-83.

Pellegrini N., Agostoni C. 2015. Nutritional aspects of gluten-free products. J. Sci. Food Agric. 95, 2380-2385.

Petry N., Egli I., Campion B., Nielsen E., Hurrell R. 2013. Genetic reduction of phytate in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds increases iron absorption in young women. J. Nutr. 143, 1219–1224.

Santimone M., Koukiekolo R., Moreau Y., Le Berre V., Rouge P., Marchis-Mouren G., Desseaux V. 2004. Porcine pancreatic alpha-amylase inhibition by the kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) inhibitor (alpha-AI1) and structural changes in the alpha-amylase inhibitor complex. Biochim. Biophys. Acta 1696**,** 181-190.

Schlemmer U., Frølich W., Prieto R.M., Grases F. 2009. Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. Mol. Nutr. Food Res. 53 Suppl 2**,** S330-375.

Sparvoli F., Bollini R., Cominelli E. 2015. Nutritional value, in Grain Legumes, ed. A. De Ron (New York: Springer Science, Business Media), 291-326.

Sparvoli F., Laureati M., Pilu R., Pagliarini E., Toschi I., Giuberti G., Fortunati P., Daminati M.G., Cominelli E., Bollini R. 2016. Exploitation of common bean flours with low antinutrient content for making nutritionally enhanced biscuits. Frontiers in Plant Science, 7:928.

Von Grebmer K., Saltzman A., Birol E., Wiesmann D., Prasai N., Yin S., Yohannes Y., Menon P., Thompson J., Sonntag A. 2014. Global hunger index: The challenge of hidden hunger. Bonn;Washington, DC; Dublin:Welthungerhilfe; International Food Policy Research Institute; ConcernWorldwide.

Tabella 1 - Principali ingredienti utilizzati per la preparazione dei biscotti

	composizione delle farine						*farine totali (g)*	*altri ingredienti (g)*			*peso biscotti (g)*
	g			*% del peso del biscotto*							
campione	*frumento*	*mais*	*fagiolo*	*frumento*	*mais*	*fagiolo*		*uova*	*burro*	*zucchero*	
controllo	360	180	–	29	14	–	540	110	300	300	1250
B12	240	150	150	19	12	12	540	110	300	300	1250
B14	360	–	180	29	–	14	540	110	300	300	1250
B22	–	270	270	–	22	22	540	110	300	300	1250
B24	120	120	300	10	10	24	540	110	300	300	1250
B29	–	180	360	–	14	29	540	110	300	300	1250

Tabella 2 - Risultati del saggio di emoagglutinazione degli estratti di farine sgrassate di campioni di biscotti (tipo B14) e delle corrispondenti farine di fagiolo delle cv. Lady Joy (LJ) e Taylor's Horticulture (TH e TH CP per il campione che ha subito una cottura prolungata, 15 minuti anziché 12), della linea mutante *lpa1* e della varietà Billò. Nel campione di controllo gli eritrociti sono stati incubati con un volume equivalente di tampone anziché di estratto. In tabella sono indicate le diluizioni seriali utilizzate per ciascun campione. Il segno + indica che l'estratto, ad una data diluizione, provoca agglutinazione degli eritrociti (++, agglutinazione elevata), il segno – indica l'assenza di agglutinazione.

	diluizioni seriali degli estratti								
	1:10	1:20	1:40	1:80	1:160	1:320	1:640	1:1280	
LJ	-	-	-	-	-	-	-	-	**biscotti**
lpa1	-	-	-	-	-	-	-	-	
Billò	+	+	+	+	+	-	-	-	
TH	+	+	+	+	+	-	-	-	
TH CP	+	+	+	+	-	-	-	-	
controllo	-								
LJ	-	-	-	-	-	-	-	-	**farine**
lpa1	-	-	-	-	-	-	-	-	
Billò	++	++	++	++	+	+	+	+	
TH	++	++	++	++	+	+	+	+	

Tabella 3 - Attività di inibizione dell'α-amilasi in estratti sgrassati di biscotti e farine di fagiolo delle cv. Lady Joy (LJ) e Tayolor's Horticultural (TH), della varietà Billò (B) e della linea mutante *lpa1*. Le unità di α-amilasi inibita sono espresse per 100 mg di farina (U α-AI /100 mg). *I valori sono il prodotto tra l'attività dell'α-AI nella farina di fagiolo per la percentuale di farina di fagiolo presente nei biscotti sgrassati. Per la descrizione dei campioni B12-B29 si veda la Tabella 1 CP, cottura prolungata.

	campione	*% farina di fagiolo nei biscotti sgrassati*	*U α-AI /100 mg farina di fagiolo*	*U α-AI / 100 mg attesa nei biscotti sgrassati**	*U α-AI / 100 mg misurata nei biscotti sgrassati*	*% U α-AI rispetto all'atteso*
farina	cv. Lady Joy	-	1048,42±94,5			
biscotti	controllo	0		0,00	37,56±41,28	0,00
	B12	16		167,75	94,53±20,44	56,35
	B14	19		199,20	203,98±8,060	102,40
	B22	28		293,56	222,73±40,77	75,87
	B24	32		335,50	209,61±18,67	62,48
	B29	38		398,40	196,64±37,90	49,36
farina	cv. Lady Joy		1132,47±161,7			
	cv. Taylor's H.		1226,04±164,0			
	Billò		1181,99±76,9			
	lpa1		0.00			
biscotti	B14 (LJ)	19		215,17	234,96±23,50	109,20
	B14 (TH)	19		232,95	160,68±60,06	68,98
	B14-CP (TH)	19		232,95	48,65±2,4	20,88
	B14 (B)	19		224,58	169,16±48,87	75,32
	B14 (*lpa1*)	19		0,00	0,00	0,00

Tabella 4 - contenuto di acido fitico (AF) nei biscotti sgrassati e nelle farine di fagiolo della linea mutante *lpa1* e delle cv. Lady Joy (LJ) e Tayolor's Horticultural (TH).

	campione	*AF mg/g farina*
biscotti	B14 (*lpa1*)	1,91±0,03
	B14 (LJ)	4,63±0,81
	B14 (TH)	3,78±0,65
farine	*lpa1*	2,38±0,05
	LJ	9,32±0,23
	TH	10,53±1.01

Tabella 5 - Composizione globale ed indice glicemico predetto *in vitro* dei campioni di biscotto (g/100 g) (1 biscotto equivale a 11.6±0.4 g). LJ, Lady Joy; TH, Tayolor's Horticultural; B, Billò. Per la descrizione dei campioni B12-B29 si veda la Tabella 1.

campione	*peso secco*	*ceneri*	*proteine grezze*	*estratto in etere*	*FND*[1]	*FAD*[2]	*lignina*	*fibre grezze*	*zuccheri totali*	*amido*	*ET (kJ/g)*[3]	*pIG*[4]
controllo	97,1±0,03	1,21±0,03	7,07±0,00	22,4±0,26	1,40±0,06	0,96±0,07	0,77±0,11	1,80±0,13	31,2±0,06	41,9±0,96	22,4±0,230	89,0±0,35
B12	94,6±0,04	1,87±0,00	8,07±0,23	24,4±0,15	3,44±0,17	2,07±0,01	0,80±0,00	1,70±0,05	30,3±0,14	31,1±0,07	22,0±0,005	80,6±0,99
B14	95,7±0,03	2,09±0,00	9,24±0,21	24,5±0,49	2,23±0,08	2,05±0,03	0,77±0,01	2,06±0,26	30,9±0,61	29,8±0,02	22,6±0,001	74,2±1,34
B22	94,8±0,00	2,21±0,02	8,79±0,02	24,5±0,50	4,25±0,68	3,04±0,06	0,89±0,18	1,90±0,12	31,9±0,76	30,5±1,17	22,5±0,090	70,7±0,57
B24	95,3±0,02	2,03±0,03	8,94±0,04	26,3±0,10	3,45±0,16	2,67±0,03	0,92±0,04	1,61±0,23	31,1±0,88	28,5±0,31	22,6±0,070	66,2±0,92
B29	95,0±0,12	2,32±0,01	10,3±0,26	23,3±0,14	3,68±0,17	2,98±0,05	0,87±0,22	2,28±0,15	32,1±0,77	26,4±0,20	22,2±0,180	61,9±1,41
B14 (LJ)	92,9±0,17	1,74±0,14	11,2±0,09	21,6±0,09	nd	nd	nd	nd	30,2±0,20	34,3±0,58	nd	66,0±0,71
B14 (*lpa1*)	94,4±0,06	1,87±0,14	12,0±0,08	19,5±0,58	nd	nd	nd	nd	29,5±1,10	32,2±0,53	nd	70,3±0,21
B14 (TH)	94,5±0,06	2,05±0,14	11,3±0,05	20,9±0,33	nd	nd	nd	nd	30,3±0,69	29,9±0,53	nd	64,6±1,70
B14 (B)	91,6±0,08	1,74±0,14	13,3±0,02	21,6±0,49	nd	nd	nd	nd	29,9±0,78	29,6±0,54	nd	64,5±2,19

I valori rappresentano media ± deviazione standard di tre repliche indipendenti (base peso secco), eccetto per le analisi degli zuccheri totali e dell'indice glicemico *in vitro*, condotte in duplicato.

[1] FND: Fibra Neutro Detersa (cellulosa, emicellulosa, lignina)

[2] FAD: Fibra Acido Detersa (cellulosa, lignina)

[3] ET: Energia Totale

[4] pIG: Indice Glicemico predetto, calcolato usando pane bianco di frumento come riferimento (pIG = 94,4)

Tabella 6 - Composizione aminoacidica totale dei campioni di biscotti (g/100 g biscotti sgrassati) e farine di fagiolo delle cv. Lady Joy (LJ) e Tayolor's Horticultural (TH), e della linea mutante *lpa1*. Per la descrizione dei campioni B12-B29 si veda la Tabella 1. PS: peso secco.

campione	*Thr*	*Lys*	*Trp*	*Cys*	*Met*	*Phe*	*Val*	*His*	*Ile*	*Asp*	*Glu*	*Pro*	*Gly*	*Ala*	*Leu*	*Tyr*	*Arg*	*NH_4*	*Estratto in esano % PS*	*Proteine % PS*
controllo	0,337	0,144	0,041	0,175	0,141	0,379	0,496	0,229	0,323	0,572	2,354	0,940	0,299	0,395	0,722	0,300	0,309	0,268	21,4	8,75
B12	0,371	0,314	0,057	0,170	0,170	0,496	0,625	0,220	0,404	0,745	2,318	0,942	0,357	0,455	0,809	0,352	0,569	0,302	23,6	10,05
B14	0,461	0,485	0,096	0,165	0,173	0,590	0,713	0,325	0,509	0,809	2,748	1,277	0,446	0,478	0,876	0,378	0,568	0,401	22,8	12,03
B22	0,472	0,454	0,058	0,156	0,189	0,575	0,544	0,353	0,475	1,020	1,947	1,312	0,405	0,580	1,005	0,405	0,557	0,238	23,4	11,28
B24	0,473	0,491	0,080	0,168	0,185	0,591	0,757	0,352	0,488	1,025	2,251	1,430	0,438	0,551	0,939	0,401	0,599	0,316	22,5	11,91
B29	0,532	0,540	0,084	0,164	0,194	0,656	0,724	0,370	0,531	1,141	2,239	1,392	0,469	0,614	1,063	0,438	0,643	0,251	24,0	12,85
LJ	1,005	1,602	0,223	0,261	0,326	1,327	1,272	0,798	1,086	2,442	3,799	3,973	0,932	1,037	1,792	0,703	1,463	0,313	–	24,86
TH	1,186	1,741	0,243	0,252	0,307	1,526	1,416	0,819	1,241	2,985	4,300	5,037	1,043	1,120	2,024	0,722	1,793	0,374	-	28,20
lpa1	1,120	1,861	0,228	0,282	0,334	1,521	1,377	0,875	1,269	3,010	4,638	5,334	1,073	1,104	2,130	0,748	1,851	0,396	–	29,11

