

ΜΟΡΙΑΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ & ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΦΥΤΩΝ



3. Γενετική Τροποποίηση Φυτών

Ιωάννης Τοκατλίδης



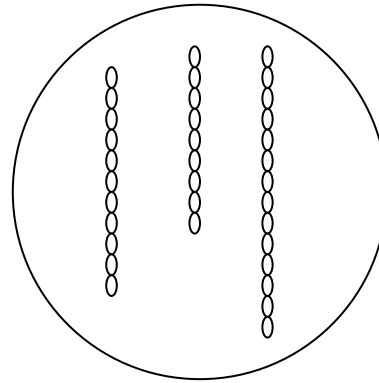
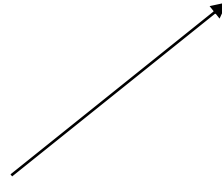
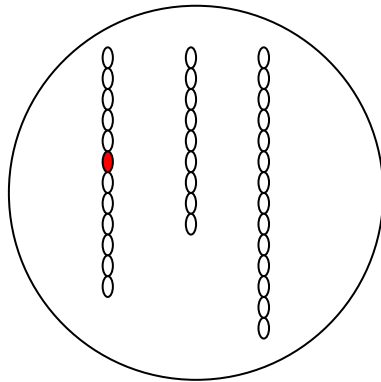
ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΦΥΤΑ

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

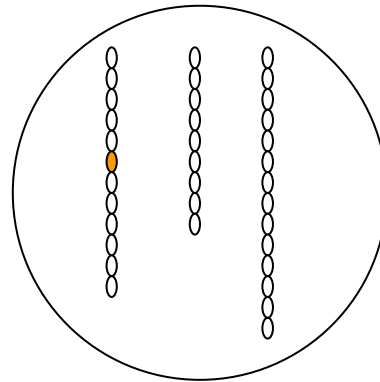
- Γενικές Αρχές
- Μέθοδοι
- Εφαρμογές (αντοχή σε ζιζανιοκτόνα, έντομα, ιούς)

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ Γ.Τ.

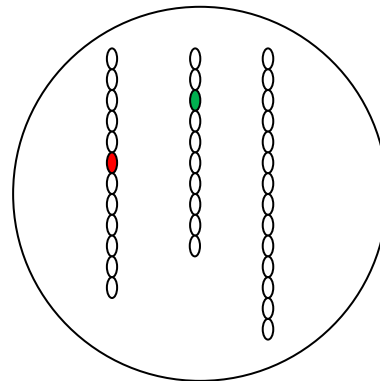
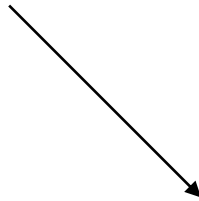
τι αφορά;



αφαίρεση
γονιδίου



τροποποίηση
γονιδίου

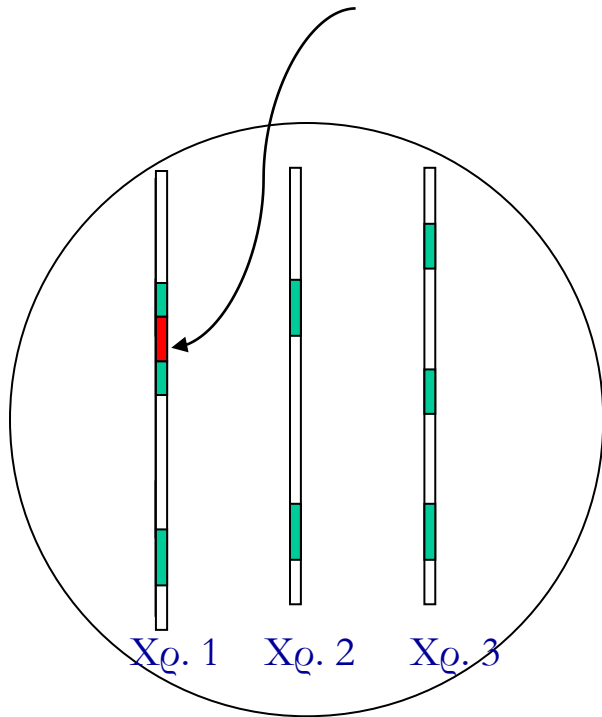


προσθήκη
γονιδίου

} στοχευμένη τροποποίηση

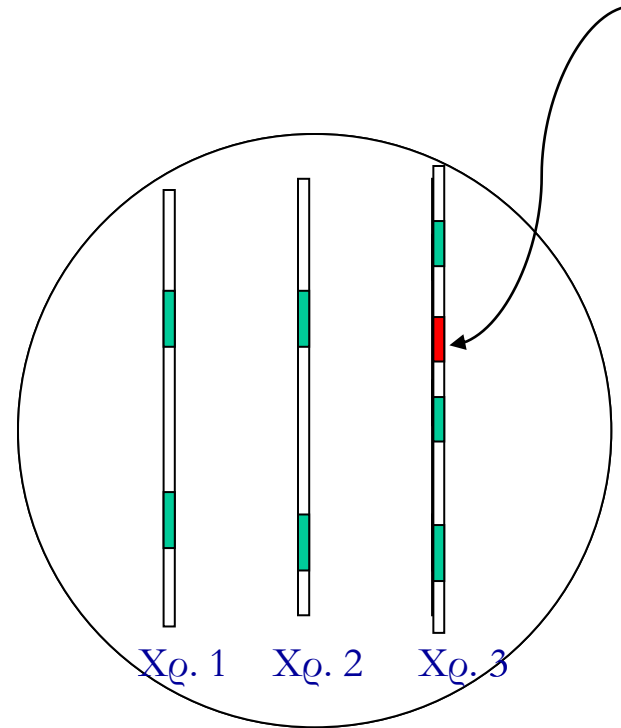
Προσθήκη γονιδίου (ένθεση σε τυχαίες θέσεις):

ένθεση σε δομικό γονίδιο



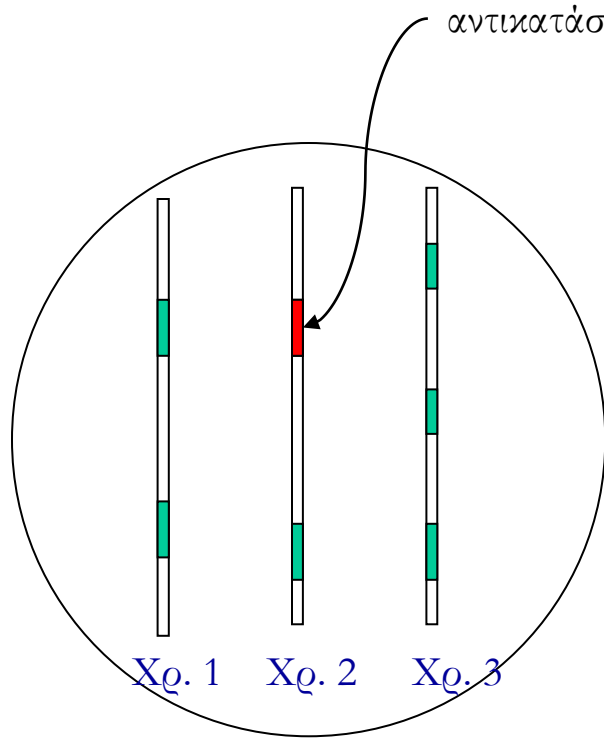
ανεπιθύμητες μεταλλάξεις
(διακοπή γονιδίου)

ένθεση σε θέση
ακατάλληλη για
έκφραση

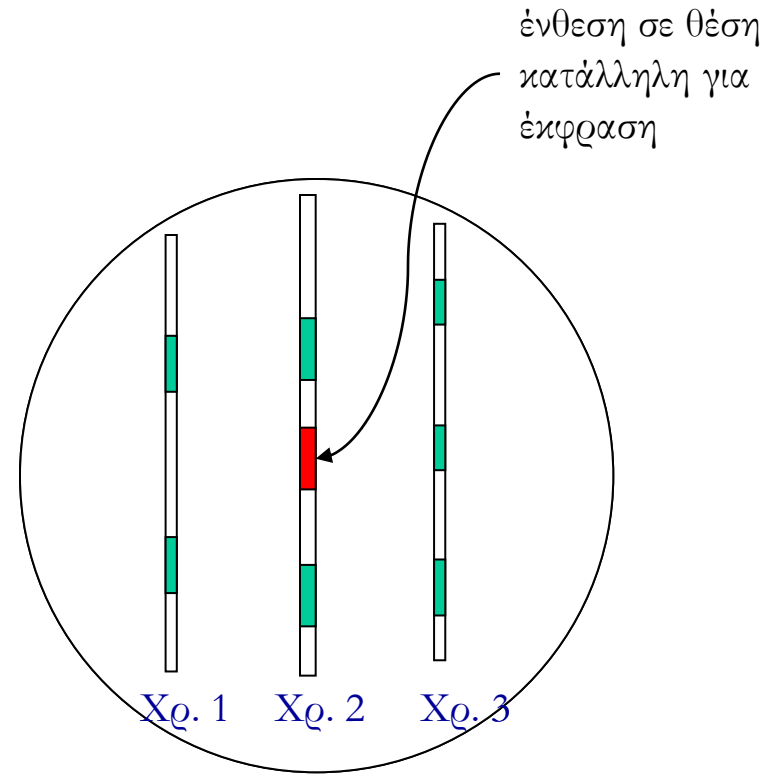


αναξιόπιστη έκφραση του
νεοεισερχόμενου γονιδίου.

Προσθήκη γονιδίου (γονιδιακή στόχευση):



