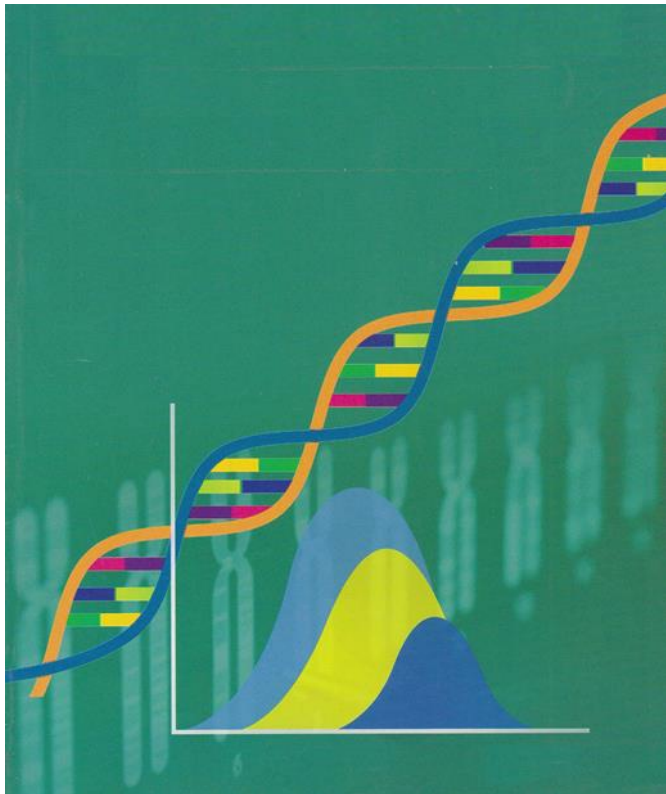


# ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ & ΕΞΕΛΙΞΗ



Η εξέλιξη των ποσοτικών γνωρισμάτων

- 3
- Σύστημα αναπαραγωγής και εξέλιξη
  - Τεχνητή επιλογή

*Ιωάννης Τοκατλίδης*



# **Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ**

# ΣΤΑΥΡΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ (100%)



**ΟΜΟΜΕΙΣΙΑ**





Δίουκο

(*Actinidia chinensis*)

ΣΤΑΥΡΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ  
(100%)



Μόνοικο-  
δικλινές

(*Zea mays*)

ΣΤΑΥΡΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ  
(κυρίως)



Μόνοικο-  
μονοκλινές

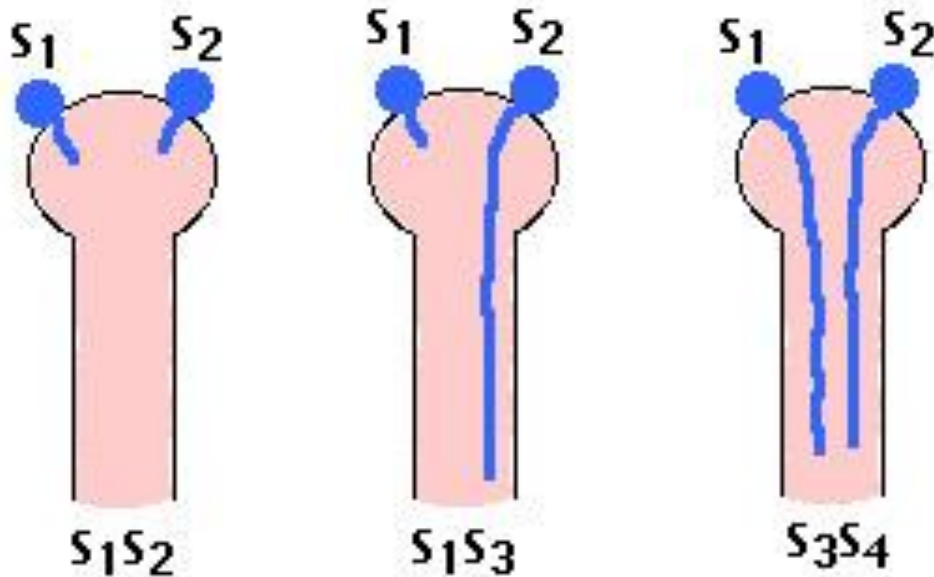
(*Triticum aestivum*)

ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ  
(κυρίως)

# Γαμετοφυτικό αυτο-ασυμβίβαστο

Ασυμβίβαστο στα φυτά:  $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots, S_n$

γυρεόκοικοι ενός  $S_1S_2$  φυτού



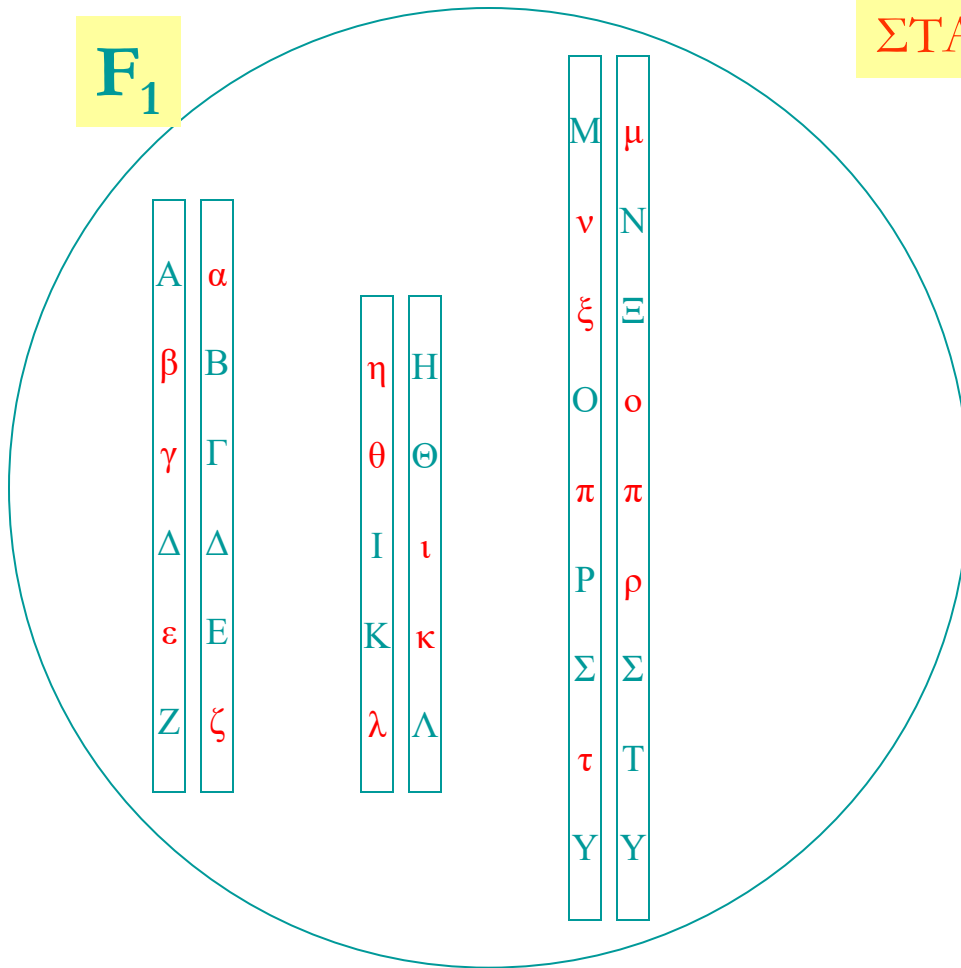
γονότυποι επικονιαζόμενων φυτών

Το αυτο-ασυμβίβαστο καθιστά την σταυρογονιμοποίηση υποχρεωτική

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ:

- Επηρεάζει το σύστημα αναπαραγωγής τη γενετική εξέλιξη?
- Σε τι διαφορές μπορεί να συνέβαλλε το σύστημα αναπαραγωγής στην εξέλιξη του ανθρώπου σε σχέση με αυτή των άγριων ζωικών ειδών?
- Σε τι μπορεί να διαφέρει η εξέλιξη των φυτικών σε σχέση με τους ζωικούς οργανισμούς ?
- Ποιοι λόγοι ‘επέβαλλαν’ το αυτο-ασυμβίβαστο στα φυτά ?
- Σε τι μπορεί να διαφέρει η εξέλιξη των αυτογονιμοποιούμενων σε σχέση με τα σταυρογονιμοποιούμενα είδη φυτών?

# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ



## ΣΤΑΥΡΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

ππ → εκφυλισμός

Aα, Ββ, Γγ, Εε, .....

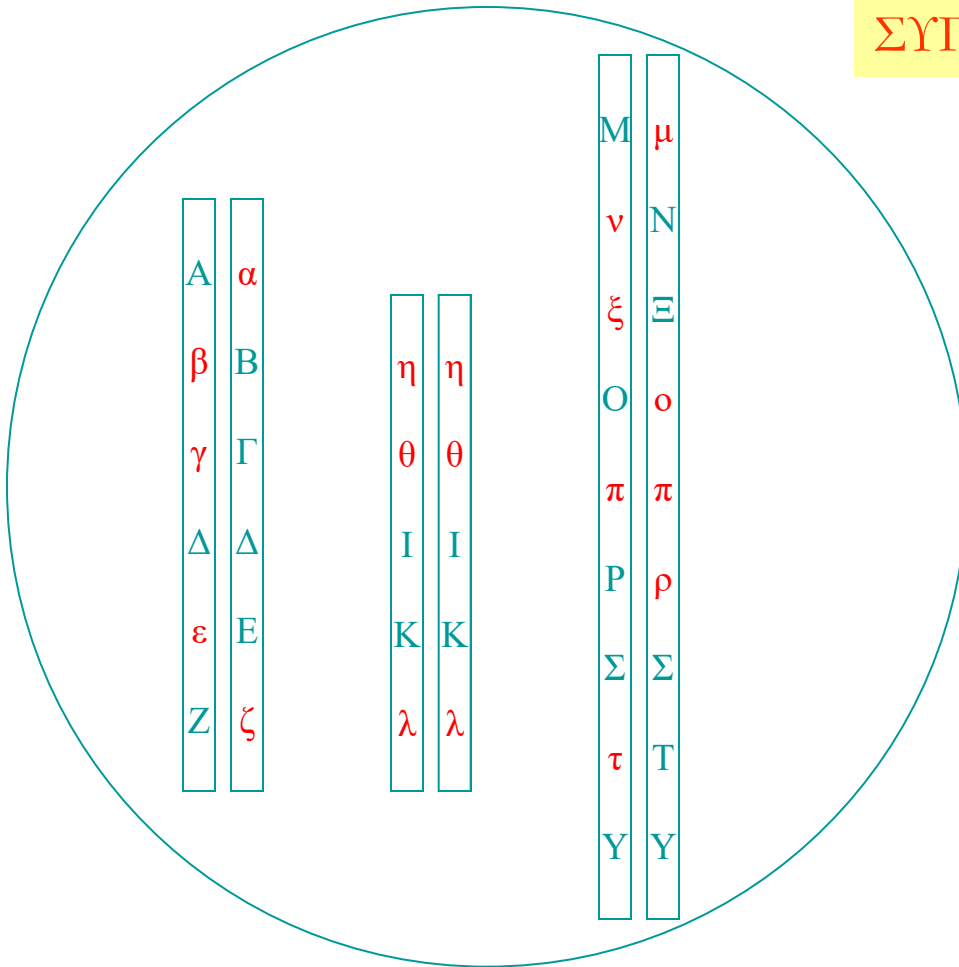
↓  
'απόκρυψη εκφυλισμού'