Tabella 7 - Variazioni percentuali del contenuto di aminoacidi nei biscotti con diverse quantità di farina di fagiolo della cv. Lady Joy confrontato con biscotti di controllo. Per la descrizione dei campioni B12-B29 si veda la Tabella 1.

campione	*Thr*	*Lys*	*Trp*	*Cys*	*Met*	*Met+ Cys*	*Phe*	*Val*	*His*	*Ile*	*Asp*	*Glu*	*Pro*	*Gly*	*Ala*	*Leu*	*Tyr*	*Arg*	*proteine*
B12	10,09	118,06	39,02	-2,86	20,57	7,59	30,87	26,01	-3,93	25,08	30,24	-1,53	0,21	19,40	15,19	12,05	17,33	84,14	14,86
B14	36,80	236,81	134,15	-5,71	22,70	6,96	55,67	43,75	41,92	57,59	41,43	16,74	35,85	49,16	21,01	21,33	26,00	83,82	37,49
B22	40,06	215,28	41,46	-10,86	34,04	9,18	51,72	9,68	54,15	47,06	78,32	-17,29	39,57	35,45	46,84	39,20	35,00	80,26	28,91
B24	40,36	240,97	95,12	-4,00	31,21	11,71	55,94	52,62	53,71	51,08	79,20	-4,38	52,13	46,49	39,49	30,06	33,67	93,85	36,11
B29	57,86	275,00	104,88	-6,29	37,59	13,29	73,09	45,97	61,57	64,40	99,48	-4,89	48,09	56,86	55,44	47,23	46,00	108,09	46,86
media (B12-B29)	37,03	217,22	82,93	-5,94	29,22	9,75	53,46	35,60	41,48	49,04	65,73	-2,27	35,17	41,47	35,59	29,97	31,60	90,03	32,85

Tabella 8 - Risultati del test sui consumatori (n = 102) per valutare l'accettabilità dei diversi biscotti con farina di fagiolo Lady Joy rispetto al biscotto di controllo "Pasta di meliga". Le lettere identiche indicano che non c'è differenza statisticamente significativa tra i campioni (LSD post-hoc test). Il gradimento dei consumatori è espresso su una scala lineare edonica di 100-mm ancorata agli estremi con "non mi piace per niente" (estremo sinistro della scala, punteggio = 0) e "mi piace moltissimo" (estremo destro della scala, punteggio = 100). Per la descrizione dei campioni B12-B29 si veda la Tabella 1.

campione	*media ± SEM*	*gruppi LSD post-hoc*
controllo	69,8 ± 2,3	d
B12	60,7 ± 2,5	bc
B14	64,6 ± 2,5	cd
B22	54,5 ± 2,5	b
B24	55,1 ± 2,7	b
B29	45,5 ± 2,7	a

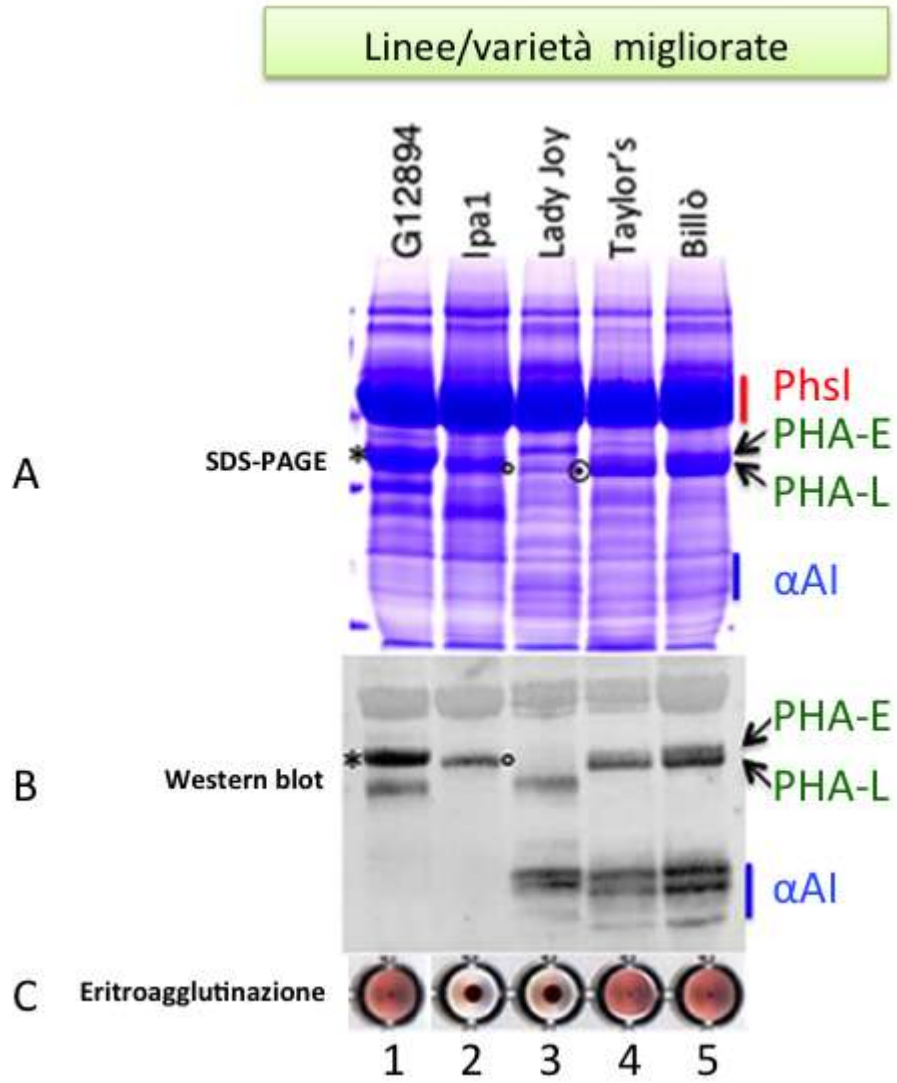


Figura 1 - (A) Analisi SDS-PAGE che mostra le principali proteine di riserva del seme di fagiolo; (B) profilo di immunoblot con anticorpo che riconosce le diverse PHA e α-AI; (C) saggio di emoagglutinazione degli estratti di semi dei diversi genotipi usati per preparare i biscotti. G12894, accessione selvatica contenente PHA-E. Le principali proteine di riserva sono indicate. La barra rossa corrisponde ai polipeptidi di faseolina (Fsl), la barra blu a α-AI; *, PHA-E; cerchio bianco, PHA-L; cerchio nero, lectina pinto.

Figura 2 - Aspetto dei semi di fagiolo del mutante *lpa1* e dei biscotti realizzati con farina del medesimo.

LE LEGUMINOSE DA GRANELLA PER LA MANGIMISTICA
Pulses. Agronomic aspects

Tommaso Maggiore

Presidente del Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura. Sant'Angelo Lodigiano (LO)
*Per la corrispondenza: tommaso.maggiore@unimi.it

Riassunto
Per non appesantire il seminario con una relazione densa di dati sperimentali il relatore ha preferito fare un po' di "storia" raccontando i rapporti che nella sua vita professionale lo hanno legato alle leguminose da granella destinate alla mangimistica. Si conclude auspicando una più intensa azione di miglioramento genetico.

Abstract
In order to avoid an excess of experimental data surely excessive after a day of conference, the rapporteur preferred to narrate his professional experience in the field of pulses for animal feed and concluded his speech hoping a renewed action of genetic improvement that is the base for a future expansion of these important crops in italy.

Consentitemi, data l'ora e dopo le molte relazioni scientifiche che avete udito, di farvi riposare un po' e di raccontarvi il mio personale rapporto con le leguminose da granella impiegate nell'alimentazione del bestiame.
Consentitemi anche di dedicare questi ricordi al mio amico Franco Rosso (figura 1), responsabile prima del Servizio Agronomico di Eridania Zuccherifici Nazionali e poi di Agronomica, società del gruppo Ferruzzi, nata per fare ricerca agronomica. Franco, infatti, come vedremo dopo, è stato un importante facilitatore della diffusione della coltura della soia in Italia.
Molti di voi sanno e del resto si "sente" che sono nato a Ragusa Ibla e cioè nella Sicilia sud-orientale dove la mia famiglia possedeva una grande azienda, posta tutta in collina e definibile catastalmente "seminativo arborato". Gli alberi presenti erano carrubi e ulivi, a parte quelli di un mandorleto e di un uliveto specializzati, entrambi di pochi ettari, posti in zone pianeggianti,. Eravamo intorno alla metà degli anni '50 del secolo scorso quando, pur frequentando il ginnasio, mi convinsi di dare un aiuto a mio padre, avvocato, nella conduzione dell'azienda.
In quell'epoca e in quella zona era prassi, nei seminativi arborati, di praticare una consociazione arboreo-erbacea e di allevare del bestiame per la produzione di latte e di carne. La razza allevata era la Modicana, cui si affiancava un piccolo gregge di pecore e anche un certo numero di maiali entrambe in un rapporto ben determinato con le vacche e ciò perché un po' di latte di pecora, aggiunto al siero, rendeva più buona la ricotta, prodotta prevalentemente con siero vaccino, e i maiali venivano alimentati con il siero rimasto dopo l'ottenimento della ricotta, almeno nella fase di magronaggio, per poi aggiungere concentrati nella fase di ingrasso.
Le colture erbacee praticate erano poste in una ben definita rotazione, praticata già da circa 50 anni: fava da granella, come coltura da rinnovo, seguita da frumento duro, quindi al terzo anno da un maggese pascolivo e al quarto da un erbaio autunno-primaverile di avena e veccia o di avena,

veccia e trigonella. In realtà il maggese poteva seguire il frumento o l'erbaio in dipendenza delle osservazioni, nel corso dell'inverno nella coltura del frumento, sulla presenza di specie pabulari. In prossimità dei fabbricati rurali si coltivavano solo diversi erbai (forragini) con diverse specie in purezza (orzo, favino) o in miscuglio (avena e veccia) per l'alimentazione a verde del bestiame nel periodo primaverile. L'erbaio autunno-vernino, posto in rotazione, veniva sfalciato, essiccato in campo e quindi trasportato e conservato in fienile. Le sementi che componevano l'erbaio venivano acquistate in quanto si riteneva antieconomico produrle, mentre quelle di fava e di frumento erano riprodotte in azienda, avendo cura di praticare in campo un minimo di selezione massale. Nella mia azienda di fave se ne coltivavano due tipi: in maggior misura una popolazione appartenente alla *Vicia faba media* (cavallina o equina) e per il resto una popolazione di *Vicia faba maior*. In teoria quest'ultima avrebbe dovuto essere utilizzata per l'alimentazione umana (componente di base per la minestra da fornire tutte le sere ai salariati avventizi). In pratica però la produzione veniva scambiata. Infatti le fave della mia azienda, che disponeva solo di terreni calcarei, non erano adatte alla cucina in quanto difficilmente "cuocibili" e pertanto era necessario cambiale con quelle prodotte da un agricoltore che disponeva di terreni con poco calcare attivo.