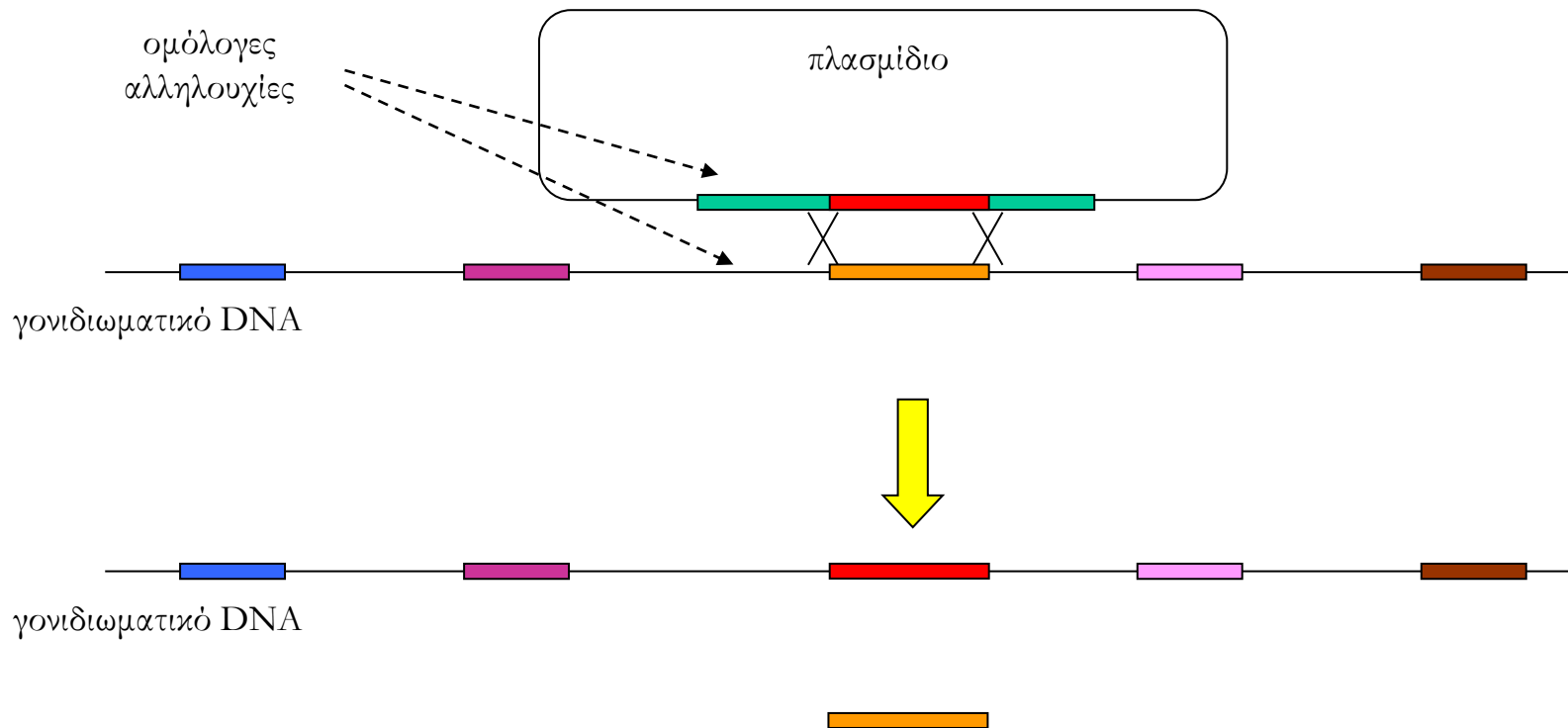
γονιδιακή αντικατάσταση



στοχευμένη ένθεση

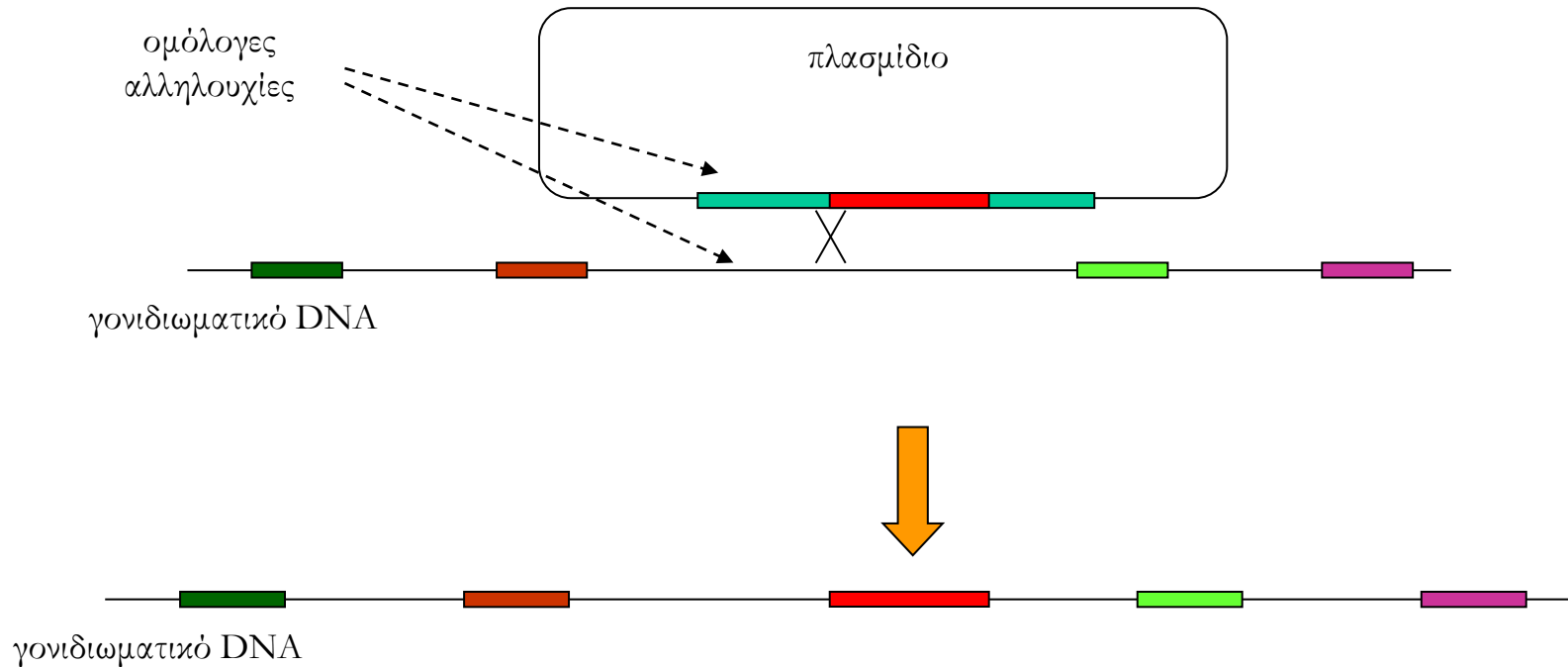
ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΣΤΟΧΕΥΣΗ

Γονιδιακή αντικατάσταση: Με διπλό χιάσμα και αμοιβαία ανταλλαγή ομόλογο τμήμα του γονιδιωματικού DNA αντικαθίσταται από το «ξένο» γονίδιο

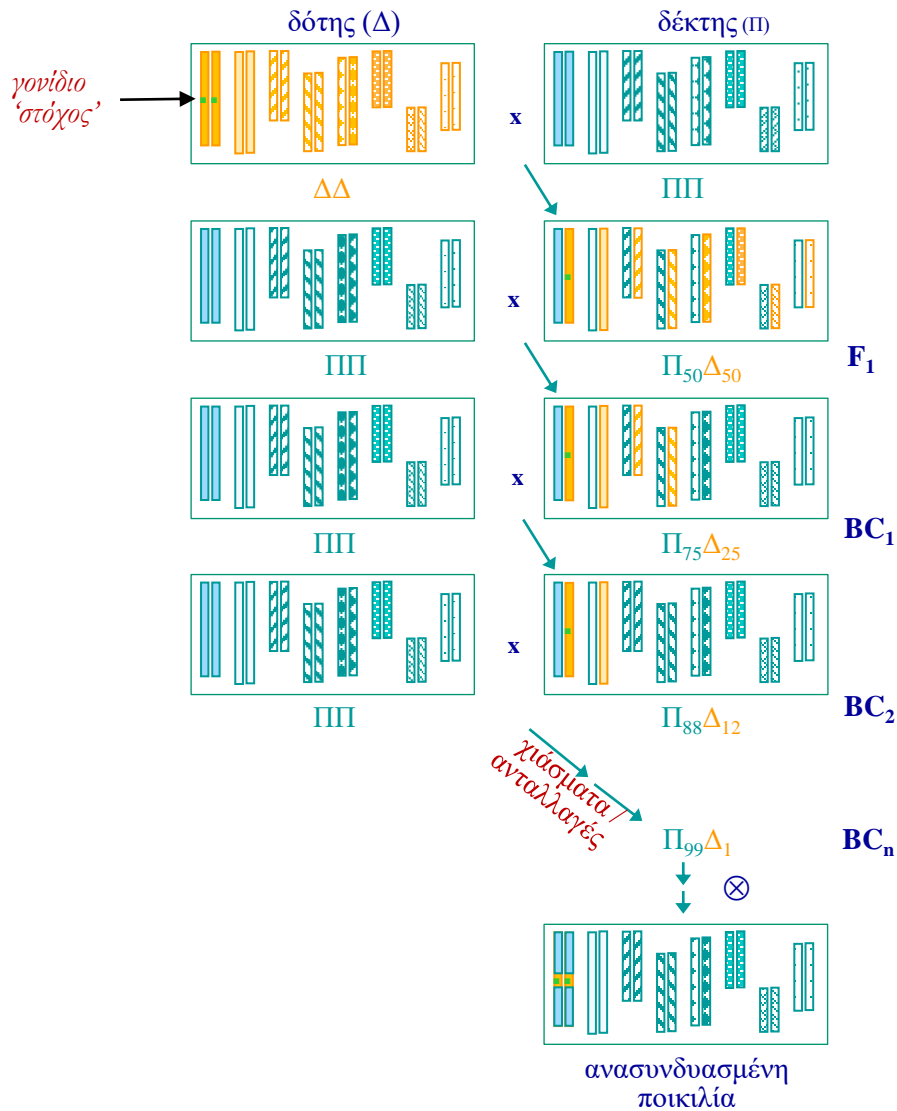


ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΣΤΟΧΕΥΣΗ

Στοχευμένη ένθεση: Με απλό χιάσμα το «ξένο» γονίδιο ενθέτεται στην επιθυμητή περιοχή



Κλασική αναδιασταύρωση

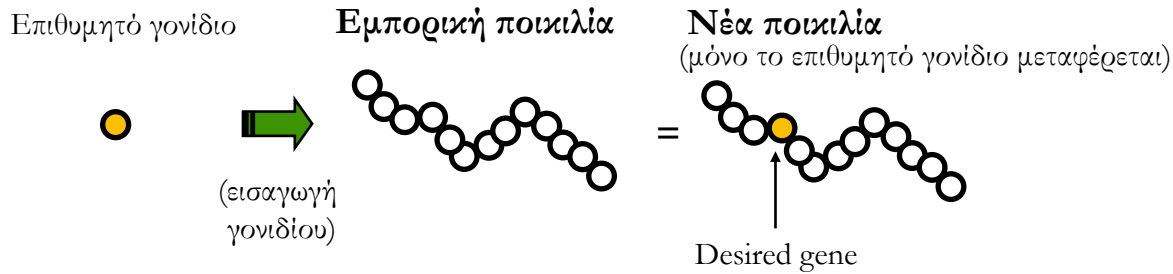


Η μοριακή επιλογή του γονιδίου 'στόχος' στη διαδικασία της αναδιασταύρωσης επιταχύνει και αυξάνει την ακρίβεια επιλογής

Κλασική Βελτίωση



Βιοτεχνολογία Φυτών



ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΟΝΙΔΙΩΝ

➤ πλασμίδια βακτηρίων (plasmid)

κυκλικό DNA έως 200 kbp που φιλοξενεί «ξένο» DNA έως 15 kbp

➤ DNA βακτηριοφάγων ιών (phage)

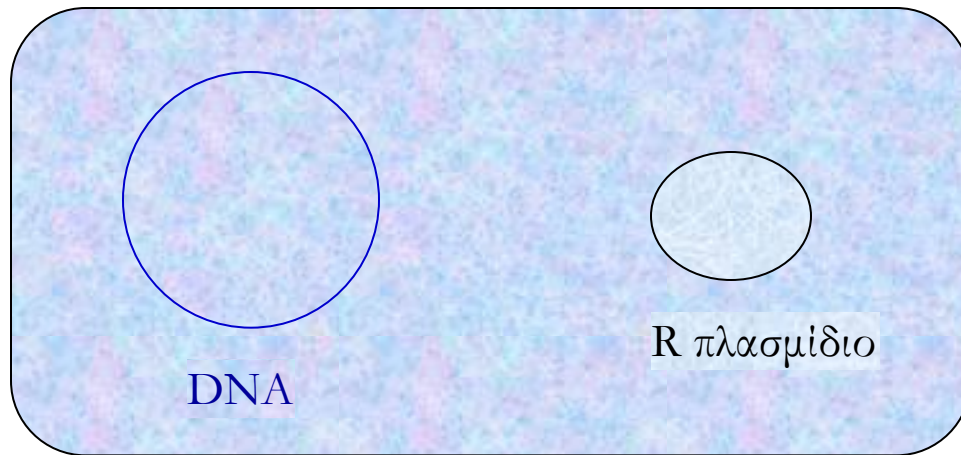
γραμμικό DNA 50 kbp που φιλοξενεί «ξένο» DNA 12 – 22 kbp

➤ κοσμίδια (cosmid)

συνδυασμός πλασμιδίου – βακτηριοφάγου που φιλοξενεί «ξένο» DNA έως 45 kb

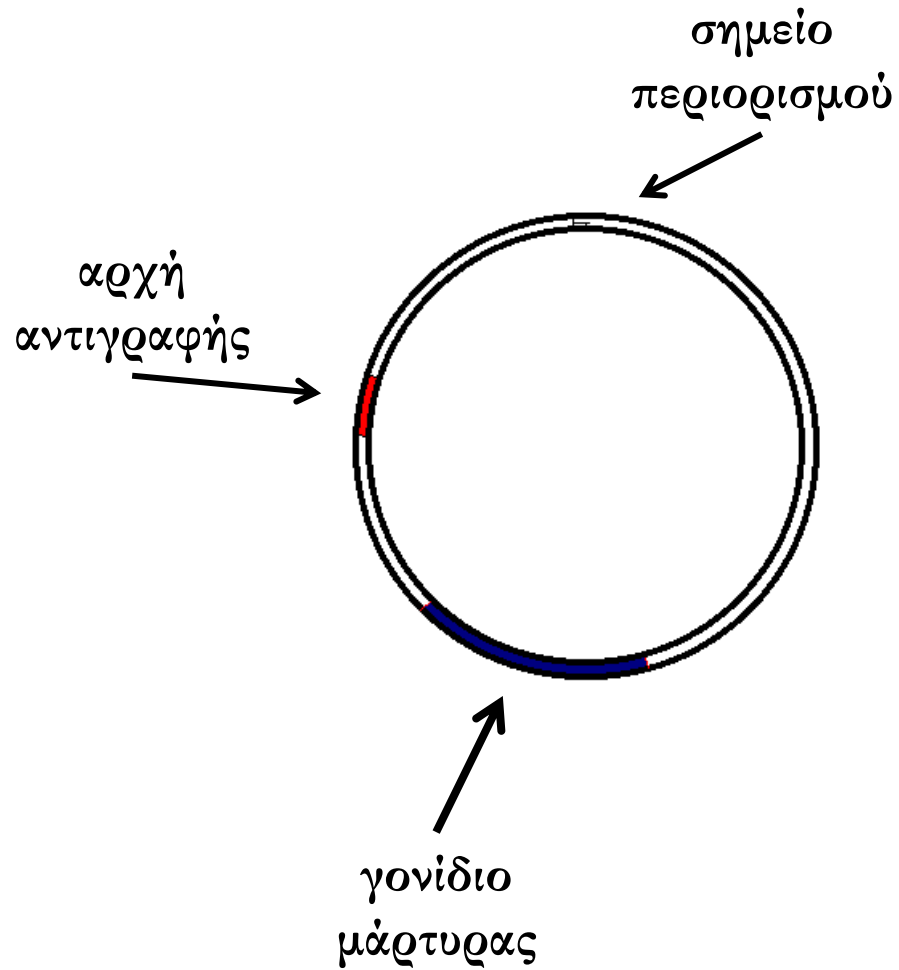
ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΟΝΙΔΙΩΝ

Πλασμίδια



βακτήριο

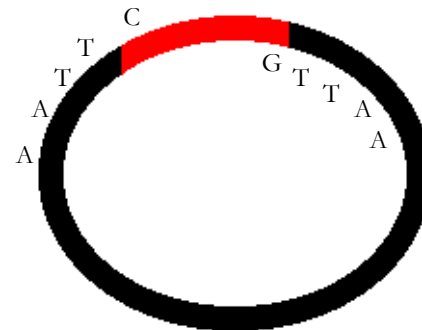
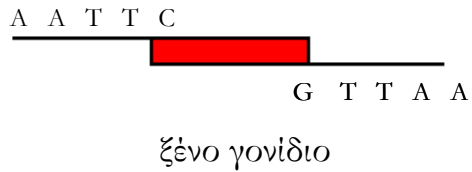
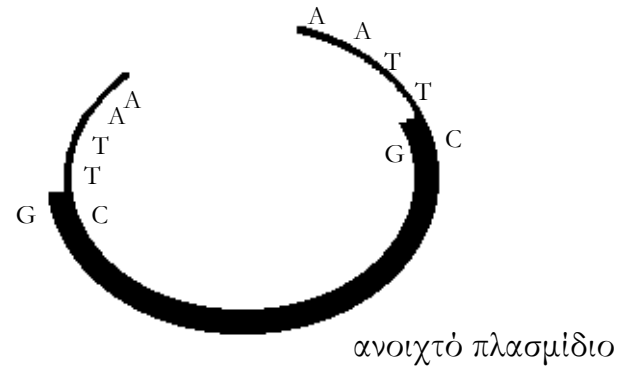
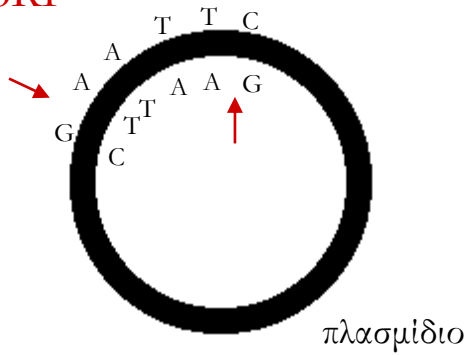
Πλασμίδιο



ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΟΝΙΔΙΩΝ

Πλασμίδια

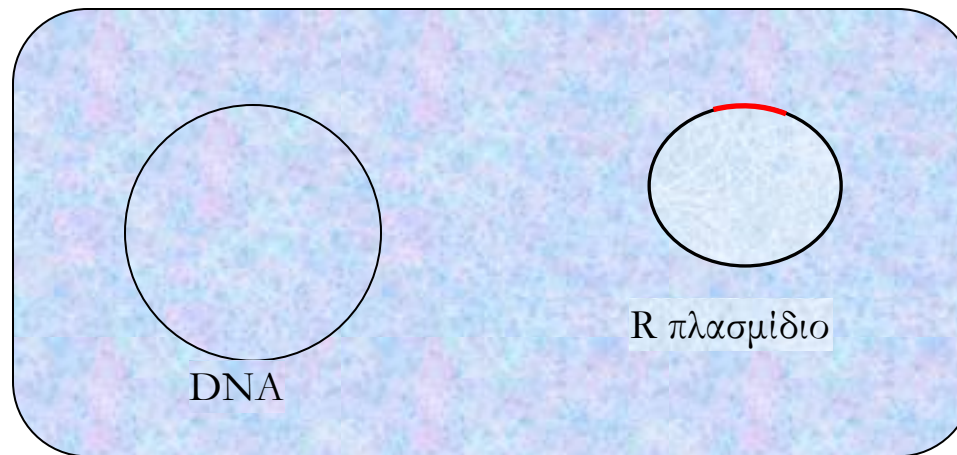
EcoRI



ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΟΝΙΔΙΩΝ

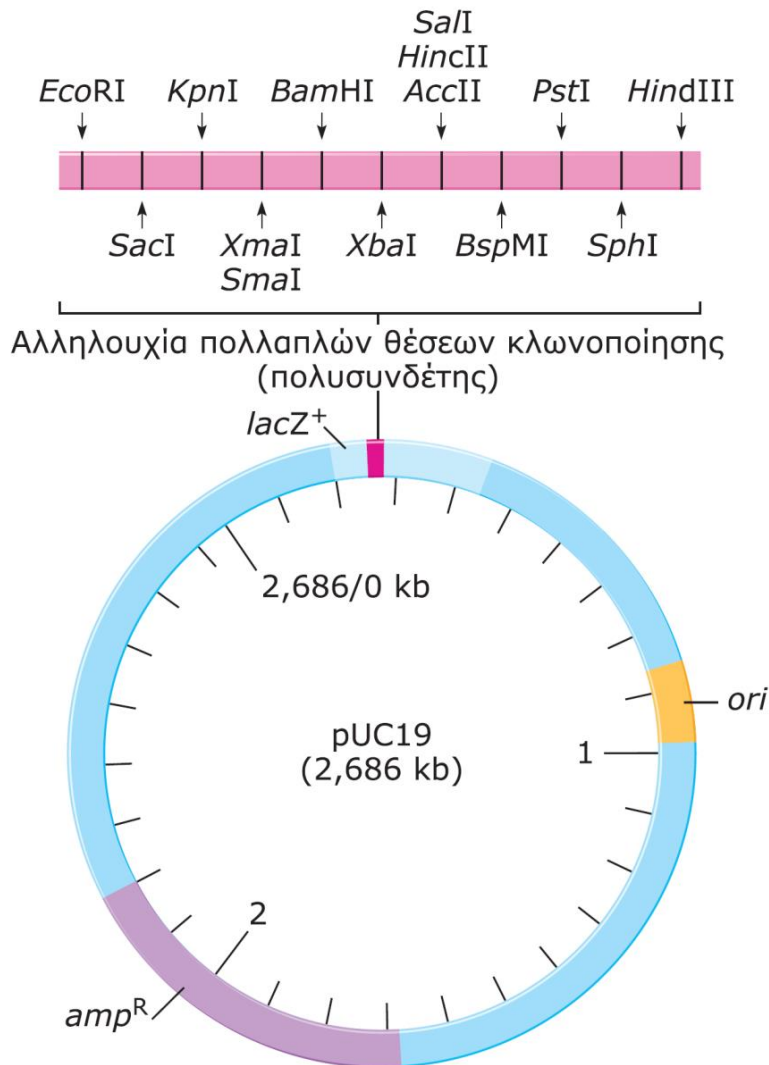
Πλασμίδια

Μεταμόρφωση βακτηρίων:



μεταμορφωμένο βακτήριο

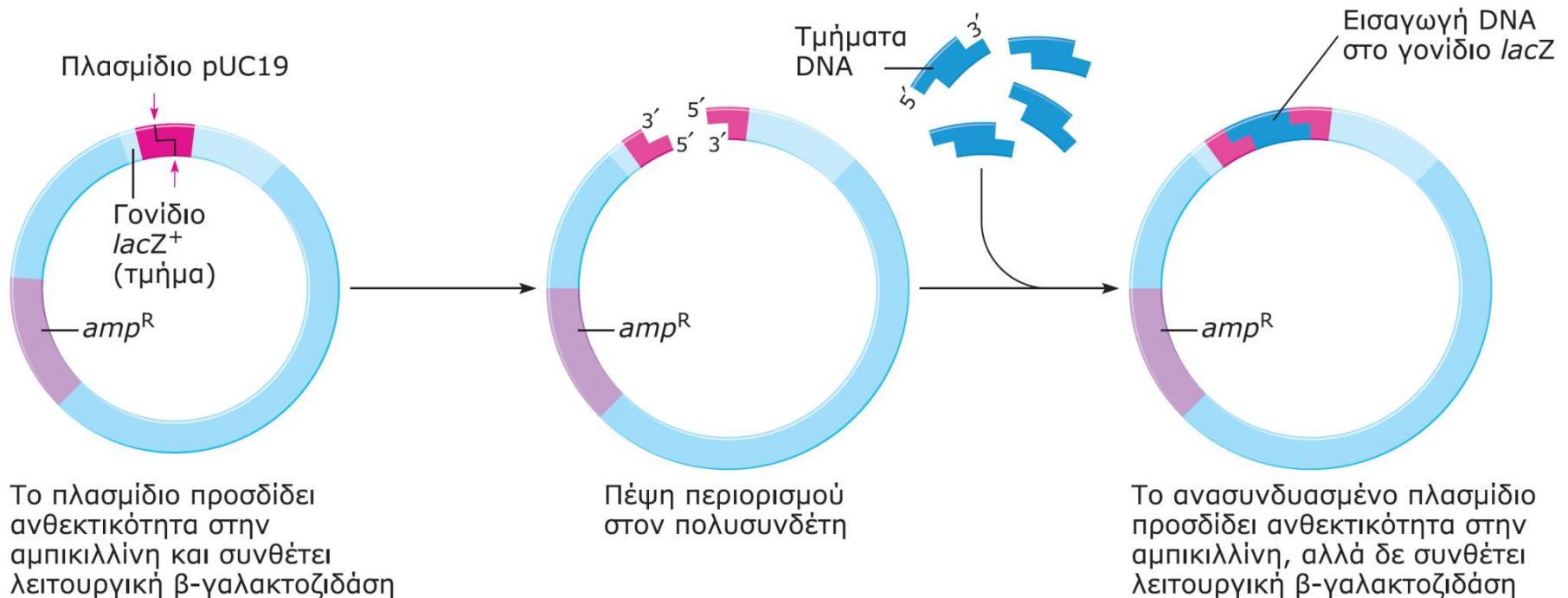
Φορέας κλωνοποίησης pUC19



- θέση έναρξης της αντιγραφής (*ori*),
- δείκτης επιλογής *amp*^R και
- πολυσυνθέτης στο τμήμα του γονιδίου της β-γαλακτοζιδάσης, *lacZ*⁺.

ori = Θέση έναρξης της αντιγραφής
amp^R = Γονίδιο ανθεκτικότητας στην αμικικιλίνη
lacZ⁺ = Τμήμα του γονιδίου της β-γαλακτοζιδάσης

Ένθεση ενός τμήματος DNA στον πλασμιδιακό φορέα κλωνοποίησης pUC19 και δημιουργία ενός ανασυνδυασμένου μορίου DNA.



Έλεγχος μεταμόρφωσης (screening)



άγαρ
αμπικιλίνη
X-gal

αποικίες μη
μεταμορφωμένων
βακτηρίων

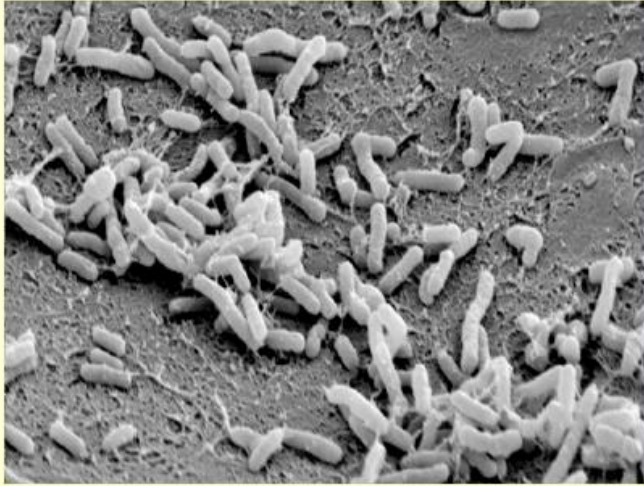
αποικίες
μεταμορφωμένων
βακτηρίων

ΜΕΘΟΔΟΙ Γ.Τ.

- μεταφορά DNA μέσω του *Agrobacterium*
- άμεση μεταφορά DNA

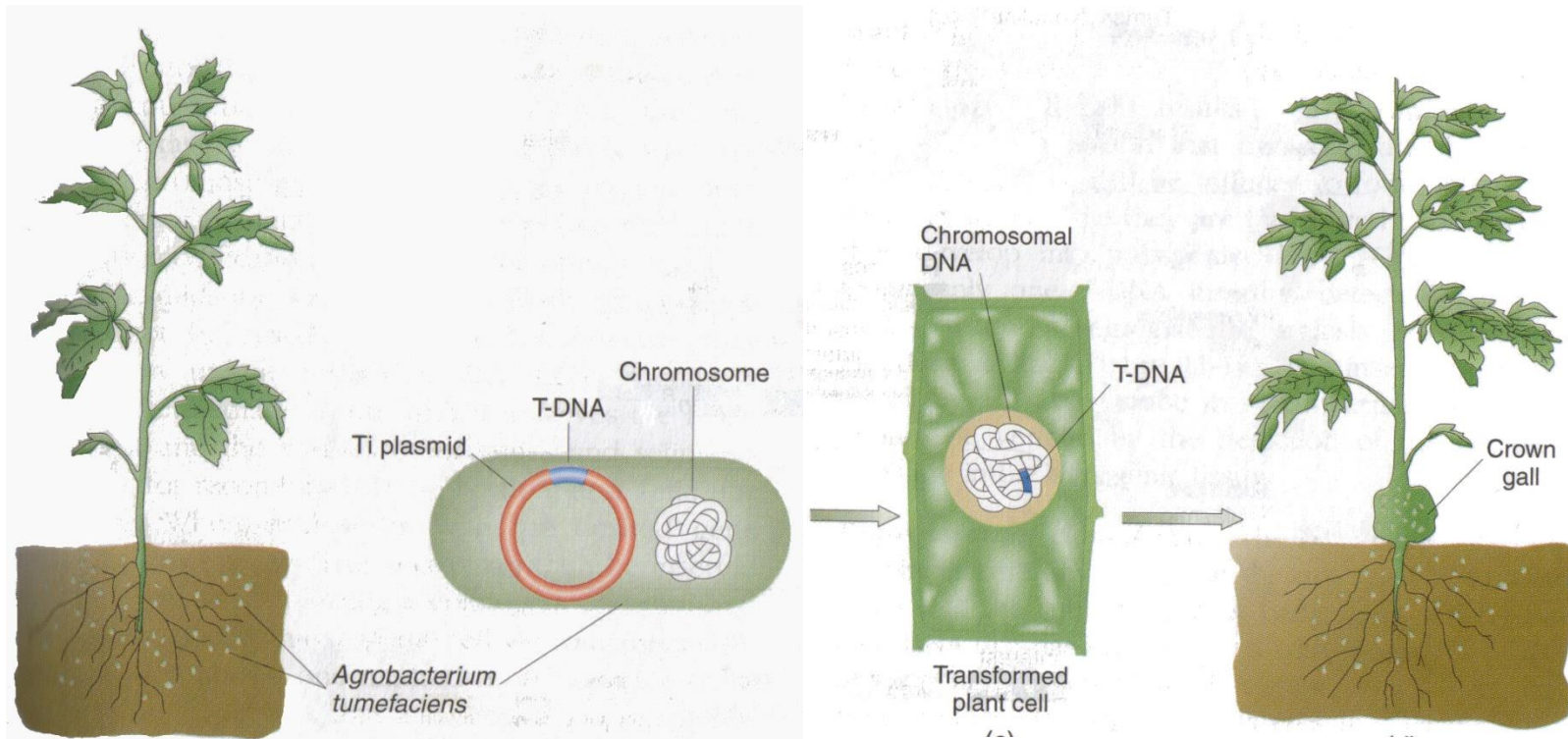
Agrobacterium - ΜΕΤΑΦΟΡΑ DNA

Agrobacterium tumefaciens (οικ. Rhizobiaceae)



