



Università degli
studi di Udine

DiSA

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali
Department of Agriculture and Environmental Sciences

Nuove tecnologie di miglioramento genetico del mais

Michele Morgante
San Donà di Piave, 26 gennaio 2017



AGRICOLTURA E SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

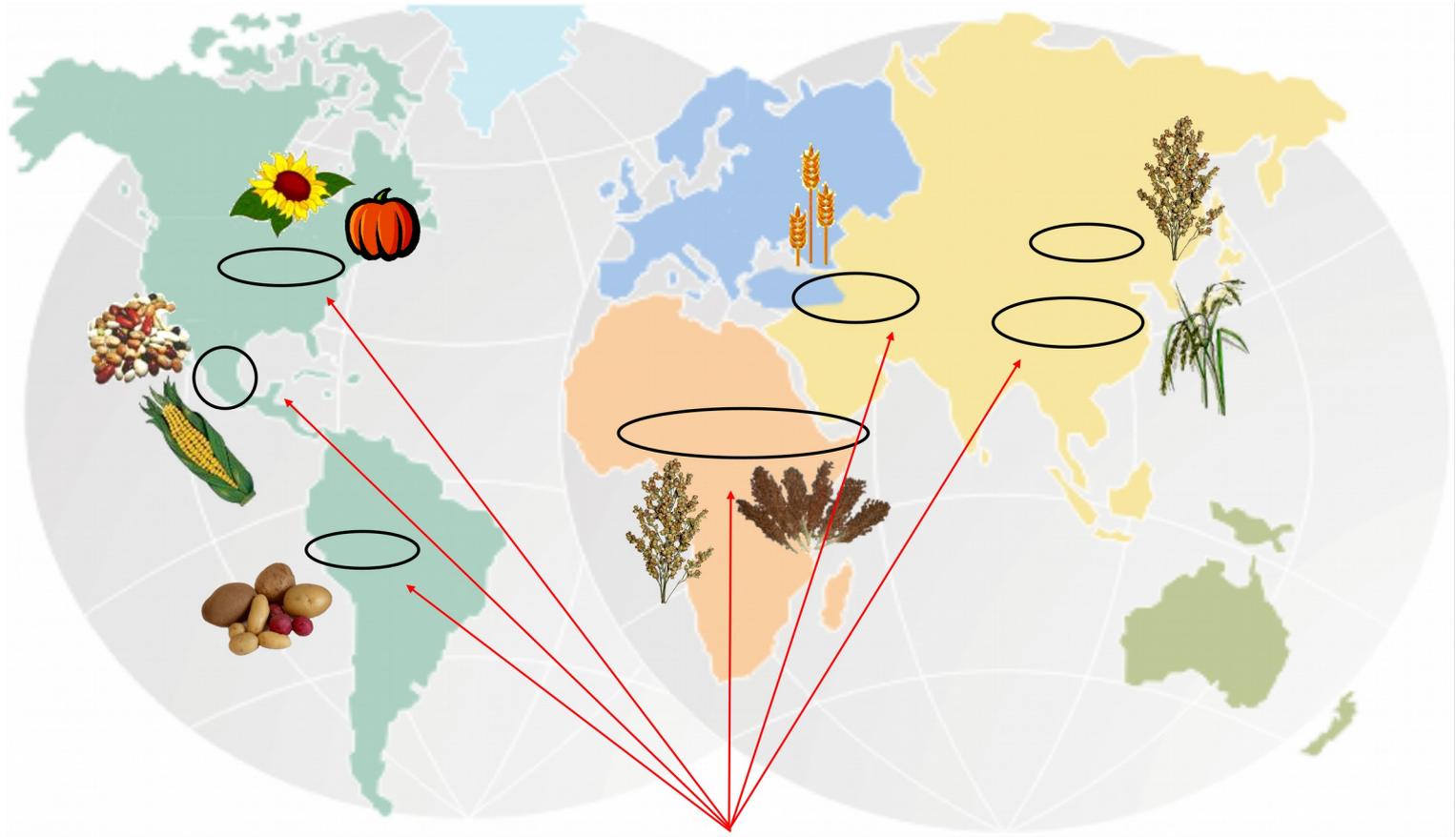


AGRICOLTURA E PROGRESSO TECNOLOGICO

- Genetica (miglioramento genetico)
- Chimica
- Tecniche agronomiche

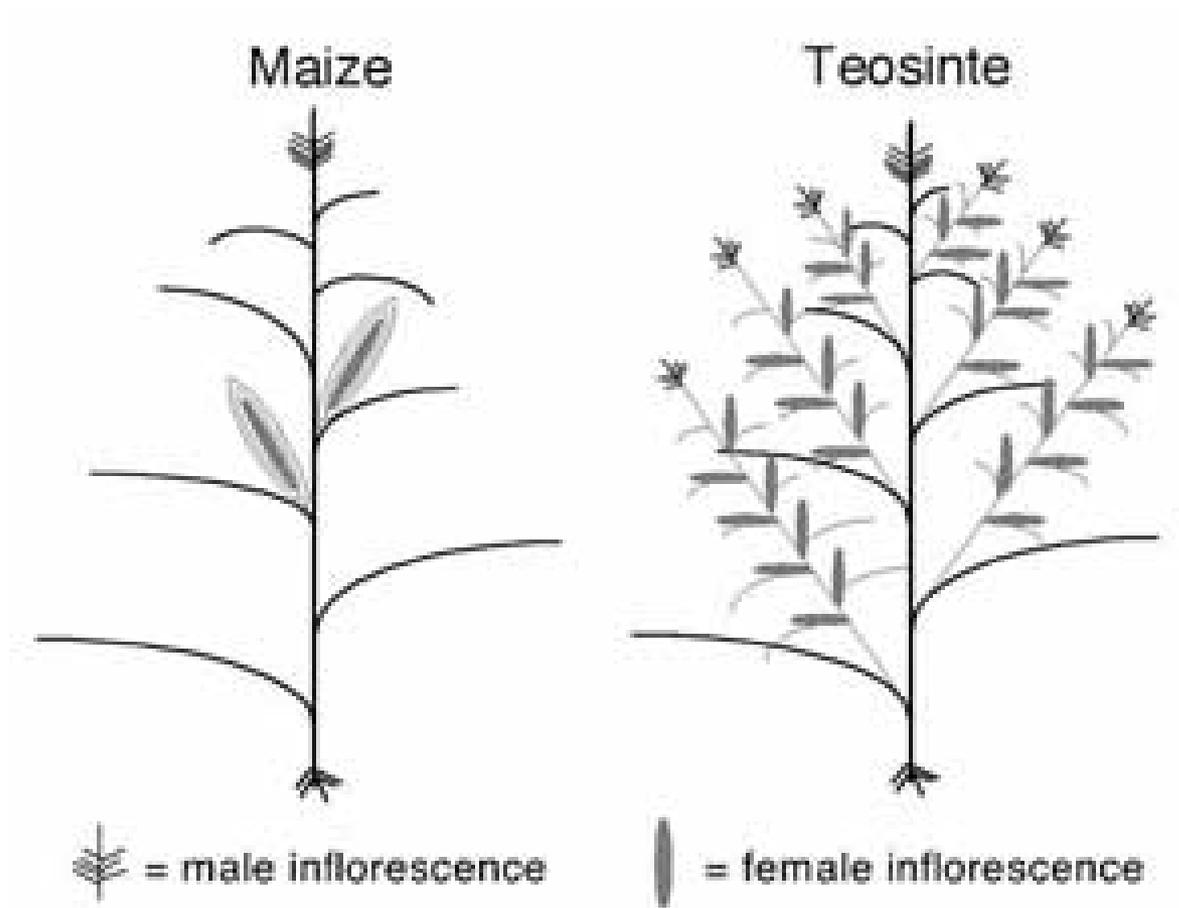
Genetica: >50% di aumento produttività

ADDOMESTICAMENTO DEL MAIS

