

ON AIR

**Μάθημα [299]: Μοριακή Βιολογία Ανάπτυξης &
Καταπονήσεων Φυτών
Εξάμηνο 7^ο - Χειμερινό**

Επιλογή Συγγράμματος ΕΥΔΟΞΟΣ
Βιβλίο [86200597]:

**Μοριακή Βιολογία
Ανάπτυξης Φυτών**

Έκδοση: ΠΡΩΤΗ/2018

Συγγραφείς: Κοσμάς Χαραλαμπίδης, Δήμητρα
Μηλιώνη, Κρίτων Καλαντίδης, Καλλιόπη
Παπαδοπούλου, Σταμάτης Ρήγας, Ανδρέας
Ρούσσης, Πολυδεύκης Χατζόπουλος

**Μοριακή Βιολογία
Ανάπτυξης Φυτών**

Επιμέλεια: Κοσμάς Χαραλαμπίδης

**Μάθημα: ΜΟΡΙΑΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ και
ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ ΦΥΤΩΝ
Εξάμηνο 7^ο - Χειμερινό**

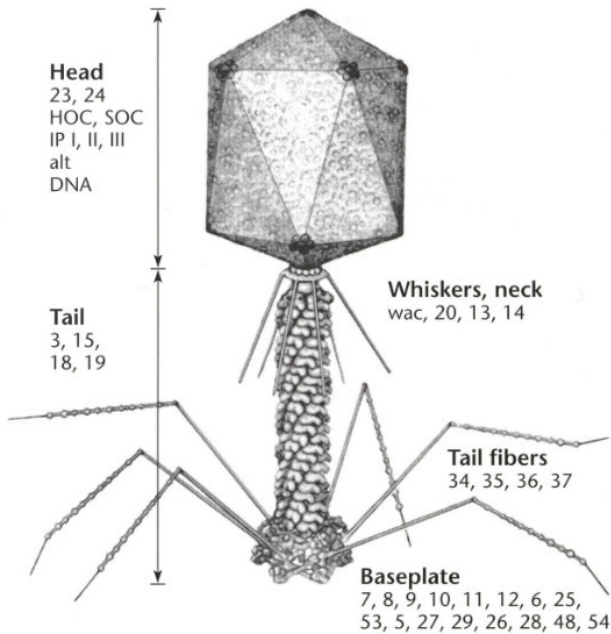
www.aua.gr/plantdevelopment

Επιλογή: courses/lectures

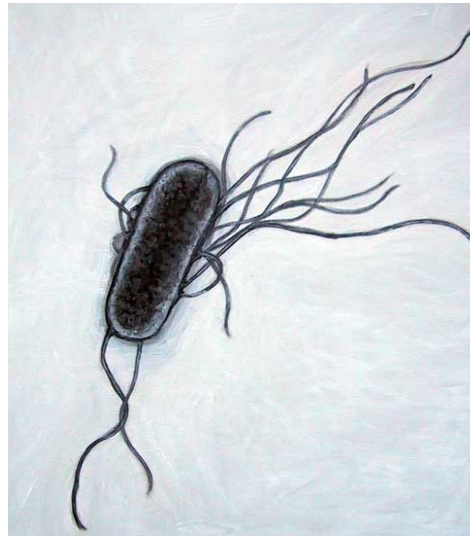
password: mobi11a

Το Βασίλειο των Φυτών

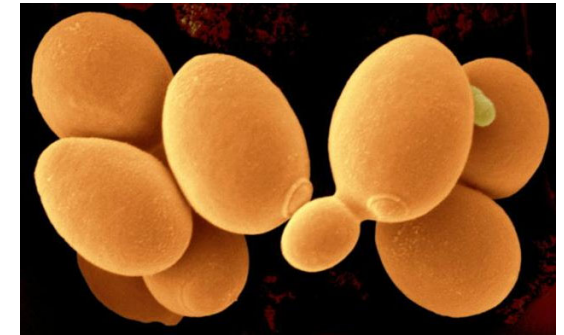
Συστήματα & Οργανισμοί μοντέλα στην Βιολογία



λ-φάγος ή βακτηριοφάγος
(μοντέλο στην ιολογία)



Escherichia coli
(μοντέλο μικροβιολογία)



Saccharomyces cerevisiae
(μοντέλο ζυμώσεις/ μικροβιολογία)



Caenorhabditis elegans
(μοντέλο στους σκώληκες)



Drosophila melanogaster
(μοντέλο στα έντομα)

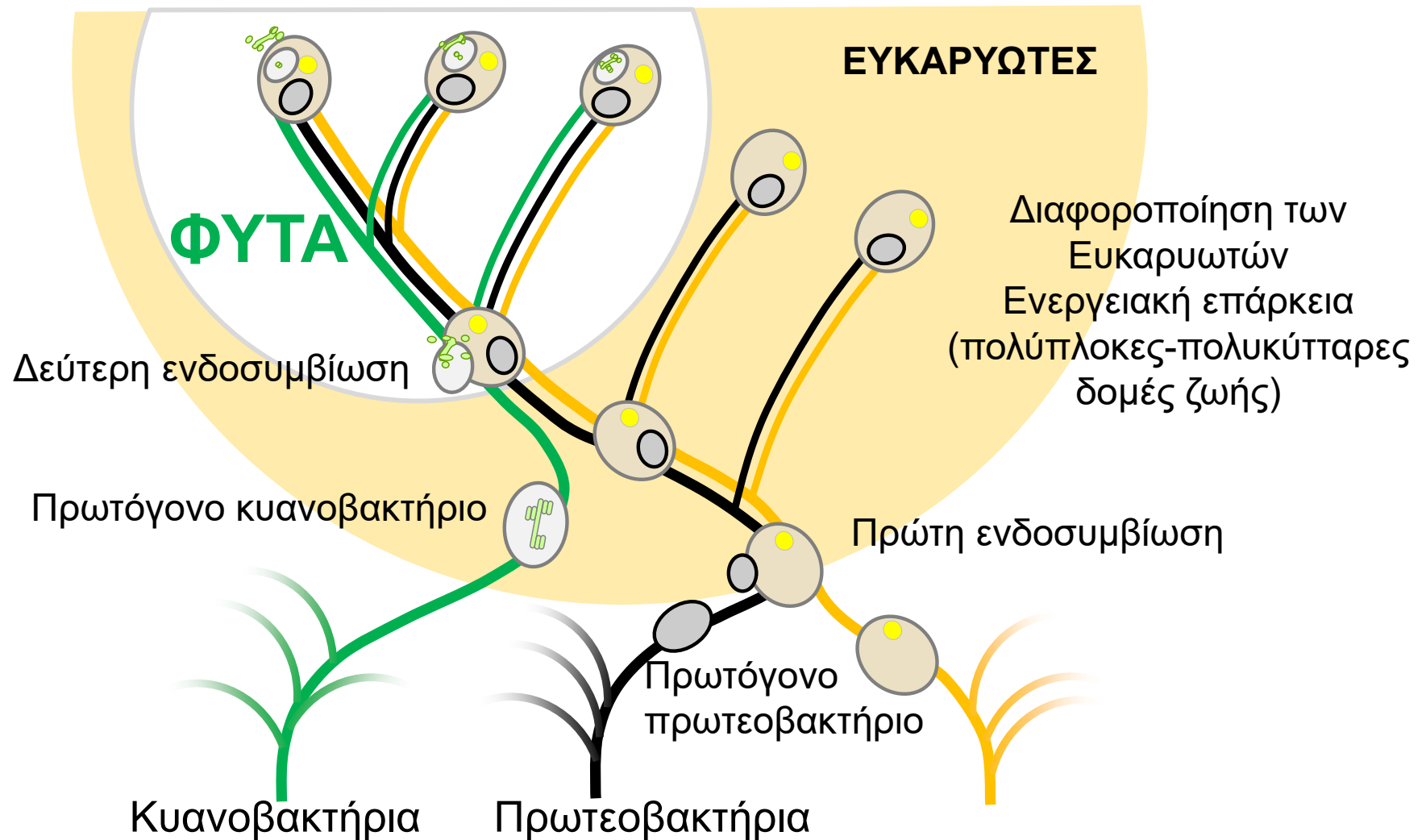


Mus musculus
(μοντέλο στα θηλαστικά)



Danio rerio (zebra fish)
(μοντέλο στην ανάπτυξη οργάνων)

Η ΕΝΔΟΣΥΜΒΙΩΣΗ ΟΔΗΓΗΣΕ ΣΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΔΙΩΝ: ΜΙΤΟΧΟΝΔΡΙΑ & ΧΛΩΡΟΠΛΑΣΤΕΣ

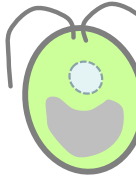


Οικογενειακό δένδρο: Φυτά και πράσινα άλγη

Γεγονότα στην εξέλιξη και
ταξινόμηση των φυτικών οργανισμών

Πράσινα άλγη

Χλωρόφυτα
Chlorophytes



Χαρόφυτα
Charophytes



Βρυοφυτά
Bryophytes



Λυκόφυτα
Lycophytes



Φυτά

Φτέρες
Ferns



Γυμνόσπερμα
Gymnosperms



Αγγειόσπερμα
Angiosperms



Άνθη (Flowers)

Σπέρματα (Seeds)

Αγγειακοί ιστοί (Vascular tissues)

Ανάπτυξη στοματίων (Stomata)

Εποικισμός της στεριάς (Terrestrialization)

1200?

450

400

360

300

Εκατομμύρια χρόνια από το σήμερα

Morphological evolution in land plants: new designs with old genes

Nuno D. Pires[†] and Liam Dolan^{*}

Department of Plant Sciences, University of Oxford, South Parks Road, Oxford OX1 3RB, UK

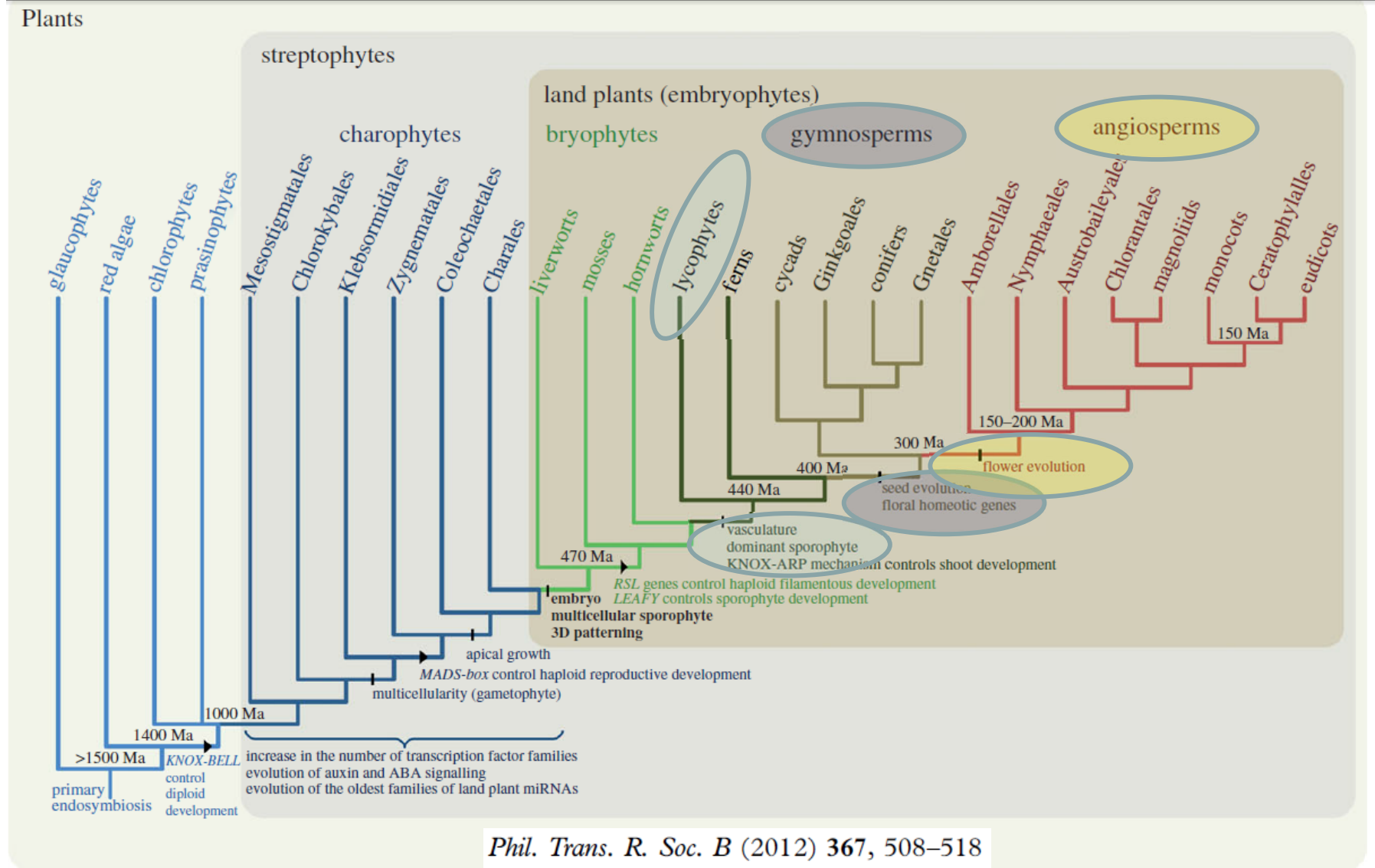
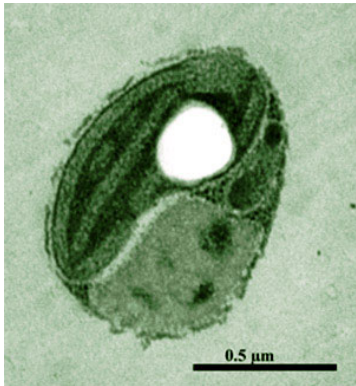


Figure 1. Phylogenetic relationships between the major groups of extant plants. Key events that occurred during plant evolution are indicated; in cases where enough functional data are not available, the minimum origin is indicated by an arrowhead. The estimated divergence times are indicated in millions of years ago (Ma). The phylogenetic relationships between different plant groups are based on earlier studies [3–7]. The estimated divergence times are based on previous studies [8–11]. See also the main text for more details.

