

# Le **PROTEINE** delle **LEGUMINOSE COLTIVATE**

## LEGUMINOUS CROP PROTEINS

Mosca Giuliano<sup>1</sup>, Alpi Amedeo<sup>2</sup>, Piovon Deborah<sup>3</sup>, Michele Pasca Raimondo<sup>4</sup>, Tessari Paolo<sup>5</sup>, Lante Anna<sup>5</sup>, Thomas R. Sinclair<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Università di Padova, Sezione Nord-Est- Accademia dei Georgofili

<sup>2</sup> Sezione Centro-Ovest- Accademia dei Georgofili

<sup>3</sup> Imprenditrice agricola- Padova

<sup>4</sup> Sezione Internazionale Bruxelles- Accademia dei Georgofili

<sup>5</sup> Università di Padova

<sup>6</sup> Department of Crop Science North Carolina State University – Raleigh, NC, USA

### Abstract

In our Country, protein crop have undergone a significant reduction since the beginning of the new millennium. Such a drastic reduction in planted areas has led, from an agronomic-environmental point of view, to an unsustainable simplification of crop rotations with serious consequences on the typical crop systems of Mediterranean agriculture. On the contrary, access to the agri-environmental subsidies requires crop rotation for farms requesting access to supplementary aid within the Rural Development Plans. It is worth mentioning that protein crops are also very suitable for “low input” itineraries. For instance, soybeans do not require specific nitrogen fertilizer, while other species perform well with minimum tillage, while others (rapeseed) with new rapid-growth hybrids, are able to assimilate important quantities of nitrates while preserving the rhizosphere from the common nutrient-loss problems. It therefore appears essential to reduce this heavy state of dependence, on the one hand by regaining space for the growing of protein crops, in particular soybean, which has undergone a significant reduction, and on the other, through a diversification of vegetable protein sources.

### Introduzione

La disponibilità europea di proteine vegetali

La disponibilità italiana

Le utilizzazioni

Le prospettive

Le proteaginose coltivabili

Il ruolo delle leguminose nel contenimento dei consumi agricoli di energia fossile e dell'effetto serra

Un nuovo approccio per valutare l'impronta ambientale della produzione di alimenti vegetali e animali

Quali specie vegetali considerare?

La biofabbrica soia

Le proteine e i fattori antinutrizionali

I fattori che modificano l'assetto proteico: effetti di temperatura e regime idrico

Gli isoflavoni nel seme di soia

La nutrizione azotata nelle leguminose: l'esempio soia

Usi tradizionali e nuove utilizzazioni

Profili nutrizionali e semafori

Fonti bibliografiche e

Allegato immagini

## INTRODUZIONE

Nell'UE, all'inizio del nuovo millennio, venivano coltivati a colza, girasole e soia circa 4,5 milioni di ettari e la Commissione, sulla base della riduzione degli aiuti previsti da Agenda 2000 per il comparto, prevedeva una contrazione delle superfici di circa 700.000 ettari (in particolare, al 2006, si prevedevano cali del 50% per soia, 12% per colza, 10% per girasole).

Nel nostro Paese le specie oleoproteaginose hanno subito, già a partire dal 2003, una contrazione significativa. Una tale drastica riduzione delle superfici destinabili a semi oleosi, ha comportato, sotto il profilo agronomico-ambientale, una insostenibile semplificazione degli avvicendamenti colturali con delle serie ripercussioni sui sistemi colturali tipici del nord Italia.

Al contrario, le misure agro-ambientali, prevedono l'obbligo dell'avvicendamento colturale per le aziende che chiedono di accedere agli aiuti integrativi nell'ambito dei Piani di Sviluppo Rurale. Vale la pena ricordare inoltre che le oleo-proteaginose si adattano molto bene anche in itinerari agronomici "*low input*". La soia ad esempio non richiede specifici apporti azotati, mentre altre specie sopportano la riduzione delle lavorazioni del terreno e altre ancora (colza) con i nuovi ibridi, a rapido accrescimento iniziale, sono in grado di assimilare importanti quantità di nitrati preservando la rizosfera dai classici fenomeni di lisciviazione.

L'origine storica della nostra dipendenza commerciale nel comparto delle oleoproteaginose è così sintetizzabile:

- **1960** L'Europa ottiene il diritto di proteggere la sua produzione di cereali attraverso dei prelievi variabili. In cambio, il mercato delle oleaginose è liberalizzato.
- **1973** In un contesto di rialzo dei corsi monetari mondiali, gli USA decidono di bloccare le loro esportazioni di soia. L'Europa fa scattare un piano proteine.
- **1992** Gli accordi di Blair House hanno dato la possibilità all'Europa di creare un aiuto specifico alle oleo-proteaginose. Ma le superfici all'epoca sono state contingentate a 5 milioni di ha e i trituratorini non dovevano produrre più di 1 milione di tonnellate di coprodotti espresse in equivalente farina di soia.
- **2000-01** L'aiuto specifico riservato alle oleoproteaginose viene soppresso. Le superfici dunque diminuiscono.
- nel **2002** il prezzo mondiale delle farine proteiche è stato prossimo ai 170 €/t, mentre nel marzo **2003** la farina di soia americana sulla piazza di Chicago è stata quotata a 272 €/t. Analoga situazione è stata osservata per le farine argentine e brasiliane.

Verso la metà del primo decennio del nuovo secolo, la valutazione monetaria internazionale, in particolare della soia, si è impennata accentuando i timori degli agricoltori europei che fin da allora si sentivano pesantemente condizionati da un mercato sul quale non avevano alcuna presa. A fronte dei 70 milioni di tonnellate di soia statunitensi, il Brasile allora ne produceva 58 milioni e l'Argentina 36. Esisteva dunque un regime di vero e proprio oligopolio da parte di questi tre Paesi che rappresentavano l'80% delle produzioni mondiali, con la predominanza quasi assoluta degli USA nel settore della triturazione.

Questo sfavorevole scenario ha sempre rappresentato un serio problema per l'Europa, importatrice netta di questo prodotto. Sui 45 milioni di tonnellate di panelli e farine proteiche che ogni anno l'EU-15, nell'intervallo temporale 1995-2004, ha consumato, il 70% veniva prodotto a partire da soia. I due terzi di questi, circa 30 milioni di tonnellate, risultavano essere inoltre d'importazione. In una tale situazione commerciale, sembrava quasi che le risorse proteiche dell'Europa fossero lasciate senza un futuro.

Apparve indispensabile quindi ridurre questo pesante stato di dipendenza, da un lato facendo riacquistare spazio alla coltivazione delle proteaginose, in particolare della soia, che aveva subito una significativa contrazione, e dall'altro, attraverso un'azione di diversificazione delle fonti proteiche vegetali.

Interi segmenti dell'industria alimentare si sono specializzati nella produzione di alimenti contenenti proteina vegetale. Il progresso nella produzione di integratori a base di soia ha permesso l'ottenimento di prodotti che possiedono funzioni diverse: emulsionanti, leganti, strutturanti. Il successo nell'utilizzo di questi composti vegetali è cresciuto in ragione del loro costo relativamente basso. In soia, sia la componente proteica che altri composti a carattere "nobile", sono apprezzati anche per la loro funzione nutraceutica: ad es., se assunti regolarmente con la dieta, possono prevenire o rallentare alcune patologie oncologiche.

I cosiddetti principi attivi nutraceutici derivano dal metabolismo principale della pianta (proteine) o dal metabolismo secondario come nel caso di isoflavoni e saponine. Oggi la soia va considerata dunque come una vera e propria *biofabbrica* in grado di fornire accanto alle proteine, di elevato valore biologico, e all'olio, anche dei prodotti *nutraceutici* con presunta azione salutistica.

A fronte di un eccesso d'importazione di semi e farine proteiche e di una decrescente disponibilità interna, appare indispensabile mettere a punto una idonea strategia.

## LA DISPONIBILITÀ EUROPEA DI PROTEINE VEGETALI

La domanda mondiale di proteine vegetali per l'alimentazione umana è in crescita, si prevede che entro il 2050 l'attuale disponibilità non sarà più sufficiente a soddisfare la richiesta. Allo stesso tempo, l'UE è fortemente dipendente dalle importazioni di proteine vegetali per la produzione di mangimi: circa il 70% del fabbisogno europeo è importato, mentre il 60-70% della terra coltivata è già dedicato alla produzione di alimenti per l'allevamento animale. E' pertanto comprensibile la ricerca da parte dell'Unione di ogni possibile fonte proteica: da quelle provenienti dal riutilizzo degli scarti e dei residui, correttamente inseriti nella cosiddetta "economia circolare", a quelle provenienti dall'allevamento di insetti, settore ancora agli inizi e per il quale si prevede una decisa crescita nei comparti della mangimistica e nutrizione umana.

Le proteine vegetali utilizzate per la mangimistica provengono in buona parte dalle farine disoleate di piante oleoproteaginose come soia, colza e girasole (circa 26 milioni di tonnellate di proteine grezze), in quantità minore da cereali e in minima parte da legumi (per un totale di circa 18 milioni di tonnellate). Delle farine disoleate utilizzate, il 38% è di origine UE, il resto è importato. L'UE è infatti un produttore di farine, avendo numerosi impianti di disoleazione, ma vale la pena sottolineare che metà delle farine usate sono di soia, seme di cui l'Unione è largamente deficitaria: solo il 5% del seme di soia è di origine europea, il resto è importato principalmente da USA (73%) e Brasile (21%), in misura minore da Canada e Ucraina. L'UE importa circa il 10% di tutto il seme di soia commercializzato nel mondo.

L'UE produce 32 milioni di tonnellate di farine nei suoi impianti di triturazione e disoleazione, mentre ne importa quasi 25 milioni di tonnellate e il fabbisogno interno supera i 55.

Dato che le farine sono un sottoprodotto della disoleazione è utile guardare anche al mercato degli oli vegetali. L'UE produce 17 Mio di tonnellate di oli di semi (colza, girasole e soia, soprattutto) e ne importa 12, palma e girasole principalmente. Nel suo outlook sul decennio 2020-30, comunque, la Commissione prevede un aumento delle produzioni comunitarie sia per quanto riguarda le oleoproteaginose. In particolare si prevede in aumento la coltivazione di girasole e soia. Qui di seguito le previsioni di produzione di raccolti proteici in t/ha e milioni di tonnellate.

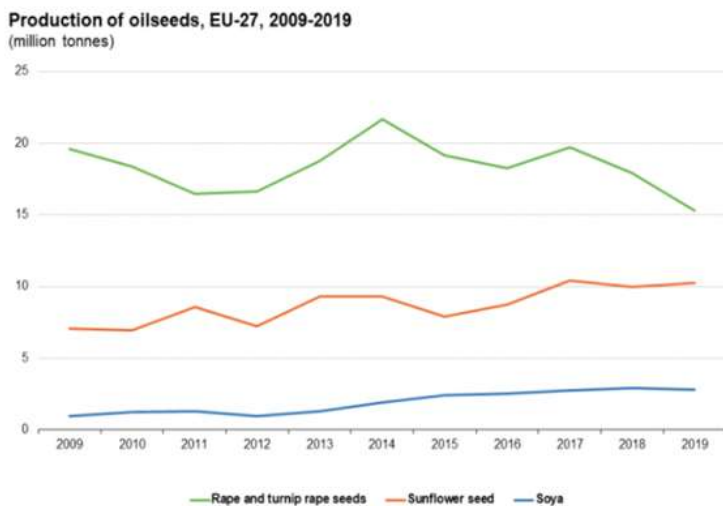


Fig. 1. Produzione di semi oleosi dell'UE-27, 2009-19, in mln di ton. In verde colza e ravizzone, in arancione girasole, in blu soia.

In questo quadro e all'interno di ogni previsione va però tenuto in considerazione il progressivo calo di terre coltivabili dovuto sia al consumo di suolo per usi civili e industriali, sia alla continua crescita del bosco a discapito delle terre coltivate. Tra il 1990 e il 2020 la superficie boschiva europea è cresciuta del 10%, in Italia addirittura del 25%, pertanto il nostro Paese ha il 32% del proprio territorio coperto da foreste.



Fig.2. Previsione di produzione di raccolti proteici in t/ha e mln di ton.

E' chiaro quindi che l'aumento di produzione non potrà avvenire tramite un aumento delle superfici coltivate, se non a discapito di altre colture; piuttosto è necessario investire nelle innovazioni digitali per l'ottimizzazione dell'uso degli input produttivi, nella ricerca genetica per migliorare l'adattabilità e la produttività delle piante coltivate, e nella continua formazione degli addetti affinché ogni ettaro sia coltivato nel modo più efficiente.

Tale approccio rientra negli obiettivi che la Commissione Europea si sta dando con il *Green Deal* e in particolare con la *Farm to fork* presentata nel maggio 2020, dal momento che con questa strategia la Commissione Europea si è posta alcuni intenti precisi:

- giungere ad avere un impatto neutro sul clima
- contribuire a rallentare il cambiamento climatico e a mitigarne gli effetti
- garantire ai cittadini europei cibo sano, sicuro e sostenibile
- preservare l'accessibilità del cibo garantendo nel contempo un equo ritorno ai produttori.

Per raggiungere questi ambiziosi obiettivi l'accesso alle innovazioni sopra ricordate e la collaborazione con il mondo della ricerca è un punto nodale. Le colture proteiche, le leguminose in particolare data la loro capacità di fissare l'azoto atmosferico, si distinguono per i loro benefici ambientali e rispondono in modo esemplare alle esigenze di sostenibilità richiamate dalla *Farm to fork*. Sono protagonisti insostituibili degli avvicendamenti colturali per motivi agronomici e ambientali, è opportuno quindi che la loro coltivazione sia promossa e stimolata nelle aree più vocate.

L'Unione Europea lavora da diversi anni alla stesura di un Piano Proteico Europeo, con l'obiettivo di aumentare la produzione interna di proteine vegetali e ridurre la dipendenza dalle importazioni.

A questo scopo è auspicabile che tale Piano Proteico venga al più presto ripreso in mano e portato a compimento, anche nelle sue declinazioni nazionali all'interno dei singoli Stati Membri.

