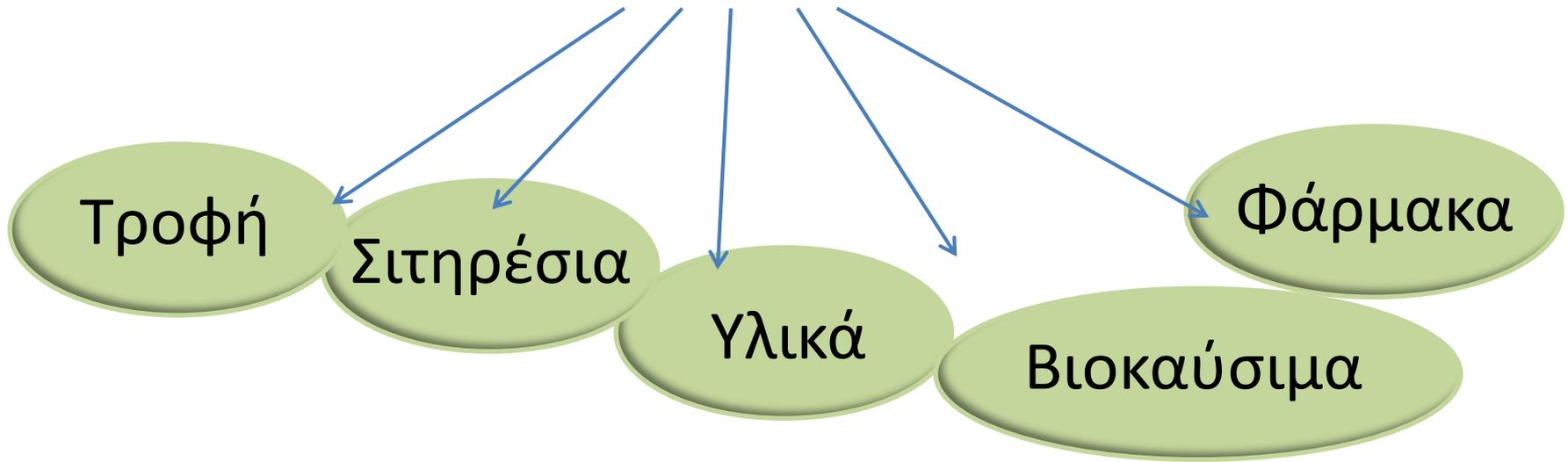


Από τη Βιοτεχνολογία Φυτών στην Παραγωγή Βιο-προϊόντων

Η γεωργία είναι μια παγκόσμια «βιομηχανία»



Ο θαυμαστός κόσμος των φυτών



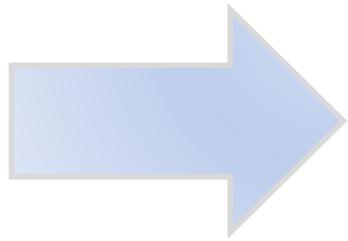
Στοιχεία από το έτος **2015**



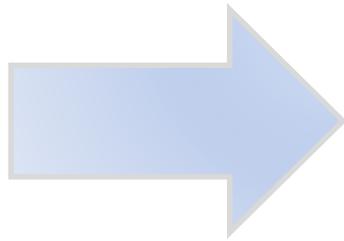
Στοιχεία από το έτος **2017**



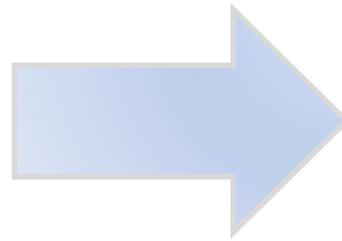
Συγχώνευση της έρευνας με την εφαρμογή



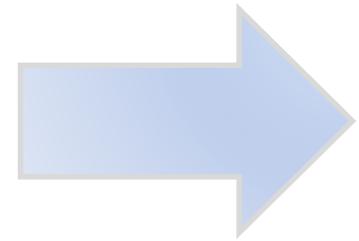
Ανακάλυψη



**Ανάπτυξη/
Δημιουργία**



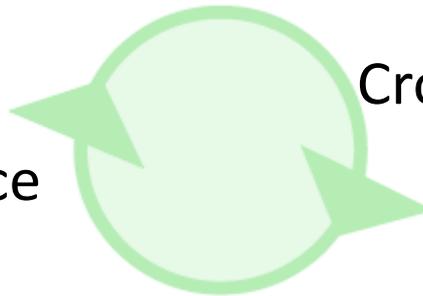
Επίδειξη



**Ανάπτυξη/
Εφαρμογή**



Plant science



Crop science



Επιστήμη των Φυτών και Προκλήσεις του 21^{ου} Αιώνα

Εξασφάλιση τροφής

Αύξηση της φυτικής παραγωγής με μείωση των εισροών στη γεωργία

Ανάγκη για παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές



Κλιματική αλλαγή

Διαθεσιμότητα νερού

Μείωση των ορυκτών αποθεμάτων

Πώς αναμένεται να επιτευχθεί αύξηση της φυτικής παραγωγής / βιομάζας;

Με την ανάπτυξη/δημιουργία φυτών που

- είναι ανθεκτικά στην ξηρασία ή σε άλλες καταπονήσεις
- απαιτούν λιγότερες εισροές και νερό
- είναι ανθεκτικά σε παθογόνα / εχθρούς
- είναι πιο θρεπτικά



Βελτίωση φυτών

Στρατηγικές τροποποίησης γονιδιωμάτων

- **Κλασική Βελτίωση**
 - Επιλογή επιθυμητών χαρακτηριστικών
- **Μοριακή Βελτίωση**
 - Χρήση μοριακών τεχνικών στη διαδικασία βελτίωσης
- **Τεχνολογίες μεταφοράς DNA**
 - Τροποποίηση του γονιδιώματος με γενετική μηχανική

Κλασική βελτίωση φυτών



1822-1884

Οι έρευνες του **Mendel**
αποτελούν την επαρχή της
επιστήμης της γενετικής και της
βελτίωσης των φυτών

Τεχνητή επιλογή

...στην ντομάτα



...στην πιπεριά



Πράσινη Επανάσταση (1950-1960)



Norman Borlaug (1914-2009)
“The father of Green Revolution”

Nobel Peace Prize 1970

Αύξηση της αγροτικής παραγωγής με:

- Καλλιέργειες υψηλών αποδόσεων και ανθεκτικές σε ασθένειες
- Μονοκαλλιέργειες
- Μοντέρνες τεχνικές στη γεωργία (άρδευση, λιπάσματα, γεωργικά φάρμακα)

Βελτίωση φυτών

Στρατηγικές τροποποίησης γονιδιωμάτων

- Κλασική Βελτίωση
 - Επιλογή επιθυμητών χαρακτηριστικών
- **Μοριακή Βελτίωση**
 - Χρήση μοριακών τεχνικών στη διαδικασία βελτίωσης
- Τεχνολογίες μεταφοράς DNA
 - Τροποποίηση του γονιδιώματος με γενετική μηχανική

Δημιουργία ποικιλιών ρυζιού ανθεκτικών σε κατάκλιση



Julia Bailey-Serres et al, 2010, Rice Submergence Tolerant Rice: SUB1's Journey from Landrace to Modern Cultivar

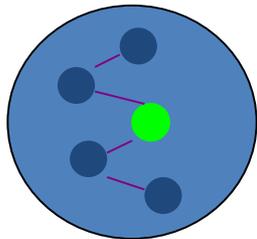
Βελτίωση φυτών

Στρατηγικές τροποποίησης γονιδιωμάτων

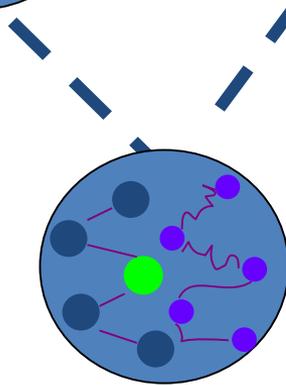
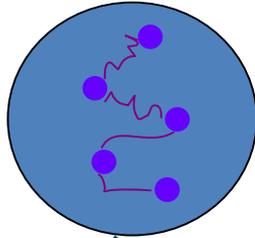
- Κλασική Βελτίωση
 - Επιλογή επιθυμητών χαρακτηριστικών
- Μοριακή Βελτίωση
 - Χρήση μοριακών τεχνικών στη διαδικασία βελτίωσης
- **Τεχνολογίες μεταφοράς DNA**
 - Τροποποίηση του γονιδιώματος με γενετική μηχανική

Τεχνολογία ανασυνδυασμένου DNA και βελτίωση φυτών

Wild Relative

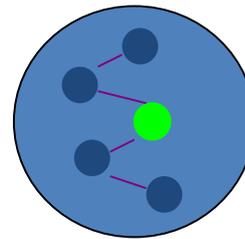


Crop Plant

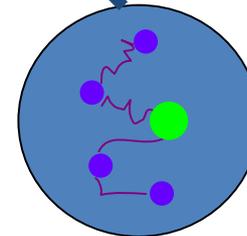
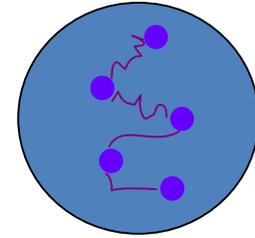


Conventional Breeding

Wild Relative



Crop Plant



Genetic Engineering

Τεχνολογία ανασυνδυασμένου DNA και βελτίωση φυτών

- Μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλα τα είδη φυτών
- Επιτρέπει την μεταφορά μεμονωμένων επιθυμητών γονιδίων
- Απαιτεί μια μέθοδο μεταφοράς των γονιδίων στα φυτικά κύτταρα
- Απαιτεί κύτταρα που θα μπορούν να επαναδημιουργήσουν ένα ολόκληρο φυτό από μεμονωμένα γενετικώς τροποποιημένα κύτταρα

Agrobacterium tumefaciens

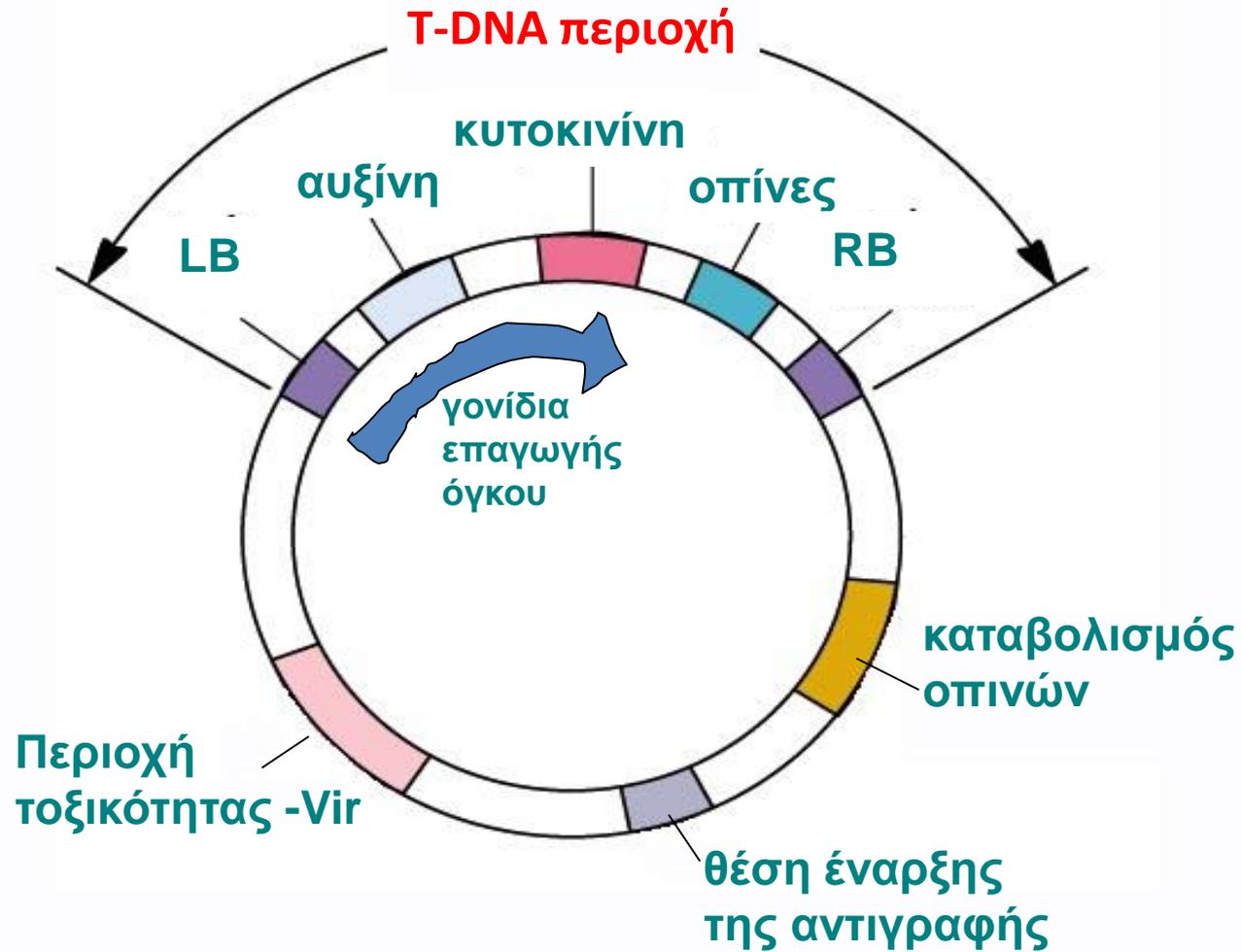


Gram-αρνητικό βακτήριο
της ριζόσφαιρας

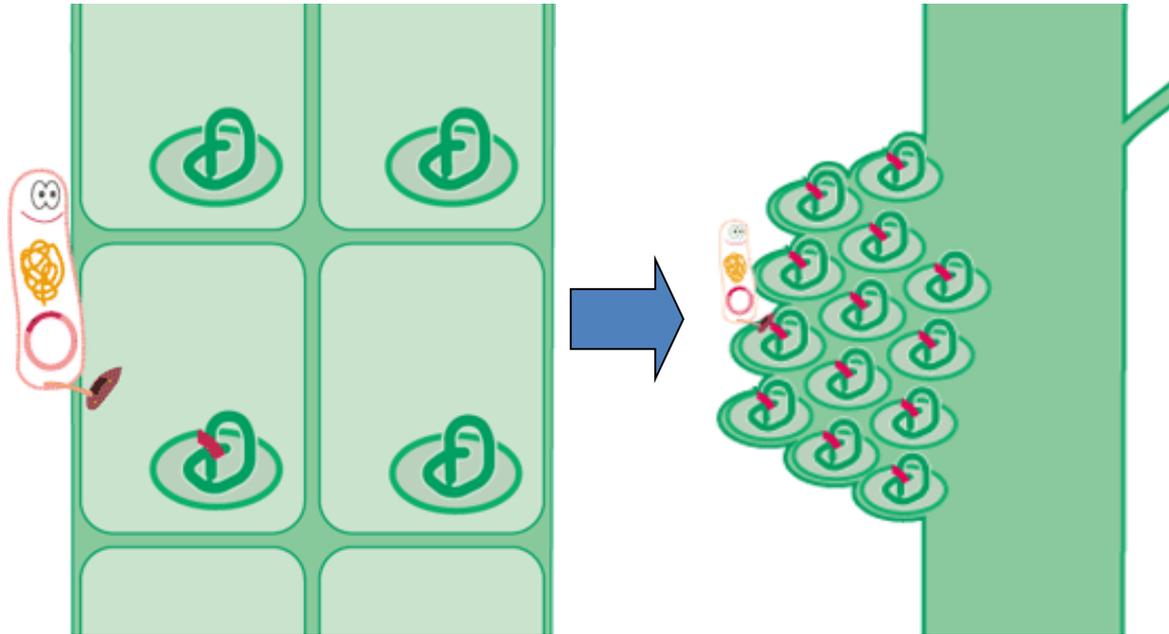


Υπεύθυνο για την ασθένεια του
“κορωνοτού κάλλου”

Το πλασμίδιο Ti (tumour-inducing)

