

ΒΙΟΛ-491 Ειδικά Κεφάλαια Βιοτεχνολογίας και Απεικονιστικής Φυτών-ΔΙΑΛΕΞΗ 9



<https://www.imbb.forth.gr/en/research-en/plant-molecular-biology/item/4119-panagiotis-n-moschou>

<https://pmoschoulab.blog/home/>



FORTH

INSTITUTE OF MOLECULAR BIOLOGY & BIOTECHNOLOGY



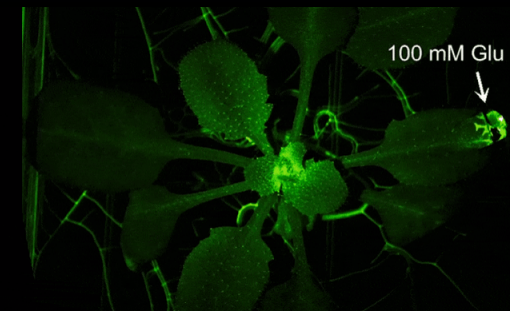
<https://twitter.com/Panosmoschou>



9. Βιοτεχνολογικές εφαρμογές σε φυτά

(πώς εφαρμόζω κάτι, πώς θέτω βιολογικά ερωτήματα, αναπτυξιακή πλαστικότητα, κύριες καταπονήσεις, μοριακοί μηχανισμοί αποκρίσεων)

2



Νέες δεξιότητες-Διάλεξη 9

1. Να **αναλύσετε** βασικές αρχές βιοτεχνολογίας φυτών
2. Να **αναλύσετε** τη σημαντικότητα των βιοϋλικών

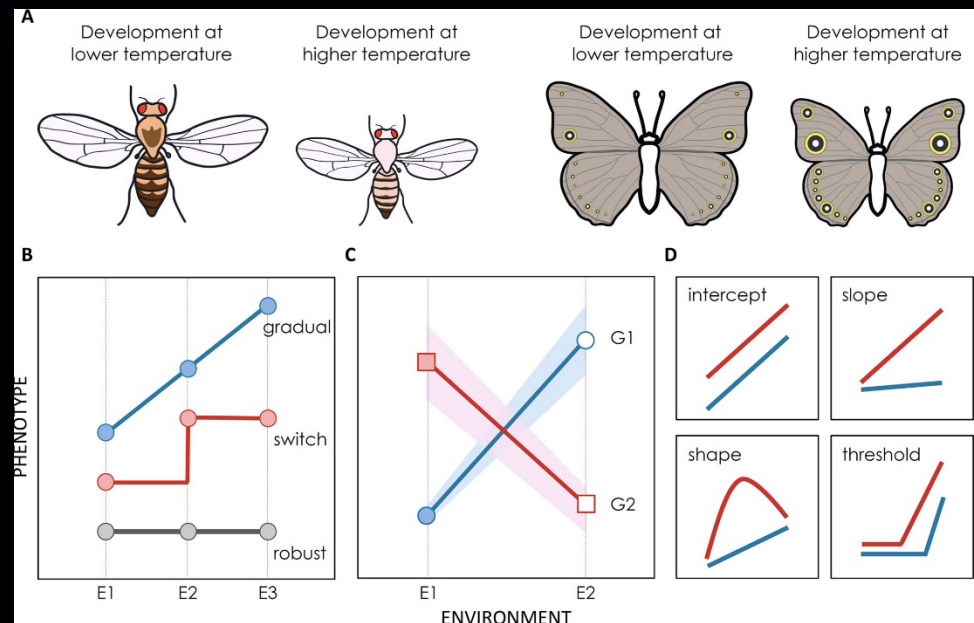
Τι θα θέλατε να ακούσετε; Τι έχετε ακούσει; Τι θα θέλατε να μάθετε σχετικά με τη βιοτεχνολογία φυτών;

**Πώς εφαρμόζω κάτι, πώς
θέτω βιολογικά ερωτήματα**

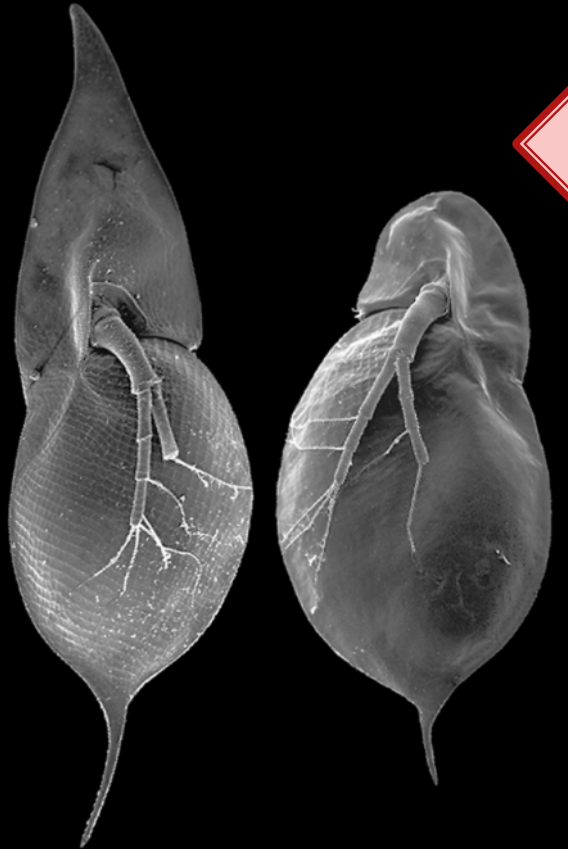
- Χαρακτήρες **εισόδου** σε βιολογικά συστήματα
- Χαρακτήρες **εξόδου** σε βιολογικά συστήματα

Παρατήρηση 1: Αναπτυξιακή πλαστικότητα

- Προσαρμογή σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα όταν η ανάπτυξη είναι πλαστική



Αναπτυξιακή πλαστικότητα



Κράνος για
προστασία in
Daphnia cucullata

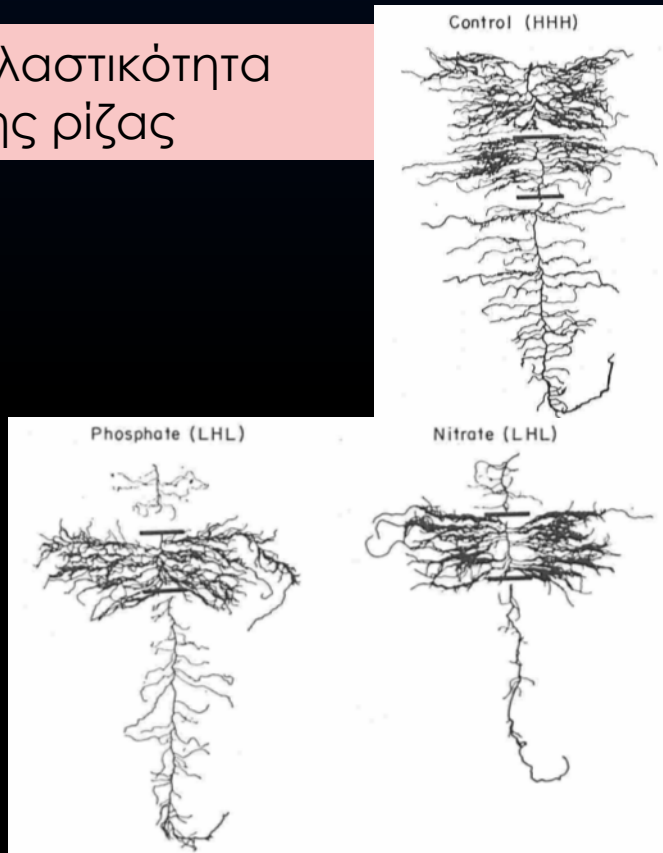
Η θερμοκρασία
καθορίζει το
φύλλο στα ερπέτα
και ψάρια



Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. from Agrawal, A.A., Laforsch, C. and Tollrian, R. (1999). Transgenerational induction of defences in animals and plants. *Nature*. 401: [60-63](#); Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. From Warner, D.A. and Shine, R. (2008). The adaptive significance of temperature-dependent sex determination in a reptile. *Nature*. 451: [566-568](#); See also Coker, R.E. (1939). The problem of cyclomorphosis in *Daphnia*. *Quart. Rev. Biol.* 14: [137-148](#), and Crews, D. and Bull, J.J. (2008). Sex determination: Some like it hot (and some don't). *Nature*. 451: [527-528](#).

Αναπτυξιακή πλαστικότητα

Πλαστικότητα
της ρίζας



Πλαστικότητα βλαστού



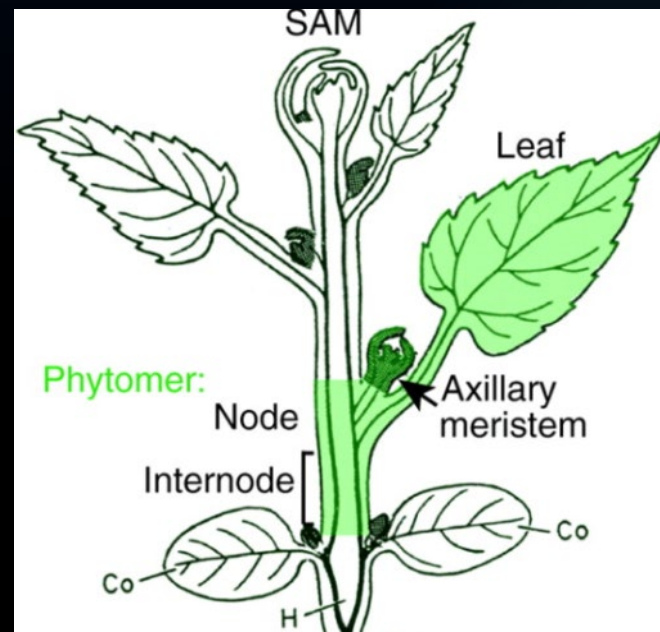
Drew, M.C. (1975). Comparison of the effects of a localised supply of phosphate, nitrate and ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.* 75: [479-490](#). Photo credit [Michael Clayton](#).

Η φυτική μορφολογία είναι αρθρωτή

Κάθε άρθρο είναι ημιαυτόνομο



Το φυτομερές



Adapted from Sanchez, P., Nehlin, L. and Greb, T. (2012). From thin to thick: major transitions during stem development. Trends Plant Sci. 17: [113-121](#). Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. from Tsiantis, M. and Hay, A. (2003). Comparative plant development: the time of the leaf? Nat Rev Genet. 4: [169-180](#).