Τα πράσινα άλγη είναι ευκαρυώτες που φωτοσυνθέτουν

Χλωρόφυτα Chlorophytes

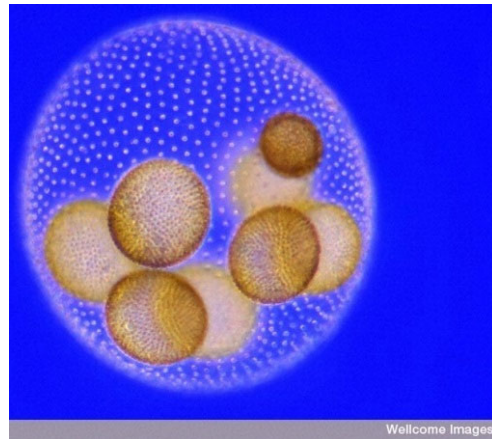


Ostreococcus tauri



10 μm

Chlamydomonas reinhardtii



Volvox spp

Χαρόφυτα Charophytes



Chara braunii

Image credits: [JGI](#); [Spike Walker](#) Wellcome Images; [Jaspser Nance](#); [Show_ryu](#)

Τα βρυόφυτα δεν έχουν αγγειακούς ιστούς ($1n$)



Liverworts (~7000 – 8500 είδη)



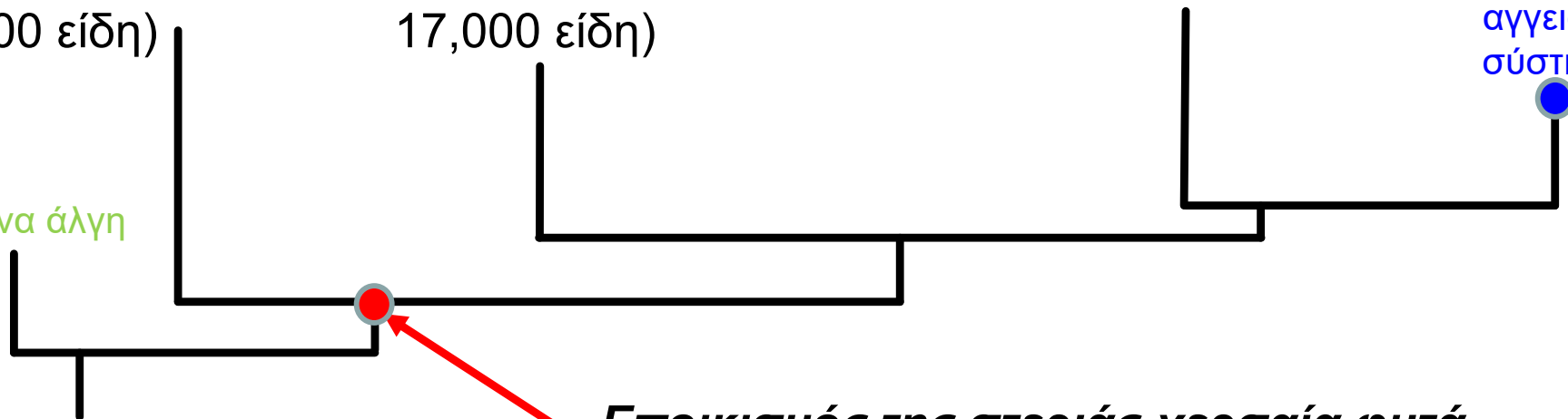
Mosses (~10,000 – 17,000 είδη)



Hornworts (~200 είδη)

Φυτά με
αγγειακό
σύστημα

Πράσινα άλγη



Εποικισμός της στεριάς-χερσαία φυτά
(Terrestrialization)

Chang, Y. and Graham, S.W. (2011). Inferring the higher-order phylogeny of mosses (Bryophyta) and relatives using a large, multigene plastid data set. *Am. J. Bot.* 98: [839-849](#) and Ligrone, R., Duckett, J.G. and Renzaglia, K.S. (2012). Major transitions in the evolution of early land plants: a bryological perspective. *Ann. Bot.* 109: [851-871](#). Photo credits [Tom Donald](#), Mary Williams and [gishepherd br](#) / [Foter.com](#) / [CC BY-NC-SA](#)

Τα Τραχεόφυτα έχουν αγγειακούς ιστούς



Λυκόφυτα
Lycophytes
(~ 1200 είδη)



Φτέρες
Ferns
(~ 13,000 species)

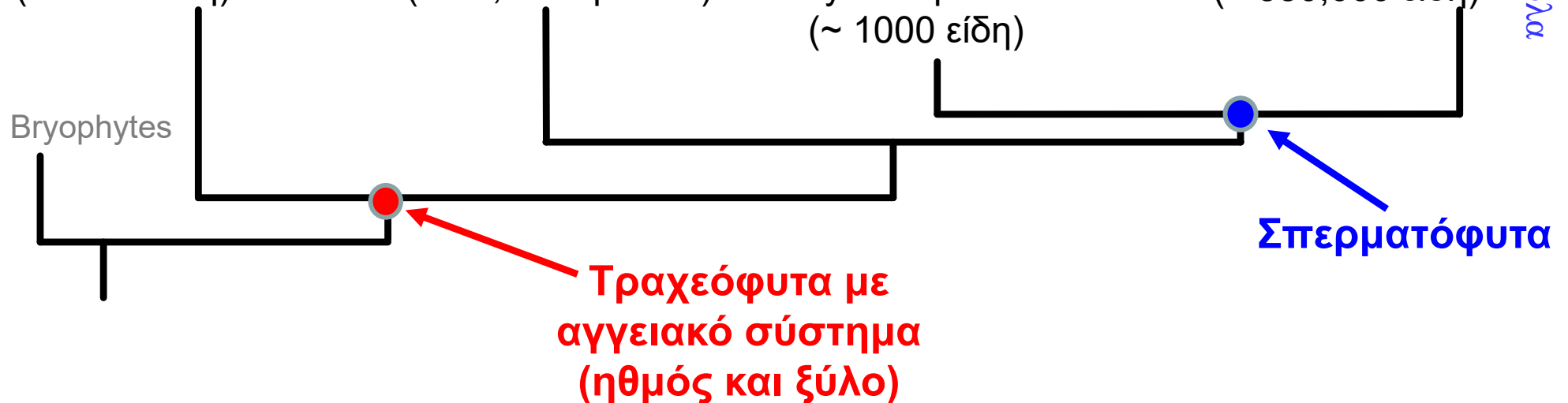


Γυμνόσπερμα
Κωνοφόρα
Gymnosperms
(~ 1000 είδη)



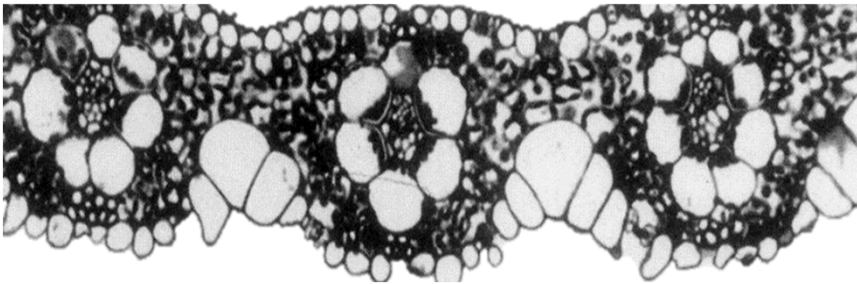
Αγγειόσπερμα
Angiosperms
(~ 350,000 είδη)

μονο-κότυλα
δι-κότυλα

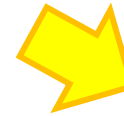
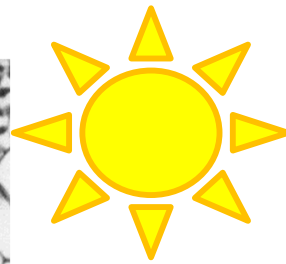


Τα φυτά είναι πολυκύτταροι, χερσαίοι και φωτοσυνθετικοί οργανισμοί

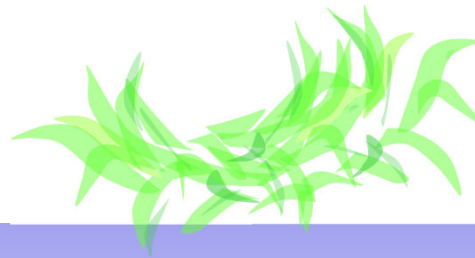
Πολυκύτταροι: Όργανα, ιστούς
και ομάδες κυττάρων



Χερσαίοι: Οι πρόγονοι των φυτών
ζούσαν στο νερό. Τα φυτά όμως ζουν
στο χερσαίο περιβάλλον με σχετικά
υψηλή ανθεκτικότητα στον ξηρό αέρα



Φωτοσύνθεση: Τα φυτά είναι
παραγωγοί (αυτότροφοι)
μετατρέποντας τη φωτεινή
ενέργεια σε χημική