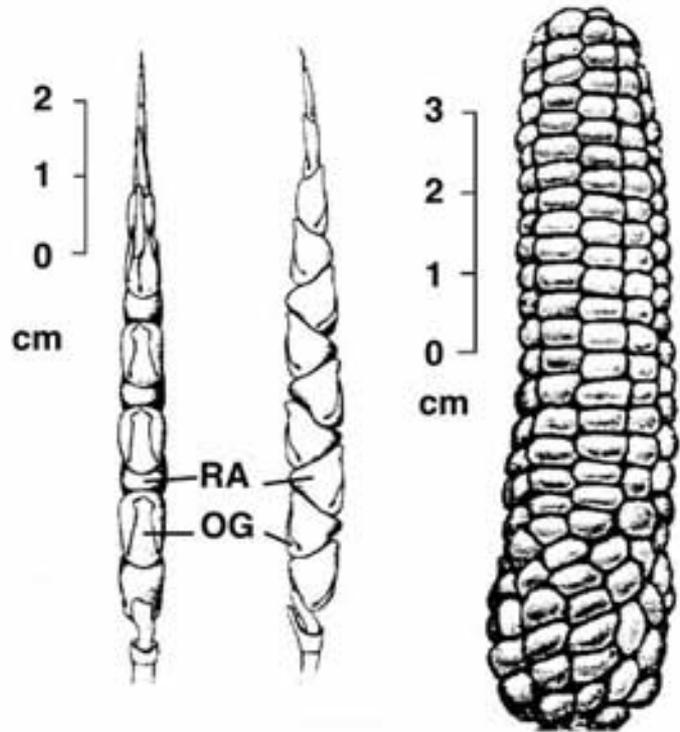


7 ESPERIMENTI DI MODIFICAZIONI GENETICHE

MAIS E TEOSINTE

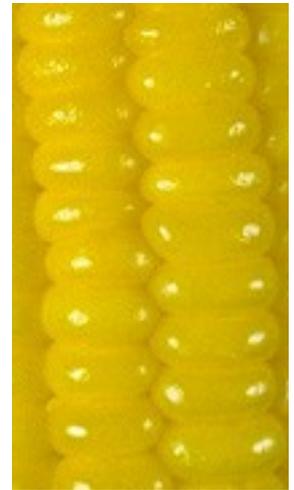


MAIS E TEOSINTE



Teosinte

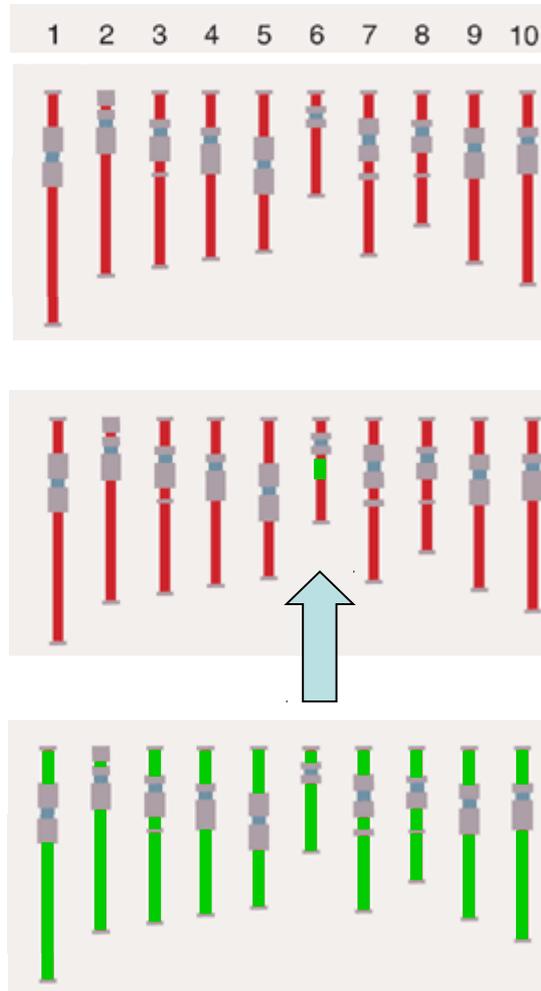
Maize



MIGLIORAMENTO GENETICO ATTRAVERSO INCROCIO E SELEZIONE



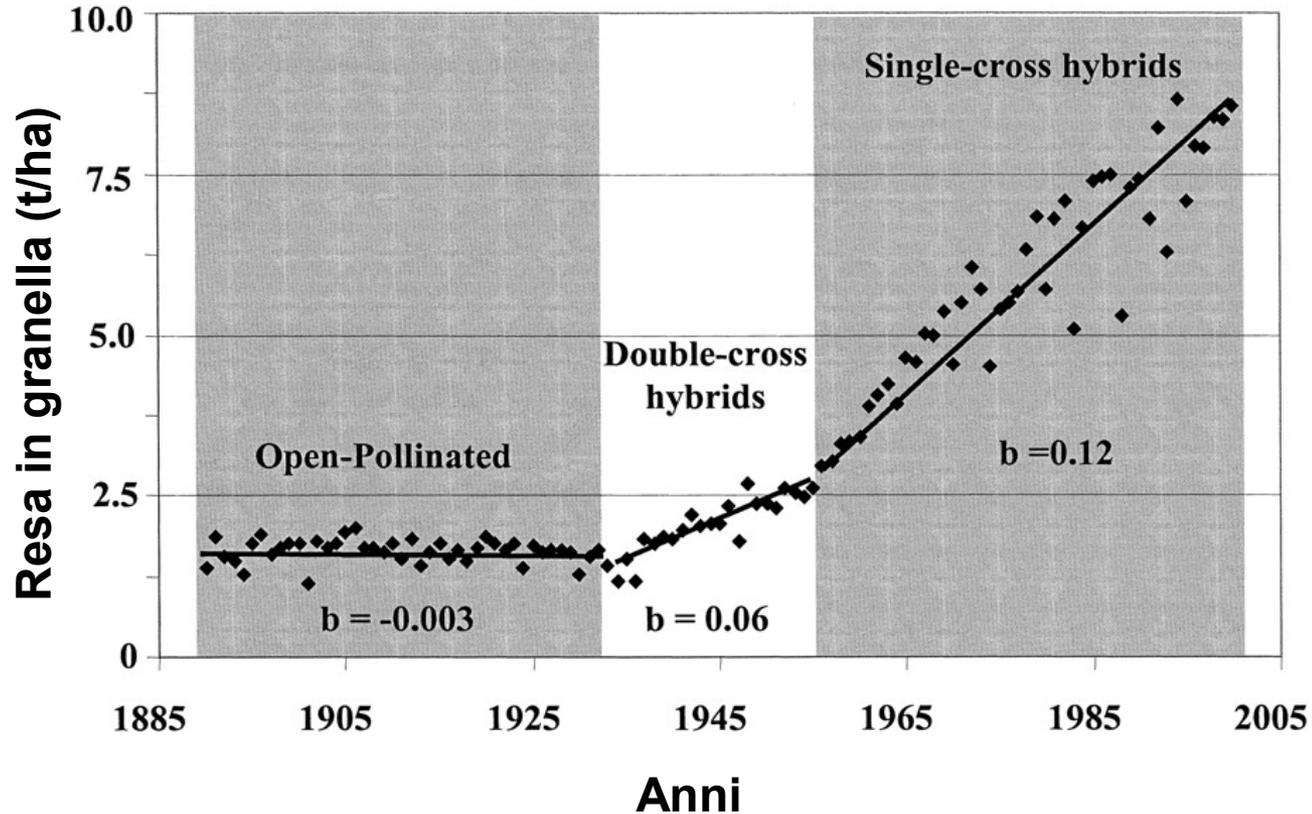
X



500000 basi di DNA
sono state trasferite
nel mais moderno
assieme all'allele
giallo:

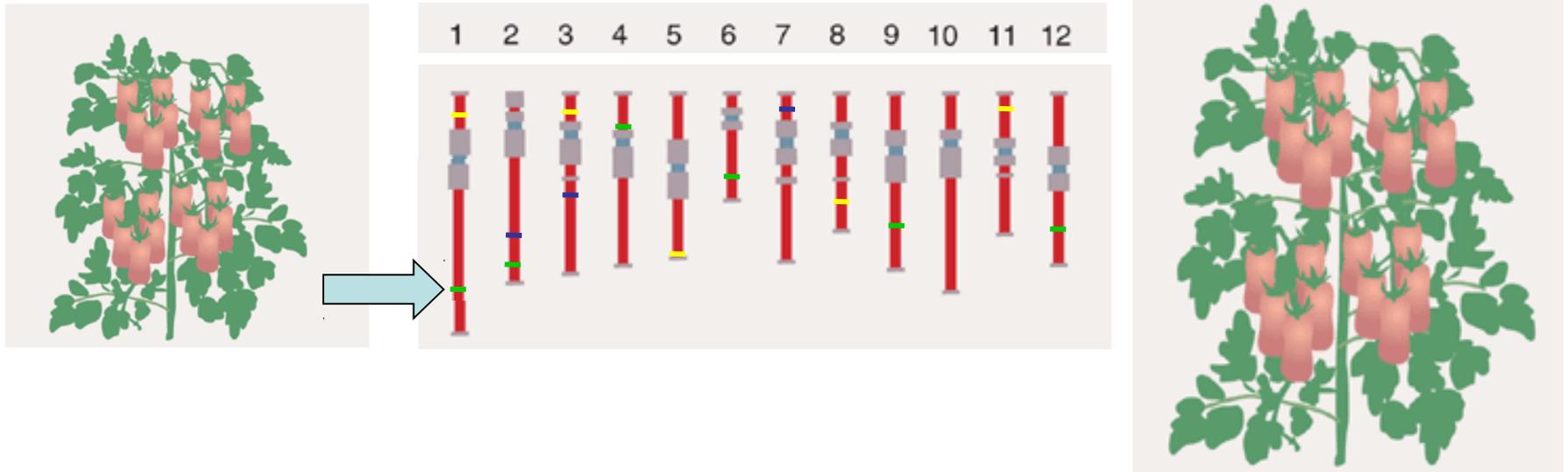
circa una dozzina di
geni

IMPATTO DEGLI IBRIDI F1



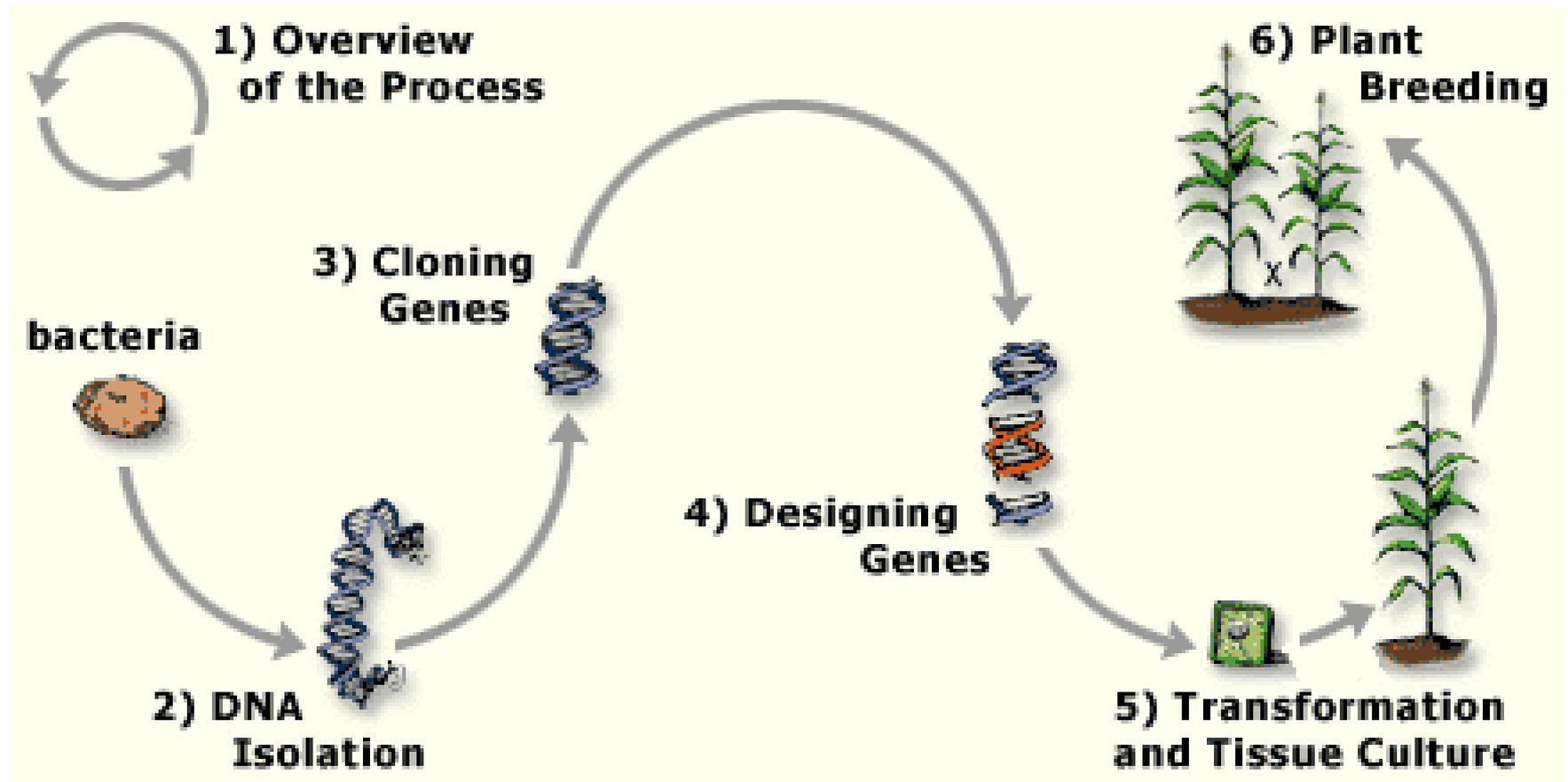
Incremento della resa (ton ha⁻¹) per il mais coltivato in USA nell'ultimo secolo.