Relativamente alla conduzione della coltura, questa era la seguente: concimazione organica con letame maturo distribuito in pre-aratura, aratura a media profondità (20-25 cm), erpicatura leggera, assolcatura per consentire la concimazione localizzata presemina con perfosfato minerale 18-20 e quindi la semina manuale, a file, seguita da una copertura del seme con zappa. La semina veniva effettuata in novembre. Nel mese di febbraio si provvedeva ad eseguire una sarchiatura veloce, sempre manualmente con zappa; in marzo si eseguiva una seconda zappatura con leggera rincalzatura; infine nel mese di aprile si interveniva per cercare di eliminare la pericolosa "lupa", così veniva chiamata l'*Orobanche crenata* Forssk. La raccolta veniva effettuata tra fine maggio e primi giorni di giugno, strappando le piante, se completamente secche, o tagliandole, quasi al piede, con una falce messoria se ancora leggermente umide. Quindi si procedeva a formare i covoni, che venivano lasciati in campo per completare l'essiccazione per poi trasportarli al bordo dell'aia dove si provvedeva a trebbiarli prima di dare inizio alla trebbiatura del frumento. La trebbiatura si effettuava, dopo aver disteso i covoni sull'aia, con un doppio passaggio di cavalli o muli seguito dalla eliminazione delle paglie a "spaglio" con i tridenti in legno e delle polveri con le pale, sempre in legno, per poi rifinire il lavoro col passaggio della granella sui crivelli. Le rese mediamente conseguite erano di 12-15 q/ha di granella e praticamente simili per le due popolazioni coltivate. Le altre granelle di leguminose, impiegate nell'alimentazione del bestiame, erano quelle di veccia (*Vicia sativa* L.) e di trigonella (*Trigonella faenum graecum* L.) che si trovavano sul mercato come residui di semi non utilizzati nella preparazione degli erbai. Una particolare attenzione si aveva per l'impiego della trigonella non impiegandola mai nel periodo finale dell'ingrasso per non trovare nelle carni il pessimo sapore lasciato dall'alcaloide trigonellina.

La coltura della fava per la produzione di granella secca, oggi, nelle provincie di Ragusa e Siracusa non si vede più. Le superfici destinate a fava in tutto il meridione d'Italia che compaiono nelle statistiche ufficiali sono prevalentemente di favino (*Vicia faba* L. var. *minor* Harz). La fava che si vende come baccelli verdi è coltivata negli orti e sfugge alla statistica, quella secca viene importata o, in limitata quantità, viene da altre zone della Sicilia. Viene pertanto a mancare la classica coltura da rinnovo.

Passo ora a parlare del mio rapporto con un'altra leguminosa da granella, di certo oggi la più importante nel nord Italia e della quale siamo anche forti importatori: la soia.

Quando frequentavo l'Università nel Corso di Coltivazioni Erbacee (la materia era impartita con l'Agronomia Generale dallo stesso professore che nell'anno metteva insieme gli studenti del 3° e 4° anno della Facoltà di Agraria e insegnava alternativamente l'Agronomia o le Coltivazioni Erbacee) la soia era descritta in poche pagine (es. in F. Crescini, Piante erbacee di grande coltura, Ed. REDA, pag. 144-148) nelle quali ci si soffermava di più sugli impieghi che ne facevano i cinesi o i giapponesi che sulle caratteristiche della pianta e sulla sua agrotecnica; in pratica però non veniva studiata. Qualche libro divulgativo l'aveva presentata intorno al 1920, ma nessuno l'aveva studiata scientificamente fino, come vedremo, a qualche anno prima della seconda guerra mondiale.

Nel 1973 il mio Direttore (Prof. Angelo Bianchi, dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura) mi mandò a risolvere alcuni problemi in una sezione dell'Istituto sita a Montagnana (PD), priva di personale scientifico, che, in base alla riforma della sperimentazione agraria del 1967, avrebbe dovuto essere ceduta all'Istituto per le Colture Foraggere di Lodi per occuparsi della foraggicoltura di montagna! In quell'occasione scoprii che la sezione era l'erede della Stazione Fitotecnica dell'Istituto di Genetica per la Cerealicoltura di Roma – quello cioè diretto da Nazzareno Strampelli- e che tra il 1938 e il 1940 aveva introdotto molti materiali di soia, sia dalla Cina sia dagli Stati Uniti, e messi in prova. I successi furono scarsi dal punto di vista produttivo, ma la sperimentazione stabilì che bisognava scartare per gli ambienti padani tutti i materiali tardivi e concentrarsi solo su quelli precoci. Su questi quindi si effettuò anche qualche incrocio per avviare un'azione di miglioramento genetico. Nel dopo guerra i lavori della Fitotecnica andarono a rilento e furono prevalentemente gestiti da un'altra Fitotecnica vicina, quella di Badia Polesine diretta dal prof. Cirillo Maliani, che mandava a Montagnana il Dott. Alberto Trentin (per molti anni poi direttore dell'Istituto Nazzareno Strampelli di Lonigo (VI). Trentin continuò a selezionare i materiali, frutto degli incroci effettuati nei primi anni '40, e arrivò a costituire qualche varietà precoce, ma non la rilasciò, visto che non interessava a nessuno. Tuttavia alcuni tipi selezionati se li portò, lasciata la Fitotecnica di Montagnana, prima alla Polesana Sementi di Badia Polesine e poi a Lonigo, ma anche questi furono in qualche misura moltiplicati e mai diffusi. A Montagnana alla Direzione di Trentin seguì quella di Dell'Aglio che pensò bene di moltiplicare, magari ad anni alterni, ciò che rimaneva e che sembrava più interessante, nell'azienda della Fitotecnica (Palù). Quando Dall'Aglio andò in pensione il mantenimento dei materiali, specie di avena e soia fu seguito dal personale operaio subalterno. Arrivato a Montagnana analizzai i materiali trovati e i dati produttivi di più anni degli stessi e per la soia pensai di far iscrivere ai Registri Varietali una varietà (oggi classificabile come gruppo 1) cui fu dato il nome di "Olimpia", nome della salariata che per anni ne aveva curato il mantenimento. Qualche anno dopo fu licenziata dall'Istituto di Lonigo un'altra varietà, molto simile per precocità e portamento ad Olimpia.

Nel 1955 con l'avvio dell'industria mangimistica (es. SIVAM di Milano e vari Consorzi Agrari) viene iniziata l'importazione della soia da destinare sia alla produzione di olio sia di farina da inserire nei mangimi e ricordo che il mio professore di Zootecnia (Giuseppe Piana) ci descriveva le grandi qualità della granella di questa leguminosa e il suo valore complementare con i cereali, raccomandandoci anche di non dimenticare della presenza dei principi antinutrizionali quali gli inibitori della tripsina, eliminabili solo con trattamenti con alta temperatura, da fare sempre quando l'estrazione dell'olio veniva realizzata con solventi.

Lo sviluppo della zootecnia e della mangimistica richiese l'importazione, dagli Stati Uniti, di grandi quantità di granella di soia o direttamente di farina di estrazione e il principale importatore fu la ditta Ferruzzi di Ravenna, impegnata anche nell'importazione di cereali.
A metà degli anni '70 l'Unione Europea concedeva ai produttori di leguminose un premio per quintale di produzione, ma le pratiche cartacee da svolgere erano tali da scoraggiare qualsiasi imprenditore, pertanto le poche quantità di seme importato restavano nei magazzini delle Ditte sementiere. Inoltre fino ad allora non era stata sviluppata ricerca per individuare i gruppi varietali più idonei in relazione alle possibili epoche di semina, entro i quali scegliere i materiali da coltivare. Una prima e ampia sperimentazione fu finanziata dalla Fondazione Rendo di Catania che diceva di essere interessata allo sviluppo della coltura nelle zone siciliane ove si disponeva di acqua irrigua (almeno di quella proveniente dalle dighe che la stessa Ditta Rendo aveva costruito). Detta Fondazione affidò la direzione della ricerca al Prof. Pietro Caruso (figura 2) della Facoltà di Agraria di Palermo per individuare sia le varietà, da coltivare negli areali siciliani, sia le agrotecniche da applicare (epoca di semina, densità, distanza fra le file, concimazione, diserbo, irrigazione, epoca di raccolta ed eventuali trattamenti antiparassitari). La sperimentazione triennale fu svolta in modo attento e puntuale ma i buoni risultati, tuttavia, non stimolarono la diffusione negli ambienti siciliani, dati i consistenti volumi irrigui necessari per l'ottenimento di buone rese. La stessa Fondazione, per poter confrontare i dati ottenuti in Sicilia, finanziò ricerche con campi sperimentali in Lombardia e nel Veneto affidandole agli Istituti di Agronomia delle Facoltà di Agraria di Milano e di Padova. Rendo, alla fine della ricerca, invitò un folto gruppo di ricercatori, tra i quali il sottoscritto, a visitare i campi sperimentali e a partecipare a un convegno che fu tenuto nei magnifici locali della Fondazione. Nel convegno si discusse dei risultati, ma anche delle possibilità di introdurre la coltura negli areali del nord e in particolare in quelli padani per i quali però era necessario sviluppare ricerche con impostazioni simili a quelle seguite in Sicilia.
Come si è detto prima, la mancanza di una adeguata sperimentazione e soprattutto la difficoltà per accedere al contributo della Unione Europea non fecero diffondere la coltura.
Nel 1979 e nel 1980 mi trovai più volte a Torviscosa in Friuli con il mio amico e compagno di Università Franco Rosso, Direttore di Agronomica, società del Gruppo Ferruzzi, nata per effettuare ricerca. Nell'azienda di Torviscosa, acquistata 2 anni prima da Serafino Ferruzzi, sia io che Rosso avevamo della sperimentazione: io sul mais e Franco sulla bietola. Nelle occasioni degli incontri continuavamo a discutere dato che ognuno di noi cercava soluzioni per risolvere alcuni problemi delle colture che in quel momento più ci interessavano.
A quell'epoca nel mais l'uso continuo dell'Atrazina per il diserbo, anche con l'aggiunta di Alacloro, aveva portato alla diffusione abnorme del Sorgo di Aleppo sia da seme sia, soprattutto, da rizoma, che allora non avevamo ancora la possibilità di controllare adeguatamente, pertanto, quando l'infestazione era consistente e incideva fortemente sulla produttività della coltura, eravamo costretti a interrompere la omosuccessione intervenendo con una coltura di orzo da granella che, una volta raccolta, dopo lo sviluppo del sorgo, di norma in luglio, consentiva un trattamento con Glifosate, capace di eliminare la maggior parte della sorghetta e in particolare quella più preoccupante da rizoma. La soia era, a mio modo di vedere coltura molto interessante perché, dato il contributo dell'Unione Europea (allora si chiamava CEE) presentava un utile netto pari a quello del mais e teoricamente (considerati i dati della sperimentazione di Milano e Padova) anche superiore dato il minor impiego di concimi azotati e di acqua irrigua. La coltura della soia, inoltre, per questo molto interessante, disponeva già di un diserbante di post-emergenza (Fusilade=