Η πλαστικότητα μπορεί να έχει διαφορετικά αποτελέσματα

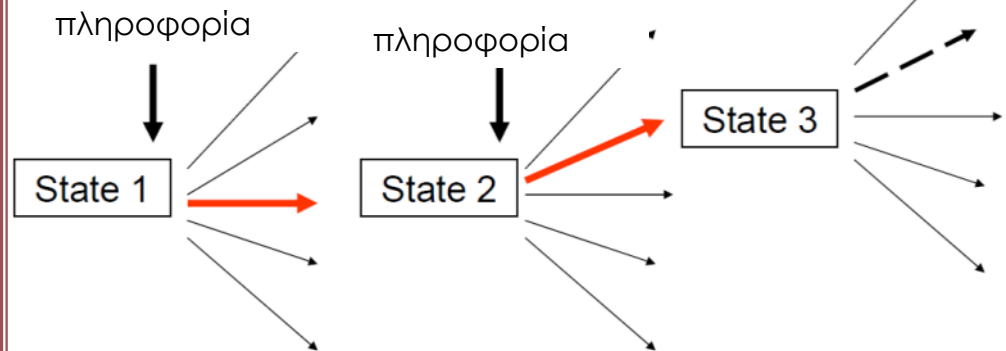


Δεν είναι όλες οι διαφορές αναπτυξιακές πλαστικότητες. Η πλαστικότητα αφορά εναλλακτικές.

Φαινοτυπική πλαστικότητα:
Μπορεί να παρατηρηθεί

Προσαρμογή πλαστικότητας:
Αρχικά, είναι υπόθεση. Αν η αναπτυξιακή πλαστικότητα είναι προσαρμόσιμη δε μπορεί να υποτεθεί και πρέπει να δειχθεί.

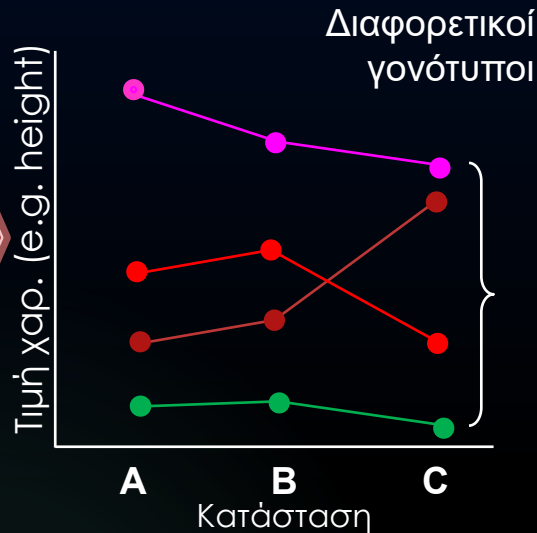
Πλαστικότητα ανάπτυξης



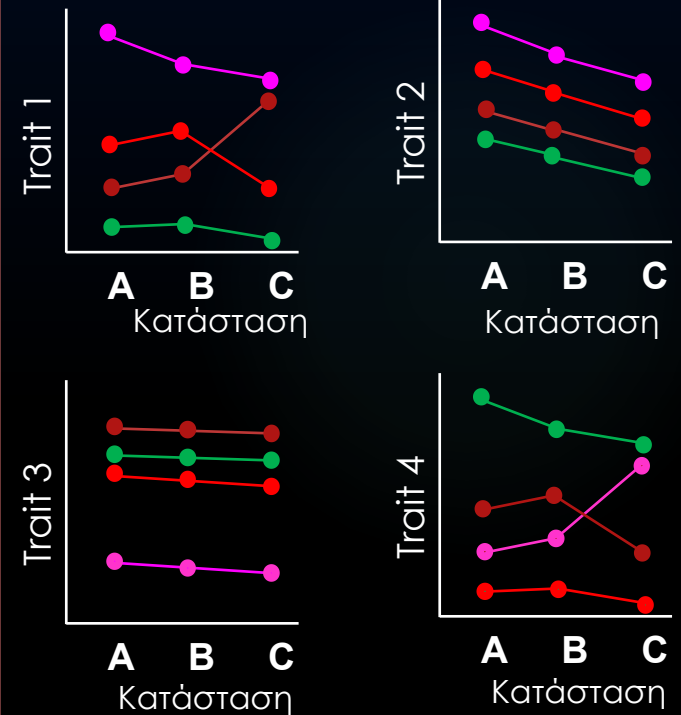
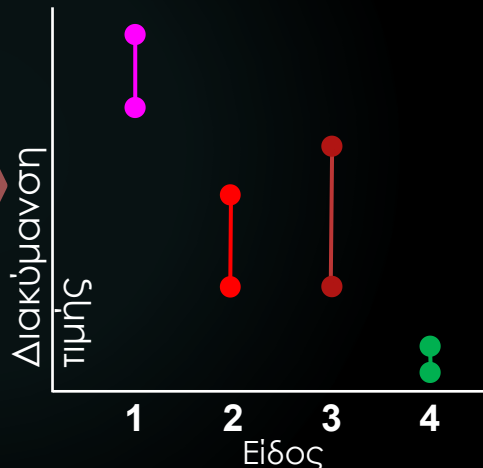
Novoplansky, A. (2002) Developmental plasticity in plants: implications of noncognitive behavior. *Evolutionary Ecology* 16: 177–188.

Δεν παρουσιάζουν όλα τα φυτά το ίδιο εύρος πλαστικότητας

Διαφορετικοί
γενότυποι
αντιδρούν
διαφορετικά



Η έννοια της
διακύμανσης



Ο τύπος (μορφολογία, αρχιτεκτονική, φυσιολογία, κτλ.) και η ιεραρχία δείχνουν διακύμανση...

Μερικοί χαρακτήρες είναι πιο πλαστικοί από άλλους

More plastic	Less plastic
Μέγεθος βλαστικών μερών	Σχήμα φύλλου
Αρχιτεκτονική	Μέγεθος καρπού
Αριθμός βλαστών, φύλλων, άνθεων	Διαχωρισμός κρασπέδου
Επιμήκυνση	Σχήμα ταξιανθέων
Τρίχες	Ανθική χαρακτήρες



Τα φρούτα και τα άνθη δεν είναι πολύ πλαστικά, ίσως επειδή πληροφορούν ζώα.

Παράδειγμα μπονζαί:

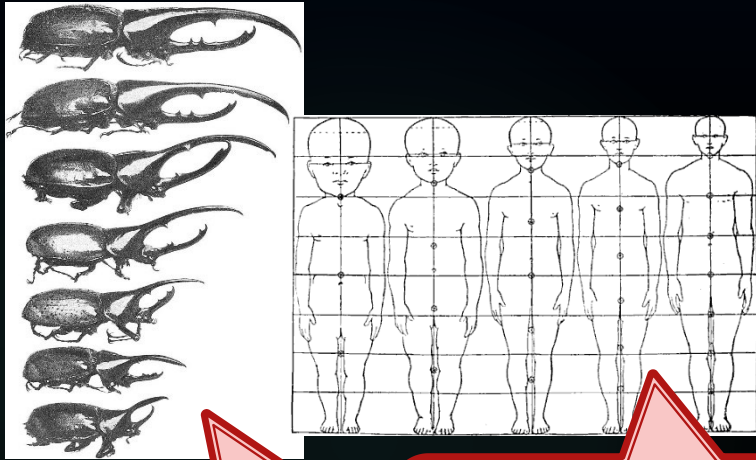
Clausen et al., 1940, 1948, as cited in Bradshaw, A.D. (1965). *Evolution and the genetics of populations*.

Fig. 13: 115–155. Images from [FTD](#) and [Chinese bonsai garden](#).

Αλλομετρία

Η μελέτη του σχετικού μεγέθους και η σχέση μεταξύ των διαφόρων τμημάτων καθώς επίσης και οι αναλογίες

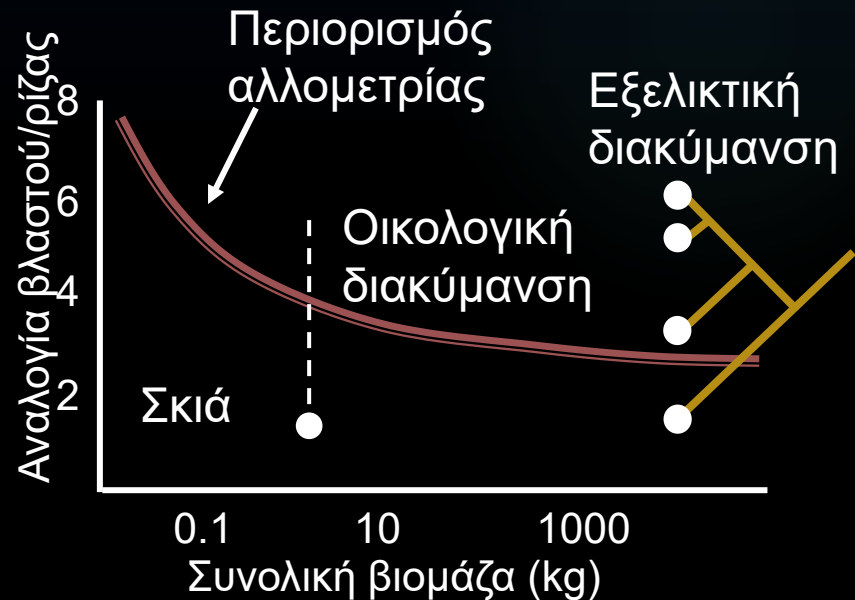
Μερικές αλλαγές αναλογιών κατά την ανάπτυξη



Αρσενικό *Dynastes*:
κέρατα μεγαλώνουν
δυσανάλογα

Εμείς: η ανάπτυξη
του κεφαλιού
μειώνεται με την
ηλικία

Η αλλομετρία είναι πλαστική: περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορεί να την επηρεάσουν



Επανεκτύπωση με άδεια από Oxford University Press from Gayon, J. (2000). History of the concept of allometry. *Amer. Zool.* 40: 748-758, image from Champy, C. 1924. *Sexualité et hormones*. Doin, Paris. Enquist, Image [Journal of Heredity](#) (1921) Volume 12, pg 421. Plant allometry image adapted from Zens, M.S. and Webb, C.O. (2002). Sizing up the shape of life. *Science*. 295: 1475-1476., see also B.J. and Niklas, K.J. (2002). Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants. *Science*. 295: 1517-1520;

Σήματα και ενδείξεις

Τα σινιάλα παρέχουν πληροφορία

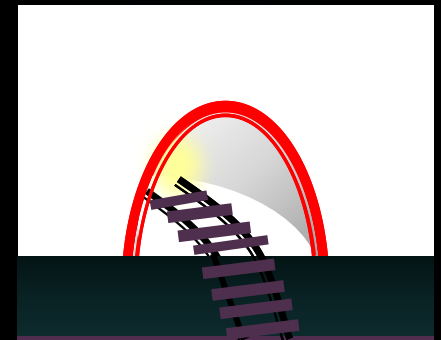
Σήματα, κάτι που θέλουμε:
Ορμόνες, βακτηριακοί
μεταβολίτες, ποιότητα φωτός,
καταπόνηση

Σινιάλα όχι πάντα:
Θρεπτικά, νερό, φως

**Σηματοφόρα είναι
σήματα**



**Μυρωδιές και φως μπορεί να
είναι ενδείξεις**



Για παράδειγμα Aphalo, P.J. and Ballaré, C.L. (1995). On the importance of information-acquiring systems in plant-plant interactions. *Funct. Ecol.* 9: [5-14](#). Aphalo, P.J., Ballaré, C.L. and Scopel, A.L. (1999). Plant-plant signalling, the shade-avoidance response and competition. *J. Exp. Bot.* 50: [1629-1634](#). Image from [Nesnad](#).

