



Γενετικά τροποποιημένοι φυτικοί οργανισμοί και προϊόντα

Α. Σαββίδης, PhD

ΕΔΙΠ

Εργαστήριο Μικροβιολογίας

Τομέας Βοτανικής, Τμήμα Βιολογίας

Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Σκοπός της διάλεξης

- ✓ Η πρόκληση της Σύγχρονης Βιοτεχνολογίας στη διατροφή: Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα (ΓΤΤ)
- ✓ Κατασκευή και καλλιέργεια Γενετικά Τροποποιημένων Οργανισμών (ΓΤΟ)
- ✓ Τα ΓΤΤ έναντι των παραδοσιακών τροφίμων - Ενδεχόμενοι κίνδυνοι για την υγεία των καταναλωτών και το περιβάλλον
- ✓ Η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η εφαρμογή της
- ✓ Ταυτοποίηση των Γενετικά Τροποποιημένων Οργανισμών
- ✓ Τα Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα στο μέλλον
- ✓ Συμπεράσματα-Προβληματισμοί
- ✓ Βιβλιογραφία-Χρήσιμες πηγές στο διαδίκτυο

Τι είναι η Βιοτεχνολογία;

- Η Βιοτεχνολογία, δηλαδή η χρήση φυσικών βιολογικών συστημάτων για την παραγωγή χρήσιμων επιθυμητών προϊόντων δεν είναι κάτι καινούργιο: από την αυγή του πολιτισμού ο άνθρωπος διασταύρωνε τα φυτά και τα ζώα ώστε να εκφραστεί ένας συγκεκριμένος πλεονεκτικός φαινότυπος. Επίσης, για χιλιάδες χρόνια, ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται προς όφελός του τις βιοχημικές δυνατότητες των μικροοργανισμών, παράγοντας για παράδειγμα ψωμί και κρασί.
- Σήμερα ωστόσο η Βιοτεχνολογία αποκτά μία άλλη διάσταση: πρόκειται κυρίως για μία πολλά υποσχόμενη βιομηχανική διαδικασία που αποσκοπεί στην παραγωγή προϊόντων με χρήση της γενετικής μηχανικής.

Προκλήσεις της Βιοτεχνολογίας

4000-2000 πχ: πρώτα προϊόντα βιοτεχνολογίας και ζυμώσεων (ψωμί, τυρί, κρασί)

1919 : καταγράφεται ο όρος «βιοτεχνολογία»

1928 : ανακάλυψη πενικιλίνης

1938 : χρήση *Bacillus* ως βιοεντομοκτόνο

1960s : αύξηση απόδοσης 70% σε ποικιλία σιταριού και 50% του ρυζιού (με υβριδοποιήσεις)

Τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA, Εφαρμογή **γενετικής μηχανικής**

Εισαγωγή και έκφραση DNA σε:

1973: βακτήρια (π.χ. παραγωγή ανθρώπινης ινσουλίνης)

1981: ζώα: δημιουργία διαγονιδιακού ζώου (ποντίκι) για ερευνητικούς σκοπούς

1983: φυτά: πρώτο διαγονιδιακό ή γενετικά τροποποιημένο φυτό

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η τεχνολογία αυτή που ορίζεται και ως “**σύγχρονη βιοτεχνολογία**” **επιτρέπει την μεταφορά επιλεγμένων γονιδίων από κάποιο οργανισμό σε ένα άλλο, μεταφορά που μπορεί να αφορά και μη συγγενικά είδη.** Είναι δηλαδή μία τεχνολογία που διαρρηγνύει τη φραγή γονιδίων μεταξύ των ειδών, οι δε οργανισμοί που προκύπτουν με τέτοια μέσα και φέρουν ξένο γενετικό υλικό ενσωματωμένο στο δικό τους ονομάζονται “διαγονιδιακοί”

Η Βιοτεχνολογία διακρίνεται σε

Λευκή (Βιομηχανικές εφαρμογές)

Κόκκινη (Ιατρικές / φαρμακευτικές εφαρμογές)

Πράσινη (Γεωργικές εφαρμογές)

Μπλέ (υδάτινων οικοσυστημάτων)

Γκρί (Περιβαλλοντική – Βιοαποικοδόμηση)

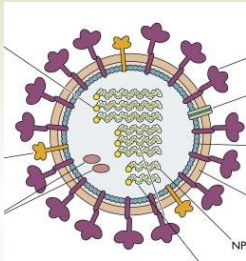
Καφέ (άνυδρων και ερημικών οικοσυστημάτων)

Κίτρινη (Βιοτεχνολογία εντόμων)

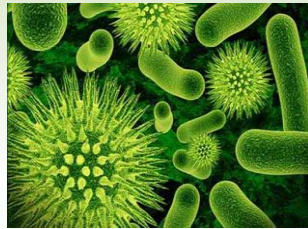
Μαύρη

ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ (ΓΤΟ) Genetically Modified Organisms (GMOs)

Ιοί



Μικροοργανισμοί



Φυτά



Ζώα



- Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2001/18/ΕΚ για τη σκόπιμη απελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον ο ορισμός ΓΤΟ είναι «οργανισμός, εξαιρουμένων των ανθρώπινων όντων, του οποίου το γενετικό υλικό έχει τροποποιηθεί κατά τρόπο που δεν συμβαίνει φυσιολογικά με τη σύζευξη ή/και το φυσιολογικό ανασυνδυασμό», αποτελεί το βασικό νομικό πλαίσιο για την καλλιέργεια τους στην ΕΕ.
- Τα Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα (ΓΤΤ) παρασκευάζονται από Γενετικά Τροποποιημένους Οργανισμούς (ΓΤΟ : GMOs)

Πως τροποποιείται γενετικά ένα φυτό;

Τα φυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι τα κύτταρά τους αναπτύσσονται πολύ εύκολα σε ιστοκαλλιέργειες, πράγμα που διευκολύνει ιδιαίτερα τα πειράματα της γενετικής μηχανικής. Κάθε φυτικό κύτταρο σε μια ιστοκαλλιέργεια μπορεί να αναπτυχθεί σε ολόκληρο φυτό που θα φέρει τα χαρακτηριστικά της γενετικής τροποποίησης του αρχικού κυττάρου.

Κατά τη διαδικασία μεταφέρονται,

- a. το γονίδιο που προσδίδει το επιθυμητό χαρακτηριστικό (**gene of interest**), βακτηριακής συνήθως προέλευσης,
- b. γονίδια που ρυθμίζουν την έκφραση του παραπάνω γονιδίου (**promoter and terminator genes**), ιϊκής, βακτηριακής ή φυτικής προέλευσης,
- c. καθώς και ένα γονίδιο-δείκτης (**marker or reporter gene**) που βοηθάει στη ταυτοποίηση του φυτικού κυττάρου που έχει επιτυχώς τροποποιηθεί δηλαδή «μετασχηματιστεί».