Fluazifop-p-butile) sistemico, capace di controllare le infestanti graminacee e quindi anche il Sorgo d'Aleppo.
Franco Rosso, invece, cercava una coltura, economicamente interessante, in grado di consentire un avvicendamento più lungo per la coltura della bietola, che in quell'epoca, in certi casi come in Romagna o in alcune aree del Veneto, era strettissimo (bietola-frumento) e tale da stimolare nel terreno lo sviluppo di nematodi nocivi alla coltura. Correttamente poi prevedeva vantaggi agronomici per la coltura del frumento (migliore struttura e una certa quantità di azoto lasciato dalla soia) e della bietola stessa (minor pressione delle malerbe). Sempre Rosso avviò, già nel 1980, un'ampia sperimentazione e stimolò a farla (con un progetto specifico del Ministero dell'Agricoltura), per coprire meglio il territorio padano, Giampietro Venturi (allora a Udine) con Francesco Danuso; Maria Teresa Amaducci a Bologna; Lucio Toniolo e Giuliano Mosca a Padova. Nello stesso tempo il successore di Serafino Ferruzzi (morto in un disastro aereo il 10/12/1979 e con il quale ero diventato amico dopo averlo incontrato per caso nel ristorante di un hotel a Salvador de Bahia, quattro anni prima) Raul Gardini (figura 3) si impegnò personalmente ad ottenere dall'Unione Europea la figura del "primo acquirente" e cioè di un commerciante che a seguito di contratto con l'agricoltore, già in presemina, era in grado di erogare , alla consegna del prodotto, in una sola volta e senza complicazioni, il prezzo concordato comprensivo del contributo U.E..
Una volta avviata la coltura nell'arco di 5 anni la superficie occupata, in Italia, passò da 0 a 500.000 ha. Successivamente e fino ad oggi la coltura ha avuto alterne vicende in dipendenza del prezzo della granella. In ogni caso le quantità importate sono state molto alte e negli ultimi 15 anni prevalentemente di soia OGM di provenienza Argentina e Brasiliana. Ovviamente io non ho nulla da eccepire agli OGM, anzi, faccio notare l'assurdo di non poterli coltivare, ma di utilizzali a piene mani in tutti gli allevamenti di ruminanti, suini e avicoli.
Sempre per la soia le discussioni con Rosso riguardavano l'irrigazione, per lui non necessaria (ovviamente operava in terreni prevalentemente argillosi) non avendone riscontrato vantaggi almeno in epoca di semina normale. Per me invece indispensabile nei terreni franchi o sciolti, in molti ambienti della pianura padana, per stabilizzare le rese e in particolare ogni qual volta si trattava di soia in secondo raccolto.
In proposito ho da raccontarvi un episodio, nel marzo del 1981 fui invitato a Mantova a parlare di problemi inerenti la coltura del mais in uno dei cosiddetti "Giovedì Mantovani", accompagnato dal Dott. Caleffi, allora direttore dell'Istituto Sperimentale Lattiero-Caseario. Entrando nella sala conferenze vidi su ogni sedia una brochure riportante in copertina una bellissima ragazza in bichini. Rivolto a Caleffi e senza prendere in mano la pubblicazione dissi, ma è mai possibile che si permetta di fare la pubblicità dei costumi da bagno quando vengo a parlare di mais. Caleffi non seppe rispondermi, ma mi porse la brochure ove, oltre alla ragazza era scritto a caratteri grandi "semina la soia e vai al mare". Si trattava della pubblicità realizzata da un mio amico, tra i primi venditori di sementi di soia (Aurelio Galletti di San Daniele Po, Cr), che voleva sottolineare la semplicità della coltura e la non necessità della irrigazione. Ovviamente la conferenza, con grande partecipazione di pubblico, durò più del normale perché dopo aver parlato di mais fui chiamato a discutere di soia e dell'irrigazione della stessa. Qualche sera dopo inoltre dovetti discutere sullo stesso argomento a San Daniele Po, nel Cremonese, negli ambienti della DODAS.
Nei primi anni dell'introduzione della coltura fui chiamato in moltissime riunioni, compreso quelle organizzate dalle Ditte interessate alla diffusione (Asgrow, Northrup-King, SIS, Galletti, ecc) a

parlare di problematiche relative alla soia. Grande interesse fu mostrato anche dalla Compagnie di Assicurazione che attraverso il Centro di Studio del Concordato Grandine (allora diretto dal Prof. Giuseppe Fogliani, dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza). Quest'ultimo organizzò per più anni di seguito dei corsi teorico-applicativi, di due o tre giorni, prima per gli Ispettori e poi per i Periti in varie zone, occupando metà di ogni giornata direttamente in campo. Di uno di questi corsi e cioè quello tenuto a Rovigo nell'agosto del 1985 agli Ispettori di tutte le Compagnie (figura 4), mi rimane un bellissimo ricordo per il grande interesse che i partecipanti mostravano e soprattutto per la passione che mettevano nel lavoro di campo.

Passo ora ad altre leguminose da granella con qualche premessa istruttiva.

Intorno al 1960 i ricercatori della INRA francese (Istitut national de la recherche agronomique del Ministero dell'Università e della Ricerca e del Ministero dell'Agricoltura e della Pesca) vista la necessità di alimenti proteici concentrati per l'alimentazione dei mono e dei poligastrici e la scarsa produzione nel territorio nazionale francese di leguminose da granella, stabilirono che per gli alimenti proteici da destinare ai monogastrici non dovevano ricorrere alle importazioni, ma dovevano produrle direttamente in Francia. Stabilito inoltre che il territorio dove era possibile fare la soia era limitato a quello degli areali a sud, sembrava loro necessario rivolgersi ad altre specie allevabili in qualsiasi area del Paese e stabilirono pertanto che bisognava operare su pisello, favino e lupino. Dopo un periodo di addestramento dei ricercatori, svolto sia all'estero sia nel paese avviarono un programma di miglioramento genetico allo scopo di approntare varietà atte a soddisfare le esigenze già individuate. Conferire anzitutto resistenza al freddo per consentire semine autunnali e ottenere varietà capaci di maggiori rese rispetto a quelle ottenibili con quelle a semina primaverile. Finalmente alla fine degli anni '70 i materiali pronti per la diffusione furono passati per le prove agronomiche e di adattamento e resa all'ITCF (Istitut technique des cereales e des fourages) anche con il compito del mantenimento in purezza e furono anche forniti alle ditte sementiere per proseguire il lavoro di miglioramento genetico. In questo periodo svolgevo il mio lavoro come Direttore di Sezione presso l'Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere di Lodi e dopo essermi recato più volte in Francia per visitare i campi sperimentali delle specie sopra dette cominciai a fare delle prove. Confermati anche negli ambienti padani i risultati produttivi e qualitativi dei colleghi francesi convinsi qualche ditta sementiera (es. SIS di Bologna e SIVAM di Milano) ad acquisire il seme di alcune varietà e metterlo a disposizione della clientela effettuando anche un minimo di pubblicità per la diffusione delle due proteaginose autunno vernine più importanti : pisello e favino.

Lascio ora i ricordi personali delle leguminose da granella per parlare dell'attualità.

In Italia di miglioramento genetico delle specie di cui ho parlato prima se ne sono occupati concretamente pochi:

-Mariolino Snidero (Snidero M., Danelon I., 2009) presso il Centro Regionale di Sperimentazione agraria del Friuli Venezia Giulia a Pozzuolo del Friuli, poi ERSA, per ottenere materiali con granelle a bassi tenori antinutrizionali e quindi poterle usare direttamente nell'alimentazione del bestiame. Il lavoro di miglioramento classico è stato avviato nel 1988. I principali tipi di inibitori presenti nella soia cruda sono il Kunitz trypsin inibitor e il Bowman-Birk i quali, limitando l'azione della tripsina e della chimotripsina, causano un minor sviluppo corporeo rilevabile in particolare nei monogastrici alimentati con soia cruda. Le varietà commerciali di soia hanno un'attività antitripsinica che varia da 50 a 58 mg/g di farina integrale. Alcune varietà di soia prive del gene del principale fattore antinutrizionale, i Kunitz trypsin inhibitor, sono state fornite all'Ersa dal

Dipartimento di agronomia dell'Università di Urbana in Illinois. Queste varietà sono state utilizzate in un programma di incroci con le varietà più diffuse in Italia per ottenere tipi adatti al clima italiano. Il lavoro di miglioramento genetico, portato avanti per 20 anni, ha dato la possibilità di iscrivere al Registro Nazionale numerose varietà di soia a diverso ciclo vegetativo, dal gruppo di maturità 0 al 2, con un'attività antitripsinica media di 25 mg/g di farina integrale: praticamente la metà rispetto a quella delle normale.

- Paolo Ranalli (Ranalli,2001) e collaboratori (Parisi, Di Candilo) presso l'Istituto Sperimentale per le Colture Industriali di Bologna oggi CREA, Centro Ricerca per le Colture Industriali (CIN) con la costituzione della varietà di Pisello proteaginoso;
- pochi ricercatori del CREA-FLC di Lodi (Centro di Ricerca per le Produzioni Foraggere e Lattiero Casearie) (Annicchiarico, 2016) per il pisello, il favino e il lupino, che cercano di inserire caratteri quali la insensibilità al fotoperiodo in pisello e così permettere semine anticipate in autunno; ridurre i contenuti in tannini e in vicina nel favino e incrementare le rese del lupino incrociando alcune popolazioni del centro Italia con varietà dolci francesi;
- Alessandro Bozzini e Pierino Iannelli, hanno sperimentato varie specie e insieme a Sacca (Sacca et. Al. 1992) il pisello caiacco (Iannelli P e Bozzini A, 1990) e molto pubblicato sul miglioramento genetico delle leguminose. Bozzini poi, con altri collaboratori, presso la ENEA, ha costituito una varietà di Lupino dolce (Lupinus angustifolius L.) per semine autunnali, iscrivendo a Registro la varietà "Polo".

I lavori di miglioramento genetico, specie sulle specie più recalcitranti, esempio sulla fava, andrebbero intensificati da parte delle istituzioni pubbliche dato che i privati, fin quando le superfici interessate sono quelle attuali, non hanno nessun interesse a svilupparli.

Gli studi agronomici dovrebbero, in modo prevalente, occuparsi del reinserimento di queste colture nell'avvicendamento colturale e soprattutto stimolare la costruzione di una filiera completa senza la quale, specie nel mezzogiorno, è difficile prevederne lo sviluppo.

Bibliografia

Annicchiarico P.,2016. Il futuro vuole un ritorno per le leguminose. L'informatore Agrario, 38, 46-48.

Iannelli P., Bozzini A., 1990. Le leguminose da granella : fonti proteiche da riscoprire. REDA, Roma

Ranalli P., 2001. Leguminose e agricoltura sostenibile. Specie da granella e da Cover crops. Il sole 24 ore Edagricole, Bologna

Sacca A., Bozzini A., Iannelli P., 1992. Pisello caiacco (Caijanus caion (L.) Millsp) valutazione bioproduttiva di 6 linee in ambiente collinare del Sannio (BN). Sementi Elette, 2, 51-56.

Snidero M., Donelan I., 2009. Soia con meno antinutrizionali ottima per rese e nelle razioni. L'Informatore Agrario, 19. 59-56.

Figura 1 - Il Dott. Franco Rosso, Direttore di Agronomica.

Figura 2 - Mario Rendo e Pietro Caruso. Stimolatore il primo e realizzatore il secondo delle prove della soia in Sicilia.