Il primo punto discusso nel percorso di avvicinamento al Piano proteico è stato quello della ricerca e innovazione, importante per la costituzione di nuove varietà che puntino a migliorare la produttività riducendo i costi colturali. Vi è interesse anche nella possibilità di differenziare le caratteristiche nutritive dei prodotti, in modo da poter rispondere alle diverse esigenze degli utilizzatori, siano essi mangimisti, industrie di trasformazione o consumatori finali. A tale scopo sono state analizzate le richieste dei vari segmenti del mercato di riferimento. Sono state infine analizzate le criticità legate al tentativo di sviluppo del settore, che spaziano dalla competitività delle proteine provenienti da queste colture rispetto alle proteine importate, agli scarsi investimenti in ricerca e sviluppo varietale. Ma come ricordato l'autosufficienza di proteine vegetali è una questione che la Commissione non può trascurare e dovrà senz'altro rimanere nell'agenda dei lavori, a maggior ragione se, come auspicato nella strategia *Farm to Fork*, ci si propone di aumentare il consumo umano di legumi e proteine vegetali e di diminuire il consumo di carne: è ben vero che il minor consumo di carne potrebbe impattare sugli allevamenti zootecnici e quindi sulla richiesta di proteine vegetali per la mangimistica. D'altra parte si sta promuovendo lo sviluppo di filiere mangimistiche basate su proteine animali provenienti da insetti, sia per gli allevamenti ittici che per quelli zootecnici, ma il deficit europeo di proteine vegetali è tale che è raccomandabile l'implementazione di ogni strategia volta a promuoverne la produzione.

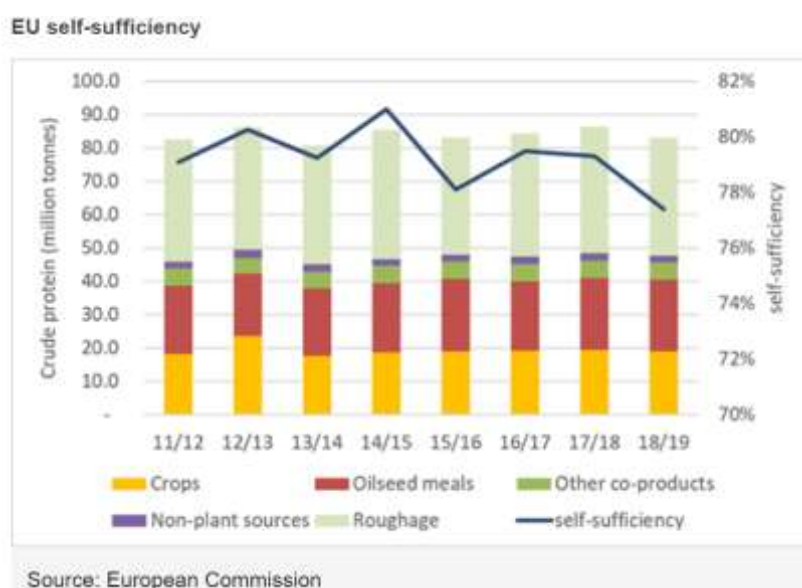


Fig. 3. Percentuale di auto-approvvigionamento dell'UE e produzione in mln di ton. In giallo cereali, in rosso farine disoleate, verde scuro altri coprodotti, in viola fonti non vegetali, in verde chiaro foraggi, in blu l'autosufficienza.

## LA DISPONIBILITÀ ITALIANA

Venendo alla situazione italiana, il tasso di auto approvvigionamento per la soia è del 34% nel 2019, in calo del 19% sul 2018, con una produzione appena superiore al milione di tonnellate; il tasso di autoapprovvigionamento è invece del 57% per il girasole.



Fig.4

L'UE produce 2,6 milioni di tonnellate di seme di soia, il 37% dei quali è prodotto in Italia su una superficie oscillante intorno ai 300.000 ettari e con rese medie di 3,7 t/ha. L'Italia è il principale produttore di soia nell'UE.

Dati in 1.000 t, 1.000 ha, t/ha	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21
	Istat	Istat	Istat	Istat	Istat
<b>Stock Iniziali</b>					
<b>Area Coltivata</b>	288	322	327	273	256
<b>Rese</b>	3,75	3,16	3,49	3,66	3,77
<b>Produzione</b>	1.081	1.020	1.139	1.001	965

Fig. 5. Produzione di soia in Italia.

La Commissione Europea prevede per il nostro Paese un aumento del 3% delle superfici investite a soia e del 10% delle rese unitarie, arrivando quindi a 1 Mio di tonnellate di prodotto. Per gli USA le intenzioni di semina per la primavera 2021 prevedono un +5,4% di superficie a soia.

Ciò è ragionevolmente sostenuto anche dai prezzi altissimi raggiunti dalla soia nella campagna di commercializzazione 2020-21, che con tutta probabilità incentiveranno le semine di questa leguminosa per la primavera 2021.

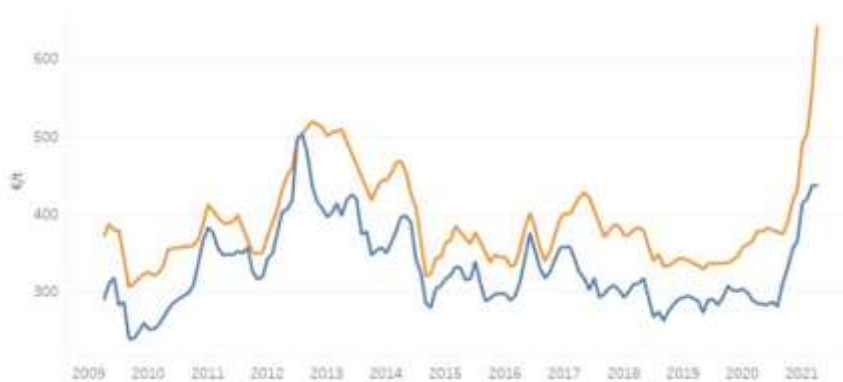


Fig.6

In giallo la quotazione a Bologna del seme nazionale non ogm  
 In blu la quotazione CBOT (Chicago Board of Trade) del seme ogm

I motivi di tale impennata dei prezzi sono molteplici e vanno ricercati principalmente nei fondamentali di mercato, che hanno visto un pesante calo delle scorte mondiali contemporaneamente a una ripresa degli acquisti di soia da parte della Cina.

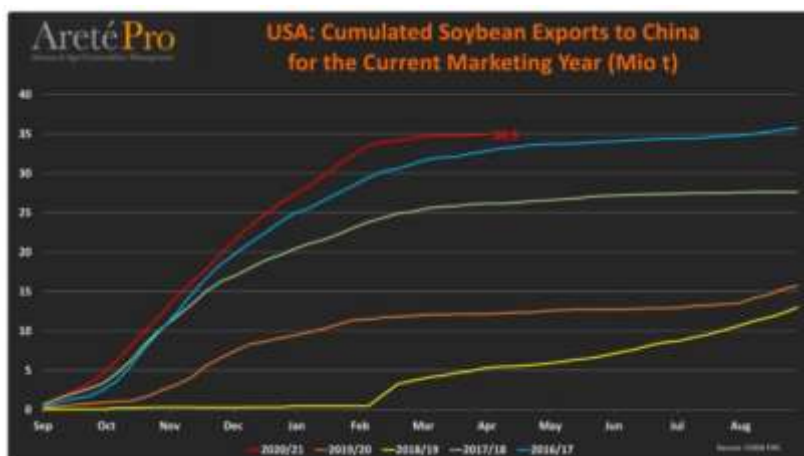
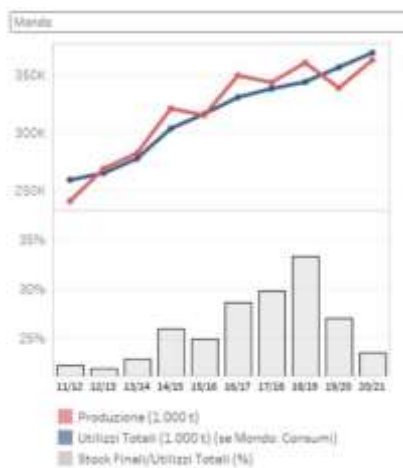


Fig. 7. Esportazioni cumulate da USA a Cina per il corrente anno di commercializzazione, in mln di ton.

## LE UTILIZZAZIONI

Il settore delle piante proteoleaginose ha due principali sbocchi di mercato, in quanto la disoleazione produce olio di semi e farine proteiche. Quest'ultime sono sottoprodotti, o al massimo co-prodotti, della disoleazione. Il prodotto principale è l'olio grezzo il quale, previa raffinazione o meno, ha diversi utilizzi: alimentari, industriali, farmaceutici, zootecnici, energetici (cogenerazione), a seconda delle caratteristiche e delle richieste del mercato. Dall'olio può essere estratta lecitina, un emulsionante destinato all'industria alimentare, farmaceutica, cosmetica o zootecnica.

Il mercato dell'olio di semi, venendo esso utilizzato anche per la produzione di biodiesel, è influenzato dalle quotazioni del petrolio. Anche questo fattore andrà considerato nel valutare le proiezioni di prezzo della soia e quindi le proiezioni di semina.

Le farine disoleate sono ricche di proteine, ne contengono il 43-48%, e sono ciò che residua dall'estrazione dell'olio dal seme con solventi. Sono prevalentemente utilizzate per la produzione di mangimi per gli animali in allevamento (utilizzo "*feed*").

La soia integrale contiene il 40-41% di proteina e può essere utilizzata come mangime anche senza passare attraverso un processo di disoleazione. E' però raccomandabile che venga preventivamente tostata, oppure che subisca altri trattamenti chimico-fisici che ne denaturino i fattori antinutrizionali (ANF) che potrebbero causare fenomeni di tossicità agli animali allevati. Si tratta di varie sostanze, in particolare inibitori della tripsina e alcaloidi, che interferiscono con il processo digestivo soprattutto nei monogastrici. Il miglioramento genetico ha già portato comunque all'ottenimento di alcune varietà di soia a ridotto contenuto di ANF. Si ricorda che la soia non tostata se impiegata in elevata quantità (es. 4 kg in una bovina che produce 35 litri di latte al giorno) rilascia nel rumine una elevata quantità di  $\text{NH}_3$  che poi viene riemessa in una certa misura nell'ambiente.

Una frazione minore delle colture proteoleaginose è indirizzata al consumo umano (utilizzo "*food*") che è un settore interessante per vari motivi. Innanzi tutto la soia italiana e quella europea sono, a causa della normativa vigente, non ogm e questo appare essere un valore aggiunto per molti consumatori finali. Inoltre il settore della nutrizione vegetariana è in crescita e la soia è una fonte proteica richiesta da questo tipo di mercato. Sarebbe quindi utile lavorare con metodologie di miglioramento genetico per ottenere varietà di soia dalle caratteristiche differenziate in funzione degli utilizzi; si pensi ad esempio alla necessità di valutare il contenuto in fitoestrogeni, in particolare di isoflavoni, molto variabile nelle diverse cultivar di soia (che ne possono contenere fino a 100 tipi diversi): il loro effetto come protettori nei confronti di alcuni tumori o, al contrario, di promotore nei confronti di altri, è ancora oggetto di studio.

## LE PROSPETTIVE

L'esperienza della pandemia da Covid19 ha mostrato tutti i limiti e la pericolosità della dipendenza dall'estero per le filiere produttive interne. Se da un lato questo è inevitabile e addirittura utile per favorire gli scambi commerciali tra Paesi e quindi le esportazioni dall'Italia e dall'UE verso Paesi terzi, dall'altro rende precari gli approvvigionamenti di materie prime per i processi produttivi e quindi espone a volatilità di prezzi e incertezze di mercato. Pur ribadendo che non è pensabile che il continente europeo diventi autosufficiente per il proprio fabbisogno di proteine vegetali, è auspicabile mettere in atto ogni misura atta a promuoverne e diffonderne la produzione, dalla ricerca genetica, alla diffusione dell'agricoltura di precisione e del digitale, sino a decisioni di politiche agricole che ne promuovano la coltivazione.



La ricerca internazionale non sta ferma: ogni mese escono numerosi articoli nei quali i ricercatori illustrano i loro lavori di miglioramento genetico su piante coltivate. È recente una pubblicazione sull'uso di intelligenza artificiale in pieno campo ad opera dei selezionatori, per individuare le piante di soia più tolleranti la siccità in modo da poterle poi selezionare e moltiplicare.

E' necessario un lavoro di monitoraggio ed analisi critica dei principali dossier europei agricoli, in particolar modo quelli derivanti dall'applicazione del Green Deal, come le strategie Farm to Fork e Biodiversità 2030, e della Riforma PAC del 2023. Nello specifico, è la Politica Agricola Comune lo strumento principe per individuare politiche di promozione delle colture proteiche, politiche che vadano dai premi accoppiati alla conferma dell'utilità di queste coltivazioni per il mantenimento della fertilità dei suoli.

Si nota che il mercato italiano della soia, in particolare, si rivolge ad un numero esiguo di trasformatori; questo porta talvolta a dinamiche poco elastiche nella fissazione dei prezzi, poco rispondenti alla realtà del mercato, cosa che richiede attenzione da parte di tutte le componenti della filiera. E' bene che le politiche stimolino iniziative volte alla costruzione di filiere dedicate, con la costruzione di contratti specifici e dedicati per far emergere il mercato già esistente, in particolare per la soia non ogm, per la filiera zootecnica italiana: la tracciabilità del prodotto è un utile strumento per la materia prima destinata alla produzione delle eccellenze alimentari che si vogliono fregiare di denominazione di origine protetta e indicazione geografica di provenienza. E' poi possibile pensare ad un mercato ad hoc per la soia italiana ad uso alimentare, non più una commodity ma una *specialty* per diete e regimi alimentari emergenti, garantendo ai produttori stabilità di profitto e adeguata remunerazione.

## LE PROTEAGINOSE COLTIVABILI

Le **proteaginose** sono colture industriali i cui prodotti sono principalmente destinati alla produzione di alimenti per l'uomo e mangimi ad alto tenore proteico per gli animali allevati. I principali vantaggi agronomici delle leguminose sono rappresentati dalla possibilità di migliorare l'ordinamento produttivo stimolando l'avvicendamento tra colture sfruttatrici e colture da rinnovo tramite l'interruzione della omosuccessione di un singolo cereale e comportando anche dei benefici ambientali quali:

- miglioramento della struttura e della fertilità del suolo
- riduzione dell'impiego degli agrofarmaci, quelli che si riducono maggiormente sono gli input chimici, se poi parliamo di soia il costo del diserbo è di molto superiore a quello del mais, l'avvicendamento limita la formazione di infestanti resistenti
- limitazione dei rischi di depauperamento della sostanza organica a causa degli eccessivi "disturbi" provocati al terreno
- maggiore facilità nella preparazione del letto di semina dato l'accennato miglioramento della struttura.