Η φυσιολογία ανθρώπου βασίζεται στα οργανικά συστήματα

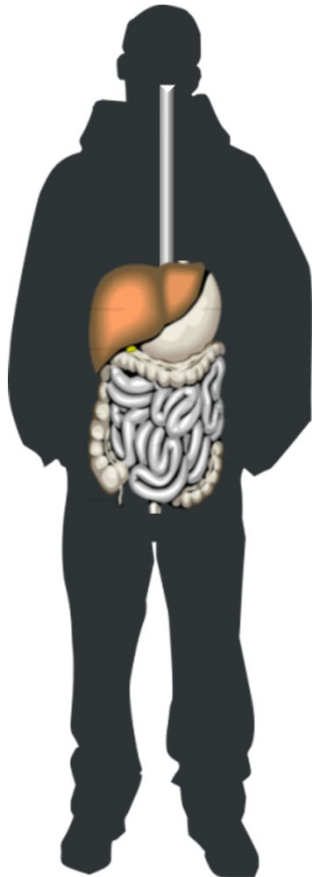
Αναπνευστικό σύστημα

Ανταλλαγή
αερίων



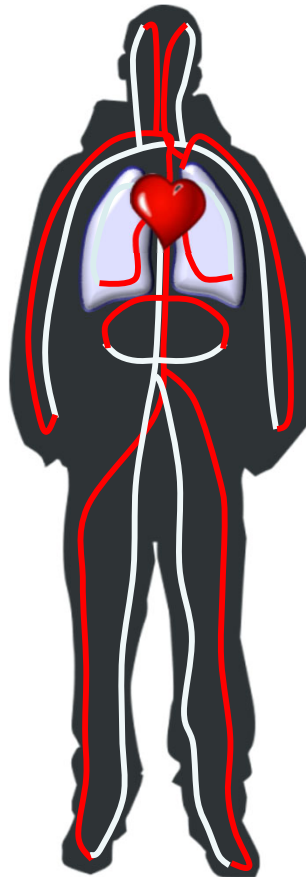
Πεπτικό σύστημα

Απορρόφηση
νερού και θρέψη



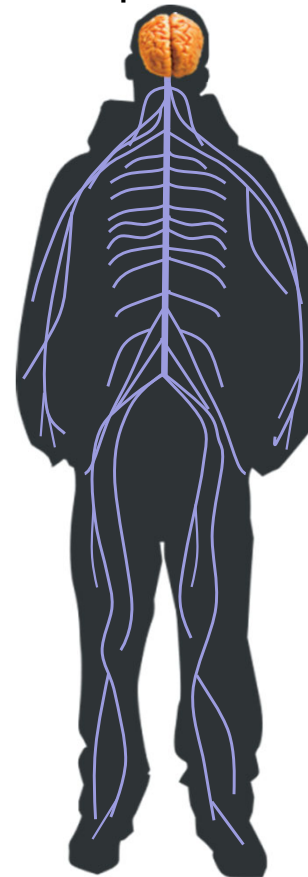
Κυκλοφορικό σύστημα

Μεταφορά θρεπτικών
και αερίων



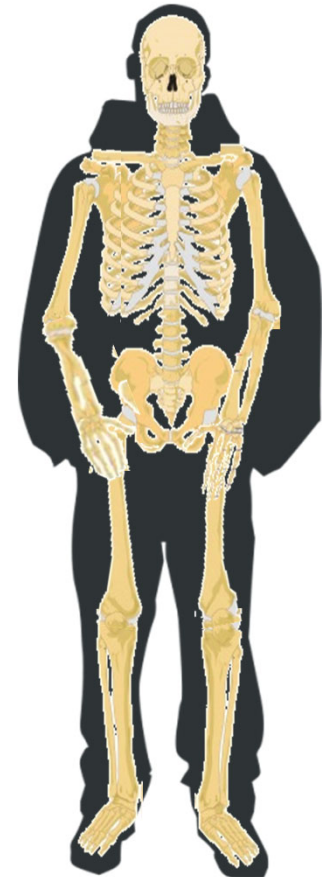
Νευρικό σύστημα

Αντίληψη, έλεγχος
και ομοιόσταση

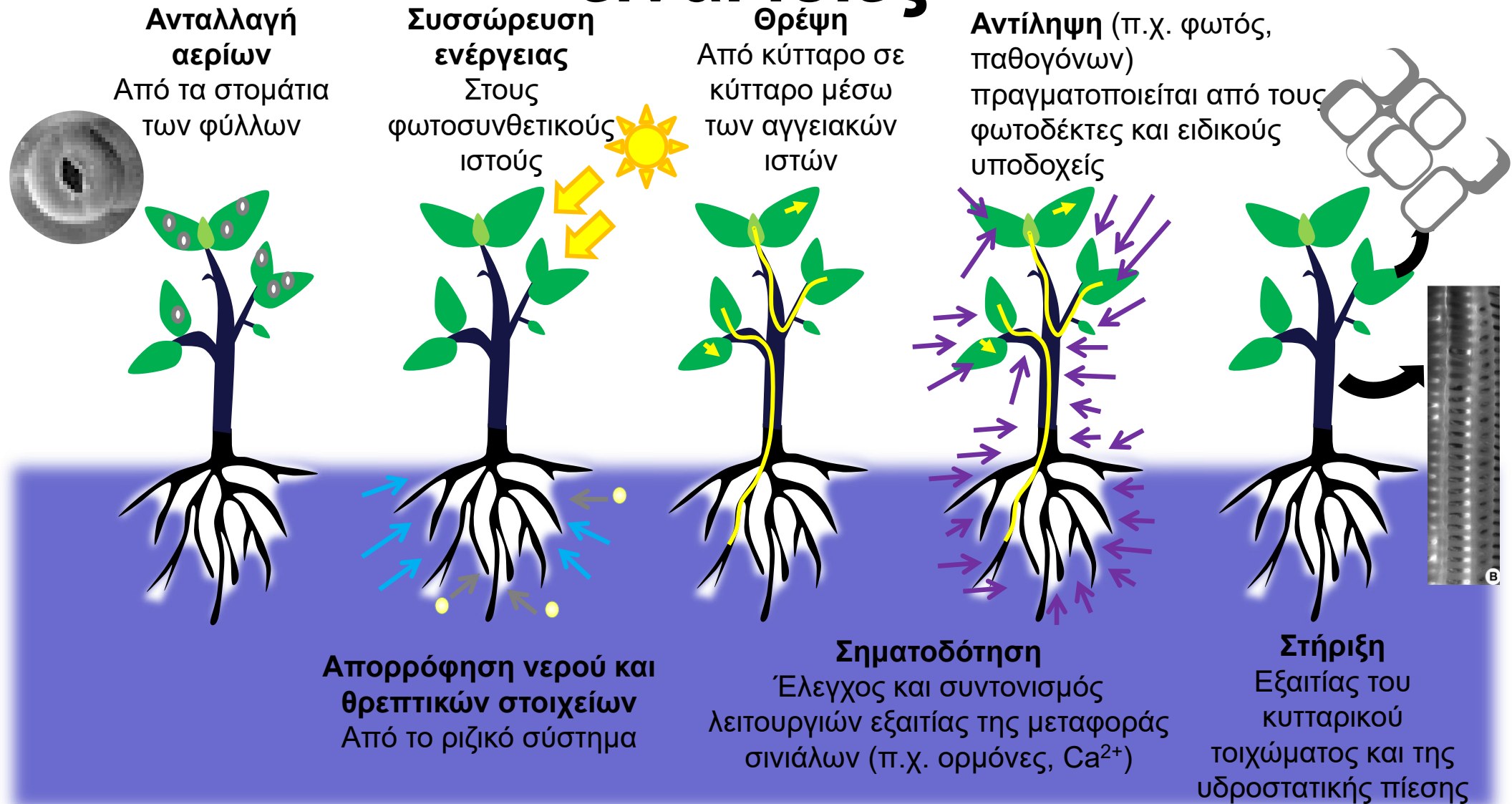


Ερειστικό σύστημα

Στήριξη



Στη φυσιολογία φυτών οι διεργασίες, με την ευρύτερη έννοια, είναι ίδιες



**Γιατί τα φυτά είναι
σημαντικά?
(μια ανθρωποκεντρική
προσέγγιση)**

Κλιματική αλλαγή:

ακραίες θερμοκρασίες

ξηρασία

αλατότητα εδάφους

αύξηση ακτινοβολίας

ερημοποίηση

διασπορά/επικράτηση παθογόνων

Φάρμακα

Διασφάλιση επάρκειας
τροφίμων

Βιοενέργεια

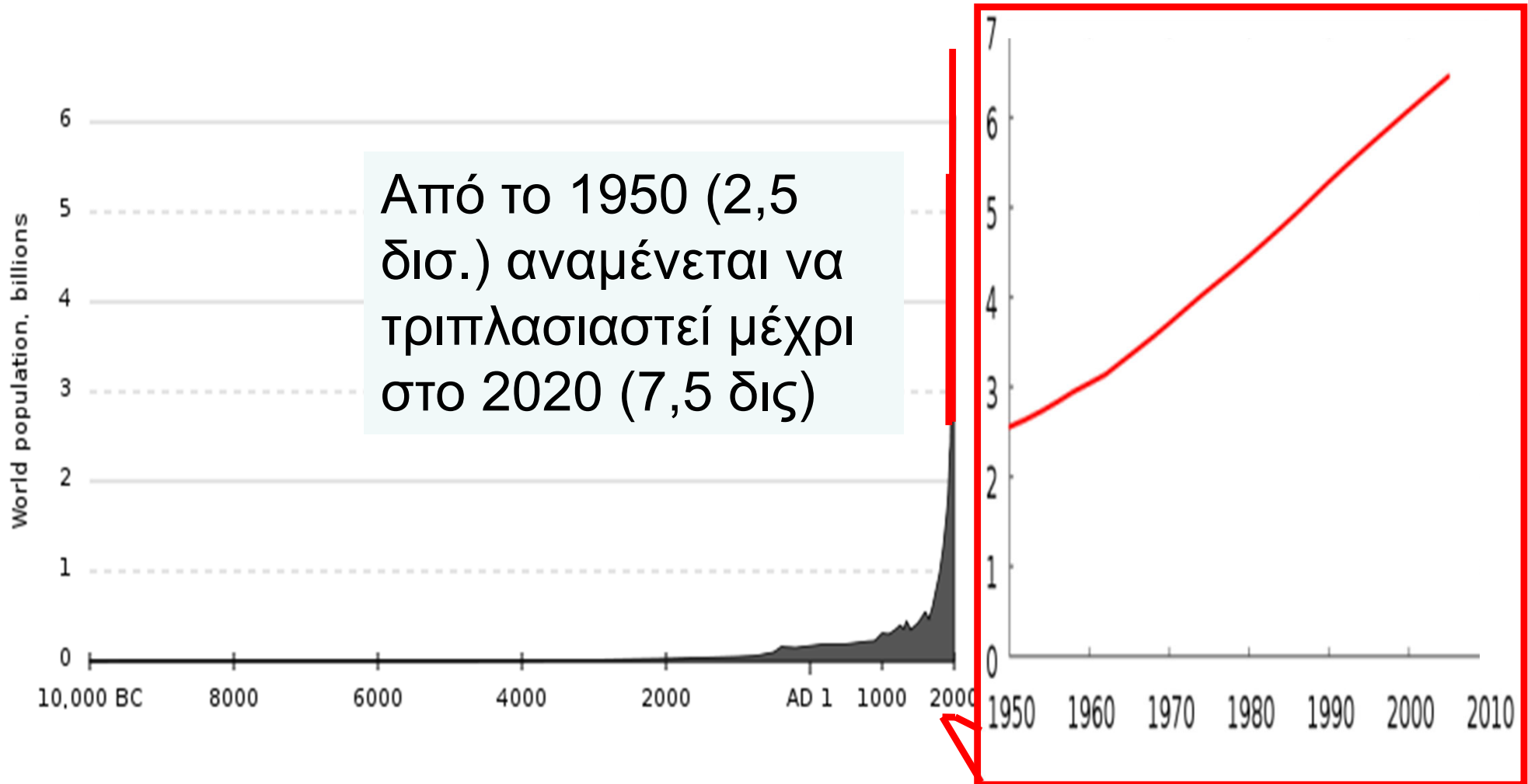
Περιβάλλον

Απονιτροποίηση/ευτροφισμός

Χρειαζόμαστε φυτά ανθεκτικά σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες

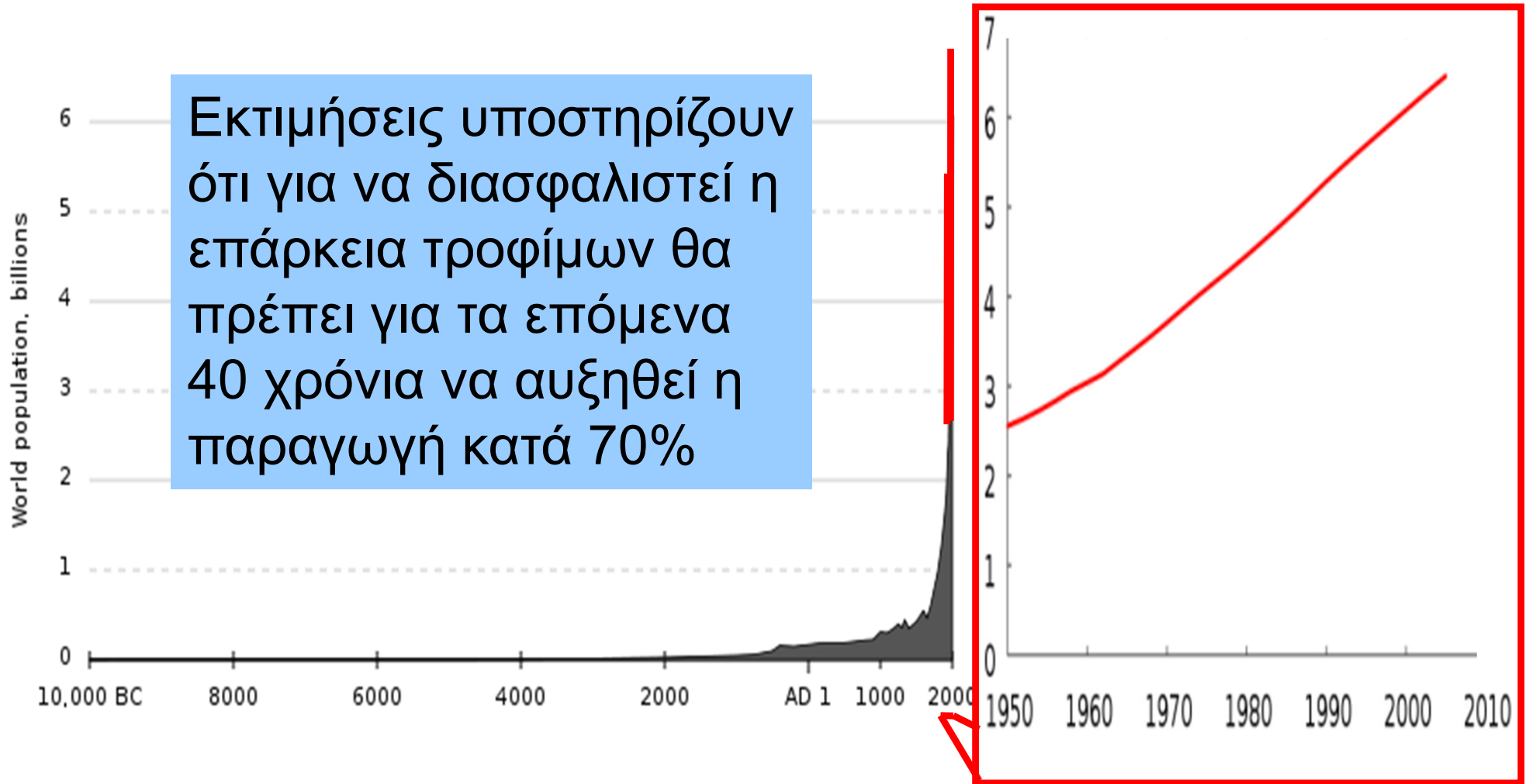


Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού...



Με βάση τα μοντέλα η γη μετρά από το 2022 8 δισ. κατοίκους

Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού...



Με βάση τα μοντέλα η γη μετρά από το 2022 8 δισ. κατοίκους

Ο υποσιτισμός και η πείνα αποτελούν απειλή

Το 2004, 60 εκατομμύρια άνθρωποι πέθαναν.

Ο υποσιτισμός και η πείνα αποτελούν απειλή

Από τα 60 εκατομμύρια τα 10
εκατομμύρια είναι παιδιά με
ηλικία μικρότερη των 5 χρόνων,
από τα οποία το 99% ζουν σε
χώρες χαμηλού και μεσαίου
βιοτικού επιπέδου

Ο υποσιτισμός και η πείνα αποτελούν απειλή

Η έλλειψη της βιταμίνης Α προκαλεί
το θάνατο σε 1 εκατομμύριο παιδιά
κάθε χρόνο.

Αύξηση της παραγωγή β-καροτένιου στα φυτά (προ-βιταμίνη Α)

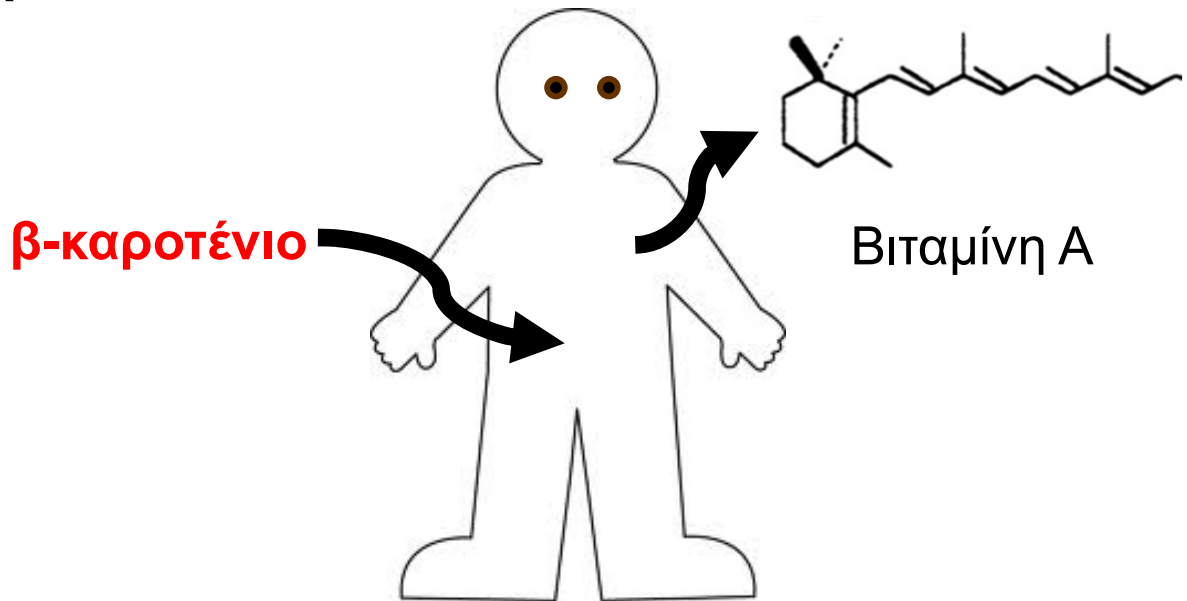


**Η ανεπάρκεια Βιταμίνης Α είναι
η κύρια αιτία μόνιμης τύφλωσης**

Αύξηση του β-καροτένιου στην τροφή μπορεί να εξαλείψει την ανεπάρκεια Βιταμίνης Α