Σήματα και ενδείξεις που επηρεάζουν τα φυτά

πληροφορία

Εσωτερικά σινιάλα

Μεταβολίτες
Ορμόνες
Ηλεκτρικά σήματα

Μερικές ορμόνες, όπως το αιθυλένιο, οι στριγολακτόνες εξυπηρετούν σαν φορείς πληροφορίας, εσωτερικά και εξωτερικά

Ενδείξεις

Αβιοτικές:
Φυσιοκοχημικές
και εδαφικές

Βιοτικές:
Έκκριση,
εκκρίματα
(exudates),
πτητικές ενώσεις
κλπ.

Εξωτερικά

Σήματα

**Βιοτικές
καταπονήσεις**

Εξωτερικές ενδείξεις:
Μπορεί να παρατηρηθεί
Εξωτερικά σήματα:
Αρχικά, αποτελεί μόνο υπόθεση το αν είναι για την προσαρμογή, ενώ ο δέκτης πρέπει να προσδιορισθεί

Τα σήματα πληροφορούν επιλογές σχετικά με το πότε και πώς να μεταφερθούν τα περιορισμένα θρεπτικά



Τα σήματα και οι ενδείξεις υποδεικνύουν “best bet”

Όπως στο πόκερ, τα χαρτιά δεν των φυτών είναι περιορισμένα. Λάθος χαρτί σε λάθος χρόνο και χάθηκε η παρτίδα



Οι ενδείξεις προβλέπουν το μέλλον
Τα φυτά μεγαλώνουν αργά και μπορεί να υποστούν συνέπειες κακών επιλογών

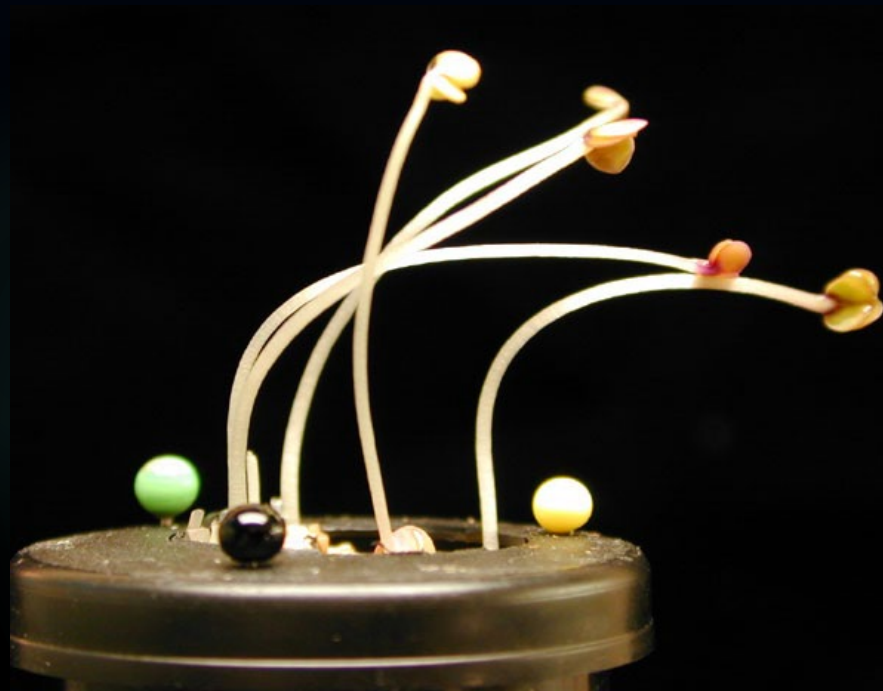


Για παράδειγμα Shemesh, H, BF Zaitchik, T Acuna, and A Novoplansky (2012) Architectural plasticity in a Mediterranean winter annual. *Plant Signal. Behav.* 7:492 – 501 and Shemesh, H. and Novoplansky, A. (2012) Branching the risks: architectural plasticity and bet-hedging in Mediterranean annuals. *Plant Biol.*, *In press*. Photo credit [Tom Donald](#).

Παρατήρηση 2. Συμπεριφορά των φυτών

Τι κάνει ένα φυτό κατά τη διάρκεια της ζωής του και υπό την επίδραση διαφόρων ερεθισμάτων

Παράδειγμα: Φωτοτροπισμός προς μία φωτεινή πηγή



Images: [Wisconsin fast plants](#), [Tangopaso](#)

Εφαρμογή: Αγροβιοτεχνολογία: η επόμενη επανάσταση

- ❖ Η μεγαλύτερη βιομηχανία (\$1.3 trillion of products per year)
- ❖ Η τροποποίηση των φυτών επιτρέπει καινοτομίες που δεν μπορούν να επιτευχθούν με άλλους τρόπους
 - Αντοχή σε ζιζανιοκτόνα
 - Ανθεκτικότητα σε παθογόνα
 - Εμβόλια



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Μεθοδολογίες για γενετική τροποποίηση

- ❖ Τα μοναδικά πλεονεκτήματα των φυτών:
 - Η μεγάλη ιστορία της βελτίωσης φυτών προσφέρει στους γενετιστές μία ποικιλία που μπορεί να μελετηθεί σε μοριακό επίπεδο
 - Τα φυτά παράγουν μεγάλο αριθμό απογόνων
 - Έχουν αναγεννητικές ικανότητες
 - Δεν έχουν τόσο ισχυρές απομονώσεις ειδών

Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην τροποποίηση φυτών

Επιλογή

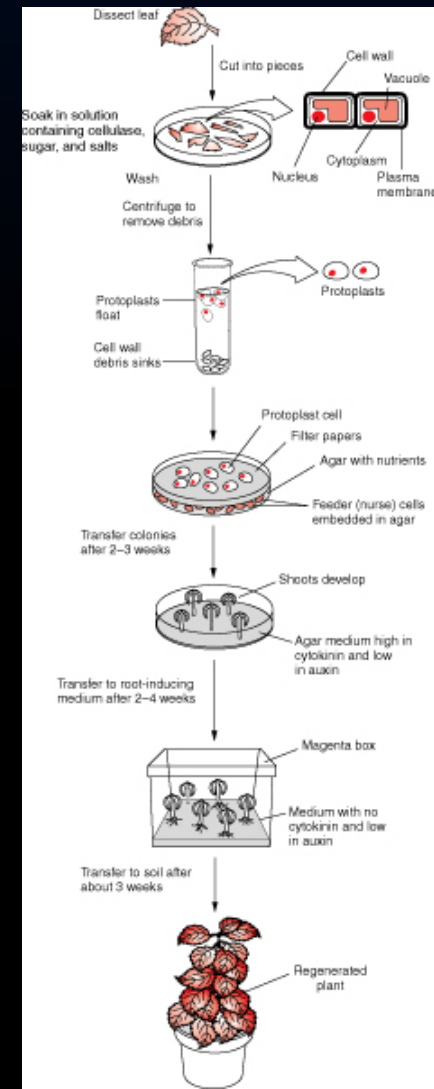
- Οι καλλιεργητές διασταυρώνουν φυτά



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην cigenesis

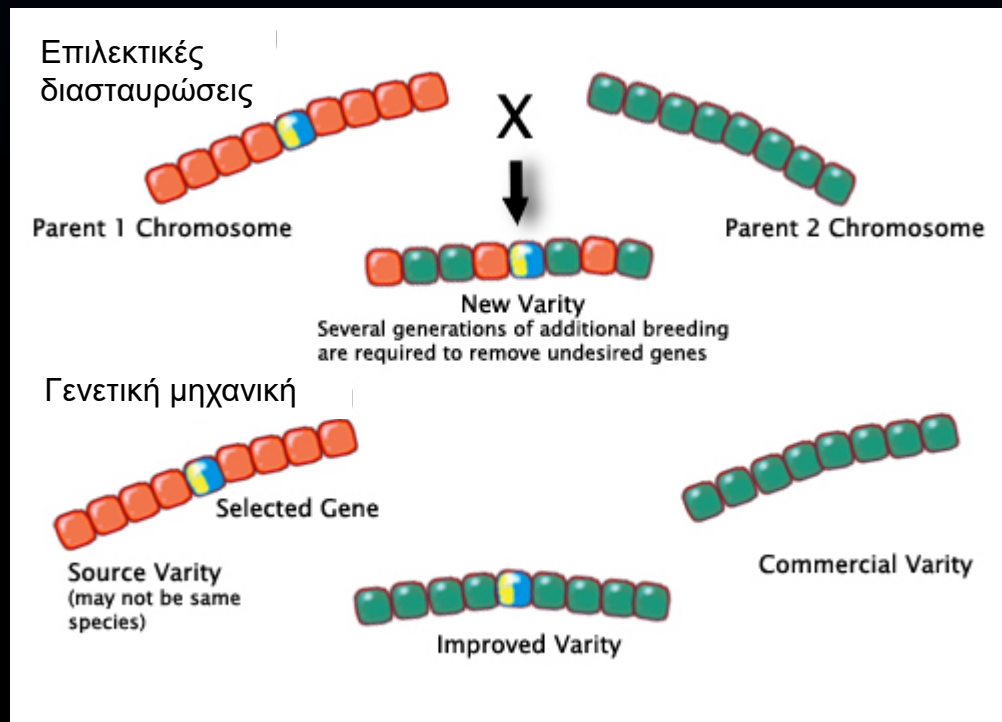
❖ Σύντηξη πρωτοπλάστων

- Τα κύτταρα χωρίς κυτταρικό τοίχωμα ονομάζονται πρωτοπλάστες
- Οι πρωτοπλάστες ενός είδους συντήκονται με ενός άλλου
- Οι συντηγμένοι πρωτοπλάστες μεγαλώνουν σε θρεπτικό για μερικές εβδομάδες
- Οι αποικίες μεταφέρονται σε θρεπτικό για την ανάπτυξη ρίζας και βλαστού