Infine queste colture possono essere definite strategiche anche per il nostro Paese. Come già ricordato siamo infatti fortemente deficitarii di proteine vegetali, tanto che siamo costretti a importarle per gran parte del nostro fabbisogno.

Queste colture forniscono un reddito adeguato?

Dal punto di vista economico queste colture quanto rendono all'agricoltore? Le leguminose da granella presentano dei redditi lordi mediamente inferiori ai cereali, anche se ci sono forti differenze a seconda degli areali di produzione e alle specie coltivate; per esempio cece e lenticchia, che hanno come destinazione il consumo umano diretto, sono molto più remunerative di altre specie, così come le leguminose destinate al mercato biologico.

I bilanci vanno impostati considerando anche i positivi effetti prodotti sulle colture che seguono la leguminosa nell'avvicendamento. Se tuttavia il puro e semplice bilancio economico tra costi e ricavi è prossimo al pareggio, l'agricoltore dovrebbe considerare queste colture a livello pluriennale, tenendo conto dell'avvicendamento ad esempio con i cereali: allora i conti cambiano. Infatti le specie proteiche assicurano un risultato economico accettabile se si tiene conto dei migliori risultati economici che si ottengono dalle colture cerealicole che seguono nell'avvicendamento. Inoltre, non c'è alcun dubbio che, applicando l'innovazione tecnologica nei percorsi agronomici mirati, si possono migliorare le rese delle proteaginoso, scegliendo le varietà più adatte all'ambiente di coltivazione. In conclusione, grazie alla nuova Pac, le leguminose da granella sono tornate a destare un certo interesse da parte degli agricoltori e questa occasione non deve essere sprecata.

### **IL RUOLO DELLE LEGUMINOSE NEL CONTENIMENTO DEI CONSUMI AGRICOLI DI ENERGIA FOSSILE E DELL'EFFETTO SERRA.**

Nei vegetali non sempre l'invasione da parte di batteri e funghi dà luogo ad uno stato di malattia. In molti casi la presenza dei microrganismi è benefica, come nel caso di specifici batteri, che si insediano nelle cellule radicali di specie vegetali leguminose, oppure di funghi micorrizici. Attraverso un'essenziale rifornimento di nutrienti, i microrganismi aiutano sia le piante ospiti che le colture in avvicendamento, se non addirittura gli interi sistemi agricoli. In certe interazioni simbiotiche, le radici sono infettate da funghi micorrizici che collaborano con i vegetali superiori nell'acquisizione del fosforo dal terreno. In altre simbiosi, i rizobi alloggiato nelle radici delle leguminose dove producono la forma di azoto necessaria per l'accrescimento. Di recente genetisti, biochimici e agronomi hanno cominciato a conoscere a fondo i geni da cui dipende l'instaurarsi di queste reciproche interrelazioni. E' stato accertato che sia i geni della pianta che quelli dei microrganismi contribuiscono alla simbiosi. I due partner sono infatti coinvolti in una complessa "conversazione" a livello molecolare. Le simbiosi "fungo-pianta" si sono instaurate ben prima delle associazioni "rizobio – leguminosa". La presenza di funghi utili in piante fossili indica che le prime associazioni risalgono a circa 400 milioni di anni fa e cioè prima della comparsa delle leguminose. Nell'instaurarsi di questo dialogo, le piante "parlano" per prime, inviando segnali molecolari al batterio specifico necessario per la loro interazione simbiotica. La condizione per la quale diverse leguminose producono differenti messaggi biochimici (flavonoidi) contribuisce a generare una diversa specificità d'azione simbiotica. Pertanto, una volta che le specificità sono state rispettate, la simbiosi si può attivare e la "conversazione" può continuare. Questo tipo di pianta riesce a utilizzare l'azoto atmosferico, che rappresenta una risorsa rinnovabile, attraverso la formazione di noduli entro i quali vengono ospitati i micro-simbionti radicali più o meno specifici, i rizobi. La fissazione biologica dell'azoto è un processo efficiente e, su ampia scala, la produzione di ammonio da parte della simbiosi "*Rhizobium* – leguminosa" risulta più elevata della produzione industriale degli azotati di sintesi.

Impiegando i concimi azotati consumiamo energia fossile: è richiesto l'equivalente di due tonnellate di petrolio (in energia) per produrre e spargere una tonnellata di concime azotato. L'impiego invece di

azoto biologico, come quello fissato dalle Leguminose per produrre proteine vegetali, consente notevoli risparmi nei consumi di energia non rinnovabile e di conseguenza fa diminuire il contributo dell'agricoltura all'effetto serra. La coltivazione di una leguminosa porta ad economizzare circa 0,2 t/ha di petrolio che equivalgono alla produzione di 600 kg/ha di CO<sub>2</sub>. Le leguminose sono dunque uno dei pilastri su cui poggia lo sviluppo sostenibile dei sistemi agricoli. È stato stimato che il 20-30% dei costi energetici necessari alla coltivazione delle piante è assorbito dalla produzione e distribuzione in campo degli azotati. Non va dimenticato infine che le leguminose promuovono diversità ed efficienza agli avvicendamenti colturali e contribuiscono significativamente al sostegno della fertilità del terreno agrario. Le leguminose inoltre concorrono alla salubrità del cibo in generale e fanno parte integrante della cosiddetta “dieta mediterranea”, anche se oggi risultano ancora sotto rappresentate nell'ambito dell'agricoltura europea e meritano invece, in rapporto agli innumerevoli vantaggi offerti, un ulteriore sviluppo.

### **UN NUOVO APPROCCIO PER VALUTARE L'IMPRONTA AMBIENTALE DELLA PRODUZIONE DI ALIMENTI VEGETALI E ANIMALI**

La FAO ha recentemente stimato che circa il 15% della popolazione mondiale è cronicamente affamata e che ancora di più soffre di inadeguatezza nutrizionale. Circa 1 miliardo di persone deve affrontare un apporto proteico inadeguato, che causa una serie di carenze nutrizionali, crescita ridotta, cattiva salute ecc. In prospettiva, entro il 2050, sarà richiesto circa il 70-100% di cibo in più rispetto a quello prodotto oggi. Ciò comporta che nel prossimo futuro si incrementi sia la domanda di terra che l'efficienza nel sistema di produzione alimentare e/o una riconsiderazione delle abitudini alimentari nella prospettiva delle esigenze umane. A questo proposito, l'impronta ambientale della produzione di alimenti per animali è considerata molte volte maggiore di quella della coltivazione delle colture. Pertanto, la scelta tra diete animali e vegetariane può avere un impatto ambientale rilevante. In tali confronti, tuttavia, un problema spesso trascurato è il valore nutrizionale degli alimenti. Le precedenti stime dell'impronta ambientale dei nutrienti si erano basate principalmente sul peso grezzo del cibo o sul contenuto calorico, non rispetto al fabbisogno umano. Inoltre, mentre il contenuto proteico totale dei vari alimenti è stato effettivamente considerato, non così è stato fatto per i loro valori nutrizionali in termini di Amminoacidi Essenziali (EAA). Poiché questi componenti sono parametri chiave nella valutazione della qualità degli alimenti, l'impronta ambientale, espressa sia come uso del suolo per la produzione che come emissione di gas serra (GHGE) di alcuni alimenti animali e vegetali, può essere rivalutata sulla base delle quantità di EAA rispetto al loro fabbisogno della dieta umana. In generale, il valore nutritivo delle proteine vegetali è inferiore a quello delle proteine animali, perché le prime hanno un contenuto di EAA carente e/o sbilanciato. Potrebbe essere un po' più difficile garantire la dose giornaliera raccomandata (RDA) di tutti gli EAA utilizzando solo un'alimentazione vegetale, piuttosto che animale o mista vegetale/animale. In altre parole, un individuo avrebbe bisogno di mangiare più proteine vegetali per ottenere lo stesso livello di nutrizione offerto da quelle animali. Pertanto, poiché la produzione di proteine di entrambe le fonti ha un'impronta ambientale rilevante e differenziale, il consumo e/o la progettazione di diete adeguate per proteine alimentari e EAA, da fonti diverse, richiedono una accurata misura dell'impronta ecologica. La produzione di proteine animali di alta qualità, in quantità sufficienti per eguagliare le dosi giornaliere raccomandate di tutti gli EAA, richiederebbe un uso del suolo e un GHGE approssimativamente uguale a quello necessario per produrre proteine vegetali, ad eccezione dei semi di soia, che hanno mostrato l'impronta più piccola. In conclusione, questo nuovo approccio ridimensiona la comune affermazione che l'uso delle piante avrebbe un forte vantaggio rispetto all'impiego di alimenti animali, proprio in virtù delle considerazioni circa gli EAA.

## QUALI SPECIE VEGETALI CONSIDERARE?

Le **leguminose da granella** sono dotate di buone quantità di proteine nel seme a cui si aggiunge talvolta dell'amido e/o una certa quantità di lipidi e fibra facilmente digeribile.

**CECE** (*Cicer arietinum*). Tra le piante di più antica coltivazione nella Mezzaluna fertile, il cece ha contribuito all'evoluzione e al progresso dell'agricoltura fin dalle sue origini, circa 12.000-10.000 anni fa. Nelle condizioni del sud d'Italia la resa non supera le 1,5-1,8 t/ha di granella. La composizione media del seme è la seguente: 21% proteina grezza, 5% lipidi grezzi, 47% zuccheri disponibili, di cui 39% amido e 14% fibra totale. Tale composizione rende i semi di cece particolarmente adatti alla alimentazione umana. Le principali filiere produttive del cece riguardano i seguenti usi:

*per alimentazione umana*: granella secca, precotti da inscatolamento, preparati alimentari previa molitura

*per uso zootecnico*: consumo diretto, formulati mangimistici (produzione di scarto).

**FAGIOLO** (*Phaseolus vulgaris*). Originario delle Americhe, giunse in Europa con la "scoperta" di Colombo. Come fava e lenticchia è ricco in carboidrati (48%) e proteine (24%) e povero in grassi (2%). Il profilo proteico è in linea con altri legumi della tradizione mediterranea; ottima la quantità ma "solo" buona la qualità poiché, come quasi tutte le proteine vegetali, lo spettro aminoacidico è incompleto, a causa dello scarso contenuto in aminoacidi solforati (metionina e cisteina). Tra i fattori antinutrizionali riguardanti il fagiolo sono da menzionare:

- **lectine**, potenziale causa di emoagglutinazione;
- **saponine**, potenziale causa di emolisi;
- **inibitori delle proteasi**, che riducono digestione ed assorbimento delle proteine;
- **acido fitico**, in grado di ridurre l'assorbimento di alcuni minerali.

Nel caso del fagiolo, è la **fitoemoagglutinina** il fattore antinutrizionale più caratterizzante presente soprattutto nei fagioli rossi. A seguito di una abbondante alimentazione di questi legumi, può presentarsi il fenomeno della flatulenza di cui i principali responsabili sono gli **oligosaccaridi raffinoso, stachiosio e verbascosio**, indigeribili nella prima parte dell'intestino umano a causa dell'assenza dell'enzima  $\alpha$ -galattosidasi ma metabolizzabili, nell'ultimo tratto intestinale, ad opera di batteri, causando tuttavia meteorismo e flatulenza.

**FAVA** (*Vicia faba* var. *major*) e **FAVINO** (*Vicia faba* var. *minor*). La fava, assieme al cece, è considerata una delle piante più anticamente coltivate dall'uomo, da sempre utilizzata come fonte di proteine nella alimentazione umana, come foraggio per gli animali domestici e come pianta da sovescio. Probabilmente già durante il primo millennio d.C., la coltura si è diffusa dal vicino Oriente verso l'Europa centrale e la Russia, attraverso l'Anatolia, la valle del Danubio e il Caucaso; nelle regioni del Mediterraneo orientale, attraverso la costa mediterranea e le isole; dall'Egitto e dalla costa araba in Abissinia e attraverso la Mesopotamia in India e in Cina. La composizione media del seme di fava secco è la seguente: 25% di proteina grezza, 3% di lipidi grezzi, 54% di zuccheri disponibili di cui il 44% è amido, 7% di fibra totale. La produzione di granella di 19-20 q/ha (media italiana) si ottiene, con semina autunnale, in coltura asciutta nell'ambiente mediterraneo semiarido. Al nord la semina deve essere, gioco

forza, primaverile dato che la fava non resiste alle gelate e alle basse temperature in generale. Il favino si distingue dalla fava per presentare i baccelli eretti mentre la fava li porta per lo più penduli, visto il loro peso e le dimensioni. Altri due caratteri distintivi sono rappresentati dalla fertilità del baccello e dalla dimensione e peso del seme. Con le più recenti varietà francesi si dovrebbe arrivare alle 3-4 t/ha di granella.

**LENTICCHIA** (*Lens culinaris*). Assieme ad alcuni cereali a paglia e altre leguminose da granella (cece e pisello) è una delle specie che hanno fondato l'agricoltura del neolitico, essendo stata domesticata nell'areale della Mezzaluna fertile. Il seme di lenticchia contiene il 22% di proteina grezza, non contiene lipidi, il 55% di zuccheri disponibili di cui il 44% è rappresentato dall'amido e il 13% di fibra grezza parzialmente digeribile. La resa media nazionale risulta di circa 0,8- 0,9 t/ha di granella; nelle migliori condizioni ambientali e di gestione della coltura, comunque, la resa può superare le 2 t/ ha.

**PISELLO** (*Pisum sativum*). Si fa qui riferimento solo al *pisello proteico* che si distingue da quello orticolo-industriale per presentare un contenuto di proteina grezza del seme oscillante tra il 26 e il 29%, di fibra grezza tra il 6 e l'8% e il 46-50% di amido. Il *breeding* ormai da vari anni ha generato delle nuove forme di pisello tra cui merita ricordare la forma *leafless* (tipo afila: senza foglie) affidando, come una specie di vicarianza fisiologica, al fusto, ai numerosi cirri o viticci e ai baccelli il ruolo primario fotosintetico. Allo scopo di eliminare l'allettamento, un ineludibile difetto delle precedenti cv di pisello, i cirri (foglie metamorfosate) sono stati vistosamente incrementati al fine di migliorare la capacità della pianta di stare eretta per quasi tutto il ciclo colturale. Con le migliori varietà e in condizioni ambientali ottimali si possono produrre fino a 4 t/ha di granella.

Le colture **proteoleaginose** sono dotate di una importante concentrazione di proteine accanto ad una buona disponibilità di lipidi e limitate quantità di fibra digeribile. A questo gruppo appartengono l'arachide, la soia, il lupino. Nel prosieguo del testo verrà data particolare rilevanza alla soia in quanto si dimostra la più ricca in proteina nobile e come tale, è la leguminosa più coltivata nel mondo.