- Πολλά τρόφιμα είναι **φτωχά** σε β-καροτένιο, έτσι ο άνθρωπος εμφανίζει **ανεπάρκεια** Βιταμίνης Α

Στο ανθρώπινο σώμα το **β-carotene** μετατρέπεται σε Βιταμίνη Α. Ο άνθρωπος παίρνει βιταμίνη από τις τροφές και δεν την συνθέτει (**απαραίτητο**)

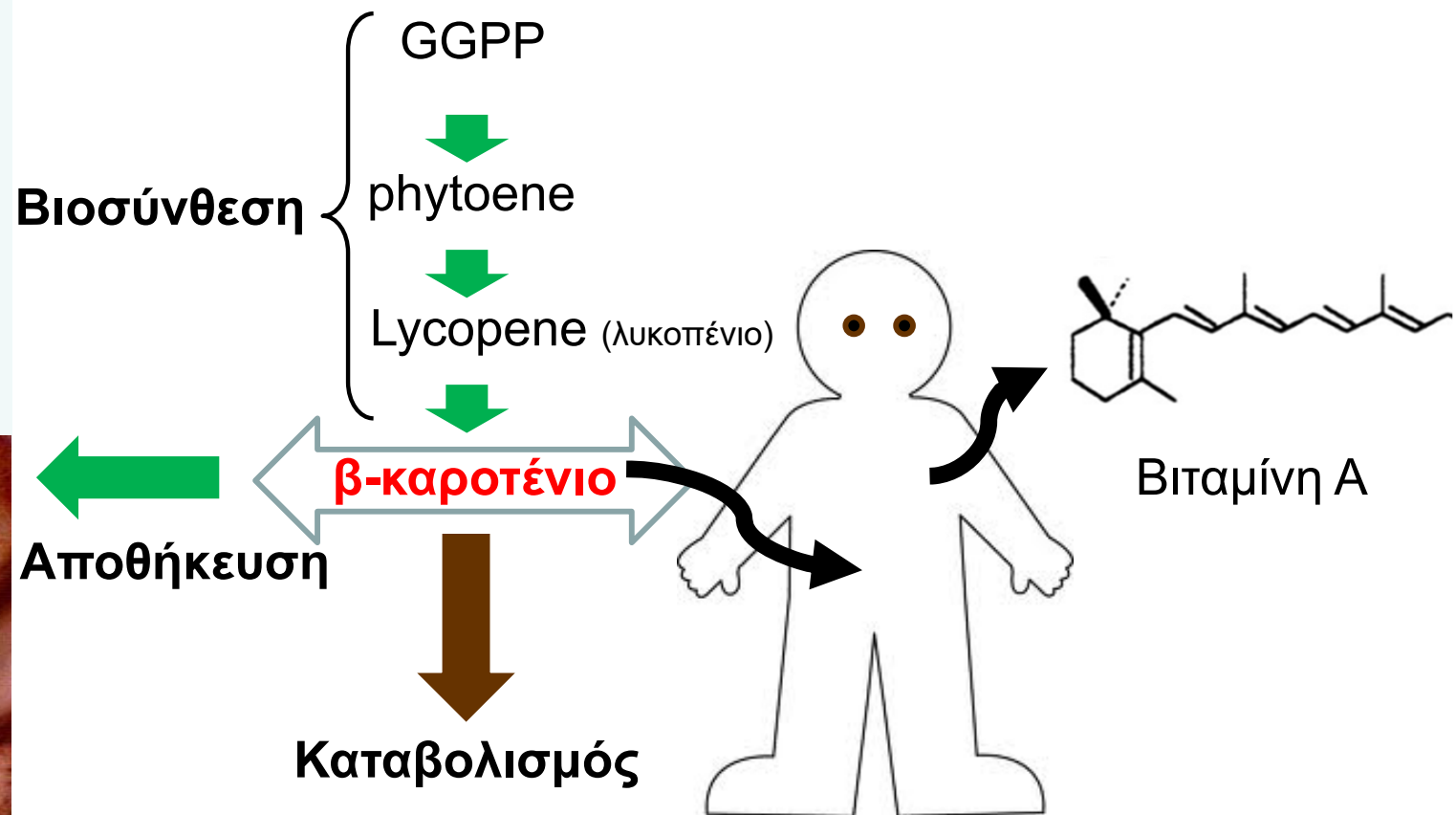


Το επίπεδο του **β-καροτενίου** καθορίζεται από τη **βιοσύνθεση**, την **αποθήκευση** και τον **καταβολισμό**

Για να αυξηθεί το επίπεδο β-καροτενίου στα φυτά χρειάζεται να **αυξηθεί η βιοσύνθεση**, να **βελτιωθεί η αποθήκευση** ή/και να **ανασταλεί ο καταβολισμός**



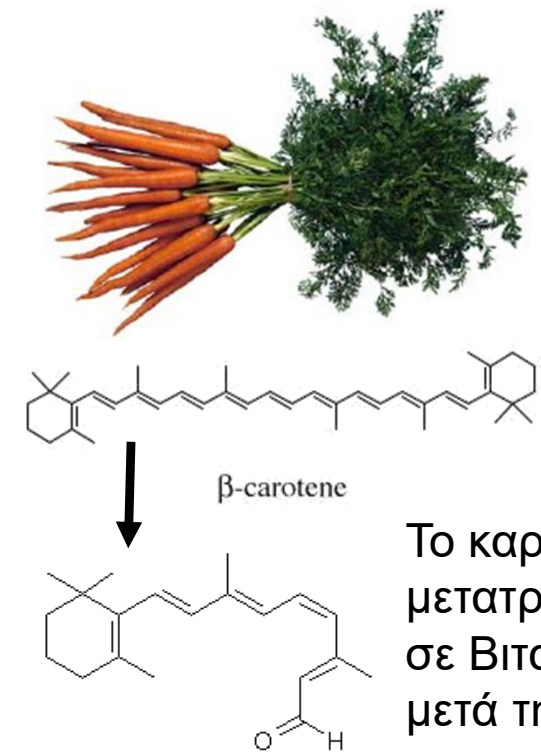
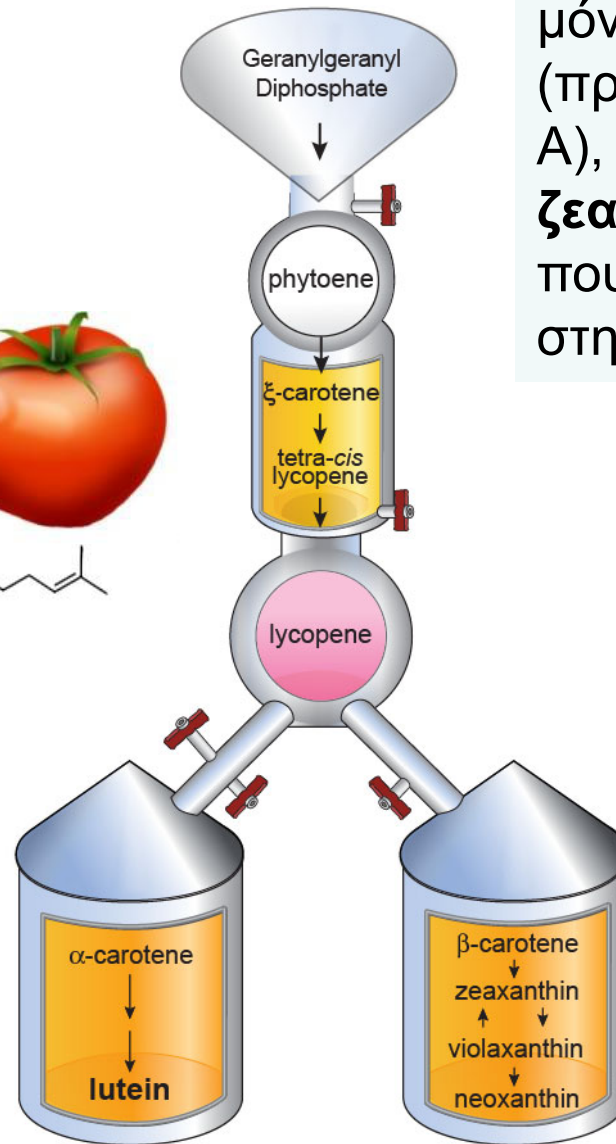
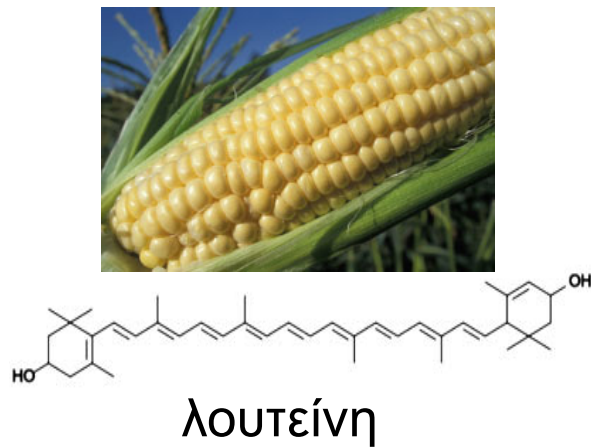
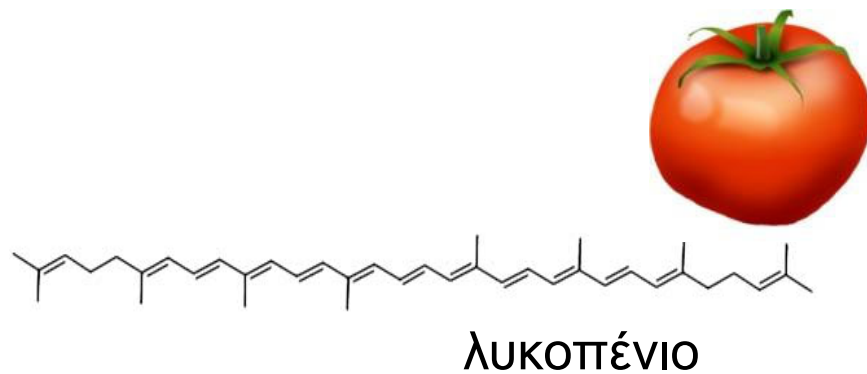
Η αποθήκευση των καροτενοειδών γίνεται στους **χρωμοπλάστες**



Καροτενοειδή: ενισχύουν τον οργανισμό

Τα καροτενοειδή δεν είναι μόνο πρόδρομα μόρια της Βιταμίνης Α

Στα καροτενοειδή δεν ανήκει μόνο το **β-καροτένιο** (πρόδρομο μόριο της Βιταμίνης Α), αλλά και η **λουτεΐνη**, η **ζεαξανθίνη** και το **λυκοπένιο** που έχουν ευεργετική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου



Το καροτένιο
μετατρέπεται
σε Βιταμίνη Α
μετά την πέψη

Γιατί οι ντομάτες υπήρξαν... «φρούτο του Σατανά»

Πηγή: www.Protagon.gr

Για περισσότερα από 600 χρόνια, οι άνθρωποι φοβόντουσαν τις ντομάτες. Πίστευαν ότι είναι δηλητηριώδεις, ότι οι μάγισσες τις χρησιμοποιούσαν για να κάνουν τις σκούπες τους... ιπτάμενες και για να γίνονται λυκάνθρωποι.



Η ιστορία της ονοματολογίας: **Λυκοπένιο**

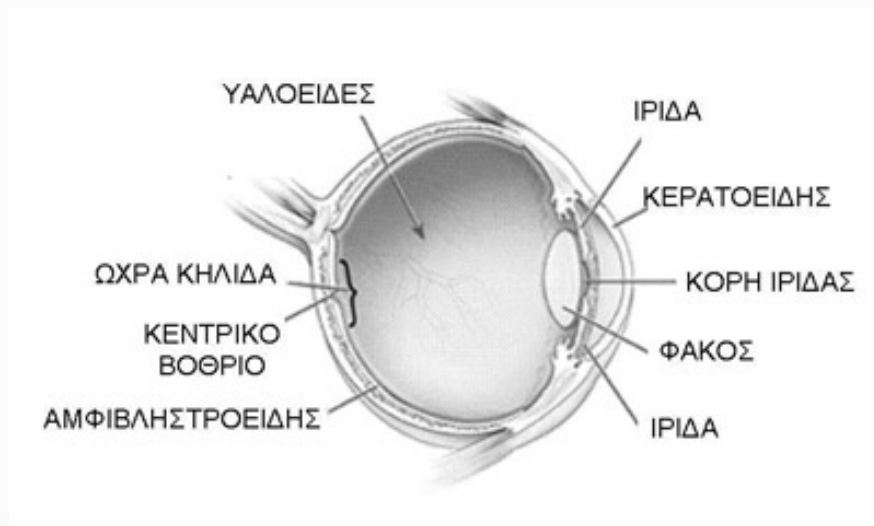
Από το 1300 μέχρι το 1650, χιλιάδες Ευρωπαίοι πέρασαν φρικτά βασανιστήρια και στη συνέχεια εκτελέστηκαν με την κατηγορία της μαγείας ως θύματα της **Ιερής Εξέτασης (Το όνομα του ρόδου – Umberto Eco)**. Στον **Μεσαίωνα** υπήρχε μεγάλη **καχυποψία** για τα **νέα τρόφιμα**.

Ονόμασαν την ντομάτα **Στρύχνον το Λυκοπερσικόν *Solanum lycopersicum*** (αυτή είναι η επιστημονική της ονομασία μέχρι σήμερα) από το **Λυκοπέρσιο του Γαληνού**, ένα **δηλητηριώδες φυτό** από την **Αίγυπτο** με κιτρινωπό χυμό και δυνατή μυρωδιά, πράγμα που ταίριαζε μια χαρά με όσα πίστευαν το 1560 Ισπανοί και Ιταλοί βοτανολόγοι για τη ντομάτα. Και πλέον δεν είχαν καμιά αμφιβολία ότι οι **μάγισσες** το χρησιμοποιούσαν για να γίνουν **λυκάνθρωποι (Λυκοπερσικόν -> Λυκοπένιο)**.

