



Nuovi modelli di pianta in risposta ai nuovi scenari colturali



Paolo Ranalli, CRA-Roma

Pierdomenico Perata, Scuola Superiore S. Anna, Pisa


Francesco Salamini, Fondazione E. Mach, S. Michele all'Adige-TN

Forum "Agricoltura, Alimentazione e Salute", Bologna 21 febbraio 2013





“Il cibo è la base dello sviluppo culturale ed umano delle comunità. Fame ed insicurezza alimentare sono i peggiori nemici della pace” (George Marshall, 1952)



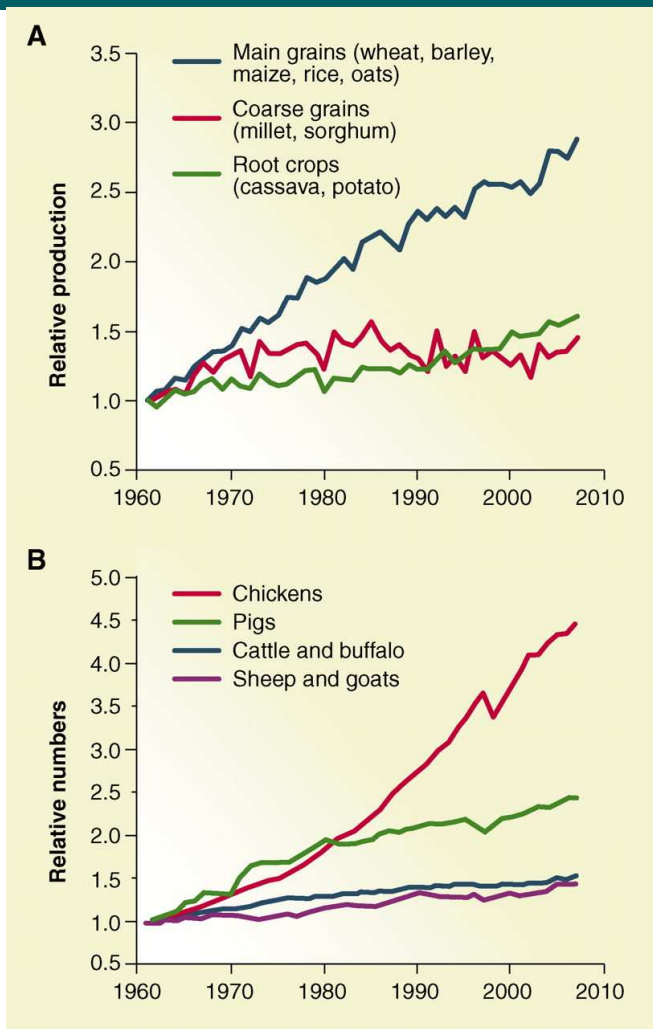
Situazione attuale e nuovi scenari (Stime FAO, 2006)

- Nel 2050: stabilizzazione della popolazione mondiale intorno ai 9.5 miliardi di abitanti, contro i 7 attuali.
- La domanda di cibo dovrebbe aumentare del 70% dal 2006 al 2050 e la composizione della domanda dovrebbe spostarsi verso cibi di origine animale.
- Nel 2000, le calorie consumate nei paesi in via di sviluppo provenivano per il 56% da cereali e per il 20% da carne, latte e oli vegetali.
- Nel 2050, il contributo dei cereali dovrebbe ridursi al 46% e quello di carne, latte e oli vegetali dovrebbe salire al 29%.

Il contesto

- Il raddoppio della produzione di derrate agricole negli ultimi 50 anni (*rivoluzione verde*) è stato reso possibile da:
 - sviluppo di cultivar/ibridi più produttive/i
 - impiego sempre maggiore della meccanizzazione
 - ricorso massiccio ai presidi chimici ed ai concimi: incremento di 6 volte il consumo di azoto, 3.5 volte quello di fosforo,
 - aumento (1.7 volte) di aree irrigue
 - aumento del 10% delle terre arate


Changes in the relative global production of crops and animals since 1961 (when relative production scaled to 1 in 1961).



H C J Godfray et al. Science 2010;327:812-818



La sfida

- 
- Sicurezza alimentare (*food security*): disponibilità di cibo per tutti
 - Alimenti sani (*food safety*): qualità e salubrità degli alimenti richieste dai consumatori

Tali esigenze si declinano nel nuovo paradigma:

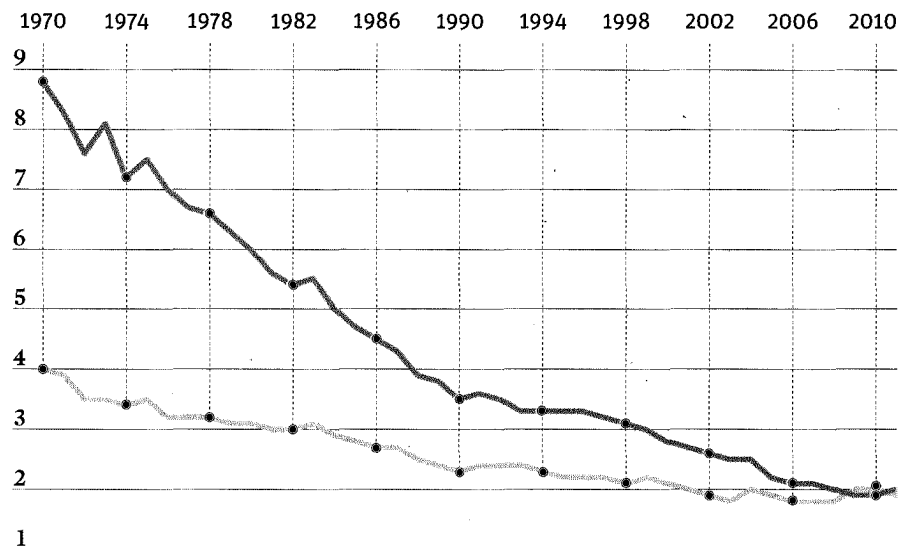
“Sviluppo di nuovi sistemi agricoli intensivi e, nonostante questo, sostenibili”



LE QUOTE DELL'AGRICOLTURA NEL PIL

Dal 1970 al 2011

— a prezzi correnti — a prezzi costanti



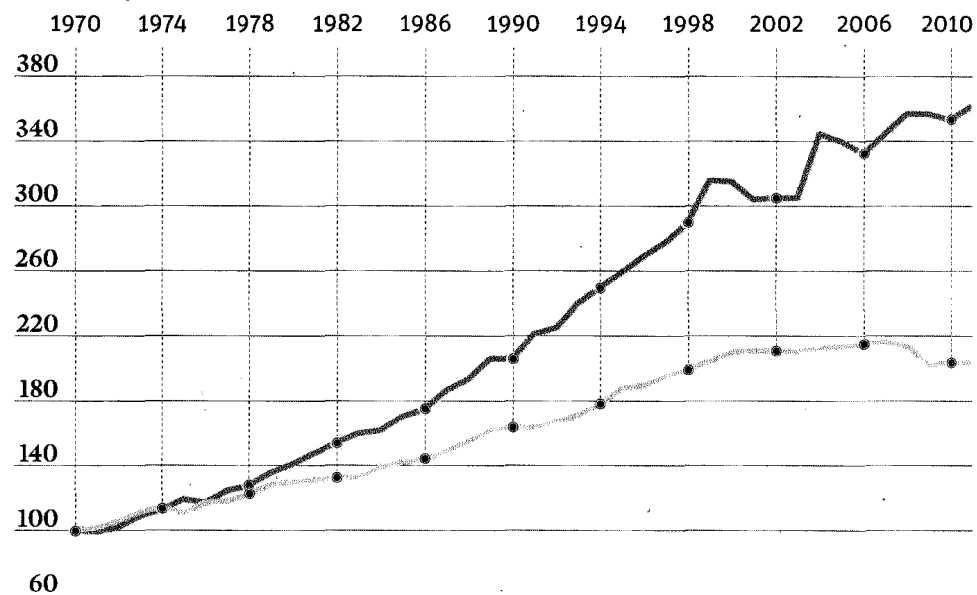
Fonte: elaborazione del Sole 24 Ore su dati Istat