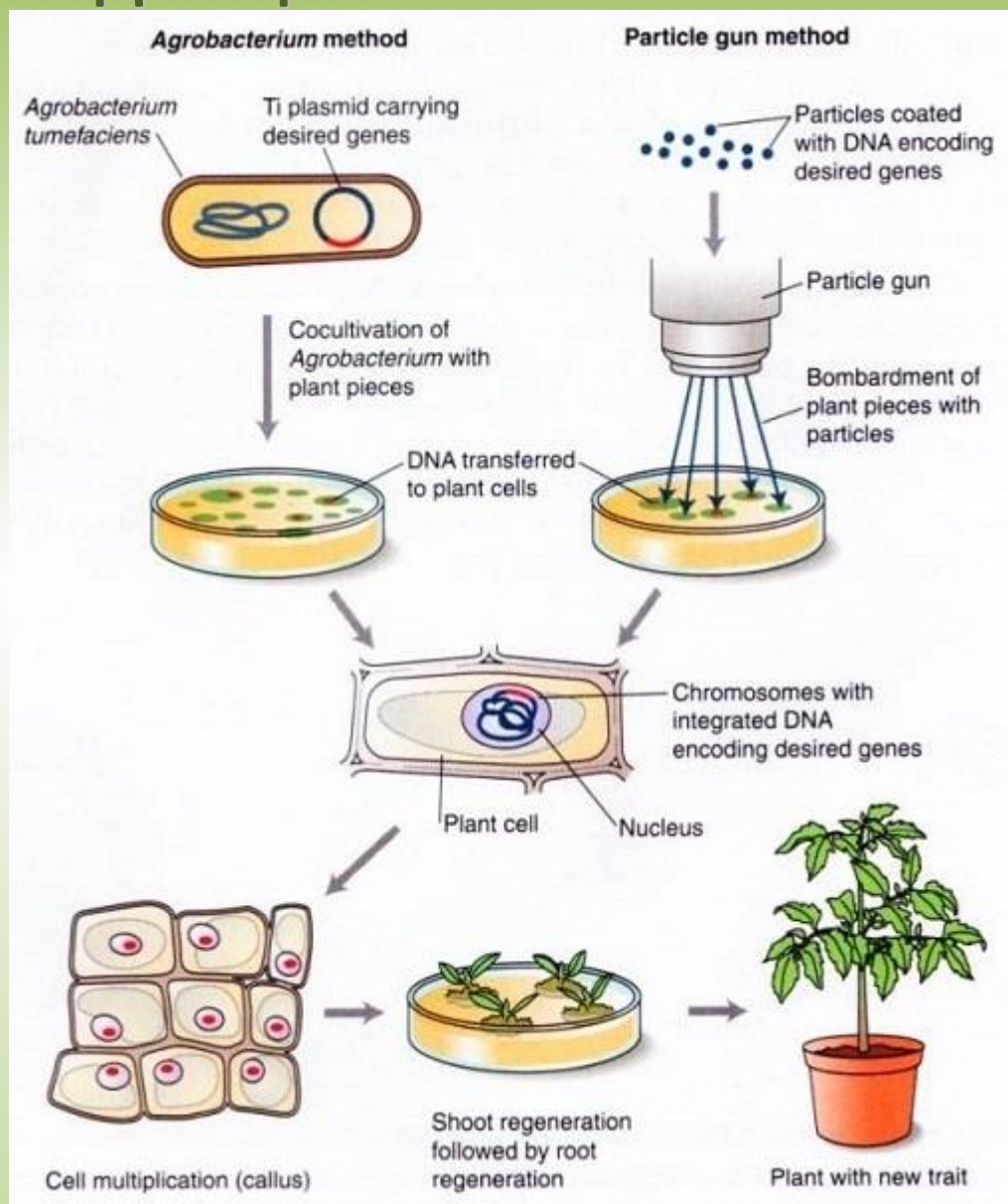
Η εισαγωγή του γονιδίου-δείκτη είναι απαραίτητη γιατί μόνο το 1-2% των κυττάρων μετασχηματίζονται επιτυχώς. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της τροποποίησης τα κύτταρα καλλιεργούνται σε ένα θρεπτικό μέσο όπου, λόγω της παρουσίας του γονιδίου δείκτη, τα κύτταρα που το έχουν ενσωματώσει επιβιώνουν ή αλλάζουν το χρώμα του μέσου ενώ τα μη μετασχηματισμένα κύτταρα πεθαίνουν ή δεν επιφέρουν χρωματική αλλαγή.

Εφαρμόζονται δύο κυρίως μέθοδοι για να τροποποιηθούν γενετικά οι φυτικοί οργανισμοί:

► η χρήση του βακτηρίου *Agrobacterium tumefaciens* ως φορέα του DNA. Το βακτήριο έχει τη δυνατότητα να επιμολώνει τα φυτά μεταφέροντας και ξένο γενετικό υλικό μαζί με το δικό που τελικά ενσωματώνονται στο Γονιδίωμα του φυτού. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε πλατύφυλλα φυτά αλλά έχει εφαρμοστεί και στον αραβόσιτο και το ρύζι.

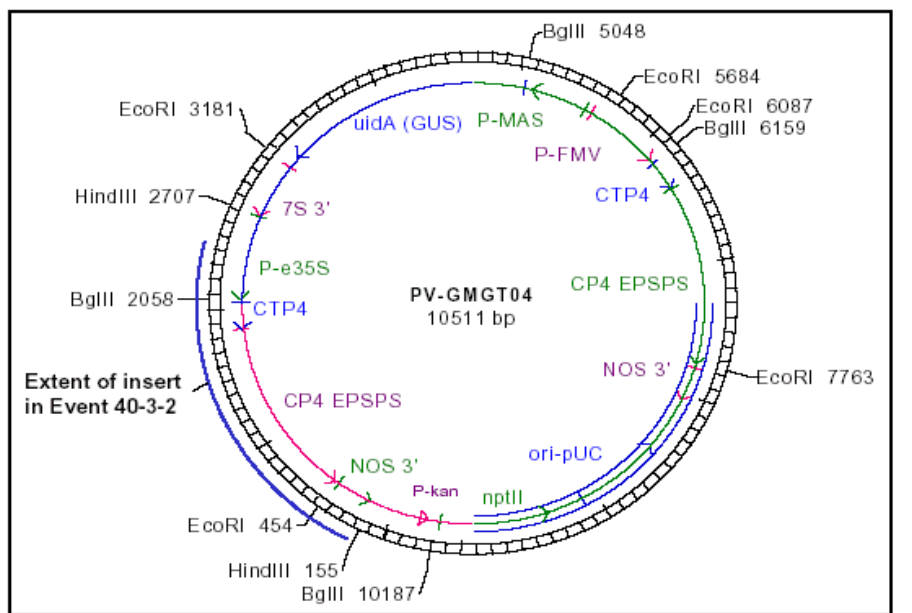
► **Βομβαρδισμός σωματιδίων (Particle bombardment or biolistics)** όπου το προς εισαγωγή DNA επικαλύπτεται με μικροσκοπικά σωματίδια χρυσού και εκτοξεύεται σε φυτικά κύτταρα. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε μονοκοτυλήδωνα φυτά όπως ο αραβόσιτος και το ρύζι.

Και οι δύο μέθοδοι δεν είναι επαρκώς ακριβείς ώστε να εισαχθεί ένα γονίδιο σε συγκεκριμένη θέση του γονιδιώματος. Αυτό μπορεί να επιφέρει σημαντικές αναδιατάξεις του φυτικού γονιδιώματος ή και την αποσιώπηση της έκφρασης ενδογενών γονιδίων με κίνδυνο να επηρεαστούν τα μονοπάτια μεταβολισμού του φυτού και να παραχθούν ανεπιθύμητα ενδογενή προϊόντα. Γι' αυτό η διαδικασία επιλογής του κατάλληλα γενετικά τροποποιημένου φυτού είναι διεξοδική, επίπονη και χρονοβόρα.

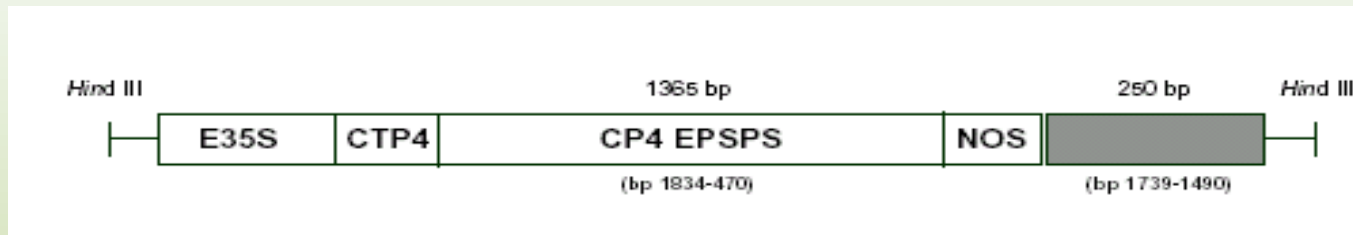


Γονίδια που μέχρι στιγμής έχουν εισαχθεί

- προσδίδουν αντίσταση σε συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα π.χ. Roundup Ready, Liberty Link



Roundup Ready Soy



- προσδίδουν αντίσταση στα έντομα π.χ. Bt events
- βελτιώνουν διατροφικές και οργανοληπτικές ιδιοτήτων
- παρεμποδίζουν την έκφραση άλλων γονιδίων

Γενετική Τροποποίηση Οργανισμών – Τροφίμων 1^{ης} γενεάς

Στόχοι οικονομικοί

- Ευκολότερη παραγωγή, καλύτερη απόδοση
- Φθηνότερη διαδικασία για τον παραγωγό
- Αύξηση των κερδών των εταιρειών παραγωγής ΓΤ

- Φυτά ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα
- Φυτά ανθεκτικά σε έντομα

1980 : Η εμπορική εφαρμογή της τεχνολογίας των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών ξεκινά το 1980 όταν το **Ανώτατο Δικαστήριο των Η.Π.Α.** εγγυάται την προστασία των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας.