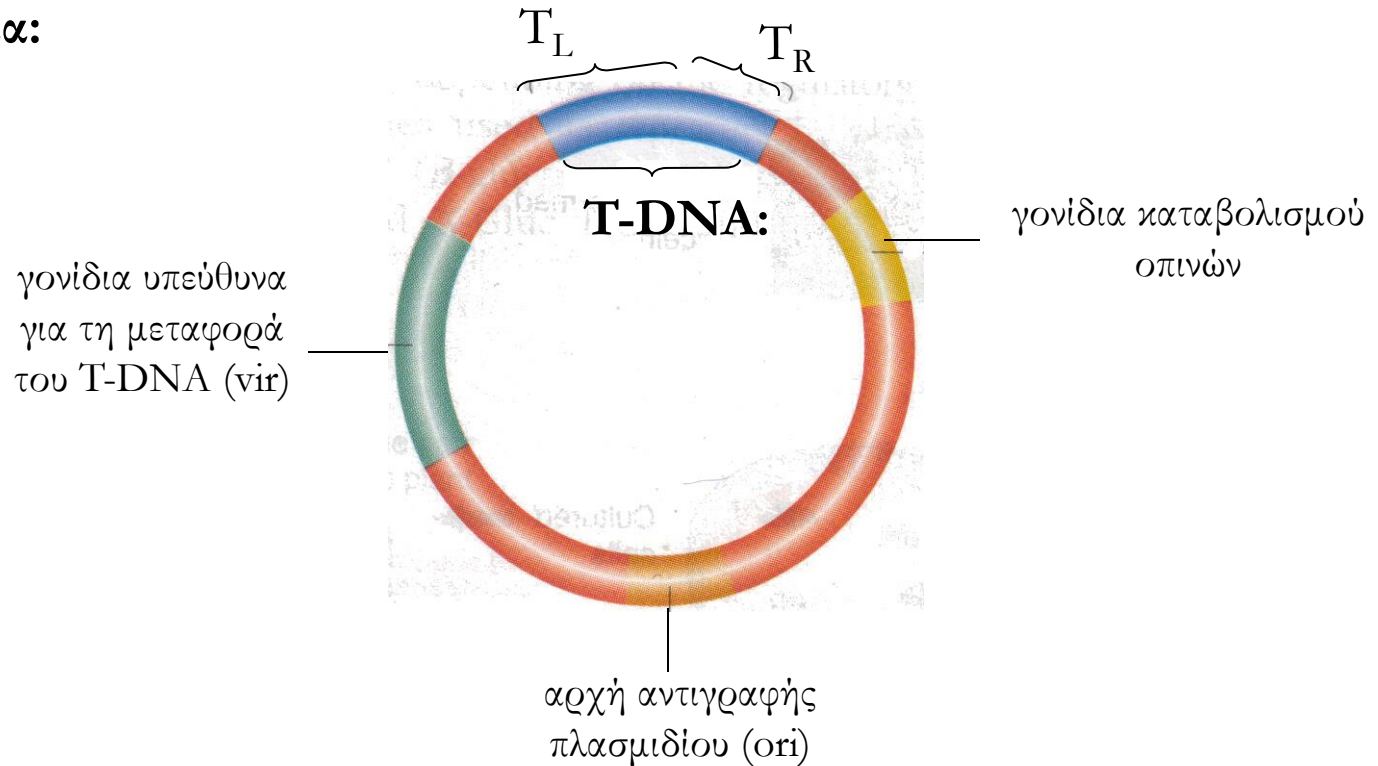
ΜΕΤΑΦΟΡΑ DNA ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Agrobacterium tumefaciens (οικ. Rhizobiaceae)



Agrobacterium - ΜΕΤΑΦΟΡΑ DNA

Ti πλασμίδια:



T_L: αριστερός βραχίονας και γονίδια που επάγουν το σχηματισμό όγκου

T_R: δεξιός βραχίονας και γονίδια που επάγουν το σχηματισμό οπινών

Agrobacterium - ΜΕΤΑΦΟΡΑ DNA

Agrobacterium tumefaciens (οικ. Rhizobiaceae)

κορονωτός κάλλος:

το T-DNA των καρκινικών κυττάρων επάγει την παραγωγή ειδικών ενώσεων αμινοξέων και σακχάρων που ονομάζονται **ΟΠΙΝΕΣ**

(οιτοπίνη
νοπαλίνη
αγροπίνη)

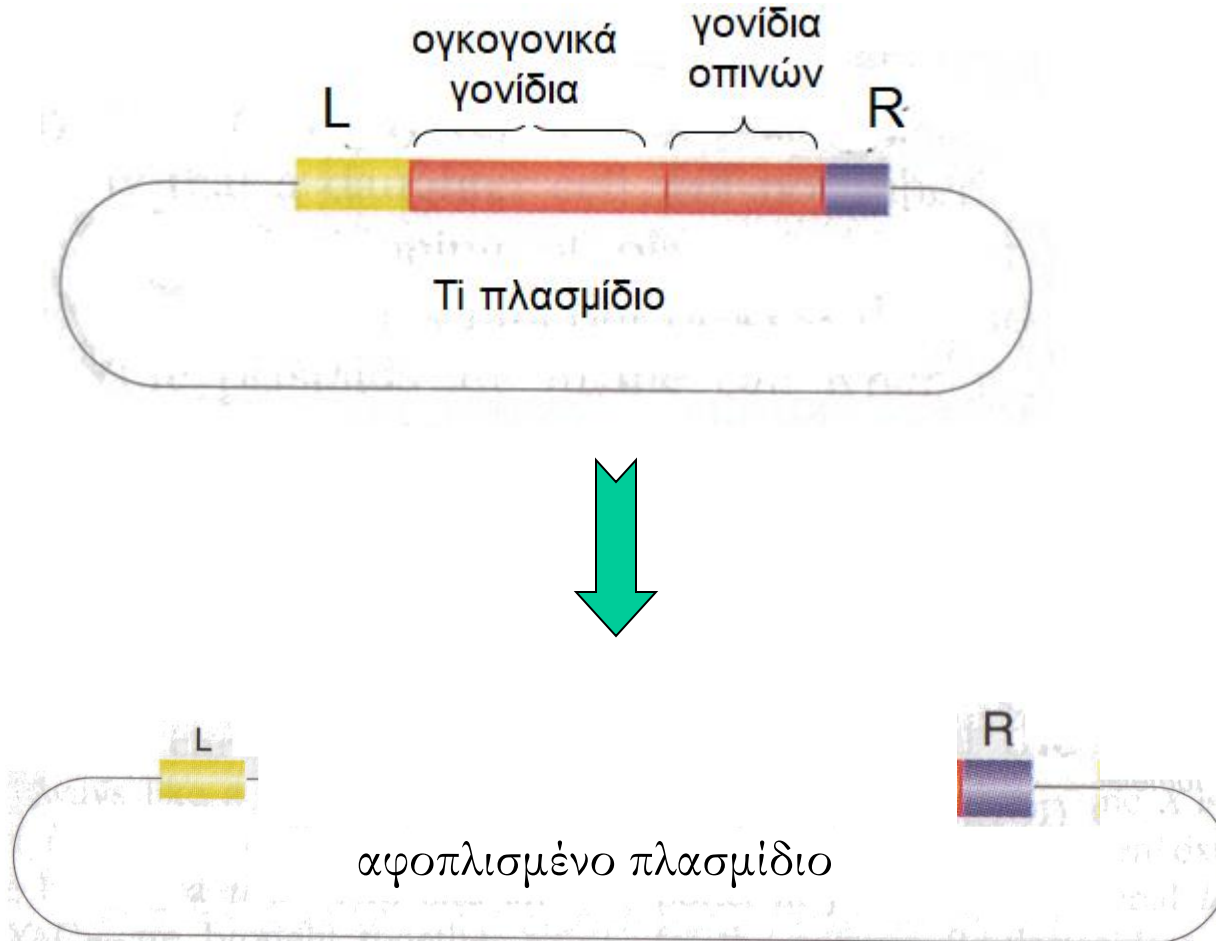


Πηγές C και N για τα βακτήρια (δεν μπορούν να παραχθούν από τα βακτήρια)

Κάθε πλασμίδιο είναι εξειδικευμένο για διαφορετική οπίνη(ες)

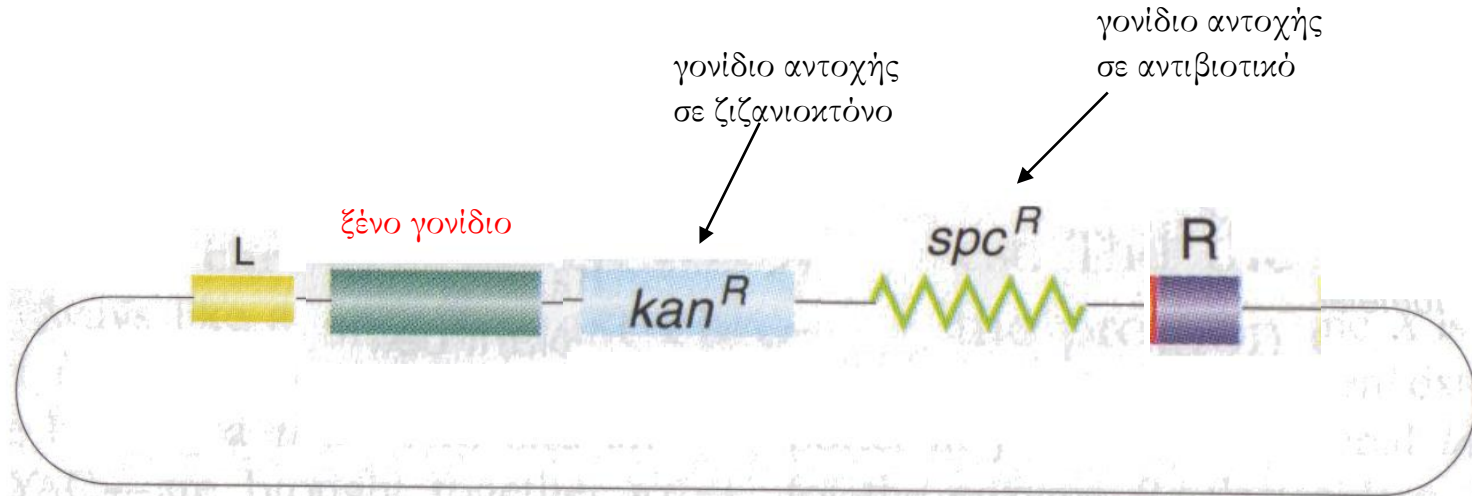
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΩΝ ΜΕΣΩ T- DNA

1. Αφοπλισμός Ti πλασμιδίου:



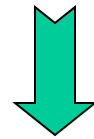
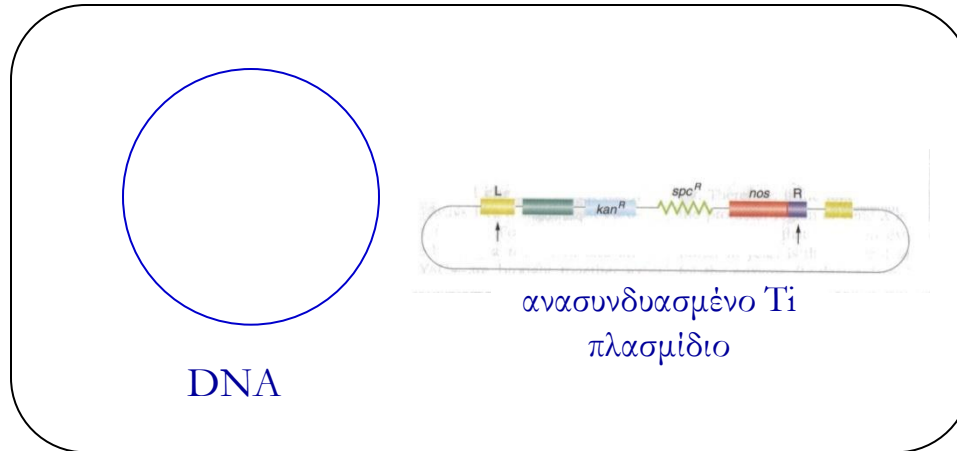
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΩΝ ΜΕΣΩ T- DNA