Figura 3 - Serafino Ferruzzi e Raul Gardini. Hanno svolto un ruolo importante nella introduzione della soia in Italia.

Figura 4 – Quattro agosto,1985: con gli Ispettori grandine alla fine di una giornata di duro lavoro in campo.

LA SOIA NELL'ALIMENTAZIONE UMANA
Soy in human consumption

Pietro Bontempi

Valsoia S.p.A. Via Barontini 16/ 40138 Bologna

Riassunto
La soia è una leguminosa assai impiegata nella alimentazione umana ed animale. La sua produzione mondiale (dato 2014) è stimata ben oltre le 200 milioni di tonnellate. Nei paesi asiatici è conosciuta come buon alimento da oltre 5000 anni. Sono ben note le sue proprietà nutrizionali e salutistiche. Nell'anno 1990 Valsoia, nata da una brillante idea imprenditoriale e prima azienda italiana del settore, ha pensato di usare queste elevate qualità per offrire una risposta dietetico-alimentare alla crescente domanda di salute e benessere. Ha sviluppato un'ampia gamma di prodotti in grado di coprire i diversi momenti di consumo giornaliero. Così sono nati bevande, gelati, yogurt, dessert, sostitutivi della carne, tofu, condimenti, simil-formaggi, e tanti altri prodotti in linea con la tradizione alimentare italiana e formulati esclusivamente con ingredienti di origine vegetale. I prodotti sono collocati nella Moderna Distribuzione Alimentare. Obiettivo di Valsoia è stato ed è tuttora di contribuire al miglioramento della qualità della vita sviluppando e proponendo ai consumatori alimenti salutistici (functional foods) che rappresentino una reale alternativa a quelli tradizionali. Sono descritte la tecnica e l'impiantistica di produzione degli estratti.

Abstract
Soy is a legume very used in human and animal nutrition. The world production is estimated well over 200 million tons. In Asian countries soy is known as an important food for over 5000 years. It is well known its nutritional and health benefits. Valsoia was born in 1990 from a brilliant business idea and the first Italian company in the sector, has decided to use high quality products to offer a food dietary response to the growing demand for health and wellness. It has developed a wide range of products capable of covering the different daily consumption moments. Are so born drinks, ice creams, yogurts, desserts, meat substitutes, tofu, like cheeses and many other products in line with the Italian food tradition and exclusively formulated with vegetable ingredients. The products are sold in the Modern Food Distribution. Objective of Valsoia was and still is to contribute to improving the quality of life by developing and proposing to the health-food consumers (functional foods) that represent a real alternative to the traditional ones. Are described exctracts technique and production plants.

Contenuti

1- OGM: approccio di Valsoia e impiego di questi semi.
   Non impiego di semi OGM. Severi controlli su ogni lotto ricevuto in stabilimento.
   Un laboratorio esterno molto qualificato esegue ca. 1000 analisi PCR all'anno su semi, materie prime e prodotti finiti di Valsoia.
   Origine geografica dei semi impiegati.
2- Semi impiegati: di provenienza per 80% dagli USA, 20% da Italia.
   Vengono impiegati anche ca. il 14% di semi biologici, di provenienza italiana.
   Il totale dei semi processati per anno è poco più di 4.000 tons.
   Caratteristiche analitiche e standard di accettazione.
3- I marchi commerciali di Valsoia.

Valsoia commercializza cinque propri marchi diversi: Valsoia, Vitasoia, Rys, Witabix, Santa Rosa.

4- Certificazioni e garanzie dei prodotti. Caratteristiche analitiche dei semi impiegati: n.3 certificazioni su non impiego OGM, certificazione ambientale PAS 2050:2008 detta Carbon foot print, UNI CEI 50001 su gestione energia, certificazione produzione a norma IFS. Certificazione per produzione e vendita di prodotti biologici.
5- Sostenibilità ed impatto ambientale. Differenze su quantità di emissione di gas serra e rendimenti energetici in campo.
Impatto ambientale delle abitudini alimentari.
Energia resa in campo.
Valsoia è molto sensibili a questi problemi ed agisce nel pieno rispetto delle certificazioni a riguardo ottenute.
6- Lo stabilimento Valsoia: sua locazione e sue caratteristiche.
Collocati in regione Piemonte in provincia di Vercelli a soli 50 km. copre una superficie totale dalle pendici del Monte Rosa.
Si estende su una superficie di ca.23.000 m^2, di cui ca. 12.000 coperti.
La lavorazione si estende per 20 ore/giorno per 5/6 giorni/settimana.
In stabilimento è installato un impianto fotovoltaico da 100 Kw_p.
7- Tipo di produzioni effettuate nello stabilimento: descrizione breve delle produzioni primarie. Viene descritta la produzione degli estratti che, oltre ad essere prodotti finiti per le bevande, sono anche materie prime per molti altri prodotti, come gelati, yogurt, budini, tofu, simil-formaggi vegetali, panne vegetali, etc.
8- Caratteristiche degli estratti prodotti con queste tecnologie. Sottoprodotto ottenuto chiamato in tutto il mondo Okara.
9- Progettazione e tecnologia impiantistica: descrizione del processo.
Trattamenti fisici (temperature, vuoto, stripping) per l'eliminazione del beany flavour e del greany flavour ed anche dei fattori antitripsinici negli estratti.
Inibizione dell'enzima lipossigenasi responsabile dei sopracitati flavours.
Gli impianti di estrazione sono tutti progettati all'interno dell'azienda che fornisce poi disegni dettagliati degli impianti ad una azienda costruttrice esterna per la realizzazione ed il montaggio.
Loro descrizione.
10- Descrizione e tecnologia impiantistica anche degli estratti di riso e di avena. Lay-out degli impianti.
11- Okara nella alimentazione animale. Prodotto ricco di proteine, carboidrati e fibre costituisce ottimo alimento a costo conveniente per bovini e suini e a loro viene destinato.

Bibliografia

Come evidenziato in sede di intervento, essendo sia i prodotti che gli impianti sviluppati all'interno della azienda, così come lo studio di processo, è stata citata poca bibliografia, soprattutto per l'impatto ambientale, riferita alle seguenti fonti:

Solae Compay, St.Louis, Missouri
World Watch Insitute
ENSA, Associazione produttori derivati dalla soia, Bruxelles, Belgio.

LE LEGUMINOSE IN ALIMENTAZIONE ANIMALE
Pulses in animal nutrition

Vittorio Dell'Orto e Giovanni Savoini

Dipartimento di Salute, Produzione Animale e Sicurezza Alimentare (VESPA) - Università degli Studi di Milano, Via Celoria 10, 20133 Milano
*Per la corrispondenza: giovanni.savoini@unimi.it

Riassunto
I semi di leguminose maggiormente utilizzate per l'alimentazione animale in Europa sono la soia e relativi sottoprodotti, il pisello, la fava, il lupino e la farina di estrazione di guar. Le leguminose sono utilizzate per apportare prevalentemente proteina, oltre a lipidi nel caso dei semi di soia integrale, e amido soprattutto nel caso di pisello e fava. La soia, che rappresenta la leguminosa maggiormente utilizzata, è prevalentemente importata dal Sud America ed è quasi totalmente geneticamente modificata. Le leguminose possono essere sottoposte a trattamenti termici, principalmente fioccatura e estrusione, per ridurre il contenuto in fattori antinutrizionali, aumentare la digeribilità dell'amido e ridurre la degradabilità ruminale della proteina

Abstract
Soybean, and by-products, pea, faba bean, lupin, and guar meal are the main legume seeds used in animal nutrition in Europe. Legume seeds are used to provide protein, oil in the case of soybean, and starch, mainly in the case of pea and faba bean. Soybean, that is the most used legume, is mainly imported from South America and is almost totally genetically modified. Legume can be flaked or extruded, to reduce the content in antinutritional factors, to increase starch digestibility, and to decrease protein rumen degradability.

I semi di leguminose destinabili all'alimentazione animale sono numerosi, ma quelli effettivamente utilizzati sono sette: soia (*Glycine max*), pisello (*Pisum sativum*), fava (*Vicia faba*), lupino (*Lupinus spp*.), guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), arachide (*Arachis hypogaea*), carruba (*Ceratonia siliqua*).
In Italia vengono prevalentemente utilizzati i primi cinque, mentre l'arachide è poco utilizzata, e la carruba è utilizzata soprattutto come carrubina, o polpa di carruba che deriva dal baccello denocciolato (Biondi, 2014) caratterizzata da una bassa percentuale proteica e da un elevato tenore in tannini, mentre gli altri semi contengono quantità medio elevate di proteina. I semi di leguminose sono utilizzati in alimentazione animale per apportare prevalentemente proteina, oltre a lipidi, nel caso della soia, e amido, nel caso di pisello e fava soprattutto.
La soia è la leguminosa maggiormente utilizzata in alimentazione animale sia in Europa che nel resto del mondo. La produzione mondiale di soia prevista per quest'anno è di 330,43 milioni di tonnellate, i principali produttori sono gli Stati Uniti e Brasile, che producono oltre il 60% del totale della soia prodotta a livello mondiale seguiti da, Argentina, Cina, India, Paraguay, Canada, Ucraina e Unione Europea, che nel 2015/2016 ha prodotto 2,3 milioni di tonnellate di soia, con un incremento notevole rispetto ai 5 anni precedenti, pari al 48,5%.
L'Unione Europea ha importato, nel 2015/16, 14,6 milioni di tonnellate di semi di soia, prevalentemente da Brasile e Stati Uniti, con un aumento del 13% rispetto all'importazione media degli ultimi 5 anni. I principali utilizzatori dei semi di soia importati sono l'Olanda, la Spagna, la Germania e l'Italia. Per quanto riguarda la farina di estrazione di soia, l'importazione è stata di 19,9 milioni di tonnellate, con un aumento del 2% rispetto ai precedenti 5 anni. I principali utilizzatori della farina di soia importata sono l'Olanda, la Francia, la Spagna, l'Italia e la Germania.
L'Unione Europea ha prodotto, nel 2015/16, 2 milioni di tonnellate di pisello, 1,9 di fava e 0,4 di lupino, anche in questo caso come per la soia, l'incremento rispetto ai cinque anni precedenti è stato considerevole, essendo stato del 52,7%. Come termine di paragone la produzione di due oleaginose

molto utilizzate in alimentazione animale, il colza e il girasole, sempre nell'Unione Europea nel 2015/16, è stata di 20,6 e 8,6 milioni di tonnellate.
La quasi totalità, oltre il 90%, della soia importata è geneticamente modificata, per conferire resistenza agli erbicidi, mentre in Europa la coltivazione di soia geneticamente modificata non e ammessa. Raffrontando quindi la produzione europea con l'importazione, sia di semi che di farina di estrazione di soia, risulta evidente che gli animali produttori di alimento per l'uomo sono alimentati quasi esclusivamente con soia geneticamente modificata. Infatti anche i disciplinari di produzione dei tre più famosi prodotti DOP di origine animale, il grana padano, il parmigiano reggiano e il prosciutto di Parma e San Daniele, che impongono diversi limiti nell'inclusione di alcuni alimenti nelle razioni per le bovine e i suini, ammettono l'utilizzo di soia geneticamente modificata. I principali consumatori di soia sono gli avicoli e i suini.