LA PRODUTTIVITÀ IN AGRICOLTURA E NELL'INTERA ECONOMIA

Base indici 1970 = 100

— Agricoltura — Economia



Fonte: elaborazione del Sole 24 Ore su dati Istat



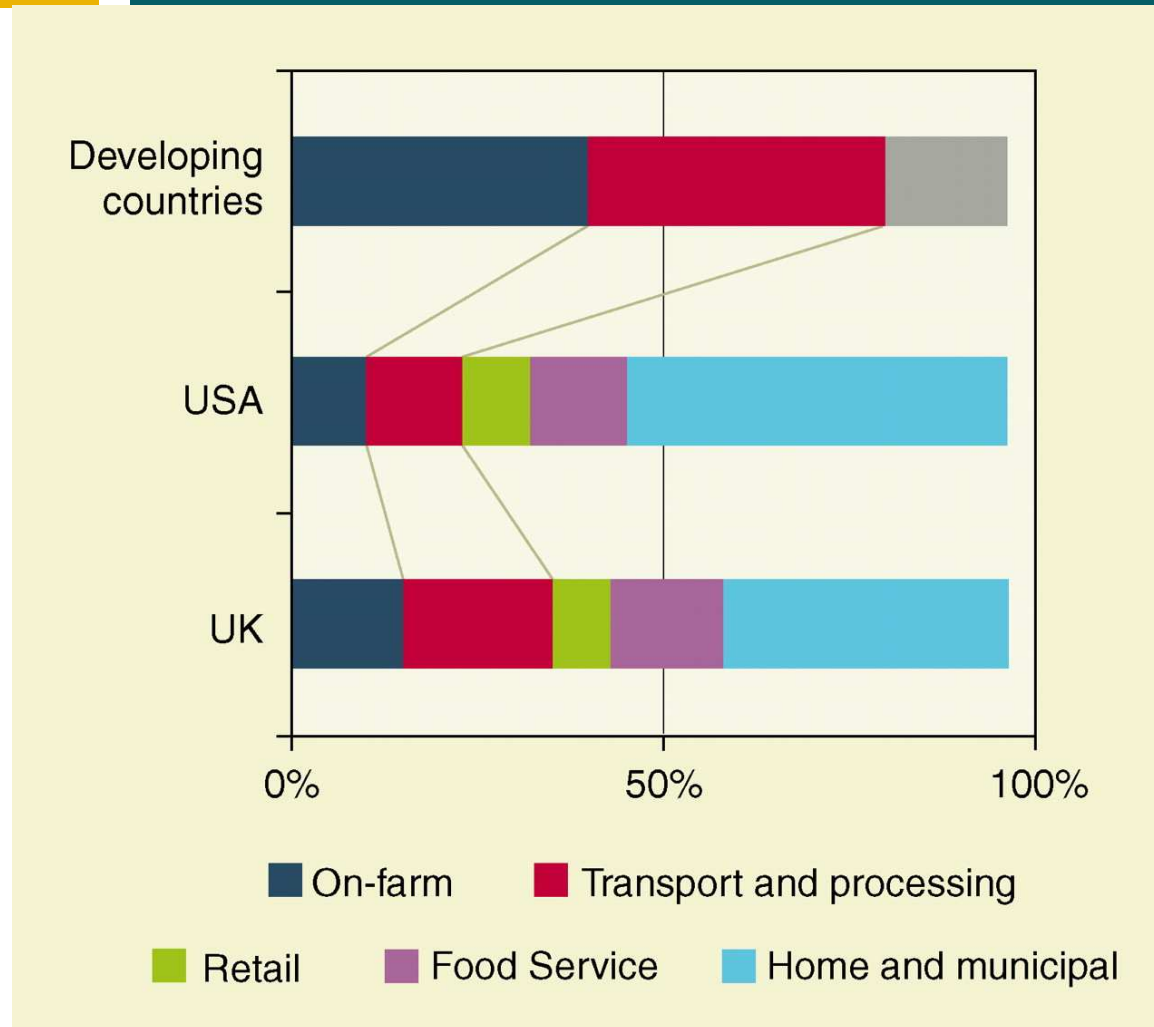
Obiettivi operativi

- Tutelare i suoli agricoli da degrado, urbanizzazione e desertificazione
- Utilizzare razionalmente le risorse idriche

Promuovere:

- la costituzione di nuove varietà vegetali più adatte all'ambiente, più produttive e di qualità più elevata;
- le agrotecniche a basso impatto ambientale per una agricoltura di precisione (semina su sodo, minima lavorazione, tecniche di aridocoltura e tecniche di difesa integrata);
- la diffusione delle moderne tecniche di conservazione dei prodotti agricoli: nei paesi in via di sviluppo quote troppo elevate di derrate alimentari vanno perdute per attacchi di muffe o parassiti animali (insetti, ecc.)
- la divulgazione/trasferimento delle nuove tecnologie tramite l'assistenza tecnica agli agricoltori ed agli altri attori delle filiere agro-alimentari

Makeup of total food waste in developed and developing countries.



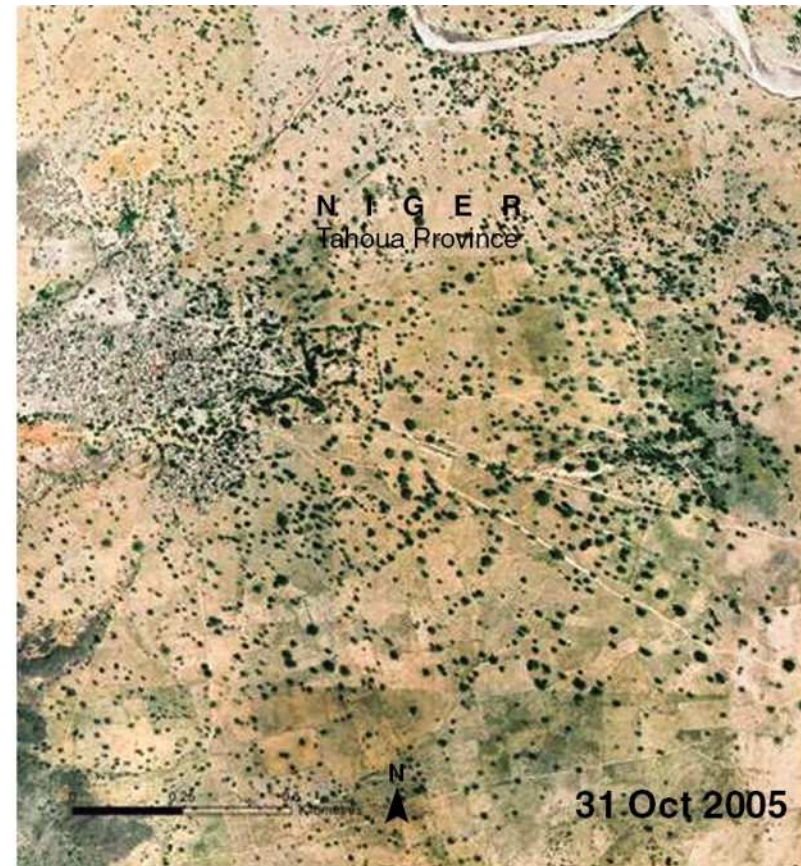
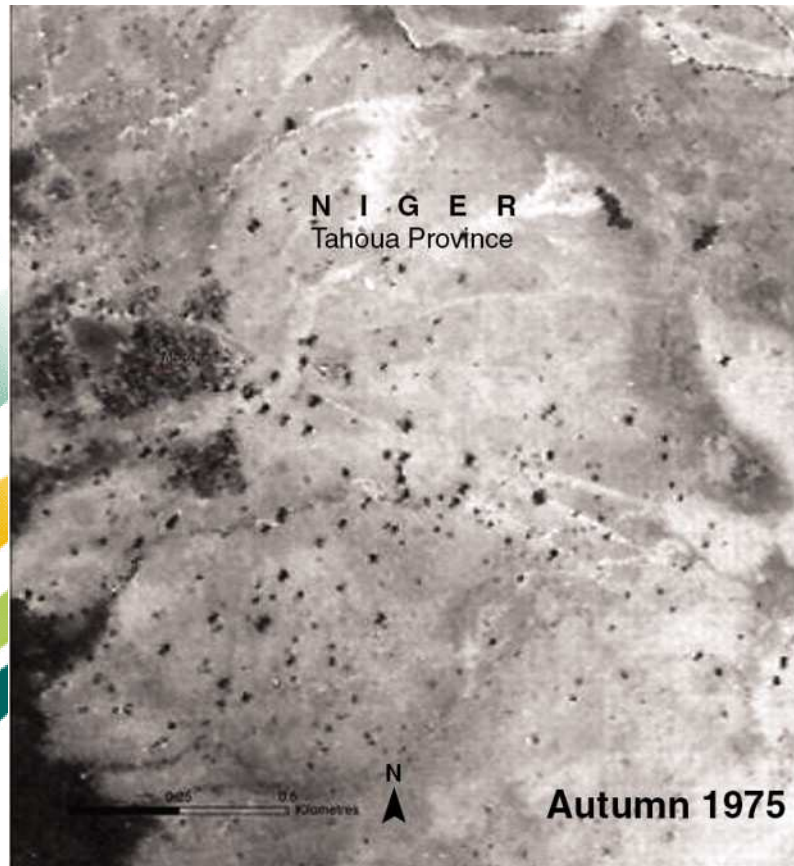
H C J Godfray et al. Science 2010;327:812-818

Sostenibilità dell'agricoltura

Un raddoppio della produzione richiederà:

- 2-3 volte più azoto
- Raddoppio delle terre irrigate
- Intensificazione agricola → impatti negativi sugli ecosistemi naturali non agricoli (terrestri e acquatici) → urgente bisogno di sviluppare pratiche agricole più efficienti e sostenibili

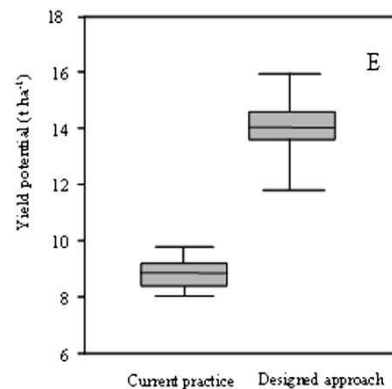
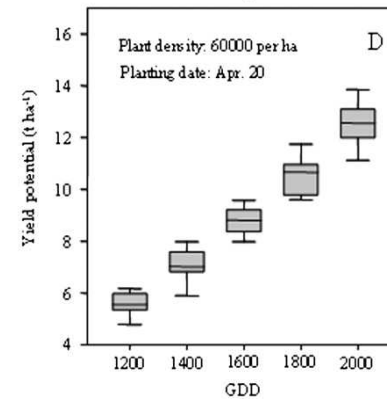
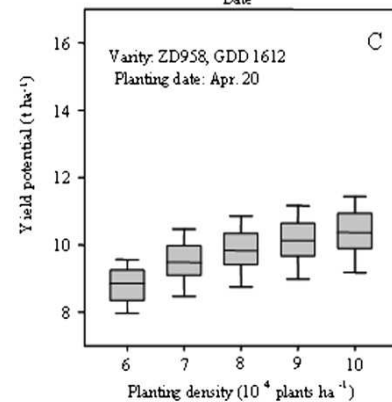
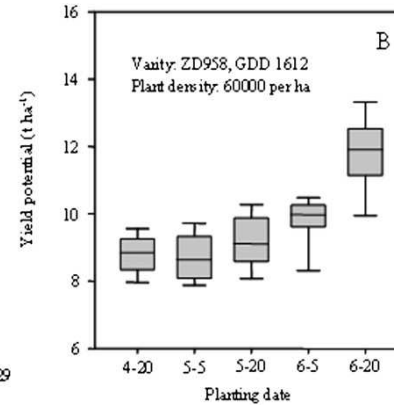
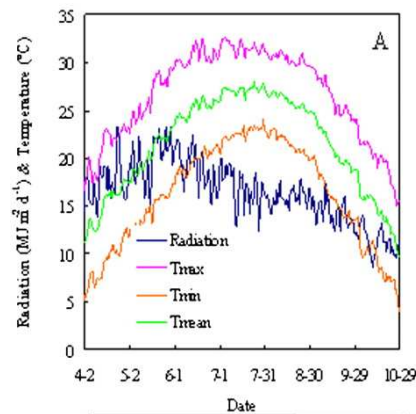
Un esempio di maggiore successo di recupero di terreni degradati attraverso tecniche sostenibili