2. Ανασυνδυασμός αφοπλισμένου Ti πλασμιδίου με «ξένο» γονίδιο, γονίδιο αντοχής σε ζιζανιοκτόνο και γονίδιο αντοχής σε αντιβιοτικό :

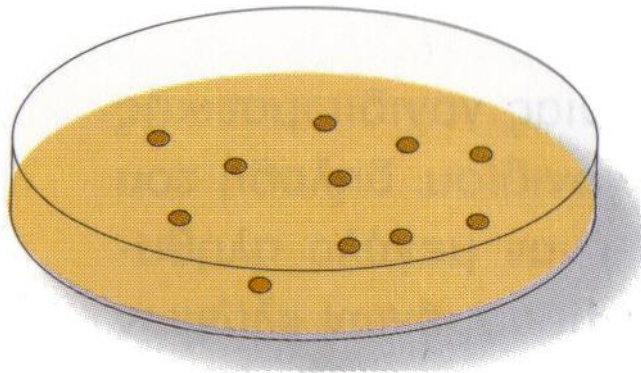


ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΩΝ ΜΕΣΩ T- DNA

3. Μεταμόρφωση *Agrobacterium*

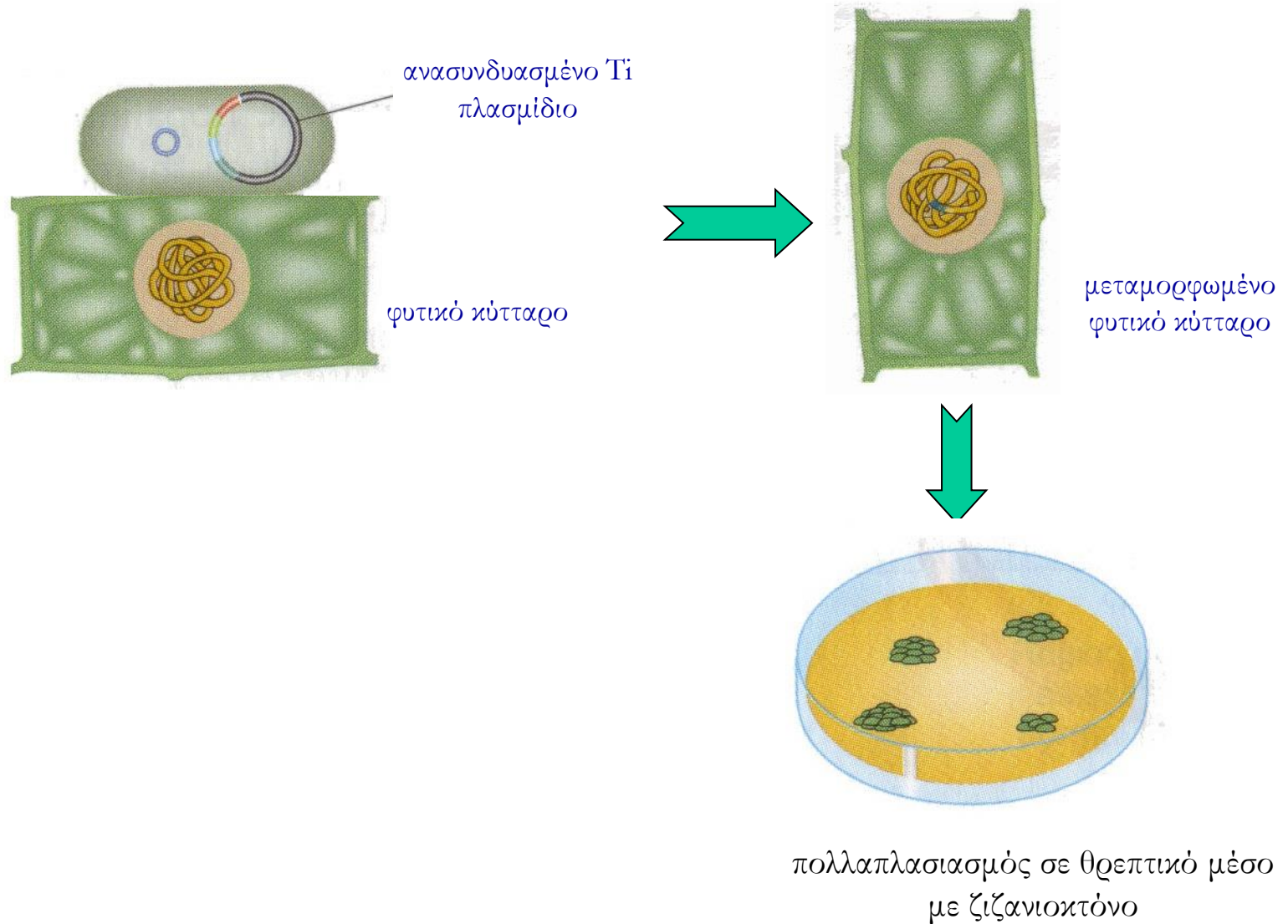


πολλαπλασιασμός σε
θρεπτικό μέσο με
αντιβιοτικό



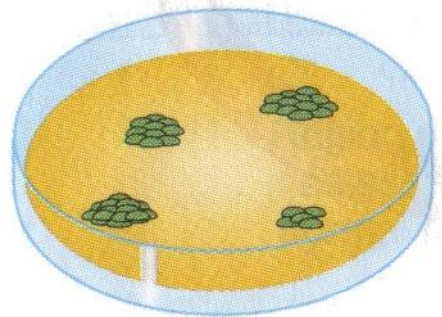
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΩΝ ΜΕΣΩ T- DNA

4. Μόλυνση φυτικών ιστών



ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΩΝ ΜΕΣΩ T- DNA

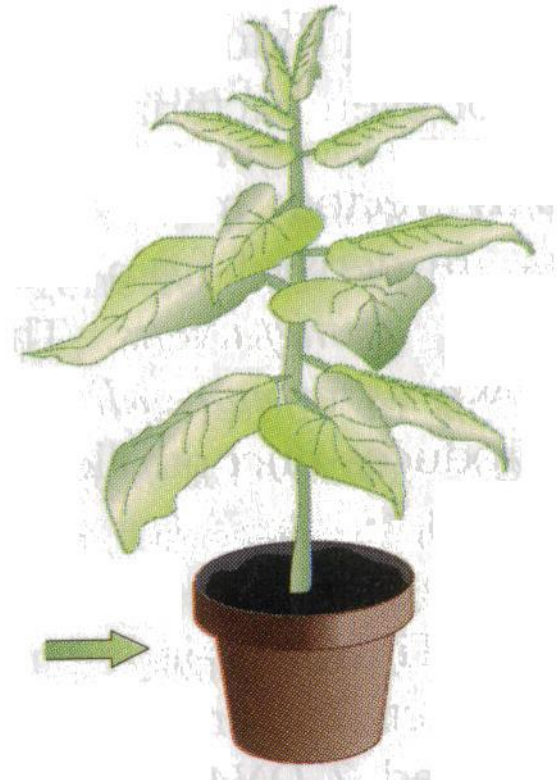
5. Ανάπτυξη μεταμορφωμένων φυτών



πολλαπλασιασμός σε
θρεπτικό μέσο με
ζιζανιοκτόνο



ριζοβολία σε θρεπτικό
μέσο



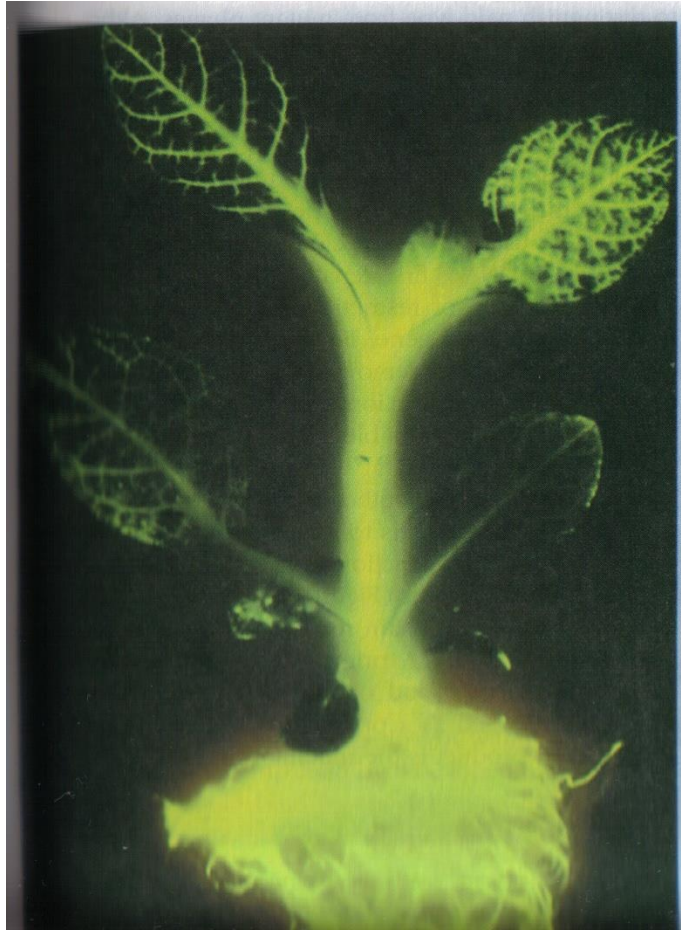
μεταφύτευση

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΩΝ ΜΕΣΩ T- DNA

Ταυτοποίηση διαγονιδιακών φυτών

Μετά την ταυτοποίηση επιλέγονται διαγονιδιακά φυτά που στο γενετικό του υλικό έχει εισέλθει ένα αντίγραφο. Διαγονιδιακά με πολλά αντίγραφα απορρίπτονται γιατί σ' αυτά είναι αυξημένη η πιθανότητα μεταλλάξεων (από ενθέσεις που διακόπτουν κρίσιμες αλληλουχίες, πχ ενός σημαντικού γονιδίου). Σε κάθε περίπτωση τα επιλεγόμενα αξιολογούνται φαινοτυπικά για τον έλεγχο έκφρασης μεταλλάξεων.

Γενετική τροποποίηση μέσω *Agrobacterium*



Καπνός που φέγγει

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΜΕΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ DNA

1. ΗΛΕΚΤΡΟΠΟΡΩΣΗ

Η εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου για τη δημιουργία πόρων στη μεμβράνη των φυτικών κυττάρων που θα αποτελέσουν τη δίοδο του «ξένου» DNA στο εσωτερικό τους.

2. ΒΟΜΒΑΡΔΙΣΜΟΣ ΜΕ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Χρήση επιταχυνόμενων με μεγάλη ταχύτητα σωματιδίων (βολφράμιο ή χρυσός) καλυμμένων με DNA, ώστε να διαπεράσουν τις εξωτερικές κυτταρικές στοιβάδες ή τα κυτταρικά τοιχώματα.

3. ΧΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Αξιοποίηση χημικών ουσιών που προστατεύουν το DNA και επάγουν την πρόσληψη νουκλεϊκών οξέων από τους πρωτοπλάστες (πχ πολυαιθυλενική γλυκόλη)

4. ΜΙΚΡΟΕΓΧΥΣΗ

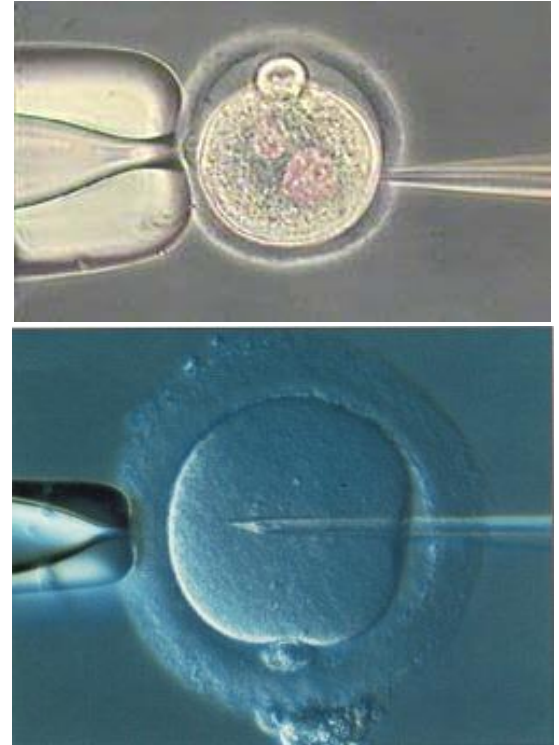
Χρήση γυάλινης μικροπιπέτας για διείσδυσή μέσω της πλασματικής μεμβράνης στο κυτταρόπλασμα, οπότε το «ξένο» DNA εγχύεται στο κυτταρόπλασμα ή και απευθείας στον πυρήνα του φυτικού κυττάρου.