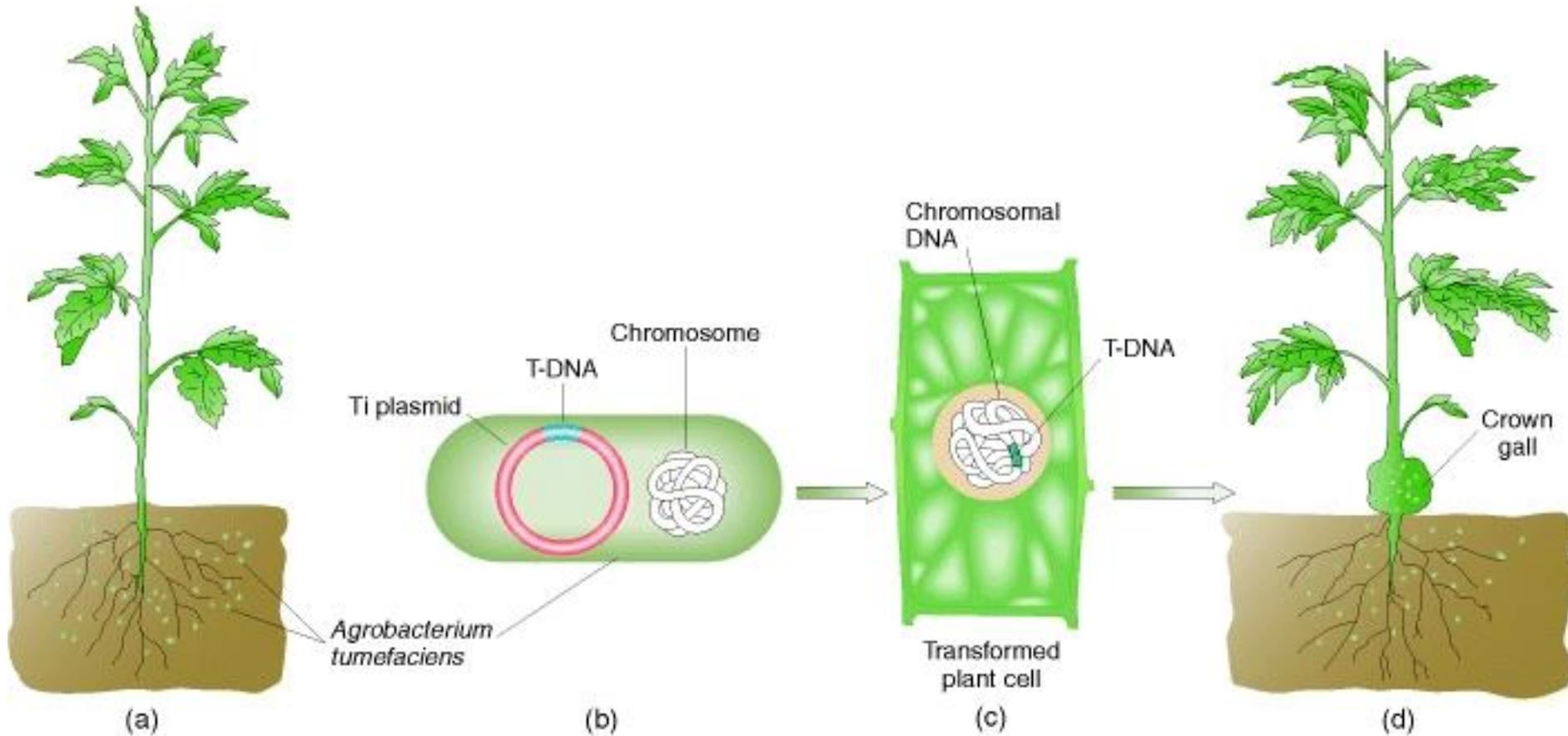


Η διαδικασία της μόλυνσης

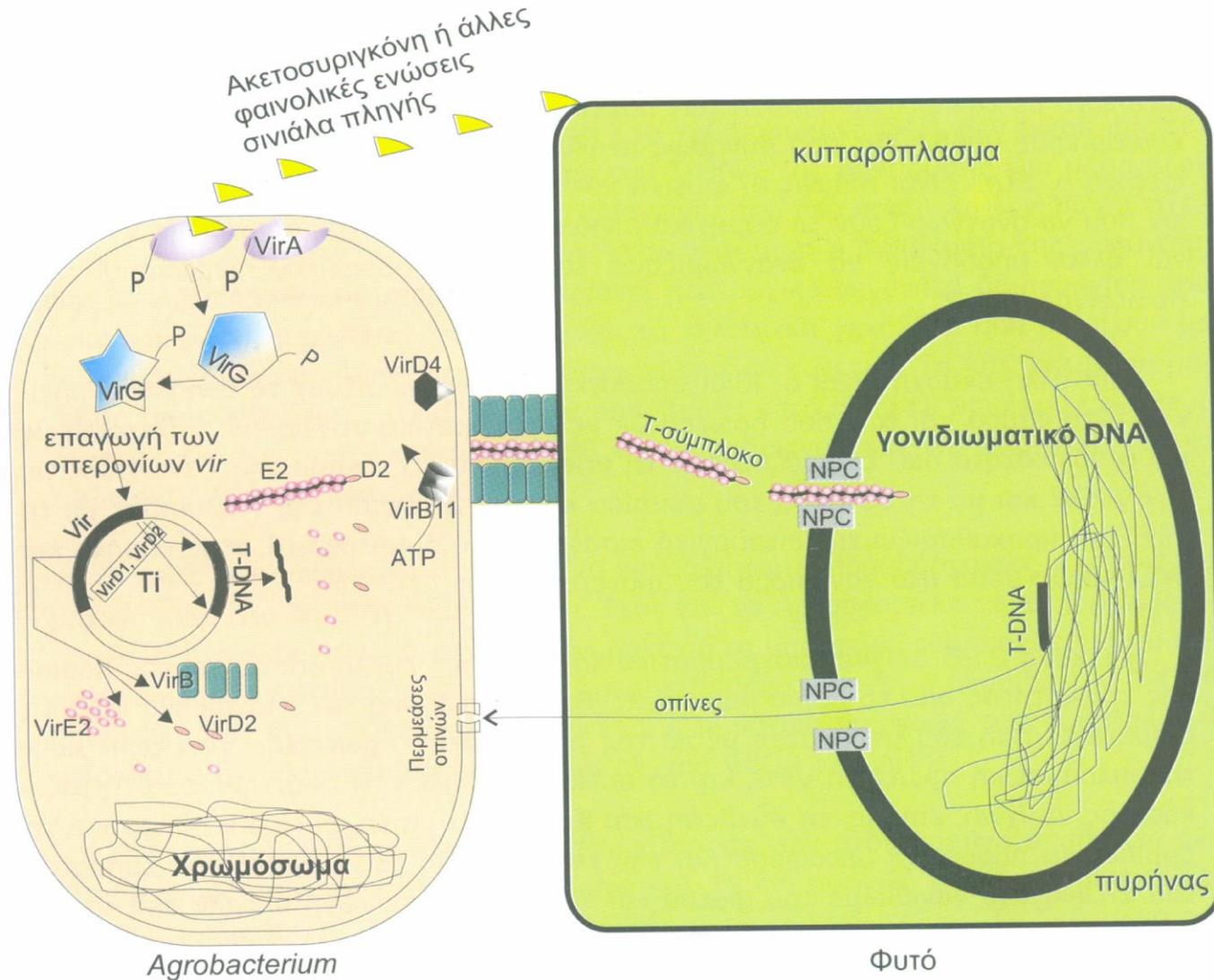


- Το *A. tumefaciens* τρέφεται με εκκρινόμενες ουσίες της ρίζας του φυτού
- μολύνει μέσω τραυματισμένων ιστών του φυτού

Η διαδικασία της μόλυνσης

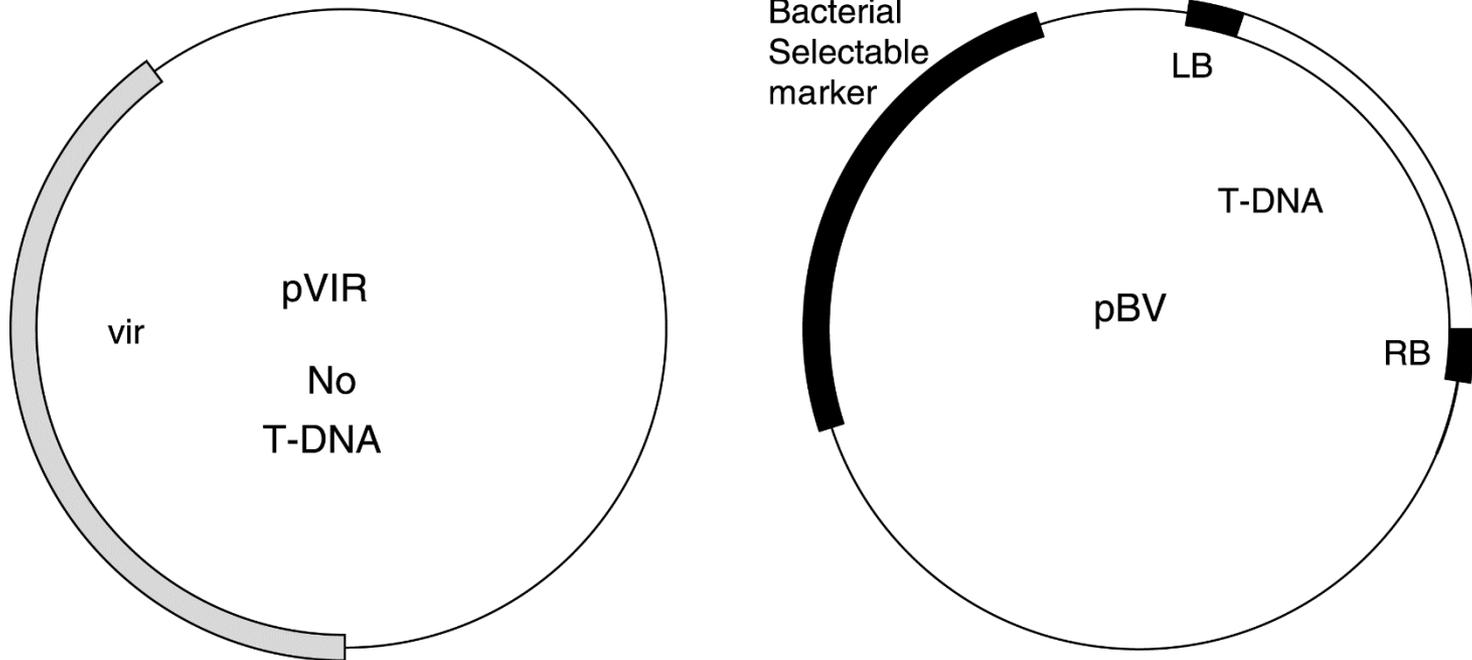


Η διαδικασία της μόλυνσης



Διαδικό σύστημα (σύστημα *trans*)

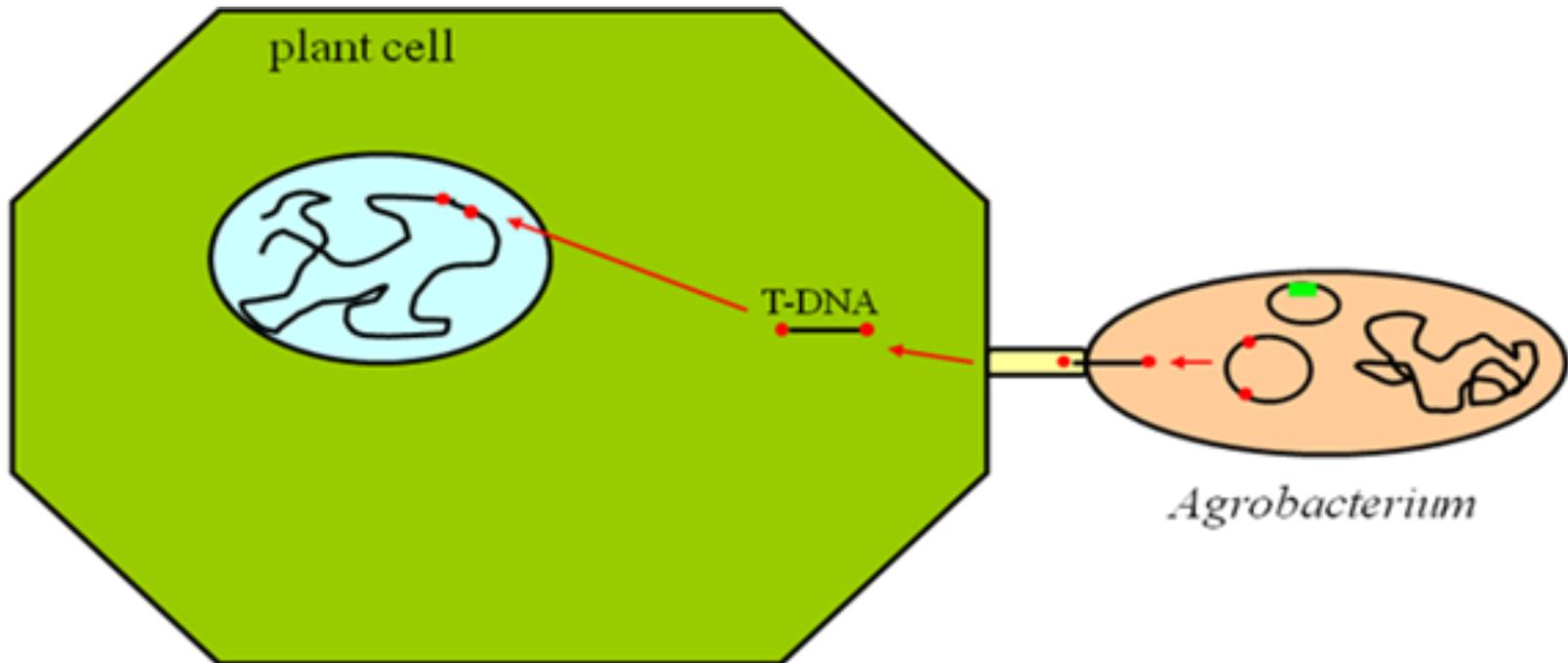
Binary vectors



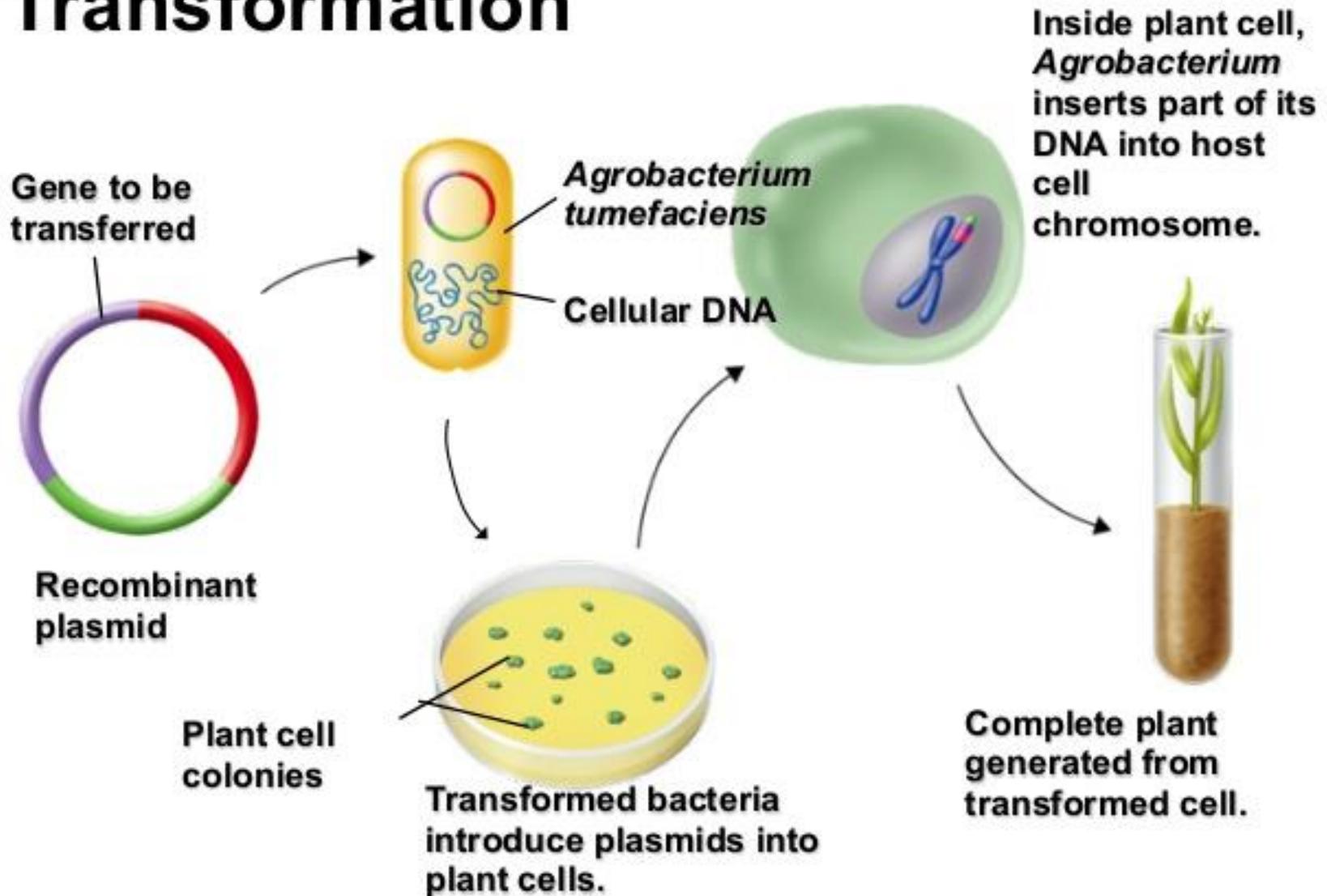
Το γονίδιο προς μεταφορά στο φυτικό γονιδίωμα και τα *vir* γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά πλασμίδια, τα οποία συνυπάρχουν ανεξάρτητα και αυτόνομα μέσα στο *Agrobacterium*

Διαδικό σύστημα (σύστημα *trans*)