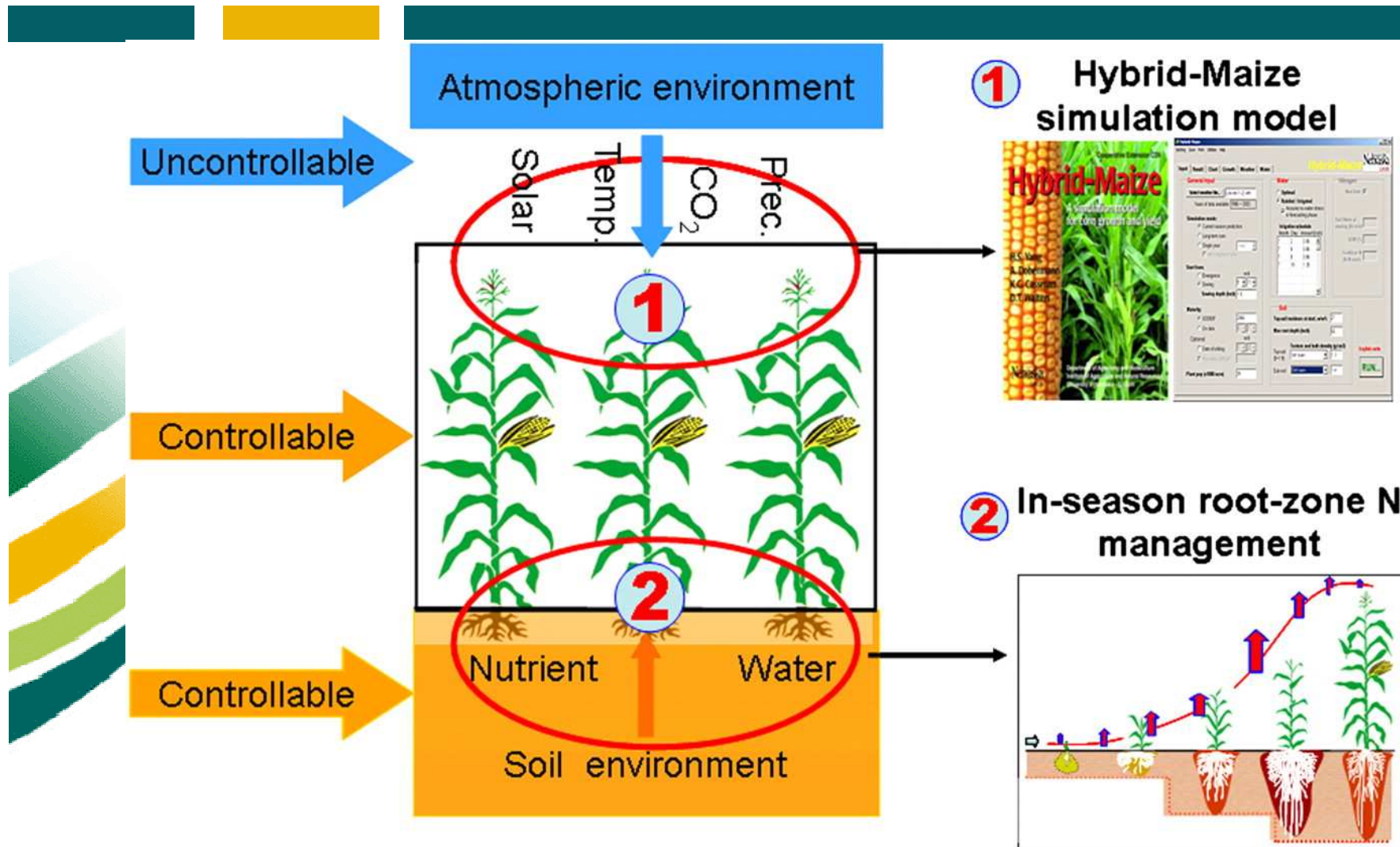
H C J Godfray et al. Science 2010;327:812-818



Design of a highly productive cropping system for spring maize in a site near Beijing, China, using the Hybrid-Maize model (Chen et al., 2011)

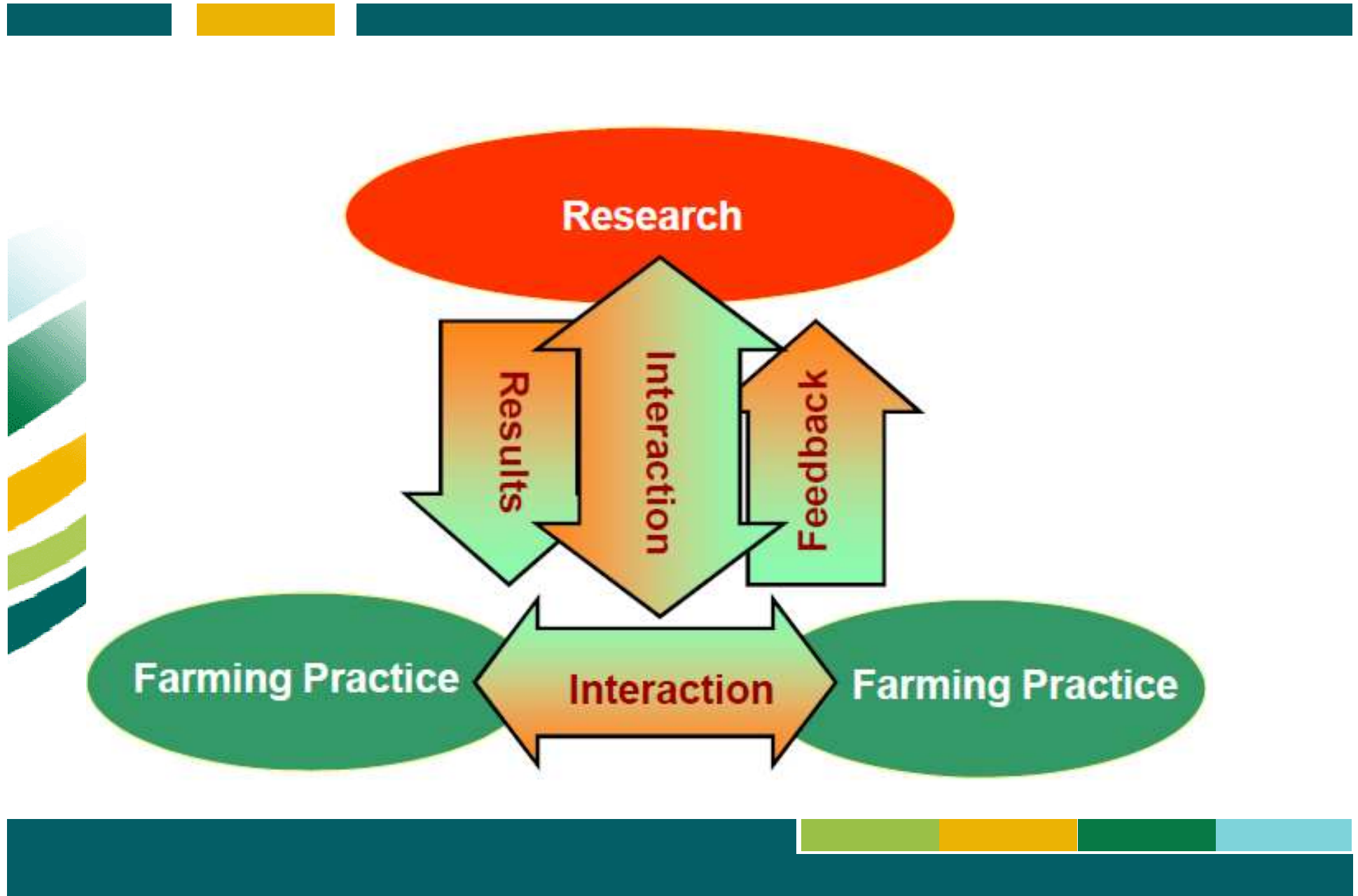


Conceptual framework for the ISSM approach (Integrated Soil-crop System Management).



Chen X et al. PNAS 2011;108:6399-6404

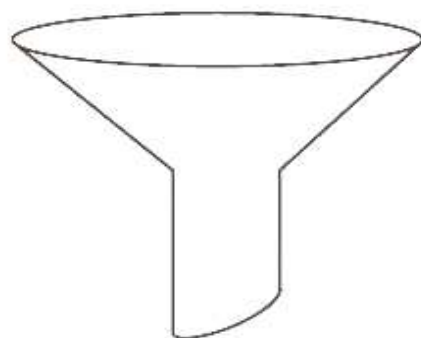
Agricultural Productivity and Sustainability (EPSO News N° 29/February 2013)



Le basi scientifiche dell'agronomia (Salamini & Ederle, 2009)