MIGLIORAMENTO GENETICO E MUTAGENESI INDOTTA



- Mutageni chimici
- Mutageni fisici (radiazioni)
- Generano mutazioni casuali
- Si seleziona il fenotipo desiderato fra le piante mutagenizzate

MIGLIORAMENTO GENETICO E BIOLOGIA MOLECOLARE: PIANTE TRANSGENICHE

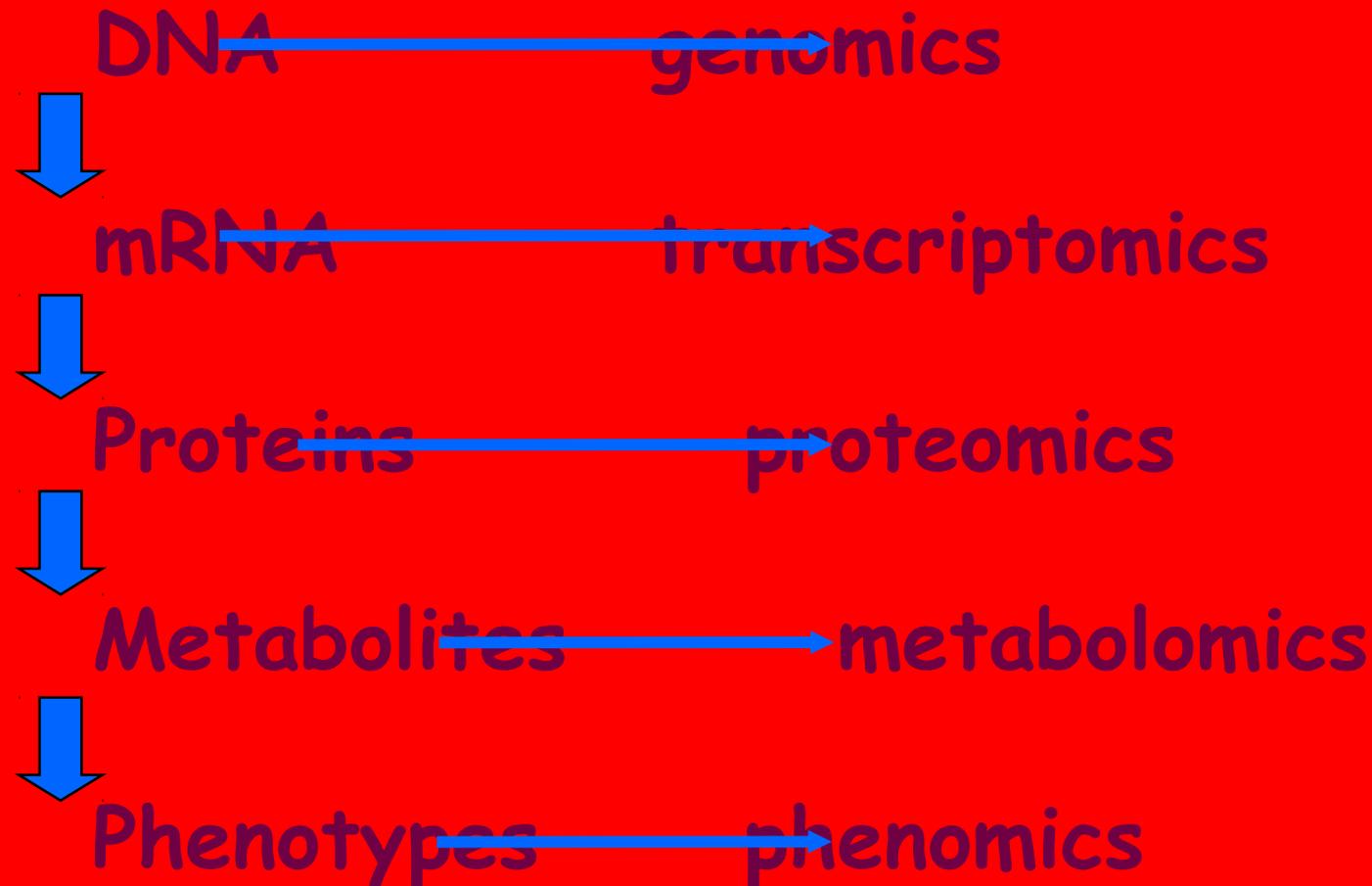


MIGLIORAMENTO GENETICO E BIOLOGIA MOLECOLARE: PIANTE TRANSGENICHE

- Aumenta la gamma di modificazioni genetiche possibili (al di fuori delle specie affini)
 - Inizialmente visione ingenua sulla possibilità di modificare caratteri complessi
 - Un gene risolve tutto
- Miglioramento mirato ad ottenere nuove caratteristiche

L'ERA OMICA

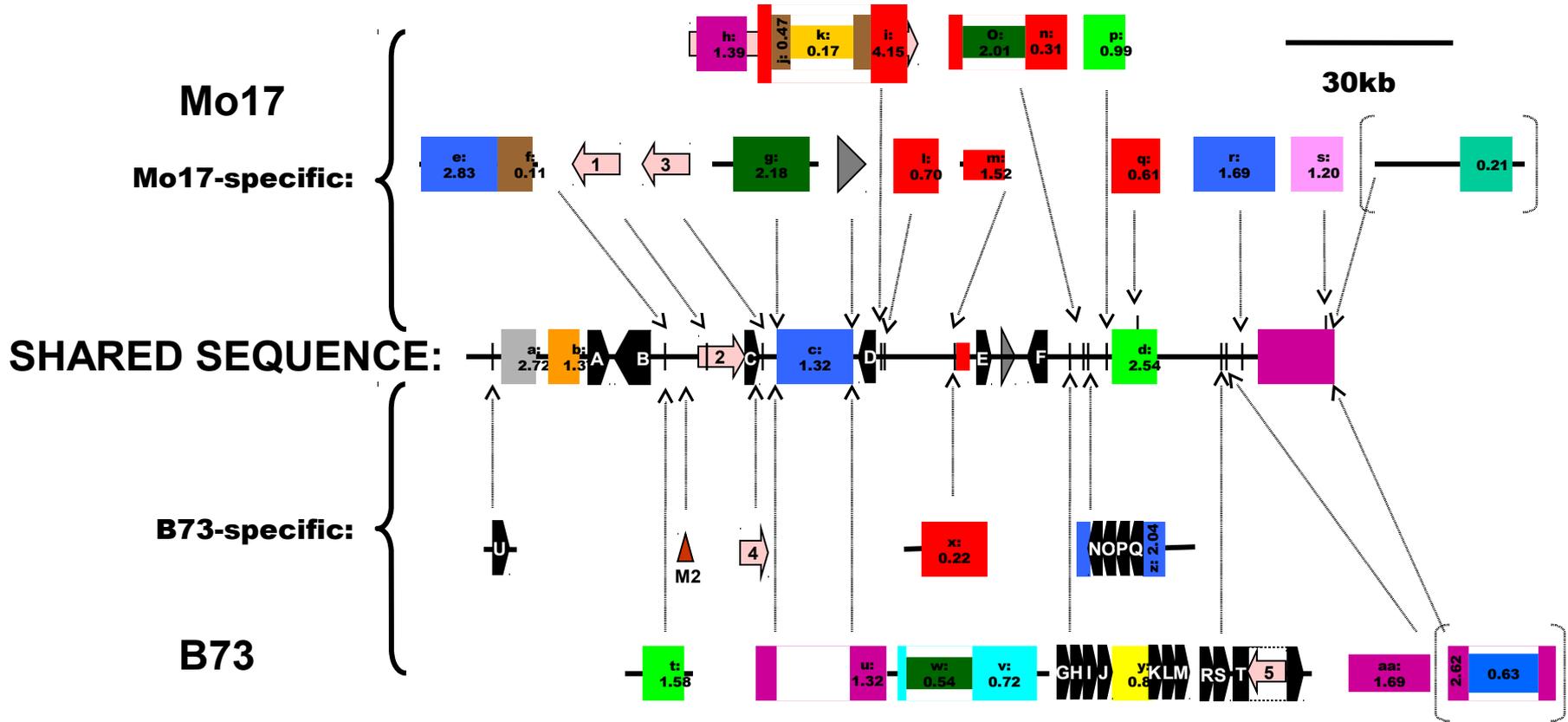
Scienze Omiche



VARIABILITA' GENETICA NEL MAIS



L'IPERVARIABILITA' STRUTTURALE DEL GENOMA DEL MAIS



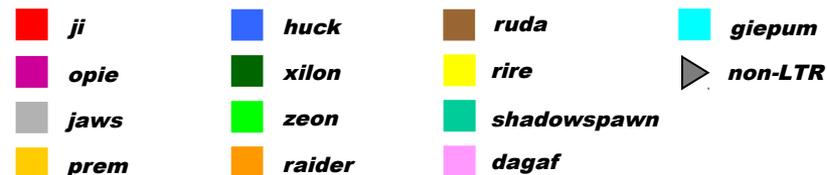
Genes: A - T: geneA9002 - geneT9002

Repetitive elements:

1) **Transposons:**

2) **MITE:** M2

3) **Retrotransposons:**



locus9002 (bin 1.08; chromosome 1L)

STRUTTURA E DIVERSITA' DEL GENOMA DEL MAIS



vs.



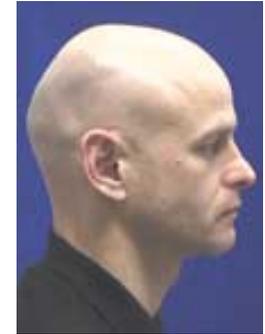
Mais linea A

Mais linea B

- 99.3 % identità nei geni
- 50% identità nelle regioni intergeniche
- Addomesticato 7000 anni fa
- Giovani e dinamici



vs.