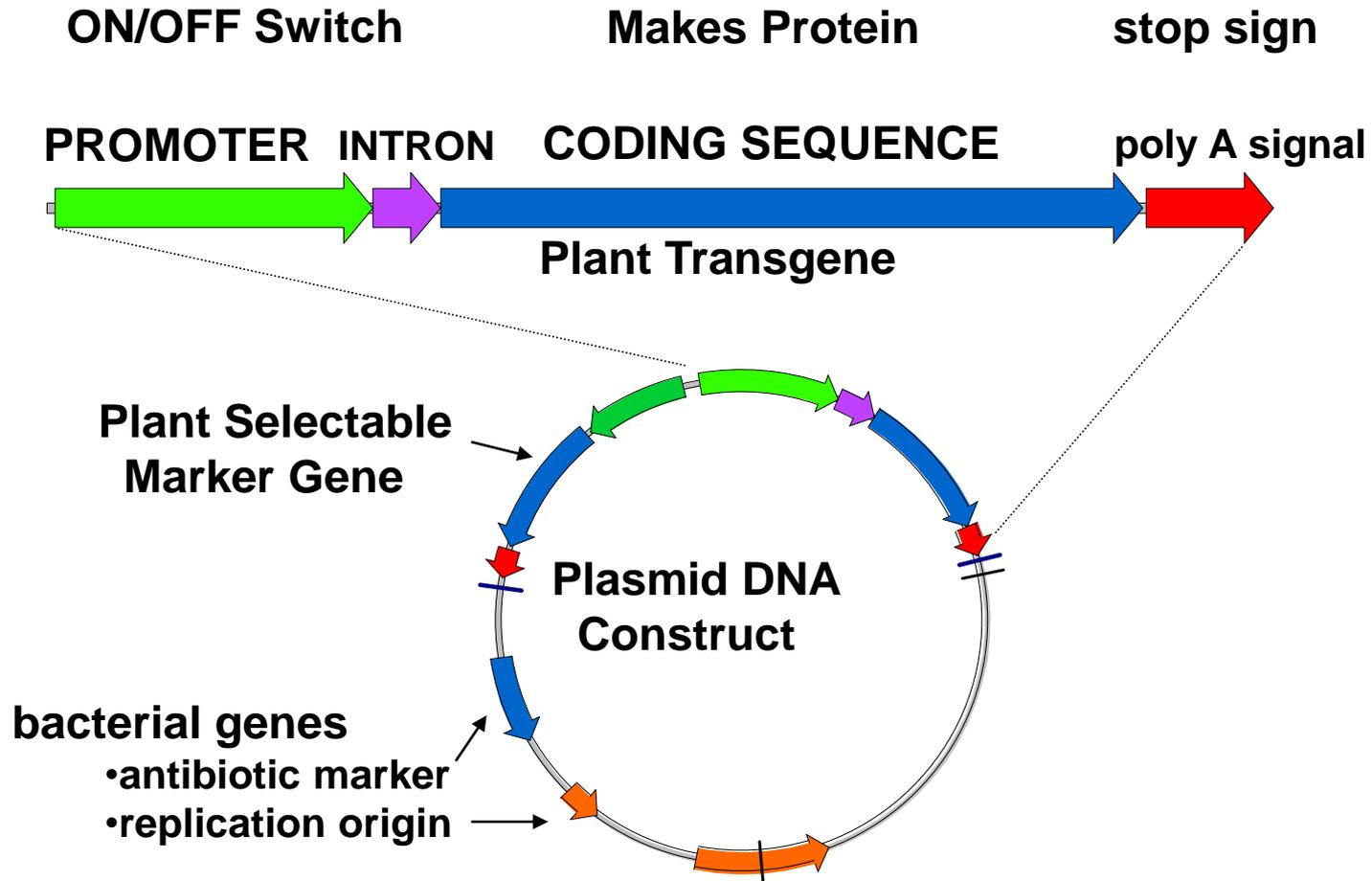
Binary vectors



Transformation



Κατασκευή πλασμιδίου



Συστατικοί υποκινητές στα διαγονιδιακά φυτά

- ✓ προκαθορίζουν την έκφραση του γονιδίου σε όλους σχεδόν τους ιστούς σε παραπλήσια επίπεδα

Παραδείγματα:

35S από CaMV (ιός του μωσαϊκού του καπνού)

nos (συνθάση της νοπαλίνης)

ubiquitin I (καλαμπόκι)

actin (ρύζι) για μονοκότυλα

Ρυθμιζόμενοι κατά συνθήκη υποκινητές

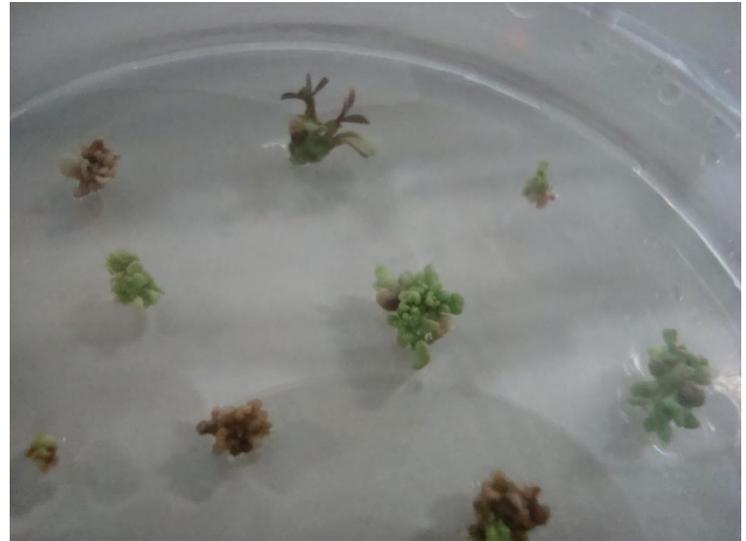
Ιστοειδικοί
Επαγώμενοι

Μεταμόρφωση φυτών μέσω του *Agrobacterium*

- ✚ Κλωνοποίηση του γονιδίου (ή τμήματός του) στη πολυδύναμη θέση κλωνοποίησης του κατάλληλου φορέα
- ✚ Εισαγωγή του γονιδίου σε ένα κατάλληλο στέλεχος *Agrobacterium tumefaciens*
- ✚ Συν-καλλιέργεια του τροποποιημένου γενετικά *A. tumefaciens* με τα κατάλληλα έκφυτα φυτών από τα οποία μπορεί να προέλθουν ολόκληρα φυτά
- ✚ Καλλιέργεια έκφυτου, αρχικώς στην παρουσία κάποιου βακτηριοστατικού παράγοντα που παρεμποδίζει την ανάπτυξη του *Agrobacterium* αλλά όχι των φυτικών κυττάρων (π.χ. cefotaxime) και σε παράγοντα επιλογής για την επιλογή των μεταμορφωμένων φυτικών κυττάρων/ τμημάτων
- ✚ Επιλογή των αναγεννημένων φυτών για την έκφραση των δεικτών επιλογής ή αναφοράς
- ✚ Ανάπτυξη των απογόνων των μεταμορφωμένων φυτών και καθορισμός της κληρονομικότητας του εισαχθέντος γονιδίου

Μετασχηματισμός φυτών – Δημιουργία κάλλου

Ο μετασχηματισμός των περισσότερων φυτών γίνεται μέσω της ανάπτυξης κάλλου και απαιτείται αναγέννηση των φυτών με ιστοκαλλιέργεια



Ο μετασχηματισμός του *Arabidopsis thaliana*



Μέθοδος: “εμβάπτιση ανθέων”

Εμβάπτιση φυτών Arabidopsis thaliana σε εναιώρημα κυττάρων Agrobacterium tumefaciens

Βομβαρδισμός σωματιδίων

Βιολογική, επιταχυντής σωματιδίων, γονιδιακό όπλο, όπλο σωματιδίων

Χρήση επιταχυνόμενων με μεγάλη ταχύτητα σωματιδίων (από χρυσό ή βολφράμιο) στα οποία συνδέεται το DNA προς μεταφορά έτσι ώστε να διαπερνώνται οι εξωτερικές κυτταρικές στοιβάδες ή τα κυτταρικά τοιχώματα και να εισέρχεται το DNA στο κύτταρο

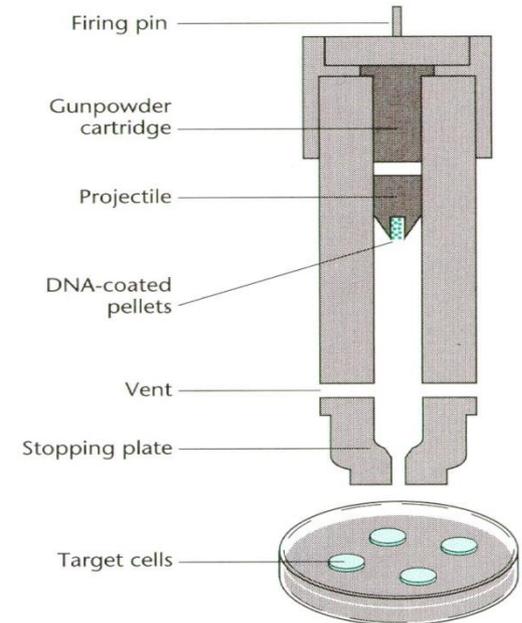
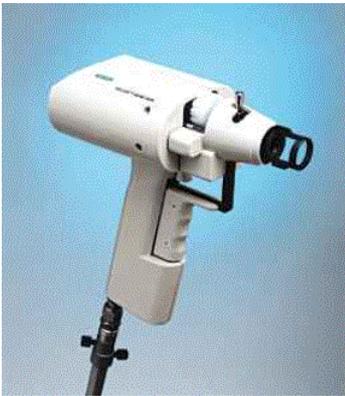


Figure 15.3

***DNA Particle Gun.** The DNA particle gun, developed by John C. Sanford of Cornell University, fires tungsten pellets coated with DNA into plant cells. The pellets are held by a plastic microprojectile, which is accelerated by a gunpowder charge. The plate stops the microprojectile; momentum sends the DNA-coated pellets into the target. The instrument shown is the Biolistic® system from Bio-Rad, but other instruments using variations of this basic principle have been developed.*

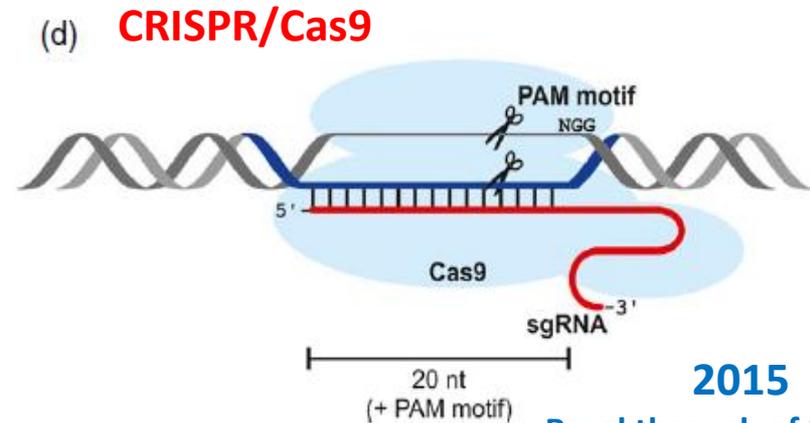
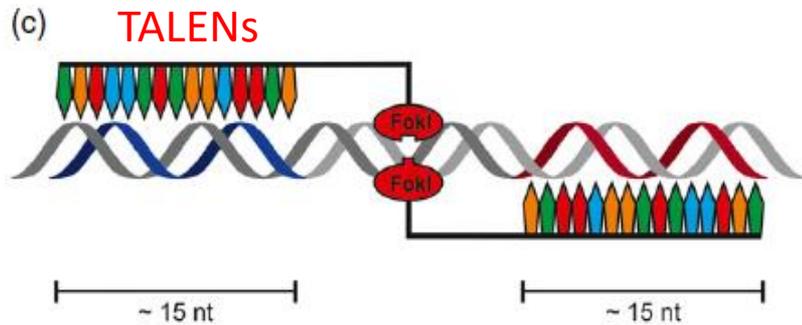
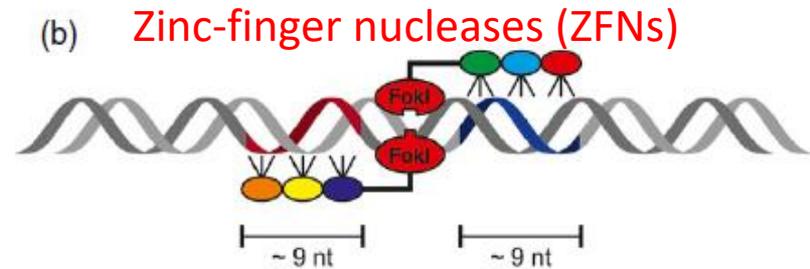
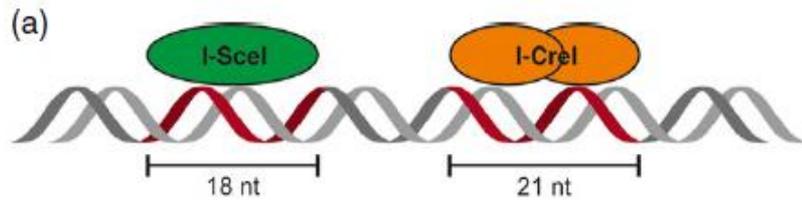
Παραγωγή διαγονιδιακών φυτών ελεύθερων από γονίδια επιλογής - clean gene technology

Χρήση κατάλληλων πλασμιδιακών φορέων, οι οποίοι:

- φέρουν γονίδια επιλογής χωρίς επικίνδυνες βιολογικές δραστηριότητες
- επιτρέπουν την ένθεση του ξένου γονιδίου και του γονιδίου επιλογής σε διαφορετικές περιοχές του γονιδιώματος του φυτού, μη συνδεδεμένες μεταξύ τους
- αυξάνουν τη συχνότητα των ανασυνδυασμών με αποτέλεσμα την εξαγωγή του γονιδίου επιλογής
- επιτρέπουν την εξαγωγή του γονιδίου επιλογής από το φυτικό γονιδίωμα με χρήση συστημάτων ρεκομπινάσης με εξειδίκευση θέσης

Επεξεργασία Γονιδιώματος – Genome Editing

Συνθετικές Νουκλεάσες για Γονιδιωματική Μηχανική



2011
Method of the year
Nature Methods

2015
Breakthrough of the year
Science

Ενσωμάτωση με ακρίβεια θέσης του επιθυμητού γενετικού υλικού σε πολύ καθορισμένες θέσεις μέσα στο γονιδίωμα

Η κατασκευή **CRISPR/Cas9**
ενσωματώνεται στην
περιοχή **T-DNA** και ο
μετασχηματισμός των
φυτών γίνεται με το
Αγροβακτήριο

ARTICLE **January 2019**

<https://doi.org/10.1038/s42003-019-0288-7>

OPEN

CRISPR/Cas9 editing of endogenous *banana streak virus* in the B genome of *Musa* spp. overcomes a major challenge in banana breeding

Jaindra N. Tripathi¹, Valentine O. Ntui¹, Mily Ron², Samwel K. Muiruri¹, Anne Britt² & Leena Tripathi¹ ¹

Διαγονιδιακά Φυτά στο εμπόριο

Figure: The pipeline of GM crops from early R&D to commercialization



- ✓ Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα
- ✓ Ανθεκτικότητα σε έντομα
- ✓ Ανθεκτικότητα σε ασθένειες (βακτήρια, μύκητες, ιοί)
- ✓ Αντοχή σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις
- ✓ Υψηλή παραγωγή/απόδοση
- ✓ Τροποποίηση της ποιότητας κάποιου προϊόντος

Οι κυριότερες ΓΤ καλλιέργειες παγκοσμίως

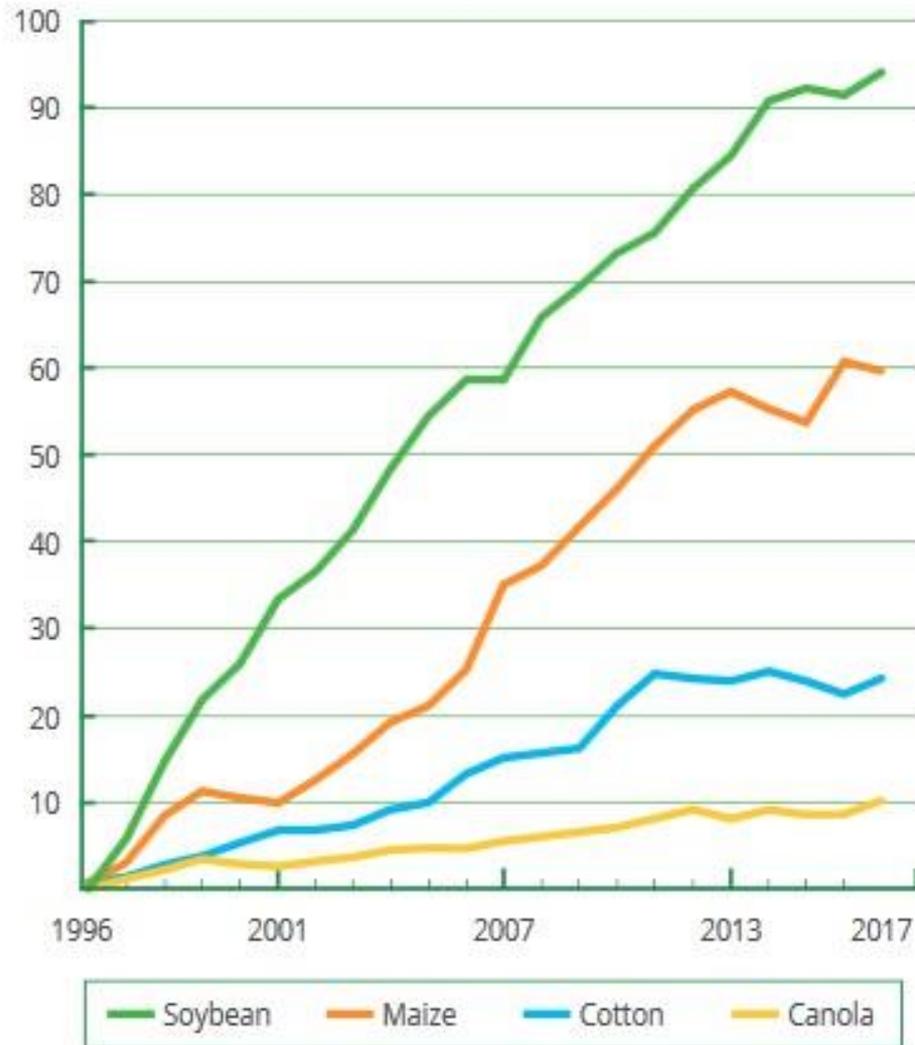


Figure 16. Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2017: by Crop (Million Hectares)

Source: ISAAA, 2017

ΓΤ καλλιέργειες σε Αμερική και Καναδά το 2017

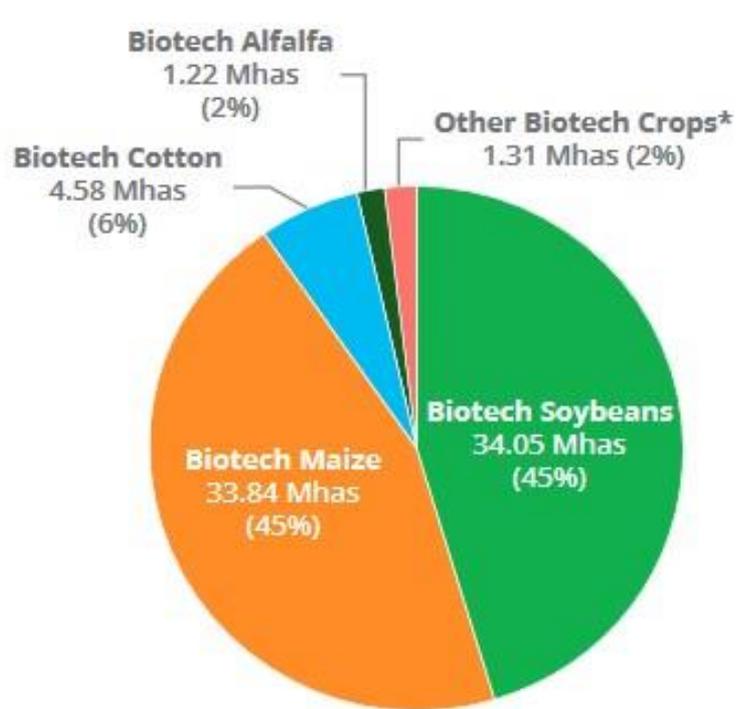


Figure 3. Biotech Crops Planted in the USA, 2017

* Biotech canola, biotech sugar beets, biotech potato, biotech apples, biotech squash, and biotech papaya.