OSSERVAZIONI
SPERIMENTALI- EMPIRICHE

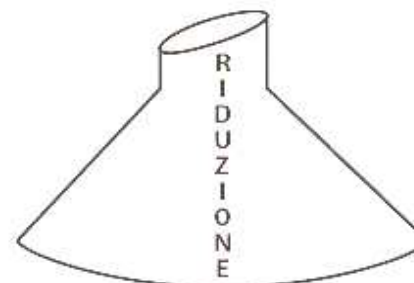


MODELLO
OLISTICO

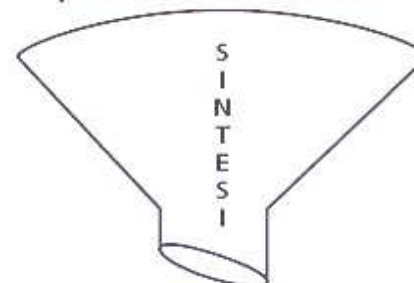


APPLICAZIONE

DNA



Genomi - geni - nucleotidi
proteine - interazioni




MODELLO
MECCANICISTICO



APPLICAZIONE



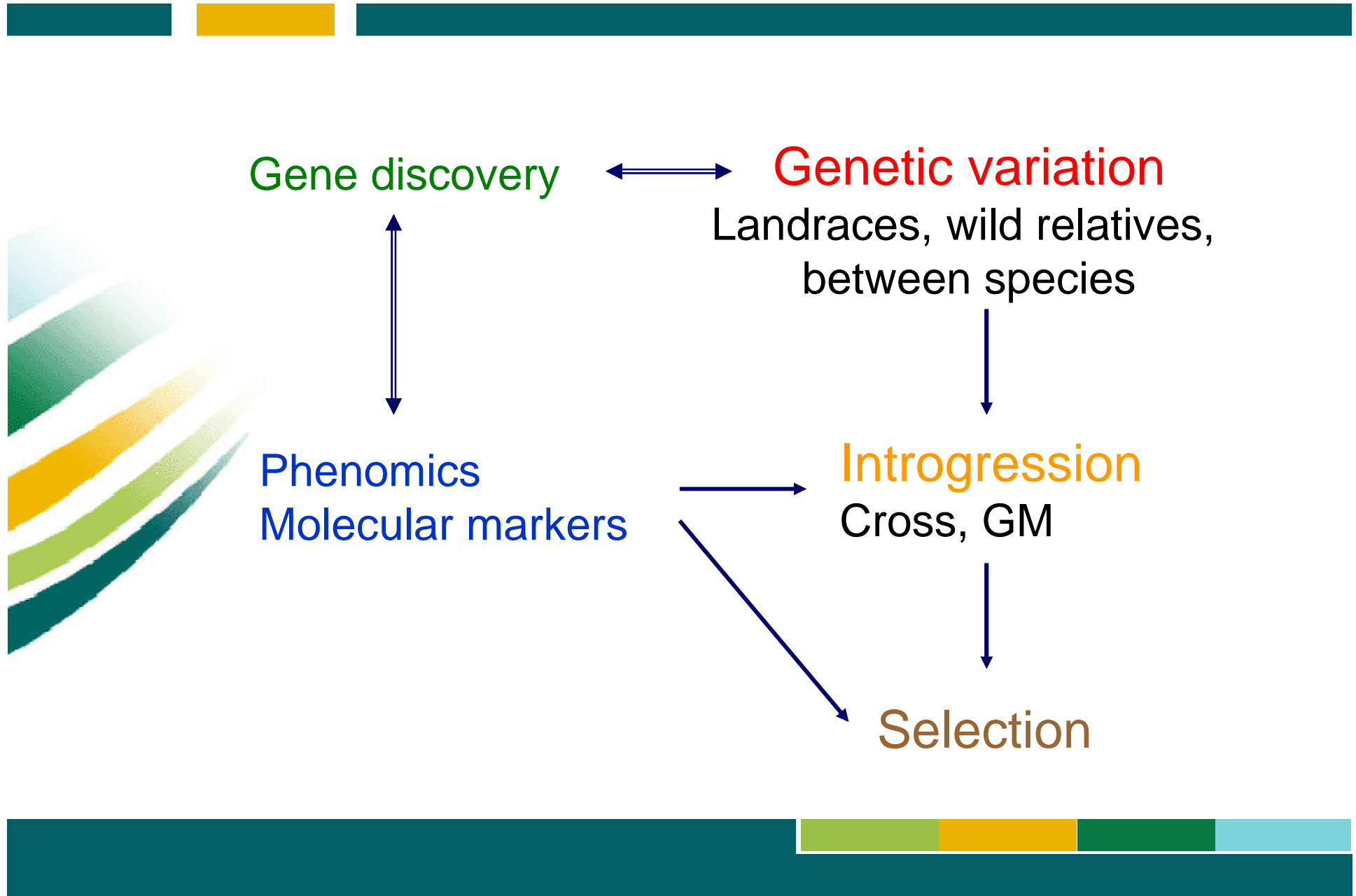
I caratteri della pianta per l'agricoltura sostenibile

- 
- Biomassa e fotosintesi
 - Eterosi e apomissia
 - Autoprotezione da malattie e insetti
 - Resistenza agli stress abiotici
 - Perennialismo
 - Uptake apparato radicale
 - Simbiosi micorrizica

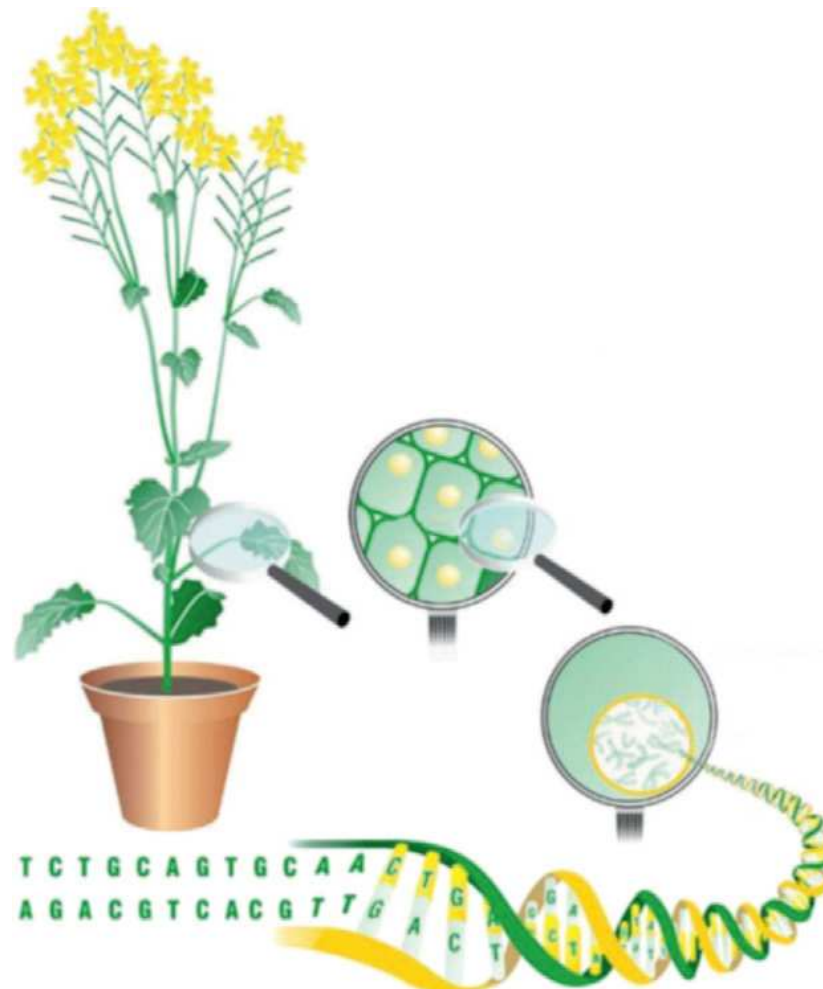
L'arsenale metodologico

- 
- **Piattaforme tecnologiche:** basate su impiego di tecnologie biomolecolari di frontiera (microarrays, AFLP, SNPs, marcatori molecolari, sistemi di proteomica)
 - **Tecnologie degli RNA di piccole dimensioni (silenziamento genico):** RNA che contengono 19-27 nucleotidi e regolano negativamente diversi caratteri dello sviluppo delle piante (posizione delle foglie, attacchi di insetti dannosi, resistenza agli stress abiotici (Hillbricht et al., 2008))
 - **Metodologie di genetica inversa:** TILLING, oligonucleotid-directed mutagenesis (ODM)
 - **Transgenosi**
 - **Cis-genosi and intragenosi**
 - **Grafting on genetically modified (GM) rootstock**
 - **Zing-finger nuclease (ZFN) technology**

Plant breeding strategies



Fenomica



Piattaforma che consente di rilevare, in maniera automatizzata, parametri morfologici della pianta (architettura, lunghezza e ampiezza degli internodi e delle foglie, angolatura fogliare, contenuto in clorofilla delle foglie, posizione, lunghezza, area e orientamento delle radici). L'alimentazione delle camere di acquisizione delle immagini avviene in maniera completamente automatizzata

FIGURA 2 - Esempio di immagine scattata nel vicino infrarosso (NIR) su pomodoro per valutare situazioni di stress idrico