**ARACHIDE** (*Arachis hypogaea*). Oleaginosa annuale, è originaria delle aree tropicali del Sud America (Brasile, Perù) da dove si è diffusa in Nord America (Messico, Georgia, Sud Carolina) e poi in Europa (Spagna); in seguito si è diffusa in Africa e Asia, per lo più nelle aree temperato-calde. La composizione del seme, che rappresenta in peso dal 55 al 70% dei legumi, è costituita da: 45-50% di lipidi, 25-30% di proteine, 12% di carboidrati, 10% di acqua e 3% di ceneri; dopo l'estrazione dell'olio, il pannello, grazie al suo elevato contenuto proteico (circa il 50%) rappresenta un ottimo alimento zootecnico. Entro specie sono presenti due *sub-species* e cinque *varietas* di arachide: Subsp. *hypogaea* e *fastigata*. A loro volta, la prima subspecie si articola in Var. *hypogaea* e *hirsuta* mentre la seconda in *peruviana*, *aequatoriana* e *vulgaris*.

**SOIA** (*Glycine max*). È originaria dell'Asia orientale. Il seme contiene in media il 35-45% di proteina grezza, 18-21% lipidi grezzi, 6,5% di fibra. In Italia si coltiva per il 90% in Valle Padana con dei risultati produttivi che si aggirano tra le 3,5 e le 4,5 t/ha di granella. Le forme a seme verde sono per uso orticolo e possono raggiungere anche il 50% di proteina grezza. Di norma il seme preferito dall'industria olearia presenta il tegumento seminale di colore giallo e l'ilo incolore al fine di evitare l'intorbimento dell'olio dovuto alla presenza di un ilo pigmentato. Le varietà in base alla precocità vengono classificate in 13 gruppi di maturazione. Quelli più precoci sono indicati con 000, 00, 0 rispettivamente. Seguono poi i gruppi dall'I al X, indicati secondo la numerazione romana. In base alla risposta al fotoperiodo le varietà

più precoci sono da considerare indifferenti al fotoperiodo, mentre le medie e le tardive sono brevidiurne. Fioriscono cioè solo in regime di fotoperiodo decrescente.

**LUPINO** (*Lupinus albus*). Pianta molto antica, è originaria del Medio Oriente e dell'areale Mediterraneo. Il seme contiene il 17-18% di proteine, il 7% di carboidrati ed il restante 6,5% diviso tra fibre e grassi. Produzioni medie pari a 2,5-3,5 t/ha di seme. Tra i vari componenti del lupino, gli alcaloidi rivestono sicuramente un ruolo importante: si tratta di lupo-tossina, lupanina ed oscilupanina. Al fine di rendere commestibili i lupini, è necessaria una salamoia, utile per "estrarre" dal seme gli alcaloidi amari e tossici. I lupini devono essere consumati previa cottura per eliminare la lupo-tossina, termolabile.

Le principali **specie foraggere**.

In questo gruppo di piante compaiono ancora le leguminose. Tra queste, l'**erba medica** e i **trifogli** hanno una particolare rilevanza. Sono specie per lo più poliennali che ripartiscono la loro produzione nell'arco dell'anno in più sfalci (4-5 tagli per *Medicago sativa* e *Trifolium repens* ma non per gli altri trifogli) di diversa capacità produttiva e composizione qualitativa. La proteina nel foraggio è presente soprattutto a livello fogliare (foglie trifogliate) e nei piccioli, pertanto al momento del taglio e durante la successiva fienagione dette strutture vanno rispettate e conservate con cura. Sono specie adatte a formare **prati monofiti** (medicaio) ma possono adattarsi anche a produrre in **consociazione** (c. bifite o polifite) con altre specie non leguminose, quali le graminacee ad esempio (dattile, festuca ecc.) ottenendo un doppio risultato produttivo e qualitativo. Oltre alle due specie vengono ricordate anche: lupolina, lupinella, sulla, ginestrino, antillide. Decisamente meno diffuse e quindi meno importanti come fornitrici di proteina.

**ERBA MEDICA** (*Medicago sativa*). È originaria dell'Asia Sud occidentale ed è la foraggiera per eccellenza caratterizzata da produttività, longevità, capacità di ricaccio, buona attitudine alla conservazione, valore nutritivo e attività para-nutraceutica, dato il contenuto in fibra neutro tersa che oggi la fa preferire nell'alimentazione della vacca da latte ad alta produzione assieme al silo mais. Accanto agli immancabili effetti positivi di avvicendamento. Il prato di medica produce nell'arco di 3-4 anni che in condizioni favorevoli possono anche aumentare fino a 5. Il medicaio in purezza fornisce un foraggio contenente il 16-17% di proteina grezza con una produzione complessiva, negli anni di durata del prato, di circa 30-40 t/ha di fieno. Il foraggio può essere ottenuto per fienagione, per insilamento o in forma disidratata. In quest'ultimo caso la farina che si ottiene rappresenta un vero e proprio alimento concentrato. A fronte degli elevati costi dei prodotti petroliferi, l'eccessivo costo energetico del processo di disidratazione ha di gran lunga ridotto questa possibilità di utilizzazione. Tuttavia se applichiamo la LCA (*Life Cycle Assessment*) la disidratazione è da preferire specie quando invece di falciare ad "inizio fioritura" si interviene al "bottoncino blu": in questo caso si può arrivare al 20% di PG (Proteina Grezza). L'erba medica che importiamo ad esempio dall'Andalusia presenta queste caratteristiche.

**TRIFOGLI** (*Trifolium pratense*, *T. repens*, *T. hybridum*, *T. subterraneum*, ...). Il trifoglio pratense o violetto è il più diffuso sia in Europa che nel resto del mondo. Specie poliennale, ma di durata limitata, è più tollerante del medicaio nei riguardi del pH del terreno (6,5-7,6). La produzione si aggira sulle 7-14 t/ha di sostanza secca nel biennio di utilizzazione. Per le aree mediterranee merita fare cenno anche di altre specie annuali quali il *T. alexandrinum* e il *T. squarrosum*. Da sottolineare che il *T. subterraneum* e il *T. brachicalycinum* sono adatti per il pascolamento ma non per lo sfalcio e la conservazione mentre il *Trifolium repens* non è adatto per l'attuale alimentazione del bestiame.

## LA BIOFABBRICA SOIA

Le proteine vegetali sono dunque le sostanze nelle quali -nel caso delle specie leguminose- viene prevalentemente immagazzinato l'azoto atmosferico fissato tramite l'intervento di rizobi più o meno specifici. Nella soia il contenuto proteico del seme normalmente oscilla tra il 36 e il 45%. E' comunque opportuno tenere presente anche il contenuto in aminoacidi essenziali come nel caso dell'utilizzo in mangimistica. Sin dagli anni '60 i derivati della soia sono stati usati in diversi tipi di prodotti che appartengono sia al segmento mangimistico che a quello dell'alimentazione umana. La ricerca agraria negli ultimi decenni, ha ottenuto colture cerealicole in grado di fornire semi in quantità e qualità tali da costituire l'alimento di base e economicamente conveniente, molto utile per una popolazione globale in continua crescita; similmente la soia può considerarsi il migliore integratore proteico dei cereali nell'utilizzo zootecnico ma lo sarà sempre di più (tramite opportune lavorazioni) anche nell'alimentazione umana. Si sottolinea la complementarietà tra i cereali poveri di lisina e triptofano e ricchi di aminoacidi solforati e la soia invece ricca in lisina e triptofano e povera in cistina, cisteina e metionina, tutti aminoacidi essenziali specie per i monogastrici. Attualmente la proteina di soia è la più versatile rispetto a tutte le altre forme proteiche considerate nei programmi mondiali di nutrizione e rappresenta una fonte di elevato valore biologico. Il progresso nella tecnologia di produzione di integratori a base di soia ha permesso l'ottenimento di prodotti che posseggono funzioni diverse: emulsionanti, leganti, strutturanti. L'elevato valore nutrizionale dei prodotti contenenti proteina di soia è stato recentemente riconosciuto dalla US Food and Drug Administration e dall'USDA-FNS (*National School Lunch Program*). Nella soia, le proteine, assieme ad altri tipi di composti a carattere "nobile", sono studiate anche per la loro funzione nutraceutica, ovvero per la proprietà che presentano, se assunti regolarmente nella dieta, come già ricordato, di prevenire e/o rallentare alcuni tipi di patologie. La ricerca tuttavia dovrebbe accertare in via definitiva questa effettiva capacità. Nella soia si rinvencono anche altre sostanze, gli inibitori della tripsina -composti antinutrizionali- che hanno un effetto negativo sul metabolismo. Queste sostanze termolabili sono presenti nel seme di soia (germe e cotiledone) nonché in tutti i prodotti di lavorazione della semente precedentemente illustrati, con concentrazione diversa in funzione del tipo di lavorazione subita.

## LE PROTEINE E I FATTORI ANTINUTRIZIONALI

Da alcune indagini statistiche è emerso che l'incidenza delle malattie cardiovascolari (ad es. arteriosclerosi) è minore nei Paesi orientali (Giappone) che in Occidente. Le peculiarità nel regime alimentare e, in particolare, nel consumo di prodotti a base di soia potrebbero spiegare, almeno in parte, questa differenza. Le proteine della soia hanno un basso contenuto di metionina e cisteina. Fra le sostanze proteiche, gli antinutrizionali sono di diversa natura, i più importanti dei quali sono gli inibitori di Kunitz e di Boman Birk, oltre alle lectine. I Fattori di Kunitz e di Bowman Birk hanno un'azione inibente nei confronti di alcuni enzimi della digestione (proteasi) e possono provocare fenomeni di cattivo assorbimento dei principi nutritivi e una conseguente diminuzione del valore biologico delle proteine di soia. Le lectine, invece, interferiscono con l'assorbimento di nutrienti interagendo con la mucosa gastrica. Si tratta di sostanze che si combinano con i carboidrati delle membrane cellulari (mucosa gastrica ed intestinale), ostacolando in tal modo l'assorbimento dei nutrienti; si legano inoltre alle cellule del sangue determinando agglutinazione delle emazie. La loro concentrazione, varia in funzione del genotipo considerato. L'azione di tali fattori proteici è annullata dal trattamento termico della proteina. Da un punto di vista fisiologico, il tenore in proteine del seme è condizionato da un complesso meccanismo di sintesi, assemblaggio, trasporto e stoccaggio delle proteine all'interno del seme. L'azoto,

elemento indispensabile per la formazione delle proteine, può essere variamente recuperato, dalla pianta di soia, come viene indicato nei tre punti seguenti:

- la rilocalizzazione dell'azoto dai fusti e dalle foglie verso le strutture riproduttive;
- l'assimilazione diretta derivante dalla simbiosi può prolungarsi più o meno nel corso del ciclo riproduttivo;
- l'assorbimento tardivo dell'azoto nitrico dal suolo (la seconda via di alimentazione azotata della specie).

Le differenze nel tenore proteico, che sono spesso osservate tra le cultivar, sono dovute a dei fattori di ordine puramente genotipico e ad altre piuttosto correlate alle interazioni della pianta con il suo ambiente di coltura.

### **I FATTORI CHE MODIFICANO L'ASSETTO PROTEICO: EFFETTI DI TEMPERATURA E REGIME IDRICO**

Gli scienziati sono “scetticamente ottimisti”, essi cioè ritengono di essere in grado di risolvere qualsiasi problema di produttività delle piante solo potendo disporre di maggiori capitali e di conseguenza migliori mezzi di ricerca. Con il passare degli anni si è convenuto sull'esistenza di alcuni limiti alla produttività delle piante coltivate legati a fattori ambientali. Questa situazione era risultata in realtà già ben chiara all'uomo che per primo “domesticò” le piante: egli, infatti, sapeva bene come limitazioni di temperatura, luminosità e disponibilità idrica avessero un'influenza fondamentale sull'accrescimento e sviluppo e, alla fine del processo, sulla produttività delle piante agrarie. Oggi, nell'era dominata dalla tecnologia, a volte questi concetti vengono dimenticati. Lo scopo è di conoscere quali fattori ambientali influenzino in maniera determinante la produttività delle piante e in che modo si realizzino le principali interazioni “genotipo x ambiente”. In tema di rifornimento idrico sembra che la natura degli apporti sia d'importanza capitale, dato che una applicazione tardiva dell'irrigazione (con un regime che soddisfa il 70% dei fabbisogni totali) interferisce positivamente sul tenore finale di proteine a prescindere sia dal tipo di suolo su cui insiste la coltivazione che dallo specifico genotipo adottato. In soia, ad esempio, il processo di traslocazione degli elaborati verso i baccelli e il seme è influenzato dalla temperatura. L'accumulo di elevate temperature, durante la fase di riempimento del seme, produce degli effetti positivi sulla sintesi di proteine e sul rendimento, in assenza di stress idrico. In fin dei conti, la scelta varietale, quindi il peso relativo dei fattori genetici, è la più importante, a condizione che si rispettino degli itinerari tecnici colturali appropriati. Si ricorda naturalmente il buon adattamento della varietà alla località di coltivazione (precocità del genotipo e rispetto dei periodi di semina consigliati) e il controllo dell'irrigazione (apporto tardivo molto raccomandato). Queste pratiche sono ben conosciute, ma ancora scarsamente messe in pratica. Il tenore in proteine del seme di soia interessa tutte le voci della trasformazione: valore del pannello dopo l'estrazione dell'olio, qualità dell'alimento per il bestiame ottenuto da cottura del seme intero (tipo di estrusione) o dei prodotti di prima trasformazione destinati all'agroalimentare. Per questi ultimi anche la qualità delle proteine è essenziale. Il livello di qualità dei *soyfood* dipende dalle proprietà delle materie prime, differenti in funzione del tipo di prodotti finali desiderati. Nel caso del *tonyu* (latte di soia) e, in linea generale, per tutte le bevande a base di soia le qualità funzionali e le proprietà di solubilizzazione delle proteine sono da ottimizzare. Per quanto riguarda il *tofu* (formaggio di soia) e i suoi derivati, una grande importanza deve essere rivolta alla capacità di coagulazione delle proteine. In generale, la composizione della frazione proteica è implicata



nelle numerose proprietà (specie funzionali) del seme, mentre la conoscenza delle differenti frazioni proteiche risulta essere molto importante.