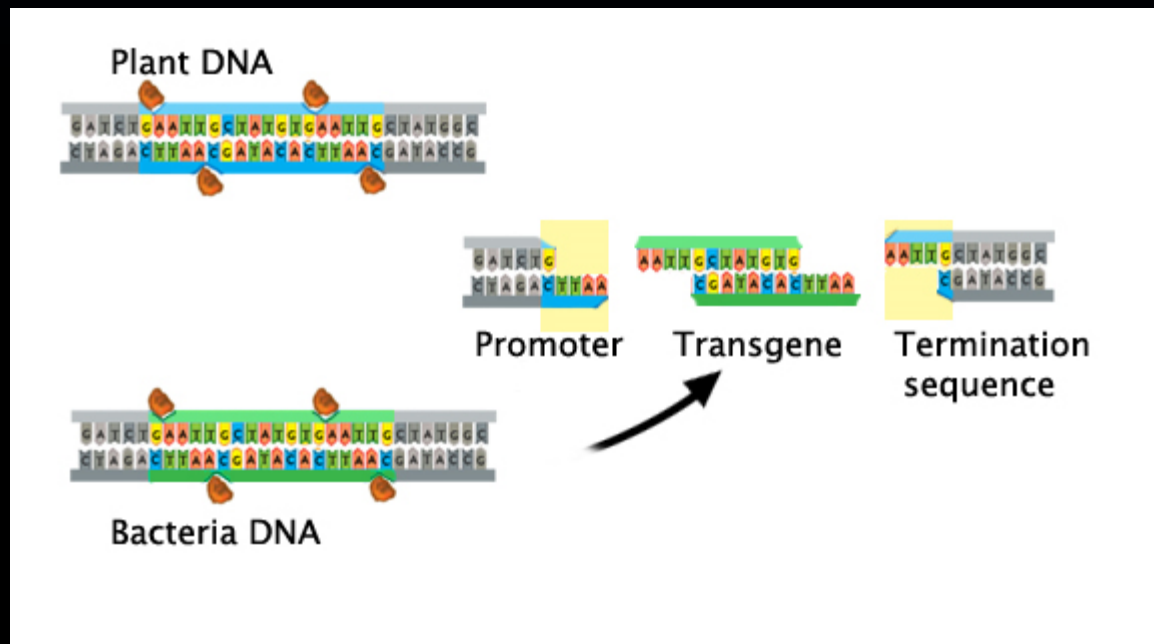
Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή διαγονιδιακών φυτών

❖ Επιλεκτική βελτίωση vs. βιοτεχνολογίας



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη μοριακή βιολογία φυτών

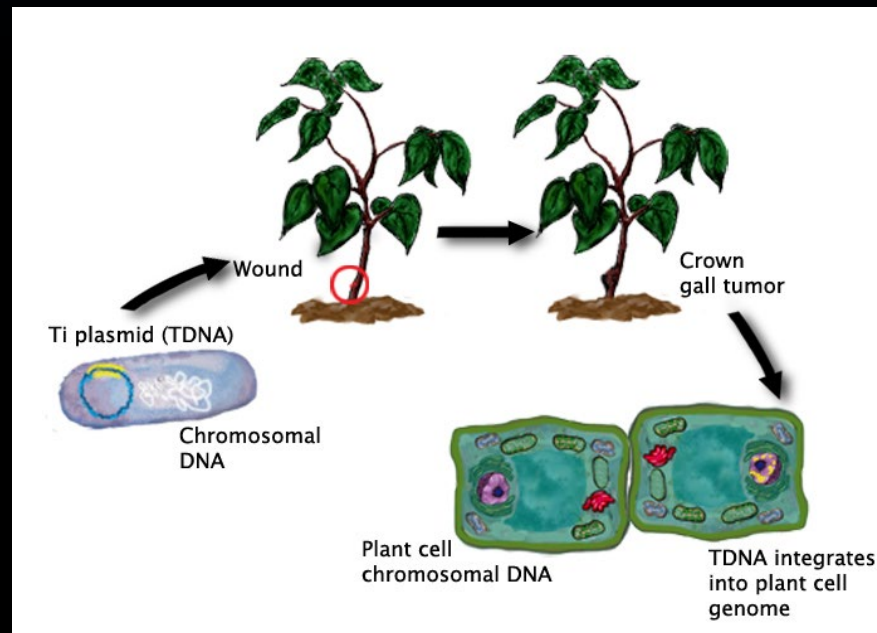
- ❖ Διαγονίδιο – φέρει το επιθυμητό χαρακτήρα
 - Η κατασκευή-φορέας αποτελείται από έναν υποκινητή, τη κωδική περιοχή, τη λήξη



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη γονιδιακή τροποποίηση

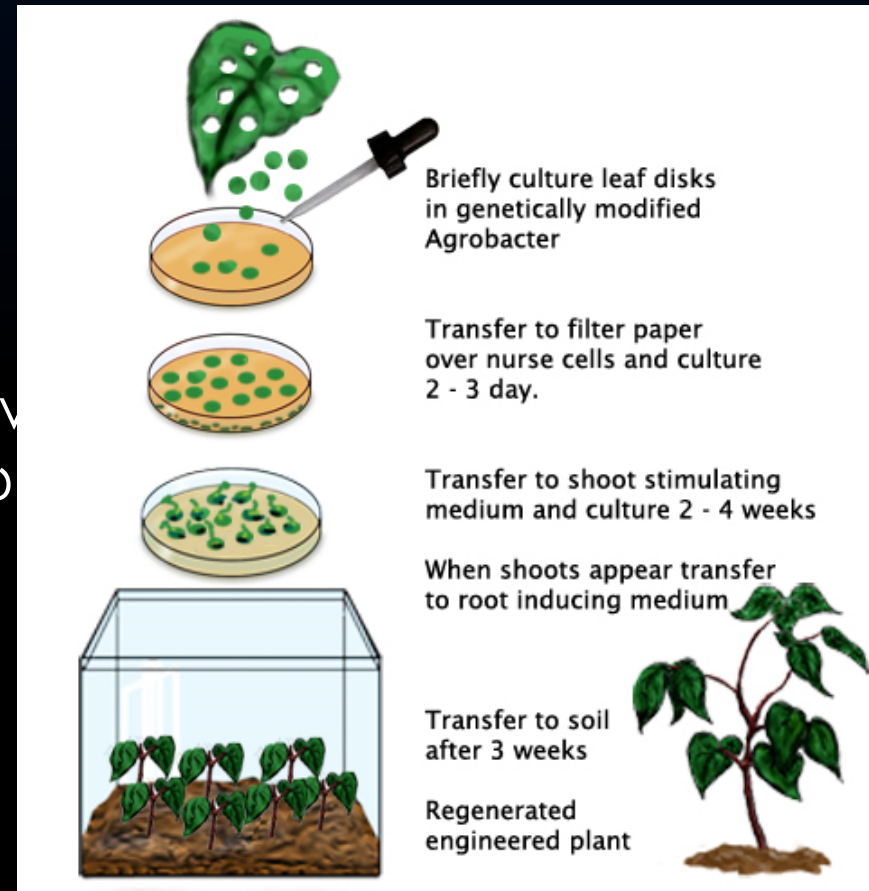
❖ Μετάλλαξη από Αγροβακτήριο

Το πλασμίδιο Ti εισάγεται στο γονιδίωμα του κυττάρου δέκτη, κάνοντάς το έναν ιδανικό φορέα για τη μεταφορά ανασυνδιασμένου DNA σε φυτικά κύτταρα



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται

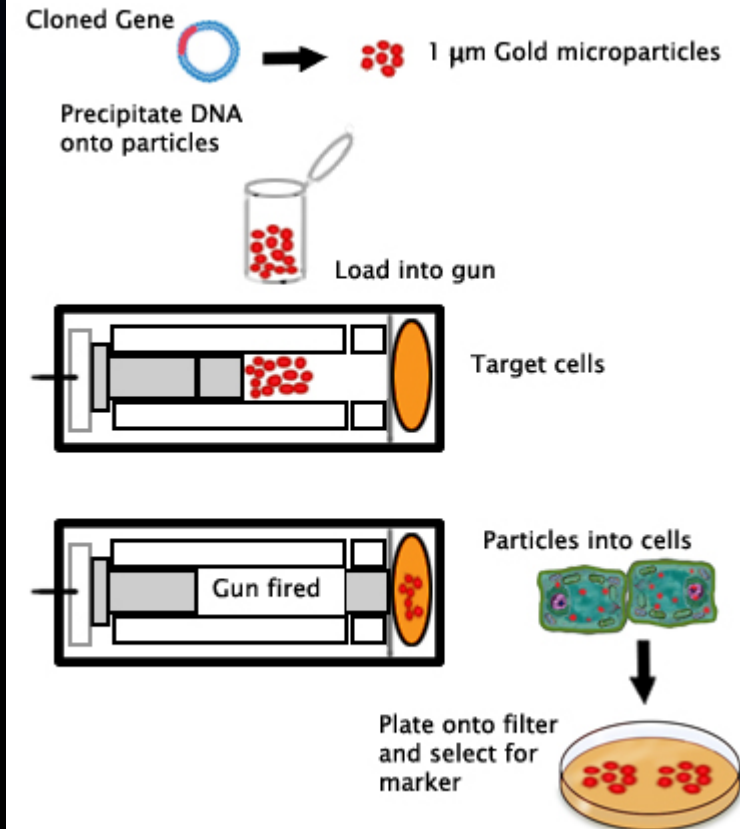
- ❖ Δίσκοι φύλλων
 - ❖ Μικροί δίσκοι φύλλων που επωάζονται με *Agrobacterium Ti*
 - ❖ Επίδραση με ορμόνες για την ανάπτυξη ρίζας και βλαστού