Φυσικά η κατηγοριοποίηση ήταν αμφιλεγόμενη. Όχι μόνο γιατί η ντομάτα δεν ήταν **δηλητηριώδης**, αλλά και γιατί όπως παρατήρησε το 1569 ο φυσιολόγος Κονσταντίνος Φελίτσι δεν θα μπορούσε να έχει έρθει από την **αρχαία Αίγυπτο**. Στο μεταξύ στην καθομιλουμένη, οι έμποροι σπόρων που επιθυμούσαν τη διάδοσή τους, είχαν ονομάσει τις ντομάτες **χρυσόμηλα, μήλα του Περού, μήλα της αγάπης, λυκοροδάκινα** και άλλα πολλά ευχάριστα!!!

Η εκφύλιση της ωχράς κηλίδας σχετιζόμενη με την ηλικία (κύρια αιτία τύφλωσης)

Η ωχρά κηλίδα είναι το κεντρικό τμήμα του αμφιβληστροειδή, ένα λεπτό στρώμα φωτοευαίσθητων νευρικών κυττάρων και ινών που βρίσκεται στο πίσω μέρος του οφθαλμού. Ο αμφιβληστροειδής μετατρέπει το φωτεινό ερέθισμα σε νευρικό ερέθισμα το οποίο ο εγκέφαλός μας μπορεί και αντιλαμβάνεται σαν εικόνα. Η ωχρά κηλίδα είναι υπεύθυνη για την κεντρική όραση και μας επιτρέπει να βλέπουμε με μεγάλη ευκρίνεια έτσι ώστε να αντιλαμβανόμαστε τις λεπτομέρειες της εικόνας. Για καθημερινές δραστηριότητες όπως το διάβασμα, την οδήγηση, ακόμα και για την αναγνώριση προσώπων, είναι υπεύθυνη η ωχρά κηλίδα.

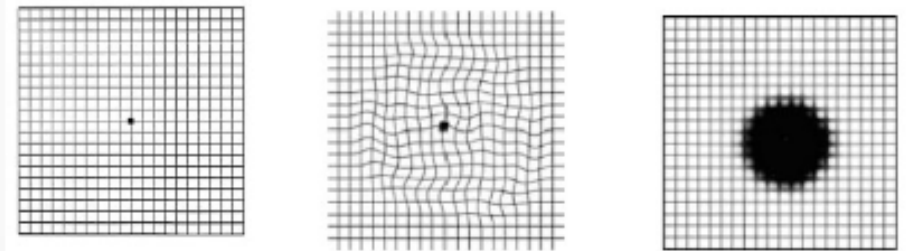


Εκφύλιση ωχράς κηλίδας

Η εκφύλιση της ωχράς κηλίδας σχετιζόμενη με την ηλικία (ΗΕΩ), είναι η πιο συχνή αιτία μη αναστρέψιμης τύφλωσης στον δυτικό κόσμο. Η πάθηση αυτή προσβάλλει την κεντρική περιοχή του βυθού του οφθαλμού, η οποία είναι και η πιο σημαντική. Η συνέπεια; Μια σταδιακή μείωση της κεντρικής όρασης χωρίς άλλα συμπτώματα.

Συμπτώματα εκφύλισης ωχράς κηλίδας- Κλινική εικόνα

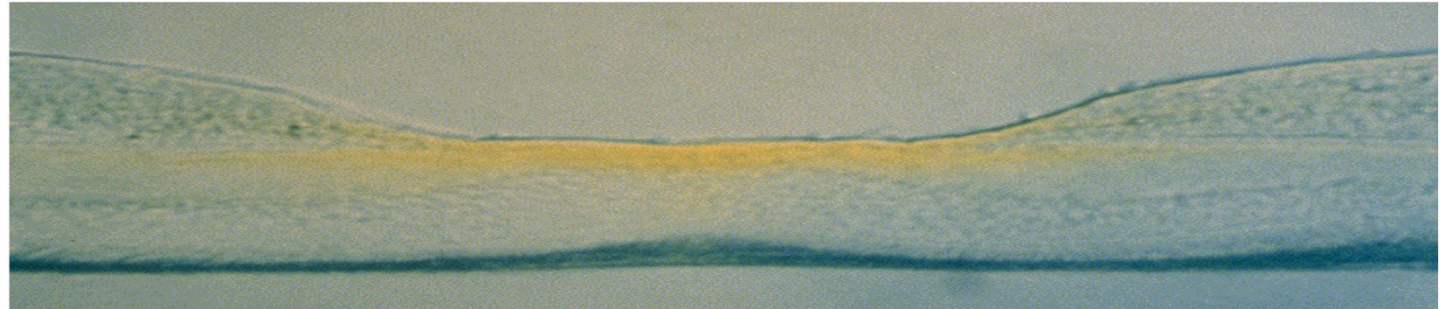
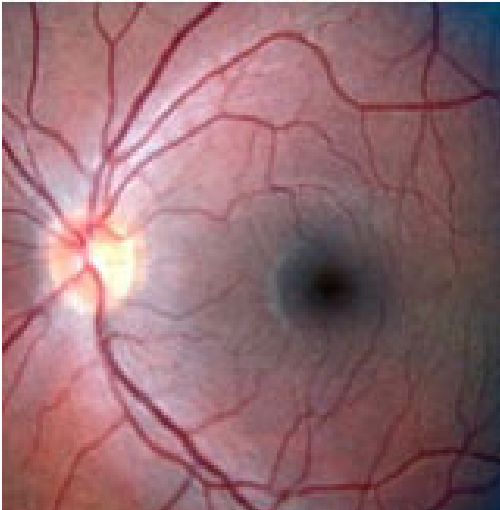
Η γεροντική εκφύλιση της ωχράς κηλίδας είναι μια πάθηση που ως σύμπτωμα έχει την σταδιακή μείωση της κεντρικής όρασης χωρίς άλλα συμπτώματα όπως πόνο. Ποτέ δεν προκαλείται ολική απώλεια οράσεως, διότι παραμένει η περιφερική όραση.



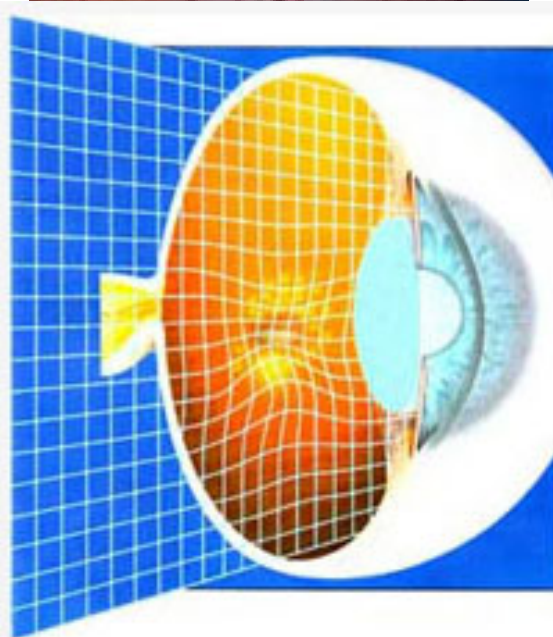
Δηλ. η όρασή μας παύει να είναι ευκρινής έως μηδαμινή όταν κοιτάμε ένα αντικείμενο, αλλά ο προσανατολισμός στον χώρο παραμένει διότι το περιφερικό οπτικό μας πεδίο παραμένει φυσιολογικό. Ωστόσο σε προχωρημένες καταστάσεις μπορούμε να μιλάμε για πραγματική αναπηρία από την στιγμή που η όρασή μας είναι εξαιρετικά χαμηλή.



Τα καροτενοειδή μπορούν να αποτρέψουν την εκφύλιση της ωχράς κηλίδας



Η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη συσσωρεύονται στην ωχρά κηλίδα (πορτοκαλί χρώμα). Φαίνεται ότι απορροφούν φως υψηλής ενέργειας προστατεύοντας την ωχρά κηλίδα από καταστροφή/εκφυλισμό

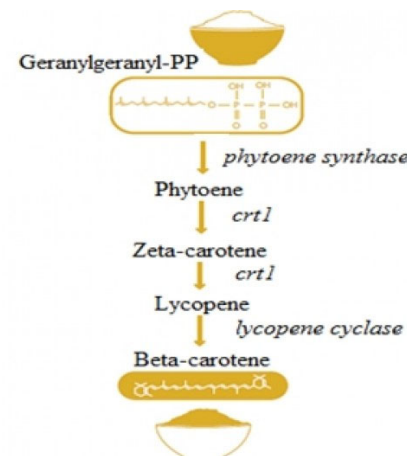


Διατροφή ενισχυμένη
σε λουτεΐνη,
ζεαξανθίνη, Zn,
Βιταμίνη C και E
μπορεί να προστατέψει
την όραση





- Η αποκλειστική κατανάλωση ρυζιού στη Νότια Ανατολική Ασία προκαλεί **έλλειψη βιταμίνης Α** που οδηγεί σε **μόνιμη τύφλωση**.
- **124 εκατομμύρια παιδιά** παρουσιάζουν έλλειψη βιταμίνης Α.
- Οι καθηγητές Ingo Potrykus και Peter Beyer από το Ινστιτούτο ΕΤΗ στη Ζυρίχη της Ελβετίας δημιούργησαν γενετικά τροποποιημένο ρύζι (**Golden rice**) εισάγοντας γονίδια που ενισχύουν τη βιοσύνθεση **των καροτενοειδών β-καροτένιο που είναι πρόδρομο μόριο της βιταμίνης Α**.
- Ο Ingo Potrykus συνταξιοδοτήθηκε 1999. Το 2014 είναι πρόεδρος του Golden Rice Humanitarian Board.
- Το Golden rice2 (**GR2**) είναι βελτιωμένη διαγονιδιακή σειρά με **υψηλότερο επίπεδο σε καροτένια**



golden rice
υψηλή
περιεκτικότητα
σε β-καροτένιο

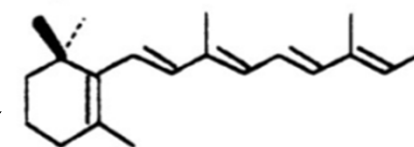
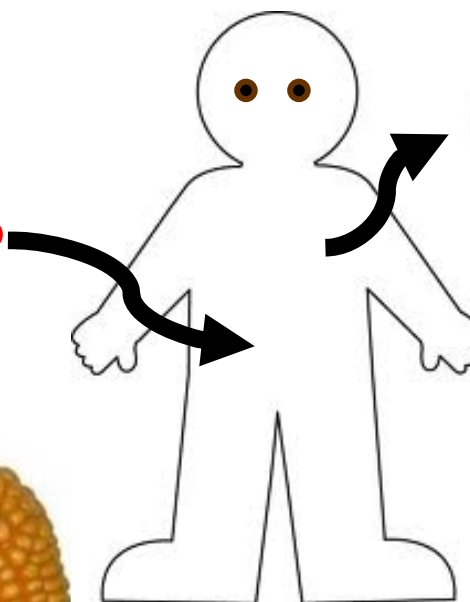


Τροφές με υψηλά επίπεδα σε β-καροτένιο



γλυκοπατάτα

β-καροτένιο



Βιταμίνη Α



Τρόφιμα με
υψηλή
περιεκτικότητα
σε β-καροτένιο
προκύπτουν
από εφαρμογή
GM και non-GM
τεχνολογίας

Στον σύγχρονο κόσμο: **Hidden Hunger** (κρυφή πείνα/λιμός)

 **CellPress**
Partner Journal

Molecular Plant
Perspective

Regulation of Plant Vitamin Metabolism: Backbone of Biofortification for the Alleviation of Hidden Hunger

Ling Jiang^{1,3}, Simon Strobbe^{2,3}, Dominique Van Der Straeten^{2,*} and Chunyi Zhang^{1,*}

new breeding strategies for vitamin biofortification

Τα Βιοενισχυμένα φυτά βελτιώνουν τη διατροφή μας



Η μη-κερδοσκοπική οργάνωση HarvestPlus ασχολείται με την ανάπτυξη βιοενισχυμένων φυτών/καλλιεργειών στον αναπτυσσόμενο κόσμο, όπως η **γλυκοπατάτα** με υψηλή περιεκτικότητα σε **προβιταμίνη Α** που καλλιεργείται από 0.5 εκατομμύριο οικογένειες. Σε εξέλιξη βρίσκονται προγράμματα βιοενίσχυσης για την **αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης, Fe, Zn, αντιοξειδωτικών και άλλων ευεργετικών ενώσεων στις τροφές.**