Source: ISAAA, 2017

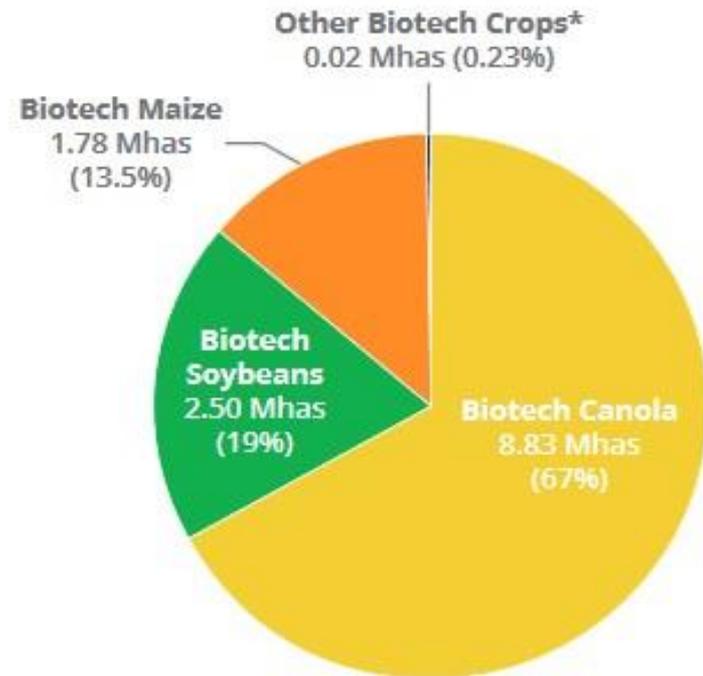


Figure 6. Biotech Crops Planted in Canada, 2017

* Biotech sugar beets, biotech alfalfa, and biotech potato

Source: ISAAA, 2017

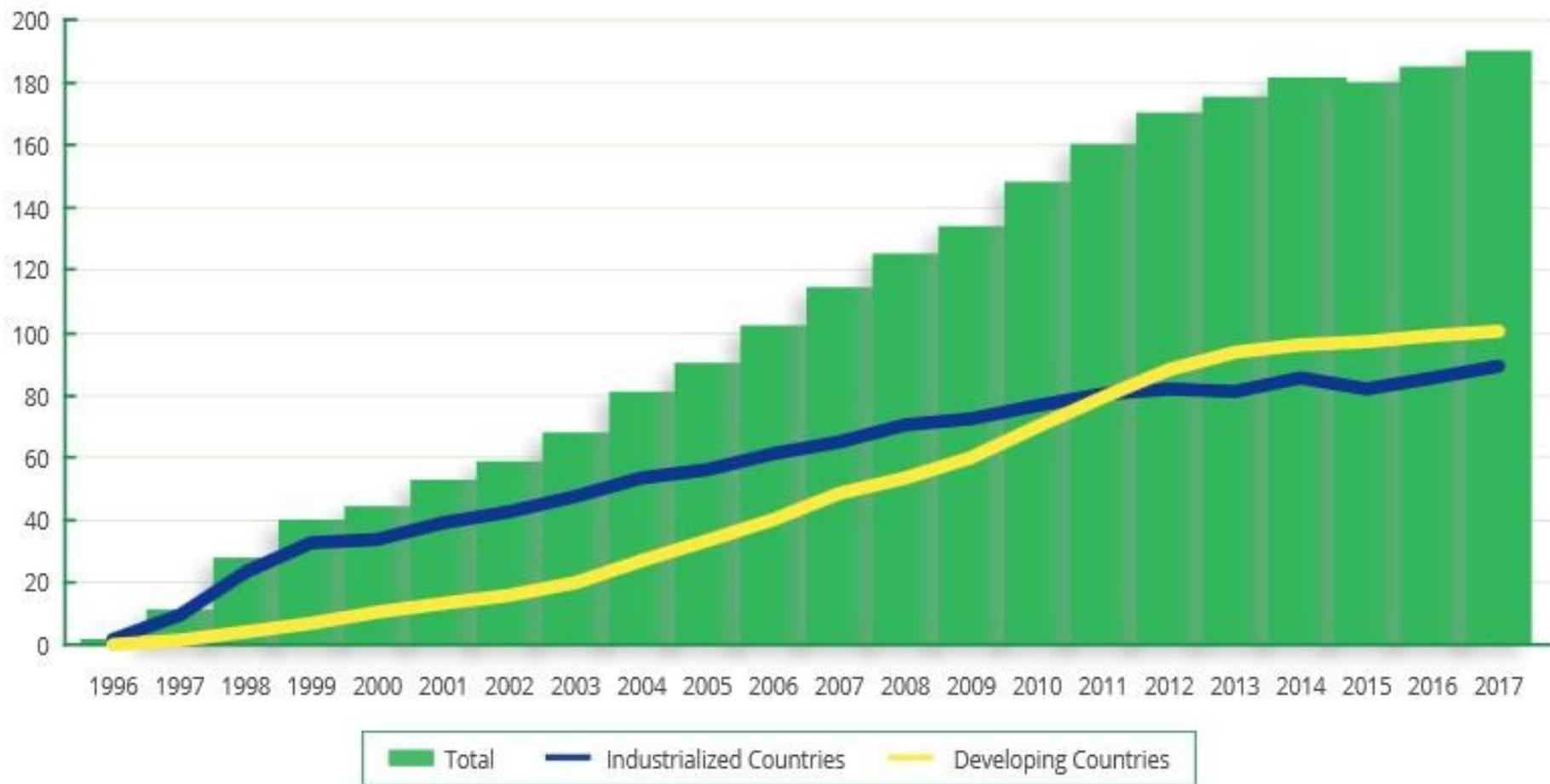
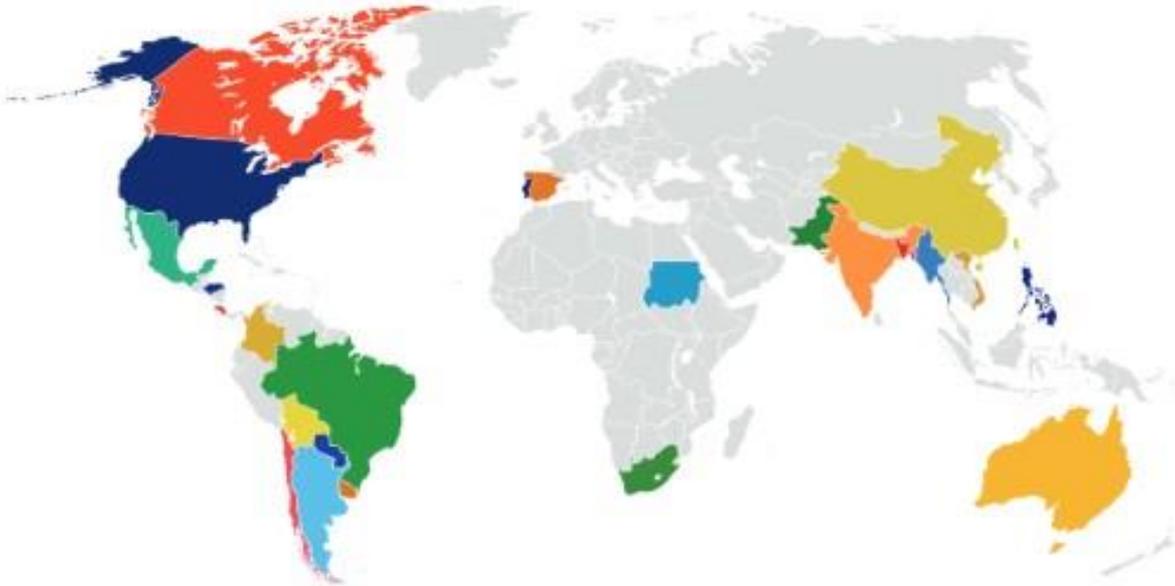


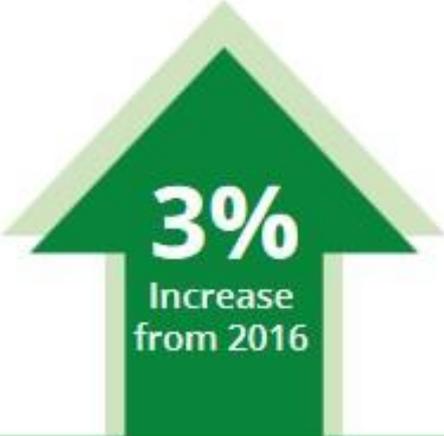
Figure 1. Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2017: Industrialized and Developing Countries (Million Hectares)

Source: ISAAA, 2017

Figure 2. Global Area (Million Hectares) of Biotech Crops, 1996 to 2017, by Country, Mega-Countries, and for the Top Ten Countries



24 countries which have adopted biotech crops



In 2017, global area of biotech crops was 189.8 million hectares, representing an increase of 3% from 2016, equivalent to 4.7 million hectares.

Source: ISAAA, 2017

50,000 hectares, or more

1. USA	75.0 million
2. Brazil*	50.2 million
3. Argentina*	23.6 million
4. Canada	13.1 million
5. India*	11.4 million
6. Paraguay*	3.0 million
7. Pakistan*	3.0 million
8. China*	2.8 million
9. South Africa*	2.7 million
10. Bolivia*	1.3 million
11. Uruguay*	1.1 million
12. Australia	0.9 million
13. Philippines*	0.6 million
14. Myanmar*	0.3 million
15. Sudan*	0.2 million
16. Spain	0.1 million
17. Mexico*	0.1 million
18. Colombia*	0.1 million

Less than 50,000 hectares

Vietnam*	Portugal
Honduras*	Bangladesh*
Chile*	Costa Rica*

* Developing countries

Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα - Στρατηγικές

1. Αποτοξικοποίηση ζιζανιοκτόνου με εισαγωγή γονιδίων βακτηριακής (κυρίως) ή φυτικής προέλευσης
απαραίτητες ιδιότητες γονιδίων

- απόλυτη εξειδίκευση
- μονογονιδιακός χαρακτήρας
- να μην απαιτεί πολύπλοκα συνένζυμα
- καλή ενζυμική κινητική
- απουσία τοξικότητας του προϊόντος αντίδρασης

Δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον τρόπο δράσης

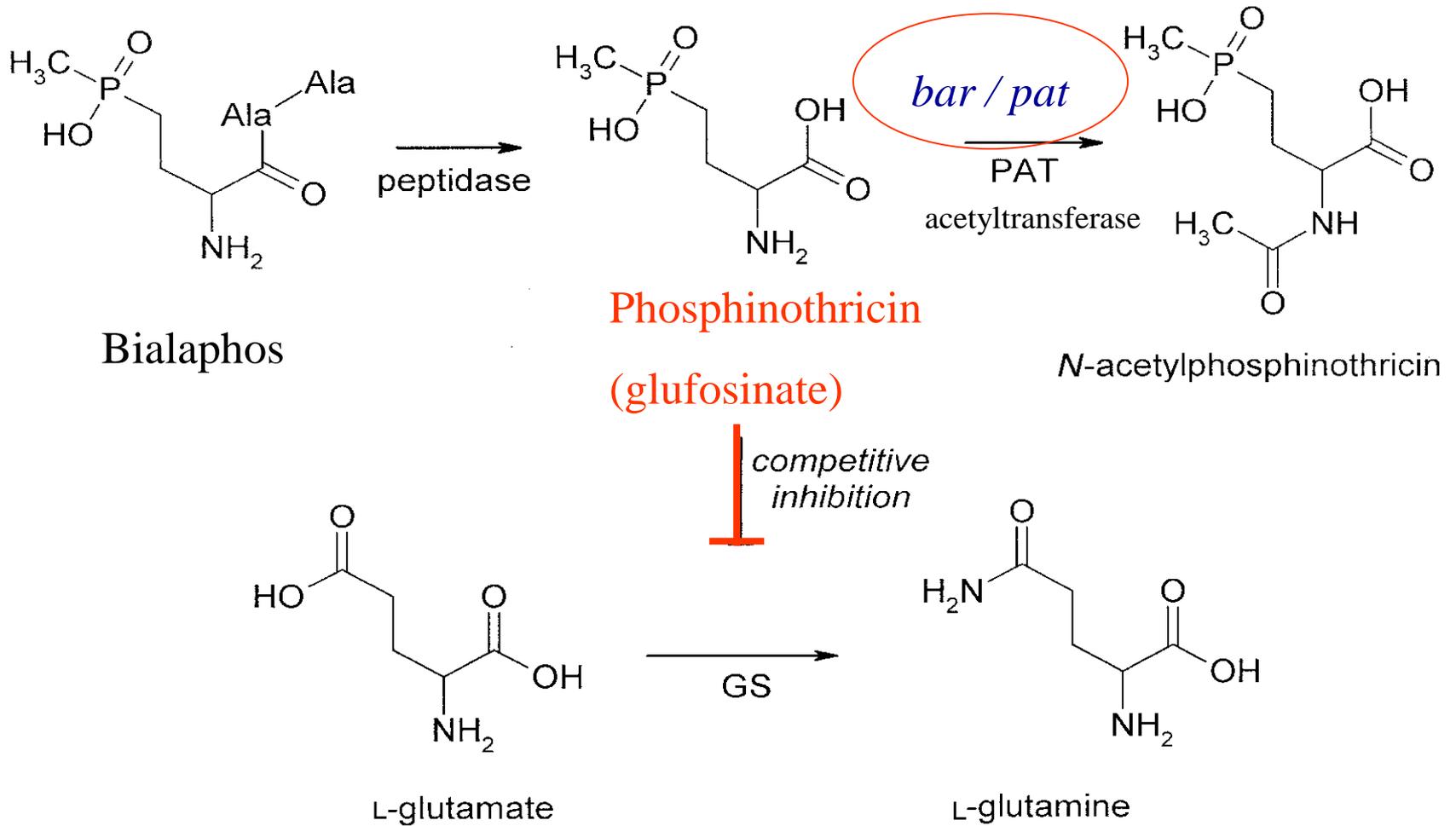
2. Υπερπαραγωγή της φυσιολογικής, μη-τροποποιημένης πρωτεΐνης-στόχου

3. Τροποποίηση της πρωτεΐνης-στόχου

- γνωστή η βιοχημική θέση δράσης
- δυνατότητα στη μοριακή μηχανική τροποποίησης

4. Ενίσχυση της αποτοξικοποίησης από ενδογενείς μηχανισμούς του φυτού (κυτοχρωμα P450, μεταφοράση S της γλουταθειόνης, GST)

Ανθεκτικότητα στο glufosinate (phosphinotricin) - BASTA



στρατηγική 1: εισαγωγή γονιδίων αποτοξικοποίησης (βακτηριακής προέλευσης)

Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα



Roundup Ready Soybeans



Traditional
Soybeans




Bollgard
with
Roundup Ready[®]
Cotton



Ανθεκτικότητα σε έντομα

εισαγωγή γονιδίων βακτηριακής προέλευσης

***Bacillus thuringiensis* (βακτήριο *Bt*):**

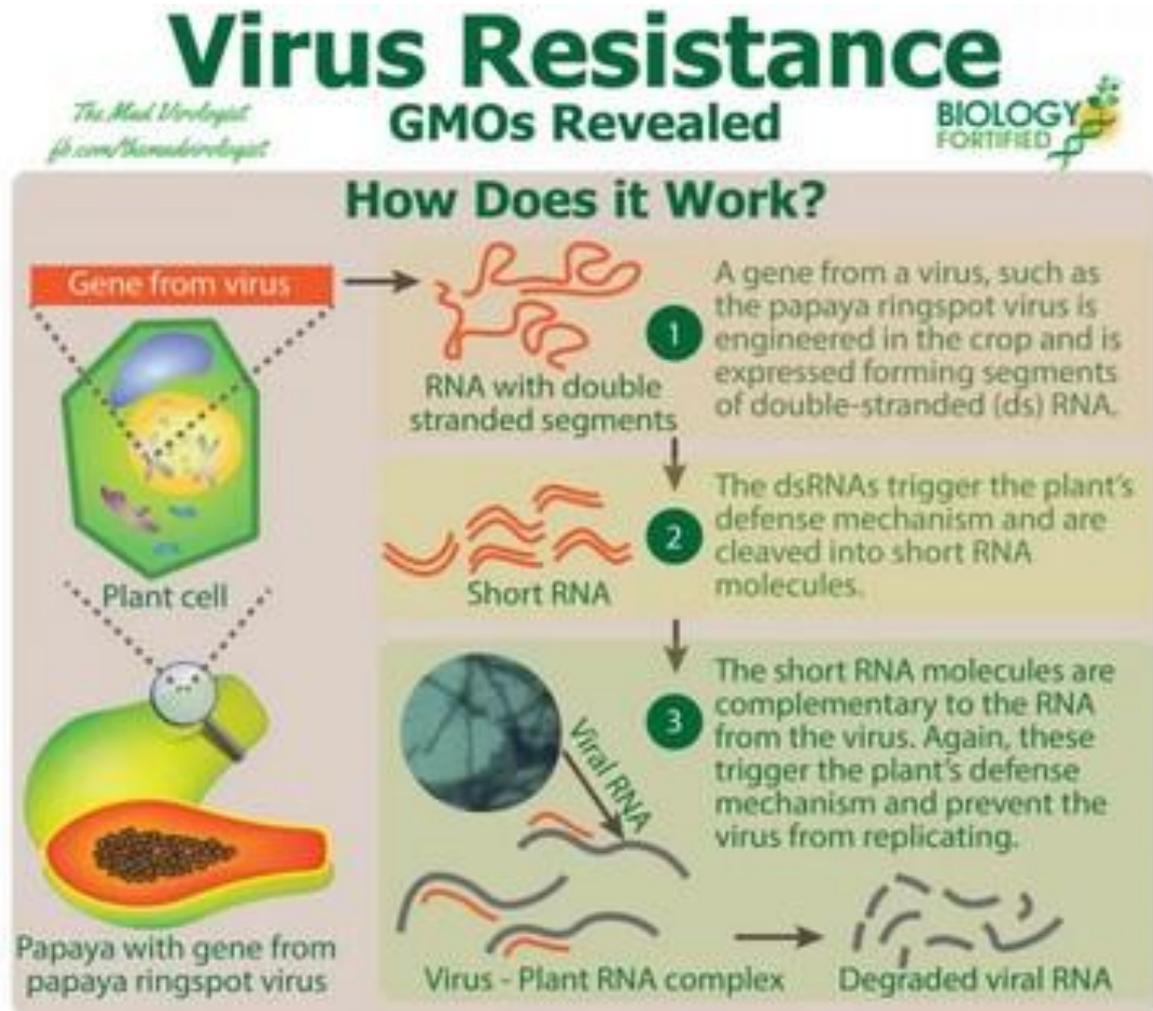
παράγει δ-ενδοτοξίνες (crystal proteins ή Cry proteins)