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή

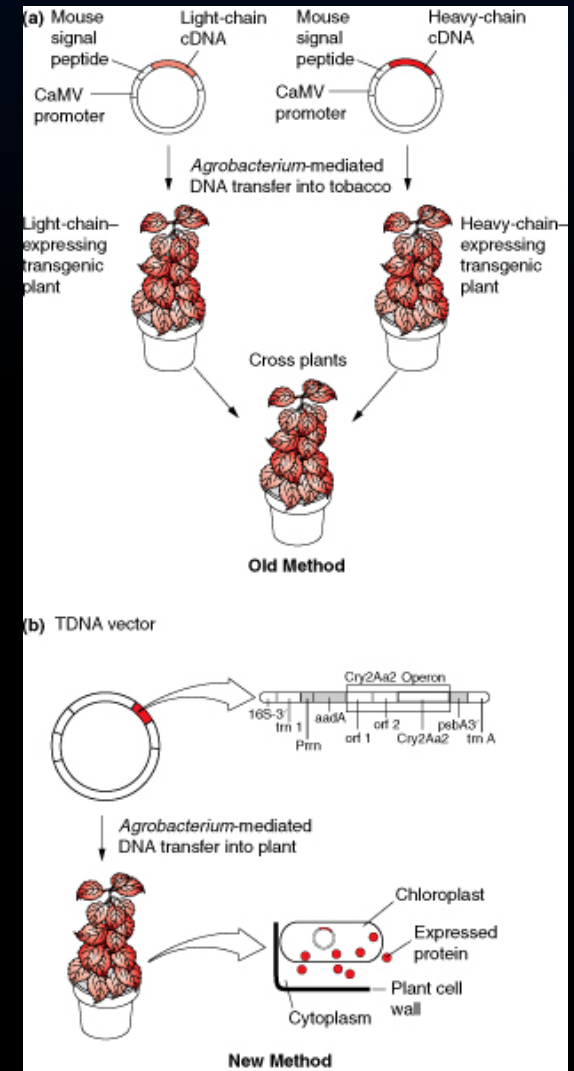
❖ Βιολιστικές μέθοδοι

- Εκτοξεύει σφαιρίδια που έχουν DNA σε εμβρυικά κύτταρα



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή

- ❖ Τροποποίηση χλωροπλαστών
 - ❖ Μπορούν να εισαχθούν παραπάνω από ένα γονίδια
 - ❖ Τα γονίδια μπορεί να εκφράζονται
 - ❖ Το DNA είναι ξεχωριστό από τον πυρήνα



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη γενετική τροποποίηση

- ❖ Βελτίωση και έλεγχος

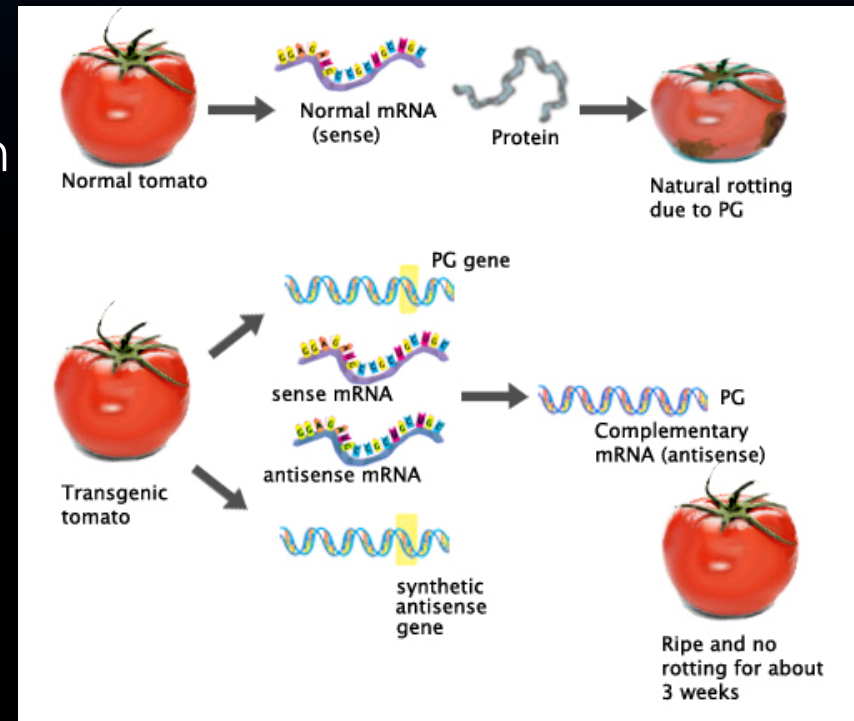


Salinity testing for wheat.

Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη γενετική τροποποίηση

❖ Τεχνολογία αντικωδικού RNA

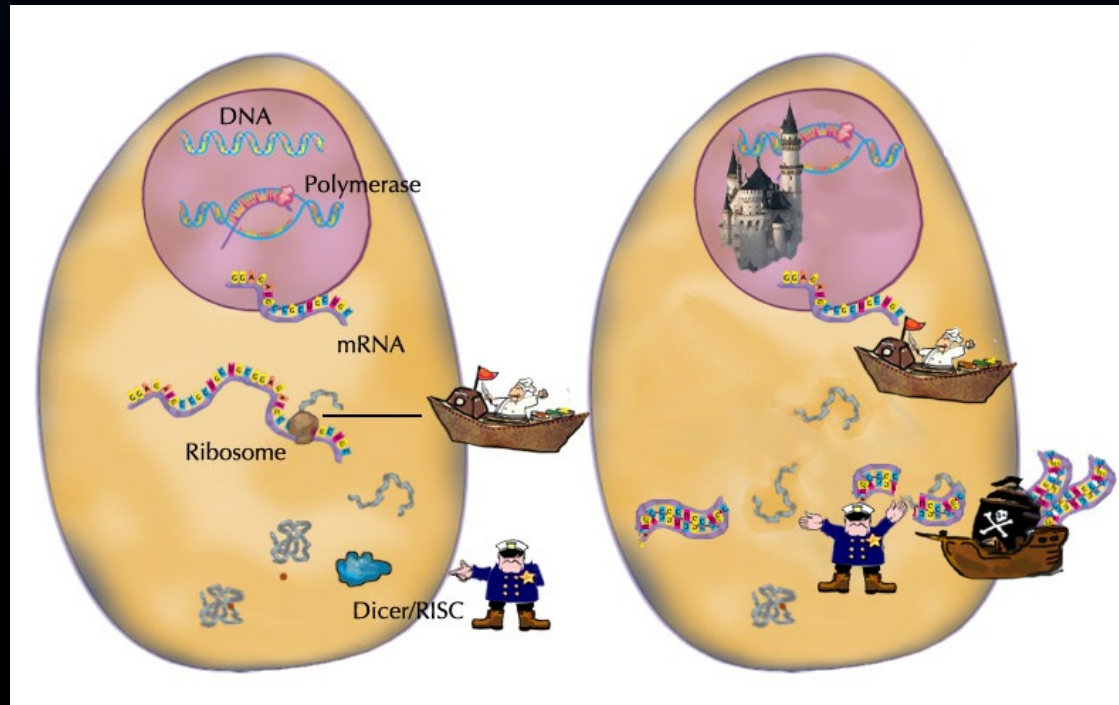
- Flavr Savr™ tomato introduced in 1994
- Οι ώριμες τομάτες παράγουν το ένζυμο πολυγανλακτουρονάση, που υδρολύει την...
- Στόχος για τον περιορισμό της αποδόμησης της ...



Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη γενετική τροποποίηση

❖ RNA Interference (RNAi)

- Μπορεί να μειώσει την έκφραση του RNA αναστέλλοντας την έκφραση



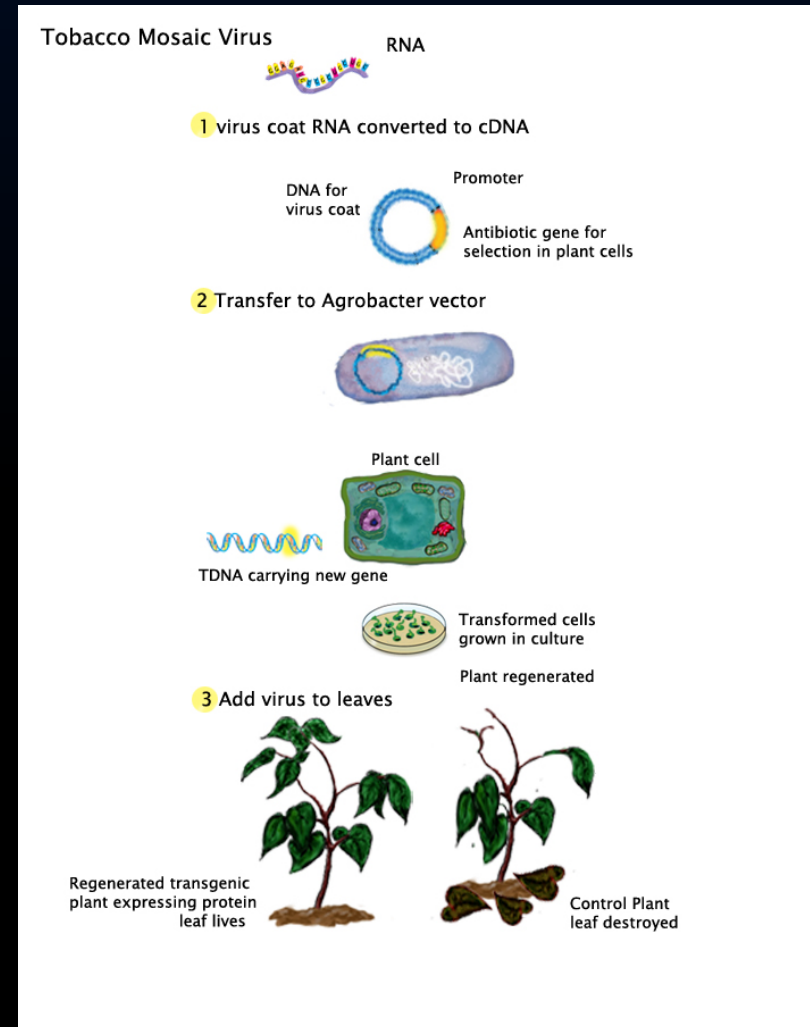
Ενεργή πρωτεϊνική έκφραση

Πρωτεϊνική έκφραση
μειώνεται

Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

❖ Ανθεκτικότητα σε ασθένειες

- Εμβόλια φυτών, που προεπάγουν την άμυνα
- Τα φυτά προεπάγουν την ιική πρωτεΐνη



Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

❖ Έλεγχος εντόμων

- Το *Bacillus thuringiensis* (Bt) παράγει μία πρωτεΐνη που είναι τοξική σε φυτικά
- Τα διαγονιδιακά φυτά παράγουν την πρωτεΐνη που προκαλεί διάρρηξη του εντερικού επιθηλίου