Γενετικά Βιοενισχυμένα τρόφιμα Αγροδιατροφή

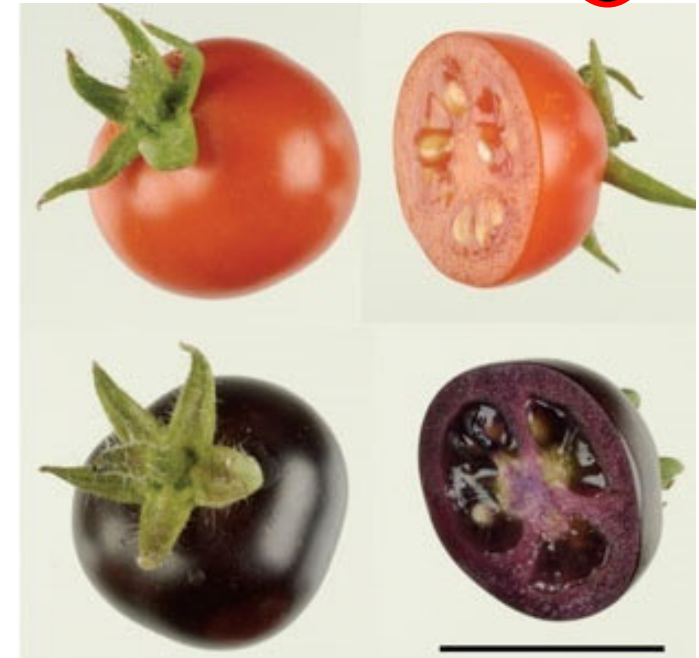
Άδεια
USA



Ρύζι υψηλής
περιεκτικότητας
σε Σίδηρο



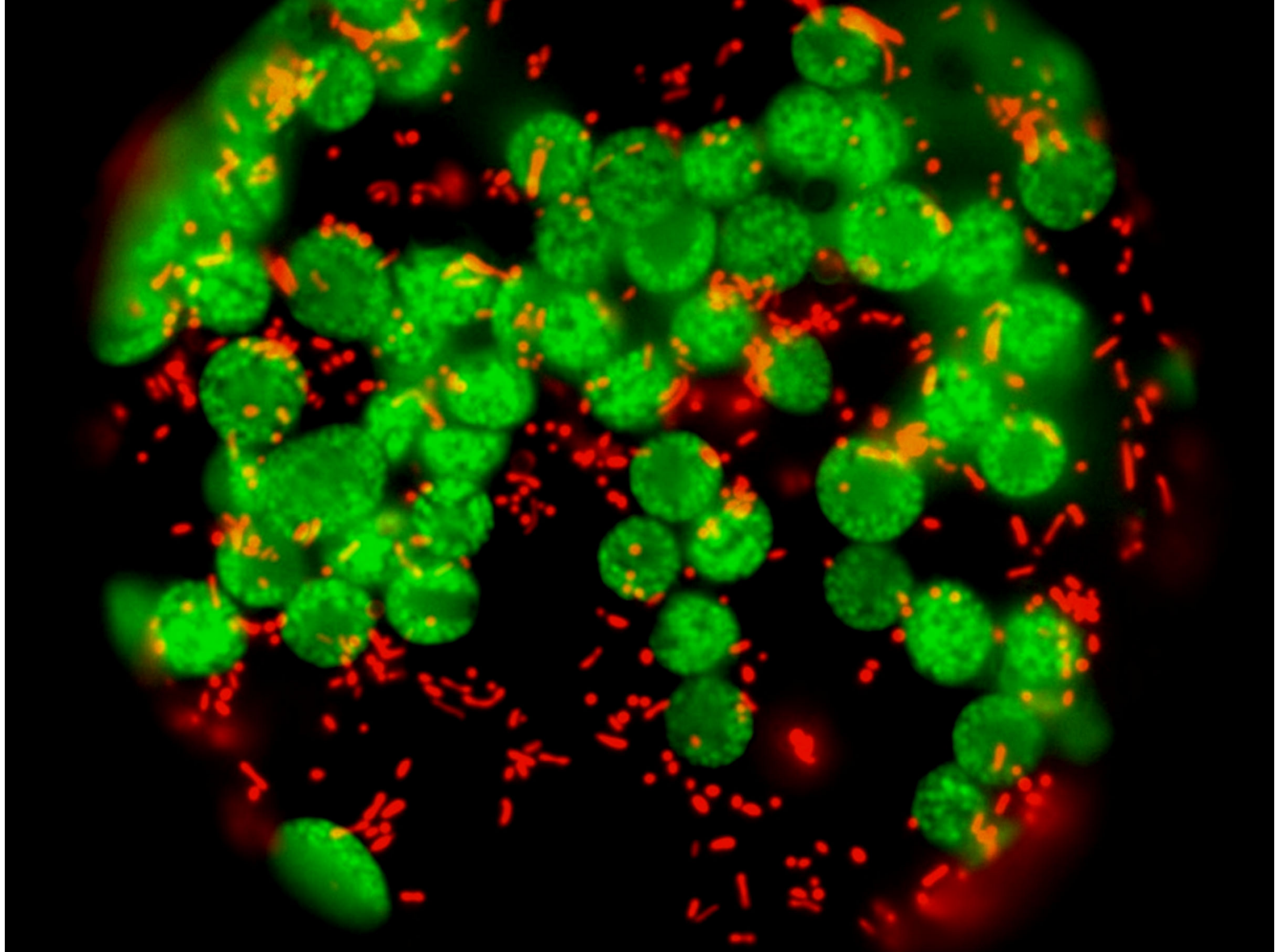
Ρύζι υψηλής
περιεκτικότητας σε
Βιταμίνη Α



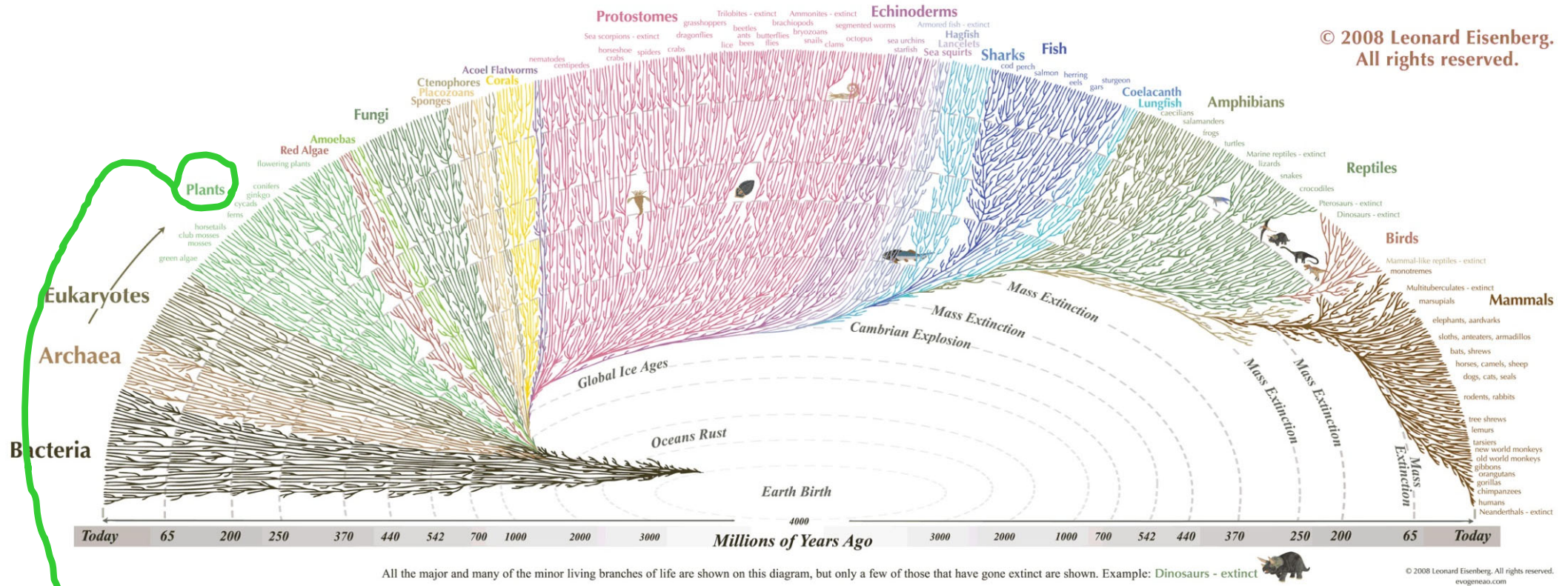
Ντομάτες με υψηλή
περιεκτικότητα σε
αντιοξειδωτικά

Arabidopsis thaliana

το φυτό μοντέλο



Τα φυτά στην εξέλιξη των ειδών



- * Πράσινα άλγη
- * Βρυόφυτα
- * Φτέρες
- * Γυμνόσπερμα (Κωνοφόρα)
- * Αγγειόσπερμα

Τα φυτά παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία



Τα φυτά εξέλιξαν την
ικανότητα να
προσαρμόζουν την
ανάπτυξη τους σε
διάφορα
περιβάλλοντα

Φυτά με μεγάλα άνθη (~ 1m)



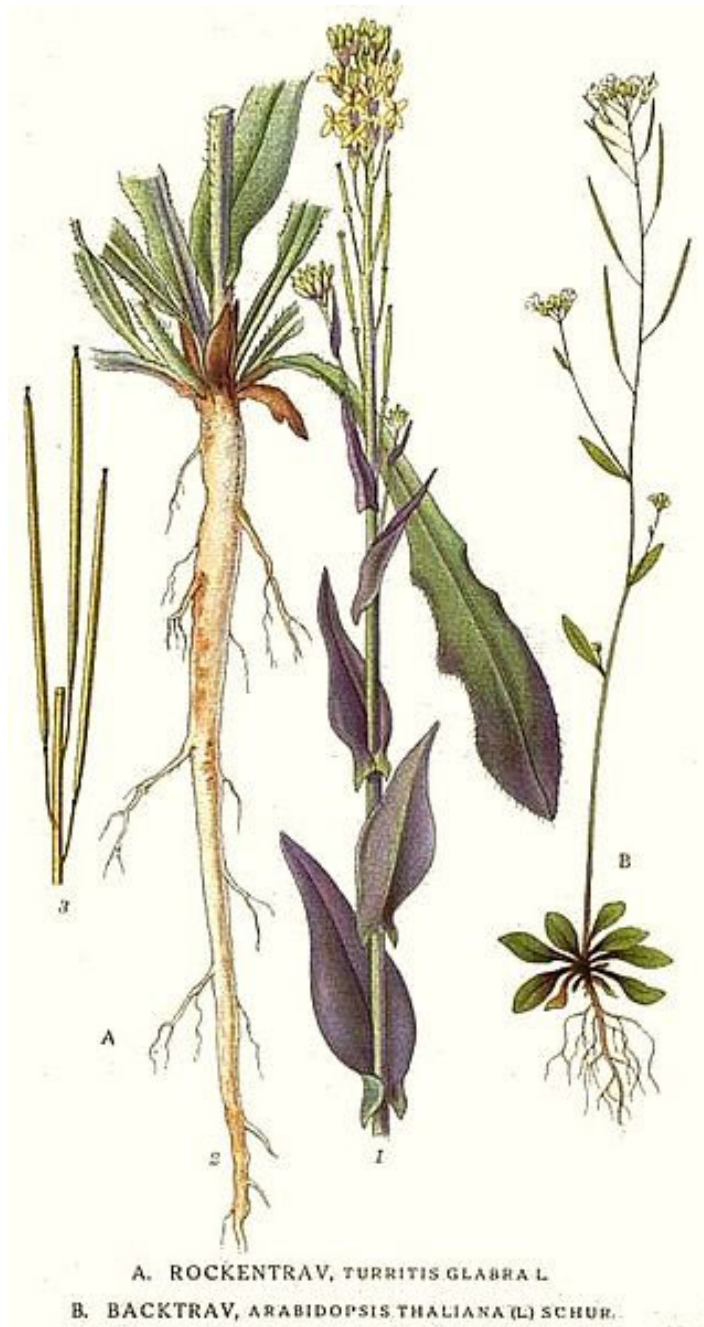
Ψηλά δέντρα (> 100m)



Αιωνόβια φυτά
(~ 5000 χρόνια)

Ποιο είναι το βιολογικό μοντέλο στη βιολογία των φυτών ?

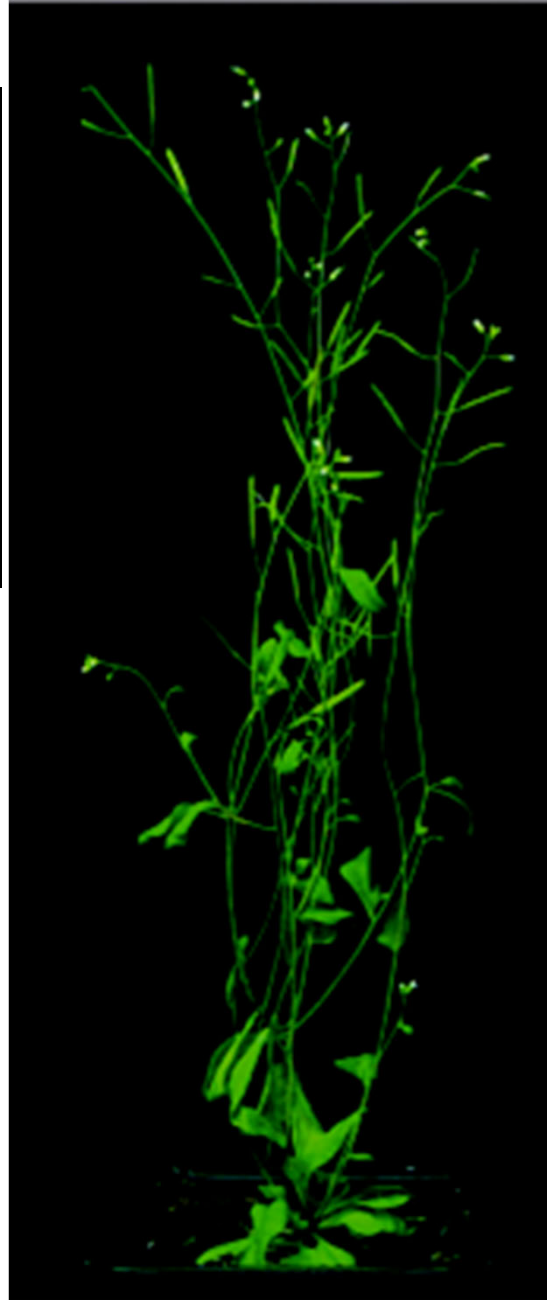
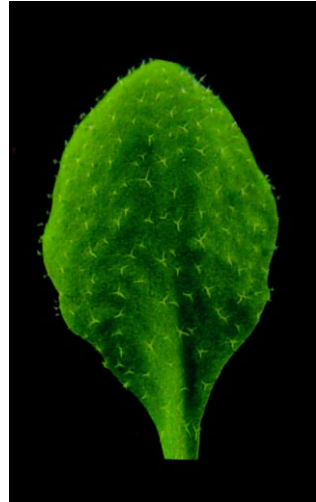
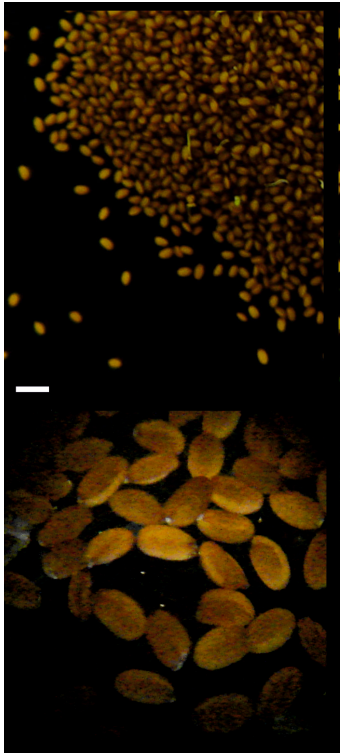