με εντομοκτόνο δράση (cry toxins)



Ανθεκτικότητα σε ιούς

- Με υπερέκφραση των CP (coat protein) σε διαγονιδιακά φυτά
- Gene silencing



Διαγονιδιακά φυτά 2ης γενιάς

-  Συσσωρευμένα χαρακτηριστικά ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα και έντομα
 - **SmartStax™** αραβόσιτος
 - **RReady2Yield™** σόγια
-  Εξάλειψη γονιδίων επιλογής (ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά)

Στόχοι της βιοτεχνολογίας φυτών σήμερα

-  Φυτά με ανθεκτικότητα σε αβιοτικές καταπονήσεις: ξηρασία / αλατότητα / έλλειψη θρεπτικών στοιχείων – κυρίως N / P
-  Φυτά με ανθεκτικότητα σε ασθένειες
-  Βιοκαύσιμα
-  Φυτοαπορρύπανση / Φυτοαποκατάσταση

Περιβάλλον και Αειφορική Γεωργία

Figure: The pipeline of GM crops from early R&D to commercialization

Trait category ^a	Commercial in 2008	Commercial pipeline	Regulatory pipeline	Advanced development	Total by 2015 ^b
Insect resistance	21	2	11	25	59
Herbicide tolerance	11	5	4	13	33
Product quality ^c	2	1	5	12	20
Virus resistance	5	0	2	3	10
Abiotic stress tolerance	0	0	1	6	7
Other	0	0	2	11	13

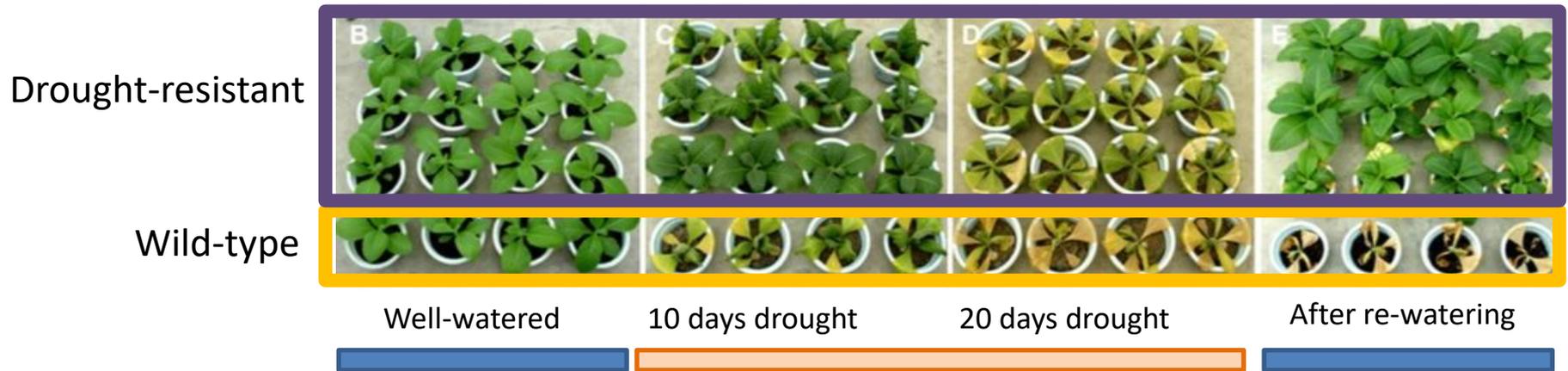
Αραβόσιτος, περιεχόμενο σε λυσίνη

Αραβόσιτος, ανθεκτικότητα σε ξηρασία (*cspB*, *Bacillus subtilis*)

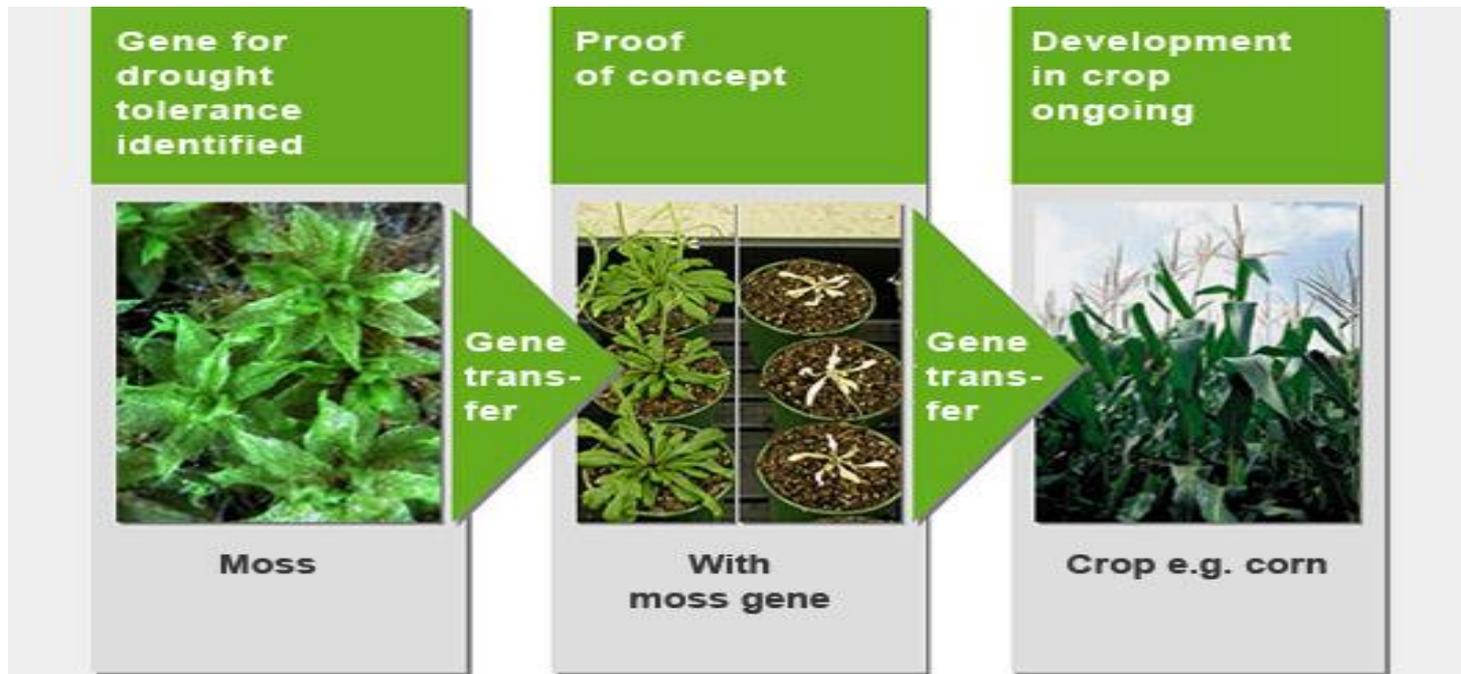
- Ρυζι, ανθεκτικότητα σε μύκητες / ιούς / ξηρασία/ αλατοτοτητα
- Αραβόσιτος, αμυλάση/ φυτάση
- Πατάτα, αμυλοπηκτίνη/ ΡΥV ανθεκτικότητα

- Σογια, τροποποιημένα λιπαρά (ελαικο / ω-3) ανθεκτικότητα σε νηματώδεις
- Πατατα ανθεκτικότητα σε μύκητες/ τροποποιημένο άμυλο
- Golden Rice

Η αλλαγή ενός και μόνο γονιδίου αυξάνει την αντοχή στην ξηρασία

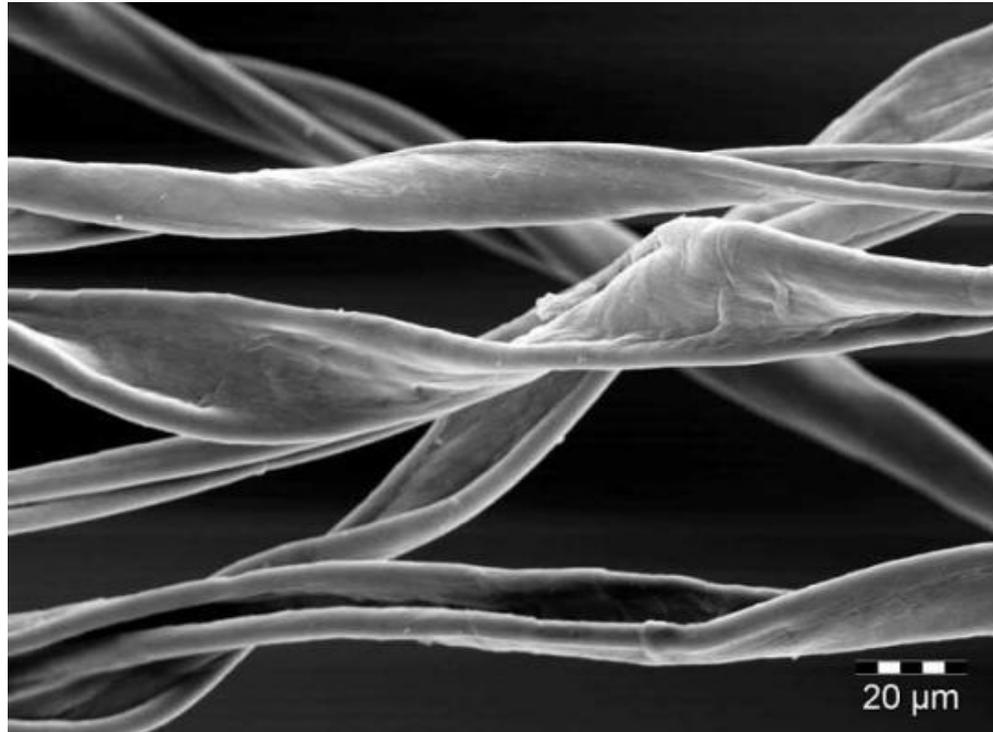


Yu, H., Chen, X., Hong, Y.-Y., Wang, Y., Xu, P., Ke, S.-D., Liu, H.-Y., Zhu, J.-K., Oliver, D.J., Xiang, C.-B. (2008) Activated expression of an *Arabidopsis* HD-START protein confers drought tolerance with improved root system and reduced stomatal density. *Plant Cell* 20:[1134-1151](#).



**Π.χ. DroughtGard™ Hybrids system Monsanto, 2013
για καλλιέργεια σε U.S.A. Western Corn Belt**

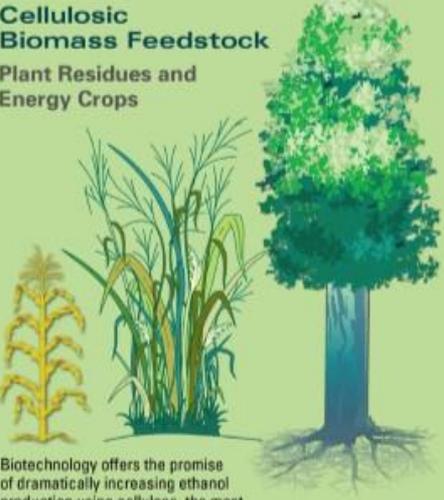
Ποικιλίες βαμβακιού επιλέγονται σε προγράμματα βελτίωσης για ανθεκτικότητα σε εχθρούς και καλύτερη ποιότητα ίνας



Βιοκαύσιμα - Αιθανόλη

Cellulosic Biomass Feedstock

Plant Residues and Energy Crops



Biotechnology offers the promise of dramatically increasing ethanol production using cellulose, the most abundant biological material on earth, and other polysaccharides (hemicellulose) located in plant cell walls (see details on reverse). Residue including postharvest corn plants (stover) and timber residues could be used, as well as such specialized high-biomass "energy" crops as domesticated poplar trees and switchgrass.

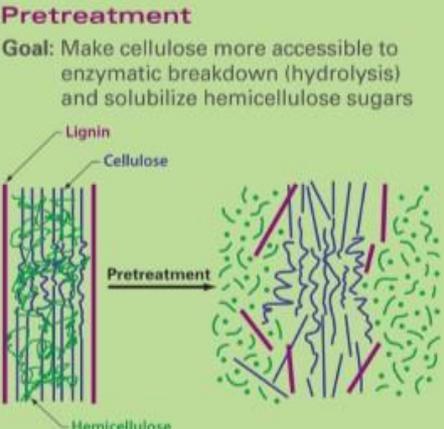
Biochemical conversion of cellulosic biomass to ethanol for transportation fuel currently involves three basic steps:

- ▶ **Pretreatments to increase the accessibility of cellulose to enzymes and solubilize hemicellulose sugars**
- ▶ **Hydrolysis with special enzyme preparations to break down cellulose to sugars**
- ▶ **Fermentation to ethanol**

Making cellulosic biomass conversion to ethanol more economical and practical will require a science base for molecular redesign of numerous enzymes, biochemical pathways, and full cellular systems.

Pretreatment

Goal: Make cellulose more accessible to enzymatic breakdown (hydrolysis) and solubilize hemicellulose sugars



Plant cell wall

In plant cell walls (see reverse), cellulose exists within a matrix of other polymers, primarily hemicellulose and lignin. Pretreatment of biomass with heat, enzymes, or acids removes these polymers from the cellulose core before hydrolysis.

Pretreatment, one of the more expensive processing steps, has great potential for improvement through R&D.

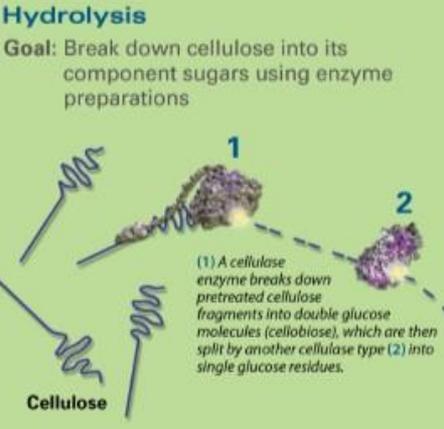
(Figure adapted from N. Moser et al. 2005. "Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass," Bioresource Technology 96(3), 673-85.)

Composition of Biomass (lignocellulose)

Lignin (phenolics)	26%
Hemicellulose (xylose)	30%
Cellulose (glucose)	44%

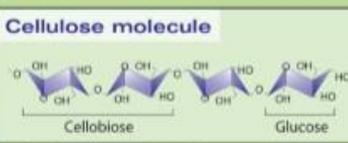
Hydrolysis

Goal: Break down cellulose into its component sugars using enzyme preparations



(1) A cellulase enzyme breaks down pretreated cellulose fragments into double glucose molecules (cellobiose), which are then split by another cellulase type (2) into single glucose residues.

Cellulose molecule

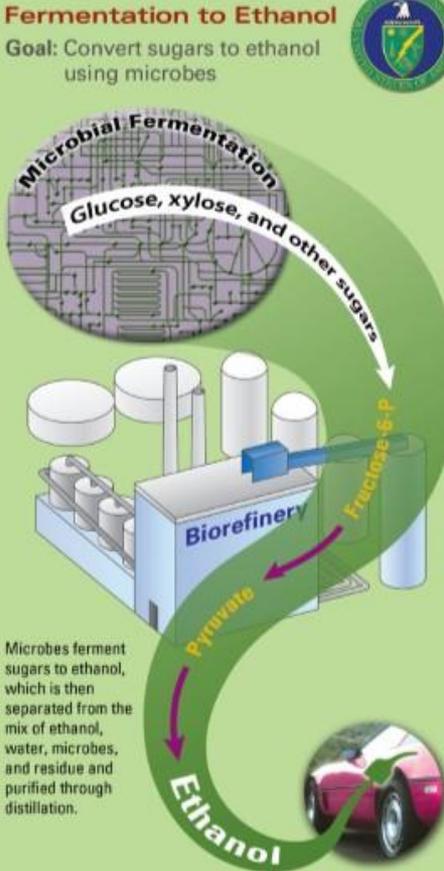


Cellulose is made up of double glucose molecules (cellobiose).

Enzymes such as cellulases synthesized by fungi and bacteria work together to degrade cellulose and other structural polysaccharides in biomass. Optimizing these complex systems will require a more detailed understanding of their regulation and activity.