## **GLI ISOFLAVONI NEL SEME DI SOIA**

Numerosi studi hanno messo in evidenza l'importanza del fattore "genotipo" per il tenore in isoflavoni. Così per esempio Eldridge e Kwolek (1983) e Tsukamoto et al. (1995) hanno rilevato un tenore in isoflavoni da 1,16 a 3 mg/g e da 0,79 a 3,5 mg/g a seconda delle varietà. Questa variabilità sembra legarsi con certe caratteristiche intrinseche della pianta, come ad esempio la precocità. Sembra che le varietà precoci abbiano un tenore in isoflavoni meno elevato rispetto alle varietà tardive. Il tenore in isoflavoni, caratteristico di una varietà, può essere legato anche alla sua capacità di resistenza nei confronti di patogeni e parassiti. Così la forte resistenza ai patogeni di certe specie potrebbe essere legata al forte contenuto in daidzeina e genisteina. Il potenziale genotipico inoltre è influenzato in modo marcato da fattori ambientali (interazione "genotipo x ambiente"). La biosintesi degli isoflavoni, - e, in linea generale, la biosintesi dei composti flavonoidi, - sono sotto l'influenza delle condizioni del mezzo di coltivazione. Per una stessa varietà, variazioni sul tenore in isoflavoni, sono state osservate a seconda dell'annata di coltivazione o delle condizioni della coltura. Tra i parametri ambientali influenzanti il tenore in isoflavoni, la temperatura, durante la fase di sviluppo del seme, sembra essere la principale. Le temperature elevate tenderebbero a ridurre il tenore in isoflavoni nel cotiledone, mentre, durante la crescita della pianta, influenzano la durata dello sviluppo. Un legame significativo tra il tenore in isoflavoni e la durata dello sviluppo sembra sia stato messo in evidenza. I fattori colturali che influenzano lo sviluppo della pianta (per esempio stress idrico) hanno ugualmente un'azione a livello del tenore in isoflavoni del seme a maturità. Da prove sperimentali condotte in Francia risulterebbe che le concentrazioni di queste molecole siano dell'ordine di 2-7 mg/g a seconda del genotipo. Le stesse prove hanno mostrato che si possono avere variazioni nelle concentrazioni di isoflavoni dell'ordine del 50-60% a parità di caratterizzazione genotipica, in funzione delle differenti condizioni ambientali. Le componenti ambientali hanno un ruolo importante come la gestione della temperatura, nella fase di germinazione e nella prima fase di sviluppo della pianta, la disponibilità idrica nell'ultima fase del ciclo, la presenza di stress relativi a danneggiamento dei tessuti, dovuti ad esempio a stress biotici e/o di tipo meccanico. Per il settore mangimistico è richiesta la possibilità di ottenere mangime di elevata qualità nutrizionale ad un costo minore, (prodotto non trattato termicamente), basso contenuto in fattori antinutrizionali (Kunitz, Bowman Birk, lectine) e un elevato contenuto in lipidi che consente di apportare alla razione un notevole contributo energetico. Per il settore soyfood si richiedono invece prodotti, tradizionali e non, di elevata qualità organolettica (sapore, consistenza, colore), un elevato contenuto in composti nutraceutici (isoflavoni e saponine), un basso contenuto in fattori antinutrizionali e un basso contenuto in zuccheri facilmente fermentescibili, quali raffinose e mannosio. La caratterizzazione delle varietà, secondo la qualità proteica, è un aspetto che non viene considerato attualmente nei nostri mercati dove la granella di soia, come prodotto indifferenziato, spunta prezzi di mercato molto bassi. Sono auspicabili pertanto ulteriori studi che consentano di fare luce sulle varietà più promettenti, da un punto di vista qualitativo, per utilizzi specifici. La valorizzazione qualitativa della coltura di soia potrebbe consentire un miglioramento del reddito dell'imprenditore agricolo e la reintroduzione nell'avvicendamento di una pianta molto apprezzata ai fini agroambientali per le sue modeste esigenze di "input chimico".

## **LA NUTRIZIONE AZOTATA NELLE LEGUMINOSE: L'ESEMPIO SOIA**

La nutrizione azotata della soia si realizza normalmente attraverso due vie:

- L'assorbimento del nitrato dal terreno, attraverso l'apparato radicale, e la sua successiva riduzione ad azoto ammoniacale che ha luogo principalmente nelle foglie; l'enzima limitante di questa catena di reazioni è la nitrato reductasi.
- La fissazione dell'azoto atmosferico grazie all'enzima nitrogenasi dei rizobi contenuti nelle nodosità che si formano sul sistema radicale.

Queste due vie del rifornimento in azoto possono essere complementari o concorrenziali a seconda della dose di nitrato apportata alla coltura, della fase vegetativa e delle condizioni ambientali.

### Misura dell'azoto fissato e assimilato

E' interessante poter determinare l'importanza relativa delle due vie della nutrizione azotata. Esistono numerosi metodi ma nessuno di questi è perfetto ed è dunque necessaria la comparazione dei risultati ottenuti attraverso diverse tecniche.

Si possono distinguere due gruppi di metodi:

- a) le misure cumulative ottenute per differenza;
- b) le misure istantanee delle attività enzimatiche.

I metodi per differenza sono in generale utilizzati al momento della raccolta della granella. Confrontando la quantità d'azoto contenuta in una coltura di soia nodulata e in una non inoculata e non nodulata (Fig.8) o utilizzando una isolinea geneticamente non nodulante, si può ottenere una stima della quantità dell' $N_2$  fissato. Questo metodo è tuttavia falsato dal fatto che una pianta non nodulante assorbe azoto dal terreno in modo differente dalla pianta nodulata. Un altro metodo cumulativo consiste nell'utilizzare la marcatura dell'azoto assimilato attraverso l'impiego dell'isotopo naturale  $^{15}N$ . Sono disponibili due tecniche che derivano dal medesimo principio, l'utilizzazione di un concime arricchito in  $^{15}N$  oppure la misura dell'abbondanza isotopica naturale in  $^{15}N$ . La quantità di azoto fissato si ottiene per differenza tra azoto totale e azoto assimilato. E' la metodologia più precisa a condizione di disporre di una buona pianta di riferimento, che assorbe dal terreno il concime marcato nello stesso momento e nella stessa quantità della pianta nodulata. Questo metodo cumulativo permette di determinare la quantità di azoto fissato dopo un lungo periodo di tempo, cioè alla raccolta. Esistono d'altra parte dei metodi istantanei che permettono di rivelare delle variazioni rapide di nutrizione azotata. Questi metodi si basano sulla misura dell'attività degli enzimi chiave (nitrato reductasi per l'assimilazione dell'azoto e nitrogenasi per la fissazione) o sulla misura di un prodotto specifico dell'assimilazione o della fissazione.

Il nitrato ridotto è misurato a partire dalla sequenza di reazioni:  $NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow NH_4^+$

La prima di queste due reazioni costituisce la tappa limitante principale dell'assimilazione dell' $NO_3^-$ ; è dunque teoricamente possibile valutare l'attività reale di questo enzima dosando il nitrito prodotto durante un dato tempo da un vegetale o da un suo campione. La misura può essere effettuata attraverso la metodica in vivo su frammenti di foglia o di radice, oppure attraverso il metodo in vitro, su tessuti essiccati o tramite il metodo in situ su foglia o anche pianta intera.

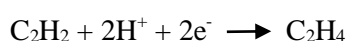
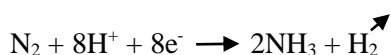


Fig. 8 – Diversità di pigmentazione e biomassa fogliare in soia normalmente batterizzata (sx) e non inoculata.

Nel metodo in vitro le concentrazioni dei substrati  $\text{NO}_3^-$  e NADH sono saturanti, la quantità di nitrito formata è proporzionale alla quantità della proteina nitrato reduttasi presente nel tessuto vegetale. Si può anche stimare la capacità nitrato reduttasica su di un estratto enzimatico ottenuto dopo essiccazione dei tessuti.

Il metodo in situ ha per obiettivo la misura dell'attività reale della nitrato reduttasi. In questo caso, l'attività reale della nitrato reduttasi è ottenuta disponendo gli organi vegetali al buio e in assenza di ossigeno. Nelle foglie vi è una buona correlazione tra questa misura di attività nitrato reduttasica e la quantità di nitrato realmente ridotto, stimati utilizzando nitrato marcato. In queste condizioni la misura dell'attività dipende strettamente dalla disponibilità in substrati ( $\text{NO}_3^-$  e NADH) al sito attivo dell'enzima.

La fissazione dell'azoto può essere stimata attraverso la misura dell'attività nitrogenasica, grazie ad una proprietà originale di questo enzima: la sua capacità di ridurre non solamente l'azoto ad ammoniaca ma anche contemporaneamente l'acetilene ad etilene.



L'etilene è facile a misurarsi con il metodo cromatografico in fase gassosa. La misura dell'attività riduttrice dell'acetilene (Acetylen Reduction Activity: ARA test) può essere effettuata sui noduli asportati dalla pianta, sul sistema radicale posto in un flacone o su pianta intera. Quest'ultimo metodo è particolarmente interessante perché permette di agire in campo o in serra, disturbando al minimo la fisiologia della pianta. In un cilindro di plastica (Fig.9) o di metallo viene inserita una pianta di soia alimentata da una apposita soluzione nutritiva. L'acetilene, classico accettore di elettroni, viene sostituito dall'argon, gas inerte in grado di compiere la stessa funzione dell'acetilene, cioè di ridursi in presenza degli elettroni liberati dal processo di fissazione. La sostituzione viene eseguita allo scopo di evitare che l'etilene prodotto reagisca con il materiale di cui sono fatti i dotti adduttori. Contemporaneamente si esegue il prelievo di campioni di etilene una volta che si sia formato. Un altro metodo di misura della fissazione si basa sulla proprietà della Tribù *Phaseolae*, tra cui la soia, di trasportare l'azoto fissato essenzialmente sotto forma di ureidi (allantoina, acido allantoinico); questi composti restano per contro ad una concentrazione molto bassa nella linfa, se la pianta assorbe il nitrato (v. par. 4).

Vi è una buona correlazione tra attività fissatrice e tenore in ureidi nella linfa durante i primi 60-80 giorni dall'inizio del ciclo vegetativo.

I metodi cumulativi sono interessanti per impostare il bilancio dell'azoto a fine coltura. I metodi istantanei sono utili invece per determinare l'influenza di una variazione rapida di nutrizione azotata sugli enzimi chiave del metabolismo azotato della soia.

### **Caratteristiche del *Bradyrhizobium japonicum***

La fissazione è realizzata da batteri, i *bradirizobi* che penetrando nella radice inducono la formazione di una nodosità o nodulo. Questa escrescenza di forma sferica misura, in soia, da 3 a 10 mm di diametro. La sezione di un nodulo in attiva fissazione appare di colore rosso mattone a seguito della presenza della *leghemoglobina* che ha il ruolo sia di trasportatore dell'ossigeno necessario alla vita del batterio che di protezione della nitrogenasi che può essere inibita ad una certa pressione critica di O<sub>2</sub>. I bradirizobi sono facili da allevare in laboratorio, ma non formano spore, pertanto sono necessari dei supporti d'inoculo che permettano a questi microrganismi di conservare una buona vitalità fino all'impiego da parte dell'agricoltore. Il bradirizobio capace di nodulare la soia è specifico ed inizialmente risultava assente dai terreni europei. In Africa e in America Latina, i rizobi delle piante tropicali tra cui il genere *Vigna sp.* sono capaci di formare nodosità anche su soia, ma anche in questi casi è preferibile batterizzare ex novo la semente.

Nel proseguo della trattazione non si faranno differenze tra i diversi nomi di genere e specie proposti per nominare i rizobi specifici per soia.

Affinché un ceppo di *Bradyrhizobium japonicum* sia utilizzabile dall'agricoltore è necessario che questo sia saggiato preliminarmente per:

- la sua capacità di sopravvivenza nell'inoculante (veicolo fisico trasportatore di rizobio) e nel terreno;
- la sua attitudine ad entrare in competizione con altri ceppi;
- la sua capacità fissatrice in simbiosi con le varietà di soia più diffuse.

### **Sopravvivenza e capacità competitiva dei ceppi di *B. japonicum***

Negli anni '80, all'inizio della coltivazione della soia, i ceppi di *B. japonicum* erano assenti dai terreni italiani, pertanto sono stati introdotti attraverso l'inoculazione delle sementi e/o del terreno. Da un punto di vista sia pratico che teorico è importante conoscere il comportamento dei ceppi che vengono utilizzati; studiare l'ecologia di questi batteri comporta la loro identificazione e il dimensionamento della popolazione derivante da un dato ceppo.

I rizobi non presentano delle caratteristiche morfologiche e nutrizionali particolari. In altri termini si deve provvedere alla identificazione di ciascun ceppo. Dopo che il ceppo è stato identificato si ottengono dei dimensionamenti precisi e specifici nel suo mezzo naturale. I risultati sperimentali mostrano che le popolazioni di ceppi ben studiati tendono verso un livello di equilibrio che si colloca all'incirca da mille a diecimila batteri per grammo di suolo. Se in un terreno contenente un ceppo di *B. japonicum* introdotto precedentemente si aggiunge un ceppo diverso, ma con la stessa specificità, i due ceppi si stabilizzano a dei livelli identici e non viene meno la sopravvivenza del primo ceppo; ciò prova che il numero di micro habitat non è limitante. Questi risultati fanno supporre l'esistenza di una legge d'equilibrio del tipo "preda-predatore" e provano che si possono introdurre successivamente più ceppi inoculanti nel terreno. Un certo numero di aspetti resta tuttavia ancora da chiarire: ad

esempio la localizzazione dei bradirizobi a livello degli aggregati strutturali del terreno non è stato ancora preso in considerazione.

La competizione tra ceppi di *Bradyrhizobium* per la formazione dei noduli è la risultante di due caratteristiche:

- la capacità saprofitica, che traduce la loro attitudine a sopravvivere e moltiplicarsi;
- l'attitudine a formare nodosità in presenza di ceppi con la medesima specificità.

Con l'inoculazione del seme si ha la possibilità di una rapida formazione dei noduli, condizione essenziale per un armonico funzionamento dei cicli di sintesi proteica nella pianta. Al contrario nel caso in cui siano presenti diversi ceppi nel terreno, la capacità saprofitica e l'attitudine a formare noduli acquistano una rilevanza particolare per arrivare ad una simbiosi sufficientemente efficiente. Lo studio della dinamica delle popolazioni ha per obiettivo la descrizione di questi fenomeni. Questo tipo di studio condotto per la soia ha come scopo l'ottenimento di una nodulazione con ceppi selezionati.

### **Assimilazione dell'azoto minerale e fissazione dell'azoto atmosferico**

Attività nitrogenasica, idrogenasica e costo energetico della fissazione.