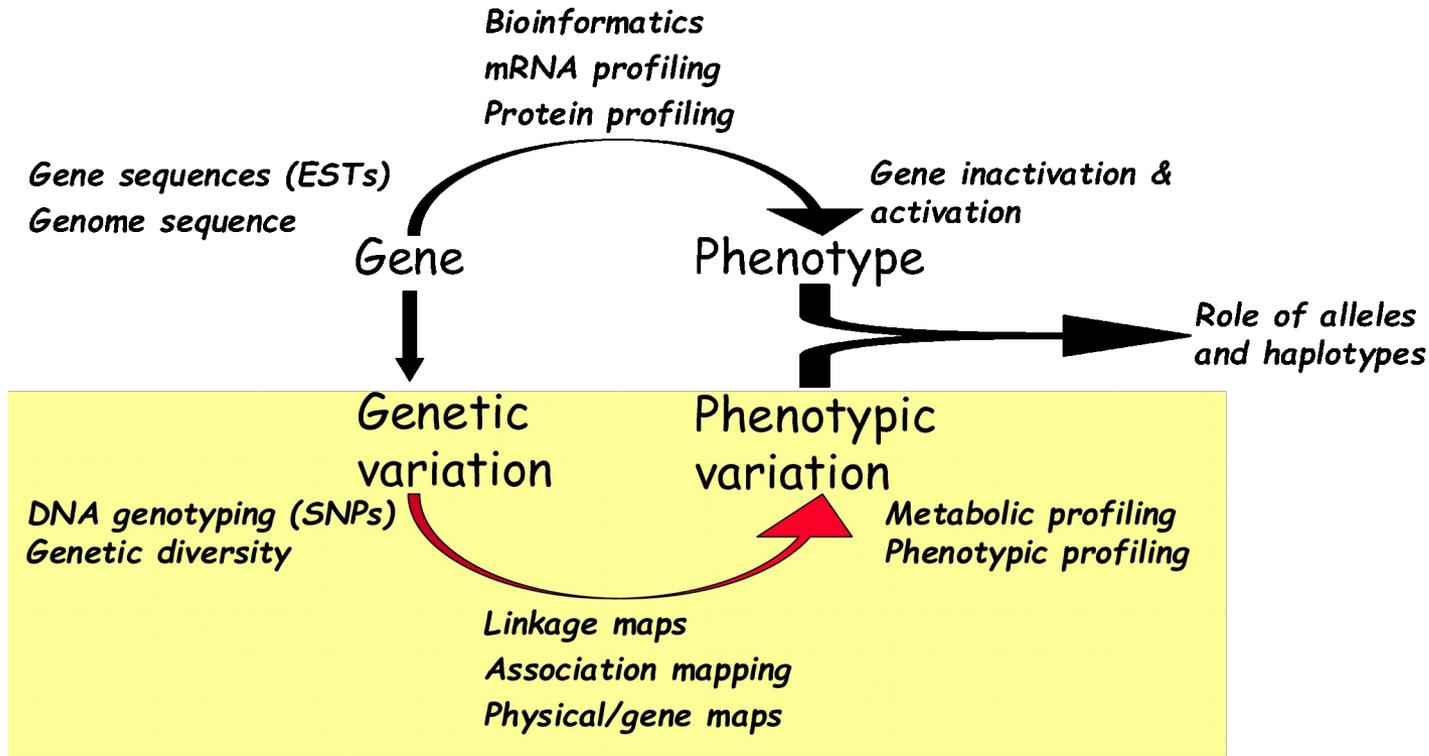
Scimpanzè

Uomo



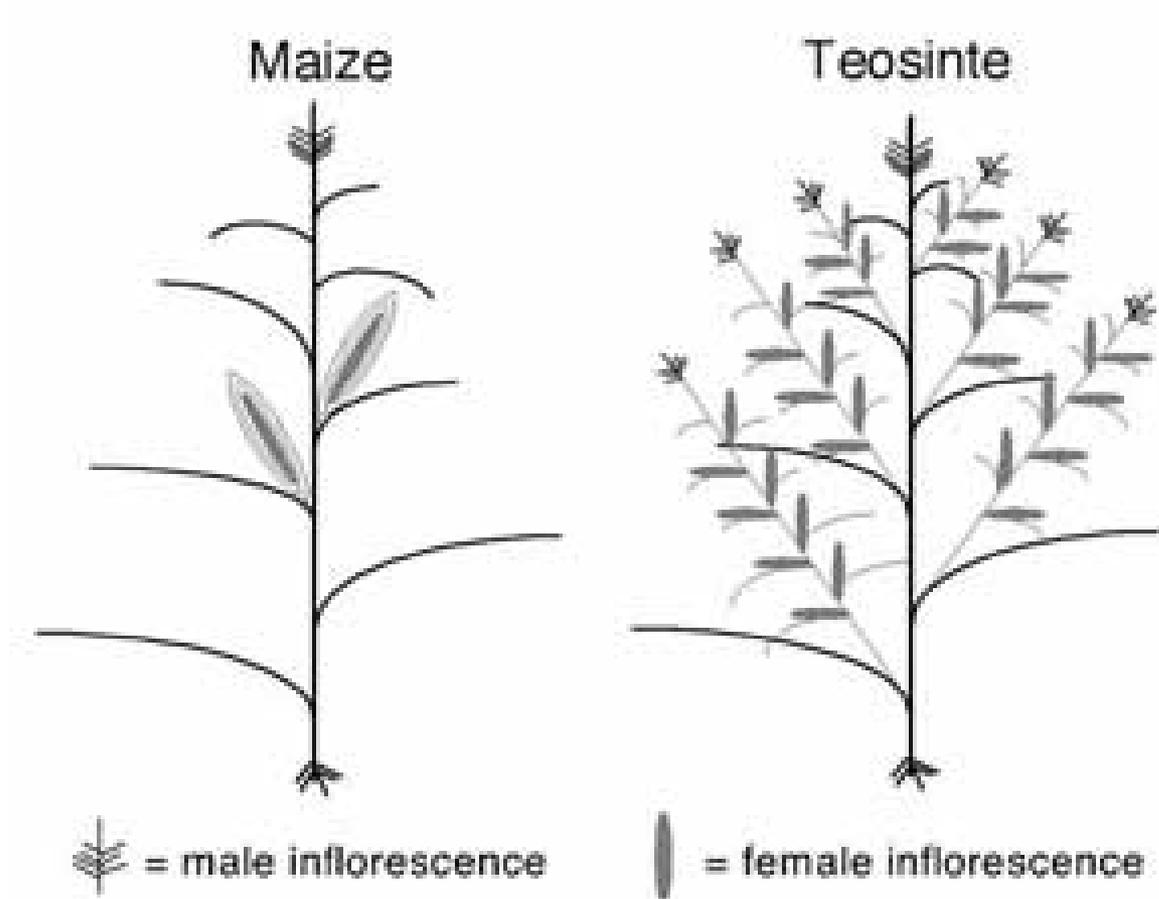
- 99.2 % identità nei geni
- 98.8 % identità nelle regioni intergeniche
- Separatisi 5 milioni di anni fa
- Vecchi e stabili

MIGLIORAMENTO GENETICO E GENOMICA: TROVARE I GENI PER CARATTERI AGRONOMICI

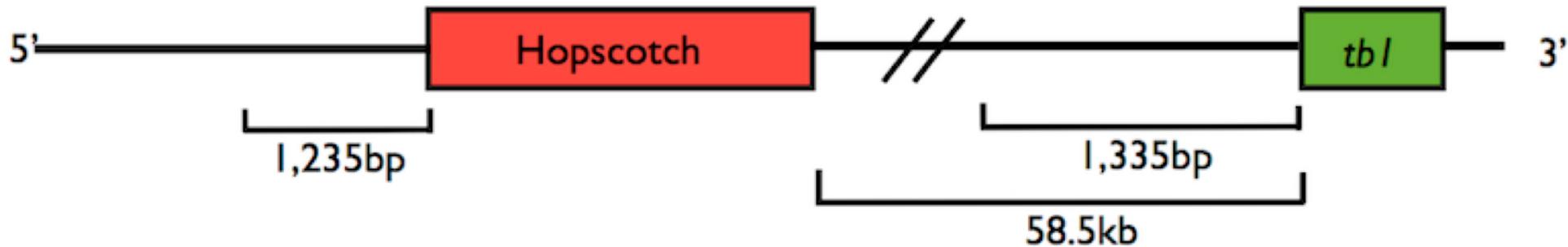


BREEDING MEETS GENES AT LAST!

RICOSTRUIRE L'ADDOMESTICAMENTO: MAIS E TEOSINTE



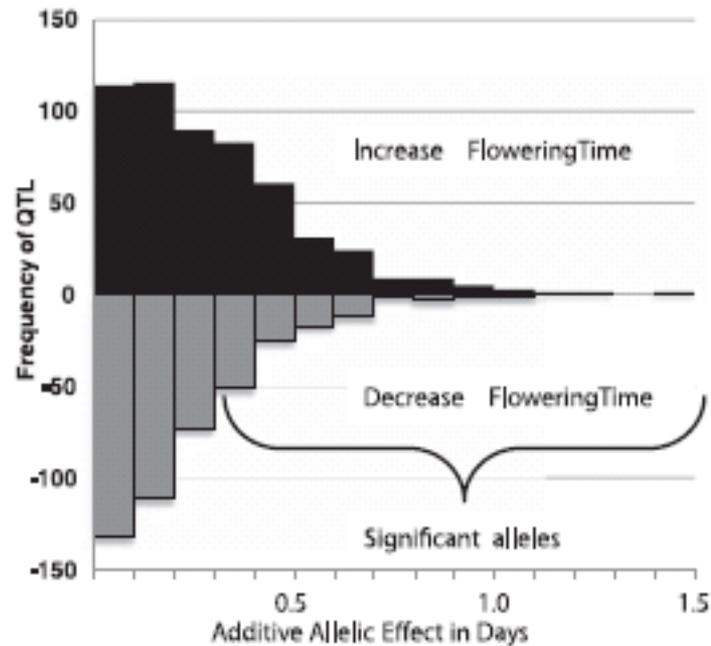
Selezione a *Tb1* durante l'addomesticamento



Mutation is cis-regulatory and not coding
Wang et al Nature 398 (1999) 236-239

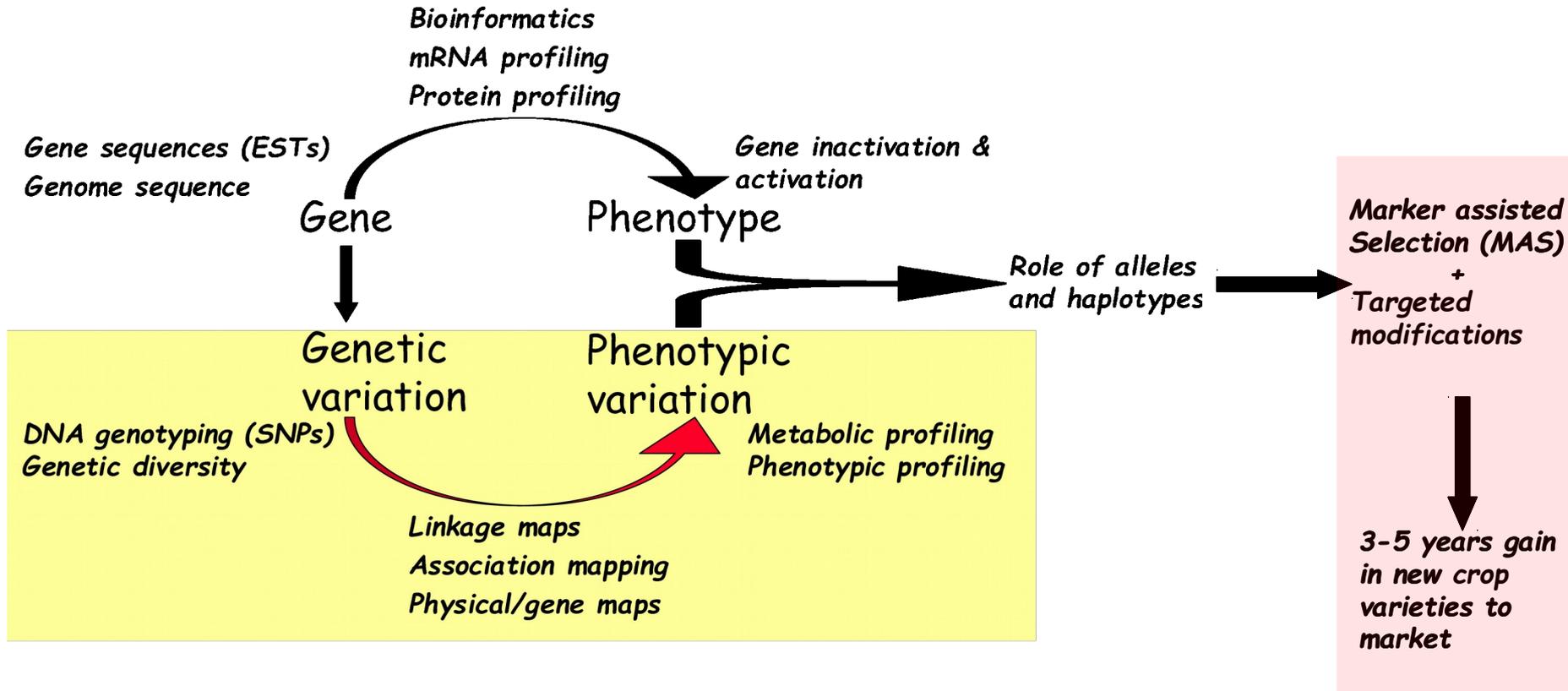
Causative mutation lies 60 kb upstream of *Tb1* and is due to a LTR-retro insertion
(Clark et al. Nat. Genet. 2006; Studer et al. Nat. Genet. 2011)