Fermentation to Ethanol

Goal: Convert sugars to ethanol using microbes



Microbial Fermentation
 Glucose, xylose, and other sugars

Biorefinery
 Fructose 6-P

Pyruvate

Ethanol

Microbes ferment sugars to ethanol, which is then separated from the mix of ethanol, water, microbes, and residue and purified through distillation.

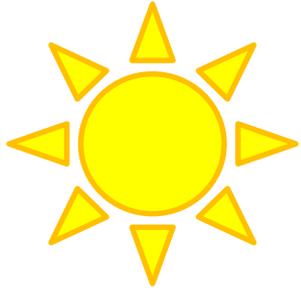
Τα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών έχουν κυτταρίνη

Αρχικός χειρισμός της βιομάζας με θέρμανση, ένζυμα ή οξέα για πρόσβαση στην κυτταρίνη

Ένζυμα (από μύκητες και βακτήρια) υδρολύουν την κυτταρίνη σε σάκχαρα

Τα σάκχαρα μπορούν να ζυμωθούν από μικρόβια προς παραγωγή αιθανόλης

Βιοκαύσιμα - Βιοντίζελ



Παραγωγή βιοντίζελ από ελαιοκομικά φυτά
(σόγια, ελαιοκράμβη, άλγες)



Image sources: [Tilo Hauke](#), University of Minnesota, Iowa State University Extension.



Photo Illustration courtesy S. Long Lab, University of Illinois, 2006

Miscanthus giganteus:
ένα ενεργειακό φυτό που
αναπτύσσεται ταχύτατα
και καλλιεργείται σε
εδάφη ακατάλληλα για
φυτά που παράγουν
τροφή

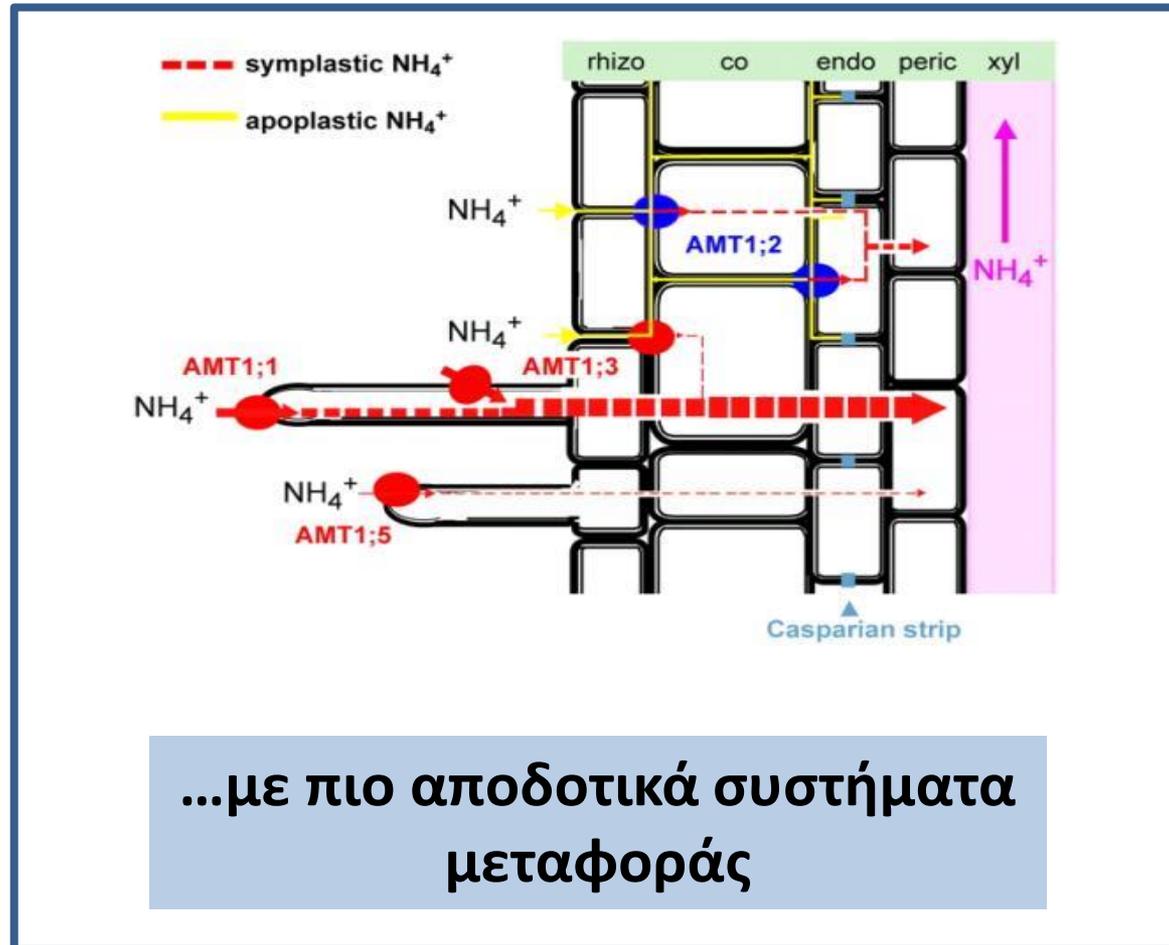
M. giganteus is mainly used as raw material for solid biofuels. It can be burned directly, or processed further into pellets or briquettes. It can also be used as raw material for liquid biofuels or biogas.

Η λίπανση είναι μια ενεργοβόρος πρακτική

- Τα καλλιεργούμενα φυτά χρειάζονται λίπανση: κάλιο, φώσφορο, άζωτο και άλλα θρεπτικά στοιχεία
- Το κάλιο και ο φώσφορος είναι μη ανανεώσιμα
- Η σύνθεση των αζωτούχων λιπασμάτων είναι ενεργοβόρος



Η πρόσληψη θρεπτικών από ειδικούς μεταφορείς μπορεί να βελτιωθεί

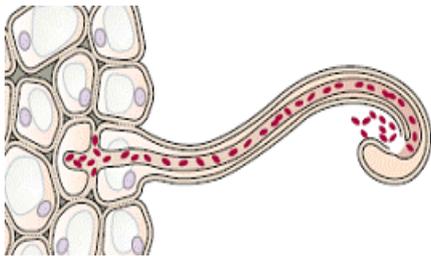


Τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, ριζόβια, συνάπτουν συμβιωτική σχέση με ψυχανθή



Η Συμβιωτική Αζωτοδέσμευση μπορεί να αντικαταστήσει (τουλάχιστον εν μέρει) τη χρήση χημικών αζωτούχων λιπασμάτων !!

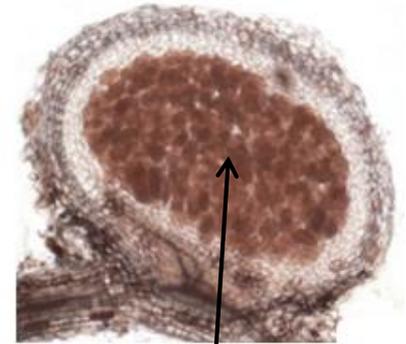
μολυσματικό νημάτιο



Αζωτοδεσμευτικά φυμάτια



τομή φυματίου



**Εδώ γίνεται η
Συμβιωτική
Αζωτοδέσμευση
!!!**

Το όραμα να μεταφέρουμε τη συμβιωτική σχέση σε μη-ψυχανθή



The Vision of ENSA

Engineering Nitrogen Symbiosis for Africa

Engineering Nitrogen Symbiosis for Africa

ΣΥΜΒΙΩΣΗ ΣΕ ΣΙΤΗΡΑ

Στόχοι της βιοτεχνολογίας φυτών σήμερα



Φυτά με βελτιωμένα χαρακτηριστικά ποιότητας (βιοεμπλουτισμός σε βιταμίνες, σίδηρο κ.α.)



Φυτά με βελτιωμένα χαρακτηριστικά απόδοσης



Φυτά για παραγωγή φαρμακευτικών και άλλων τεχνικών προϊόντων

Η κακή διατροφή και η έλλειψη τροφής: ένα παγκόσμιο πρόβλημα

In 2004, 60 million people worldwide died

10 million of them were children under 5 years of age,
of which 99% lived in low- or middle-income countries

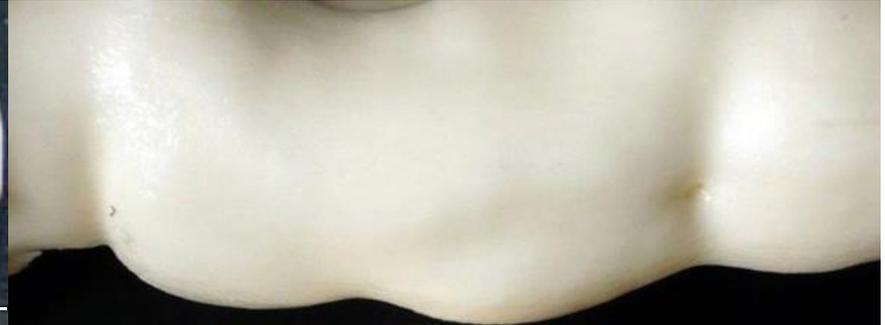
5 million children under the age of 5 die each year due to **undernutrition**
and related causes. **That's one preschool-aged child dying a preventable
death every six seconds.**

A lack of adequate vitamin A kills one million children a year



Cassava: η βασική τροφή στην Αφρική είναι φτωχή σε θρεπτικά συστατικά

Ποικιλία ευρέως καλλιεργούμενη



Νέα ποικιλία με αυξημένη παραγωγή βιταμίνης A



Welsch, R., Arango, J., Bar, C., Salazar, B., Al-Babili, S., Beltran, J., Chavarriaga, P., Ceballos, H., Tohme, J., and Beyer, P. Provitamin A accumulation in cassava (*Manihot esculenta*) roots driven by a single nucleotide polymorphism in a phytoene synthase gene. 2010. Plant Cell: [tpc.110.077560](https://doi.org/10.1105/tpc.110.077560).

Εμπλουτισμός με γενετική τροποποίηση

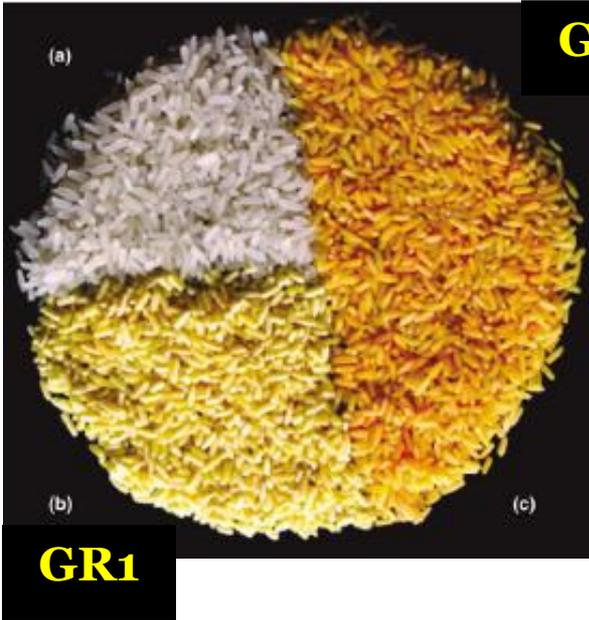


Golden Rice

**Ρύζι με αυξημένη
συγκέντρωση
σιδήρου**



**Ντομάτες με αυξημένη
συγκέντρωση
αντιοξειδωτικών
ανθοκυανινών**

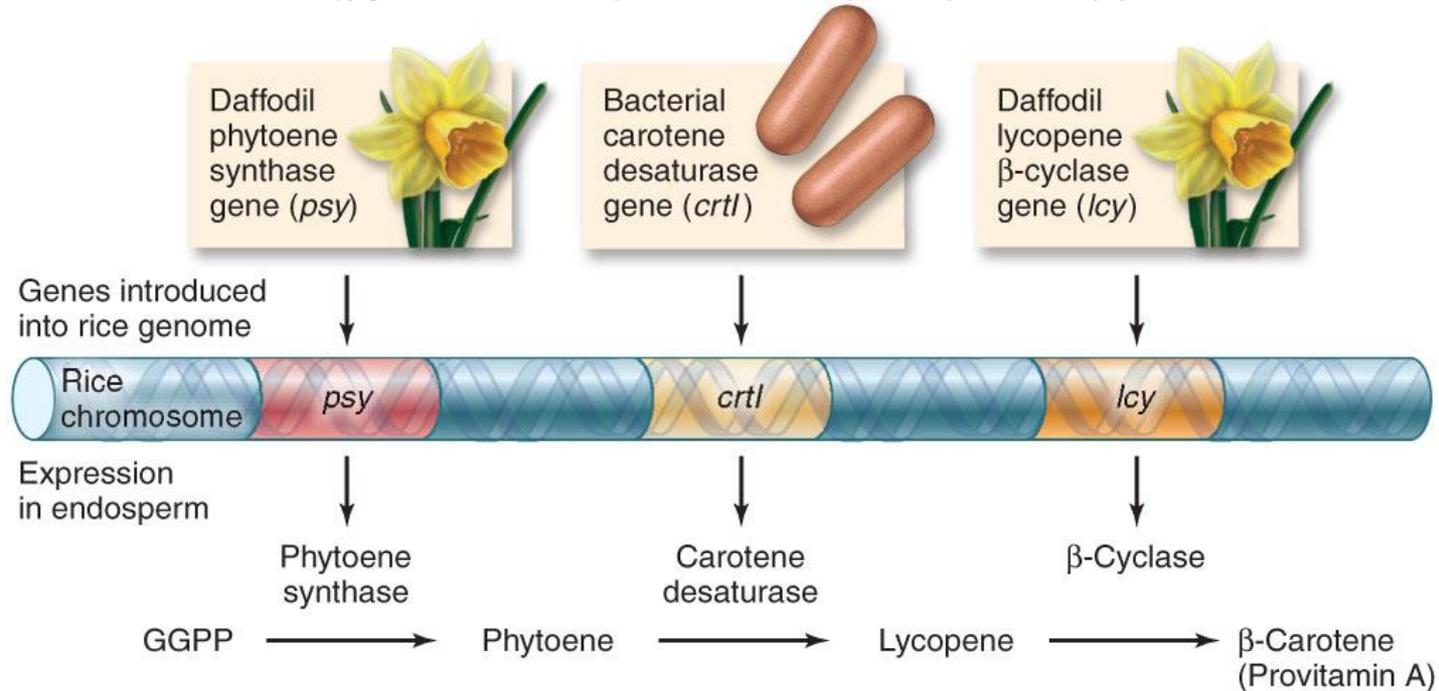


GR2

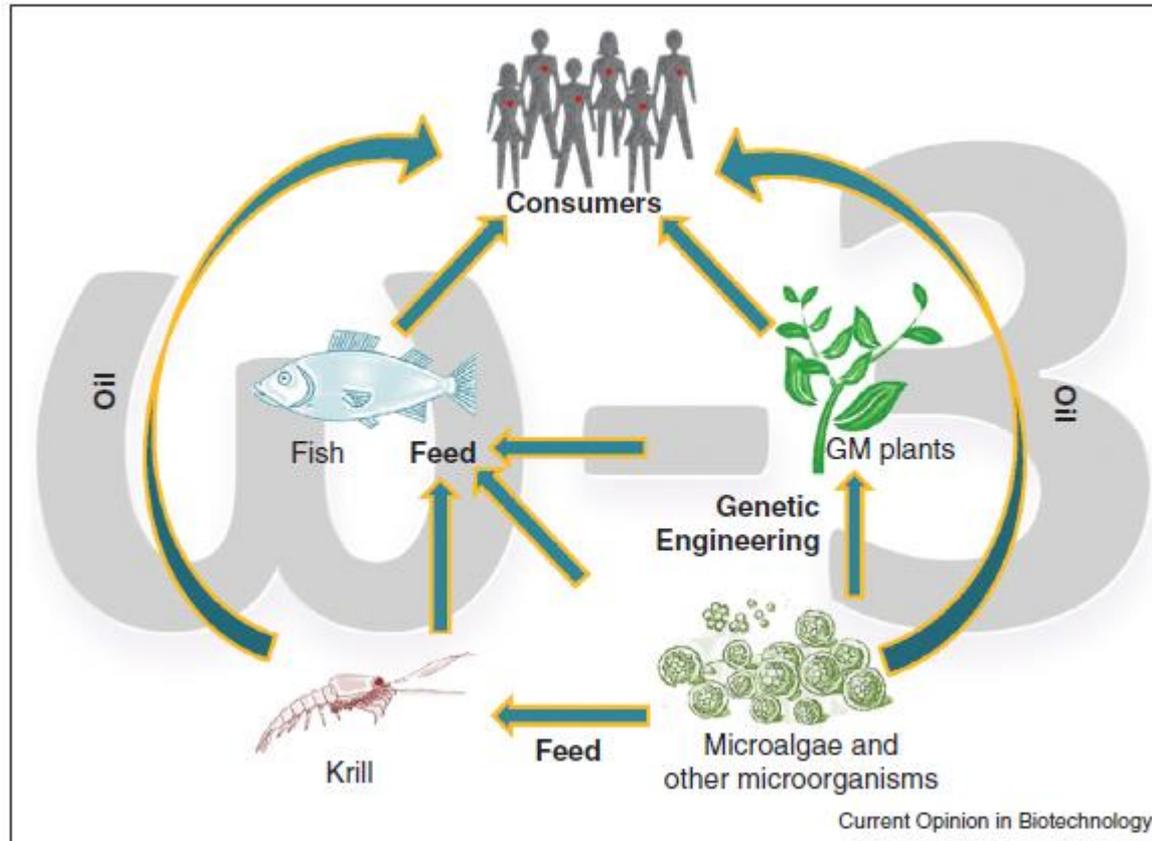
= 25 mg/g β -carotene
 +εμπλουτισμός σε
 βιταμίνη Ε και σίδηρο

GR1

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Παραγωγή ω-3 και ω-6 λιπαρών οξέων σε διαγονιδιακά φυτά



C20:5 eicosapentaenoic acid (EPA) and
C22:6 docosahexaenoic acid (DHA)

Φυσικά προϊόντα - εξειδικευμένοι μεταβολίτες των φυτών

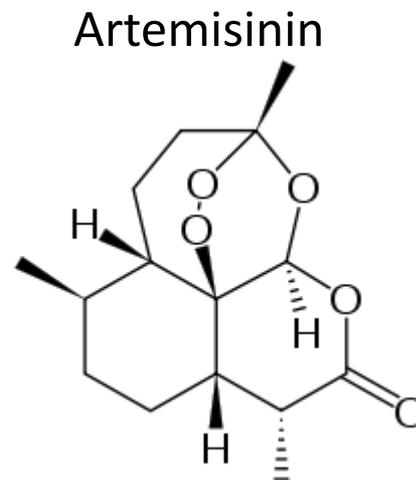
Τερπένια

Φλαβονοειδή

Ανθοκυανίνες

Αλκαλοειδή

π.χ. *Artemisia annua*: παράγει αρτεμισίνη, ένα αποτελεσματικό τριτερπένιο για την καταπολέμηση της ελονοσίας



Οι απαιτήσεις για
αρτεμισίνη ξεπερνούν
την παραγωγή



Λύσεις μέσω της
βιοτεχνολογίας

Δημιουργία γενοτύπων *Artemisia* με αυξημένη παραγωγή

The Genetic Map of *Artemisia annua* L. Identifies Loci Affecting Yield of the Antimalarial Drug Artemisinin

Ian A. Graham^{1,*}, Katrin Besser¹, Susan Blumer¹, Caroline A. Branigan¹, Tomasz Czechowski¹, Luisa Elias¹, Inna Guterman¹, David Harvey¹, Peter G. Isaac², Awais M. Khan¹, Tony R. Larson¹, Yi Li¹, Tanya Pawson¹, Teresa Penfield¹, Anne M. Rae¹, Deborah A. Rathbone¹, Sonja Reid¹, Joe Ross¹, Margaret F. Smallwood¹, Vincent Segura¹, Theresa Townsend¹, Darshna Vyas¹, Thilo Winzer¹, Dianna Bowles^{1,*}

¹Centre for Novel Agricultural Products, Department of Biology, University of York, York YO10 5YW, UK.