L'enzima nitrogenasi, situato nei rizobi localizzati nelle nodosità radicali, catalizza la riduzione dell'azoto atmosferico ad ammoniaca. Infatti, questo enzima è composto di due unità: la prima, che porta il sito attivo della riduzione dell'azoto, contiene ferro e molibdeno e ciò spiega come la carenza in molibdeno inibisca la fissazione dell'azoto; la seconda unità ha il ruolo di trasferire gli elettroni alla prima che contiene Fe.

Occorrono 6e<sup>-</sup> per ridurre una molecola d'azoto, tuttavia altri due elettroni vengono trasferiti per ridurre due protoni ad idrogeno. L'idrogeno gassoso liberato dal processo andrebbe perso per volatilizzazione se non vi fosse una idrogenasi che li può trasferire riducendo in parte l'elevato costo energetico del processo di fissazione come esemplificato nel primo box.

In soia è noto che la fissazione simbiotica dell'azoto è limitata dalla quantità di fotosintati allocati dalla pianta per questo processo; in effetti un aumento della fotosintesi accresce l'attività della nitrogenasi. I substrati carboniosi sono trasportati dal floema sotto forma di saccarosio in quantità variabile durante la vita della pianta. Questo rifornimento risulta ottimale in piena fioritura e durante il riempimento dei baccelli e rappresenta circa il 15% della quantità totale del carbonio fissato attraverso la fotosintesi.

Il costo energetico della riduzione dell'N<sub>2</sub> attraverso la nitrogenasi non sarebbe teoricamente distante da quello della riduzione del nitrato ad ammonio, ma si devono considerare, nel caso della nitrogenasi, altri costi energetici specifici per il mantenimento delle strutture nodulari, tali da far risultare il costo della fissazione superiore a quello della riduzione del nitrato. Inoltre, qualora l'accrescimento della pianta venisse disturbato da uno stress, la fissazione dell'azoto rallenterebbe prima dell'assimilazione del nitrato. Infine l'ammonio è la forma azotata fornita alle leguminose dal *Bradyrhizobium*, ma la maggior parte delle piante superiori la cui alimentazione azotata è assicurata essenzialmente o esclusivamente da questo catione, presentano delle rese in sostanza secca assai modeste. Le cause di questa limitata capacità di accrescimento non sono ancora del tutto note ma le leguminose le subiscono così come le piante di altre famiglie.

Le due vie della nutrizione azotata sono dunque necessarie per una nutrizione ottimale.

Per aumentare la fissazione dell'azoto, sarebbe necessario sia aumentare il rifornimento di energia ai noduli, sia ridurre il costo energetico del processo. Mettere a disposizione una maggiore quantità di fotosintati permette di aumentare la massa dei noduli, ma non modifica la loro attività poiché questa è limitata da altri fattori tra i quali la pressione di ossigeno presente dei batteri nei noduli.

Un fattore limitante la fissazione dell'azoto risiede nella quantità di substrati utilizzabili dal batterio, quindi una maggiore allocazione di fotosintati nei noduli porterebbe all'incremento dell'efficacia della simbiosi. Si può pertanto concludere che il buon accrescimento della soia è condizione favorevole per raggiungere questo obiettivo e, conseguentemente, l'assorbimento di nitrato dal terreno è condizione necessaria per consentire tale crescita.

### **Influenza dell'azoto combinato sulla fissazione**

L'azoto minerale combinato stimola o inibisce la fissazione dell'azoto atmosferico e questo effetto dipende dalla concentrazione e dalla forma di apporto dell'azoto (urea, ammonio o nitrato). In piante allevate in soluzione nutritiva, l'urea stimola la nodulazione e l'attività nitrogenasica della soia. Il nitrato e l'ammonio non stimolano la fissazione se non a deboli concentrazioni e la inibiscono, al contrario, con concentrazioni superiori a 2 mM. L'effetto stimolatore del nitrato a debole concentrazione si spiega essenzialmente attraverso un migliore accrescimento delle piante, in particolare durante la fase vegetativa che precede l'inizio della fissazione dell'azoto (20 giorni in serra, 30-50 giorni in campo). Se la nitrificazione, cioè la trasformazione dell'ammonio in nitrato è debole, l'apporto di nitrato può essere benefico per favorire lo sviluppo fogliare e la fotosintesi oltre a far aumentare la quantità di energia disponibile per lo sviluppo e l'attività dei noduli.

A più elevata concentrazione, l'effetto inibitore dello ione  $\text{NO}_3^-$  è evidente in tutte le tappe della simbiosi. Il  $\text{NO}_3^-$  inibisce la penetrazione dei *Bradyrhizobium* nei peli radicali assorbenti e se il nodulo è formato, la sua crescita si arresta e la nitrogenasi cessa di funzionare. L'effetto inibitore sulla nodulazione sarebbe dovuto ad una limitazione della sintesi delle lectine. Queste proteine, sono proteine, in grado legarsi ai carboidrati, escrete dalla radice permettono l'assorbimento dei nutrienti che precede la penetrazione dei *Bradyrhizobium* specifici. Se la sintesi è ridotta dalla presenza del nitrato, il numero dei punti d'infezione e di noduli sono quindi inferiori. E' ugualmente possibile che il nitrato perturbi il metabolismo dell'IAA (acido indolacetico) da parte del batterio, modificando il ruolo dell'ormone al momento della penetrazione dei batteri nel pelo radicale assorbente. Selezionare delle associazioni *Bradyrhizobium*-soia capaci di fissare l'azoto atmosferico in presenza di dosi elevate di nitrato nel terreno, sembra possibile. Una conoscenza più approfondita dei meccanismi dell'inibizione da parte del  $\text{NO}_3^-$  aiuterà certamente a raggiungere questo obiettivo.

### **Evoluzione dell'azoto nitrico assimilato**

L'assimilazione dell'azoto nitrico è stata studiata da un punto di vista enzimatico sulla varietà "Hodgson". Lo studio ha consentito la valutazione dell'attività di tre enzimi chiave nel processo di assimilazione dell'azoto: la nitrato riduttasi (NR), la glutammina sintetasi (GS) e la glutammato deidrogenasi (GDH).

---

La nitrato reduttasi catalizza la prima tappa del processo di assimilazione dei nitrati. La velocità del processo è limitata dalla bassa attività della NR e dalla scarsa disponibilità di nitrato a livello del sito attivo dell'enzima. L'attività nitrato reduttasica specifica media è massima all'inizio del ciclo di crescita, e decresce fino alla senescenza della pianta. La glutammina sintetasi pur essendo un enzima chiave per l'assimilazione dell'azoto, non è limitante della sintesi proteica. La sua attività comunque è molto importante durante tutto il ciclo. Infine la glutammato deidrogenasi, essenziale nell'assimilazione di  $\text{NH}_4^+$ , nel corso dell'accrescimento della pianta, sembra importante nella fase di senescenza: la sua massima attività si riscontra al momento della mobilitazione dell'azoto verso il seme, alla fine del ciclo. La NR e la GS partecipano invece pienamente all'accrescimento e allo sviluppo dell'apparato vegetativo.

---

### **Evoluzione dell'azoto fissato**

Il primo composto che si forma dalla fissazione dell'azoto è l'ammonio. Questa molecola tossica è liberata nel citoplasma della cellula dal nodulo radicale e poi immediatamente legata a catene carboniose per formare, glutammina e glutammato. Le vie metaboliche che si attivano sono due: GDH-GS, e GS-GOGAT. Ma nelle piante della Tribù *Phaseoleae* (soia, vigna, fagiolo) il trasporto dell'azoto fissato avviene essenzialmente tramite le ureidi glicosidiche, (allantoina, acido allantoico).

---

Le ureidi hanno un rapporto C/N uguale a 1. Questa particolarità è stata spesso interpretata come un modo per economizzare gli scheletri carboniosi ridotti e quindi l'energia inerente al trasporto dell'azoto fissato; in effetti, nelle altre leguminose l'azoto è veicolato sotto forma di amidi, che hanno un C/N che varia da 2 a 2,5. Le ureidi non si sono formate per incorporazione diretta dell' $\text{NH}_4^+$  in una molecola carboniosa, ma per degradazione delle basi puriniche. Quindi la loro presenza nella linfa floematica implica la biosintesi ex-novo delle purine e in seguito il loro catabolismo. Le purine possono derivare dall'azoto fissato nel nodulo, dall'azoto immagazzinato nelle foglie e soprattutto dall'azoto immagazzinato nel fusto della pianta. Le ureidi possono rappresentare fino all'80% dell'azoto in soluzione nella linfa della soia. La comparazione delle attività enzimatiche delle piante che sintetizzano amido e ureidi ha evidenziato che queste ultime hanno una attività dieci volte più elevata delle prime. Si evince quindi che la quantità di purina prodotta nel nodulo è molto elevata. Inoltre la soia ha una attività ureasica molto elevata (24 volte maggiore che in pisello). Questo spiega la formazione di una quantità importante di ureidi. La soia non sembra possedere però una attività allantoinasica: questo enzima catalizza l'ultima tappa della degradazione degli ureidi in urea e acido glicosidico; l'acido allantoico può essere quindi rimosso dal flusso della linfa e trasportato verso le parti aeree della pianta. Invece nelle radici e nelle nodosità radicali di pisello, l'attività allantoinasica è elevata, e le ureidi formate, inizialmente in debole quantità, sono degradate prima di migrare nel fusto; ciò spiega la mancanza di ureidi nel fusto di tali piante.

---

Vi è una buona correlazione tra l'attività fissatrice (misurata con ARA test) e il tenore della linfa in ureidi durante i primi sessanta giorni di vita della pianta. Questa osservazione ha suggerito che la misura del tenore in ureidi potrebbe permettere di reperire le associazioni soia-*Bradyrhizobium* più efficaci. Questo test si usa, ma è anche possibile che il suo utilizzo non sia appropriato per distinguere le associazioni ad elevata efficienza nella sintesi di ureidi; infatti il tenore in ureidi sembra raggiungere un limite quando la fissazione dell'azoto diventa molto importante.

### **Distribuzione e rimobilizzazione dell'azoto di origine simbiotica.**

L'evoluzione dell'azoto fissato dalla soia coltivata in condizioni naturali è stata studiata esponendo il sistema radicale di quest'ultima a  $^{15}\text{N}_2$  gassoso durante differenti periodi del ciclo vegetativo. Campionamenti successivi di piante così marcate hanno permesso di determinare la ripartizione dell'N fissato nei differenti organi e le sue variazioni in funzione del tempo. L'azoto di origine atmosferica è indirizzato dalla pianta principalmente verso le parti aeree della stessa e lo stadio fenologico esercita una forte influenza sulla ripartizione iniziale.

---

Fino al 69° giorno il lembo attira circa il 50% dell'azoto fissato. Dopo questo stadio i baccelli incrementano il loro contenuto di azoto, innalzando la percentuale dell'azoto fissato utilizzato a 60% al 92° giorno. A partire dall'82° giorno i fusti e i piccioli fissano fino al 30% dell'azoto fissato totale. La ripartizione dell'N nelle piante al giorno 110 e 145 indica che l'azoto fissato è rimobilizzato dai tessuti vegetanti e dalle pareti dei baccelli ed è convogliato verso i semi. Questo trasferimento riguarda all'inizio l'azoto di accumulo più recente, così che l'azoto fissato all'82° giorno, e immagazzinato nei fusti e nei piccioli, stato quasi totalmente rimobilizzato al 110° giorno; ciò suggerisce che quest'ultimo deve essere presente in gran parte in una forma facilmente rimovibile. Per contro l'azoto fissato al 54° giorno è stato mobilizzato più lentamente. A maturità, qualsiasi sia il periodo di fissazione, l'80 - 90% dell'azoto fissato è allocato nei semi. Se compariamo queste percentuali con quelle dell'azoto totale della pianta - gli organi vegetativi rimuovono circa il 50% del loro azoto - si constata che l'azoto di origine atmosferica è mobilizzato per l'approvvigionamento dei semi, invece l'azoto proveniente dal suolo tende a rimanere nelle foglie. Di conseguenza la mobilizzazione dell'azoto fogliare è ritardata e queste ultime restano attive per un periodo più lungo. Questo risultato sottolinea l'importanza della fissazione che parteciperebbe quindi in maniera preponderante alla nutrizione del seme. Si può pensare che questa differenza di comportamento tra l'azoto proveniente dal suolo e quello proveniente dall'atmosfera sia il risultato dell'incorporamento di questo elemento in composti differenti: l'azoto assimilato soprattutto nelle foglie è incorporato negli amminoacidi mentre l'azoto fissato a livello radicale è incorporato nelle ureidi. È stato ipotizzato che la sintesi delle ureidi potrebbe procurare alla pianta un vantaggio energetico. Ma l'abbondante presenza di queste sostanze nelle leguminose fissatrici può derivare dal fatto che le ureidi sono obbligatoriamente trasferite verso le parti aeree perché non esiste nelle loro radici una attività allantoinasica capace di degradarle.

---

### **Evoluzione delle attività nitrato reduttasica e nitrogenasica durante il ciclo vegetativo.**

Le ricerche delle quali qui si sintetizzano i principali risultati, si sono basate su esperimenti condotti in ambiente confinato (serra) e in pieno campo. La ricerca in serra, cioè in assenza di disturbi ambientali, aveva come scopo la determinazione dell'influenza reciproca delle attività enzimatiche chiave delle due vie biosintetiche: la nitrato reduttasi e la nitrogenasi. Da queste esperienze è emerso che la nodulazione sembra avere un effetto depressivo sull'assimilazione del nitrato. E' dunque necessario trovare un equilibrio tra queste due vie della nutrizione azotata per ottenere un rendimento ottimale senza ostacolare l'una rispetto all'altra.

L'azoto assimilato e quello fissato sono stati misurati in soia coltivata anche in ambiente aperto. In pieno campo, l'attività nitrato reduttasica (misurata in vitro sulle quattro foglie apicali) inizia da quando la fotosintesi si attiva. L'assimilazione del nitrato presenta un massimo all'inizio della fioritura e poi diminuisce. Questo abbassamento tuttavia non è così rapido come indicato in Figura 10, poiché anche se le 4 foglie su cui si sono effettuate le misure sono le più attive, la loro importanza rispetto all'attività nitrato reduttasica totale diminuisce quando il numero di foglie aumenta. Di norma verso il 30° giorno, in una coltura cominciano ad apparire i primi noduli radicali. Questo fenomeno richiede più tempo in annate fredde e meno tempo nelle colture ritardate. Verso il 50° giorno la fissazione diventa attiva.