συσκευή
ηλεκτροπόρωσης



όπλο βομβαρδισμού



μικροέγχυση

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Γ.Τ.

- αντοχή σε ζιζανιοκτόνα
- αντοχή σε έντομα
- αντοχή σε ιούς

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

Ορισμένα από τα εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα έχουν μεγάλη υπολειμματικότητα, είναι τοξικά για τα ζώα.



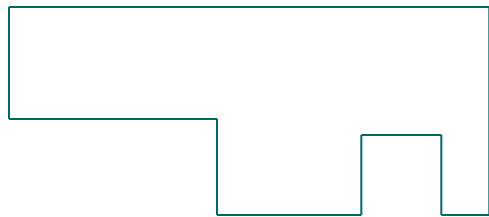
ανάγκη για χρήση ήπιων ζιζανιοκτόνων, τα οποία όμως πολλές φορές δεν έχουν εκλεκτικότητα



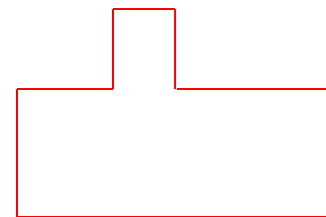
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΗΠΙΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

(glyphosate, Θειουρίες (sulphonylureas), atrazine, L-φωσφινοθρισίνη)

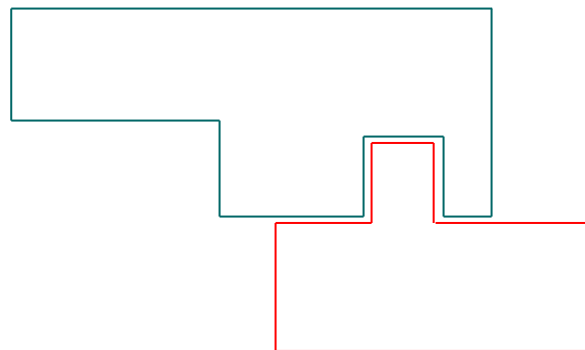
Τρόποι δράσης των ζιζανιοκτόνων:



ένζυμο του φυτού



χημική ένωση



απενεργοποίηση του ενζύμου

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

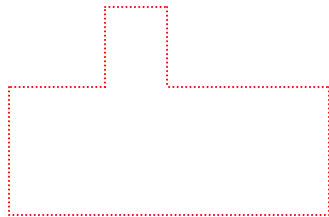
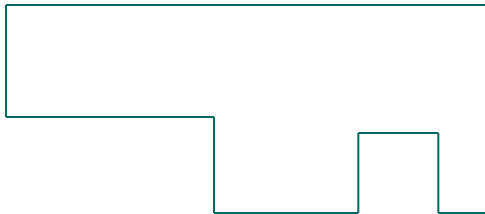
Στρατηγικές δημιουργίας αντοχής:

1. Εισαγωγή γονιδίων που κωδικοποιούν ένζυμα αποικοδόμησης/απενεργοποίησης της δραστηκής ουσίας
2. Τροποποίηση του γονιδίου που κωδικοποιεί το κρίσιμο ένζυμο
3. Υπερπαραγωγή του κρίσιμου ενζύμου (ενσωμάτωση πολλών αντιγράφων του γονιδίου)

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

1. Εισαγωγή γονιδίων που κωδικοποιούν ένζυμα αποικοδόμησης/απενεργοποίησης της χημικής ένωσης

Τα γονίδια απομονώνονται από βακτήρια, μύκητες ή άλλα φυτά



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

1α. Ένζυμα βακτηριακής προέλευσης

Pseudomonas sp.
Flurobacterium sp.

Χρησιμοποιούν το glyphosate ως πηγή P

Pseudomonas sp.
Arthrobacter sp.
Alcaligenes sp.
Acinetobacter sp.

Μεταβολίζουν το 2-4 D

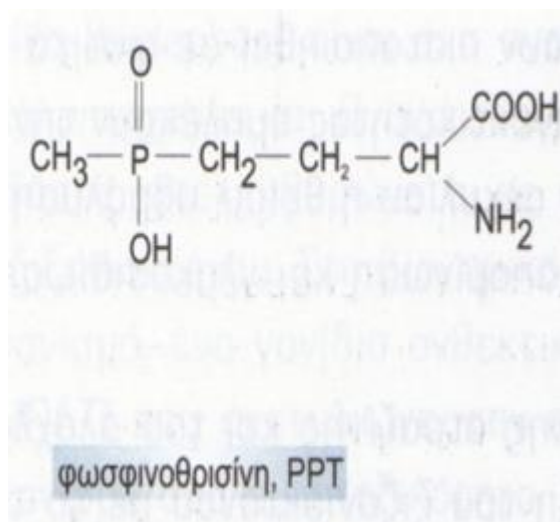
Bacillus sphaericus
Anacystis nidulans

Αποικοδομούν ουρία και φαινυλοκαρβαμικό

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

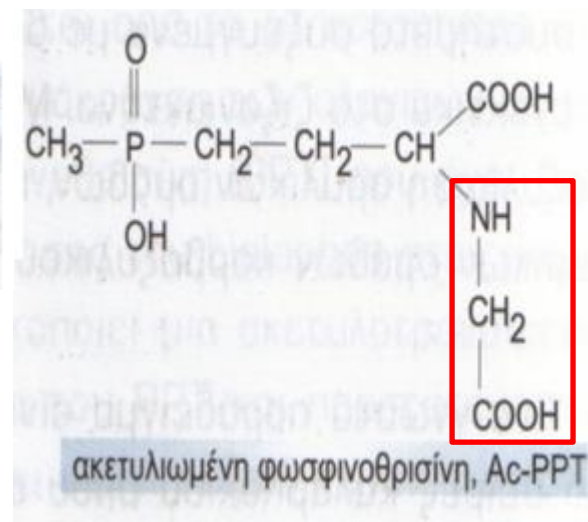
1α. Ένζυμα βακτηριακής προέλευσης

γονίδιο bar (*Streptomyces hydroscopicus*)



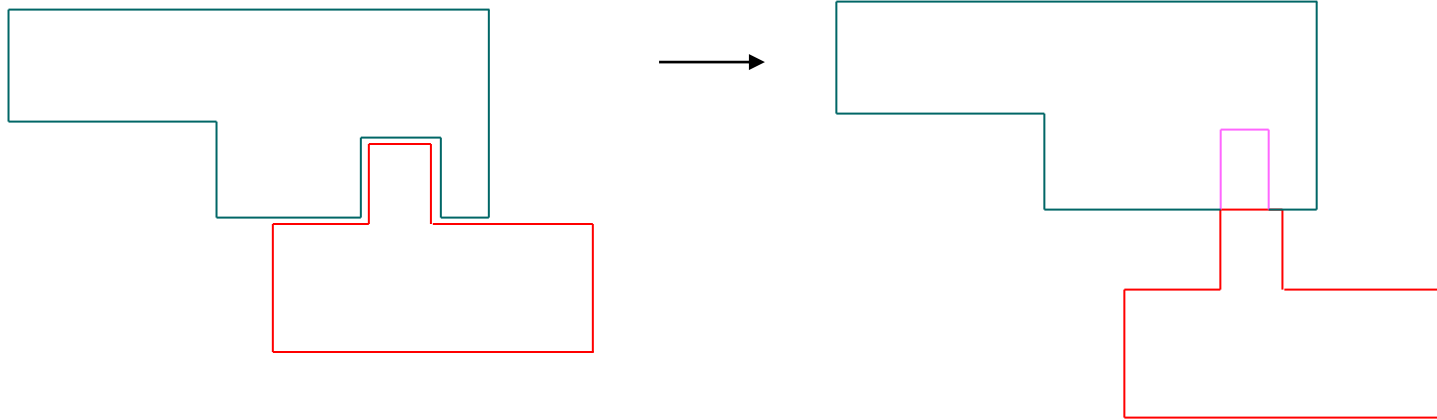
ακετυλοτρανσφεράση της
φωσφινοθρισίνης (PAT)

Ac-CoA



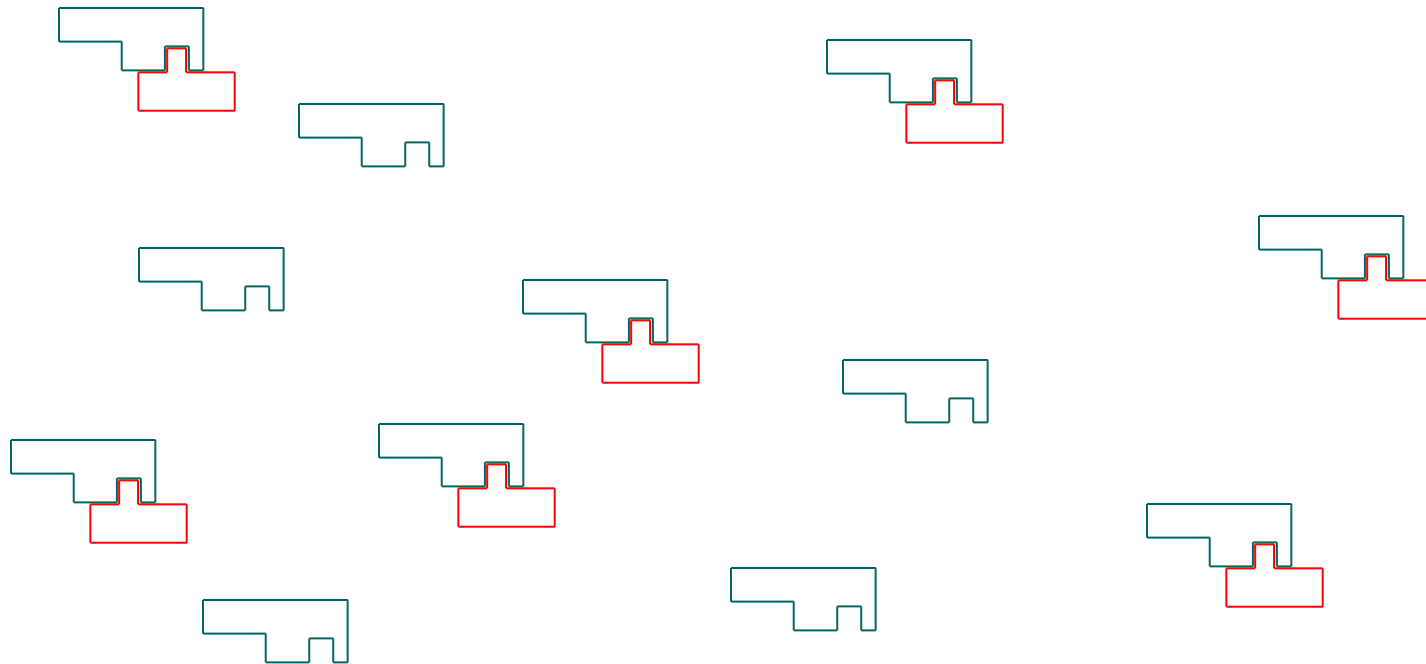
Διαγονιδιακά φυτά καπνού, τομάτας, πατάτας με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα PPT και bialaphos

2. Τροποποίηση του γονιδίου που κωδικοποιεί το κρίσιμο ένζυμο



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

3. Υπερπαραγωγή του κρίσιμου ενζύμου (ενσωμάτωση πολλών αντιγράφων του γονιδίου)



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

Glyphosate (N-φωσφονομεθυλογλυκίνη)

Αναστέλει τη βιοσύνθεση αρωματικών αμινοξέων λόγω απενεργοποίησης του ενζύμου EPSPS

Με μεταλλάξεις στο γονίδιο *aroA* που κωδικοποιεί το ένζυμο EPSPS στο βακτήριο *Salmonella typhimurium*, υπήρξε αντοχή λόγω τροποποίησης αλλά και υπερπαραγωγής του ενζύμου

Διαγονιδιακά φυτά τομάτας και πατάτας με μεταλλαγμένες μορφές του *aroA* ήταν 3 φορές ανθεκτικότερα στο ζιζανιοκτόνο

Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι:

Παρατηρήθηκε «διαρροή» του μεταλλαγμένου γονιδίου από τα διαγονιδιακά φυτά σε συγγενικά ζιζάνια
ηλίανθος (35%)
φράουλες (50%)
ελαιοκράμβη



Ο κίνδυνος περιορίζεται αν ο μετασχηματισμός γίνεται σε DNA του χλωροπλάστη



Εφαρμογή glyphosate σε διαγονιδιακά και μη φυτά καλαμποκιού



Διαγονιδιακό σόργο πριν και μετά τον ψειασμό



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΝΤΟΜΑ

ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΟΞΙΝΕΣ (*Bacillus thuringiensis*)

Διάφορα στελέχη και υποείδη του βακτηρίου που το καθένα παράγει διαφορετική τοξίνη και θανατώνει διαφορετικά έντομα.