Soia (Glycine max)

I semi di soia sono ampiamente utilizzati in alimentazione animale perché contengono elevate quantità di olio (20%) e proteina (40%), sono infatti i semi con più elevato contenuto proteico utilizzati in alimentazione animale. I semi di soia crudi possono essere utilizzati solamente nell'alimentazione dei ruminanti, in quantità comunque limitata, circa 1-1,5 kg per i bovini da carne e per le bovine da latte, in quanto i batteri ruminali sono in grado di inattivare i fattori antinutrizionali, inibitori della tripsina, lectine e ureasi, contenuti nei semi. Dato che l'ureasi trasforma la proteina in urea, l'utilizzo di semi di soia crudi deve essere limitato, o escluso, per i ruminanti la cui dieta contiene urea o azoto non proteico. Per gli altri animali i semi devono subire un trattamento termico, fioccatura o estrusione, che distrugga questi fattori. I semi di soia contengono alcuni oligosaccaridi (4-6%), principalmente stachiosio e raffinosio, che non vengono digeriti nell'intestino degli animali monogastrici e degli avicoli, ma vengono fermentati dai batteri; i suini, ad es, non devono essere alimentati con diete che contengano più del 2% di questi componenti (Grieshop et al, 2003). Dalla lavorazione della soia (figura 1) derivano principalmente due sottoprodotti: la farina di estrazione, caratterizzata da un contenuto proteico pari al 44% o 48 % in funzione della quantità di buccette, e le buccette, alimento fibroso, che rappresentano la cuticola esterna del seme. La farina di estrazione non contiene fattori antinutrizionali in quanto nel processo di estrazione dell'olio viene utilizzato calore che li inattiva, mentre permangono gli oligosaccaridi, che non vengono distrutti dal trattamento con il calore. La farina di estrazione di soia è, attualmente, l'alimento proteico maggiormente utilizzato in alimentazione animale grazie all'elevato tenore proteico e alla ridotta variabilità di tale valore tra i diversi lotti. Inoltre la soia farina di estrazione contiene un elevato tenore di lisina, aminoacido essenziale per tutti gli animali, come anche di triptofano, treonina e isoleucina, mentre il contenuto in cistina e metionina è basso. Un aspetto negativo è rappresentato dalla indisponibilità di circa il 75% del fosforo per i monogastrici, in quanto legato all'acido fitico, questo comporta l'utilizzazione nella dieta di fonti inorganiche di fosforo, ad es. fosfato mono o bicalcico, oppure di fitasi, che scindendo il fosforo dall'acido fitico lo rendono disponibile, riducendo in questo modo l'escrezione di fosforo nell'ambiente. La farina di estrazione di soia, come i semi, contiene sostanze goitrogene e estrogeniche, questi fattori antinutrizionali possono rappresentare un problema se la soia rappresenta l'unica fonte proteica o se la dieta contiene fitoestrogeni e fattori goitrogeni. Anche l'olio di soia, caratterizzato da un elevato contenuto di acido linoleico (55% degli acidi grassi totali) e oleico (19% degli acidi grassi totali) può essere utilizzato in alimentazione animale, specialmente nei monogastrici e negli avicoli, in quanto gli acidi grassi insaturi deprimono l'attività dei batteri ruminali. Altri sottoprodotti della soia sono il concentrato e l'isolato proteico. Il concentrato proteico contiene il 70 % di proteina e si presenta come una farina di colore bianco tendente al giallo, di odore neutro e gusto gradevole. E' un prodotto ottenuto dal seme sottoposto a iniziale sgrassatura e riduzione in fiocchi, seguito da un trattamento di estrazione con acqua ed etanolo a 70°C, che elimina gli oligosaccaridi. L'isolato

proteico è un prodotto con elevato tenore proteico, 80%, ottenuto riducendo il pH a 4,5, che induce l'insolubilizzazione delle proteine, le quali sono separate dal materiale solubile e successivamente centrifugato per rimuovere materiale fibroso residuo. Oltre alla eliminazione degli oligosaccaridi, i trattamenti a cui sono sottoposti entrambi i prodotti determinano una disattivazione della glicina e della β-conglicinina, proteine allergeniche che alterano l'epitelio intestinale dei suinetti, determinando una riduzione dell'altezza dei villi intestinali, con conseguente riduzione della superficie di mucosa per l'assorbimento dei nutrienti. Grazie a queste caratteristiche il concentrato e l'isolato proteico sono ottimi prodotti per l'alimentazione di suinetti. I semi di soia e i relativi sottoprodotti (figura 2) sono utilizzabili nell'alimentazione dei ruminanti, suini, avicoli, cavalli, pesci, cani e gatti.

Pisello (Pisum sativum)

Il pisello, come ricordato precedentemente, è la seconda leguminosa coltivata in Europa dopo la soia. I semi di pisello sono un alimento caratterizzato da un medio tenore proteico e da un alto tenore in NFC (Non Fibrous Carbhoydrates), di cui la maggior parte è rappresentata da amido (tabella 1). Come la soia, i semi di pisello sono una buona fonte di lisina, mentre il contenuto in aminoacidi solforati è scarso. I semi di pisello rappresentano una valida fonte proteica alternativa alla soia per l'alimentazione di animali allevati secondo metodi che non ammettono l'utilizzo di alimenti geneticamente modificati, come l'allevamento biologico. I semi di pisello hanno un ottimo potere pellettante. Contengono alcuni fattori antinutrizionali, quali inibitori della tripsina, ma in quantità molto ridotta, lectine e tannini, presenti soprattutto nelle varietà colorate. Il fosforo è presente prevalentemente legato all'acido fitico. In alimentazione animale si usa, generalmente, il seme intero macinato, che può essere incluso nelle diete per ruminanti, monogastrici, avicoli e pesci.

Fava (Vicia faba)

La fava, terza leguminosa, come quantità, prodotta in Europa, utilizzata anch'essa come seme intero macinato, è simile al pisello come contenuto in proteina, che è però più elevato, e in NFC, inferiore al pisello (tabella 1). Come la soia e il pisello, contiene un buona quantità di lisina, mentre il contenuto in aminoacidi solforati è scarso. Contiene anch'essa dei fattori antinutrizionali: inibitori della tripsina, in quantità molto bassa come il pisello, vicina, convicina, che non rappresentano un problema per i suini, mentre possono ridurre il peso delle uova nelle galline (Gatta et al., 2013), e tannini, il contenuto in questi ultimi è variabile in funzione della varietà, esistono varietà che non contengono tannini, come peraltro esistono varietà con basso livello di vicina e convicina . In Italia è utilizzato anche il favino che ha caratteristiche molto simili alla fava, ma i semi sono più piccoli. Anche nella fava il fosforo è in gran parte legato all'acido fitico. I semi di fava sono utilizzabili nell'alimentazione dei ruminanti, monogastrici, avicoli e pesci

Lupino (Lupinus spp)

Il lupino, prodotto in Europa in quantità decisamente inferiore rispetto alle altre leguminose, si differenzia nettamente dalla fava e dal pisello in quanto presenta un contenuto proteico più elevato, ma soprattutto non contiene praticamente amido (tabella 1). Contiene, rispetto alla soia, un contenuto inferiore di metionina, cisteina, lisina, treonina e triptofano, mentre il contenuto in arginina è più elevato (Suchý et al. 2006 a,b; Stanek et al. 2006). Anche il lupino contiene dei fattori antinutrizionali, rappresentati da galattosidi, raffinosio, stachiosio, verbascosio, che ne limitano

l'uso nell'alimentazione dei monogastrici e volatili, se non viene aggiunta della galattosidasi, e alcaloidi, il contenuto di quest'ultimo è soprattutto elevato nella varietà amare, mentre quelle dolci ne contengono una quantità molto ridotta, che le rende utilizzabili per l'alimentazione. Come nelle altre leguminose il fosforo è poco disponibile, essendo prevalentemente legato all'acido fitico. Il lupino è utilizzato prevalentemente come seme intero macinato.

Guar (Cyamopsis tetragonoloba)

Il guar non è utilizzato tal quale in alimentazione animale, ma si usa il residuo dell'estrazione della gomma di guar, la farina di estrazione di guar, che è caratterizzata da un elevato tenore proteico (tabella 1). Durante il processo di estrazione della gomma i semi vengono riscaldati a temperature elevate (93-105°C), il che determina un abbattimento dei fattori antitripsinici normalmente presenti in questa leguminosa. La gomma di guar è utilizzata nell'industria alimentare, grazie alle proprietà addensanti, nella produzione della carta, nell'estrazione del petrolio. La frazione residua di gomma costituisce un limite all'utilizzo di questo alimento nell'alimentazione dei broiler, infatti i galattomannani, che non vengono digeriti, aumentano la viscosità del contenuto intestinale, riducendo l'assorbimento dei nutrienti. Quando la percentuale di inclusione è bassa, inferiore al 2% gli effetti sono meno marcati, ma quando l'inclusione aumenta il peggioramento delle performances è evidente. Un modo per ridurre tali effetti negativi è rappresentato dall'inclusione nei mangimi di mannanasi, enzima che, degradando i galattomannani, migliora la digeribilità della farina di guar (Hussain et al., 2012). L'inclusione della farina di guar alla dieta di bovine in lattazione, non altera l'appetibilità della razione e non determina variazioni della produzione e della qualità del latte. La farina di guar può essere utilizzata anche nell'alimentazione dei suini.

Le leguminose, in generale, presentano un contenuto in lisina, espresso come percentuale della proteina grezza, superiore ad altre fonti proteiche usate per l'alimentazione animale, quali ad es. la farina di estrazione di girasole, di colza e il corn gluten meal (tabella 2). Anche la digeribilità ileale della lisina è elevata, sempre superiore all'80%. Il più elevato contenuto in lisina è riscontrabile nel pisello, che però presenta lo svantaggio del minor contenuto proteico, il che implica che se ne debba inserire nella razione quantitativi superiori per ottenere lo stesso apporto, se paragonato alla soia farina di estrazione (tabella 3).

Il contenuto in proteina caratterizzata da una degradabilità ruminale intermedia (frazione B2) è decisamente elevato nei semi di soia integrali sottoposti a trattamento termico, fioccatura, mentre è decisamente basso per il lupino, la fava e il pisello (tabella 4). Ciò implica che questi alimenti non possono rappresentare le uniche fonti proteiche quando la razione deve contenere anche una quota di proteina lentamente degradabile, come è il caso di razioni per bovine da latte ad elevata produzione.

Alcune leguminose contengono elevate quantità di amido, come il pisello e la fava, mentre altre ne contengono quantità molto basse (figura 3). La degradabilità ruminale dell'amido del pisello e della fava è intermedia tra quella di frumento, orzo, avena e mais (figura 4).

Le leguminose, in forma di farina derivante dalla macinazione dei semi per aumentarne la digeribilità e per poterli miscelare con gli altri componenti dei mangimi, possono essere inserite nei mangimi degli animali in proporzioni variabili dal 5 al 30 % della sostanza secca. I semi di soia integrale non trattati vengono inclusi nelle diete per ruminanti interi, perché la macinazione determinerebbe un rilascio troppo rapido dell'olio nel rumine e perché aumenterebbe la degradabilità ruminale della proteina. La percentuale di inclusione varia in funzione della specie, dello stadio fisiologico, della presenza di altre fonti proteiche, della presenza di fattori antinutrizionali, dell'appetibilità e, ovviamente dalla convenienza economica. I trattamenti termici, prevalentemente fioccatura ed estrusione, determinano per tutte le leguminose una riduzione della degradabilità ruminale della proteina ed un aumento della degradabilità ruminale dell'amido, nonché un aumento della digeribilità intestinale dell'amido nei monogastrici. Bisogna anche

considerare che i disciplinari di produzione dei prodotti DOP, impongono alcune restrizioni, ad esempio le razioni per bovine da latte che producono latte destinato alla trasformazione a parmigiano reggiano, possono contenere la massimo 1 kg di semi di soia integrale trattati termicamente o 4 kg in totale di fava, favino e pisello.
Nelle tabelle 5,6,7 sono riportati esempi di inclusione della soia e relativi sottoprodotti in mangimi per suini,polli e bovini da carne,nelle tabelle 8,9,10,11 sono riportati quattro esempi di razioni per bovine da latte contenenti soia e sottoprodotti, pisello, farina di guar e lupino.