Η σταυρογονιμοποίηση  
ευνοεί τη διατήρηση  
εκφυλιστικών γονιδίων

ΕΤΕΡΩΤΙΚΗ ΥΠΕΡΟΧΗ

# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

## ΣΥΓΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



ππ } → εκφυλισμός  
ηη }  
θθ }  
λλ }

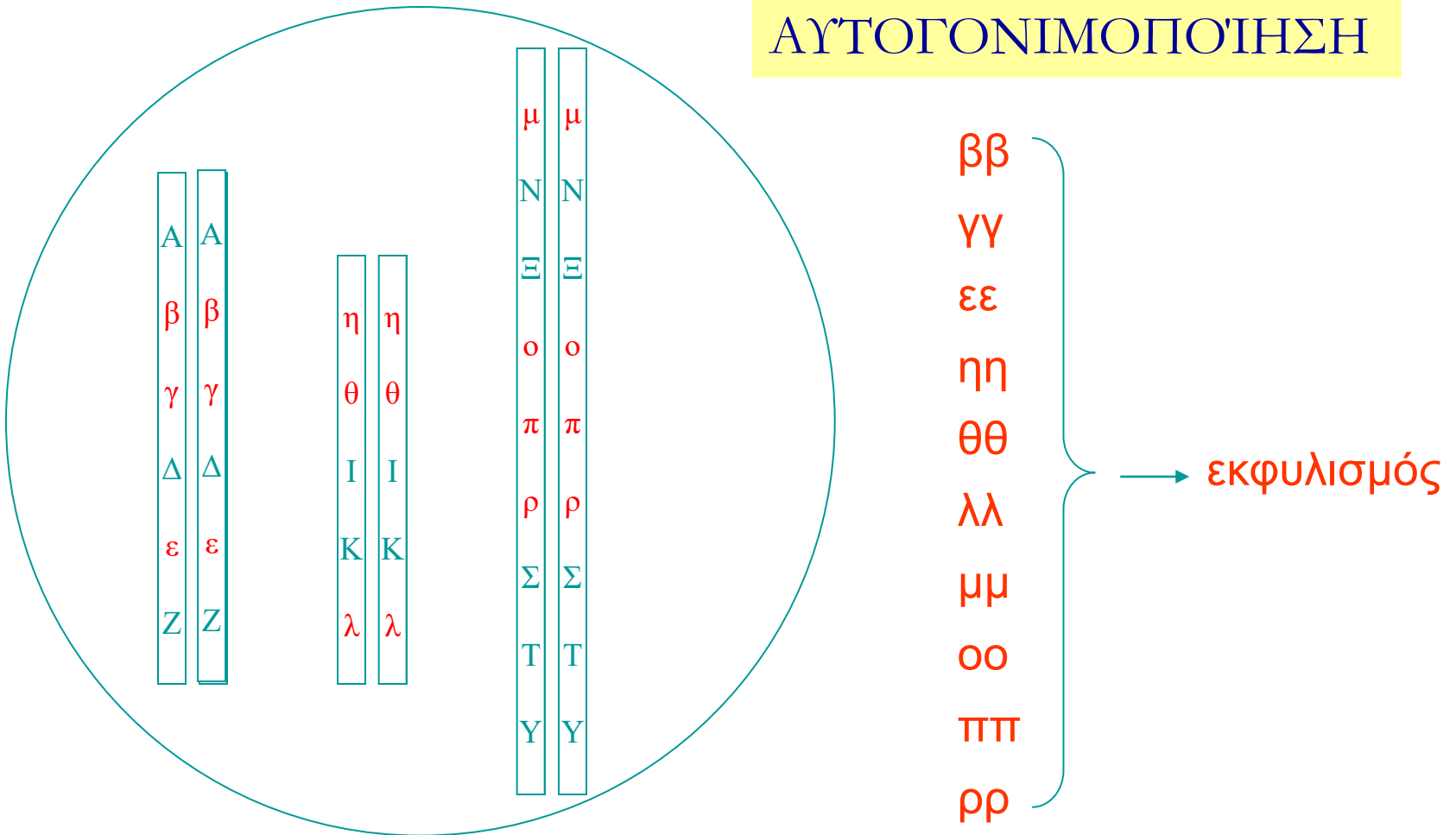
Η συγγενική αναπαραγωγή επιτρέπει την έκφραση εκφυλιστικών γονιδίων

Η ΟΜΟΜΕΙΞΙΑ ΕΠΙΦΕΡΕΙ ΕΚΦΥΛΙΣΜΟ



# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

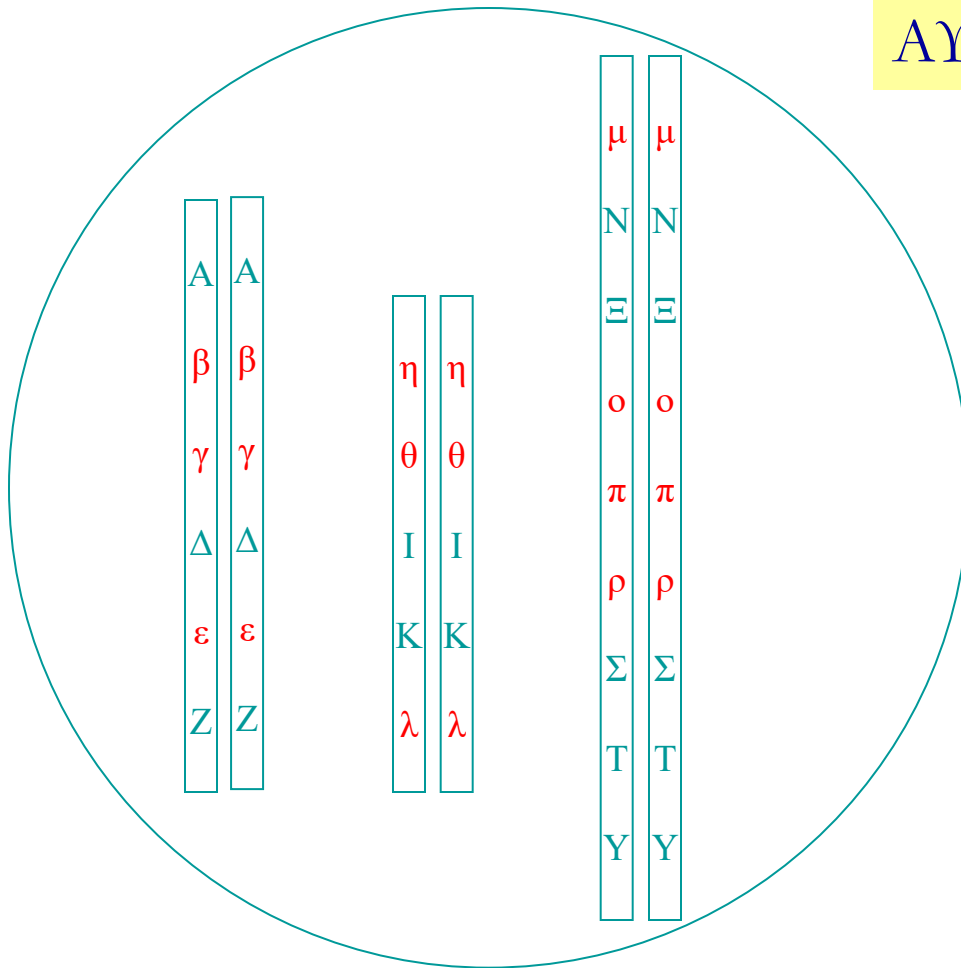
## ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ



Η ΟΜΟΖΥΓΩΤΙΑ ΕΝΤΕΙΝΕΙ ΤΟΝ ΕΚΦΥΛΙΣΜΟ

# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

## ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ



Άτομα που εκφράζουν εκφυλιστικά γονίδια δεν επιβιώνουν ή συμβάλλουν λιγότερο στις επόμενες γενεές

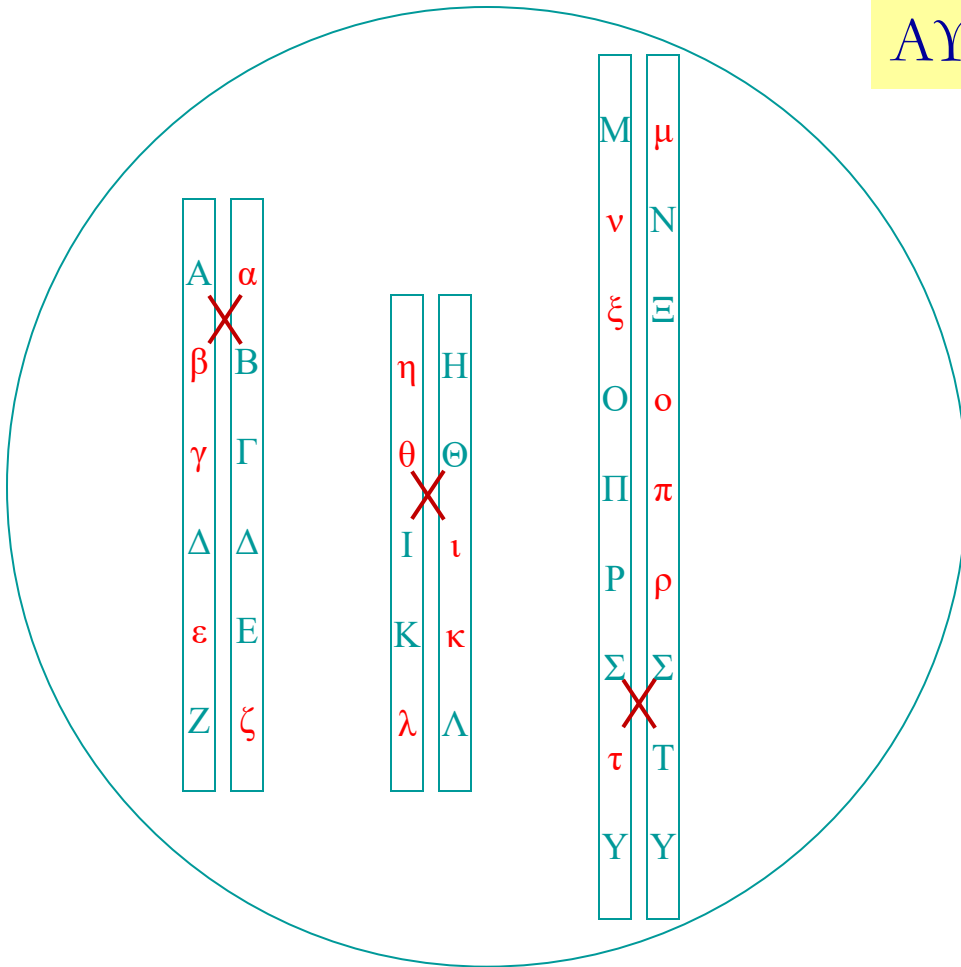


μείωση συχνότητας εκφυλιστικών γονιδίων

Η ΟΜΟΖΥΓΩΤΙΑ ΕΝΤΕΙΝΕΙ ΤΟΝ ΕΚΦΥΛΙΣΜΟ

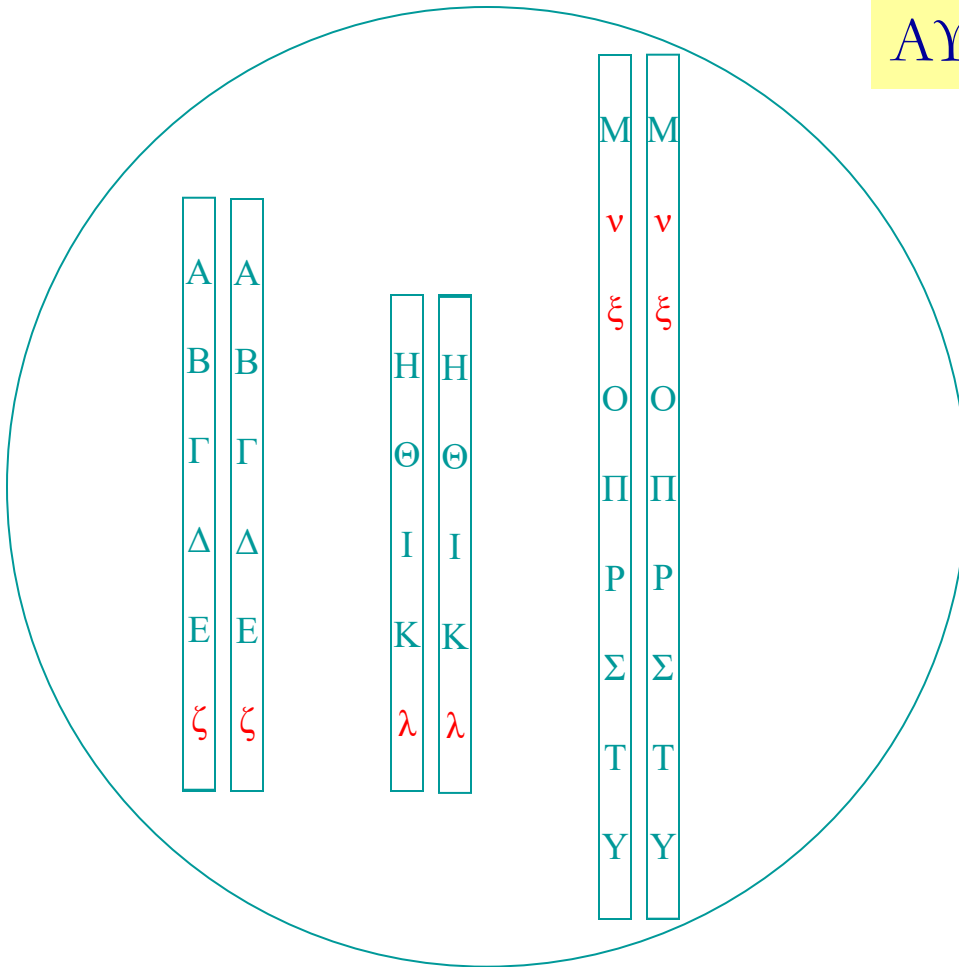
# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

## ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ



# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

## ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ



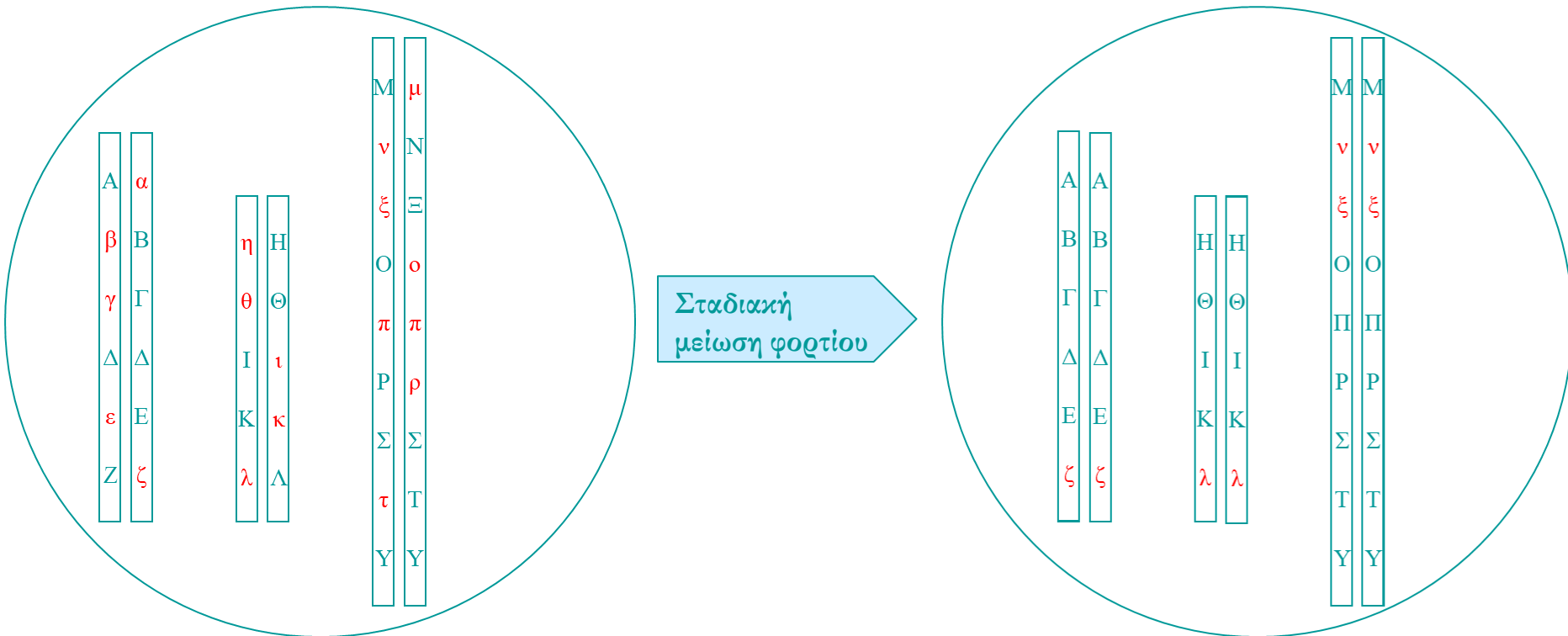
Ο ανασυνδυασμός μέσω χιασμάτων φέρει σε ομοζυγωτία ευνοϊκά αλληλόμορφα



αναβάθμιση  
γενετικού υλικού

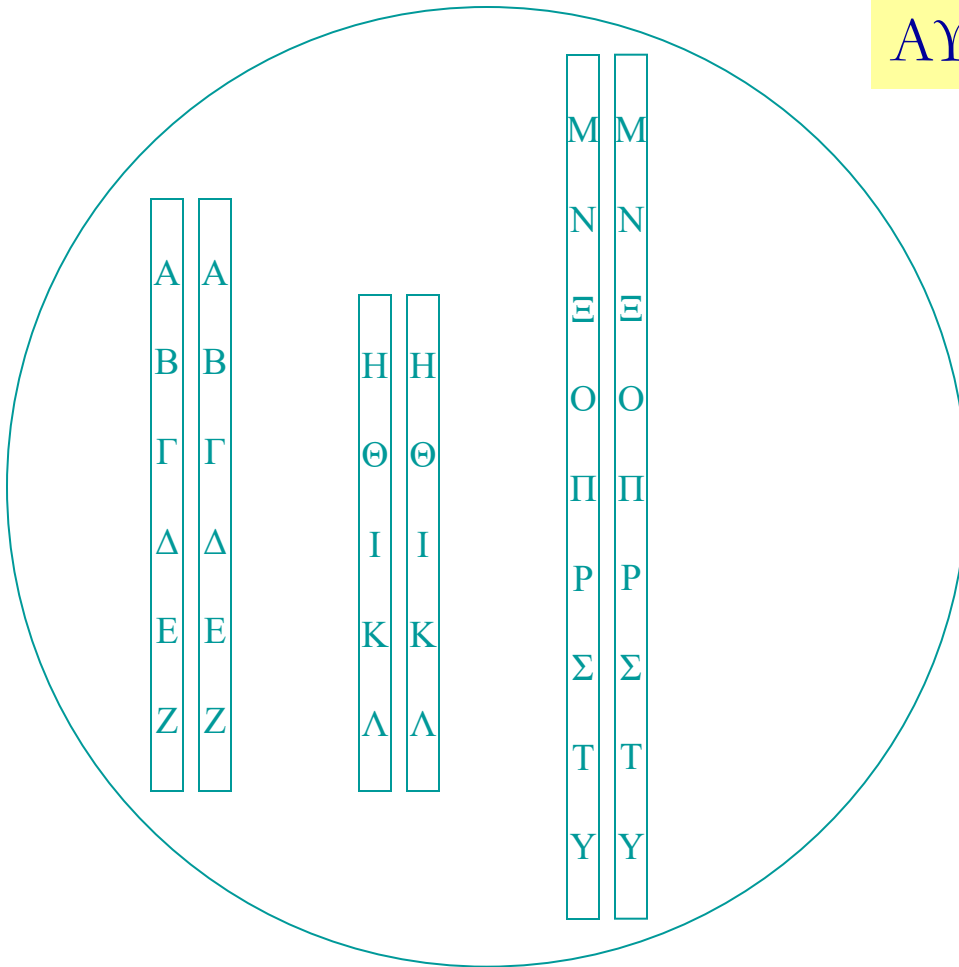
# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

## ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ



# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

## ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ



ΟΜΟΖΥΓΩΤΙΚΗ ΥΠΕΡΟΧΗ

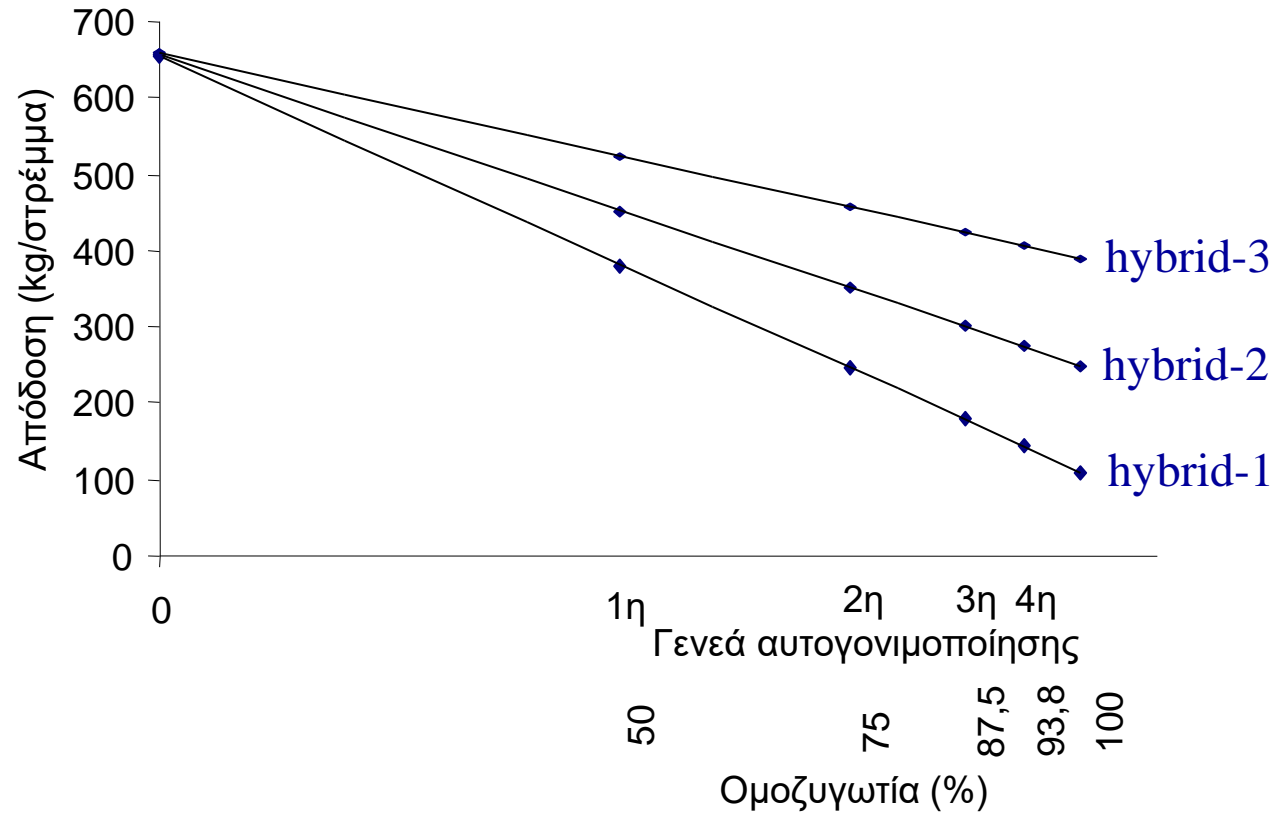
Σε βάθος χρόνου ο ανασυνδυασμός μέσω χιασμάτων φέρει σε ομοζυγωτία όλα τα ευνοϊκά αλληλόμορφα



Απάλειψη φορτίου εκφυλιστικών γονιδίων

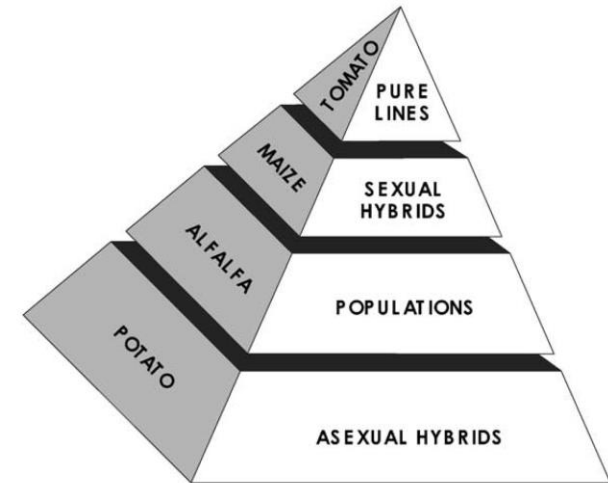
# Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΩΝ ΓΟΝΙΔΙΩΝ