Arabidopsis thaliana
 Ouk. Brassicaceae



Το φυτό «μοντέλο» στη Βιολογία των φυτών είναι το:
Arabidopsis thaliana



***Model plant
species***



Το όνομα του γένους *Arabidopsis* είναι Ελληνικό

- Το φυτό ανακαλύφθηκε από τον Johannes Thal το 1577 στα όρη Harz της Γερμανίας και αρχικά ονομάστηκε ***Pilosella siliquosa***
- Το 1753 μετονομάστηκε από τον Carl Linnaeus σε ***Arabis thaliana*** προς τιμή του Thal
- Το 1842, ο Γερμανός βοτανολόγος Gustav Heynhold δημιουργεί το καινούργιο γένος *Arabidopsis* στο οποίο τοποθετεί το φυτό. Το όνομα του γένους είναι συνθετική λέξη **Arabis+όψη=Arabidopsis**

Κοινά ονόματα του *Arabidopsis* σε διεθνείς γλώσσες

English: Wall cress; mouse-ear cress

German: Schmalwand, Gänsekraut, Thal's Gänsekresse

French: arabette rameuse, arabette des dames

Spanish: arabide

Dutch: zandraket

Danish: gåsemad

Norwegian: vårskrinneblom

Hungarian: lúdfü

Polish: rzodkiewnik

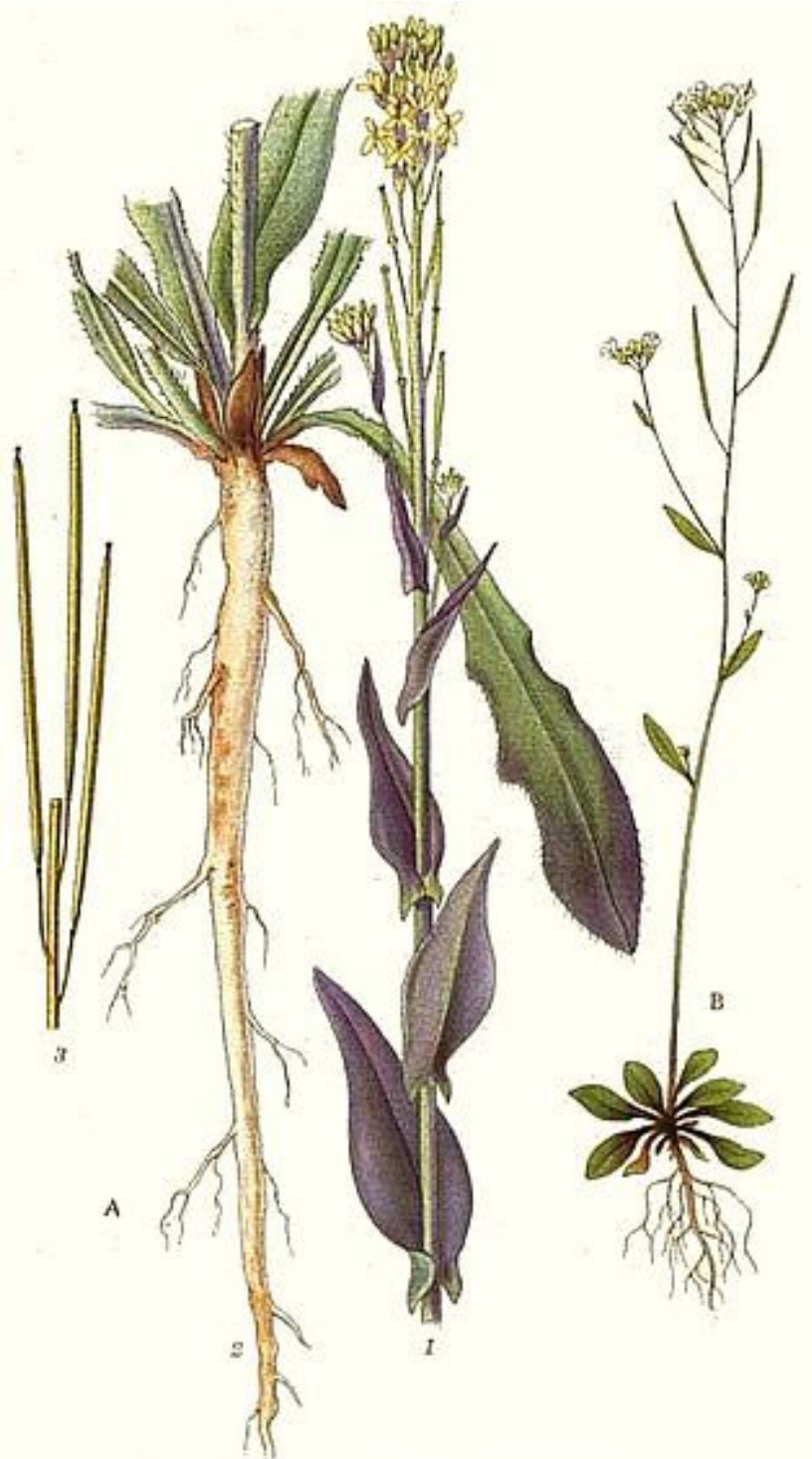
Japanese: shiro-inu-nazuna

Redei, GP. (1992) A heuristic glance at the past of *Arabidopsis* genetics. In *Methods in Arabidopsis Research*, eds C. Koncz, NH Chua, J Schell, Wold Scientific, Singapore pp1-15.

Arabidopsis thaliana

Οικογένεια Brassicaceae

Ανάπτυξη & Βλαστικότητα Σπερμάτων



A. ROCKENTRAV, TURRITIS GLABRA L.

B. BACKTRAV, ARABIDOPSIS THALIANA (L.) SCHUR.

Arabidopsis thaliana

Οικογένεια *Brassicaceae*

Ανάπτυξη φυτών



Τα χαρακτηριστικά του *Arabidopsis thaliana*

Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

1. Μικρό μέγεθος πυρηνικό γονιδίωμα (114.5 Mb/125 Mb total). Είναι το πρώτο φυτό που γνωρίζουμε το γονιδίωμα του (τη χρονιά 2000) να αποτελείται από ~25.500 γονίδια
2. Έχει 5 χρωμοσώματα για τα οποία υπάρχει αναλυτικοί γενετικοί και φυσικοί χάρτες
3. Έχει σύντομο βιολογικό κύκλο (~ 2 μήνες από σπόρο σε σπόρο), επίσης έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας
4. Δίνει σημαντικό αριθμό απογόνων συμβάλλοντας στην γρήγορη ανάλυση γενετικών μεταλλάξεων, μεγάλος αριθμός φυτών μπορεί να αναπτυχθεί σε μικρό χώρο και παρουσιάζει ευκολία στην επικοινωνία
5. Υψηλό ποσοστό γενετικού μετασχηματισμού με το σύστημα *Agrobacterium tumefaciens* και ευκολία στην μεταλλαξογένεση
6. Είναι κοσμοπολίτικο είδος με μεγάλη γεωγραφική κατανομή διατηρώντας γενετικά πολυμορφικούς οικότυπους
7. Υπάρχουν διαθέσιμα από τράπεζες διαχείρισης γενετικού υλικού γενότυποι, μεταλλάξεις, βιοδείκτες και υποστήριξη για βιοπληροφορική ανάλυση
8. Έχει γίνει αποδοχή του ως φυτό πρότυπο από πολυάριθμες ερευνητικές ομάδες (κυβερνητικές ή ακαδημαϊκές) και από ιδιωτικές μονάδες R&D

Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

1. Μικρό μέγεθος πυρηνικό γονιδίωμα (114.5 Mb/125 Mb total). Είναι το πρώτο φυτό που γνωρίζουμε το γονιδίωμα του (τη χρονιά 2000) να αποτελείται από ~25.500 γονίδια

Το 2000 η αποκωδικοποίηση του γονιδιώματος αποτέλεσε
σημαντικό επιστημονικό επίτευγμα

articles NATURE | VOL 408 | 14 DECEMBER 2000 | www.nature.com

Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana*

The Arabidopsis Genome Initiative*

* Authorship of this paper should be cited as 'The Arabidopsis Genome Initiative'. A full list of contributors appears at the end of this paper

The flowering plant *Arabidopsis thaliana* is an important model system for identifying genes and determining their functions. Here we report the analysis of the genomic sequence of *Arabidopsis*. The sequenced regions cover 115.4 megabases of the 125-megabase genome and extend into centromeric regions. The evolution of *Arabidopsis* involved a whole-genome duplication, followed by subsequent gene loss and extensive local gene duplications, giving rise to a dynamic genome enriched by lateral gene transfer from a cyanobacterial-like ancestor of the plastid. The genome contains 25,498 genes encoding proteins from 11,000 families, similar to the functional diversity of *Drosophila* and *Caenorhabditis elegans*—the other sequenced multicellular eukaryotes. *Arabidopsis* has many families of new proteins but also lacks several common protein families, indicating that the sets of common proteins have undergone differential expansion and contraction in the three multicellular eukaryotes. This is the first complete genome sequence of a plant and provides the foundations for more comprehensive comparison of conserved processes in all eukaryotes, identifying a wide range of plant-specific gene functions and establishing rapid systematic ways to identify genes for crop improvement.



#1, #2, #3, #4, #5



#3, #4, #5



#3 & #5



Συμμετοχή Ελληνικής Επιστημονικής Ομάδας στον προσδιορισμό της ακολουθίας του χρωμοσώματος IV του *Arabidopsis thaliana*



Analysis of 1.9 Mb of contiguous sequence from chromosome 4 of *Arabidopsis thaliana*

The EU Arabidopsis Genome Project: M. Bevan¹,
I. Bancroft¹, E. Bent¹, K. Love¹, H. Goodman², C. Dean¹,
R. Bergkamp³, W. Dirkse³, M. Van Staveren³, W. Stiekema³,
L. Drost¹, P. Ridley¹, S.-A. Hudson¹, K. Patel¹, G. Murphy¹,
P. Piffanelli¹, H. Wedler⁴, E. Wedler⁴, R. Wambutt⁴,
T. Weitzenegger⁵, T. M. Pohl⁵, N. Terryn⁶, J. Gielen⁶,
R. Villarroel⁶, R. De Clerck⁶, M. Van Montagu⁶, A. Lecharny⁷,
S. Auborg⁷, I. Gy⁷, M. Kreis⁷, N. Lao⁸, T. Kavanagh⁸,
S. Hempel⁹, P. Kotter⁹, K.-D. Entian⁹, M. Rieger¹⁰,
M. Schaeffer¹⁰, B. Funk¹⁰, S. Mueller-Auer¹⁰, M. Silvey¹¹,
R. James¹¹, A. Montfort¹², A. Pons¹², P. Puigdomenech¹²,
A. Douka¹³, E. Voukelatou¹³, D. Milioni¹³, **P. Hatzopoulos¹³**,
E. Piravandi¹⁴, B. Obermaier¹⁴, H. Hilbert¹⁵,
A. Düsterhöft¹⁵, T. Moores¹⁶, J. D. G. Jones¹⁶, T. Eneva¹⁷,
K. Palme¹⁷, V. Benes¹⁸, S. Rechman¹⁸,
W. Ansorge¹⁸, R. Cooke¹⁹, C. Berger¹⁹, M. Delseny¹⁹,
M. Voet²⁰, G. Volckaert²⁰, H.-W. Mewes²¹, S. Klosterman²¹,
C. Schueller²¹ & N. Chalwatzis²¹

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Βιοτεχνολογίας
Εργαστήριο Μοριακής Βιολογίας
Πολυδεύκης Χατζόπουλος



NATURE | VOL 391 | 29 JANUARY 1998

Το μέγεθος και χαρακτηριστικά του γονιδιώματος του *Arabidopsis thaliana*
σε σχέση με γονιδιώματα άλλων οργανισμών

Organism	Size (mil. bp)	Genes	Gene density	Chromos
<i>Homo sapiens</i>	2900	~30,000	1/100 Kb	46
<i>Rattus norvegicus</i>	2,750	~30,000	1/100 Kb	42
<i>Mus musculus</i>	2500	~30,000	1/100 Kb	40
<i>Drosophila melanogaster</i>	180	13,600	1/9 Kb	8
<i>Arabidopsis thaliana</i>	125	25,500	1/4 Kb	5
<i>Caenorhabditis elegans</i>	97	19,100	1/5 Kb	6
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	12	6300	1/2 Kb	16
<i>Escherichia coli</i>	4.7	3200	1/1,4 Kb	1
<i>H. influenzae</i>	1.8	1700	1/1 Kb	1



Πλέον, είναι γνωστό ή βρίσκεται σε εξέλιξη η ανάλυση του γονιδιώματος πολλών φυτών οικονομικής σημασίας

Rosids

• Brassicaceae

- *Arabidopsis lyrata*, model plant (2011^[17])
- *Arabidopsis thaliana* Ecotype: Columbia, model plant (2000^[18])
- *Brassica napus*, oil plant (2009^[19]) → Ελαιοκράμβη
- *Brassica rapa*, Crop and model organism (2011^[20])
- *Thellungiella parvula*, *Arabidopsis* relative with high salt tolerance (2011^[21])

• Cannabaceae

- *Cannabis sativa*, Hemp and marijuana production (2011^[22]) → Κάνναβη

• Cucurbitaceae

- *Cucumis sativus* 'Chinese long' inbred line 9930, vegetable crop (2009^[23]) → Αγγουριά

• Euphorbiaceae

- *Jatropha curcas* Palawan, bio-diesel crop (2010^[24])
- *Ricinus communis*, oilseed crop (2010^[25])

• Fabaceae

- *Cajanus cajan*, var. Asha, model legume (2012^{[26][27]})
- *Glycine max* var. Williams 82, protein and oil crop (2010^[28]) → Σόγια
- *Lotus japonicus*, model legume (2008^[29])
- *Medicago truncatula*, model legume (2011^[30])

• Malvaceae

- *Corchorus olitorius*, fibre plant (2010^{[31][32][33]})
- *Theobroma cacao*, flavouring crop (2010^{[34][35]}) → Κακάο

• Myrtaceae

- *Eucalyptus grandis*, Fibre and timber crop (2011^[36])#

• Rosaceae

- *Fragaria vesca*, fruit crop (2011^[37]) → Φράουλα
- *Malus domestica* "Golden Delicious", fruit tree (2010^{[38][39][40]}) → Μηλιά

Πλέον, είναι γνωστό ή βρίσκεται σε εξέλιξη η ανάλυση του γονιδιώματος πολλών φυτών οικονομικής σημασίας

Asterids

- **Solanaceae**

- *Solanum lycopersicum*, tomato cultivar 'Heinz 1706' (2011^[43] 2012^[44]) → Ντομάτα
- *Solanum pimpinellifolium*, closest wild relative to tomato (draft 2012^[44])
- *Solanum tuberosum*, potato (2011^[45]) → Πατάτα