Conclusioni

Le leguminose rappresentano la principale fonte proteica utilizzata per l'alimentazione degli animali produttori di alimento per l'uomo, ma vengono utilizzate anche per l'alimentazione degli animali da affezione e dei cavalli. La leguminosa maggiormente utilizzata è la soia perché ampiamente coltivata in tutto il mondo e perché, almeno fino ad oggi, rappresenta la fonte proteica economicamente più conveniente sia come apporto di proteina grezza che di aminoacidi essenziali.

Bibliografia

MINODAT 5.0, Evonik 2016

Biondi L. 2014. Il carrubo: risorsa alimentare alternativa per la zootecnia. Mangimi e Alimenti.it

CPM, Cornell-Penn-Miner, Dairy software

Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016- http://www.feedipedia.org/

Gatta, D., Russo C., Giuliotti L., Mannari C., Picciarelli P., Lombardi L., Giovannini L. ; Ceccarelli N. ; Mariotti L., 2013. Influence of partial replacement of soya bean meal by faba beans or peas in heavy pigs diet on meat quality, residual anti-nutritional factors and phytoestrogen content. Arch. Anim. Nutr., 67 (3): 235-247

Goelema J.O., Spreeuwenberg M.A.M., Hof G., van der Poel A.F.B., Tamminga S., 1998 Effect of pressure toasting on the rumen degradability and intestinal digestibility of whole and broken peas, lupins and faba beans and a mixture of these feedstuffs. Animal Feed Science and Technology 76 ,: 35-50

Grieshop,C.M., Kadzere, C.T., Clapper G.M., Flickinger E.A., Bauer L.L., Frazier, R.L., Fahey G.C. 2003. Chemical and nutritional characteristics of United States soybeans and soybean meals. J. Agric. Food Chem. 51 (26): 7684-7691

Hussain H., M., Rehman A.U., Khalid M.F 2012. Feeding value of guar meal and the application of enzymes in improving nutritive value for broilers. World's Poultry Science Journal68 (2): 253-268.

Moharrery A., Larsen M., Weisbjerg M.R. 2014. Starch digestion in the rumen, small intestine, and hind gut of dairy cows – A meta-analysis. Animal Feed Science and Technology 192: 1–14

Solanas E., Castrillo C., Balcells J., Guada J.A.2005.In situ ruminal degradability and intestinal digestion of raw and extruded legume seeds and soya bean meal protein. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 89: 166–171

Stanek M., Bogusz J., Sobotka W., Bieniaszewski T. 2006. Nutritive value of new varieties of yellow lupine (Lupinus luteus) and narrow-leaved lupine (Lupinus angustifolius). Ann Anim Sci 2/1: 206-210

Suchy P., Strakova E., Vecerek V., Serman V., Mas N. 2006. Testing of two varieties of lupin seeds as substitutes for soya extracted meal in vegetable diets designed for young broilers. Acta Vet Brno 75: 495-500

Tabella 1 - Composizione chimica principali leguminose utilizzate in alimentazione animale, esclusa la soia (Feedipedia, 2012-2016).

	Pisello	*Fava*	*Lupino*	*Farina di guar*
Proteina grezza	23,90	31,00	33,80	42,00
NDF	14,20	14,50	25,60	20,70
Ceneri	3,50	4,10	3,50	4,10
Estratto etereo	1,20	1,30	6,10	5,30
NFC	57,20	49,10	31,00	27,90
Ca	0,12	0,04	0,27	0,70
P	0,45	0,46	0,35	0,64
Contenuto energetico (MJ/kg dm)				
EM ruminanti	13,40	13,30	14,10	12,00
EN suini accrescimento	11,20	10,80	7,70	8,30
TME (True Metabolisable Energy) avicoli				11,10
AMEn avicoli	12,50	12,50	10,30	

Tabella 2 - Contenuto in lisina di alcuni alimenti proteici (AMINODat 5.0).

	Lisina (% PG)	*% relativa alla farina di estrazione di soia*
Pisello	7,27	120
Isolato proteico di soia	6,19	102
Soia semi	6,18	102
Concentrato proteico di soia	6,17	102
Fava	6,17	102
Farina di estrazione di soia	6,04	100
Farina di estrazione di colza	5,13	85
Lupino	4,75	79
Farina di guar	4,12	68
Farina di estrazione di girasole	3,48	58
Corn gluten meal	1,68	28

Tabella 3 - Contenuto in lisina e digeribilità standardizzata ileale (DSI) della lisina di alcuni alimenti proteici (AMINODat 5.0).

	Lisina (% s.s.)	*DSI (%)*	*DSI AA*
Pisello	7,27	84	6,11
Isolato proteico di soia	6,19	96	5,94
Concentrato proteico di soia	6,17	92	5,68
Farina di estrazione di soia	6,04	90	5,44
Soia semi	6,18	85	5,25
Fava	6,17	83	5,12
Lupino	4,75	87	4,13
Farina di estrazione di soia	5,13	73	3,74
Farina di estrazione di girasole	3,48	78	2,71
Corn gluten meal	1,68	91	1,53

Tabella 4 - Frazioni proteiche di alcuni alimenti proteici (CPM, Goelema et al., 1998, Solanas et al., 2005).

	PG (% s.s.)	*A*	*B1*	*B2*	*B3*	*C*	
Farina di estrazione di soia	49,0	12,204	20,796	63,800	1,200	2,000	
	% /h	10000	230	11	0,2		
Fiocchi di soia	43,0	6,400	1,600	82,000	8,000	2,000	
	%/h	10000	200	15	0,2		
Pisello	23,7	---	---	---	---	---	RDP(%CP) 75-98
Fava	31,0	---	---	---	---	---	RDP(%CP) 80
Lupino	34,2	1,909	65,789	22,301	8,199	1,801	
	%/h	10000	230	11	0,2		
Farina di estrazione di girasole	37,0	12,168	21,632	54	6	6,200	
	%/h	10000	160,000	10,000	0,150		
Corn gluten meal	65,5	0,192	6,208	85,27	4,429	3,901	
	%/h	10000	150	3	0,5		
Farina di estrazione di colza	41,5	10,501	19,499	48	15,800	6,200	
	%/h	10000	160	10	0,150		
Semi di cotone	23,0	0,561	27,439	62	4	6	
	%/h	10000	175	8	0,25		

A: azoto non proteico; B1: proteina vera a veloce degradabilità ruminale; B2: proteina vera a media degradabilità ruminale; B3: proteina vera a lenta degradabilità ruminale; C: proteina vera non degradabile a livello ruminale; RDP : Rumen Degradable Protein; %/h percentuale oraria di degradazione.

Tabella 5 - Mangime broiler 21-42 d.

Alimento	*%*	*Analisi chimica (% t.q.)*	
Mais	65,93	PG	18,00
Soia farina di estrazione	22,00	FG	2,35
Corn gluten meal	2,00	NFC	47,18
Grasso animale	3,75	Ceneri	5,32
Fiocchi di soia	2,50	Lisina	0,96
Fosfato bicalcico	1,70	Metionina	0,45
Carbonato di calcio	1,10		
Crusca di frumento	0,30		
Olio di soia	0,50		
Cloruro di sodio	0,30		
DL-metionina	0,15		
Premiscela mineral vitaminica	0,13		
L-lisina	0,10		

Tabella 6 - Mangime suini ingrasso.

Alimento	*%*	*Analisi chimica (% t.q.)*	
Mais	62,00	PG	14,3
Farina di estrazione di soia	17,00	FG	4,08
Orzo	14,00	EE	2,83
Buccette di soia	3,00	Ceneri	4,97
Carbonato di calcio	1,50	Lis	0,70
Bentonite	1,00	Met	0,24
Fosfato monocalcico	0,90		
Premiscela mineral vitaminica	0,30		
Cloruro di sodio	0,30		

Tabella 7 - Mangime bovini da carne.

Alimento	*%*	*Analisi chimica (% t.q.)*	
Mais	60,0	PG	15,91
Soia farina di estrazione	13,7	NDF	16,12
Polpe barbabietola	10,0	NFC	50,21
Distillers mais	4,5	EE	3,00
Girasole farina di estrazione	4,0	Ceneri	5,76
Panello di lino	2,8		
Corn gluten feed	2,0		
Carbonato di calcio	1,5		
Fosfato bicalcico	0,9		
Premiscela mineral-vitaminica	0,3		
Cloruro di sodio	0,3		

Tabella 8 - Razione con soia per bovine da latte (36 l capo/d, 3,9% grasso, 3,4 % proteina).

Alimento	*kg*	*Analisi chimica (% s.s.)*	
Insilato mais	25,00	PG	17,1
Mais	5,50	NDF	30,4
Insilato erba medica	5,00	NFC	41,8
Farina di estrazione di soia	3,20	EE	4,9
Fieno erba medica	2,00	Ceneri	8,0
Polpe barbabietola	1,20	RUP	35,4
Buccette di soia	1,00	*s.s.* (kg)	23,4
Corn gluten meal	0,53		
Fiocchi di soia	0,60		
Farina di estrazione di girasole	0,53		
Saponi di calcio	0,50		
Bicarbonato di sodio	0,25		
Mangime minerale	0,34		

Tabella 9 - Razione con pisello per bovine da latte (36 l capo/d, 3,9% grasso, 3,4 % proteina).

Alimento	*kg*	*Analisi chimica (% s.s.)*	
Insilato mais	25,00	PG	17,1
Mais	4,80	NDF	30,5
Insilato erba medica	5,00	NFC	41,8
Farina di estrazione di soia	2,80	EE	4,8
Fieno erba medica	2,00	Ceneri	8,0
Polpe barbabietola	1,20	RUP	34,8
Buccette di soia	1,00	*s.s.* (kg)	23,3
Pisello	1,00		
Corn gluten meal	0,63		
Fiocchi di soia	0,60		
Farina di estrazione di girasole	0,53		
Saponi di calcio	0,50		
Bicarbonato di sodio	0,25		
Mangime minerale	0,34		

Tabella 10 - Razione con farina di guar per bovine da latte (36 l capo/d, 3,9% grasso, 3,4% proteina).

Alimento	*kg*	*Analisi chimica (% s.s.)*	
Insilato mais	25,00	PG	17,0
Mais	5,50	NDF	30,5
Insilato erba medica	5,00	NFC	41,9
Farina di estrazione di soia	2,80	EE	4,9
Fieno erba medica	2,00	Ceneri	7,9
Polpe barbabietola	1,20	RUP	34,9
Buccette di soia	1,00	*s.s.* (kg)	23,5
Farina di guar	0,70		
Corn gluten meal	0,53		
Fiocchi di soia	0,50		
Farina di estrazione di girasole	0,53		
Saponi di calcio	0,50		
Bicarbonato di sodio	0,25		

Mangime minerale	0,34		

Tabella 11 - Razione con lupino per bovine da latte (36 l capo/d, 3,9% grasso, 3,4 % proteina).