L'importanza dell'attività fissatrice cresce rapidamente man mano che quella della nitrato reductasi diminuisce, e presenta il suo massimo prima dell'inizio del riempimento del seme. In seguito questa attività si riduce, dato che i fotosintati vengono trasportati verso i baccelli e raggiungono in quantità via via minore i noduli i quali cessano progressivamente di funzionare per mancanza di substrato energetico.

Le attività "specifiche" della nitrato reductasi e della nitrogenasi sono state misurate. Esse corrispondono alle attività enzimatiche espresse per grammo di foglia e per grammo di nodulo, rispettivamente. Queste attività diminuiscono con l'invecchiamento degli organi vegetativi in cui avvengono, comunque la diminuzione di concentrazione delle sostanze sintetizzate è compensata da un aumento sia della biomassa fogliare che di quella dei noduli; questo spiega come le curve delle attività enzimatiche comprendano un picco di massimo nel loro andamento.

Se si confrontano le attività enzimatiche riferite a tutta la pianta per più cicli, si constata come l'andamento delle attività vari fortemente in funzione del tempo. Un suolo ricco in azoto favorisce l'attività nitrato reductasica, per contro lo stesso suolo povero di azoto in un secondo anno favorisce una attività nitrogenasica (ARA test) precoce che può venire interrotta verso il 65° giorno da un moderato deficit idrico. Il fatto che le due attività nitrato reductasica e nitrogenasica si sviluppino in successione, potrebbe suggerire che i due processi biochimici sono antagonisti. In realtà se si coltiva la soia in serra, in soluzione nutritiva permanentemente arricchita di azoto, le due curve possono presentare un massimo nello stesso periodo (70-80° giorno).

Le intensità dei processi enzimatici sono fortemente influenzate dai fattori ambientali. Per l'agricoltore sarebbe interessante aumentare la quota di azoto fissato e ridurre l'attività nitrato reductasica, corrispondente ad un costoso fattore di input. Sfortunatamente quando la pianta ha a disposizione le due risorse di azoto, favorisce l'assimilazione del nitrato e riduce proporzionalmente la fissazione di quello atmosferico. Questo processo è senza dubbio dovuto all'inibizione della fissazione simbiotica da parte del nitrato.

---

Una indagine effettuata negli USA ha chiarito che la leguminosa, presente negli areali di coltivazione del mais in alternanza con soia, fissa solamente dal 20 al 50% dell'azoto contenuto nella pianta. Nelle zone dove al posto del mais è presente il girasole, meno bisognoso di azoto, la pianta riesce a fissare invece fino a circa il 60% dell'azoto necessario alla sua nutrizione. Esiste una eccellente correlazione tra attività fissatrice e il peso dei noduli e delle foglie. Se il sistema fogliare è ben sviluppato, la quantità di fotosintati prodotta è importante; questi ultimi forniscono le catene carboniose e l'energia necessarie alla formazione di numerosi noduli per una conseguente intensa azotofissazione.

---

Durante il ciclo vegetativo cambia notevolmente l'incidenza della massa fogliare sull'intera attività della pianta, ad esempio le foglie portate ai nodi inferiori ricevono meno luce ed hanno senza dubbio una sintesi di glucidi inferiore al consumo degli stessi. È anche possibile che lo sviluppo della massa vegetativa sia il risultato di una abbondante disponibilità di nitrato nel suolo che potrebbe aver inibito la nitrogenasi. Una fissazione elevata è certamente correlata ad una fotosintesi attiva, ma quest'ultima non può essere aumentata semplicemente con l'incremento della massa fogliare; un eccessivo sviluppo vegetativo non provoca necessariamente una fissazione più attiva. Inoltre uno sviluppo eccessivo comporta un elevato consumo idrico per traspirazione.

## **Influenza dei fattori ambientali.**

I fattori ambientali influenzano in modo diverso le due attività: assimilazione e fissazione dell'azoto. Inoltre l'apporto di concime azotato stimola l'assorbimento del nitrato e la sua riduzione nelle foglie e inibisce la fissazione dell'azoto atmosferico. Una temperatura elevata del terreno (superiore ai 35° per soia) può avere la stessa influenza. Numerose osservazioni effettuate in Paesi tropicali mostrano che la soia fissa male in annate siccitose.

---

Alcune prove sperimentali effettuate in ambienti caratterizzati da clima mediterraneo, hanno confermato che un severo deficit idrico inibisce più la fissazione che l'assimilazione del nitrato. A scopo sperimentale una vecchia varietà ("Hodgson", gruppo I di maturazione) ben adattata agli ambienti sudeuropei è stata coltivata sottoponendola a differenti regimi irrigui, in primo e secondo raccolto.

I trattamenti irrigui sono stati i seguenti:

- a) irrigazione prossima all'evapotraspirazione massima (ETM) con interventi ogni 10 giorni, cioè con 676 mm d'acqua complessiva (pioggia e irrigazione);
- b) irrigazione effettuata secondo il medesimo principio ma interrotta per 33 giorni, cioè con 457 mm d'acqua totale;
- c) stesso tipo d'irrigazione ma interrotta per 53 giorni cioè con 242 mm d'acqua totale.

---

Applicando un progressivo distanziamento tra gli apporti (trattamenti b e c) l'attività nitrato reductasica viene certamente perturbata, ma l'attività nitrogenasica lo è ancora più intensamente. Nel caso del distanziamento massimo (trattamento c) la soia si è sviluppata in prevalenza a spese dell'azoto del suolo, si è dunque impoverito il terreno in azoto e la fissazione appare più sensibile al deficit idrico. Per una stessa quantità d'acqua irrigua apportata, degli interventi troppo tardivi o troppo distanziati tra loro possono far diminuire la fissazione, specialmente nella coltura in semina ritardata. L'irrigazione gestita attraverso l'aiuto di tensiometri potrebbe consentire di mantenere l'attività fissatrice al suo massimo egualmente bene sia in coltura principale che in quella ritardata.

## **Conclusioni**

Le due vie della nutrizione azotata della soia, assimilazione dell'azoto dal suolo e fissazione dell'azoto atmosferico, sono al tempo stesso complementari e concorrenziali. Dopo una coltura depauperatrice (sorgo) una moderata disponibilità di azoto nel terreno è necessaria, specie all'inizio del ciclo, per nutrire la pianta prima che le nodosità si formino e si attivino; inoltre, questo moderato rifornimento favorisce lo sviluppo del sistema fogliare e delle stesse nodosità, dunque è vantaggioso alla produzione di granella e alla fissazione. Il nitrato permette di stabilizzare la resa in seme, limitandone le oscillazioni. Infine l'assimilazione di questo anione è necessario al raggiungimento di rese elevate.

Il nitrato appare dunque come l'indispensabile "motore dell'accrescimento".

In genere il terreno contiene sufficiente sostanza organica che mineralizza a primavera e un apporto complementare di azoto alla soia non è necessario. Ciò nonostante non sembra escluso a priori che un apporto azotato a fine accrescimento, cioè quando la fissazione biologica tende a scendere e quindi senza

eccessivo antagonismo tra N biologico e minerale, possa migliorare la resa e il contenuto di proteina del seme. Per contro una dose elevata di azoto non c'è dubbio che inibisce la fissazione ed è quindi inutile.

Vi è dunque interesse a favorire al massimo la fissazione che risulta gratuita per l'agricoltore e fornisce la maggior parte dell'azoto alla soia. Questo può essere ottenuto in particolare evitando accuratamente gli stress idrici. Sul piano microbiologico, l'inoculazione è indispensabile quando si coltiva soia per la prima volta. Gli inoculanti seguono delle norme di qualità tra le più severe. La fissazione potrà essere senza dubbio ancora migliorata grazie all'utilizzazione di associazioni *Bradyrhizobium*-soia più fissatrici, specialmente nei suoli ricchi in azoto. Vi è dunque la necessità di migliorare sia la capacità fissatrice del ceppo che della pianta posta in diverse condizioni ambientali e di risolvere il problema della competizione tra ceppi microbici diversi. Con le leguminose diminuisce il contributo dell'agricoltura all'effetto serra: - 0,2 tep/ha, - 600 kg/ha di CO<sub>2</sub>. Produzione e distribuzione degli azotati rappresentano il 20-30% dei costi energetici necessari alla normale coltivazione.

Alternando la leguminosa con i cereali si genera un positivo effetto di avvicendamento. La soia può precedere il grano tenero meglio che il mais (fumonisine) e seguire a molte altre colture. Gli effetti positivi di avvicendamento sono dovuti al tipo di sistema radicale (con noduli), all'azoto fissazione simbiotica e al relativo rilascio di azoto. Una varietà del gruppo I di maturazione può assimilare fino a 300-350 kg/ha di N (Fig. 11). Il 67% circa dell'N deriva da fissazione simbiotica e il 33% circa da assimilazione da radice. I 2/3 dell'N escono dal campo sotto forma di proteina grezza contenuta nella granella e solo 1/3 dell'azoto assimilato resta nel terreno sotto forma di residui colturali noduli radicali compresi. Tolate le perdite dovute alla denitrificazione e al dilavamento, di difficile quantificazione in quanto assai variabili nel tempo e nello spazio, solamente 50 Kg/ha di N restano disponibili per la coltura che segue nell'avvicendamento (grano tenero). Il grano colture può quindi diminuire di una pari quantità l'apporto di N con la concimazione minerale senza far variare significativamente la resa del frumento.



Fig. 9 – Noduli radicali su radice di soia e ARA test in ambiente controllato.

L'azoto fissato nei noduli è prodotto a "caro prezzo" e traslocato al baccello. Il processo di fissazione biologica risente della strategia di competizione con l'O<sub>2</sub> (pressione critica) e l'NO<sub>3</sub><sup>-</sup> presenti nel terreno. È noto che una maggiore efficienza di fissazione è legata soprattutto alla massa dei noduli e meno al loro numero, oltre che alla loro permeabilità ai gas atmosferici. Pertanto la tecnica colturale

non deve trascurare gli effetti che le lavorazioni del terreno esercitano sulla sua porosità; sono da evitare un eccessivo compattamento e il ristagno superficiale, condizioni che rendono il terreno asfittico e gli eccessi di azoto.

Due fasi del ciclo colturale sono fondamentali per l'accumulo proteico nel seme lo sviluppo e il buon funzionamento delle strutture partecipanti alla sintesi proteica: noduli radicali e apparato fogliare soprattutto. Durante il riempimento del seme avviene il trasferimento dei composti azotati (ureidi). Di norma un regolare svolgimento della prima fase comporta una simbiosi efficiente.

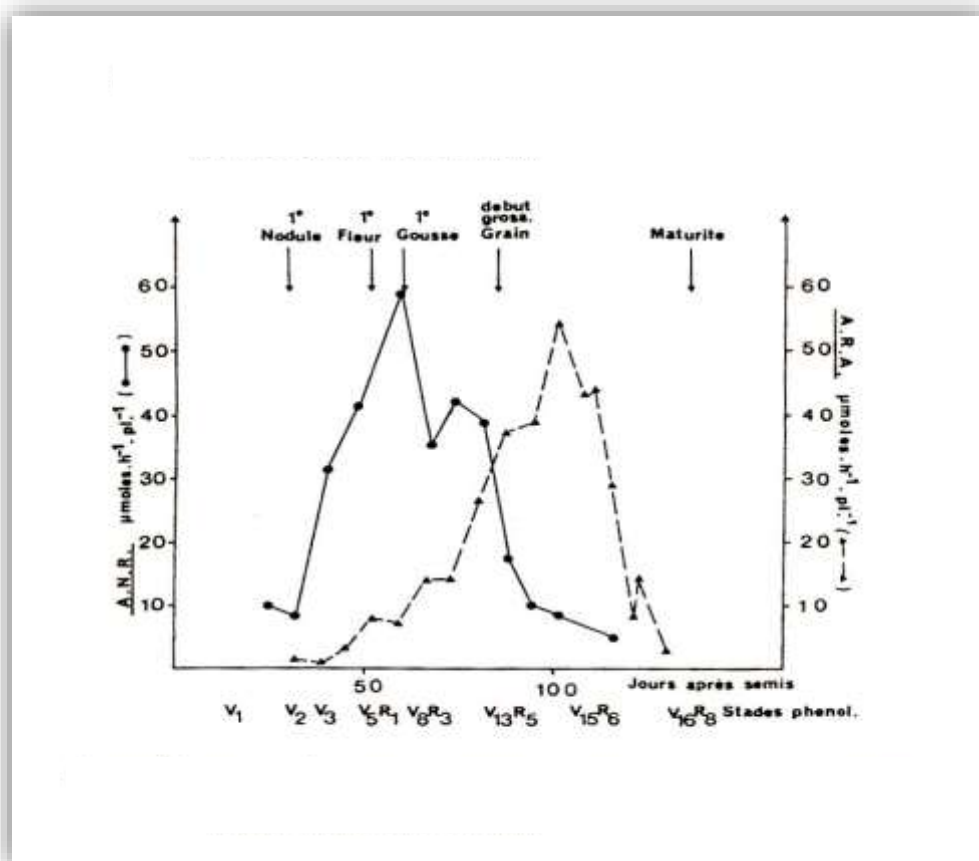


Fig. 10 – Attività nitrato-reduttasica e nitrogenasica di soia coltivata in pieno campo ( Obaton et al., 1983).

L'attività nitrato-reduttasica si attiva ben prima di quella nitrogenasica dato che i rizobi innanzitutto devono formare il filo d'infezione e penetrare nel pelo radicale di soia. I due picchi di attività appaiono distanziati tra loro, il primo si raggiunge alla formazione del 1° baccello e il secondo durante la fase di ingrossamento dei semi. Tra queste due fasi fondamentali per la pianta sembra mancare il supporto del rifornimento in N, in realtà parallelamente avviene il trasferimento delle ureidi neoformate.