1996: Τα γενετικά τροποποιημένα ή διαγονιδιακά φυτά γίνονται **εμπορική πραγματικότητα** το 1996. Αυτά τα φυτά συγκροτούν την 1^η γενεά τροποποιημένων οργανισμών στη γεωργία. Αυτή τη στιγμή γενετικά τροποποιημένος αραβόσιτος, βαμβάκι και σόγια κυριαρχούν στη παγκόσμια γεωργική παραγωγή, ειδικά στην παραγωγή των Η.Π.Α.

Συνηθέστεροι τύποι ΓΤΟ μέχρι στιγμής:

- ΣΟΓΙΑ



- ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ



- ΒΑΜΒΑΚΙ



- ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗ



- ΡΥΖΙ





Πρόβλημα:

Καταστροφή καλλιεργειών από έντομα

Λύση:

Εισαγωγή γονιδίου Bt στα φυτά.
Τα φυτά παράγουν πρωτεΐνη με
«εντομοκτόνο» δράση

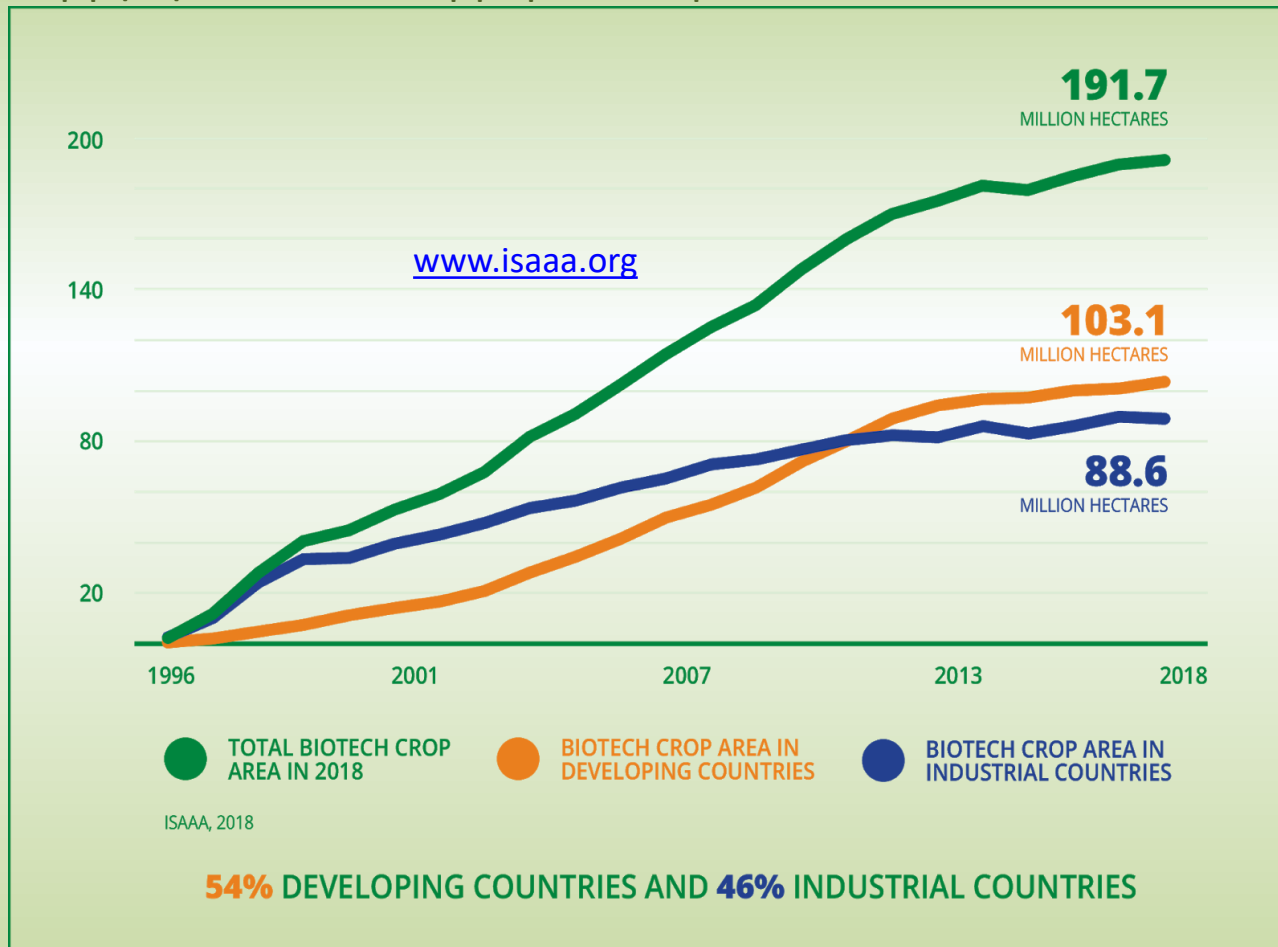
Ωφέλη:

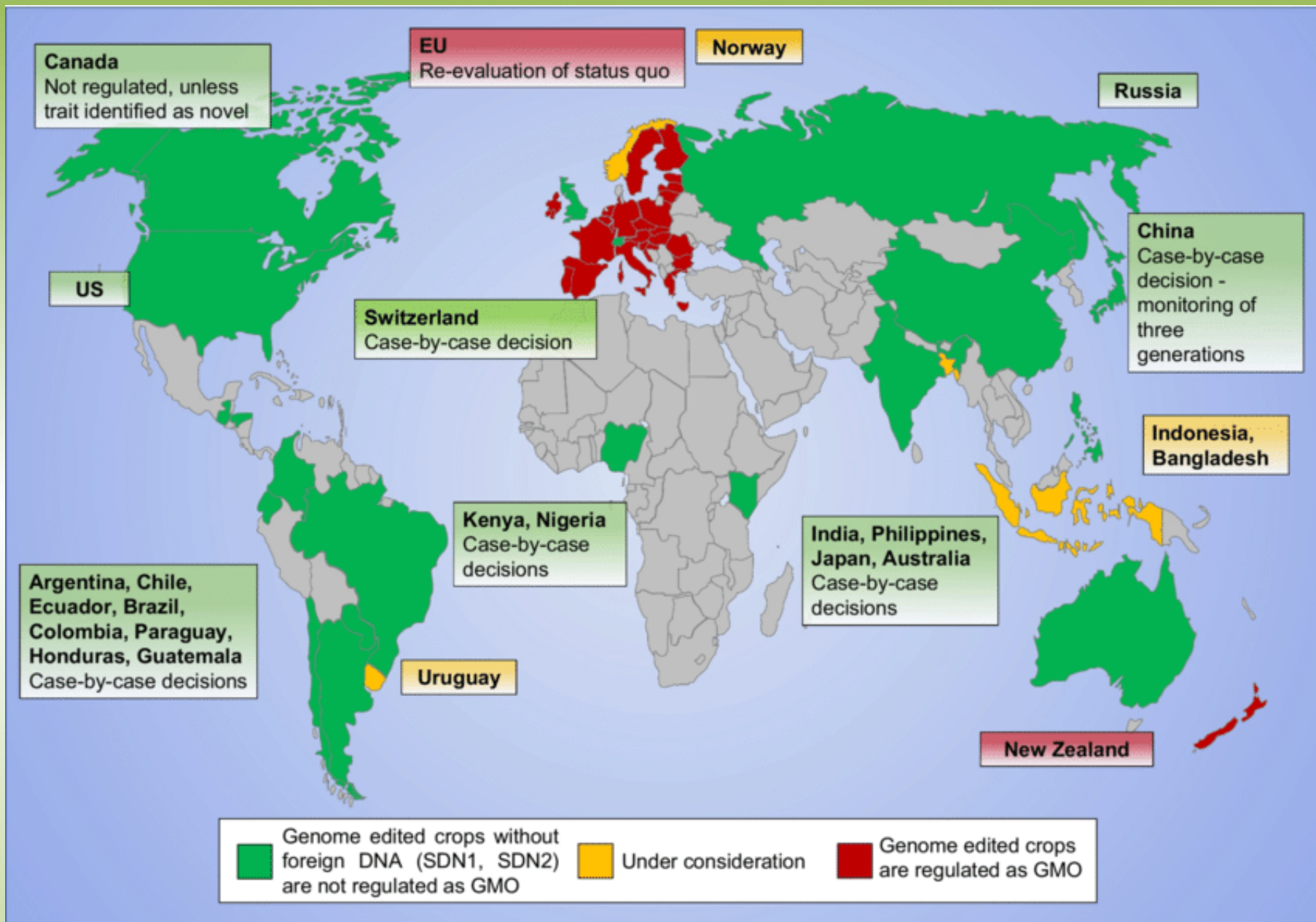
Μείωση χρήσης χημικών εντομοκτόνων
Καλύτερες σοδειές