## ΟΜΟΖΥΓΩΤΙΚΟΣ ΕΚΦΥΛΙΣΜΟΣ 3 ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ



# Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΩΝ ΓΟΝΙΔΙΩΝ

Η πυραμίδα εξέλιξης των καλλιεργούμενων φυτών



*Fasoulas, 1988*

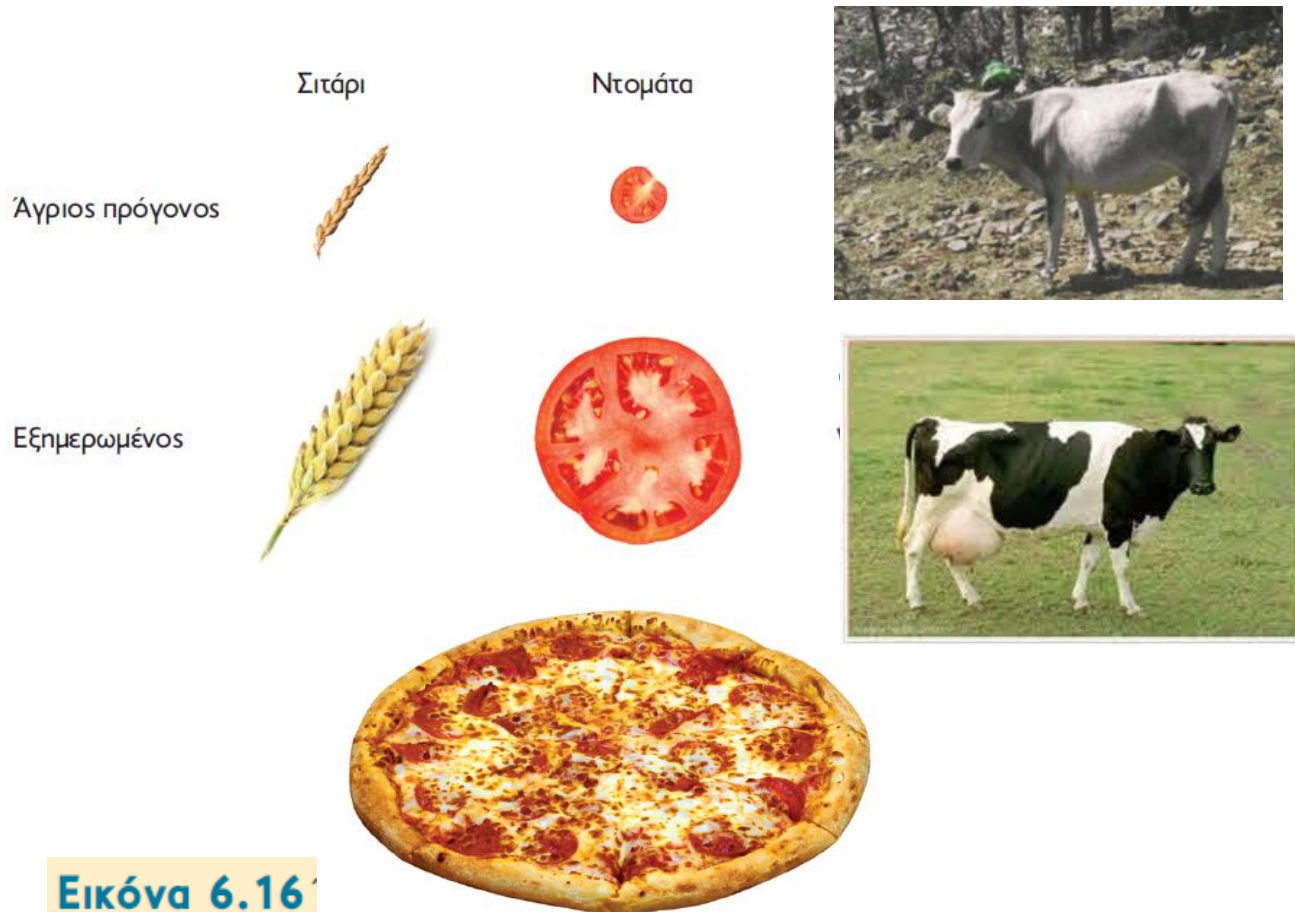


# ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

- Το σύστημα αναπαραγωγής παίζει καταλυτικό ρόλο στην εξέλιξη των ειδών
- Εκφυλιστικά γονίδια εκφράζονται κυρίως με συγγενική αναπαραγωγή
- Η ετέρωση μέσω σταυρογονιμοποίησης λειτουργεί ως «δούρειος ίππος» των εκφυλιστικών γονιδίων
- Η αυτογονιμοποίηση επιφέρει ομοζυγωτικό εκφυλισμό και εξελικτική υστέρηση των γονοτύπων με μεγάλο φορτίο εκφυλιστικών γονιδίων (μικρή αναπαραγωγική ικανότητα)
- Η αυτογονιμοποίηση σταδιακά εξαλείφει το φορτίο των εκφυλιστικών γονιδίων και σε βάθος χρόνου αναβαθμίζει το γενετικό υλικό
- Τα αυτογονιμοποιούμενα (ετήσια) φυτά είναι απαλλαγμένα εκφυλιστικών γονιδίων

# ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

# ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΖΩΩΝ



Εικόνα 6.16

Η τεχνητή επιλογή συνέβαλλε στην βελτίωση φυτών και ζώων ώστε να παράγουν καλύτερης ποιότητας προϊόντα & σε μεγαλύτερες ποσότητες

**Wild  
rice**



**Modern  
Cultivated  
rice**



Science 277:1063 (1997)

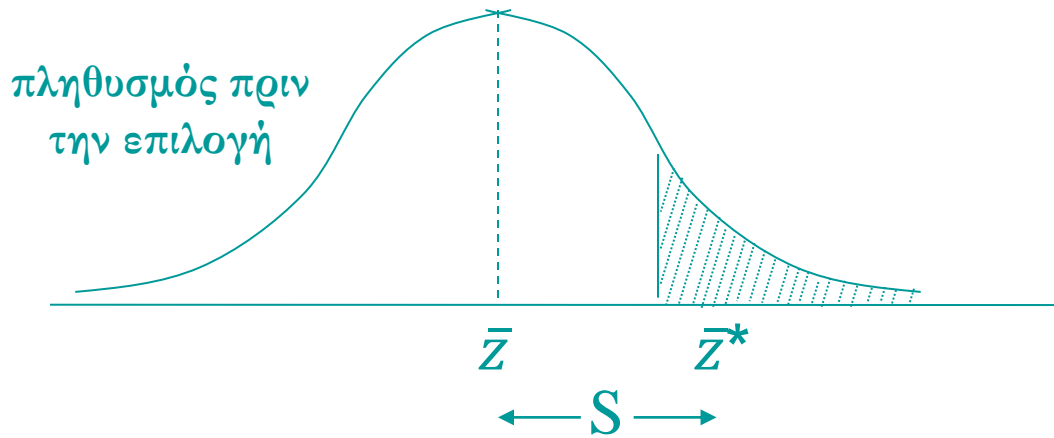
*Τεχνητή επιλογή είναι ο χειρισμός της βιοποικιλότητας ενός είδους, με ανθρώπινη παρέμβαση στη μεταβίβαση των γονιδίων από γενεά σε γενεά, που αποτελεί παράγοντα **τεχνητής εξέλιξης**.*



**ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ**

**ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΖΩΩΝ**

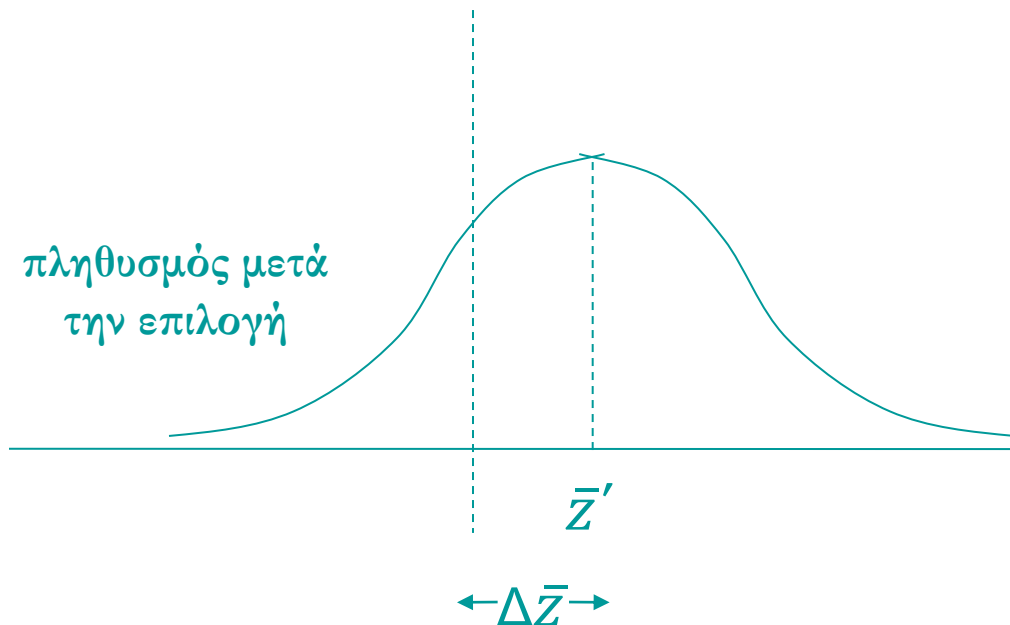
# ΔΥΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ



Διαφορικό επιλογής (S):

$$S = \bar{z}^* - \bar{z}$$

$$S = P\beta$$



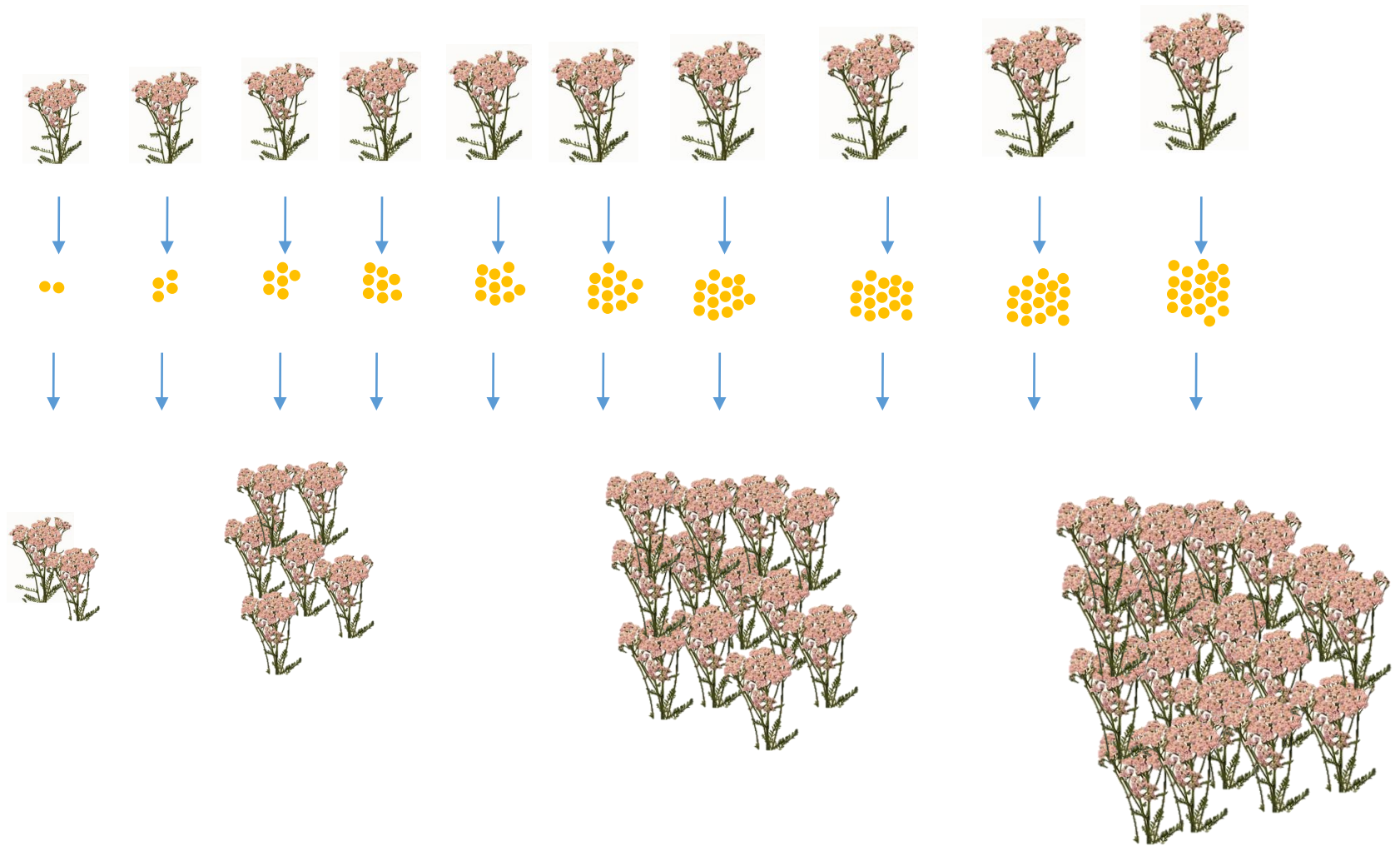
Εξελικτική μεταβολή:

$$\Delta\bar{z} = \bar{z}' - \bar{z}$$

$$\Delta\bar{z} = H^2 S$$

$$\Delta\bar{z} = H^2 P\beta$$

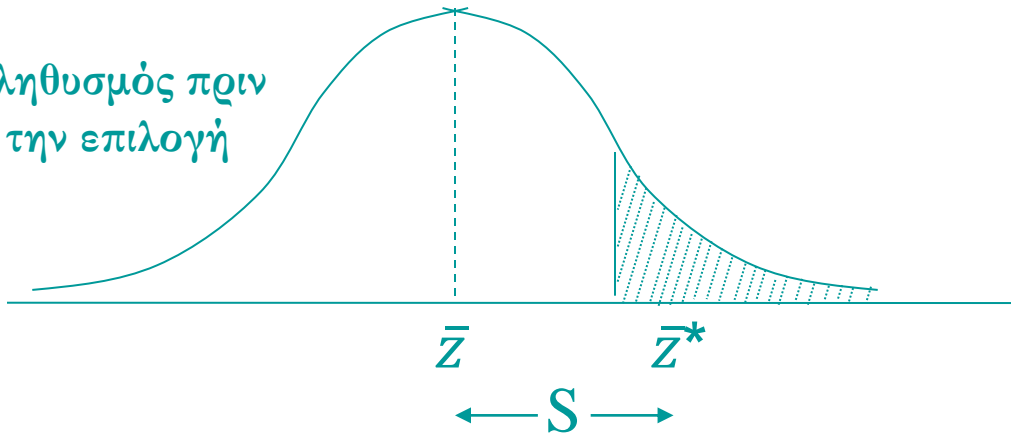
# ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ





# ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

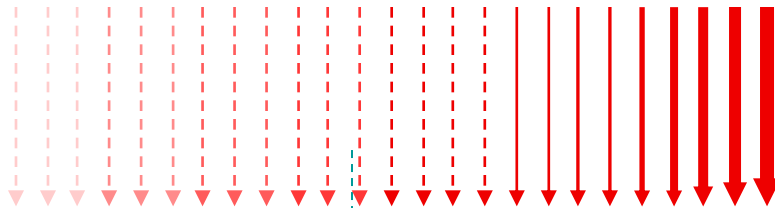
πληθυσμός πριν  
την επιλογή



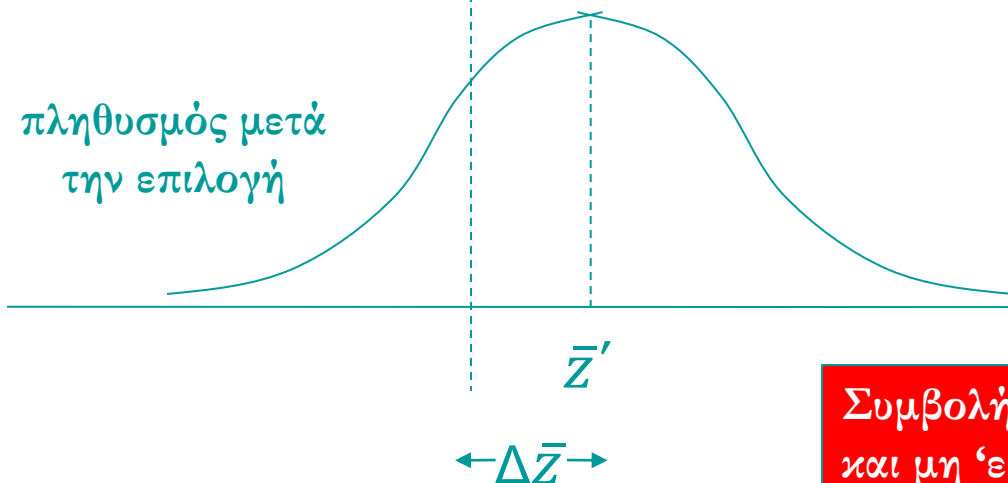
Διαφορικό επιλογής (S):

$$S = \bar{z}^* - \bar{z}$$

$$S = P\beta$$



πληθυσμός μετά  
την επιλογή



Εξελικτική μεταβολή:

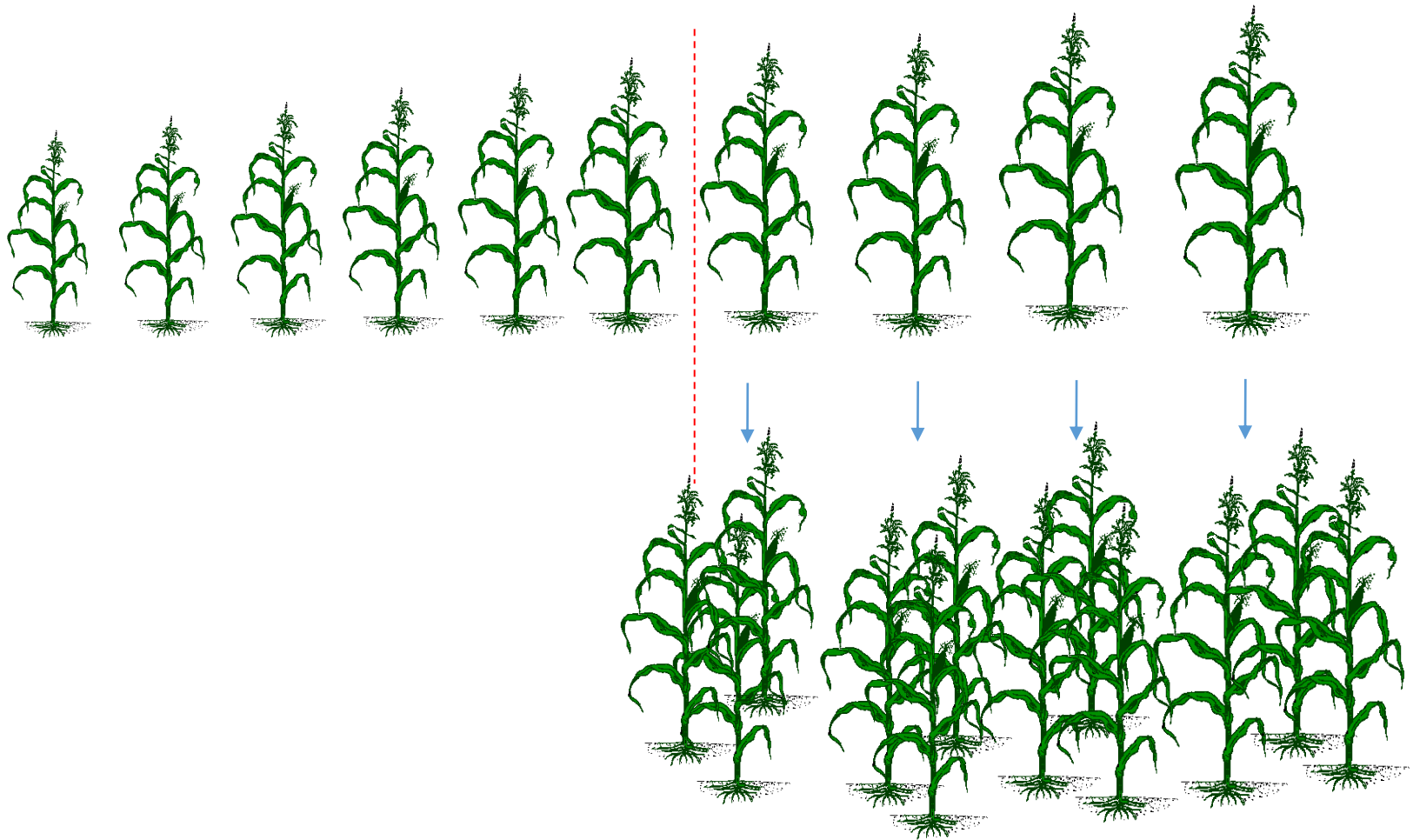
$$\Delta\bar{z} = \bar{z}' - \bar{z}$$

$$\Delta\bar{z} = H^2 S$$

$$\Delta\bar{z} = H^2 P\beta$$

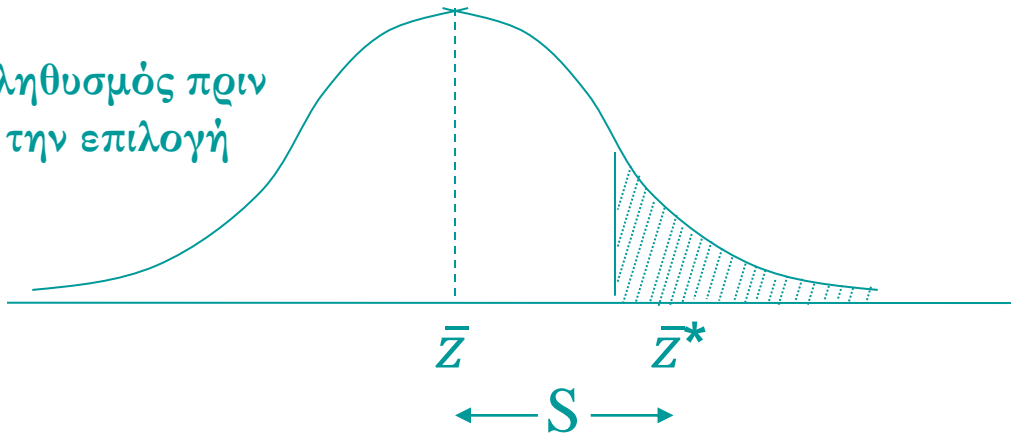
Συμβολή στην επόμενη γενεά έχουν  
και μη 'επιλεγόμενοι' γονότυποι

# ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ



# ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

πληθυσμός πριν  
την επιλογή

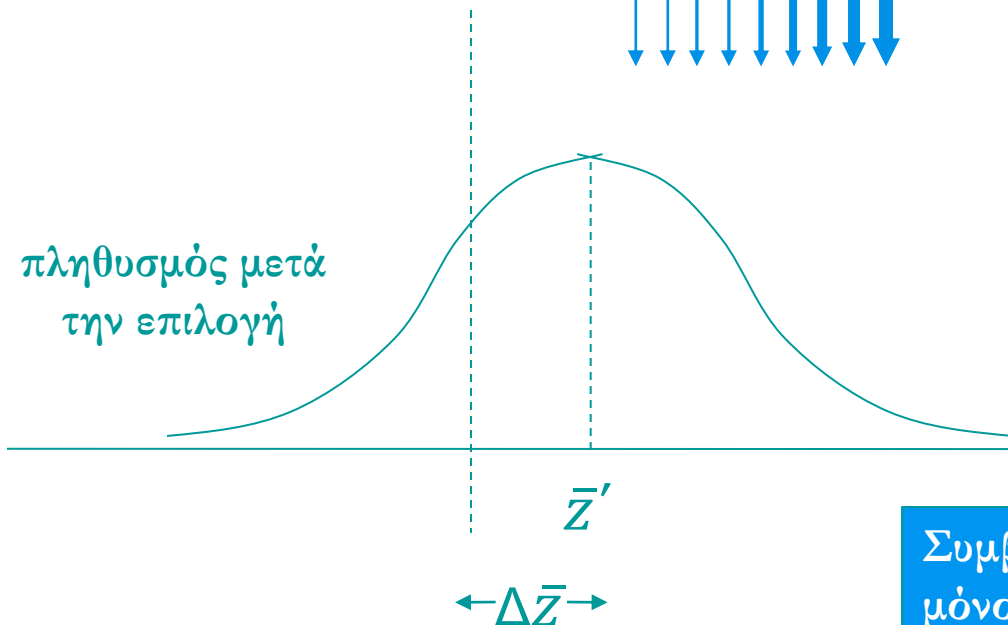


Διαφορικό επιλογής (S):

$$S = \bar{z}^* - \bar{z}$$

$$S = P\beta$$

πληθυσμός μετά  
την επιλογή



Εξελικτική μεταβολή:

$$\Delta\bar{z} = \bar{z}' - \bar{z}$$

$$\Delta\bar{z} = H^2 S$$

$$\Delta\bar{z} = h^2 P_i$$

Συμβολή στην επόμενη γενεά έχουν  
μόνο επιλεγόμενοι γονότυποι

# ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

## ΕΠΙΒΙΩΣΗ

- δια-ειδικός & ενδο-ειδικός ανταγωνισμός
- φυσικές εισροές

επιλογή για ανταγωνιστική ικανότητα



Φυσικό οικοσύστημα

# ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

## ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ

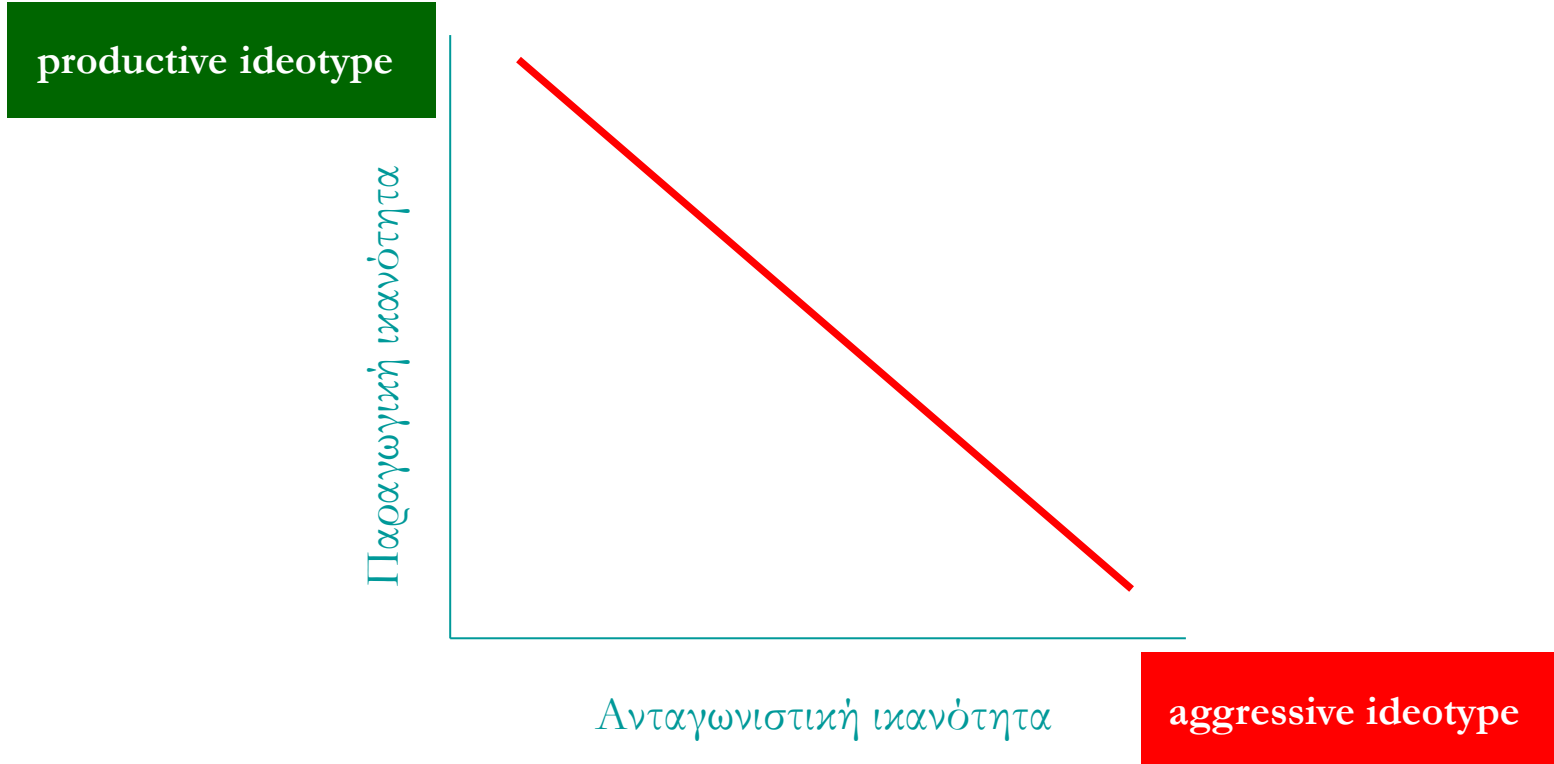
- αυτο-ανταγωνισμός
- φυσικές & προστιθέμενες εισροές

επιλογή για αποτελεσματικότητα χρήσης εισροών



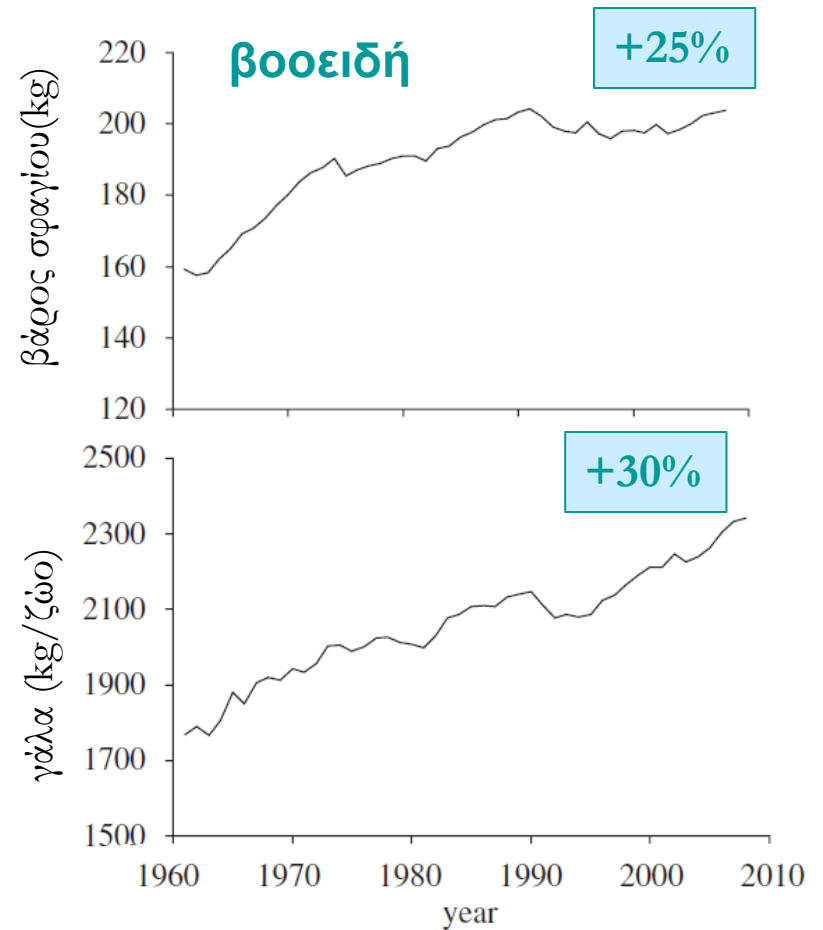
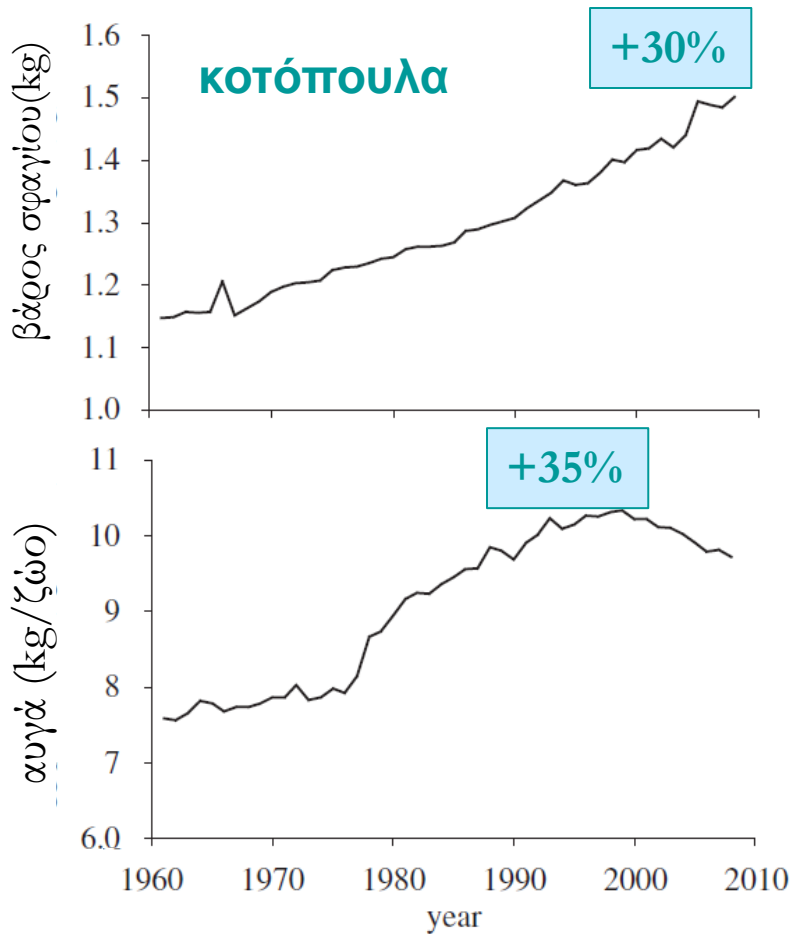
Αγρο-οικοσύστημα

## Αρνητική συσχέτιση παραγωγικής με ανταγωνιστική ικανότητα



Donald and Hamblin (1976); Sedgley (1991); Fasoulas (1993); Reynolds et al. (1994); Janick (1999); Pan et al. (2003); Chatzoglou and Tokatlidis (2012); Ninou et al. (2014)

Η ικανότητα ενός ατομικού φυτού να παράγει καρπό σχετίζεται αρνητικά με την ικανότητά του να ανταγωνίζεται άλλους γονότυπους



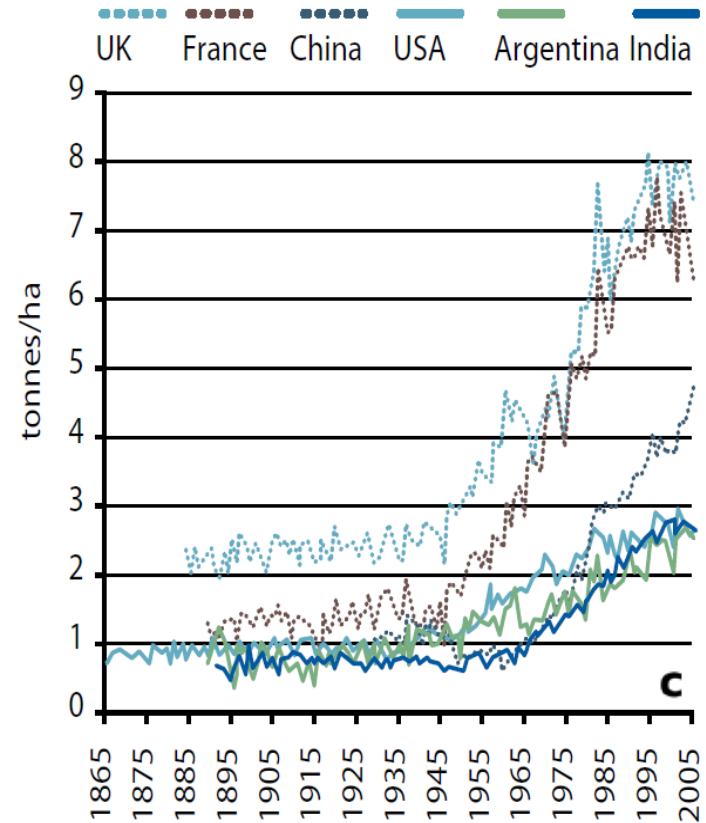
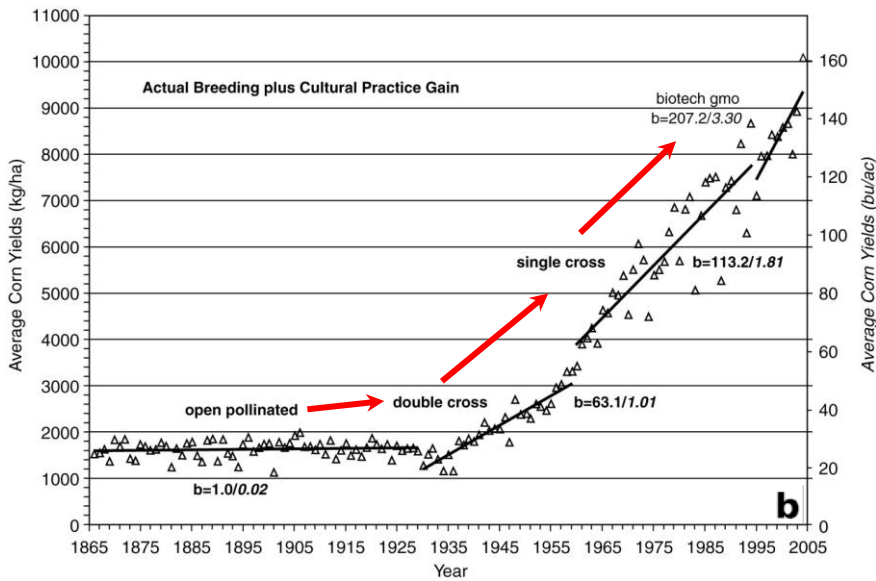
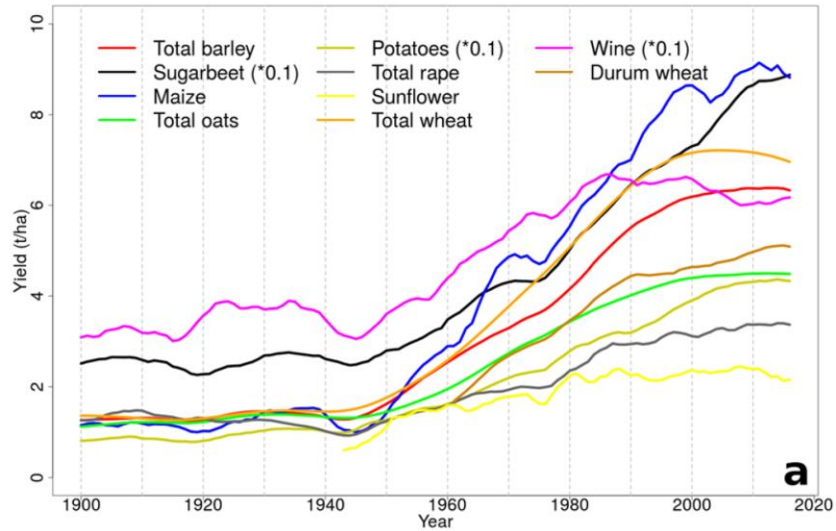
Η αύξηση της παραγωγικότητας κοτόπουλων και βοειδών σε κρέας, αυγά και γάλα οφείλεται κυρίως στην τεχνητή επιλογή για τη δημιουργία νέων φυλών για τα γνωρίσματα αυτά