MOLTI GENI INFLUENZANO UN SINGOLO CARATTERE



- 39 loci controllano il tempo della fioritura in mais
- Nessun gene con grandi effetti

MIGLIORAMENTO GENETICO E GENOMICA: ACCELERARE LA PRODUZIONE DI NUOVE VARIETA'

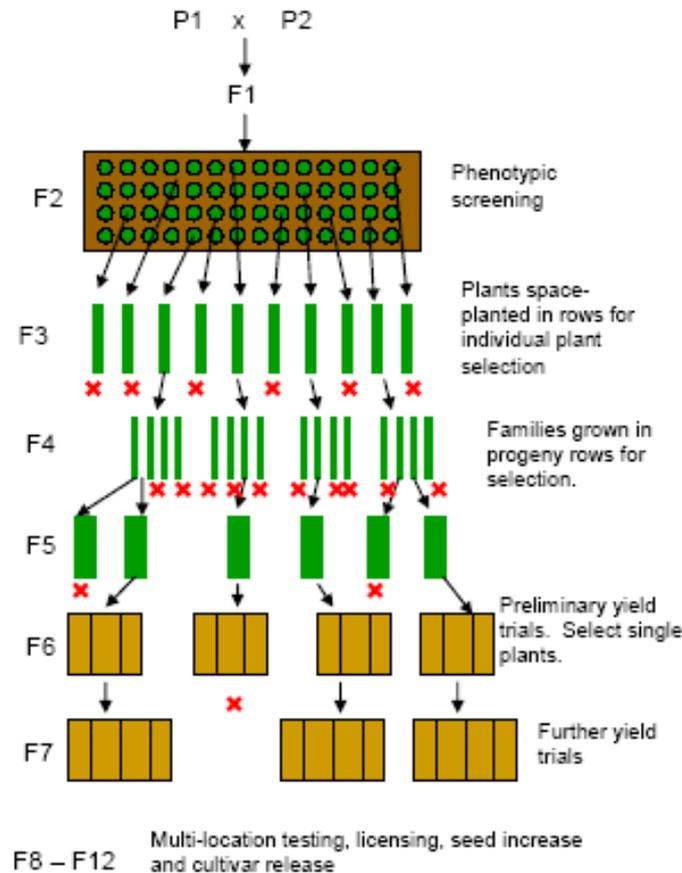


MIGLIORAMENTO GENETICO E GENOMICA: “MARKER-ASSISTED BREEDING”

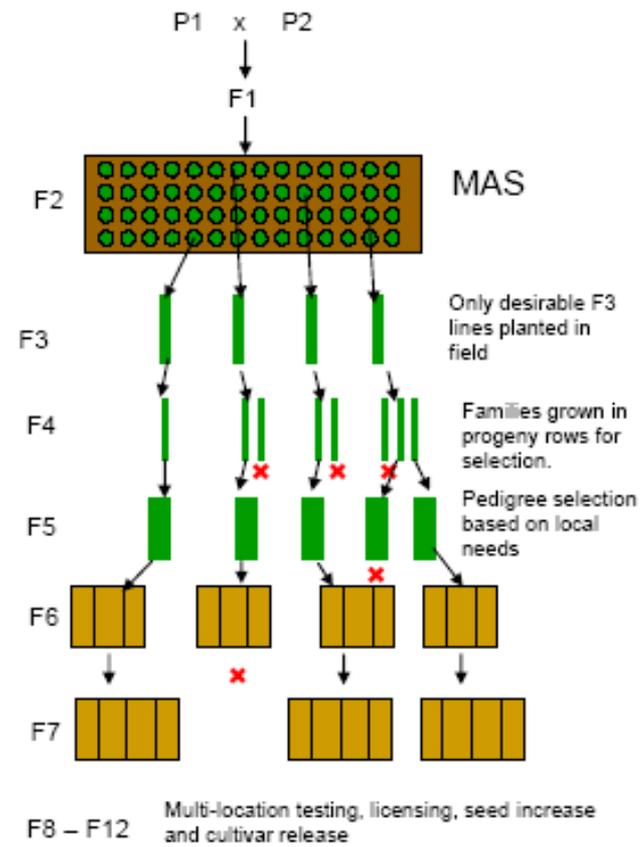
- L'analisi genetica consente di identificare i geni responsabili per caratteri di interesse
 - Genomica fornisce i geni ed i marcatori
 - I caratteri quantitativi non sono controllati da un numero infinito di geni
- Si possono mettere a punto metodi di selezione basati sul genotipo invece che sul fenotipo
 - Aumento di efficienza del processo

MIGLIORAMENTO GENETICO E “MARKER ASSISTED SELECTION”

PEDIGREE METHOD

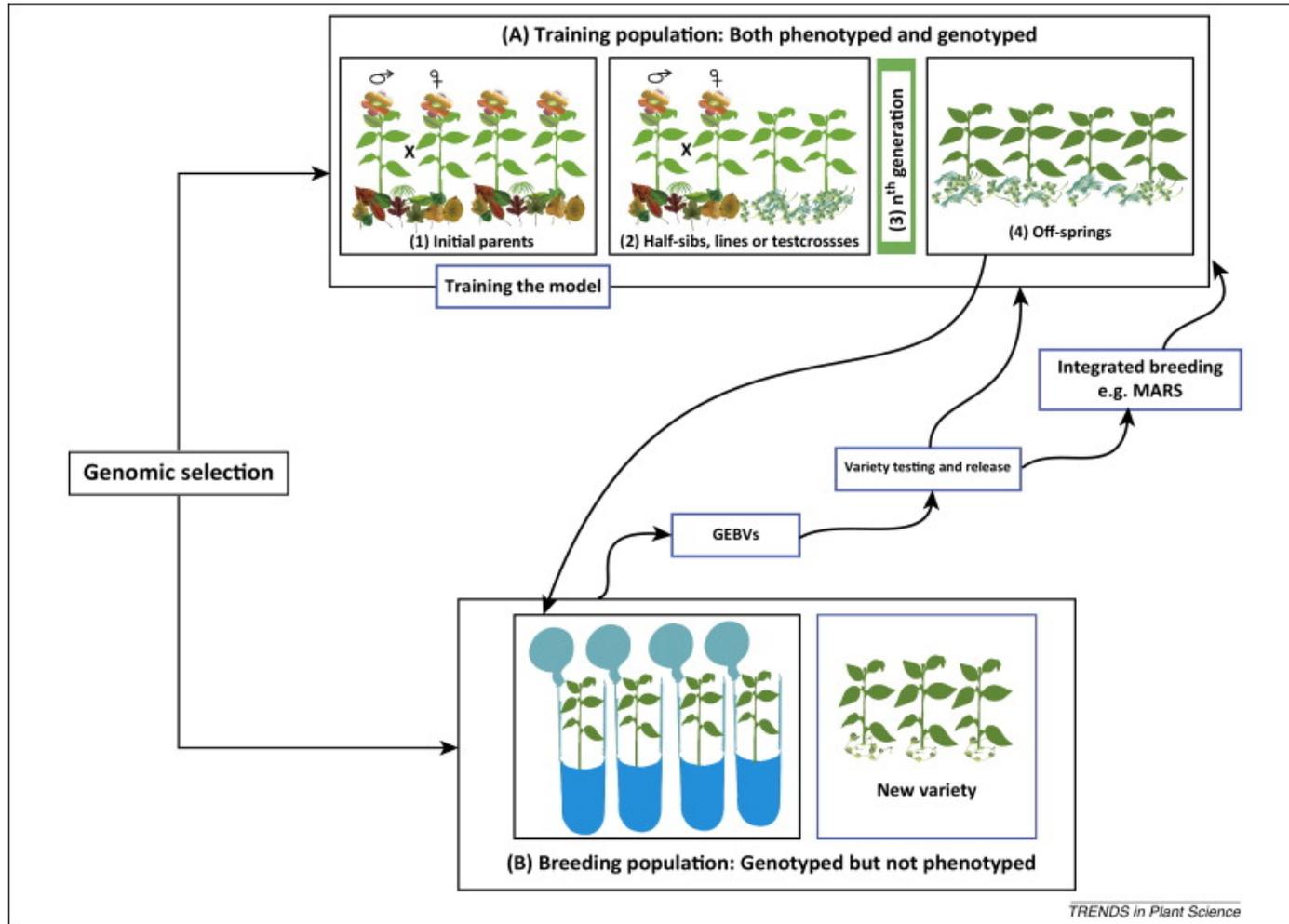


EARLY GENERATION SELECTION MARKER ASSISTED SELECTION



Si sostituisce la selezione fenotipica con selezione genotipica basata sulla conoscenza della posizione dei geni che controllano i caratteri di interesse

MIGLIORAMENTO GENETICO E “GENOMIC SELECTION”: NUOVE TECNOLOGIE



GENOMICA PER IL MIGLIORAMENTO GENETICO DELLA TOLLERANZA ALLO STRESS IDRICO

- Carenza d'acqua



Agrisure Artesian™



Base hybrid



**Hybrid with Agrisure
Artesian™ technology**

AQUAmax: drought-tolerant corn marketed by Pioneer in 2011

In 233 field trials with limited soil moisture, AQUAmax showed a 5% yield advantage