Immagine originale

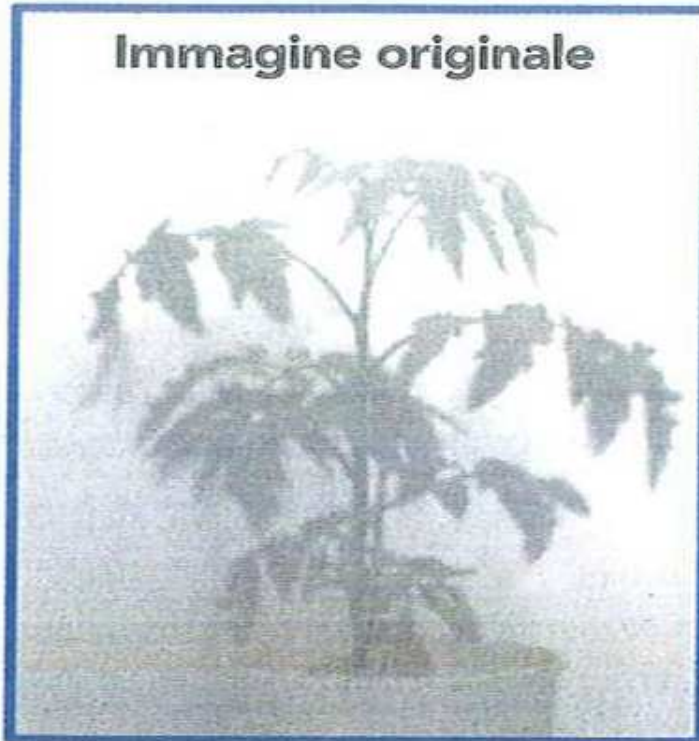
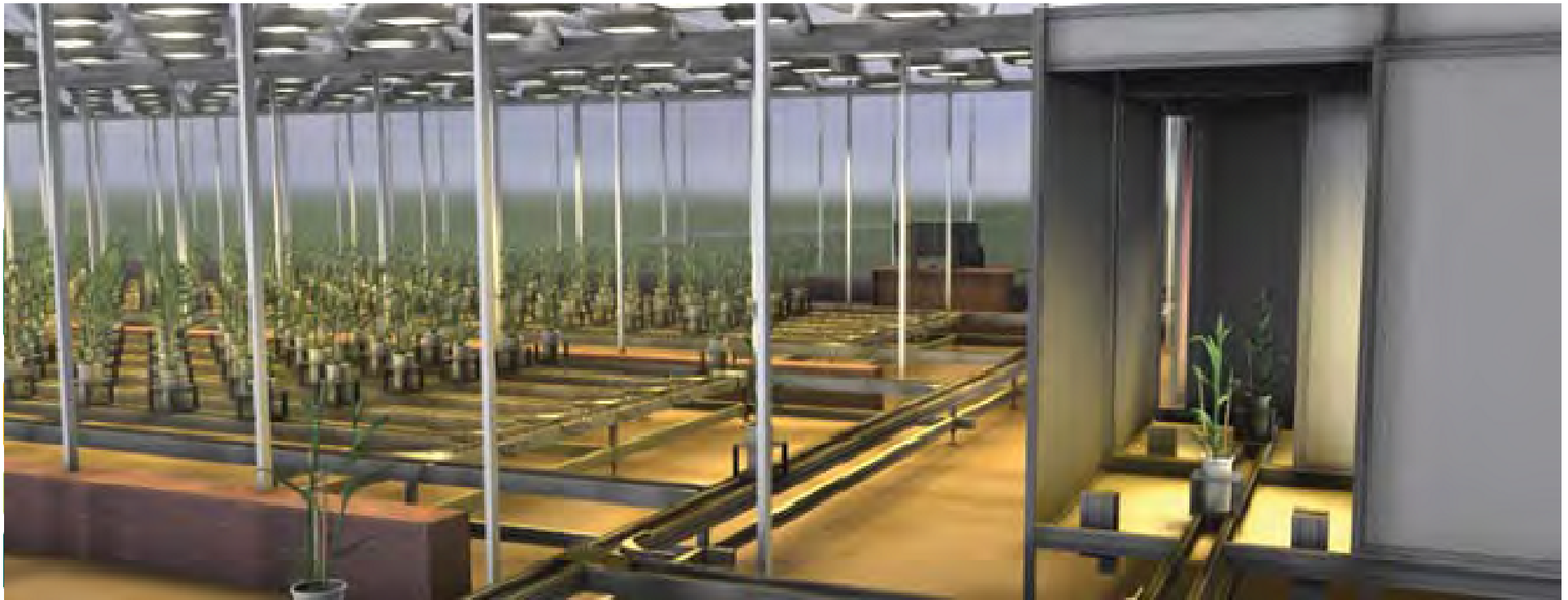


Immagine con i falsi colori



Foto: Petrozza A. e Summerer S.

Le zone blu indicano aree caratterizzate da un maggiore contenuto idrico rispetto alle aree azzurre e verdi.



Expanding the Germplasm Base for Plant Breeding

The success of plant breeding over the past century has been associated with a **narrowing of the available genetic diversity** within elite germplasm, particularly for some species (i.e. peanut, soybean, etc.)

New sources of variation

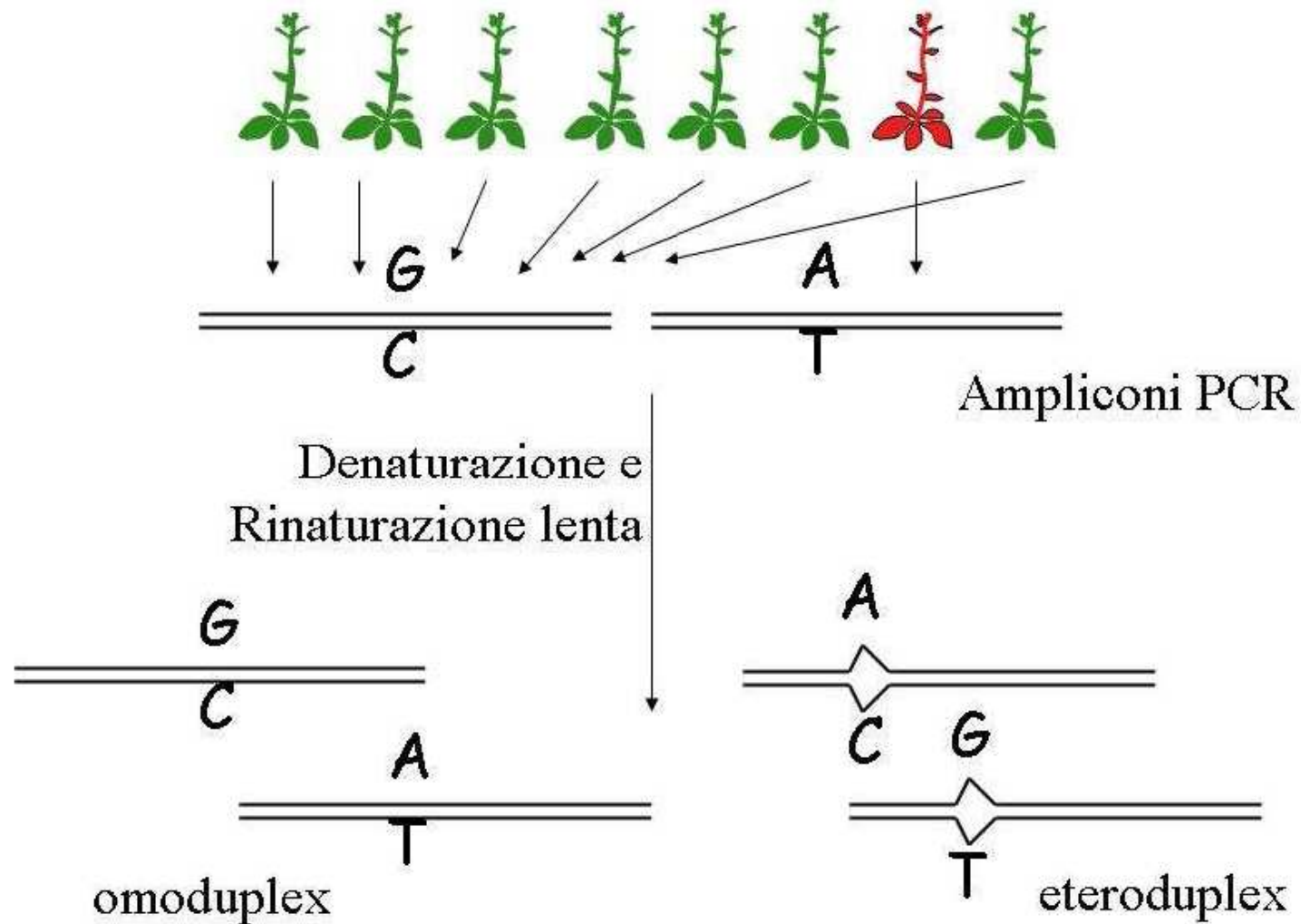
- landraces
- wild relatives of crop species
- Induced mutations
- TILLING
- oligonucleotid-directed mutagenesis (ODM)

TILLING

(Targeting Induced Local Lesions IN Genomes)

- Permette di generare mutazioni a un gene di interesse, senza dover ricorrere all'analisi di famiglie mutagenizzate
- La tecnologia richiede la conoscenza preliminare della sequenza del gene di interesse: permette l'uso di oligonucleotidi gene-specifici utilizzati per amplificarli via PCR.
- La tecnologia è particolarmente utile negli studi di associazione di geni di interesse alla loro funzione in pianta

Strategia operativa (Bovina, 2011)