[Animation: How Bt Affects Insects](#)

Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

❖ Έλεγχος ζιζανίων

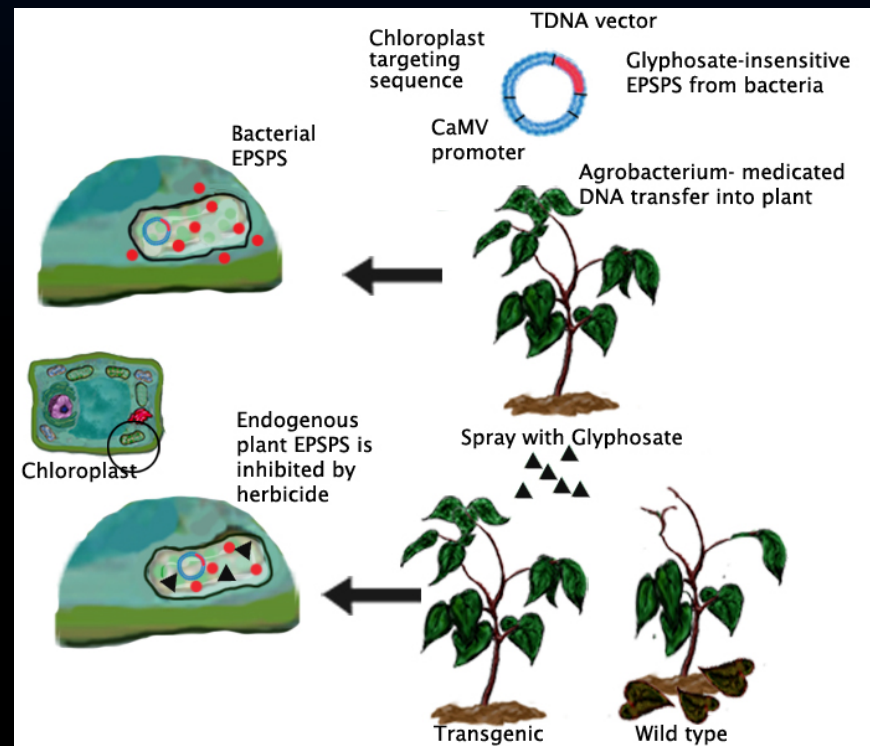
- Ανθεκτικότητα σε ζιζανικτόνα



ζιζάνια



Όχι ζιζάνια μετά από Roundup



Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

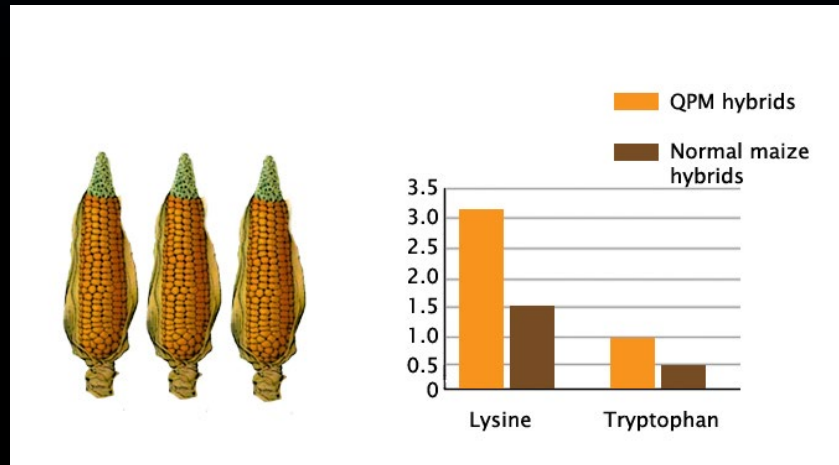
❖ Ασφαλείς αποθήκευση

- Η αβιδίνη μπλοκάρει την επάρκεια της βιοτίνης για έντομα.
- Ισχυρότερες ίνες
 - Παράδειγμα το βαμβάκι

Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

❖ Καλύτερη διατροφική αξία

- Golden rice που είναι γενετικά τροποποιημένο για να παράγει υψηλότερη ποσότητα β-καροτένιου
- QPM: Καλαμπόκι με αυξημένη επάρκεια θρεπτικών

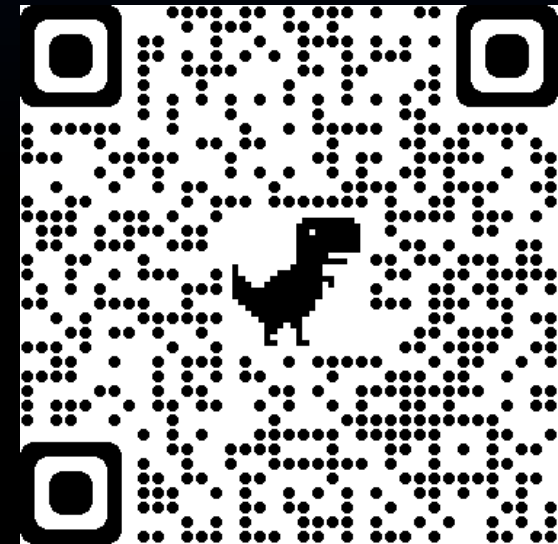
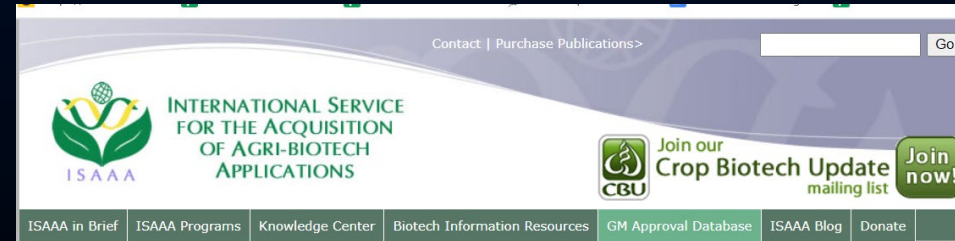


QPM program in Haiti

Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

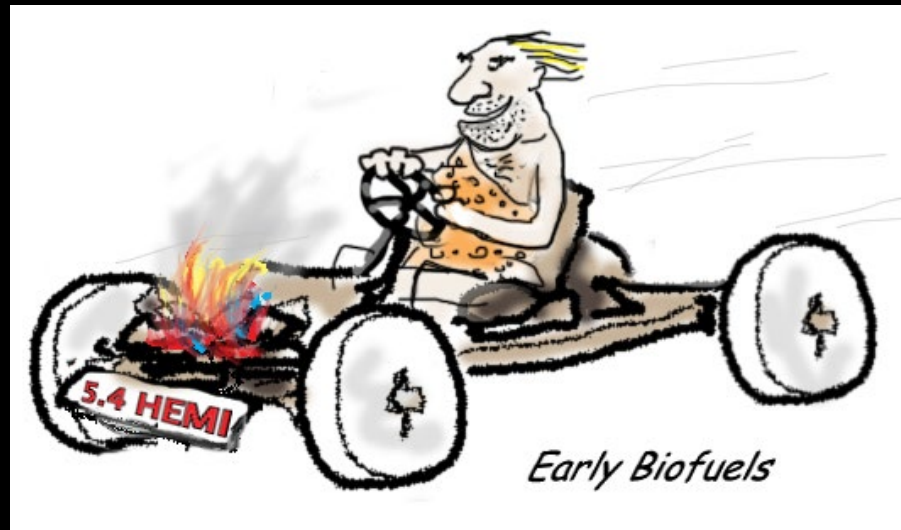
❖ Μελλοντικά προϊόντα

- RNAi για μείωση καφεΐνης.



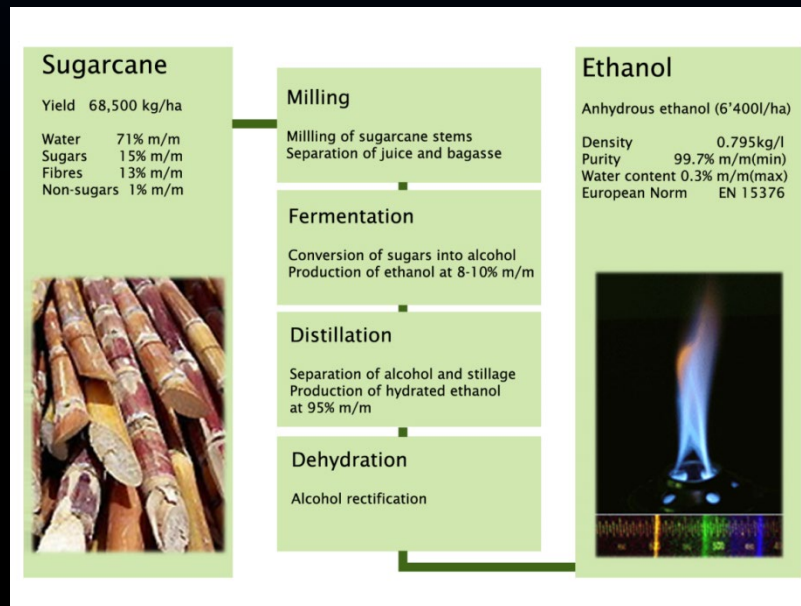
Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