AQUAmax

Base Hybrid

CROP INSIGHTS 2009, 19, 10  **PIONEER**
A DUPONT BUSINESS

Pioneer Research to Develop Drought-Tolerant Corn Hybrids

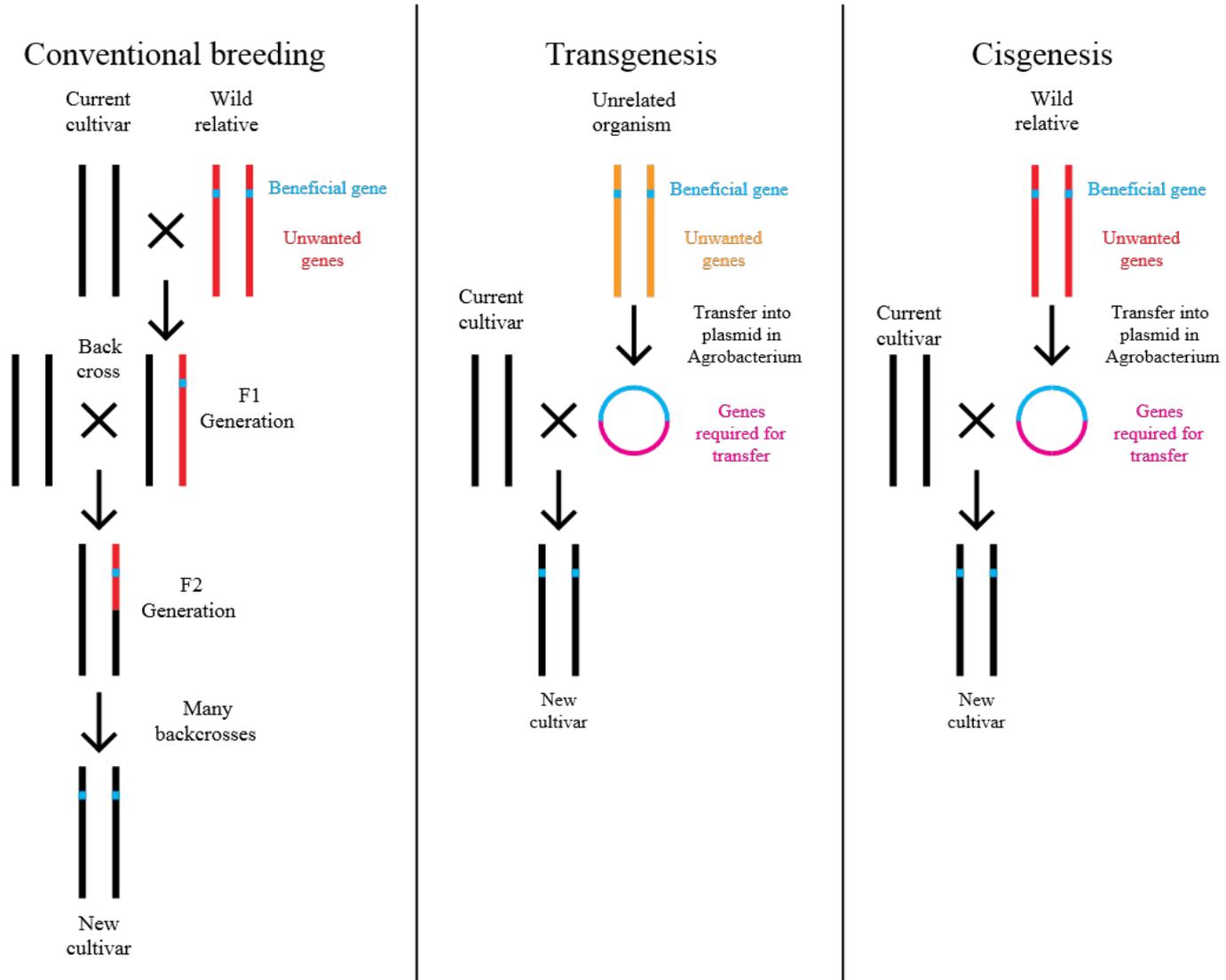
by Steve Butzen and Jeff Schussler

Accelerated Yield Technology (AYT™)

MIGLIORAMENTO GENETICO E GENOMICA: MODIFICAZIONI MIRATE

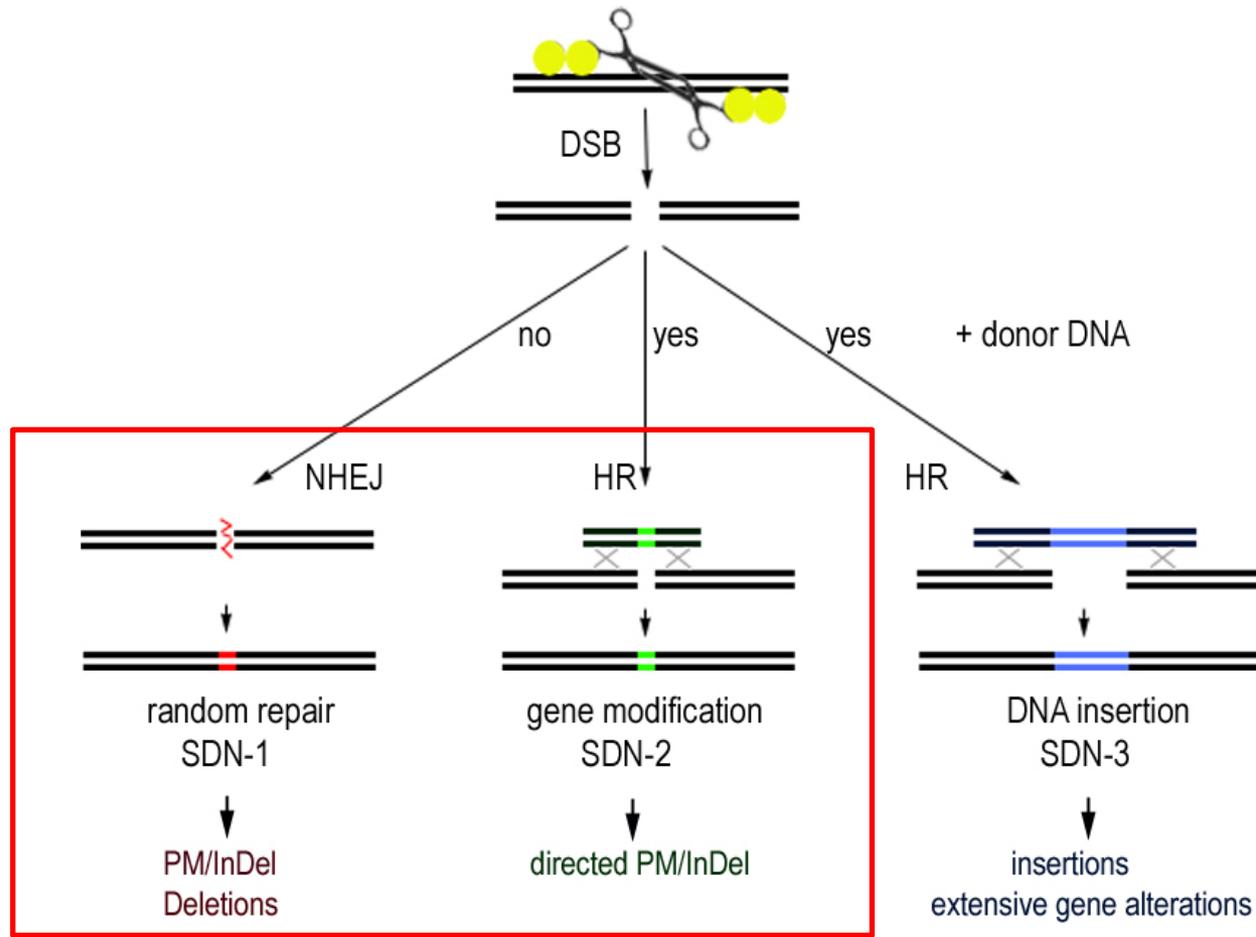
- L'analisi genetica consente di identificare i geni responsabili per caratteri di interesse
 - Genomica fornisce i geni ed i marcatori
 - I caratteri quantitativi non sono controllati da un numero infinito di geni
- Si possono mettere a punto metodi di modificazione genetica mirata a specifici geni ed anche specifici nucleotidi
 - Aumento di efficienza del processo

OLTRE I TRANSGENICI: CISGENICI



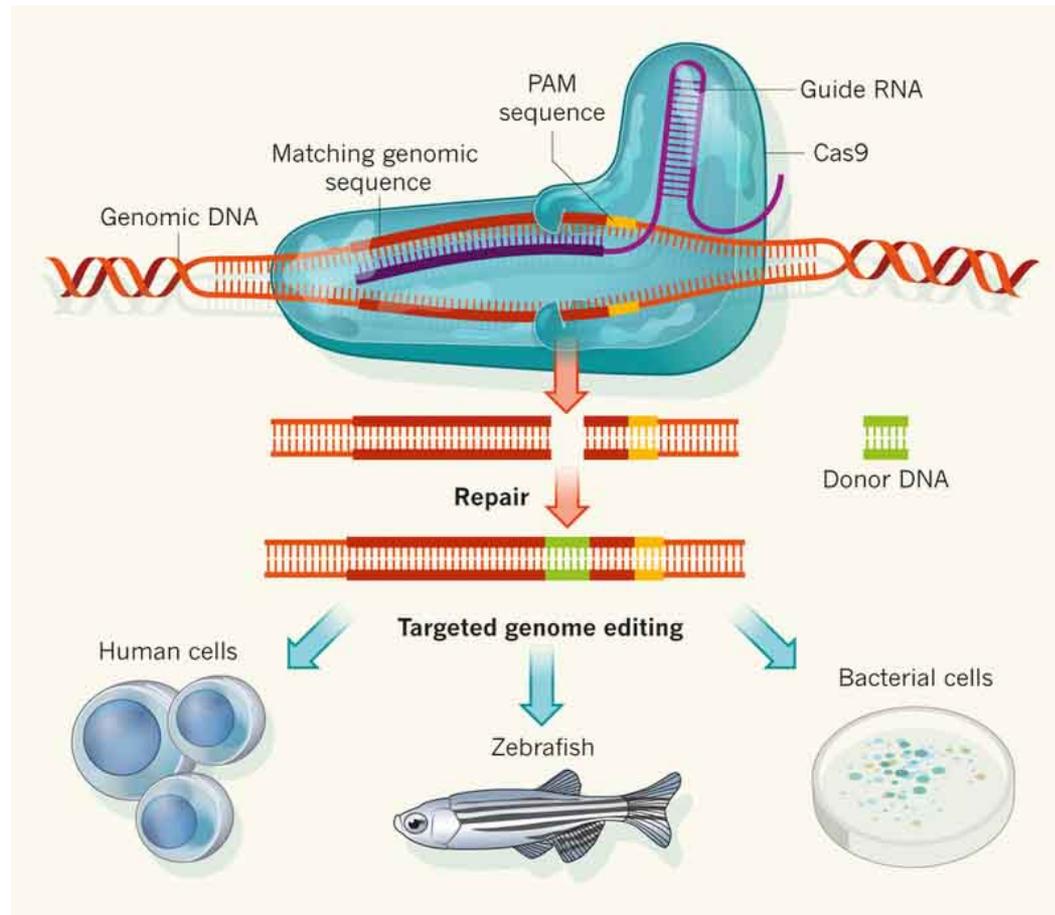
Modificazioni mirate analoghe a quelle ottenibili da incrocio