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΓΤΟ 1996-2018

Το 2018 η καλλιέργεια ΓΤΟ υπήρξε αυξητική για 22η συνεχή χρονιά σε παγκόσμια κλίμακα

- ✓ 2018: καλλιεργήθηκαν 191 εκατομμύρια εκτάρια σε 26 χώρες
- ✓ 1996: καλλιεργήθηκαν 1.7 εκατομμύρια εκτάρια







BIOTECH SOYBEANS

FIRST COMMERCIAL PLANTING IN 1996

95.9 MILLION HECTARES
TOTAL AREA IN 2018



APPROVED FOR IMPORT IN
18 COUNTRIES

PLANTED BY FARMERS IN
9 COUNTRIES



USA
BRAZIL
ARGENTINA

PARAGUAY
CANADA
URUGUAY

BOLIVIA
SOUTH AFRICA
CHILE



38 APPROVED EVENTS IN
31 COUNTRIES

SOYBEANS **50%** OF THE WORLD'S
ACCOUNT FOR BIOTECH CROP AREA

USA IS THE WORLD'S TOP PRODUCER
OF SOYBEANS

BRAZIL IS THE TOP EXPORTER
OF SOYBEANS IN THE WORLD

78%

OF SOYBEAN GLOBAL
AREA OF 123.5 MILLION
HECTARES IN 2018
IS BIOTECH

For more, download: bit.ly/2018Soybeans



BIOTECH MAIZE

FIRST COMMERCIAL PLANTING IN 1996

58.9 MILLION HECTARES
TOTAL AREA IN 2018



APPROVED FOR IMPORT IN
15 COUNTRIES

PLANTED BY FARMERS IN
14 COUNTRIES

USA
BRAZIL
ARGENTINA
CANADA
PARAGUAY

SOUTH AFRICA
URUGUAY
PHILIPPINES
SPAIN
COLOMBIA

VIETNAM
HONDURAS
CHILE
PORTUGAL



137 APPROVED EVENTS IN
35 COUNTRIES

MAIZE EVENT
NK603 RECEIVED **61** APPROVALS FROM
28 COUNTRIES



30%
OF MAIZE GLOBAL
AREA OF 197.2 MILLION
HECTARES IN 2018
IS BIOTECH

For more, download: bit.ly/2018Maize



BIOTECH COTTON

FIRST COMMERCIAL PLANTING IN 1996

24.9 MILLION HECTARES
TOTAL AREA IN 2018

APPROVED FOR IMPORT IN
8 COUNTRIES



PLANTED BY FARMERS IN
15 COUNTRIES

USA
BRAZIL
ARGENTINA
INDIA
PARAGUAY

CHINA
PAKISTAN
SOUTH AFRICA
AUSTRALIA
MYANMAR

SUDAN
MEXICO
COLOMBIA
COSTA RICA
ESWATINI



63 APPROVED EVENTS IN
27 COUNTRIES

INDIA IS TOP COTTON PRODUCER
IN THE WORLD



7.5 MILLION FARMERS
AND THEIR FAMILIES
IN INDIA HAVE ENJOYED THE
BENEFITS OF PLANTING BT COTTON

76%
OF COTTON GLOBAL
AREA OF 32.9 MILLION
HECTARES IN 2018
IS BIOTECH

For more, download: bit.ly/2018Cotton



BIOTECH CANOLA

FIRST COMMERCIAL PLANTING IN 1996

10.1 MILLION HECTARES
TOTAL AREA IN 2018



APPROVED FOR IMPORT IN
10 COUNTRIES

PLANTED BY FARMERS IN
4 COUNTRIES

USA CANADA AUSTRALIA CHILE



37 APPROVED EVENTS IN
15 COUNTRIES



95% BIOTECH CANOLA'S
ADOPTION RATE IN CANADA

CANADA PLANTED 8.7 MILLION HECTARES
BIOTECH CANOLA IN 2018

MOST OF BIOTECH CANOLA
PLANTED IN CANADA ARE
HERBICIDE TOLERANT

CHILE GROWS BIOTECH CANOLA
FOR SEED EXPORT

29%
OF CANOLA GLOBAL
AREA OF 34.7 MILLION
HECTARES IN 2018
IS BIOTECH

For more, download: bit.ly/2018Canola



BIOTECH ALFALFA

FIRST COMMERCIAL PLANTING IN 2006

1.3 MILLION HECTARES
TOTAL AREA IN 2018

APPROVED FOR IMPORT IN
5 COUNTRIES

PLANTED BY FARMERS IN
2 COUNTRIES

USA CANADA



5 APPROVED EVENTS IN
10 COUNTRIES

CANADA PLANTED
HARVXTRA™
ALFALFA

USA PLANTED
RR® & HARVXTRA™
ALFALFA



HARVXTRA™ ALFALFA

WAS FIRST PLANTED IN 2016



HIGH DEMAND FROM FARMERS

- CONTAINS LESS LIGNIN
- HIGHER DIGESTIBILITY
- OFFERS 15-20% YIELD INCREASE

BIOTECH ALFALFA ADOPTION RATES IN THE USA
AND CANADA IS LIKELY TO INCREASE AS MORE
AND MORE FARMERS REALIZE THE BENEFITS OF THE
TECHNOLOGY IN LIVESTOCK PRODUCTION AND FARM
MANAGEMENT.

For more, download: bit.ly/2018Alfalfa



TOP 5 BIOTECH CROPS IN THE WORLD

WWW.ISAAA.ORG

AN ISAAA INFOGRAPHIC BY CLEMENT DIONGLAY

SOURCES: ISAAA Brief 54 (bit.ly/ISAAABrief54)
ISAAA GM Approval Databasen (bit.ly/GMApprovalDatabase)
ISAAA Pocket K No. 2 (bit.ly/PKNo2)

NOTE: In these ISAAA resources, the European Union (EU = 28 countries) is counted as one (1) country.

www.facebook.com/isaaa.org/

www.instagram.com/isaaa.org/

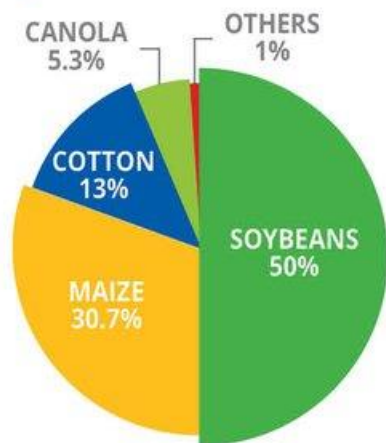
www.twitter.com/isaaa_org

JUNE 2020

GLOBAL STATUS OF COMMERCIALIZED BIOTECH/GM CROPS IN 2018

Biotech Crops Planted in 2018

MAJOR BIOTECH CROPS



% OF TOTAL BIOTECH CROP AREA



BIOTECH SOYBEANS

HIGHEST ADOPTION WORLDWIDE
50% OF BIOTECH CROP AREA

BIOTECH SUGARCANE

PLANTED IN **INDONESIA**
FOR THE FIRST TIME



OTHER BIOTECH CROPS GROWN IN 2018:



SUGAR BEETS ALFALFA PAPAYA SQUASH EGGPLANT POTATOES APPLES



www.isaaa.org



[isaaa.org](https://www.facebook.com/isaaa.org)



[isaaa_org](https://twitter.com/isaaa_org)



[isaaa_org](https://www.instagram.com/isaaa_org)



[isaaa/videos](https://www.youtube.com/isaaa/videos)

[#ISAAAReport2018](https://twitter.com/ISAAAReport2018)

[#GMCrops2018](https://twitter.com/GMCrops2018)

ΧΡΥΣΟ ΡΥΖΙ (GOLDEN RICE)

Πρόβλημα:

Ρύζι «φτωχό» σε βιταμίνη Α και σίδηρο

Λύση:

Το χρυσό ρύζι είναι μια ποικιλία ρυζιού (*Oryza sativa*) που παράγεται μέσω γενετικής μηχανικής ώστε να βιοσυνθέτει τα πρόδρομα μόρια του β -καροτενίου (προβιταμίνη Α) στο ενδοσπέρμιο δηλαδή στο εδώδιμο τμήμα του φυτού.