4 ομάδες τοξινών:

υποομάδες:

υπο-υποομάδες:

CryI

CryIA, CryIB,
CryIC..... CryIF,

CryIA(a), CryIA(b),
CryIA(c)

CryII

CryIII

CryIV

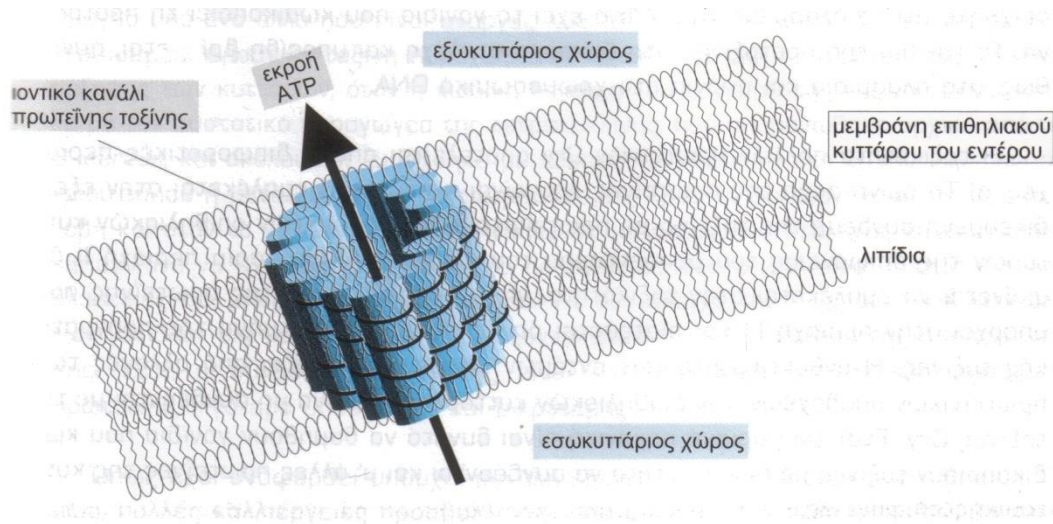
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΝΤΟΜΑ

ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΟΞΙΝΕΣ (*Bacillus thuringiensis*)

Πίνακας 10.2. Εντομοκτόνες τοξίνες και μερικές ιδιότητες αυτών από διάφορα στελέχη του *Bacillus thuringiensis*.

Στέλεχος ή υποείδος του <i>B. thuringiensis</i>	Τύπος τοξίνης	Μέγεθος προτοξίνης σε kDa	Έντομα που επηρεάζονται
<i>aizawai</i> 7.29	CryI	130- 140	Λεπιδόπτερα
<i>aizawai</i> IC 1	CryI	135	Λεπιδόπτερα, Δίπτερα
<i>berliner</i>	CryI	130- 140	Λεπιδόπτερα
<i>entomocidus</i> 6.0 1	CryI	130- 140	Λεπιδόπτερα
<i>israelensis</i>	CryIV	68	Δίπτερα
<i>kurstaki</i> KTO, HD- 1	CryI	130- 140	Λεπιδόπτερα
<i>kurstaki</i> HD- 1	CryII	71	Λεπιδόπτερα, Δίπτερα
<i>morrisoni</i> PG 14	CryIV	125- 145	Δίπτερα
<i>tenebrionis</i> (san diego)	CryIII	66-73	Κολεόπτερα

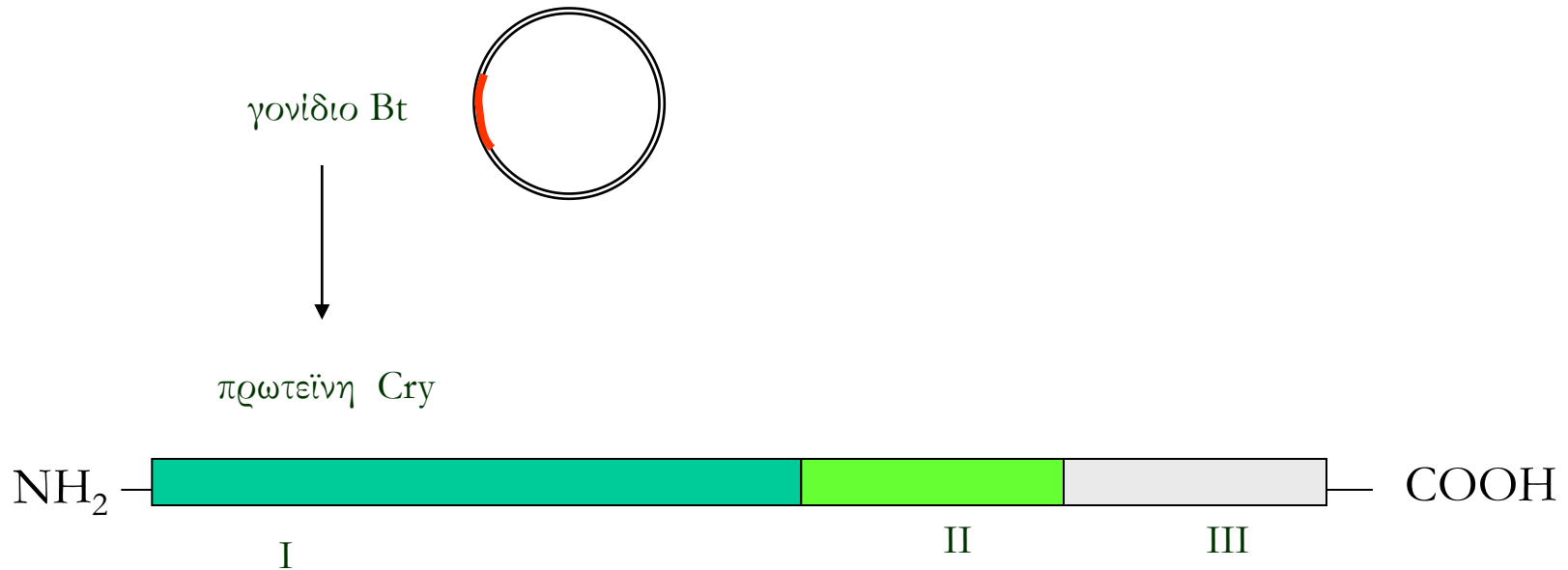
Μηχανισμός δράσης Bt τοξίνης



η τοξίνη Bt εισέρχεται στη μεμβράνη του επιθηλιακού κυττάρου του εντόμου σχηματίζοντας ιοντικό κανάλι μεταξύ κυτταροπλάσματος και εξωκυττάριου χώρου, με συνέπεια η εκροή ATP μέσω του καναλιού να οδηγεί στο θάνατο του εντόμου

ΓΟΝΙΔΙΑ ΤΟΞΙΝΗΣ Bt

γονίδια πλασμιδιακά στα οποία είναι κωδικοποιημένες οι πρωτεΐνες Cry



περιοχή I: άμινο άκρο που εμπλέκεται στην εξειδικευμένη σύνδεση της τοξίνης στα επιθηλιακά κύτταρα των εντόμων

περιοχή II: δεν φαίνεται να παίζει ρόλο στη δράση της τοξίνης

περιοχή III: καρβοξύ άκρο που δεν περιέχει τμήμα της τοξίνης

ΔΙΑΓΟΝΙΔΙΑΚΑ ΦΥΤΑ ΠΟΥ ΕΚΦΡΑΖΟΥΝ Bt ΤΟΞΙΝΕΣ

Όταν στα φυτά ενσωματώνονται ακέραια γονίδια Bt τοξίνης αυτά δεν εκφράζονται ικανοποιητικά, ελλειμματικά όμως που περιλαμβάνουν την περιοχή I των πρωτεϊνών Cry εκφράζονται περισσότερο.

Πίνακας 10.4. Ιδιότητες των διαγονιδιακών φυτών που εκφράζουν διάφορους τύπους τοξίνης του *Bacillus thurengiensis*.

Φυτά	Τύπος γονιδίου	Τοξικότητα	Έκφραση %
καπνός	ολόκληρο το <i>cryIA(b)</i>	όχι	0,000 1- 0,0005
καπνός	ελλειμματικό <i>cryIA(b)</i>	ναι	0,003 - 0,0 12
καπνός	ολόκληρο το <i>cryIA(a)</i>	όχι	-
καπνός	ελλειμματικό <i>cryIA(a)</i>	ναι	0,00 125
καπνός	ελλειμματικό <i>cryIA(c)</i>	ναι	<0,0 14
ντομάτα	ελλειμματικό <i>cryIA(b)</i>	ναι	0,000 1
βαμβάκι	ελλειμματικό <i>cryIA(b)</i> AT	όχι	<0,002
βαμβάκι	ελλειμματικό <i>cryIA(b)</i> MT	ναι	0,05 - 0, 1
ντομάτα ή καπνός	ελλειμματικό <i>cryIA(b)</i> AT	ναι	0,002
ντομάτα ή καπνός	ελλειμματικό <i>cryIA(b)</i> MT	ναι	0,002 - 0,2
ντομάτα ή καπνός	ελλειμματικό <i>cryIA(b)</i> PT	ναι	0,3



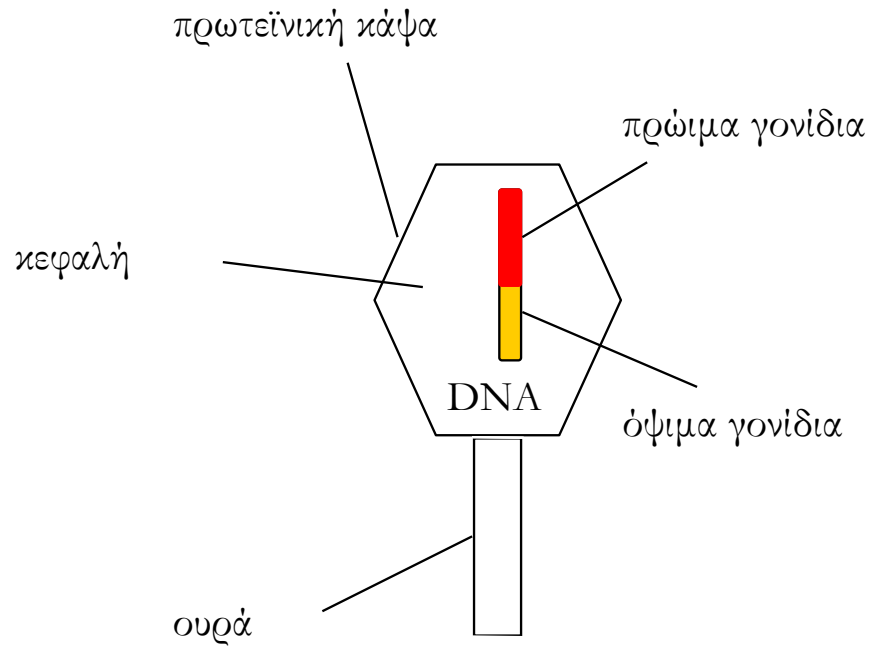
Δημιουργία διαγονιδιακών φυτών με τροποποιημένα (ελλειμματικά) γονίδια Bt



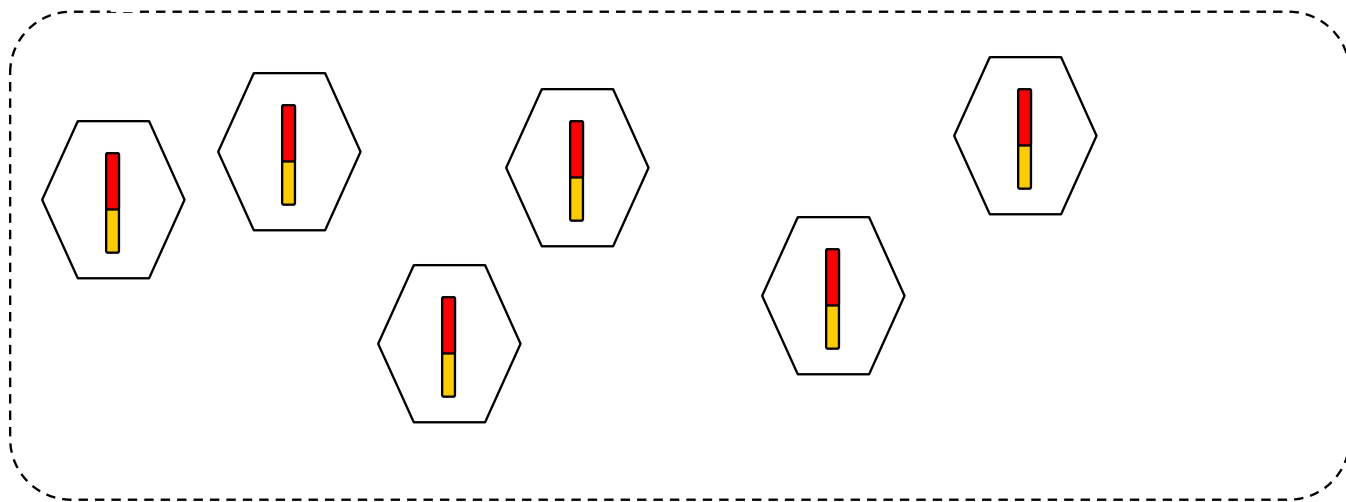
Καρπός καλαμποκιού από ποικιλία,
αριστερά συμβατική και δεξιά
διαγονιδιακή για αντοχή σε έντομα