MIGLIORAMENTO GENETICO E “GENOME EDITING”: NUOVE TECNOLOGIE



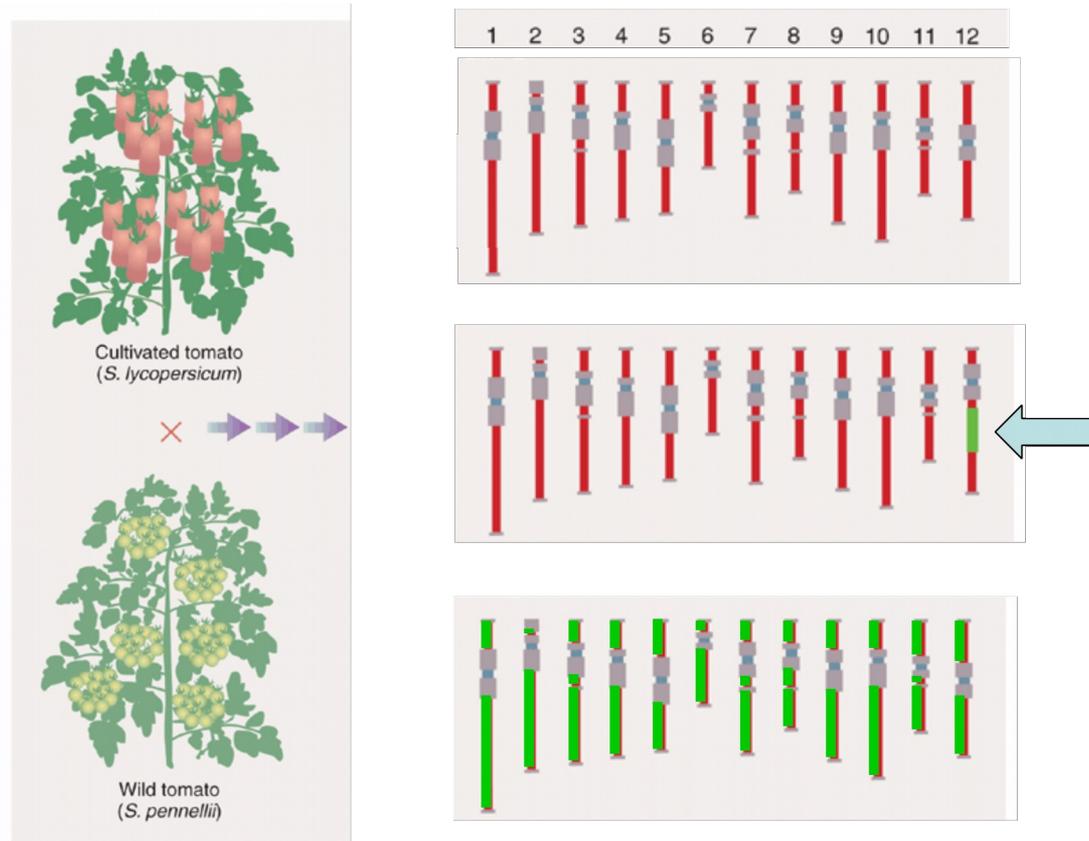
Modificazioni mirate analoghe a quelle spontanee

CRISPR/CAS: NUCLEASI DIRETTA DA RNA



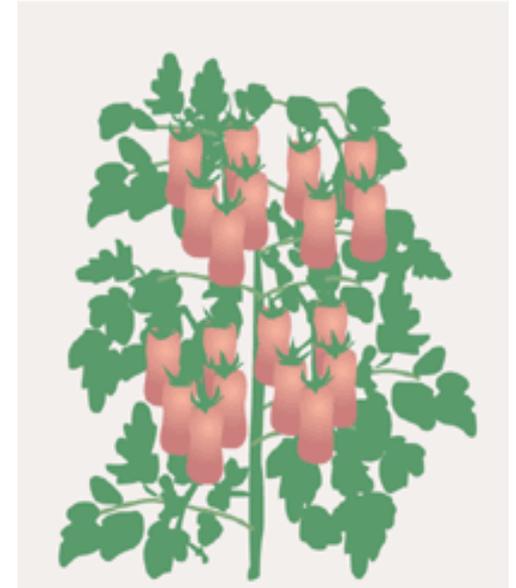
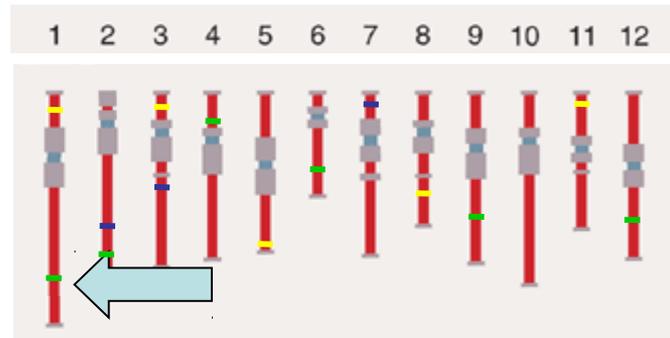
Modificazioni mirate analoghe a quelle spontanee

SOSTITUIRE L'INTROGRESSIONE DI CARATTERI TRAMITE REINCROCIO



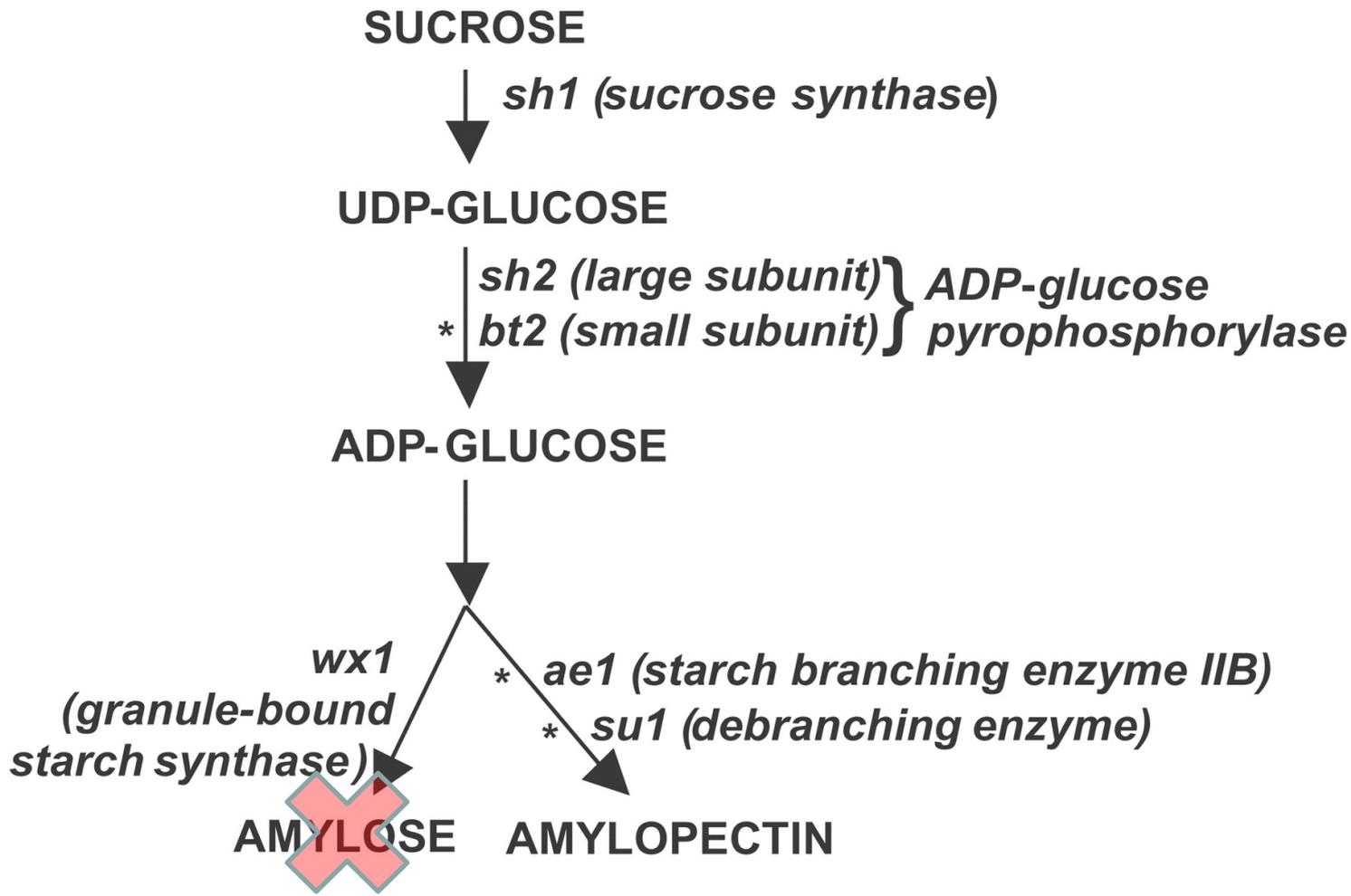
- Usare approccio cisgenico
- Più veloce, più preciso (si riduce linkage drag)
- Si preserva intatto il genotipo/varietà di partenza

SOSTITUIRE LA MUTAGENESI INDOTTA



- Eseguire modificazioni mirate usando il genome editing (CRISPR/CAS)
 - Si annullano le modificazioni indesiderate
 - Non c'è bisogno di autofecondare per mutazioni recessive
 - Si può preservare intatto il genotipo di partenza

IL MAIS WAXY: PRIMA APPLICAZIONE DI CRISPR/CAS

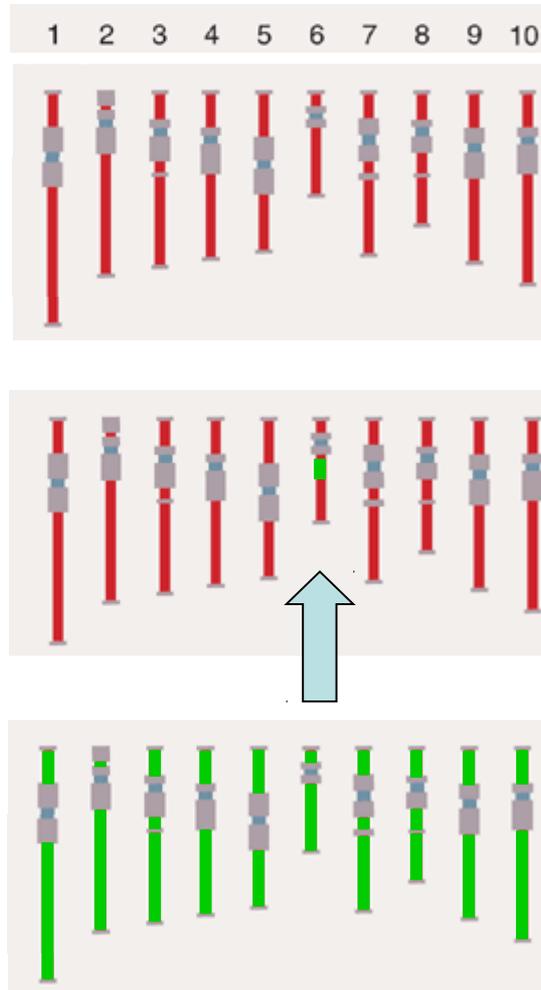


Mais waxy: amido con solo amilopectina, usato per usi industriali (amido, adesivi, carta superlucida). Perdita di produzione rispetto al normale: 5-10%.