Alimento	*kg*	*Analisi chimica (% s.s.)*	
Insilato mais	25,00	PG	17,0
Mais	5,50	NDF	30,6
Insilato erba medica	5,00	NFC	41,8
Farina di estrazione di soia	2,80	EE	4,9
Fieno erba medica	2,00	Ceneri	7,9
Polpe barbabietola	1,20	RUP	35,0
Buccette di soia	1,00	*s.s.* (kg)	23,6
Lupino	0,70		
Corn gluten meal	0,55		
Fiocchi di soia	0,60		
Farina di estrazione di girasole	0,53		
Saponi di calcio	0,50		
Bicarbonato di sodio	0,25		
Mangime minerale	0,34		

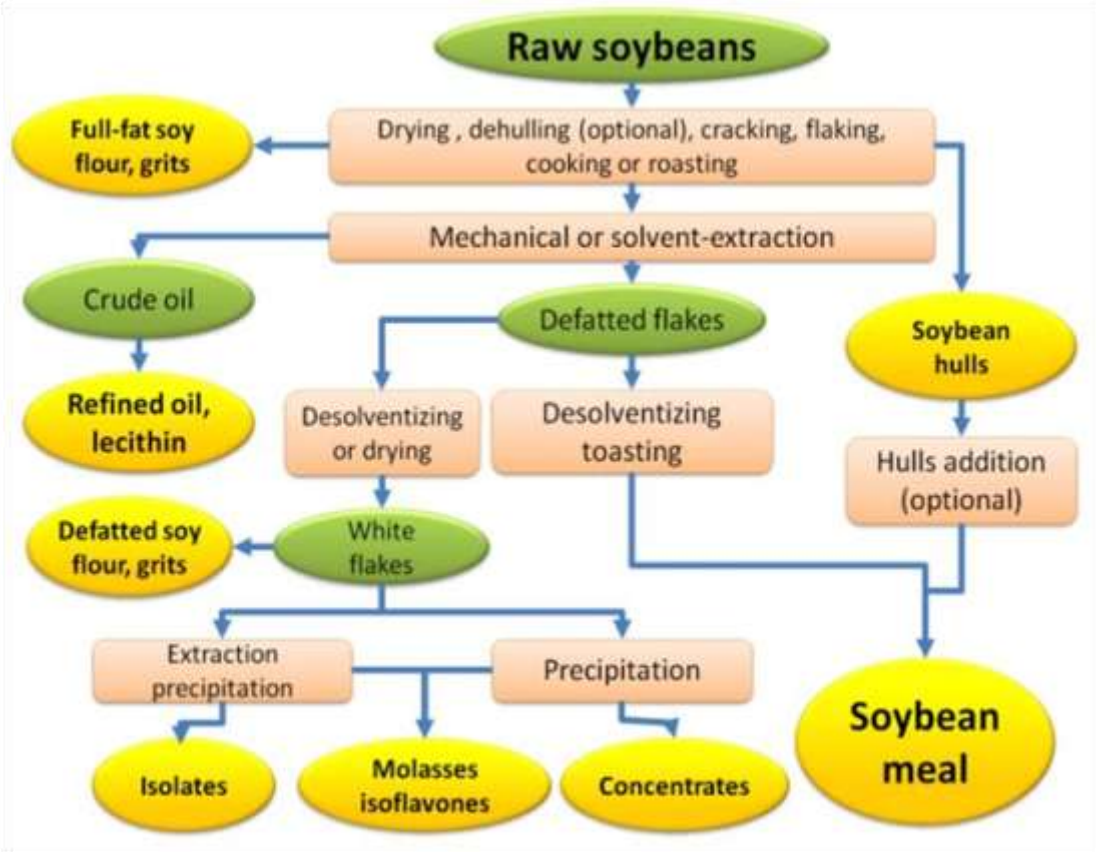


Figura 1 Processo di lavorazione della soia (Feedipedia, 2012-2016)

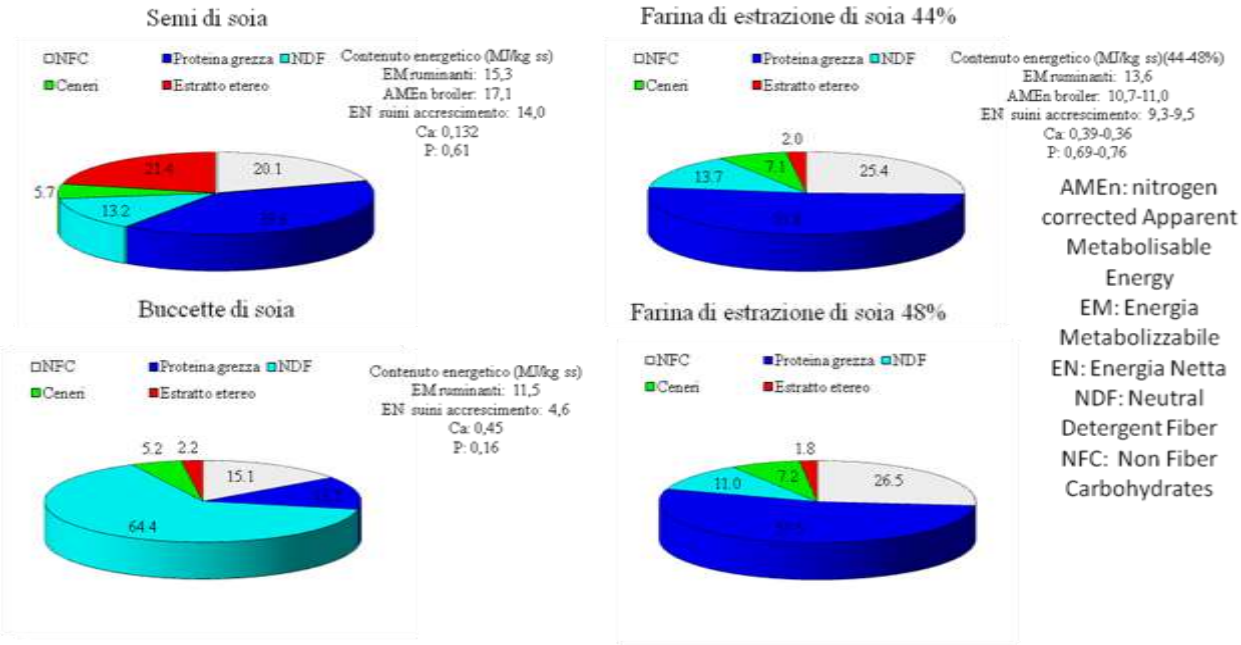


Figura 2 Composizione chimica dei semi di soia e relativi sottoprodotti (Feedipedia, 2012-2016)

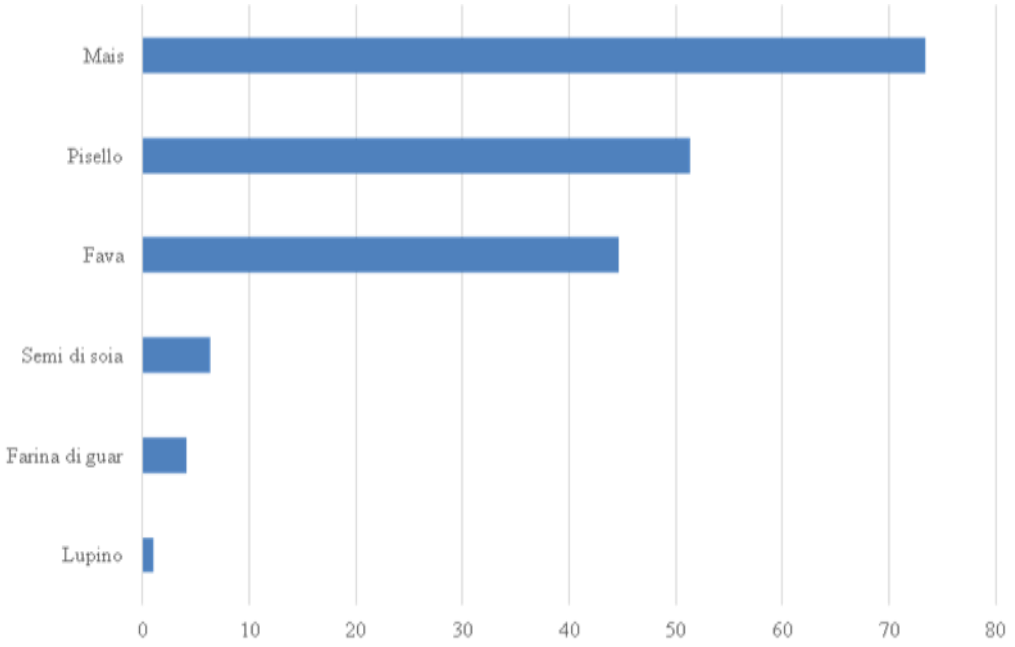


Figura 3 Contenuto in amido del mais e di alcune leguminose (Feedipedia 2012-2016)

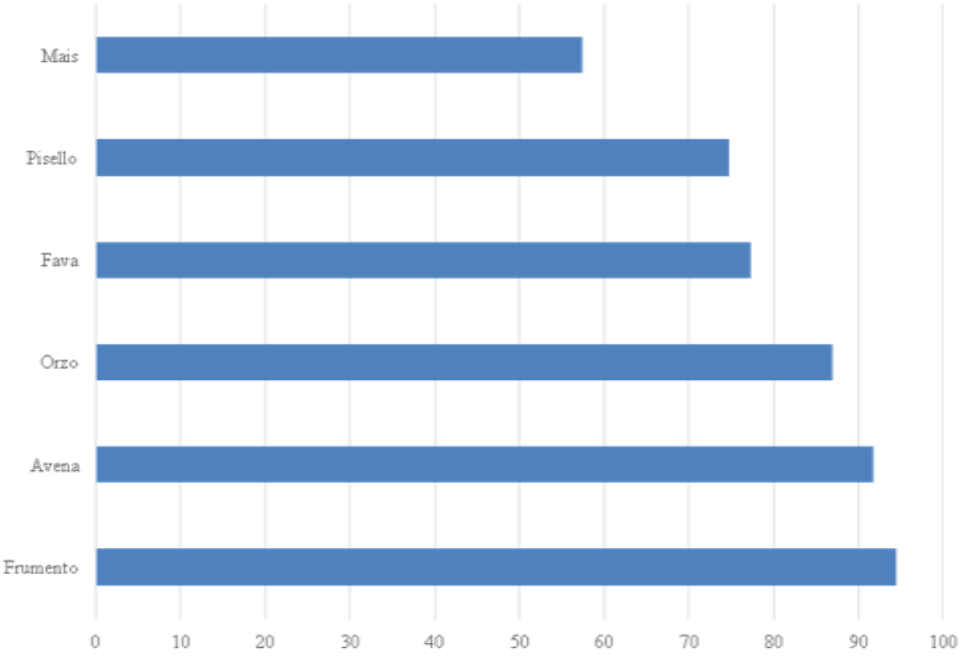


Figura 4 Degradabilità ruminale dell'amido del mais e di alcune leguminose (%) (Moharrey et al, 2014)