Ωφέλη:

Διατροφικά ενισχυμένο Ρύζι , εξάλειψη του συνδρόμου VAD (Vitamin Veronicas Deficiency) στα παιδιά και τις εγκύους.



ΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

- ✓ Οι καταναλωτές γενικά θεωρούν τα παραδοσιακά τρόφιμα ασφαλή,
- ✓ Στην περίπτωση των ΓΤΤ οι πλειοψηφία των αρμοδίων εθνικών αρχών θεωρούν αναγκαίες τις ειδικές αξιολογήσεις,
- ✓ Έχουν θεσπιστεί ειδικά συστήματα αξιολόγησης των ΓΤ οργανισμών και τροφίμων σε σχέση με την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον,
- ✓ Όμοια αξιολόγηση δεν απαιτείται για τα παραδοσιακά τρόφιμα πριν βγουν στην αγορά.

ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΤΟ

ΟΦΕΛΗ

- Ελάττωση της χρήσης χημικών εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων
- Αύξηση της απόδοσης και της ανθεκτικότητας των καλλιεργειών σε ακραίες συνθήκες
- Παραγωγή τροφίμων με αυξημένη διατροφική αξία και νέες ιδιότητες
- π.χ. αύξηση περιεκτικότητας του σιδήρου στο ρύζι, παραγωγή φυτικών εμβολίων

ΚΙΝΔΥΝΟΙ

- Περιβαλλοντικοί στο στάδιο της καλλιέργειας των ΓΤΟ
- Κίνδυνοι υγείας κατά την κατανάλωση των προϊόντων των ΓΤΟ από τα ζώα και τον άνθρωπο

Σενάρια κινδύνων για την Υγεία του Ανθρώπου

Η διαδικασία αξιολόγησης της ασφάλειας των ΓΤ τροφίμων για την υγεία διερευνά :

1. Άμεσες επιπτώσεις για την υγεία (τοξικότητα/toxicity),
2. Πιθανότητα πρόκλησης αλλεργικής αντίδρασης (allergenicity)
3. Ειδικά συστατικά ύποπτα ως προς διατροφικές και τοξικές ιδιότητες
4. Την σταθερότητα του γονιδίου που εισάγεται
5. Διατροφικές επιπτώσεις σχετιζόμενες με τη γενετική τροποποίηση
6. Οποιαδήποτε ανεπιθύμητη επίπτωση που θα μπορούσε να προκύψει από την ένθεση του γονιδίου

Μετά από πολυετή χρήση/βρώση των ΓΤT διεθνώς, οι μελέτες φαίνεται να εστιάζονται στην πιθανότητα πρόκλησης αλλεργικής αντίδρασης (allergenicity) και στην οριζόντια μεταφορά γονιδίου (gene transfer)

Πιθανοί Κίνδυνοι για το Περιβάλλον

Η διαδικασία αξιολόγησης περιλαμβάνει **αποτίμηση** των χαρακτηριστικών του ΓΤΟ και της επίπτωσής του καθώς και της **σταθερότητάς** του στο περιβάλλον, σε συνδυασμό με τα **οικολογικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος** όπου αναπτύσσεται ή διασπείρεται το φυτό.

Οι πτυχές της περιβαλλοντικής ασφάλειας των ΓΤΟ ποικίλλουν ανάλογα με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και **τρέχουσες μελέτες εστιάζουν:**

1. στη δυνατότητα του ΓΤΟ να επιμολύνει πληθυσμούς άγριου τύπου
2. στην ενδεχόμενη μείωση επωφελών εντόμων σε συνδυασμό με την επαγωγή ανθεκτικών εντόμων (αυξημένη χρήση χημικών στη γεωργία)
3. στην ενδεχόμενη δημιουργία νέων φυτικών παθογόνων
4. στην ευαισθησία οργανισμών που δεν είναι στόχοι του προϊόντος του διαγονιδίου
5. στη μείωση της πρακτικής της εναλλαγής καλλιεργειών
- 6. στη μείωση της βιοποικιλότητας**

ΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΤΡΟΦΙΜΑ (ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ) ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Γιατί η Ευρωπαϊκή κοινή γνώμη παραμένει επιφυλακτική :

- ✓ Η διατροφή παραμένει πολύ ευαίσθητο θέμα ειδικά για τους Ευρωπαίους
- ✓ Η νέα τεχνολογία “επιβλήθηκε” πολύ γρήγορα
- ✓ Τα πρώτα βιοτεχνολογικά προϊόντα δεν έχουν ορατά οφέλη για τον καταναλωτή
- ✓ Δεν υπήρξε έγκαιρα επαρκής νομοθεσία
- ✓ Ανεπαρκής ενημέρωση (Ρόλος της επιστημονικής κοινότητας)
- ✓ Συναισθηματική αντίληψη του κινδύνου (risk) από το κοινό : υπερεκτίμηση του κινδύνου

Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΕ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ένα πλαίσιο ώστε να διασφαλιστεί η ανάπτυξη της σύγχρονης βιοτεχνολογίας, ειδικότερα των ΓΤΟ, σε ασφαλείς συνθήκες (http://ec.europa.eu/food/plant/gmo/index_en.htm)

Το πλαίσιο αποσκοπεί :

- στη προστασία της υγείας του ανθρώπου και των ζώων καθώς και του περιβάλλοντος
- σε εναρμονισμένες, αποτελεσματικές, διαφανείς διαδικασίες για την αξιολόγηση του κινδύνου και την έγκριση ΓΤΟ
- στη διασφάλιση της σαφούς επισήμανσης των ΓΤΟ που κυκλοφορούν στην αγορά
- στη διασφάλιση της ιχνηλασιμότητας των ΓΤΟ που κυκλοφορούν στην αγορά

Οι θεμέλιοι λίθοι της νομοθεσίας για τα ΓΤΟ :

[Directive 2001/18/EC](#) για την απελευθέρωση των ΓΤΟ στο περιβάλλον

[Regulation \(EC\) 1829/2003](#) για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και τις ζωοτροφές

[Directive \(EU\) 2015/412](#) τροποποίηση της Directive 2001/18/EC σε σχέση με τη δυνατότητα των κ-μ να περιορίζουν ή να απαγορεύουν την καλλιέργεια των ΓΤΟ στην επικράτειά τους

[Regulation \(EC\) 1830/2003](#) που αφορά την ιχνηλασιμότητα και την επισήμανση ΓΤΟ καθώς και τροφίμων και ζωοτροφών που παράγονται από ΓΤΟ

[Directive 2009/41/EC](#) που αφορά την περιορισμένη χρήση (contained use) γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών

Έγκριση των ΓΤΟ

Οι αιτούντες καταθέτουν φάκελο με πειραματικά δεδομένα και μελέτη αξιολόγησης του κινδύνου (risk assessment).

Οι άδειες/εγκρίσεις ισχύουν σε όλη την επικράτεια της ΕΕ για

- Καλλιέργεια
- Εμπορευματοποίηση σκευασμάτων τροφίμων ή ζωοτροφών

Παράδειγμα: η διαδικασία για αδειοδότηση στη 2^η περίπτωση υπαγορεύεται από τον Κανονισμό (ΕΚ) Νο 1829/2003 και πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις του [Commission Implementing Regulation \(EU\) 503/2013](#). Η αίτηση και ο φάκελος κατατίθενται στην αρμόδια κρατική αρχή και πρέπει να περιλαμβάνει:

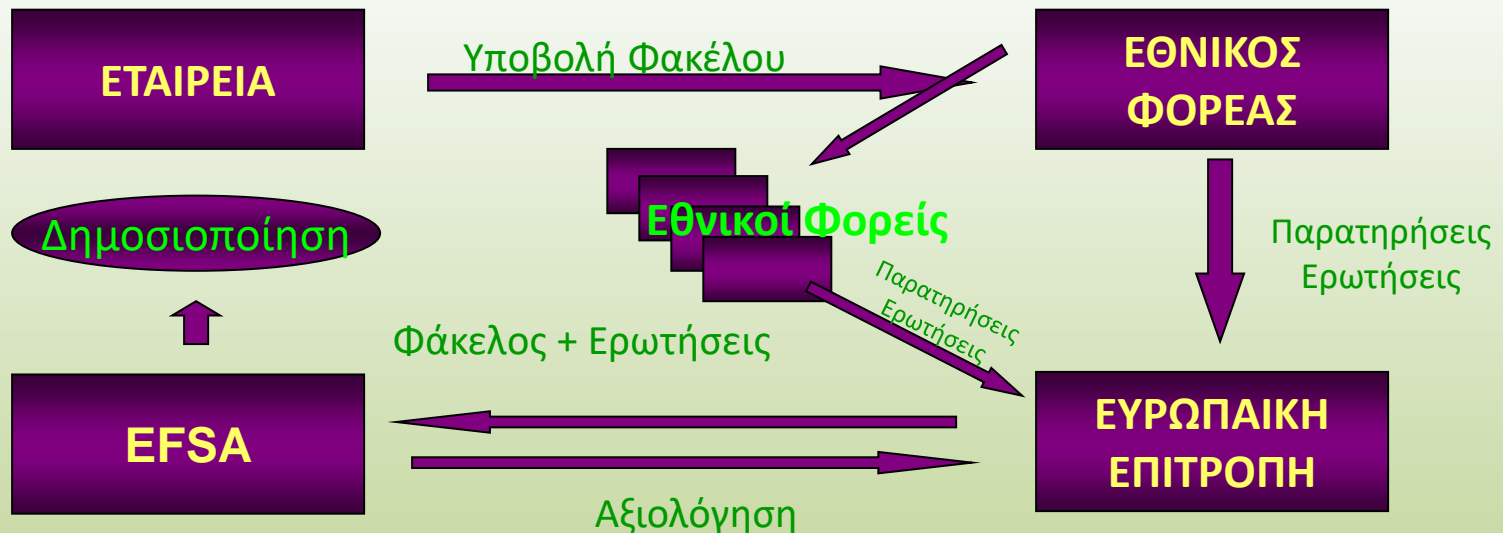
- στόχο και πεδίο εφαρμογής
- δεδομένα, μελέτες και ανάλυση των αποτελεσμάτων
- σχέδιο παρακολούθησης
- πρόταση επισήμανσης
- μέθοδο ανίχνευσης
- ένδειξη για εμπιστευτικές πληροφορίες

Η αρμόδια αρχή ενημερώνει για την αποδοχή του φακέλου εντός 14 ημερών και προωθεί την αίτηση στην αρμόδια ευρωπαϊκή αρχή [European Food Safety Agency \(EFSA\)](#) για συνολική αξιολόγηση του κινδύνου.

Διαδικασία Αξιολόγησης από την EFSA

► Αξιολόγηση του κινδύνου Η EFSA αξιολογεί τους ενδεχόμενους κινδύνους για το περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και την ασφάλεια των ζώων στην ΕΕ εντός **6 μηνών** από την παραλαβή της αίτησης, εκδίδει δε μια επιστημονική εισήγηση σχετικά στο EFSA Journal. Η διαδικασία μπορεί να παραταθεί εάν η EFSA πρέπει να ζητήσει επιπρόσθετα στοιχεία και διευκρινήσεις. Η EFSA υποβάλλει την άποψή της στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα Κράτη-Μέλη ενώ η άποψη αναρτάται στον ιστότοπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ώστε το ευρύ κοινό να μπορεί να καταθέσει την άποψή του εντός 30 ημερών (Public consultation)

► Τελική απόφαση εντός **τριών μηνών** η Επιτροπή οφείλει να προτείνει την αποδοχή ή απόρριψη του αιτήματος. Οι αδειοδοτήσεις /εγκρίσεις ισχύουν για **10 έτη** το πολύ. Οι Εθνικοί Εκπρόσωποι των 27 κ-μ στην Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed εγκρίνουν με σχετική πλειοψηφία την πρόταση της Επιτροπής.



Ιχνηλασιμότητα και Επισήμανση

Ιχνηλασιμότητα (traceability)

1. Επιτρέπει την ιχνηλάτηση των ΓΤΟ και των προϊόντων που περιέχουν ΓΤ συστατικά σε όλα τα στάδια της αλυσίδας τροφοδοσίας
2. Καθιστά δυνατή την *επισήμανση* όλων των ΓΤΟ και των σκευασμάτων τροφίμων και ζωοτροφών που περιέχουν ΓΤ συστατικά
3. Επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία και το περιβάλλον ώστε να αποσυρθούν προϊόντα εάν αυτό κριθεί αναγκαίο

Επισήμανση (GM Labelling)

1. Επιτρέπει στους καταναλωτές να επιλέξουν ελεύθερα και υπεύθυνα
2. Στην περίπτωση προσυσκευασμένων προϊόντων, ο κατάλογος των συστατικών θα πρέπει να αναφέρει "*genetically modified*" or "*produced from genetically modified [name of the organism]*"«
3. Για μη συσκευασμένα προϊόντα αυτή η διατύπωση πρέπει να είναι ορατή πλησίον του προϊόντος (π.χ. στο ράφι του καταστήματος)

Αυτές οι απαιτήσεις σε ό,τι αφορά την επισήμανση δεν εφαρμόζονται σε προϊόντα ΓΤ τροφίμων και ζωοτροφών σε αναλογία **0.9 %** των συστατικών.

- Η Ε.Ε. έχει θεσπίσει την αυστηρότερη νομοθεσία στον κόσμο για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα με βάση την «**Αρχή της προφύλαξης**» (The precautionary principle)
- Όλα τα ΓΤ τρόφιμα και ζωοτροφές που κυκλοφορούν στην ΕΕ πρέπει να επισημαίνονται (**κατώφλι επισήμανσης 0,9%**) και να ιχνηλατούνται
- Σε ευρωπαϊκή κλίμακα, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη ειδικών συστημάτων για την αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων για το περιβάλλον και την υγεία αλλά και **μεθόδων ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης του γενετικού υλικού ή της πρωτεΐνης που προέρχεται από γενετική τροποποίηση**

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ **GMO**

- Πρωτόκολλα Δειγματοληψίας
- Κατάλληλα πιστοποιημένα υλικά αναφοράς (CRM)



Σύνθετη ζωοτροφή

→ 5% σογιάλευρο

100% συμβατική σόγια
όχι σήμανση

99,5 % συμβατική σόγια
0,5% εγκεκριμένο event
όχι σήμανση

99 % συμβατική σόγια
1 % εγκεκριμένο event
σήμανση

Μέθοδοι ανίχνευσης

Μέθοδοι ανάλυσης που βασίζονται στις πρωτεΐνες,

δηλαδή στην χρήση αντισωμάτων (όριο ανίχνευσης τροποποιημένης πρωτεΐνης ~1%)

ELISA: ταχεία ανάλυση μεγάλου αριθμού δειγμάτων με χαμηλό κόστος και σχετικά υψηλή ευαισθησία

Μέθοδοι ανάλυσης με βάση το DNA,

ανίχνευση και ποσοτικός προσδιορισμός των αλληλουχιών του DNA που έχουν εισαχθεί στον οργανισμό στο πλαίσιο της γενετικής τροποποίησης (αλληλουχία υποκινητή, δομικό γονίδιο, αλληλουχία τερματισμού)

Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR): οι πλέον ευαίσθητες, απαραίτητες προϋποθέσεις η τέλεια γνώση της δομής του προς ανίχνευση ξένου γονιδίου και η ικανότητα απομόνωσης σημαντικής ποσότητας DNA από τα δείγματα

Ανίχνευση με PCR

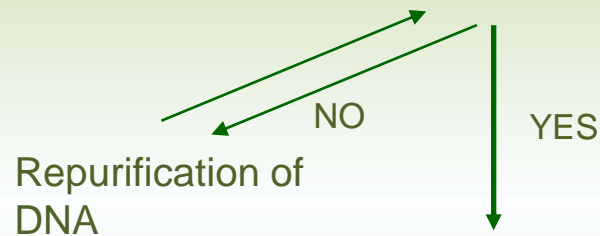
Work flow of a sample analysis

DNA extraction (duplicate samples)



DNA pure?