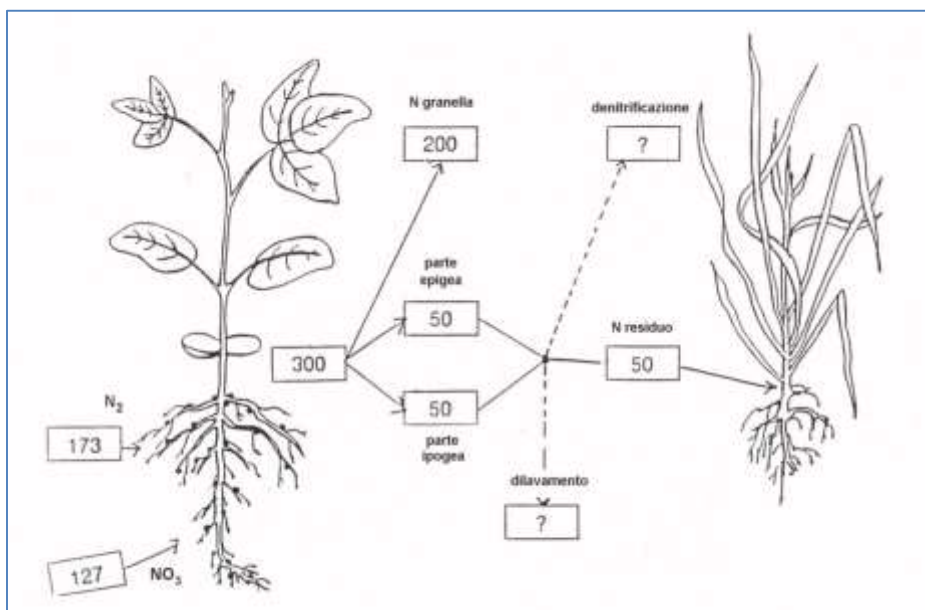


Fig. 11 - Bilancio dell'N nell'avvicendamento biennale: soia-grano tenero.

Una coltura di soia può assimilare nel complesso circa 300 kg/ha di azoto di cui 173 tramite la fissazione e 127 da radice. Di questa importante quantità totale circa 200 unità escono dal campo con la granella raccolta e 100 kg/ha rimangono nel terreno di cui 50 rinserrati nei residui colturali rappresentati dalla parte aerea e altri 50 nella parte ipogea. Com'è noto nel terreno possono attivarsi due importanti processi di perdita dell'azoto: il dilavamento orientato verso gli strati più profondi e la denitrificazione che provoca delle perdite destinate ad evolvere verso l'atmosfera. I due interrogativi sono giustificati dal fatto che i probabili valori sono molto variabili in dipendenza di numerosi fattori ambientali quali la temperatura e l'umidità. Da ripetute prove sperimentali è emerso che il rilascio finale d'azoto a favore della coltura che segue ammonta a circa 50 kg/ha. Dunque in successione a soia è preferibile il frumento piuttosto che il mais, vista la disparità di esigenze tra i due cereali. Il granicoltore può diminuire di una cinquantina di chilogrammi la quantità di azoto da apportare al suo grano attendendo che la resa non vari rispetto al medesimo grano in successione ad altra coltura, diversa dalla leguminosa, concimato normalmente.

## USI TRADIZIONALI E NUOVE UTILIZZAZIONI

La recente e continua evoluzione del mercato dei prodotti agricoli ha evidenziato i limiti allo sviluppo dei tradizionali sbocchi delle più importanti colture. In questo ambito una nuova opportunità è offerta dalle utilizzazioni non alimentari. Infatti, come accade ormai da tempo negli USA, accanto agli oli classici di colza e girasole, l'olio di soia può essere destinato sia alla produzione di bioenergia, dopo esterificazione, che alla utilizzazione come olio grezzo per impianti di microgenerazione a livello aziendale. A più riprese la soia è stata studiata anche come foraggera (Toniolo et al., 1987; Andrighetto et al., 1992) per la produzione di insilati misti con mais trinciato integrale, fornendo, anche in questo caso, dei risultati interessanti a patto di scegliere varietà ad accrescimento sincrono con le esigenze del cereale estivo. Nella soia tuttavia sono presenti altri composti che hanno, al contrario, un effetto negativo sul metabolismo animale, quali gli inibitori della tripsina. Queste sostanze termolabili, rese normalmente inattive con trattamento termico, sono presenti nel seme, in particolare nel germe e nei cotiledoni, nonché in tutti i prodotti precedentemente illustrati, con concentrazione diversa in funzione del tipo di lavorazione.

La recente e continua evoluzione del mercato dei prodotti agricoli ha evidenziato i limiti allo sviluppo dei tradizionali sbocchi delle più importanti colture. In questo ambito una nuova opportunità è offerta dalle utilizzazioni non alimentari. Si tratta di sbocchi innovativi per materie prime, sia tradizionali che di nuova costituzione, particolarmente interessanti in quanto possono rappresentare una valida risposta ai problemi economici delle imprese agricole. Infatti, in questi ultimi anni, il comparto “*no food*”, rappresentato essenzialmente dai derivati degli amidi, dalla bioenergia, dagli oli tecnici, dalle fibre e cellulose, dai coloranti naturali e da alcuni prodotti per la cosmesi e la farmaceutica, è stato interessato da un notevole progresso tecnologico che ha significativamente migliorato i rendimenti, con conseguente riduzione dei costi. Per contro le destinazioni non alimentari hanno subito una cospicua rivalutazione da parte del mercato per cui oggi i prezzi appaiono più competitivi rispetto a quelli dei prodotti convenzionali di origine non agricola. D’altro canto lo sviluppo di queste nuove filiere produttive è sostenuto dalla politica nazionale e comunitaria, oltre che per i riflessi occupazionali del settore primario e per la valenza ambientale che queste esprimono. L’elevato contributo alla sostenibilità ambientale dello sviluppo economico è caratteristica peculiare di queste innovazioni basate sulla rinnovabilità e biodegradabilità dei loro prodotti.

Consapevole del nuovo ed importante ruolo che queste soluzioni produttive rappresentano nell’attuale panorama economico e nello scenario di medio-lungo termine, la ricerca pubblica nazionale ha ritenuto indispensabile aderire e partecipare attivamente alla realizzazione dei vari Progetti che l’UE e l’allora Ministero dell’Agricoltura hanno finanziato in tre recenti decenni (EUROBIODIESEL, Oleaginose, PRISCA, TISEN, BIOENERGIE, BIOSEA).

## **PROFILI NUTRIZIONALI E SEMAFORI**

Tempo fa il Parlamento Europeo ha chiaramente espresso, a larghissima maggioranza, la sua contrarietà alla creazione da parte della Commissione Europea dei profili nutrizionali, previsti dal regolamento europeo sulle indicazioni nutrizionali e salutistiche degli alimenti (1). Questa decisione è stata interpretata in molti ambiti e soprattutto in Italia come un rifiuto degli ormai famosi semafori inglesi che costituiscono una loro applicazione diretta. E' stato dimostrato che i semafori danneggiano, svilendone la qualità, i migliori prodotti agroalimentari italiani ed europei (DOP e IGP in particolare) in vendita nel Regno Unito. In realtà il Parlamento ha voluto riconoscere lo scarso fondamento scientifico dei profili nutrizionali per risolvere i problemi crescenti di obesità, ribadendo così un giudizio già espresso dall' EFSA ( Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare ) nel 2008. In aggiunta, ha ugualmente rigettato il sistema dei semafori, nel quadro della revisione della legislazione europea, giudicandolo come sproporzionato in termini di costi/benefici. E' quantomeno evidente che, attribuire caratteristiche benefiche o nefaste a questo o quell'alimento, ovvero a uno o più dei suoi componenti, senza tener conto delle quantità delle porzioni, della loro incidenza nella dieta complessiva, della frequenza delle occasioni di consumo e della presenza eventuale di patologie, non ha forte valenza scientifica. L' approccio perseguito dai profili britannici, oltre a demonizzare gli alimenti ad alta concentrazione di nutrienti (e quindi i migliori da un punto di vista nutrizionale), avrebbe l'effetto perverso di valorizzare proprio gli alimenti poveri o poverissimi di nutrienti. A titolo di esempio, nel sistema dei semafori inglesi il latte intero, l'olio di oliva e quasi tutti i formaggi sono fortemente sconsigliati mentre i prodotti di sostituzione, impoveriti o addirittura privi di quasi tutti i nutrienti, come le bevande dietetiche e i prodotti "light" o "senza ..." risultano fortemente consigliati. Sulla decisione del Parlamento Europeo hanno fortemente influito gli effetti che il sistema britannico produce, specialmente a livello commerciale, effetti che da più di un anno sono sottoposti all'esame critico della Commissione di Bruxelles; come pure l'esistenza,

dal 2011, di un regolamento specifico per l'etichettatura degli alimenti, che già fornisce in dettaglio, tutte le informazioni necessarie al consumatore per orientare le proprie scelte. Sulla scena globale rimangono certo alcuni "scontenti" di questa decisione e fra questi è bene ricordare quei paesi che per favorire loro prodotti o loro distributori, ovvero per beneficiare di entrate finanziarie supplementari, hanno fatto ricorso o hanno l'intenzione di ricorrere a tasse e accise, limitazioni alla commercializzazione o alla pubblicità di alimenti basandosi su vari sistemi di profilatura nutrizionale che alla fine alterano la leale concorrenza. Una corretta alimentazione dipende essenzialmente da due fattori principali: la quantità di cibo assunta dall'organismo e l'equilibrio fra le qualità dei nutrienti ingeriti che, per i due fattori, devono essere in relazione al reale fabbisogno individuale di uomini e donne tenendo conto del livello di attività fisica, della presenza di stati patologici o della necessità di prevenzione degli stessi. Oggi è facile constatare che quasi nulla si fa per la limitare le quantità di cibo assunto, anche in relazione al ridotto dispendio di energie dei nostri tempi, cosa che invece dovrebbe essere la principale preoccupazione per il controllo dell'obesità e di altre situazioni patologiche. Al contrario, per quanto riguarda la tipologia dei cibi, si osservano incontrollati ed eccessivi fenomeni di comunicazione, soprattutto nei nuovi media, che discettano con scarsa evidenza scientifica sulla qualità degli stessi, con la demonizzazione di nutrienti essenziali e la promozione di altri che lo sono meno e che comunque si distanziano da una sana alimentazione che deve essere varia ed equilibrata. Non va infine dimenticato che questo equilibrio va tarato da esperti, sulla base della situazione individuale di ciascuno di noi. Per la buona salute di tutti e per evitare molte delle derive mediatiche cui stiamo assistendo, è indispensabile rilanciare con vigore una corretta educazione alimentare e un corretto stile di vita, sin dalla più tenera età, soprattutto nella scuola, creando così una base di fondate informazioni che portino ogni cittadino a distinguere fra messaggi corretti e messaggi bassamente interessati.

(1) regolamento 1924/2006

(2) regolamento 1169/2011

## **FONTI BIBLIOGRAFICHE**

Eldrige AC, Kwolek F., 1983. Soybean isoflavones : effect of environment and variety on composition. *J. Agric. Food Chem.*, 31 : 394-396.

Toniolo L., Sattin M., Mosca G., 1987. Soybean-maize intercropping for forage. *Eurosoya* 5, 73-78.

Andrighetto I., Mosca G., Cozzi G., Berzagli P., 1992. Maize-soybean intercropping: Effect of different variety and sowing density of the legume on forage and silage quality. *J. Agronomy and Crop Science*, 168, 354-360.

Thomas R. Sinclair, 1994. Limits to crop yield? In *Physiology and Determination of Crop Yield*, Book Editor(s):

K. J. Boote, J. M. Bennett, T. R. Sinclair, G. M. Paulsen, cap. 19, 509-532.

Tsukamoto C., Shimada S., Igita K., Kudou S., Kokubun M., Okubo K., Kitamura K., 1995. Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development. *J Agr. Food Chem.*, 01 May 1995, 43(5):1184-1192.

Daydé J., 1999. Breeding of soybeans for improved proteins for human nutrition. OCL-Oleagineux, Corps Gras, Lipides. 6(6): 509-512

Barion G., Hewidy M., Mosca G., Vamerli T., 2010. Intraspecific variability for soybean cotyledon isoflavones in different cropping and soil conditions. Eur. J. Agr., 33: 63-73.

Takuji O., Hiroyuki F., Hiroyuki Y., Sayuri T., Shinji I., Takashi S., Toshikazu N., Norikuni O., Kuni S., Satomi I., Shu F., 2011. Effect of Nitrate on Nodulation and Nitrogen Fixation of Soybean. In book: Soybean Phys. Bioch., 17, 333-364.

Vamerli T., Barion G., Hewidy M., Mosca G., 2012. Soybean isoflavone patterns in main stem and branches as affected by water and nitrogen supply. Eur. J. Agr., 41: 1-10.

Tessari P., Lante A., Mosca G., 2016. Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? Scientific Reports, vol. 6: 26074.

### **Altre fonti**

Centro studi di Confagricoltura

Commissione Europea, <https://ec.europa.eu> , <https://cordis.europa.eu>. <https://ec.europa.eu/eurostat>

EC (2020), EU agricultural outlook for markets, income and environment, 2020-2030.

Commissione Europea, Relazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo sullo sviluppo delle proteine vegetali nell'Unione Europea, 2018

European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels.

Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, Ministero delle Politiche Agricole Forestali e Alimentari, Regione Emilia-Romagna. Azioni di innovazione e ricerca a supporto del piano proteine vegetali, 2008

Areté srl, Bologna

[www.fao.org](http://www.fao.org)

[www.dati.istat.it](http://www.dati.istat.it)

<https://fediol.eu>

Veneto Agricoltura, Utilizzo della soia integrale cruda (...), 2008

[www.airc.it](http://www.airc.it)

[www.assalzo.it](http://www.assalzo.it)

[www.fefac.eu](http://www.fefac.eu)

[www.usda.com](http://www.usda.com)

**ALLEGATO IMMAGINI**





Fig. 12 – Pianta di cece in fase di riempimento semi (sx) e a maturazione (dx). Noduli radicali su radice.



Fig. 13 – Fagiolo: fase riempimento baccelli.



Fig. 14 – Fava in piena fioritura, baccelli e semi.



Fig. 15 – Vari tipi di seme di lenticchia di diverse dimensioni e colore.



Fig.16 – Pianta di pisello a inizio fioritura e forma con foglioline parzialmente metamorfosate in cirri.



Fig. 17 – Pianta di arachide. Fiore colorato e baccelli portati su lunghi ginofori (specie geocarpica obbligata). Noduli radicali su radice.





Fig. 18 – Varietà di soia di gruppo 00 (sx), di gruppo 0 e di gruppo di maturazione I (dx).  
Al diminuire della precocità aumenta la statura della pianta.



Fig. 19 – Il seme di soia può assumere dimensione e colorazione assai diversi a seconda della varietà e della provenienza.

Fig. 20 - Trattamento aereo con antiparassitari su coltivazione di soia (mese di giugno) nell'Azienda agraria Open Ground Farms in North Carolina (USA) (by Gruppo Ferruzzi, 1985).



Fig. 21 – Confronto varietale di lupino bianco (sx) e piante a fine riempimento dei baccelli (eretti).