- ❖ Το μέλλον, από τα φαρμακευτικά στα προϊόντα
 - Βιοκαύσιμα από βιομάζα



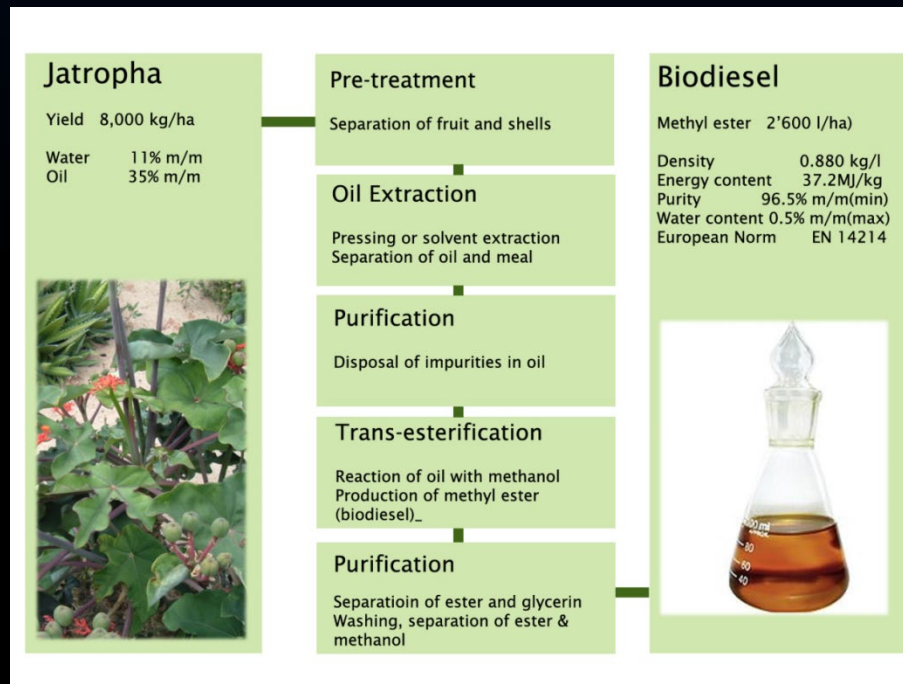
Είδη βιοκαυσίμων

- ❖ Βιοαιθανόλη – ζύμωση προϊόντων με βάση τη ζάχαρη



Είδη βιοντίζελ

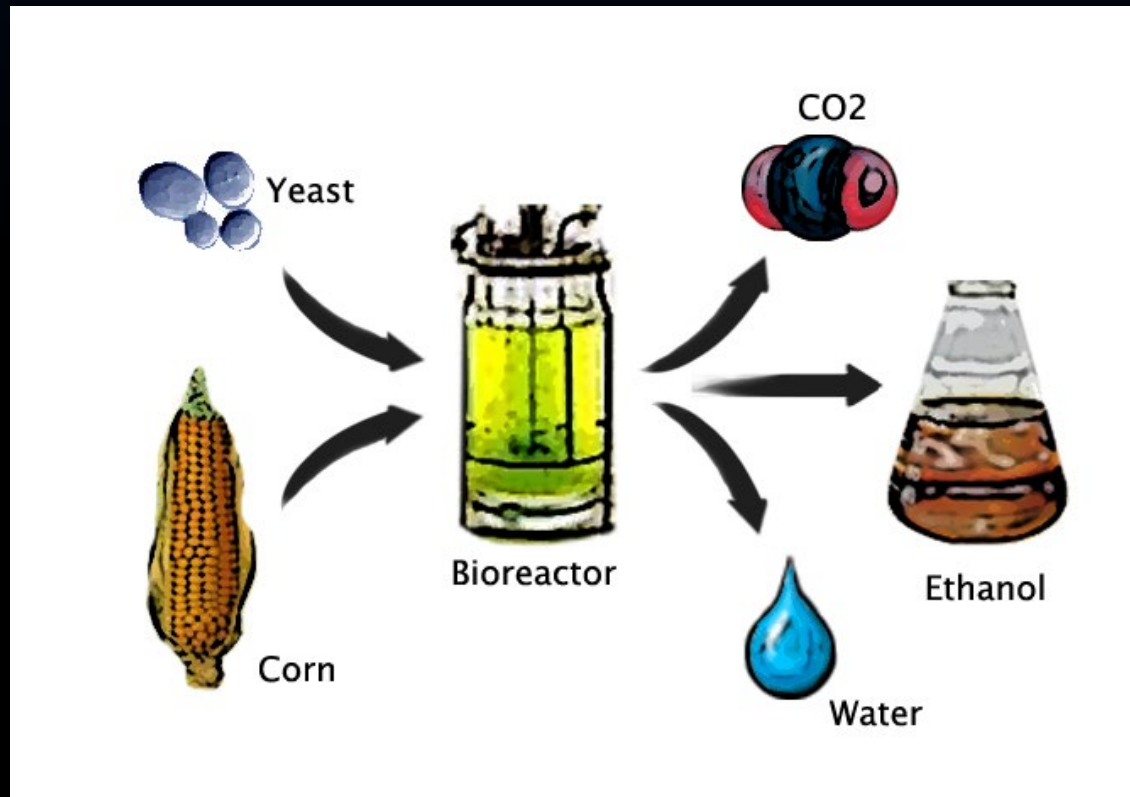
❖ Από φυτικό ή ζωικό λίπος



Comparison of biodiesel output for different feed stocks

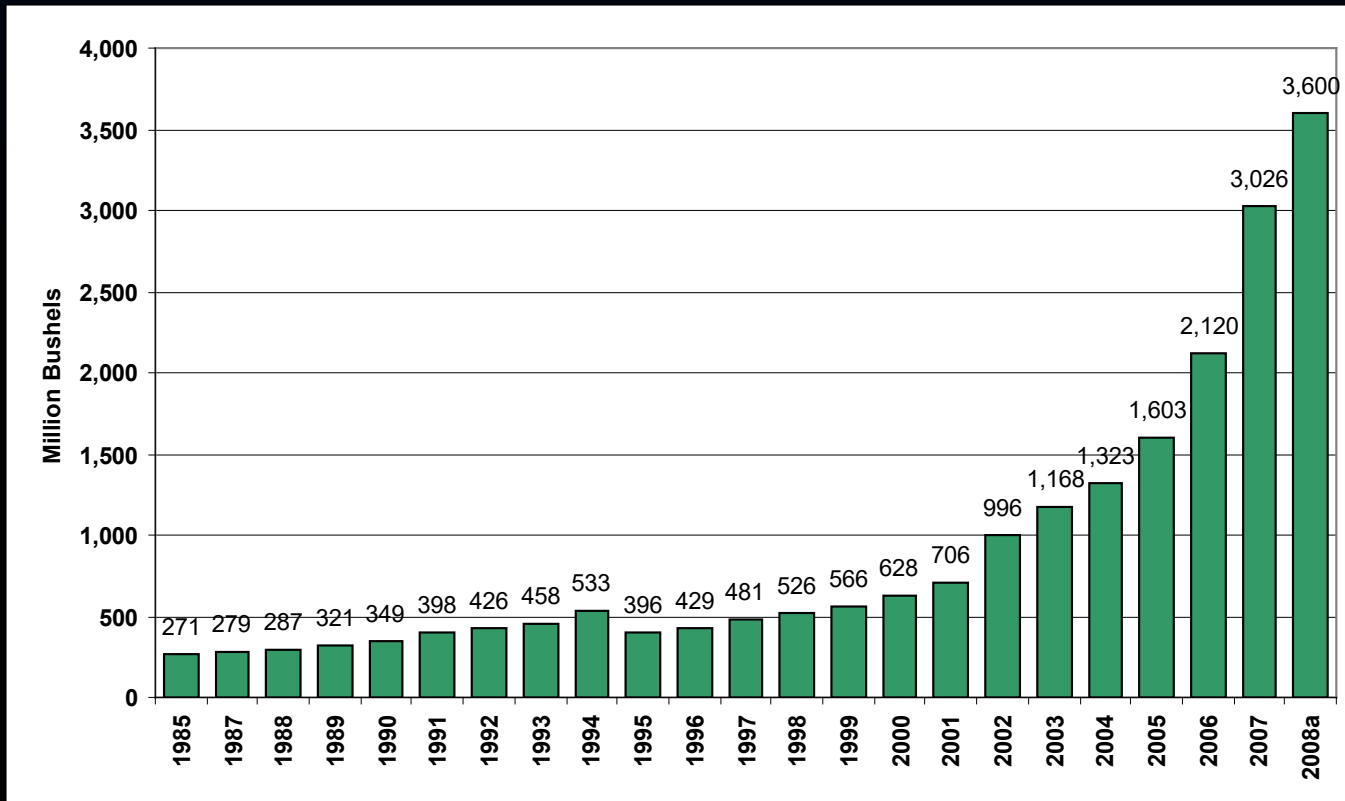
Παραγωγή βιοντίζελ

- ❖ Πρώτη γενιά 1 βιοντίζελ: πηγή τρόφιμα



Παραγωγή βιοντίζελ

Καλαμπόκι για παραγωγή βιοαιθανόλης 1985-2008



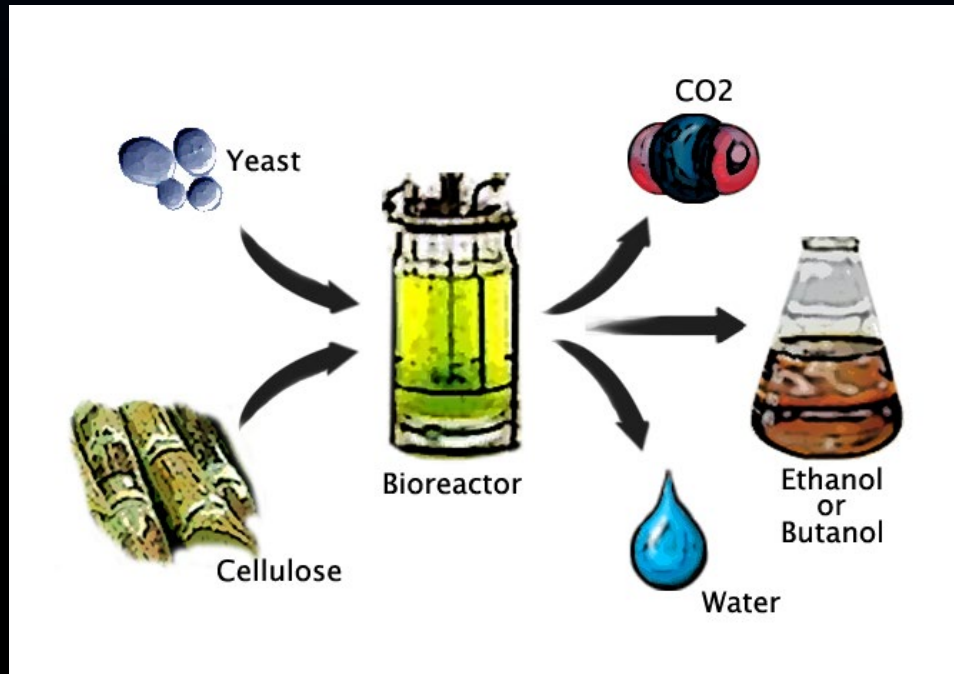
Παραγωγή βιοντίζελ

- ❖ 1^η γενιά βιοκαυσίμων
 - Το παράδειγμα της Σόγιας



Παραγωγή βιοντίζελ

- ❖ 2^η γενιά βιοκαυσίμων: όχι από τρόφιμα



Παραγωγή βιοκαυσίμων

- ❖ Άλλο παράδειγμα 2^{ης} γενιάς
 - GM *Jatropha* με διπλή ποσότητα παραγωγής ελαίων