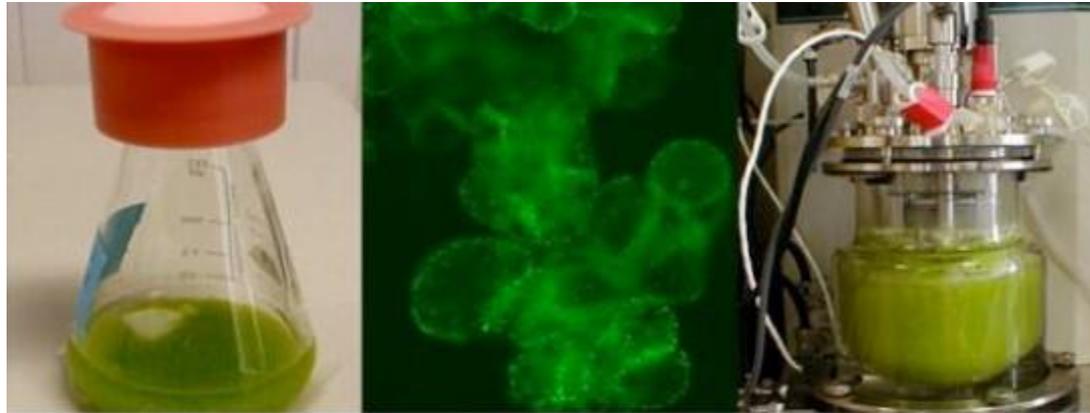
²IDna Genetics Ltd., Norwich Research Park, Norwich NR4 7UH, UK.

*To whom correspondence should be addressed. E-mail: iag1@york.ac.uk (I.A.G.); djb32@york.ac.uk (D.B.)

– Hide authors and affiliations

Science 15 Jan 2010:
Vol. 327, Issue 5963, pp. 328-331
DOI: 10.1126/science.1182612

Παραγωγή αντικαρκινικών ενώσεων σε κύτταρα *Cantharanthus roseus*



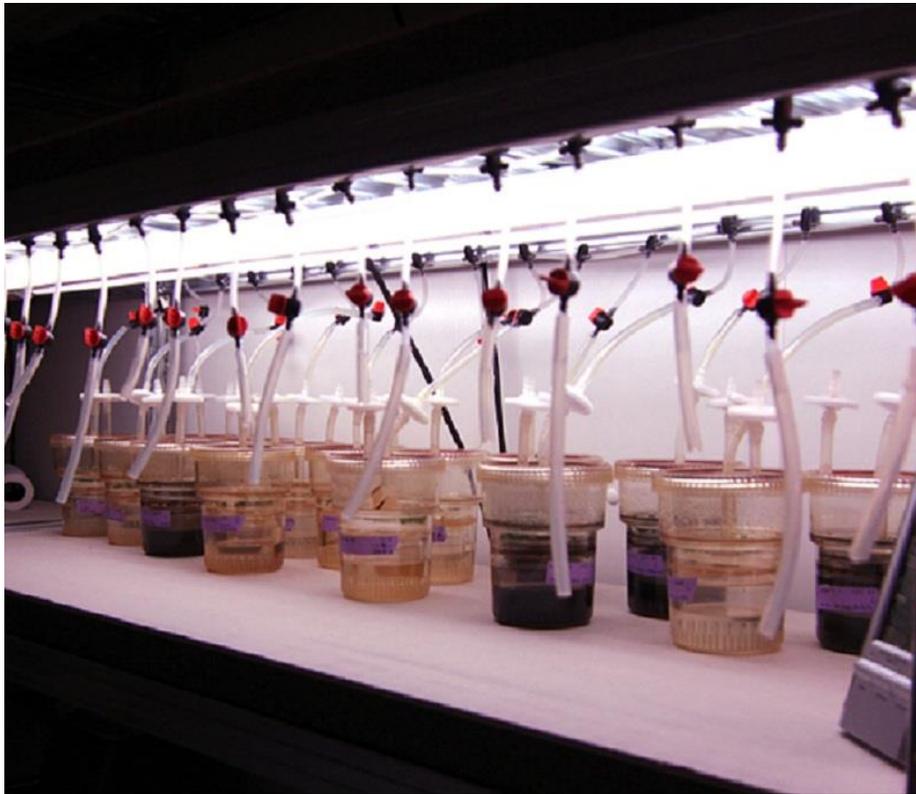
Missing enzymes in the biosynthesis of the anticancer drug vinblastine in Madagascar periwinkle

Lorenzo Caputi¹, Jakob Franke^{1,*}, Scott C. Farrow¹, Khoa Chung¹, Richard M. E. Payne^{1,†}, Trinh-Don Nguyen¹, Thu-Thuy T. ...

[+ See all authors and affiliations](#)

Science 15 Jun 2018:
Vol. 360, Issue 6394, pp. 1235-1239
DOI: 10.1126/science.aat4100

Παραγωγή μεταβολιτών και φυτικής βιομάζας *in vitro*



Διαγονιδιακά φυτά για παραγωγή προϊόντων (molecular farming/ μοριακή αγροκαλλιέργεια)

- ✓ Εμβόλια – Αντισώματα - άλλα Φαρμακευτικά προϊόντα
- ✓ Βιομηχανικά ένζυμα
- ✓ Βιοπλαστικά

Θεραπεία υποκατάστασης ενζύμου

Protalix Biotherapeutics

<http://www.protalix.com/index.asp>



Παραγωγή φαρμάκου
(ELELYSO) σε
καλλιέργειες
κυττάρων καρότου σε
βιοαντιδραστήρες

Γλυκοσερεβροσιδάση για νόσο Gaucher

FDA 2012, Pfizer

ELELYSO™ (taliglucerase alfa): <http://www.elelyso.com/>

Πλεονεκτήματα

- ✓ Μεγάλη βιομάζα με μικρό κόστος επέκτασης παραγωγής
- ✓ Απουσία παθογόνων και μη επιθυμητών DNA αλληλουχιών
- ✓ Ορθή μετα-μεταφραστική τροποποίηση πρωτεϊνών (αναδίπλωση, αποθήκευση για σταθερότητα, γλυκοσυλίωση)
- ✓ Ο καθαρισμός δεν είναι απαραίτητος



A leading producer of recombinant proteins using tobacco plants.

Kentucky BioProcessing, Inc. (KBP) is a world leader in developing and employing processes to manufacture high-value proteins using novel plant-based technology.

Καναδική εταιρία που παράγει εμβόλια (όπως AIDS/Ebola) σε φυτά καπνού



[About](#) [Our Team](#) [Science & Technology »](#) [Products](#) [Biopharming »](#) [Invest »](#) [Newsroom »](#) [Careers](#) [Contact](#)

Our Plants Grow Hope

About PlantForm

PlantForm Corporation is a privately-held Canadian biopharmaceutical company focused on the rapid development and production of specialty antibody and protein drugs using our proprietary *vivoXPRESS*® manufacturing platform. The plant-based *vivoXPRESS*® system makes it easier, faster and less expensive to produce approved biologic drugs for novel indications and new markets.

The company's *vivoXPRESS*® technology uses genetically modified tobacco plants to produce biopharmaceuticals in fully contained greenhouse environments. Our plant-based technology delivers high drug expression levels and mammalian-type glycosylation (to eliminate the risk of an unwanted immune system reaction). *vivoXPRESS*® also provides the following key advantages compared to other fermentation systems for biologic drug production (e.g., mammalian cell culture):

News

» March 20, 2019
AntoXa Corporation awarded federal government contract for anti-nerve agent enzyme
[Read More](#)

» February 14, 2019
India grants patent for PlantForm antibody technology
[Read More](#)

Βιομηχανικά Ένζυμα

Avidin/ β -glucuronidase

trypsin

κυτταρινάσες

ξυλανάσες

υπεροξειδάση της λιγνίνης

α -αμυλάση

β -γλουκανάση

φυτάση

Ιχνηλασιμότητα των ΓΤΟ



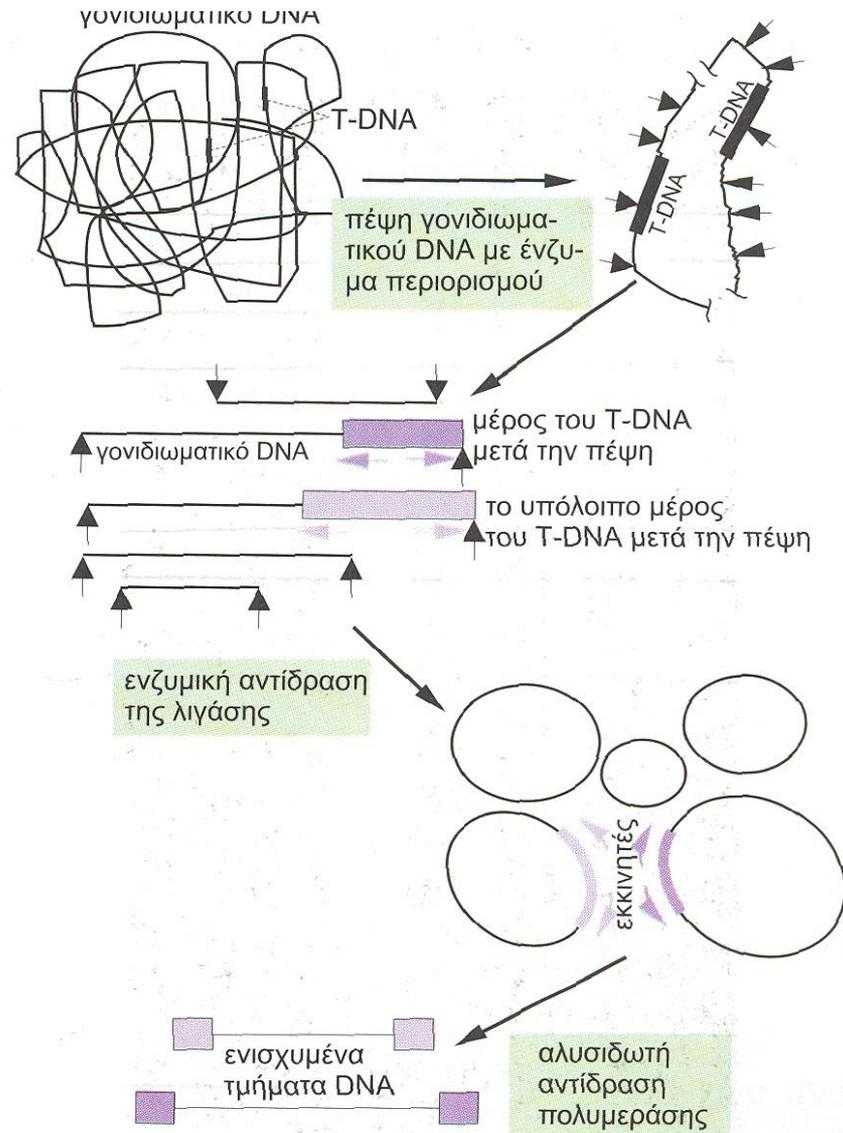
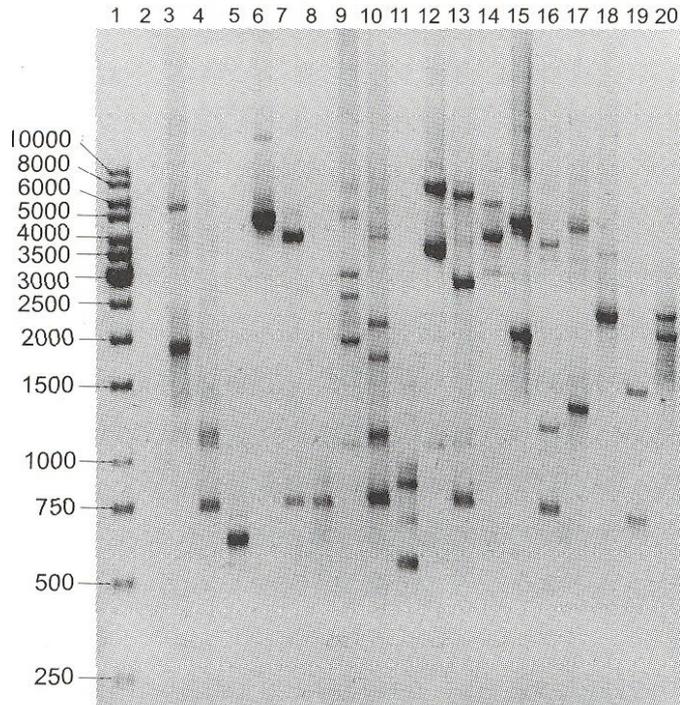
Ταυτοποίηση διαγονιδιακών φυτών

- **Με PCR**, με εκκινητές εξειδικευμένους
 - για τα γονίδια προς ένθεση
 - για τα συνοριακά
 - για περιοχές δίπλα στα συνοριακά (για εξακρίβωση ενσωμάτωσης DNA του φορέα)
 - **Ανάστροφη PCR (IPCR)**

- **Με Southern ανάλυση** για την αναγνώριση μοναδιαίου αντίγραφου του ένθετου γονιδίου στο φυτικό γονιδίωμα

- **FISH** (Fluorescence *in situ* hybridization)

Ανάστροφη PCR (I-PCR)



Πως ελέγχουμε για ΓΤΟ

ELISA:

Έλεγχος παρουσίας πρωτεϊνών που εκφράζονται από τη γενετική τροποποίηση

Υπέρ: Γρήγορο, φθηνό, χαμηλής τεχνολογίας

Κατά: Εξειδίκευση για κάθε φυτό, σταθερότητα πρωτεΐνης

PCR:

Έλεγχος για παρουσία εισαγόμενου ξένου DNA

Υπέρ: Ταυτοποιεί διαφορετικά ΓΤ φυτά, σταθερότητα DNA

Κατά: Ακριβό, χρονοβόρο

Πως ελέγχουμε για ΓΤΟ

Έλεγχος για ΓΤΟ με PCR:

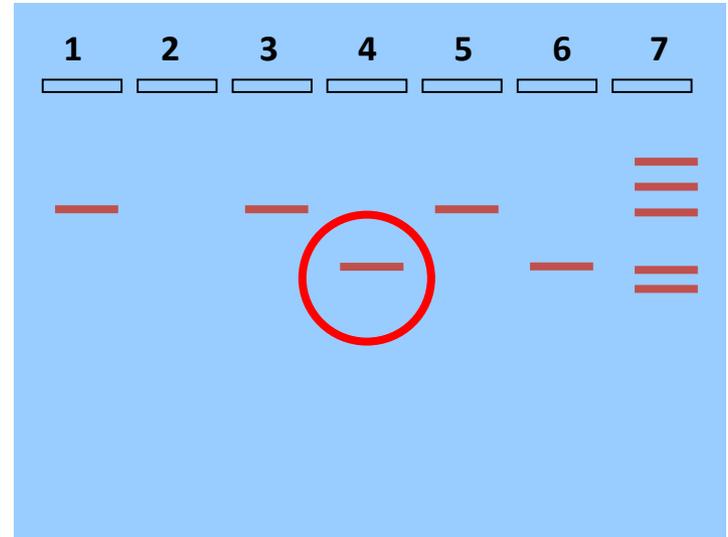
1. Άλεσμα τροφής
2. Εξαγωγή DNA από το δείγμα
3. Έλεγχος δείγματος DNA για αξιόπιστο φυτικό DNA
4. Έλεγχος δείγματος DNA για γενετικές τροποποιήσεις