(control PCR reaction e.g. amplification of lectin for soya, invertase for maize)



Repurification of DNA

General GMO-screening

(Specific PCR reaction : 35S promoter, NOS terminator)

No GMO detectable

GMO detectable

End of screening

GMO-Quantification

(quantitative 35S –Method REAL-TIME PCR)



GMO-Identification

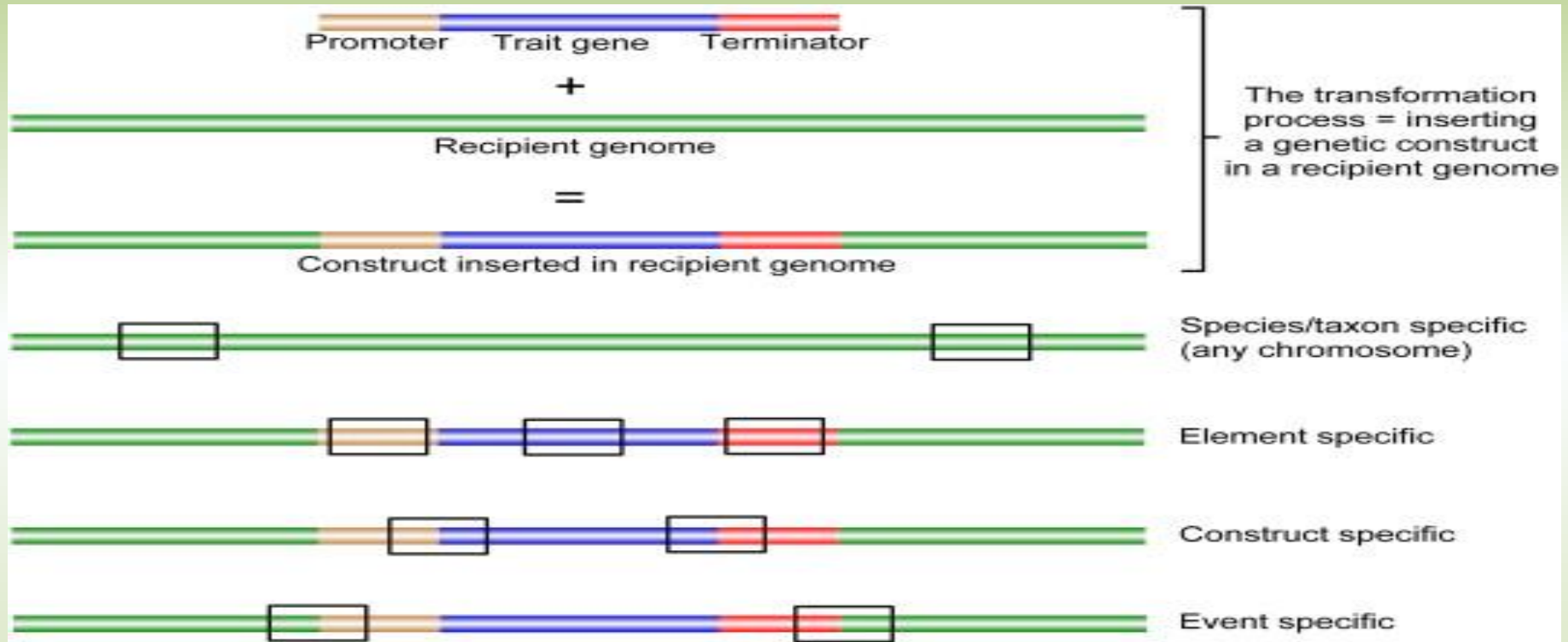
Species	GMO	Legal status	CaMV P35S	FMV P35S	aad	Analytical module - specificity				T-nos	T-E9	ctp2-cp4epsps	P35S-pat
			Promoter A	Promoter B	Gene C	bar	nptII	pat	Gene F	Terminator E	Terminator F	Construct G	Construct H
Canola/rapeseed	Falcon GS40/90	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	GT73	Authorized	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Topas 19/2	Un-authorized	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+
	MS1, RF1, RF2	Un-authorized	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
	MS8, RF3	Authorized	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
	OXY235	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Cotton	281-24-236	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	3006-210-23	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	GHB614	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LL25	Authorized	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
	MON531	Authorized	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	MON1445	Authorized	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-
	MON15985	Authorized	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
MON88913	Un-authorized	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
Linseed/flax	FP967	Un-authorized	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
Maize/corn	Bt11	Authorized	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
	Bt176	Un-authorized	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
	DAS-40278-9	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GA21	Authorized	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	LY038	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MIR604	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	MON810	Authorized	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MON863	Authorized	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	MON87460	Un-authorized	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
MON88017	Authorized	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
MON89034	Authorized	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
Papaya	55-1, 63-1	Un-authorized	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
	X17-2	Un-authorized	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
Potato	EH92-527-1	Authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AM-04-1020	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	AV43-6-G7	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	RBMT21 (New leaf)	Un-authorized	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-
RBMT22 (New leaf)	Un-authorized	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	
Rice	Bt63	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	KaFeng 6	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	KMD1	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	LL62	Un-authorized	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	LL601	Un-authorized	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Soybean	305423	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	356043	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A2704-12	Authorized	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
	A5547-127	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	DAS-68416-4	Un-authorized	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
	GTS40-3-2	Authorized	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	MON87701	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MON87705	Un-authorized	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	MON87708	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MON87769	Un-authorized	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
MON89788	Authorized	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
Sugarbeet	GTS877	Un-authorized	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	H7-1	Authorized	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	T120-7	Un-authorized	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+
Tomato	35 1 N	Un-authorized	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
	1345-4 (Endless summer)	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	5345	Un-authorized	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
	8338	Un-authorized	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	CGN-89564-2 (FlavrSavr)	Un-authorized	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CaMV P35S Promoter A FMV P35S Promoter B aad Gene C bar Gene D nptII Gene E pat Gene F 3'-nos Terminator E 3'-E9 Terminator F ctp2-cp4epsps Construct G P35S-pat Construct H

Detecting un-authorized genetically modified organisms (GMOs) and derived materials

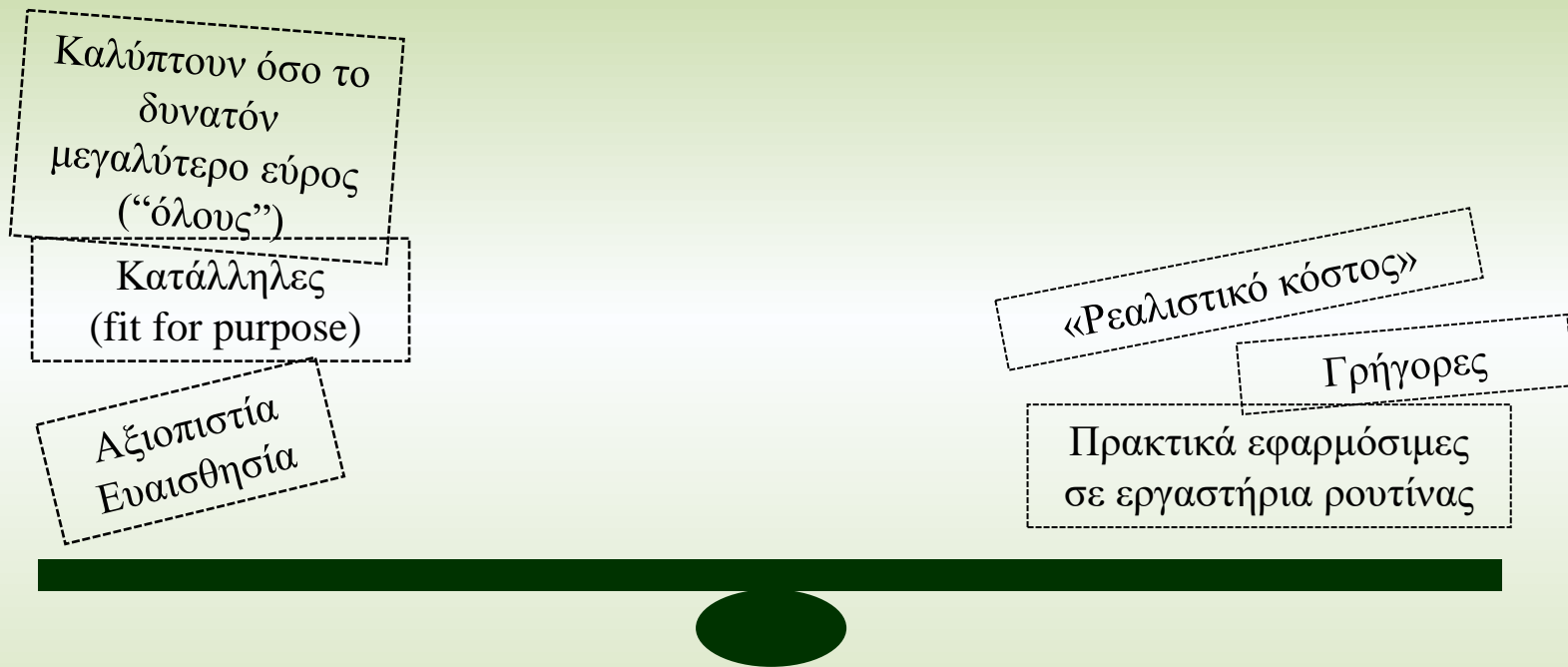
Biotechnology Advances, Volume 30, Issue 6, 2012, 1318–1335