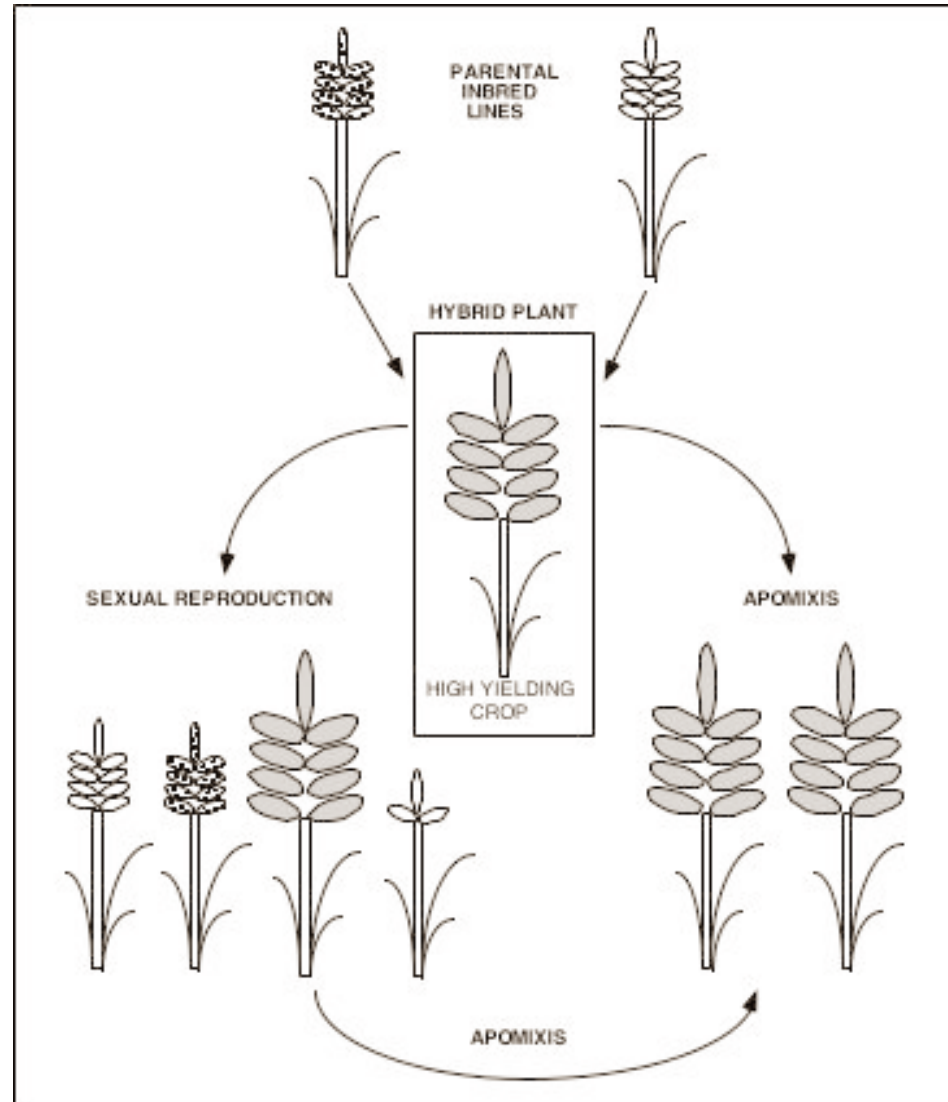


Concessione di L. Comai

Biomassa e fotosintesi

- Aumento dell'efficienza della fotosintesi (Zhu et al., 2008). L'efficienza massima è pari a 4.6% per le piante C3 ed a 6% per le piante C4. Il miglioramento dell'architettura della pianta e la conversione di piante a metabolismo C3 in C4 consentono guadagni
- Riduzione della fotorespirazione. Per le piante C4 si potrebbe avere un innalzamento dell'efficienza massima di cattura della luce fino all'8% (Zhu et al., 2008).
- In entrambi i casi, le piante sviluppano biomassa superiore
- Eterosi. Sviluppo di linee isogeniche (aploidizzazione in vitro e duplicazione indotta del genoma) e produzione di ibridi
- Applicazione dell'Apomissia

Importanza dell'apomissia

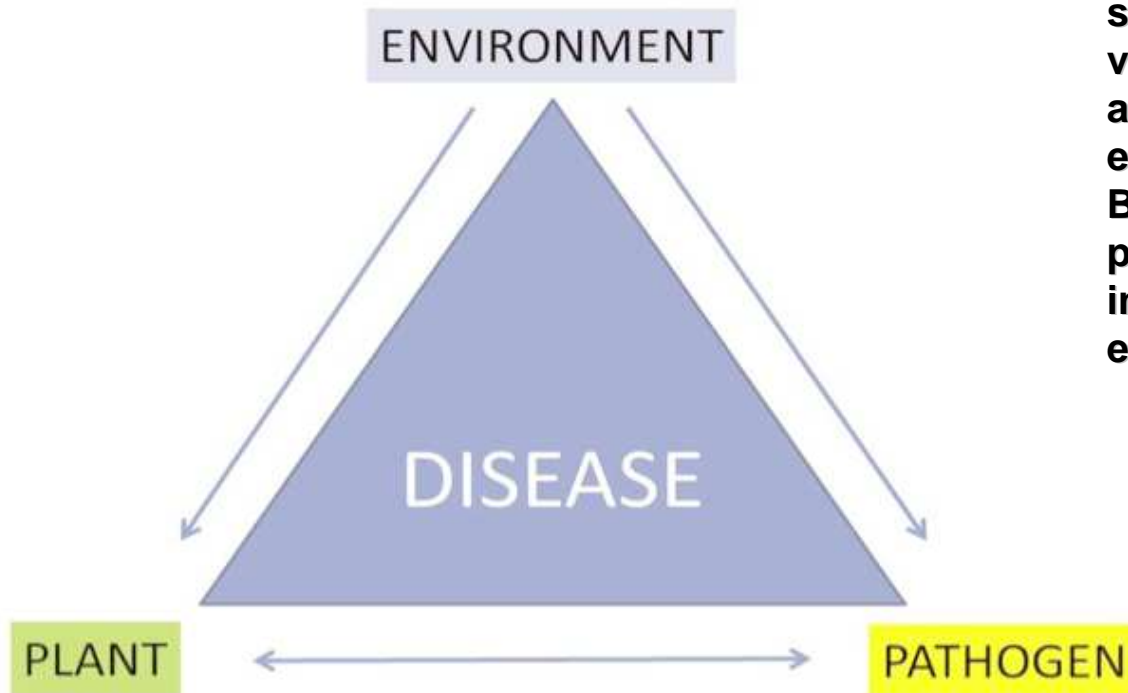


E' possibile indurre apomissia nelle piante agrarie a riproduzione sessuata e fissare l'eterosi nelle progenie di singole piante con caratteri superiori (Olmedo-Monfil et al., 2010)

Autoprotezione da malattie e insetti

- Pirimidizzazione nello stesso genotipo di fattori genetici multipli di resistenza (rallenta l'evoluzione di nuove resistenze nel parassita)
- Analisi genomica della famiglia genica NBS-LRR (recettori del segnale proveniente dal parassita) (Salamini & Ederle, 2011)
- Ruolo degli RNA di piccole dimensioni (*small* RNA) nei fenomeni di resistenza (Lucioli et al., 2009)
- Coinvolgimento dell'acido salicilico nel segnale che potenzia la resistenza endogena delle piante (Loake e Grant, 2007)
- Analisi funzionale delle molecole secrete dai patogeni che mediano i loro rapporti con le piante (Ellis, 2009)
- Transgenosi (una tecnologia OGM tra le più diffuse utilizza i geni *Bt* codificanti tossine attive contro diverse specie di insetti)

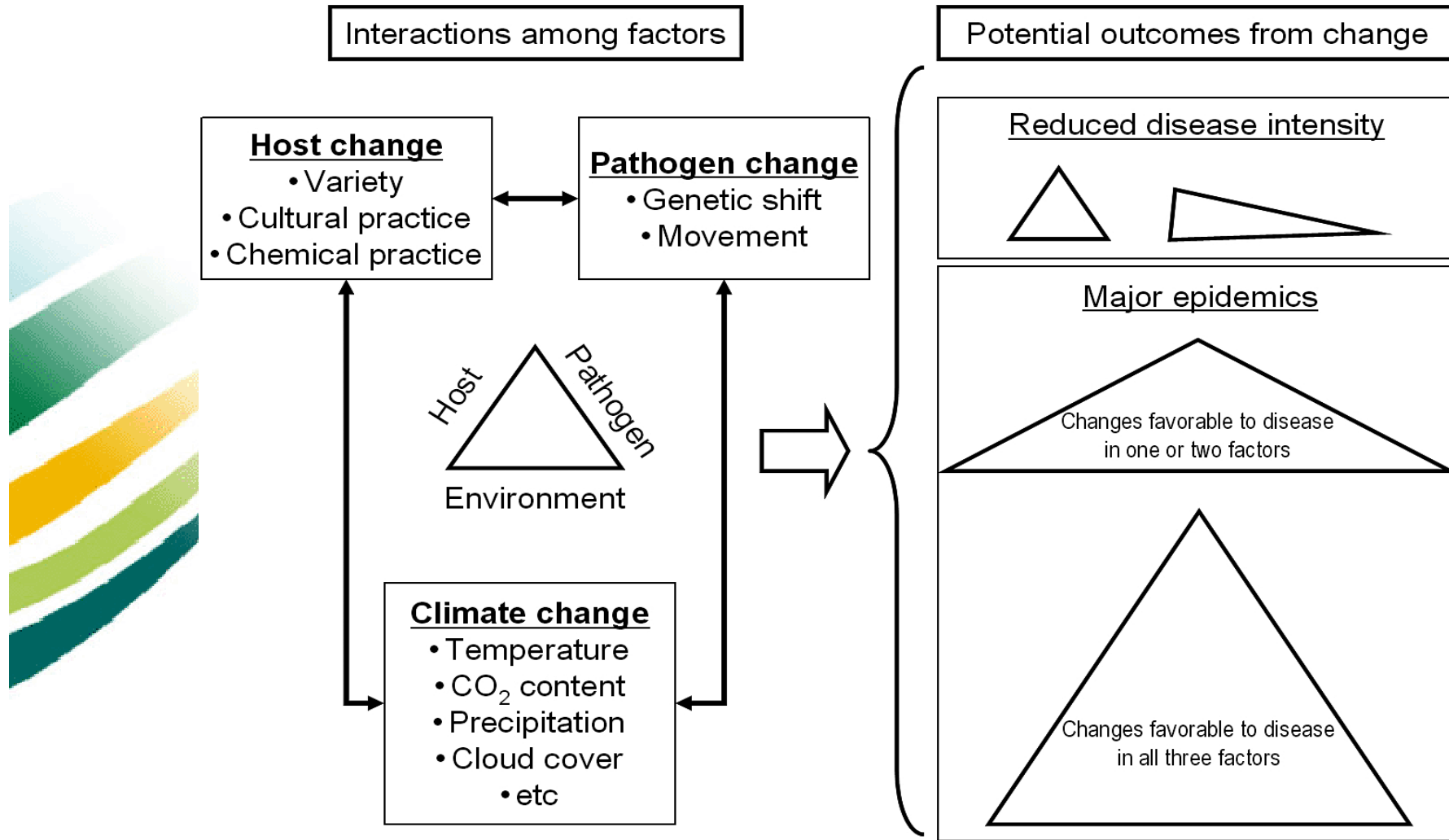
Epidemiologia delle infezioni patogene



The 'triangle' of the disease: the disease is the result of interaction among a susceptible plant, a virulent pathogen and a suitable environment. Both plant and pathogens are influenced by environment



Interactions among components of the disease triangle and potential outcomes.
Amount of disease [quantity (incidence, severity, etc.) or quality (risk)] is indicated by the area of the triangle (Garrett et al., 2009).