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΙΟΥΣ

Δομή ιών



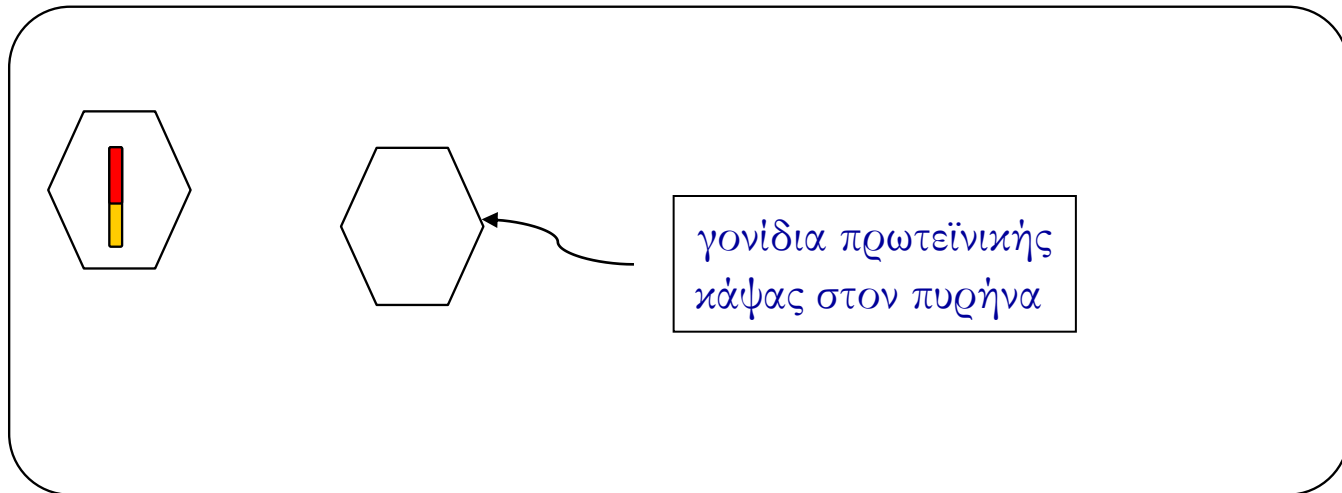
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΙΟΥΣ



φυτικό κύτταρο

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΙΟΥΣ

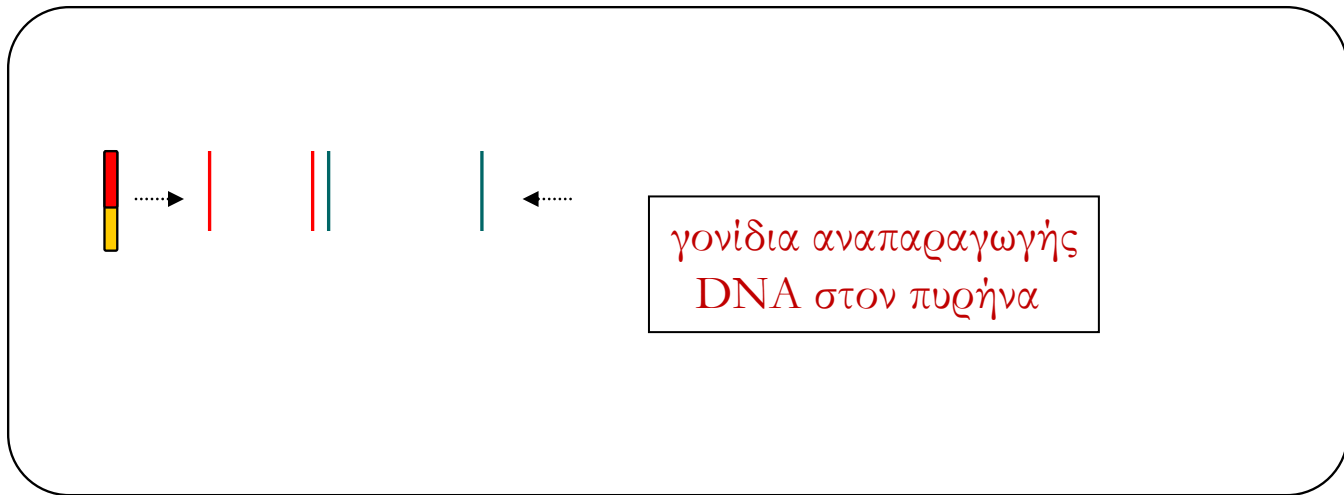
1. μεταφορά όψιμων γονιδίων για τον ιό της μωσαϊκής του καπνού



φυτικό κύτταρο

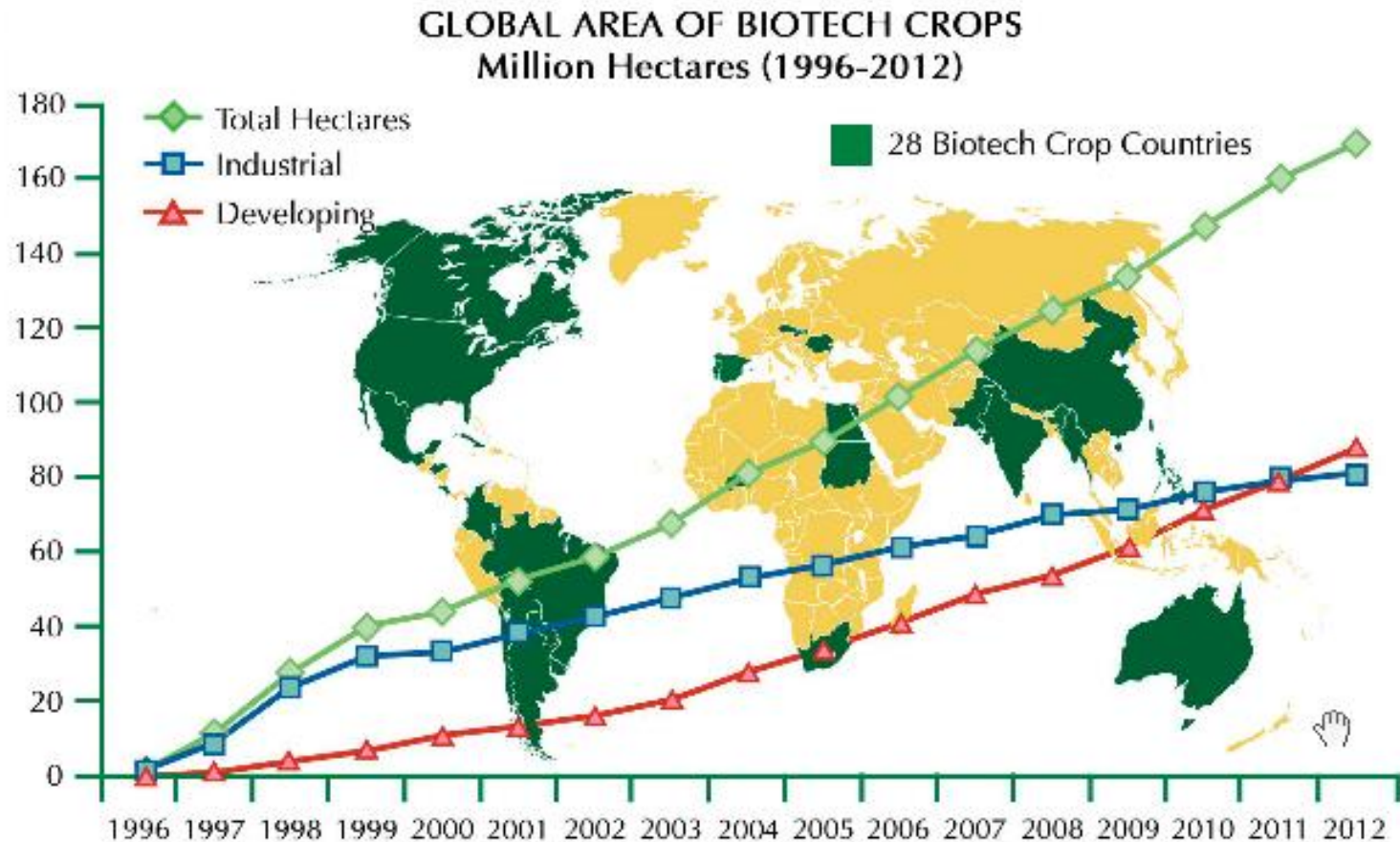
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΙΟΥΣ

2. μεταφορά πρώιμων γονιδίων σε καπνό, τομάτα και ζαχαρότευτλα



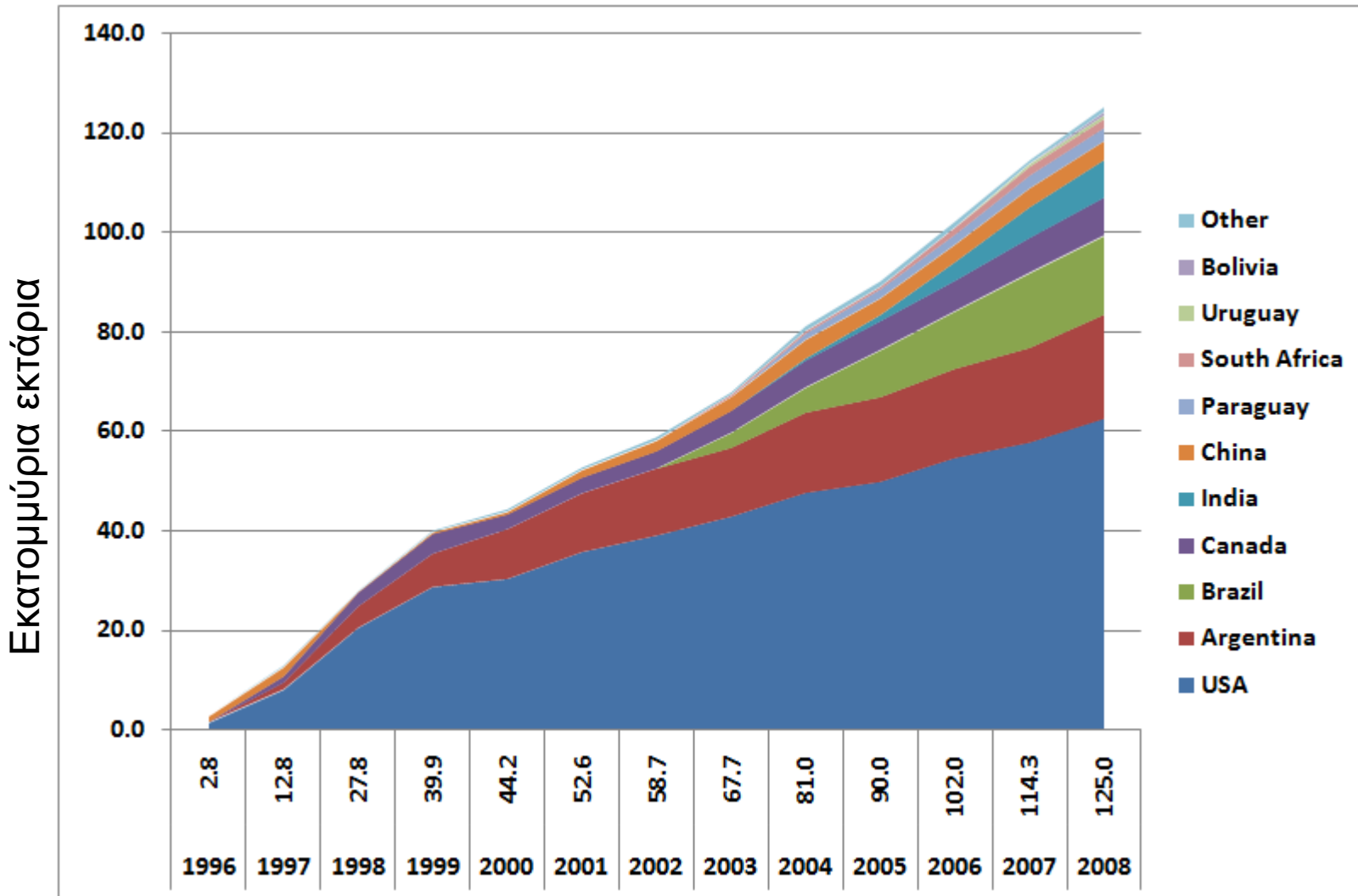
φυτικό κύτταρο

Καλλιεργούμενες εκτάσεις με διαγονιδιακά φυτά



A record 17.3 million farmers, in 28 countries, planted 170.3 million hectares (420 million acres) in 2012, a sustained increase of 6% or 10.3 million hectares (25 million acres) over 2011.

Η εξέλιξη της καλλιέργειας ΓΤΦ παγκόσμια



Περισσότερα από 50 προϊόντα βιοτεχνολογίας έχουν εγκριθεί για εμπορική χρήση στις ΗΠΑ

- Ελαιοκράμβη
- Καλαμπόκι
- Βαμβάκι
- Παπάγια
- Πατάτα
- Σόγια
- Κολοκύθι
- Ζαχαρότευτλα
- Γλυκό καλαμπόκι
- Τομάτα

Αναμενόμενα προϊόντα

- Τομάτες πλουσιότερες σε αντιοξειδωτικές ουσίες
- Σόγια και ελαιοκράμβη με λάδι πλουσιότερο σε βιταμίνη E
- Ρύζι πλουσιότερο σε βιταμίνες
- Καφές χωρίς καφεΐνη



Αναμενόμενα προϊόντα

- Μπανάνες με εμβόλιο ηπατίτιδας
- Μήλα που θα προστατεύουν από ιούς του αναπνευστικού
- Πατάτες που θα προστατεύουν από χολέρα, E. coli και τον ιό Norwalk