Ανίχνευση μη εγκεκριμένων (un-authorized) ΓΤΟ και προϊόντων τους



Biotechnology Advances, Volume 30, Issue 6, 2012, 1318–1335

Ανίχνευση Γενετικά Τροποποιημένων Οργανισμών: μία συνεχώς αυξανόμενη πρόκληση



Συνηθέστερα είδη δειγμάτων προς ανάλυση

- **σπόροι σποράς** (σόγιας, καλαμποκιού, βάμβακος, τεύτλου, ελαιοκράμβης)
- **άλευρα** (σογιάλευρο, καλαμποκάλευρο)
- **λεκιθίνης σόγιας**
- **αμύλου καλαμποκιού**
- **νιφάδες καλαμποκιού**
- **πρώτες ύλες τροφίμων**
- **επεξεργασμένα τρόφιμα** (π.χ. παγωτά, μπισκότα, φρυγανιές, κρουασάν)
- **αλλαντικά**
- **ιχθυοτροφές/ζωοτροφές**

ΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Η 2^η γενιά GMOs στη γεωργία περιλαμβάνει φυτά τροποποιημένα με Νέες Γονιδιωματικές Τεχνικές (gene editing).

1. Οι αλλαγές δεν αφορούν την εισαγωγή γονιδίων από άλλους οργανισμούς
2. Χρησιμοποιείται ως εργαλείο των αλλαγών η τεχνολογία CRISPR-Cas
3. Πραγματοποιούνται προσθήκες, ελλείψεις, αντικαταστάσεις βάσεων όπως και μετατοπίσεις.
4. Οδηγούν σε δημιουργία φυτού και όχι νέας ποικιλίας
5. Τα φυτά που δημιουργούνται αντέχουν την περιβαλλοντική πίεση (ανθεκτικότητα σε παράσιτα και ανάπτυξη σε ξηρασία), δεσμεύουν λιγότερα θρεπτικά από το έδαφος, βελτίωση θρεπτικής αξίας των φυτών και των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών

Γενετική Τροποποίηση Τροφίμων 2^{ης} Γενεάς

GM plants that have been authorized in recent years and examples of GM plants that are ready for commercial applications

Apple	Does not go brown	Authorized 2015	USA
	Resistance to apple scab	Field trials since 2012	Europe (ETH Zurich)
Aubergine	Resistance to eggplant fruit and shoot borer	Cultivation trial in Bangladesh since 2014	India, Bangladesh
Banana	Resistance to fungi and bacteria	Field trials in Uganda	Africa (National Banana Research Program)
Cassava (manioc)	Fortified with zinc, iron, vitamin A	Field trials in Kenya and Nigeria	Africa (Biocassava Plus Program)
Bean	Virus resistance	Authorized 2011	Brazil
Millet (sorghum)	Fortified with iron and zinc	Field trials in Burkina Faso, Kenya, Nigeria	Africa (Africa Biofortified Sorghum)
Potato	Lower acrylamide levels	Authorized 2014	USA
	Resistance to potato late blight	Field trials since 2009	Europe (Wageningen University)
Lucerne (alfalfa)	Lower lignin levels, better feed quality	Authorized 2014	USA
Maize	Drought tolerance	Authorized 2013	USA
Rice	Fortified with provitamin A	Field trials in the Philippines, close to commercialization	Europe, Asia (Golden Rice)
	Fortified with zinc and iron	Close to commercialization in Bangladesh	Harvest Plus Program
Soybeans	Modified fatty acid composition	Authorized 2009 and 2011	USA, Canada
Citrus fruits	Resistance to citrus greening	Field trials since 2009	USA
Sugar cane	Drought tolerance	Authorized 2013	Indonesia
Wheat, maize, soybean, sugar cane	Drought tolerance	Field trials in Argentina	Argentina, USA

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Τα Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα φυτικής προέλευσης υφίστανται τους περισσότερους ελέγχους από κάθε άλλο είδος τροφίμου στην ΕΕ. Η σχετική Ευρωπαϊκή νομοθεσία είναι η αυστηρότερη στον κόσμο και βασίζεται στην «αρχή της πρόληψης»

Μετά από τουλάχιστον 25ετή εμπειρία χρήσης των ΓΤΟ 1^{ης} Γενεάς, κυρίως στις ΗΠΑ, δεν έχουν παρουσιαστεί προβλήματα για τη δημόσια υγεία.

Πρόβλημα βιοποικιλότητας είναι πολύ μεγαλύτερο.

Οι μέθοδοι για ανίχνευση GMO ρεαλιστικές και αξιόπιστες. Ακολουθούν την ανάπτυξη και τη δημιουργία νέων event.

Εν τω μεταξύ, επειδή υφίσταται **έλλειμμα υπεύθυνης ενημέρωσης** της κοινής γνώμης και σοβαρής πολιτικής σχετικά με την διαχείριση του θέματος των ΓΤΟ διεθνώς, είναι απαραίτητη η αυστηρή εφαρμογή της «αρχής της πρόληψης» και άρα του πλαισίου της Ε.Ε. που εγκρίνει μια ΓΤ ποικιλία για μια δεκαετία μόνο.

Νέες Γονιδιωματικές Τεχνικές: Μία νέα πρόκληση για την Ευρωπαϊκή Ένωση

- Οι εξελίξεις όμως στον τομέα της Γενετικής Μηχανικής τις 2 δεκαετίες που έχουν μεσολαβήσει από την έκδοση της Οδηγίας για τα ΓΤΟ έως σήμερα, υπήρξαν ραγδαίες.
- Νέες Γονιδιωματικές Τεχνικές (ΝΓΤ) όπως **CRISPRs** αναπτύσσονται και εφαρμόζονται ήδη σε διάφορους τομείς. Οι ΝΓΤ σε αντίθεση με τις κλασικές τεχνικές γενετικής τροποποίησης που εστιάζονται στην εισαγωγή νέων γονίδιων από άλλα συνήθως είδη, έχουν σαν κοινό **την στοχευμένη τροποποίηση του γενετικού υλικού μέσω κατευθυνόμενης μεταλλαξογένεσης.**
- Τον Ιούλιο του 2018, το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο (υπόθεση C-528/16) αποφάνθηκε ότι οργανισμοί που λαμβάνονται με τεχνικές κατευθυνόμενης μεταλλαξογένεσης πρέπει να θεωρούνται ως γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί (ΓΤΟ) κατά την έννοια της Οδηγίας 2001/18. Με την υποσημείωση όμως ότι *«However, organisms obtained by mutagenesis techniques which have conventionally been used in a number of applications and have a long safety record are exempt from those obligations, **on the understanding that the Member States are free to subject them, in compliance with EU law, to the obligations laid down by the directive or to other obligations**»*

- Η απόφαση αυτή πυροδότησε μία σειρά από αντιδράσεις, ερωτήματα και προβληματισμούς και επανάφερε το θέμα των ΓΤΟ στο προσκήνιο
- Είναι αναπόφευκτος ο διαχωρισμός των κανονισμών για GMO και Διόρθωσης ή τροποποίησης γονιδίων.

Στόχος: να κερδηθεί έτσι η εμπιστοσύνη των ευρωπαϊών πολιτών στις οποίες αποφάσεις για εγκρίσεις ή μη των νέων προϊόντων.

1. Strobbe, S., Wesana, J., Van Der Straeten, D., & De Steur, H. (2023). Public acceptance and stakeholder views of gene edited foods: A global overview. *Trends in Biotechnology*, 41(6), 736-740.
<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.12.011>
2. Genome-edited crops and 21st century food system challenges
3. Nicholas G. Karavolias 1,2, Wilson Horner 1,3, Modesta N. Abugu4,5 and Sarah N. Evanega5 *
Application of Gene Editing for Climate Change in Agriculture
4. Tonutti, P., Brizzolara, S., & Beckles, D. M. (2023). Reducing crop losses by gene-editing control of organ developmental physiology. *Current Opinion in Biotechnology*, 81, 102925.
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2023.102925>
5. Genome-edited crops and 21st century food system challenges (2022)
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2022/690194/EPRS_IDA\(2022\)690194_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2022/690194/EPRS_IDA(2022)690194_EN.pdf)