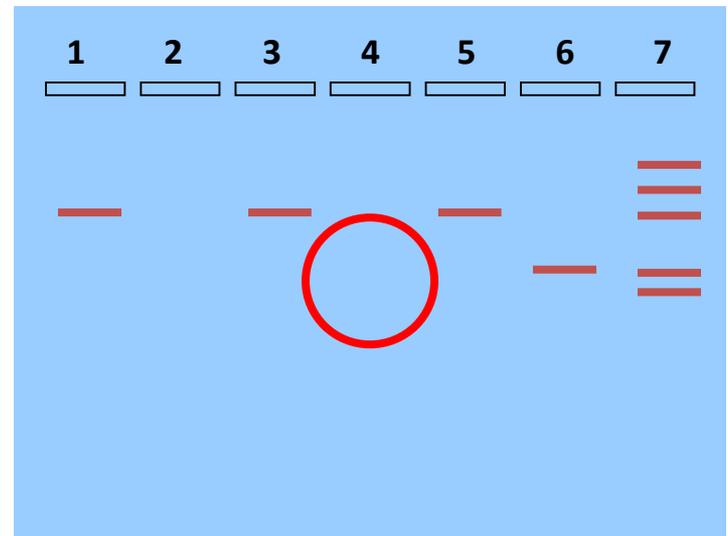
Ανάλυση αποτελεσμάτων

- 1: non-GMO food with plant primers
- 2: non-GMO food with GMO primers
- 3: Test food with plant primers
- 4: Test food with GMO primers
- 5: GMO positive template with plant primers
- 6: GMO positive template with GMO primers
- 7: PCR MW Ruler

**ΓΤΟ
Θετικό**



**ΓΤΟ
αρνητικό**



Τι συμβαίνει στην Ευρώπη;

- Καλλιεργείται μόνο ΓΤ καλαμπόκι σε Ισπανία και Πορτογαλία
- ΓΤ προϊόντα που έχουν εγκριθεί για εισαγωγή στην Ευρώπη για χρήση ως τρόφιμα ή πρόσθετα τροφίμων:
 - Κανόλα (13)
 - Βαμβάκι (13)
 - Καλαμπόκι (52)
 - Πατάτα (1)
 - Σόγια (19)
 - Ζαχαρότευτλο (1)

Έλεγχος για ΓΤΟ

- **Νομοθεσία**

- ΗΠΑ: Σήμανση τροφών “GM-Free” <5% ΓΤ

- ΕΕ: Σήμανση τροφών “ΓΤ” εάν >1% ΓΤ

- Ιαπωνία: Σήμανση τροφών “ΓΤ” εάν >5%

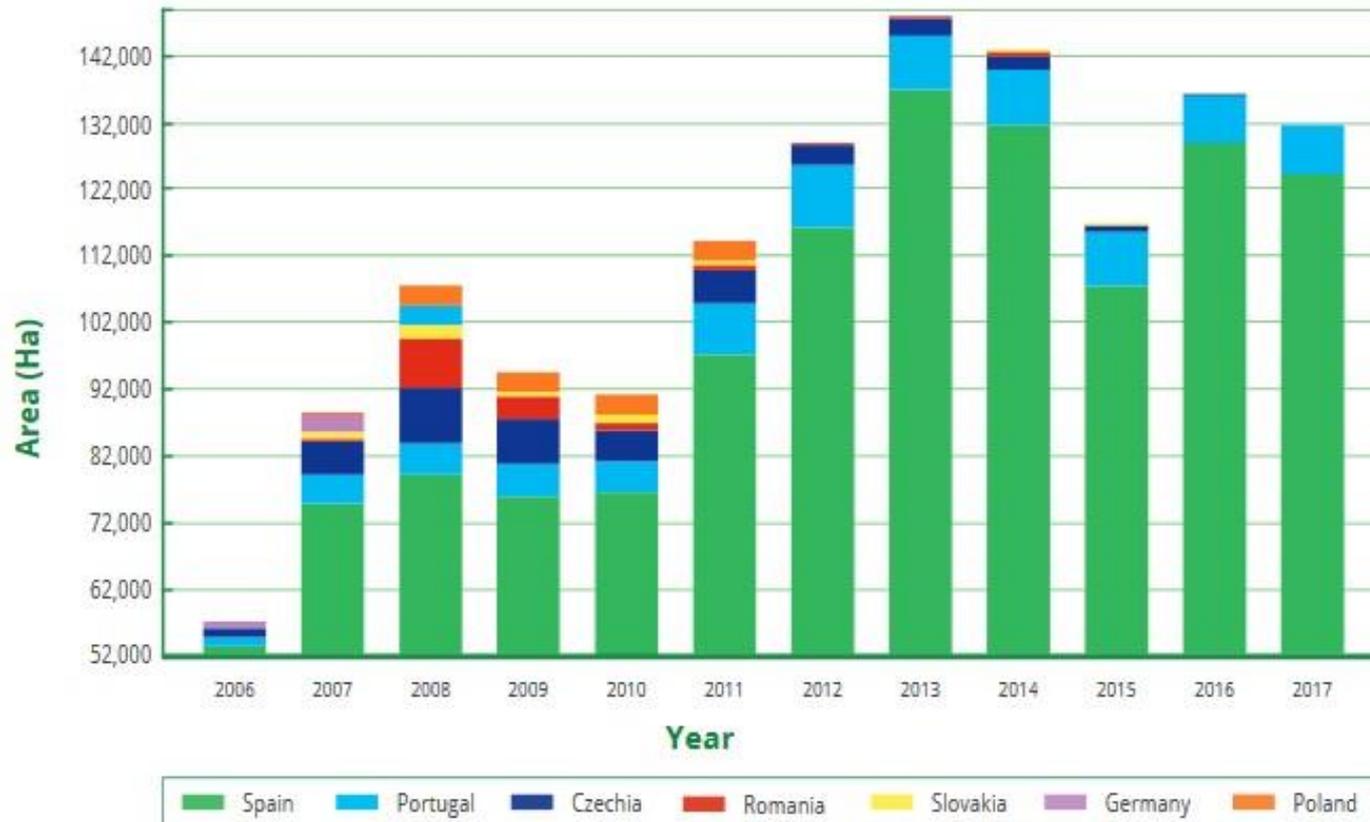


Figure 15. Biotech Maize Area in the European Union, 2006-2017, Hectares

Germany discontinued planting Bt maize at the end of 2008 and grew 2 hectares of Amflora potato in 2011. Sweden grew 15 hectares of Amflora in 2011. Farmers in Germany and Sweden who had a positive experience with growing Amflora in 2011 were denied the privilege in 2012 because BASF discontinued the development and marketing of biotech crops for the EU because of the EU's hostile policy on biotech crops and shifted its research activities to the US. Romania grew 145,000 hectares of RR soybean in 2006, but had to cease growing it after becoming an EU member in January 2007.

22 EUROPEAN BUSINESS ORGANISATIONS ASK THE EU FOR PRO-INNOVATION RULES FOR PLANT BREEDING



Brussels, 23 April 2019: 22 European business organisations jointly call upon member states and the European Commission to initiate a legislative change that provides innovation-friendly rules for plant breeding. The goal is to obtain practical and science-based rules for products resulting from the latest mutagenesis methods that foster public confidence and trust. This would unlock great potential for a high-performing, innovative and diversified European bio-based solutions in sectors such as plant and animal breeding, agriculture, animal feed, food, healthcare and energy thereby contributing to Europe's resilience to climate change, and to benefits for consumers, patients and the environment.



EU SCIENCE HUB

The European Commission's science and knowledge service

European Commission > EU Science Hub > Research Topic > Gmos

- Home
- About Us
- Research
- Knowledge
- Working With Us
- Procurement
- News & Events
- Our Communities

Research

- Commission priorities
- Science areas
- Research topics**
- Centre for Advanced Studies
- Laboratories & facilities
- Crosscutting activities



GMOs

Related Publications

<http://bgmo.jrc.ec.europa.eu/home/default.aspx>



JOINT RESEARCH CENTRE

Deliberate Release and Placing on the EU Market of GMOs - GMO Register

European Commission > EU Science Hub > GMOinfo - GMOregister

Deliberate Release and Placing on the EU Market of GMOs - GMO Register

<http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/default.aspx>



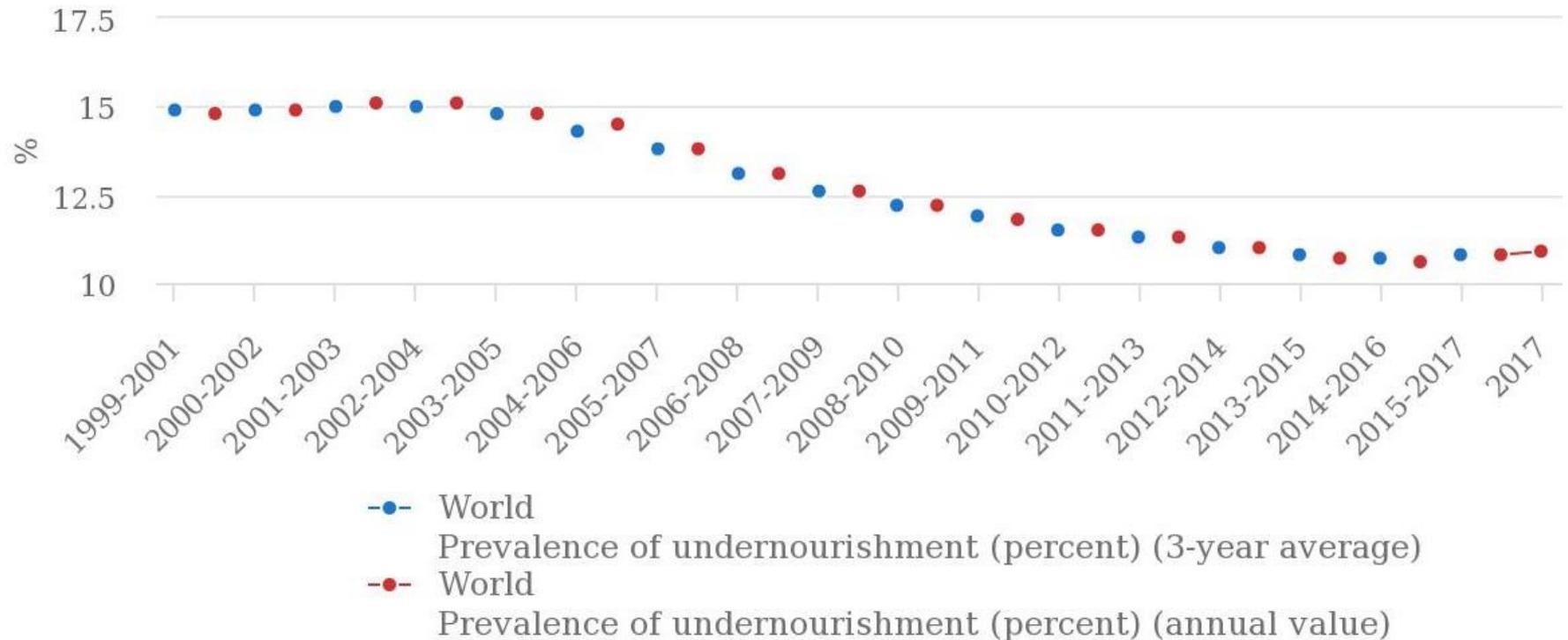
<http://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/>

Ποια είναι η κατάσταση σήμερα (παγκοσμίως);



Ο υποσιτισμός μειώνεται

Prevalence of undernourishment (percent) (annual value)

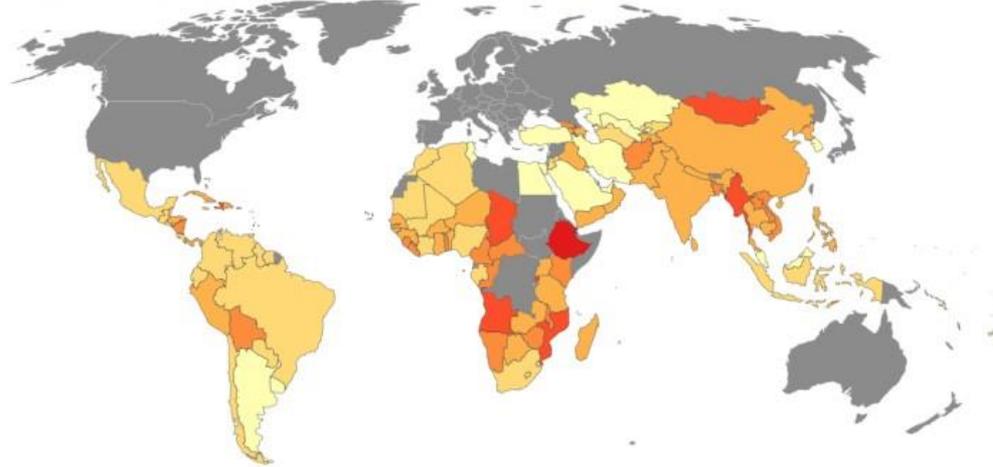


Source: FAOSTAT (May 02, 2019)

Share of the population that is undernourished, 1995

This is the main FAO hunger indicator. It measures the share of the population that has a caloric intake which is insufficient to meet the minimum energy requirements necessary for a given individual. Data showing as 5 may signify a prevalence of undernourishment below 5%. Regional aggregations are based on World Bank regions and exclude high-income countries. They may therefore differ from UN FAO regional figures.

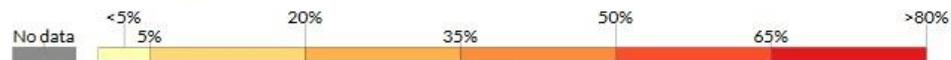
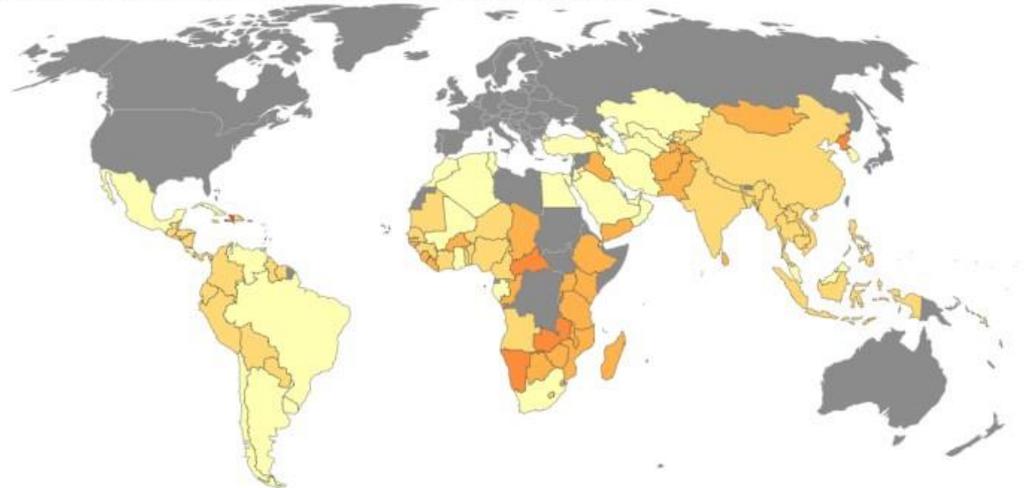
Our World
in Data



Share of the population that is undernourished, 2015

This is the main FAO hunger indicator. It measures the share of the population that has a caloric intake which is insufficient to meet the minimum energy requirements necessary for a given individual. Data showing as 5 may signify a prevalence of undernourishment below 5%. Regional aggregations are based on World Bank regions and exclude high-income countries. They may therefore differ from UN FAO regional figures.

Our World
in Data



Source: UN Food and Agriculture Organization (FAO)
Note: Developed countries are not included in the regional estimates since the prevalence is below 5%.

CC BY

World

	1995	2005	2016
The setting			
Population, total (mln)	5 751.5	6 542.2	7 550.3
Rural population, total (mln)	3 173.8	3 315.1	3 373.5
Govt expenditure on ag (% total outlays)			
Area harvested, crops (mln ha)	1 168.9	1 254.3	1 384.8
Cropping intensity ratio	0.8	0.8	0.9
Internal renew. water resources per cap (m ³)		6 900	5 740
Land area equipped for irrigation (1000 ha)	271 826	310 118	334 272
Agric. area actually irrigated (% agric. area)			
Employment in agriculture (%)	41.3	35.2	26.7
Employment in agriculture, female (%)	42.7	37.1	27.5
Fertilizers use, Nitrogen (1000 t nutrients)		89 805.8	110 182.4
Fertilizers use, Phosphate (1000 t nutrients)		38 763.4	48 578.4
Fertilizers use, Potash (1000 t nutrients)		29 584.2	38 743.7
Agr value added per worker (constant US\$)	1 631	2 243	3 542
Hunger dimensions			
Average dietary energy supply (kcal/cap/day)		2 753	2 904
Average dietary energy supply adequacy (%)		115	120
Dietary energy supp, cereals/roots/tubers (%)		52	50
Prevalence of undernourishment (%)		14.5	10.9
Prevalence of severe food insecurity (%)			10.2
GDP per capita (US\$, PPP)	8 125	11 698	15 080
Cereal import dependency ratio (%)		-0.6	-1.0
Stunting, children under 5 (%)		29.3	22.7
Wasting, children under 5 (%)			7.5
Safely managed drinking water (% pop using)		66.1	71.2



World

	1995	2005	2016
Production indices (2004-06=100)			
Food	77	100	129
Crops	76	100	132
Cereals	84	100	125
Vegetable oils	63	99	150
Roots and tubers	84	101	121
Fruit and vegetables	69	100	137
Sugar	89	97	134
Livestock	81	100	120
Milk	81	100	123
Meat	81	100	117
Fish	86	100	125
Net trade (mln US\$)			
Cereals and preparations			
Fruit and vegetables			
Meat and meat preparations			
Dairy products (milk equivalent)			
Fish			
Environment			
Forest area (% total land area)	31	31	31
Agricultural area (% of total land area)	38	38	37
Freshwater withdrawal (% int renewable)		9.0	
Terrestrial protect areas (% total land area)			14
Organic area (ha)			
Wood pellet prod. (thousand tonnes)			29 668
Emissions in agriculture (CO2 eq. Gg)	4 600 615	4 838 132	5 294 156
Net emissions in land use (CO2 eq. Gg)	3 866 670	4 241 261	3 065 446



Net emissions in land use (CO2 eq. Gg) 3 866 670 4 241 261 3 065 446