Jatropha curcas

Πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο

- ❖ Μεταβολική μηχανική
 - Επηρεασμός της γενετικής μηχανής ώστε να παραχθεί προϊόν που κανονικά δεν παράγεται
- ❖ Ανθρώπινη υγεία
 - Αλλεργιογόνα
 - Ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά



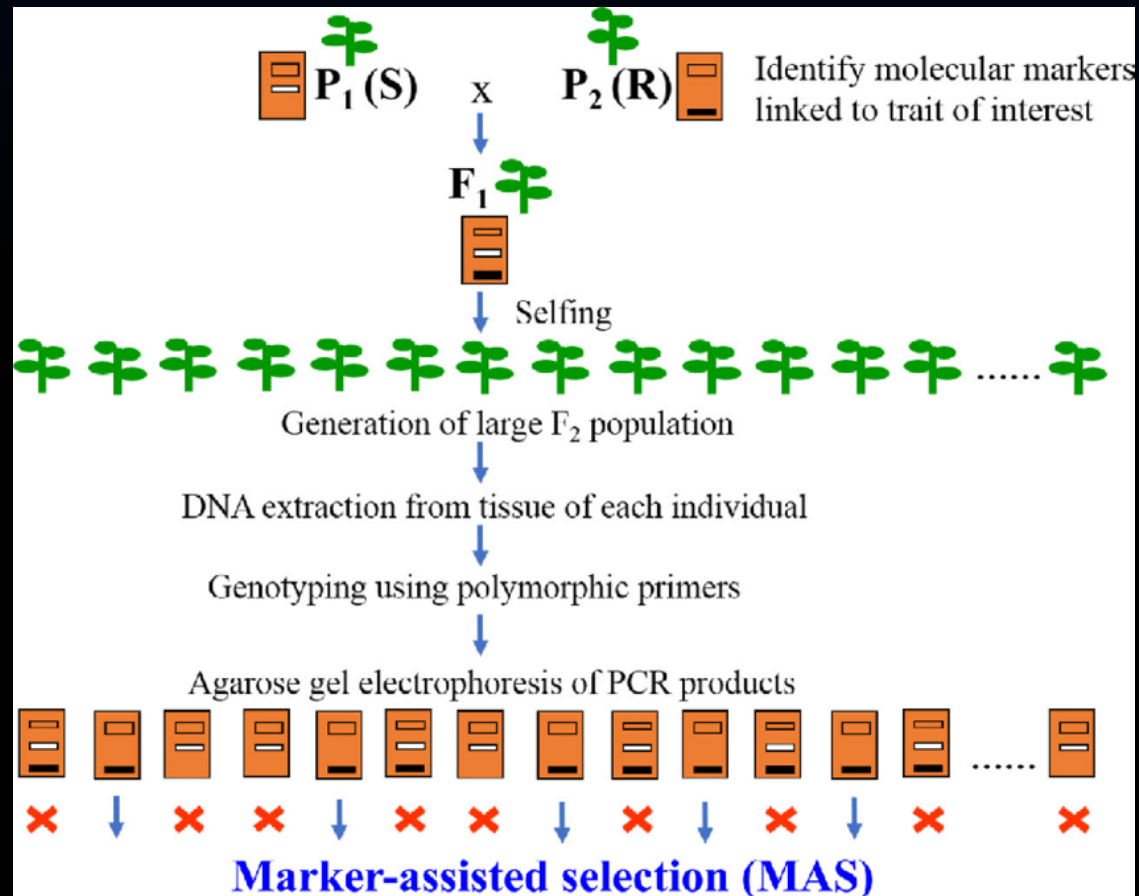
Ανησυχίες για το περιβάλλον και την υγεία

❖ Επίδραση στο περιβάλλον

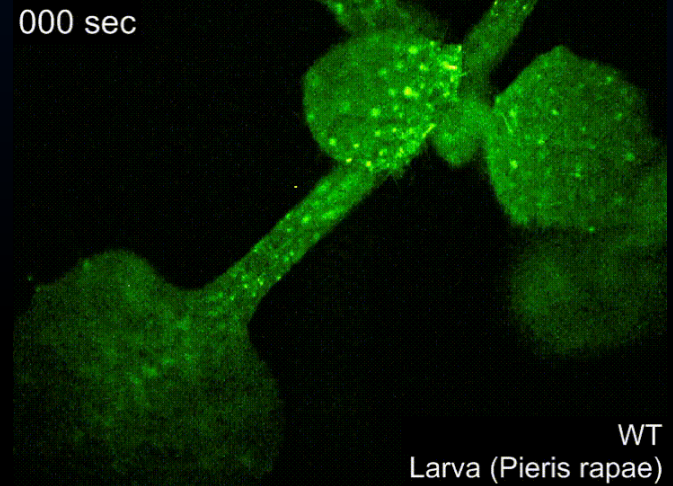
- Δράσεις σε είδη μη στόχους
- Σούπερ ζιζάνια



Μη διαγονιδιακές εφαρμογές και επιλογή μέσω: Marker-Assisted Selection

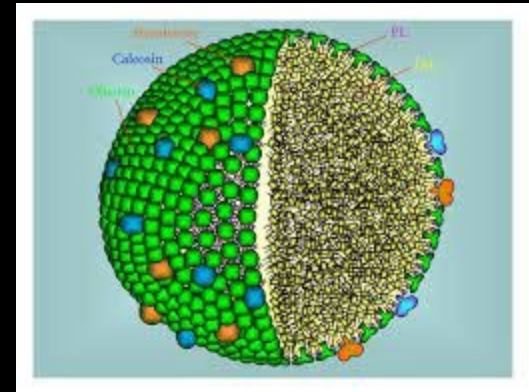


Ιστοκαλλιέργεια & κλωνική αναπαραγωγή



Βιομηχανία φαρμακευτικών σκευασμάτων

- Διαγνωστικά ένζυμα και σκευάσματα (egg white avidin and bacterial beta-glucuronidase)
- recombinant human intrinsic factor
- Insulin από ελαιοσώματα
- immunoglobulin A

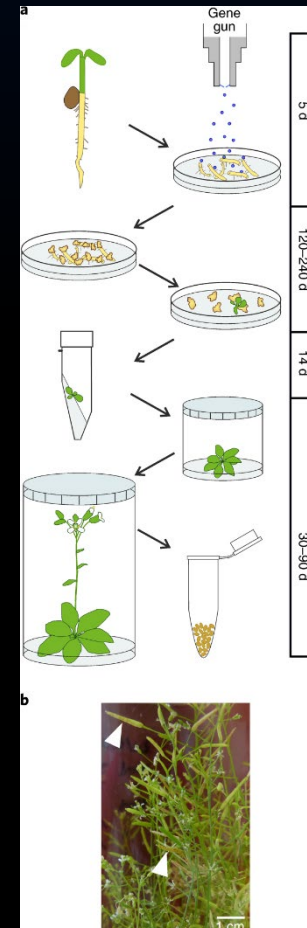
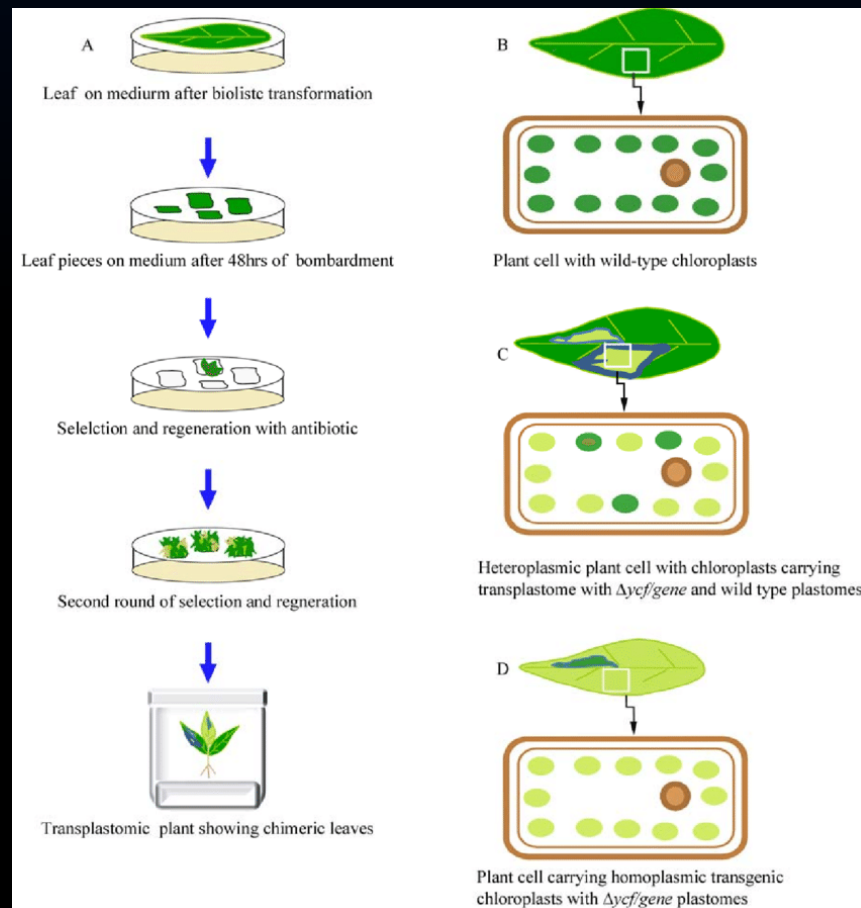


- Η σημασία της παραγωγής φαρμακευτικών σκευασμάτων σε σταθερές ποσότητες

Μετασχηματισμός πλαστιδίων

transplastomics

+ΕΠΙΓΕΝΕΤΙΚΕΣ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ
+ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
-ΜΕΤΑΜΕΤΑΦΡΑΣΤΙΚΕΣ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ



Βρυόφυτα



πρωτονήμα



Υπόκειται σε
ομόλογο
ανασυνδιασμό

Lemna minor



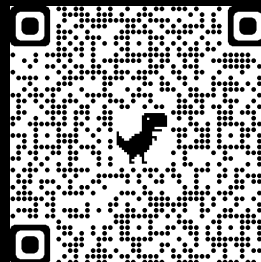
interferon-alpha-2b

- Βιο-εξυγιάνση
- Ζωοτροφή
- Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών λυμάτων
- Βιοντίζελ (παραγωγή βιοαιθανόλης)

Βιοπλαστικά



Είναι όμως βιώσιμη λύση;



Την επόμενη φορά...

54

10. Γονιδιακή επεξεργασία & απεικόνιση (CRISPR κτλ.)