INTROGRESSIONE DEL COLORE GIALLO DEL SEME VIA REINCROCIO



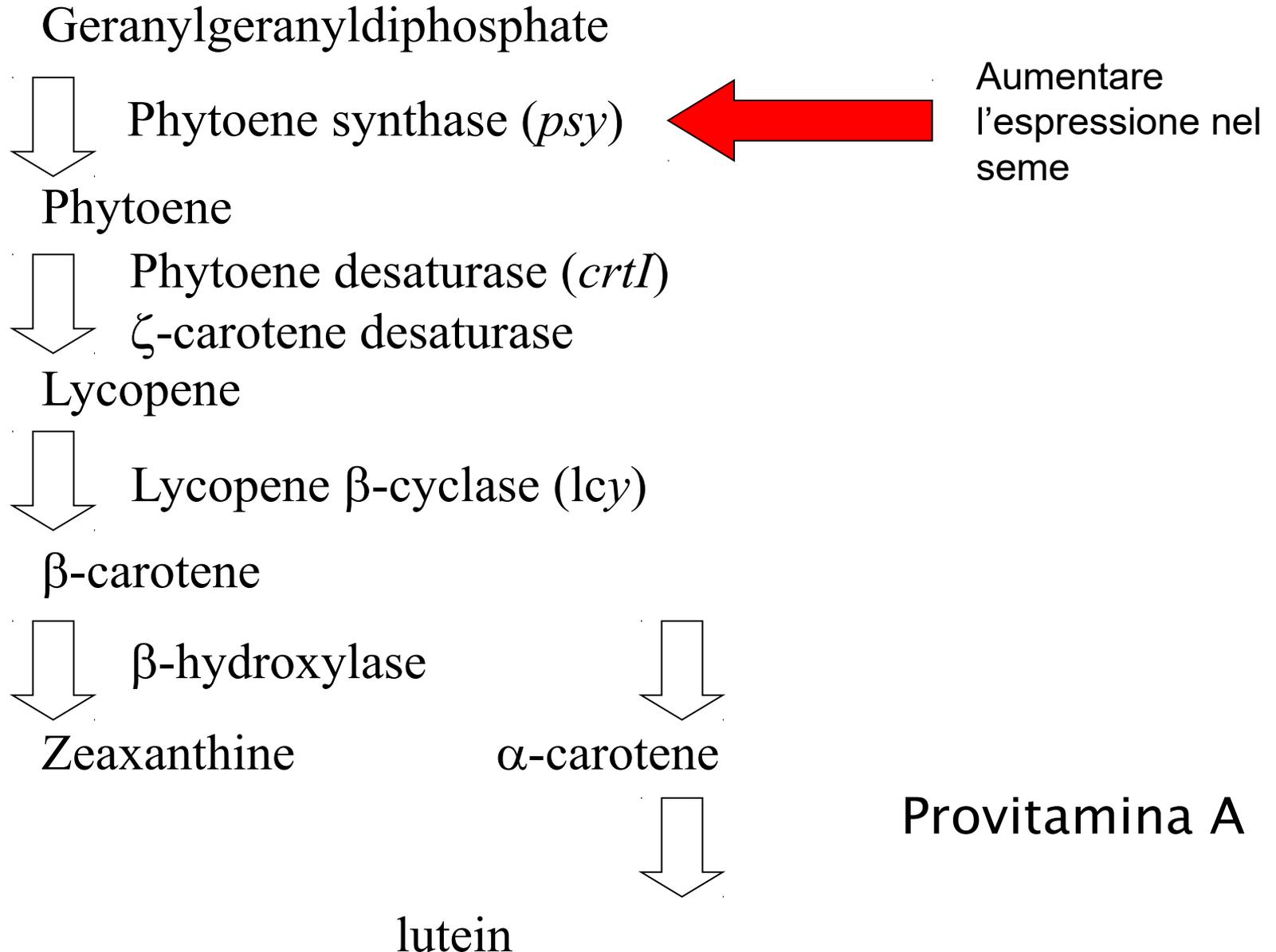
X



500000 basi di DNA sono state trasferite nel mais moderno assieme all'allele giallo:

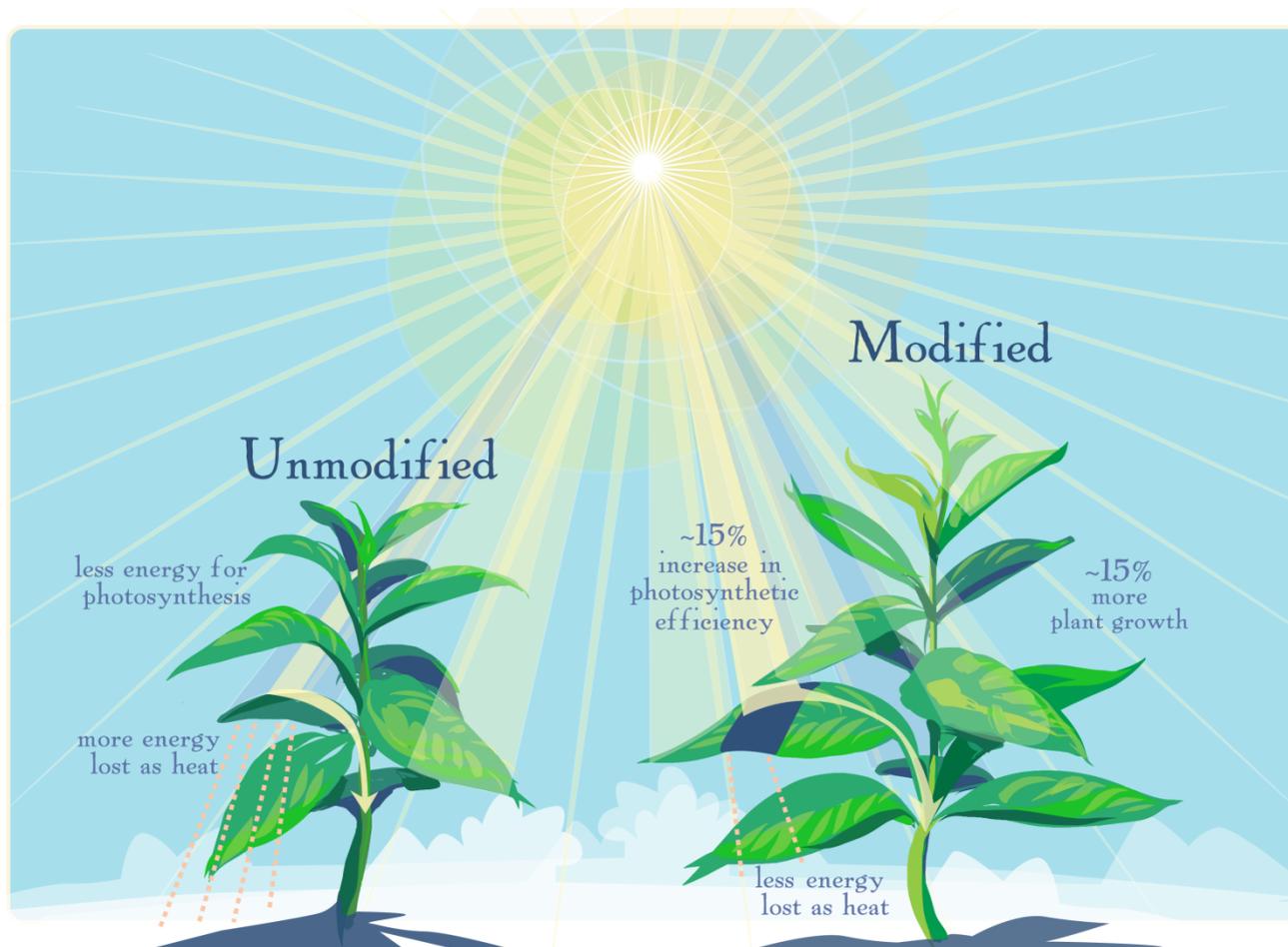
circa una dozzina di geni

MAIS GIALLO E CAROTENOIDI



MIGLIORARE L'EFFICIENZA FOTOSINTETICA

ST PHOTO: ALASTAIR MCINDOE
It will cost millions and take over 10 years to create a high-yielding rice plant.



THESIS

rice effectively as maize.
into rice will use more
less water and use less
boost yields by 10-15%.

IL MIGLIORAMENTO GENETICO DI PRECISIONE

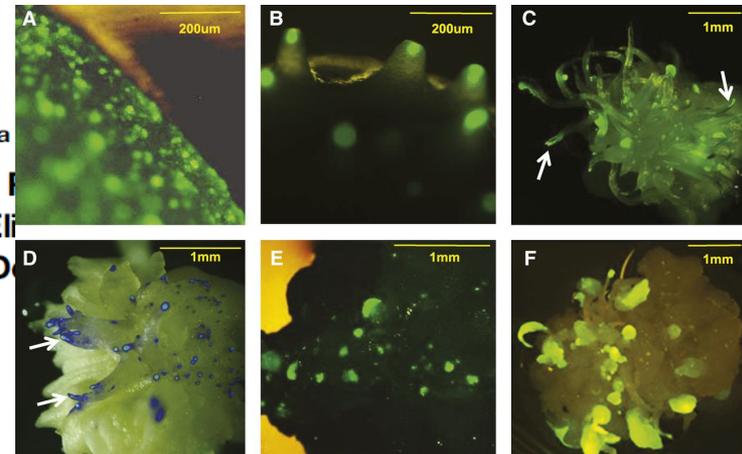
- E' basato sulla conoscenza delle basi genetiche dei caratteri
 - Necessità di investimenti e di ricerca
- E' basato sulla capacità di rigenerare in vitro le piante
 - Indipendentemente dal genotipo

The Plant Cell, Vol. 28: 1998–2015, September 2016, www.plantcell.org © 2016 American Society of Plant Biologists. All rights reserved.

BREAKTHROUGH REPORT

Morphogenic Regulators *Baby boom* and *Wuschel* Improve Monocot Transformation OPEN

Keith Lowe,^a Emily Wu,^a Ning Wang,^a George Hoerster,^a Craig Hastings,^a Brian Lenderts,^a Mark Chamberlin,^a Josh Cushatt,^a Lijuan Wang,^a Larisa I. Wei Hua,^a Maryanne Yu,^b Jenny Banh,^b Zhongmeng Bao,^a Kent Brink,^d Eli PM Shamseer,^e Wes Bruce,^f Lisa Newman,^a Bo Shen,^a Peizhong Zheng,^g D. Zuo-Yu Zhao,^a Deping Xu,^a Todd Jones,^a and William Gordon-Kamm^{a,1}



IL MIGLIORAMENTO GENETICO OGGI E DOMANI

- E' possibile identificare i geni responsabili per i diversi caratteri di interesse agronomico
 - Lo sviluppo tecnologico e scientifico stanno accelerando il processo: necessità di investimenti e di ricerca
- Marker assisted breeding
 - Sfrutta la variabilità esistente
 - Singoli marcatori per singoli geni: marker assisted selection
 - Marcatori multipli per un fenotipo complesso: genomic selection
- Modificazioni mirate dei geni
 - Crea nuova variabilità
 - Mutagenesi in planta mirata a produrre le mutazioni desiderate: genome editing
 - Approccio cisgenico
 - Approccio transgenico
- E' necessaria l'innovazione varietale
 - Le vecchie varietà sono come auto d'epoca
 - Hanno un mercato ma è di nicchia e per ricchi