Perennialismo

Offre vantaggi in termini di sostenibilità: i) riduce gli input energetici; ii) aumenta la biomassa; iii) permette la conservazione invernale della microfauna e microflora associate alla pianta

Si ottiene:

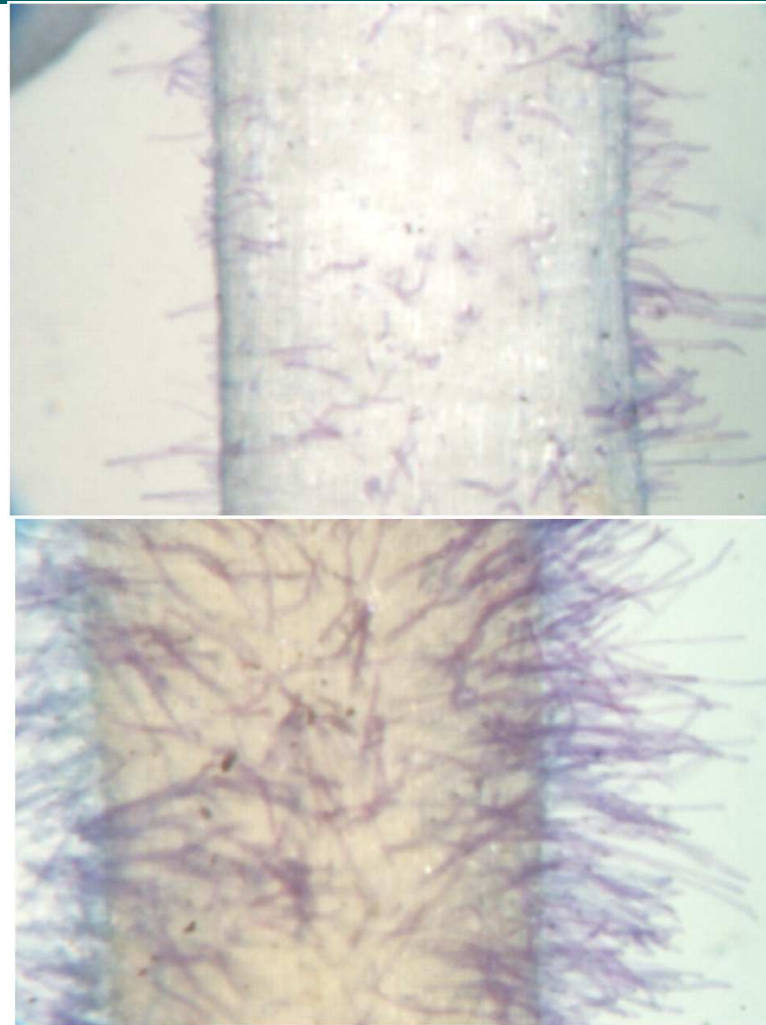
- 1) Mediante fusione di protoplasti di specie annuali e poliennali e successiva rigenerazione del callo ottenuto. E' stato applicato in melanzana (fusione di protoplasti di melanzana coltivata annuale con quelli di *Solanum marginatum*, specie arborea) (Borgato et al., 2007).
- 2) Modificando alcuni cammini metabolici che controllano la risposta al fotoperiodo, alla vernalizzazione ed ai cicli circadiani (Melzer et al., 2008; Wang et al., 2009)

Efficienza dell'apparato radicale

L'analisi di mutanti radicali risulta di grande interesse:

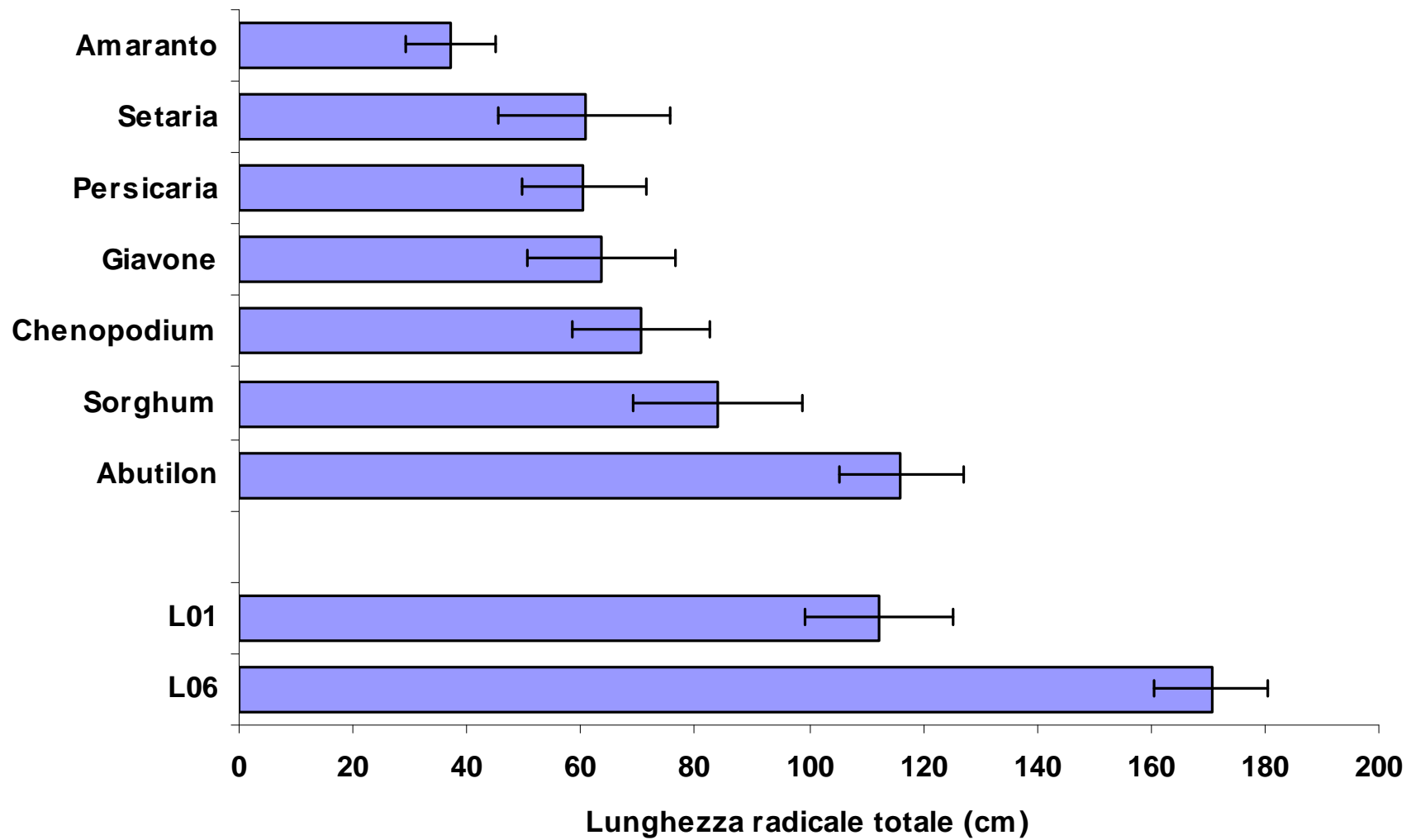
- per identificare nuove sequenze geniche coinvolte nella determinazione dell'architettura radicale
- per stabilire il loro ruolo nell'assorbimento di acqua e di elementi nutritivi e nella competizione con le malerbe
- per investigare il loro effetto sulla produzione della pianta (de Dorlodot *et al.*, 2007).

Genotypic variation for root hair length and density in common bean.



Lynch J. Plantphysiol 2011;156:1041-1049

Progetto "BIOGEA" (finanziamento MIPAAF)