# GREEN REVOLUTION

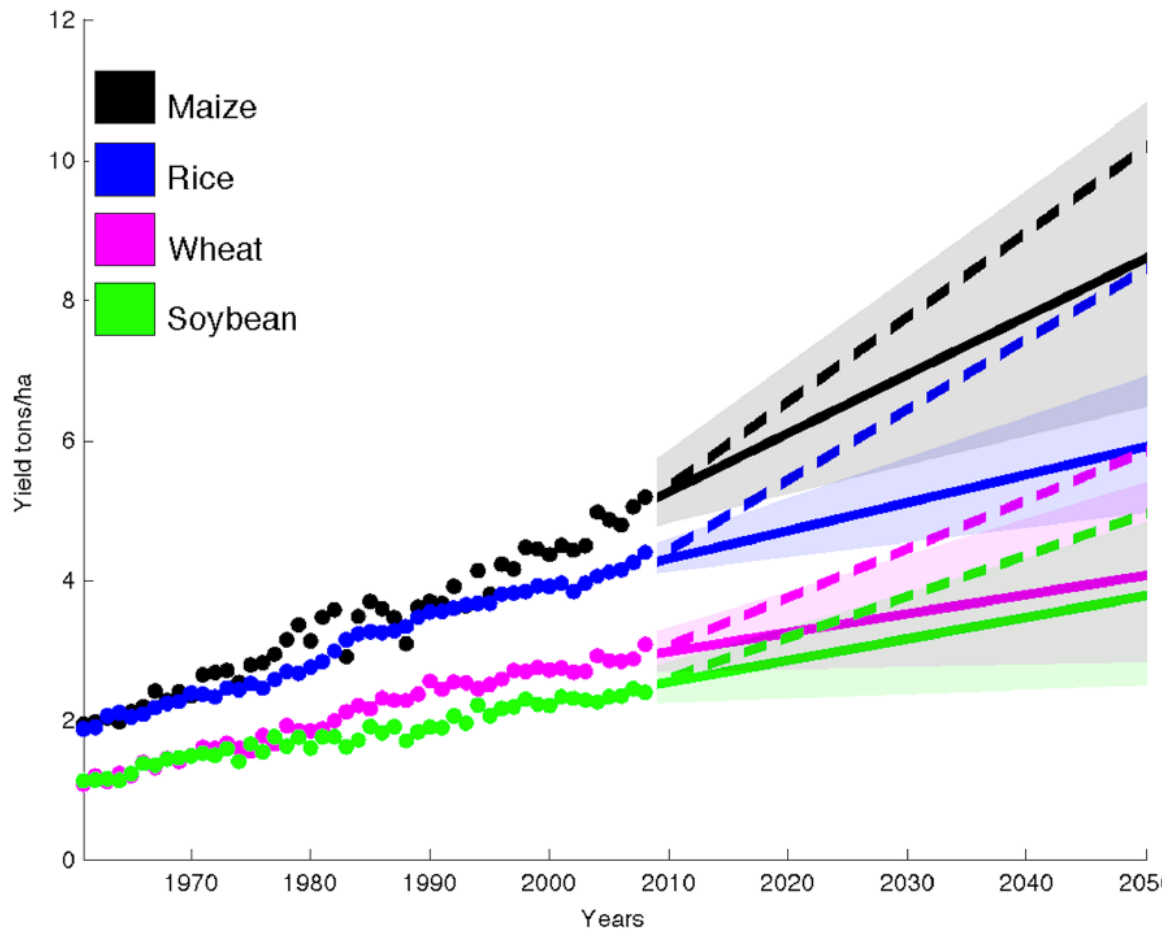
Norman Borlaug (1914-2009)

**Nobel Peace Prize (1970)**



Η αυξητική τάση στην παραγωγικότητα διάφορων καλλιεργειών στη Γαλλία (a), του καλαμποκιού στις ΗΠΑ (b) και του σιταριού (c) είναι αποτέλεσμα κυρίως της γενετικής τους βελτίωσης μέσω τεχνητής επιλογής



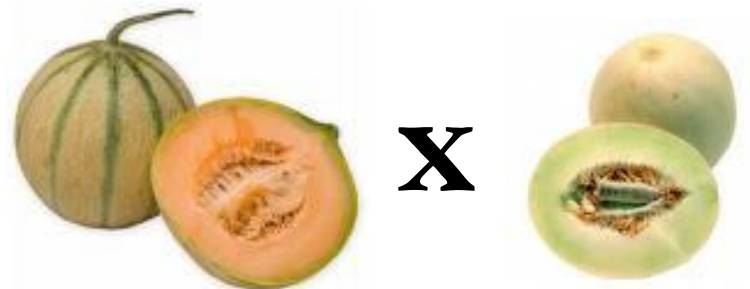
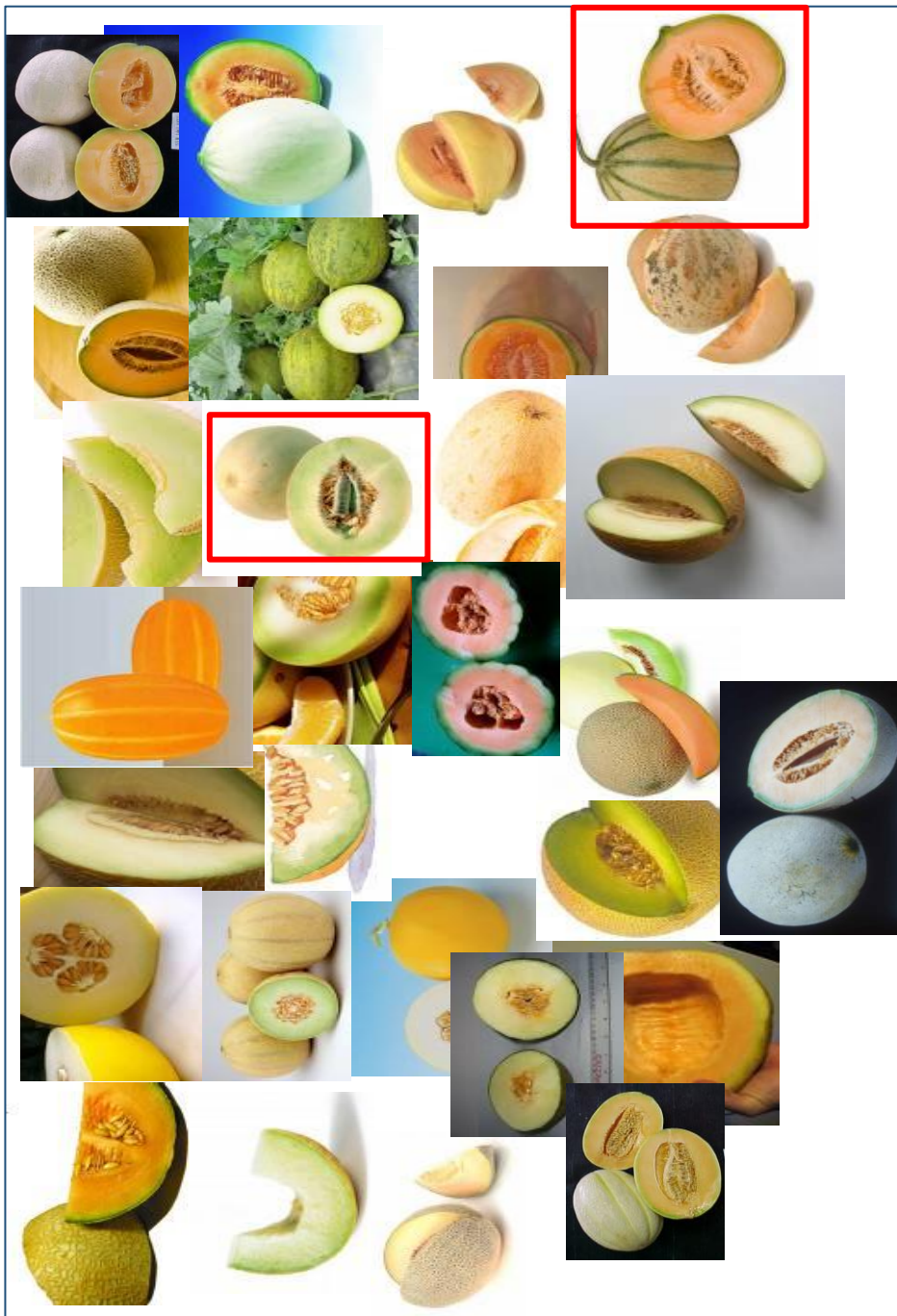


Ray et al., 2013, Plos One

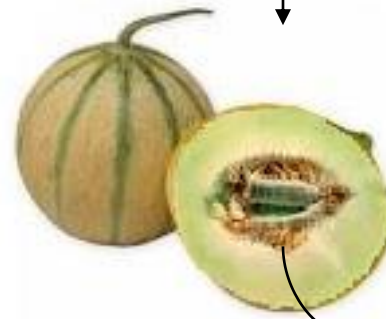
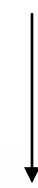


Ο παγκόσμιος ρυθμός αύξησης της παραγωγικότητας 4 μείζονος σημασίας καλλιεργειών (συνεχείς γραμμές) δεν επαρκεί για τις προσδοκώμενες ανάγκες σε συνολικά τρόφιμα το 2050 (οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τον αναγκαίο ρυθμό αύξησης) (από)

# ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ



**X**



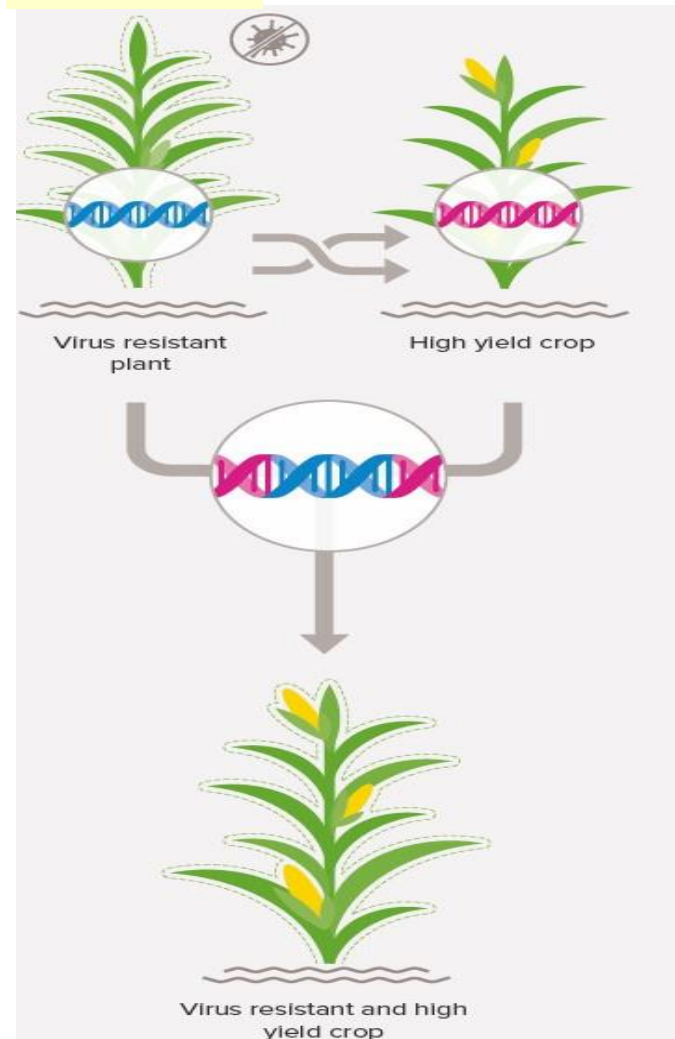
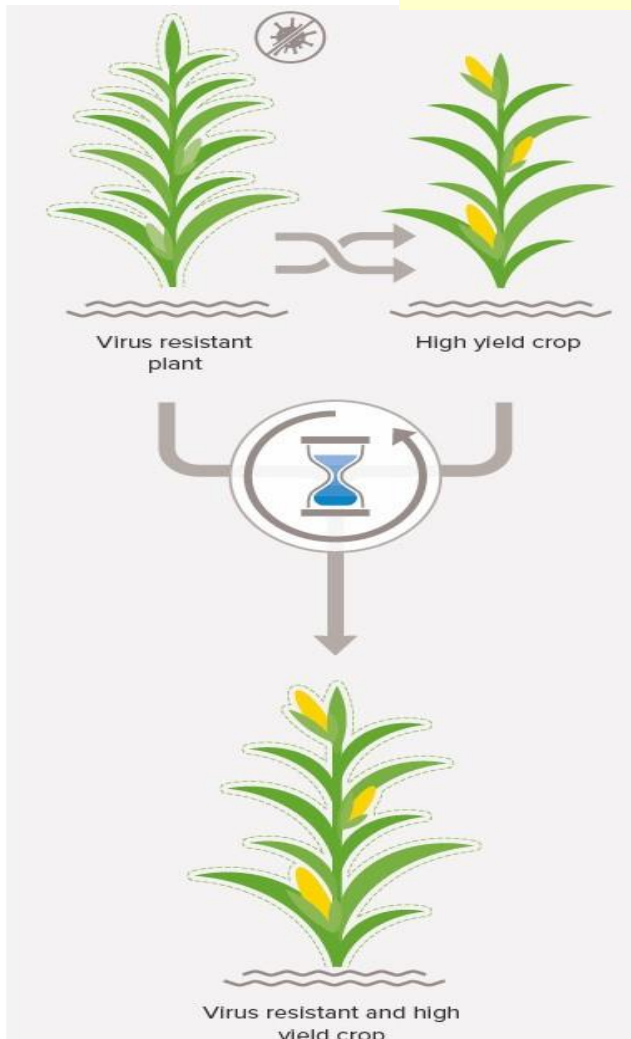
*νέα ποικιλία*



# ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ

Κλασική

Μοριακή



# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

## 0. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ/ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΘΥΜΗΤΩΝ ΓΟΝΟΤΥΠΩΝ



(διαδοχικές γενεές)

2-6. ΑΠΟΓΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΟΝΟΤΥΠΩΝ



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ



*ΕΓΓΡΑΦΗ ΝΕΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΣΤΟΝ ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΚΑΤΑΛΟΓΟ*

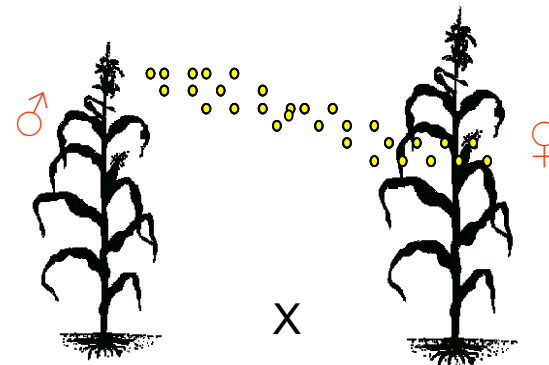
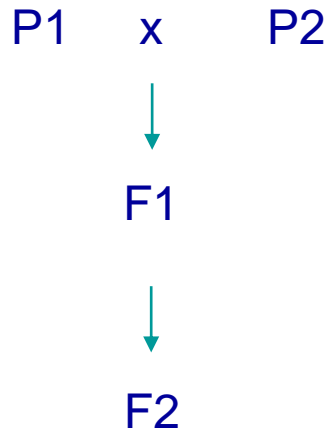
## ➤ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

**Φυσικοί πληθυσμοί:**

(τοπικές ποικιλίες που αποτελούν προϊόν «φυσικής» εξέλιξης)

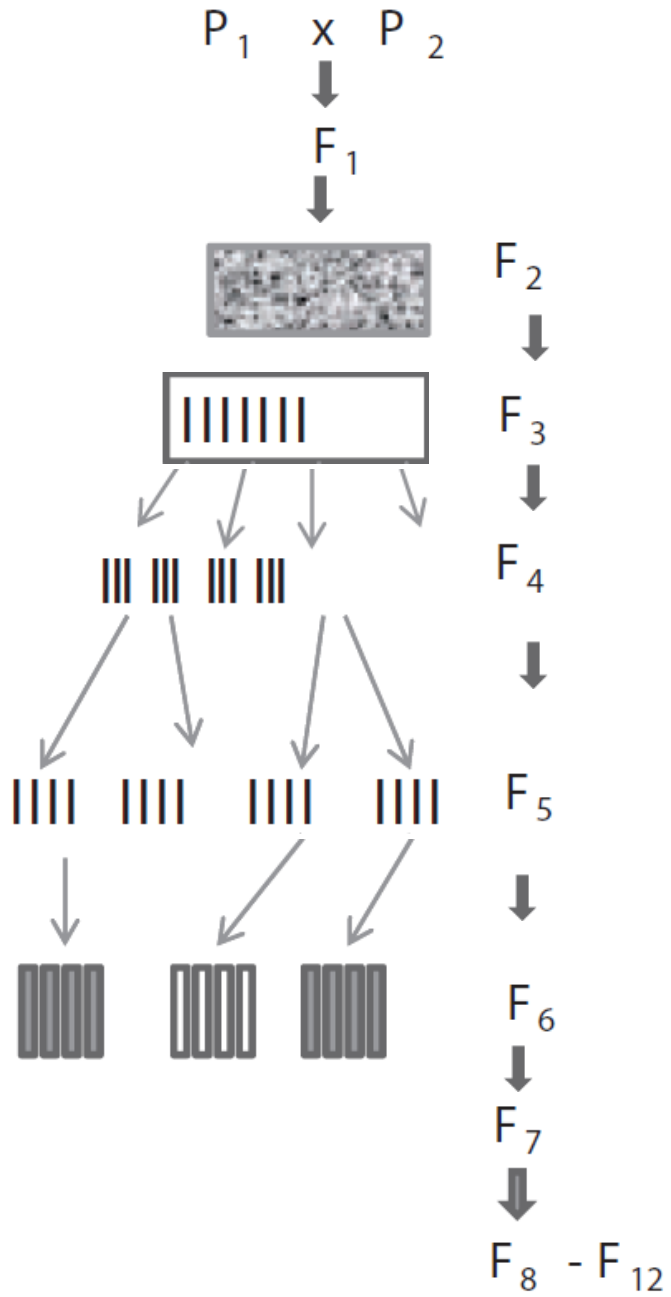
## ➤ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

**Τεχνητές διασταυρώσεις:**



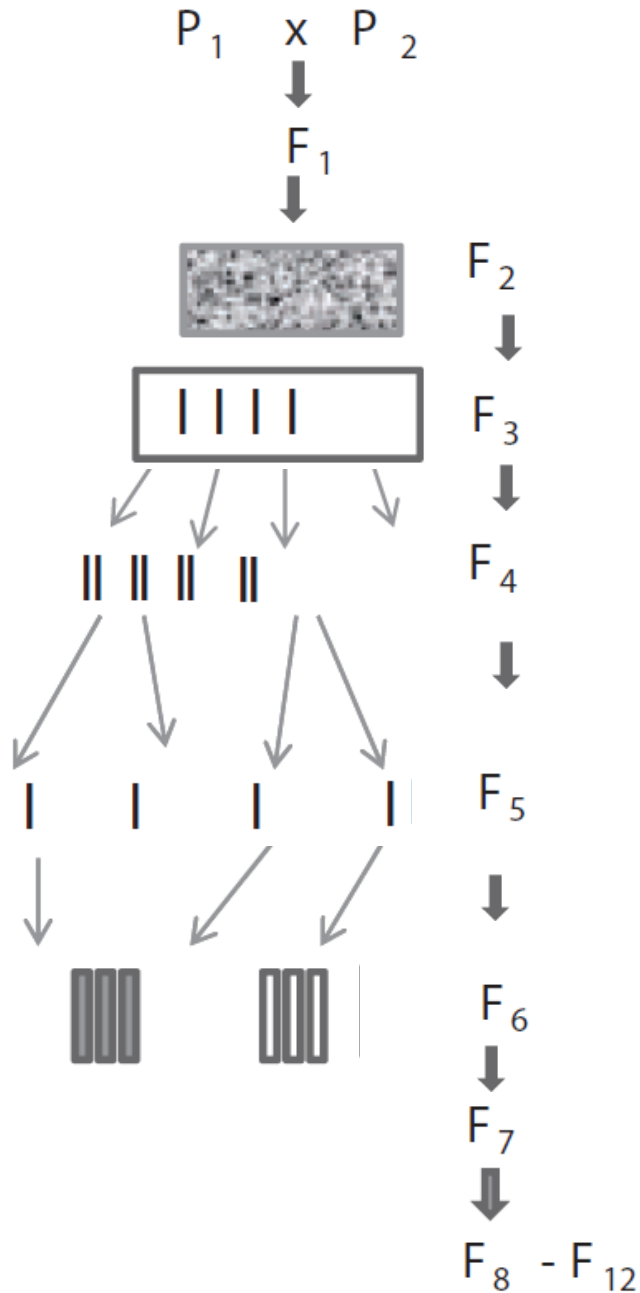
F2 ( $3^{10}$  γονότυποι)

# ΤΟ ΤΥΠΙΚΟ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ



# ΤΟ ΤΥΠΙΚΟ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

## ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ



Εντοπισμός επιθυμητών γονοτύπων

Αύξηση αποτελεσματικότητας επιλογής

Επιτάχυνση διαδικασίας

Μείωση κόστους



# ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

καθαρή σειρά:



AABBΓΔΔΕΕΖΖ



AABBΓΔΔΕΕΖΖ

ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ  
ΕΪΔΗ

υβρίδιο:



καθαρή σειρά Β  
(ααBBγγΔΔεεΖΖ)

X



καθαρή σειρά Α  
(ΑΑββΓΓδδΕΕεεΖΖ)



απλό υβρίδιο ΑxB  
(ΑαBβΓγΔδEεΖζ)



$3^{10} = 59049$   
ΓΕΝΟΤΥΠΟΙ

# ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ vs ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

Στην τεχνητή επιλογή συμβολή στις επόμενες γενεές έχουν **μόνο** οι επιλεγόμενοι γονότυποι ενώ στη φυσική επιλογή και μη επιλεγόμενοι

Η τεχνητή επιλογή συγκριτικά με τη φυσική επιλογή επιφέρει δραστικότερη και ταχύτερη κατευθύνουσα εξέλιξη

Η ανταγωνιστική και παραγωγική ικανότητα είναι ποσοτικά γνωρίσματα που συνδέονται αρνητικά καθιστώντας διαφορετικό τον βέλτιστο γονότυπο για φυσική και τεχνητή επιλογή

Η φυσική επιλογή αποσκοπεί στην επιβίωση σε ανταγωνιστικό περιβάλλον και δίνει έμφαση σε γονότυπους με ανταγωνιστική ικανότητα.

Η τεχνητή επιλογή έχει ως στόχο την υψηλή παραγωγικότητα σε συνδυασμό με άλλο χρηστικής αξίας γνώρισμα και ο βέλτιστος γονότυπος δεν συνδέεται με ανταγωνιστική ικανότητα