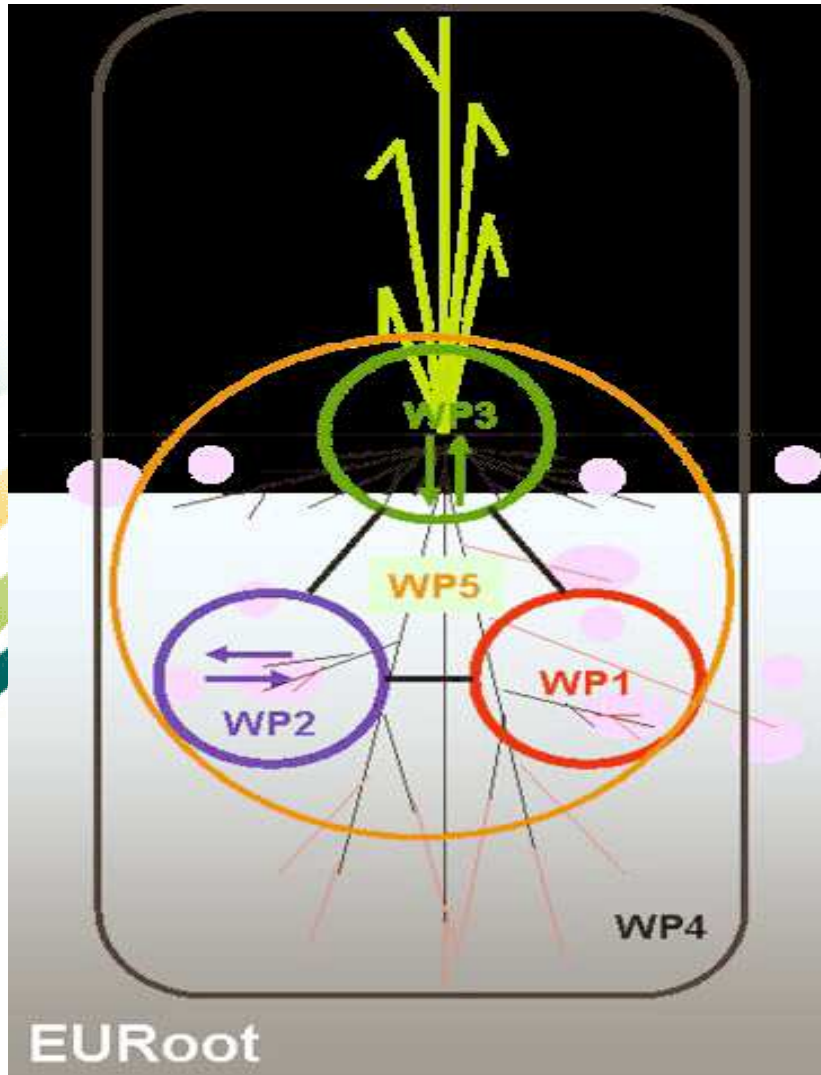


L 01



L 06

Root uptake and plant performance



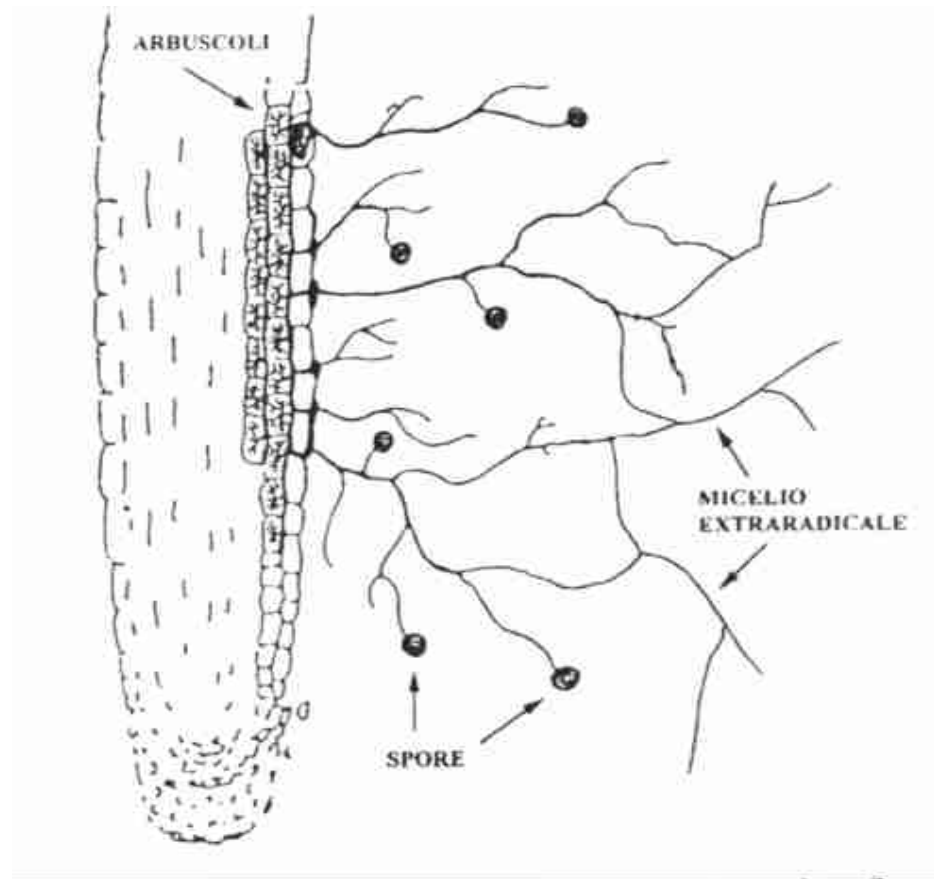
- WP1** – Genetic and functional bases of root architectural traits under abiotic stress conditions
- WP2** – Root soil interactions controlling N and P acquisition under drought and nutrient limitation
- WP3** – Root signalling in stressed cereal plants: identification, interactions and association with root and shoot growth, architecture, functioning and yield
- WP4** – Phenotyping of root system architecture traits
- WP5** – Enhanced models for predicting RSA development under multiple stresses

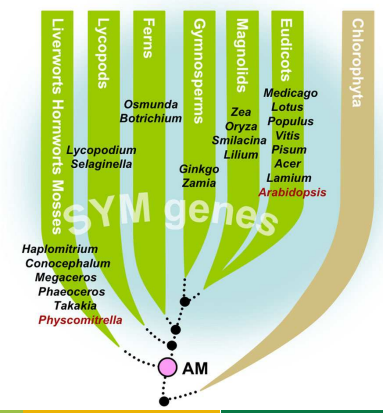
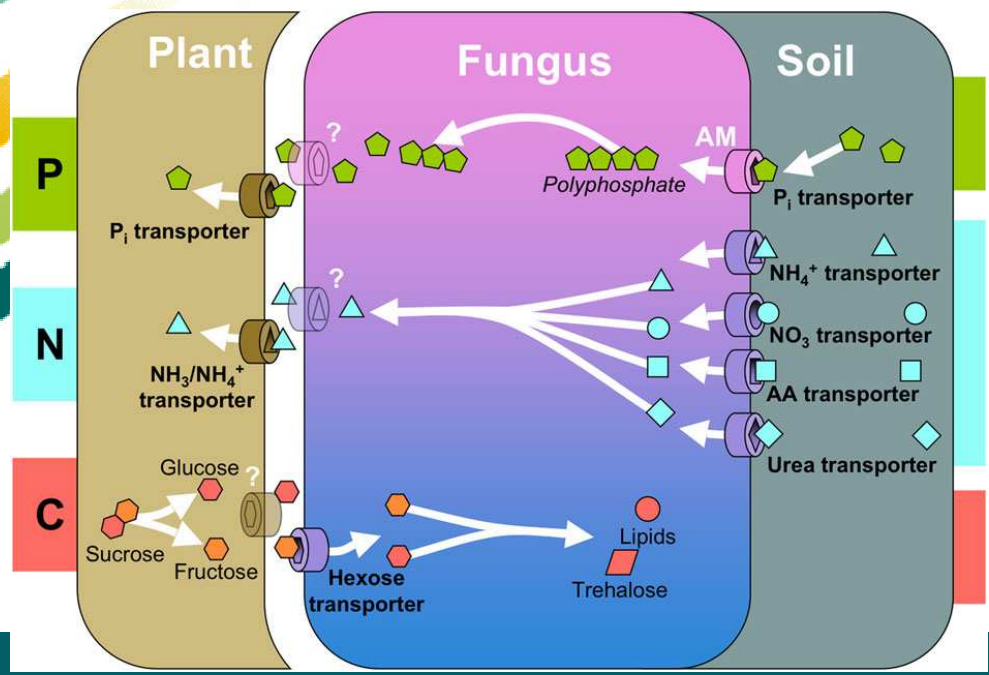
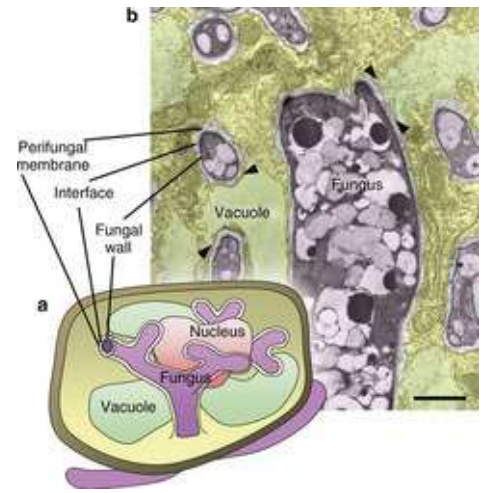
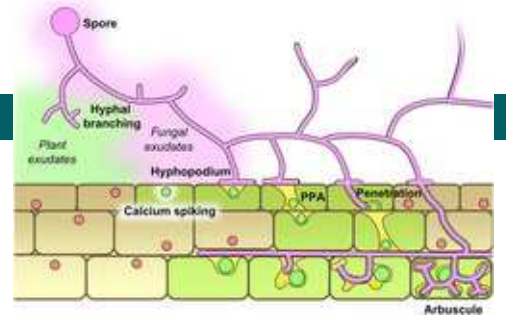
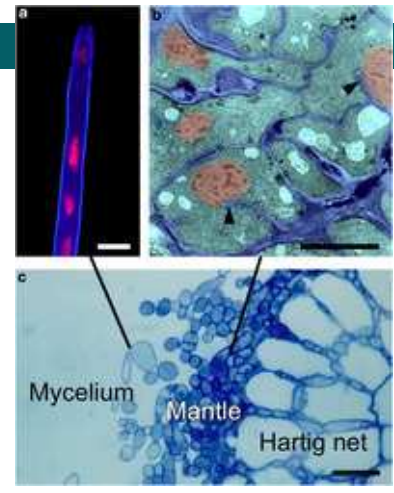
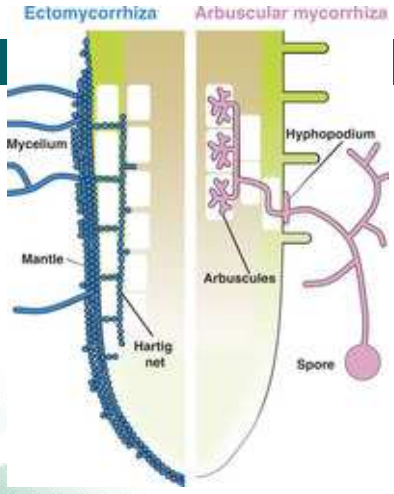
Efficienza della micorriza a procurare benefici alla pianta

- Capacità del fungo di sviluppare grandi reti ifali extra-radicali
- Formazione di anastomosi
- Tasso di assorbimento dei nutrienti da parte delle ife
- Traslocazione e il trasferimento alle cellule dell'ospite attraverso gli appressori
- Vitalità del micelio extra-radiale

In natura, nel suolo di certe praterie, può raggiungere i 50 m /cm³ con una biomassa fino a 0.5 mg/g di suolo (Lutgen et al., 2003)

ARBUSCOLI: tipiche forme che l'ifa assume all'interno della radice a seguito della sua ramificazione dicotomica, riducendo così progressivamente il proprio diametro





Conclusioni

- L'agricoltura ha effetti evidenti sull'ambiente: quanta più terra è arata e tanto meno è disponibile per gli ecosistemi naturali.
- Coniugare salvaguardia delle risorse naturali e produzione di cibo: intensificazione “soffice”, ma altamente produttiva dei nostri sistemi agricoli.
- Accesso all'arsenale metodologico disponibile per sviluppare cultivar con elevata resa, migliore qualità e richieste ridotte/nulle di agrotecniche intensive di sussidio.
- Agricoltura di precisione/integrata/biologica.
- Valorizzazione del ruolo dei fitonutrienti nella prevenzione delle patologie e nel mantenimento dello stato di salute dell'uomo.
- Maggiore comprensione del rapporto tra alimentazione, funzionamento del sistema nervoso, dinamiche psico-fisiche e disturbi del comportamento alimentare.
- Coinvolgimento delle imprese e degli operatori nell'attuazione dei progetti di ricerca (miglioramento genetico “partecipato”).
- Redistribuzione simmetrica del valore aggiunto ai soggetti che concorrono alla filiera produttiva



Grazie per l'attenzione