Monocots

- *Brachypodium distachyon*, model monocot (2010^[46])
- *Elaeis guineensis*, oil palm (2007^[47])
- *Hordeum vulgare*, barley (2012^[48]) → Κριθάρι
- *Musa acuminata*, banana (2012^[49]) → Μπανάνα
- *Oryza sativa* ssp *indica*, crop and model organism (2002^[50])
- *Oryza sativa* ssp *japonica*, crop and model organism (2002^[51]) → Ρύζι
- *Oryza glaberrima* var CG14, west-African species of rice (2010^[52])
- *Phoenix dactylifera*, fruit tree (palm) (2011^[53])
- *Sorghum bicolor* genotype BTx623, crop (2009^[54])
- *Triticum aestivum* cv. 'Chinese Spring', cereal crop (2010^[55]) → Σιτάρι
- *Zea mays* ssp *mays* B73, cereal crop (2009^[56]) → Καλαμπόκι

Το *Arabidopsis thaliana* άνοιξε το δρόμο
για τη μελέτη άλλων φυτικών ειδών ως μοντέλα

Μονοκότυλα

Zea mays

Oryza sativa

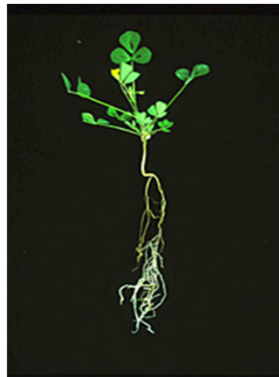


Δικότυλα

Lotus japonicus

Antirrhinum majus

Pisum sativum



Arabidopsis thaliana

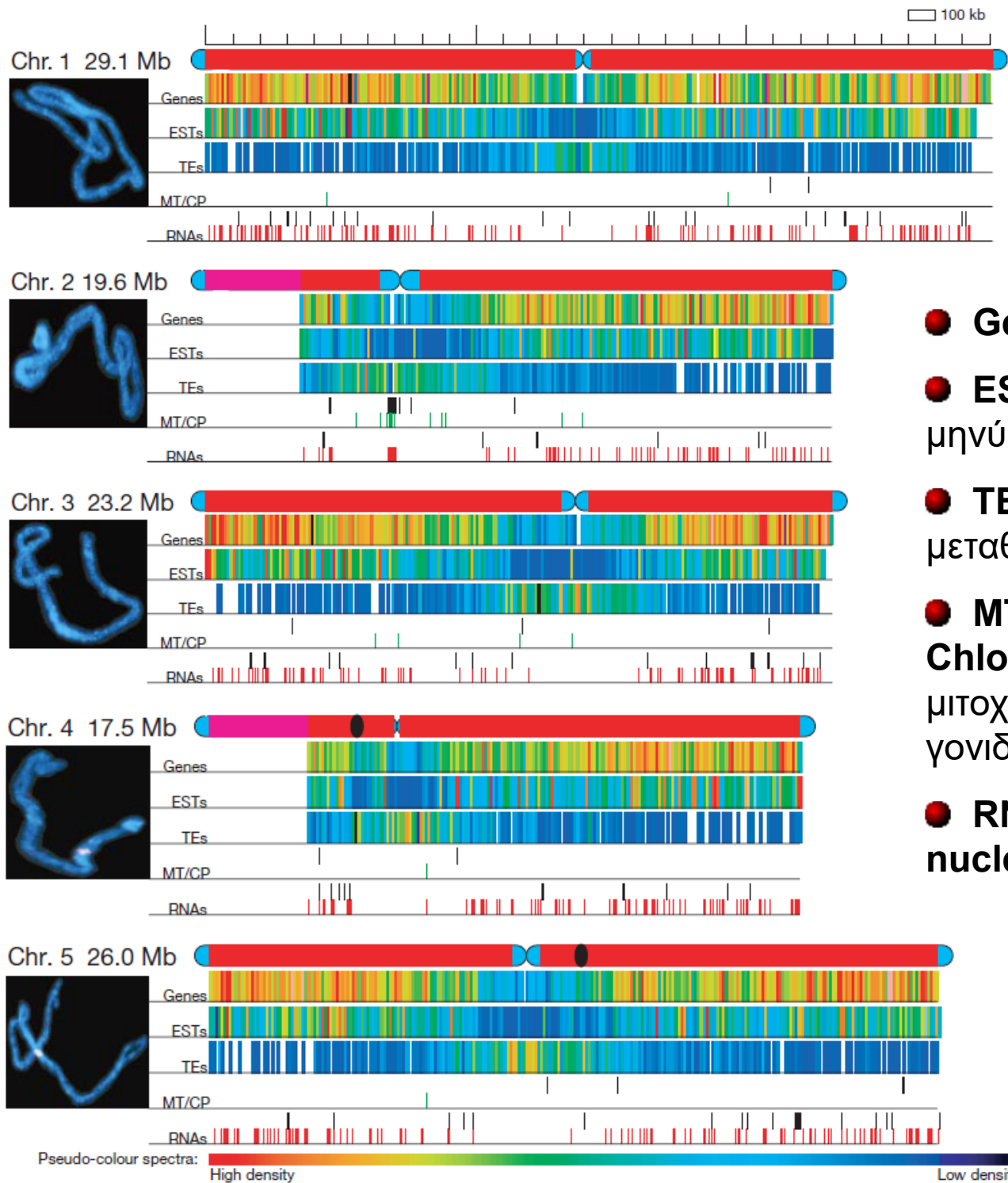
Medicago truncatula

Lycopersicon esculentum

Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

2. Έχει 5 χρωμοσώματα για τα οποία υπάρχει αναλυτικοί γενετικοί και φυσικοί χάρτες

To *Arabidopsis thaliana* έχει 5 χρωμοσώματα



● **Genes:** γονίδια

● **ESTs (Expressed Sequence Tags):** μηνύματα mRNA

● **TEs (Transposable elements):** μεταθετά στοιχεία

● **MT/CP (Mitochondrial and Chloroplast Insertions):** Ενθέσεις μιτοχονδιακού και χλωροπλαστικού γονιδιώματος

● **RNAs (Transfer RNAs and small nucleolar RNAs):** t-RNA

- Υπάρχει γενετικός χάρτης
- Υπάρχει φυσικός χάρτης
- Χάρτης μοριακών δεικτών:

SSLP: Simple Sequence Length Polymorphism

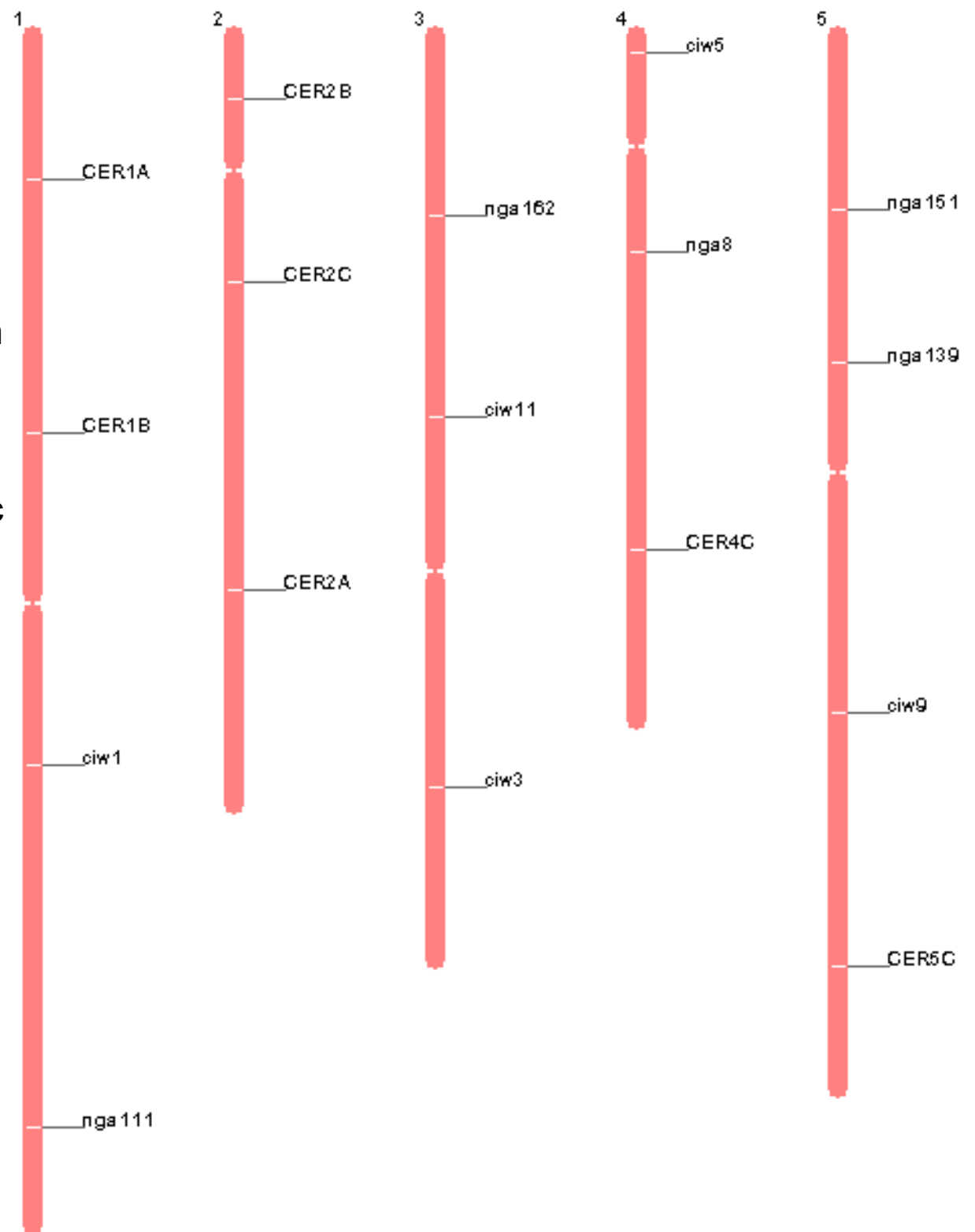
INDEL: Insertion-Deletion

CAPS: Cleaved Amplified Polymorphic Sequences

SNP: Single-Nucleotide Polymorphism

The calculations assume an average 250 kb/cM for Arabidopsis ([Lukowitz et al., 2000](#))

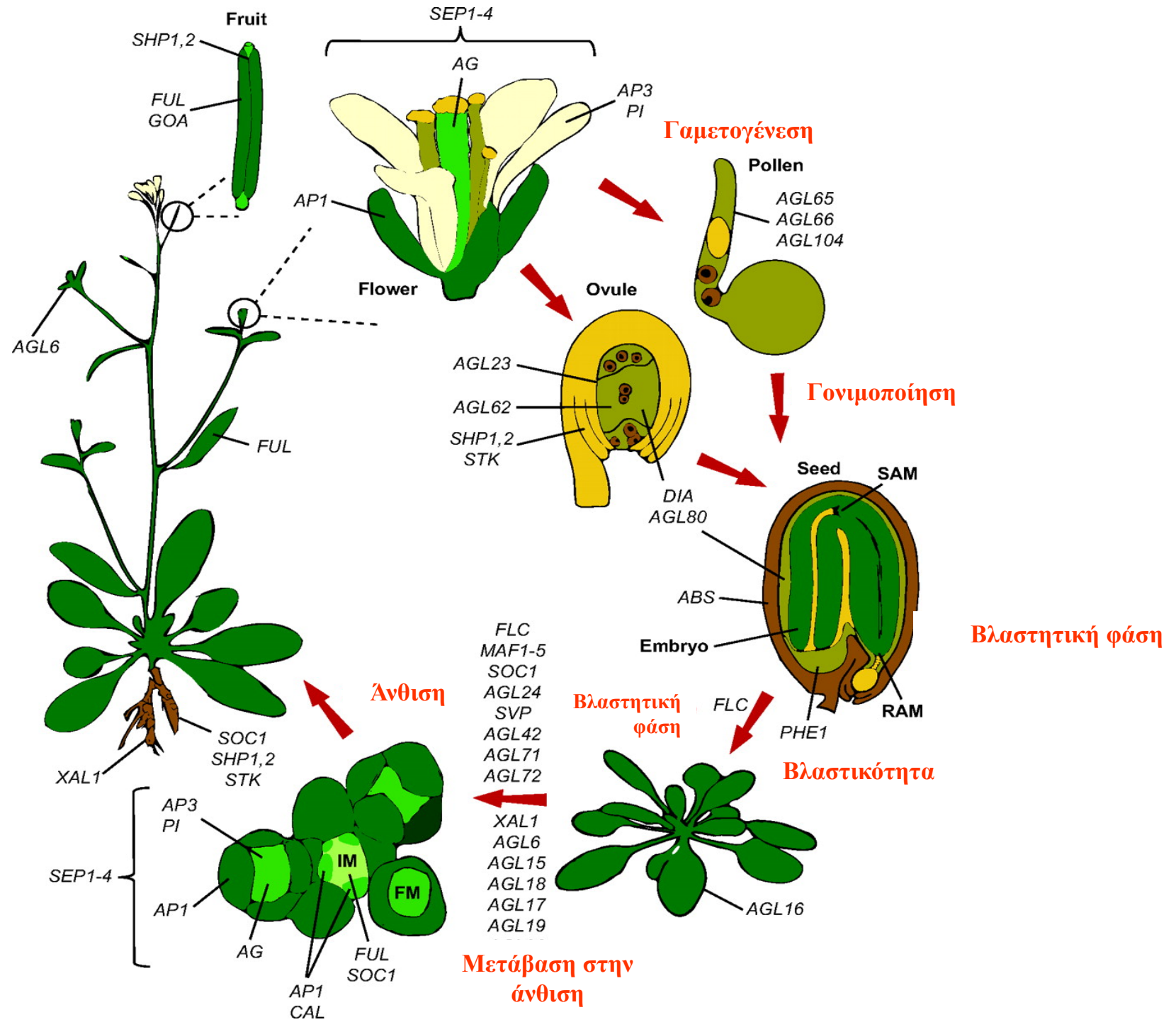
Διασπορά Μοριακών Δεικτών ανά 20cM (centimorgan)



Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

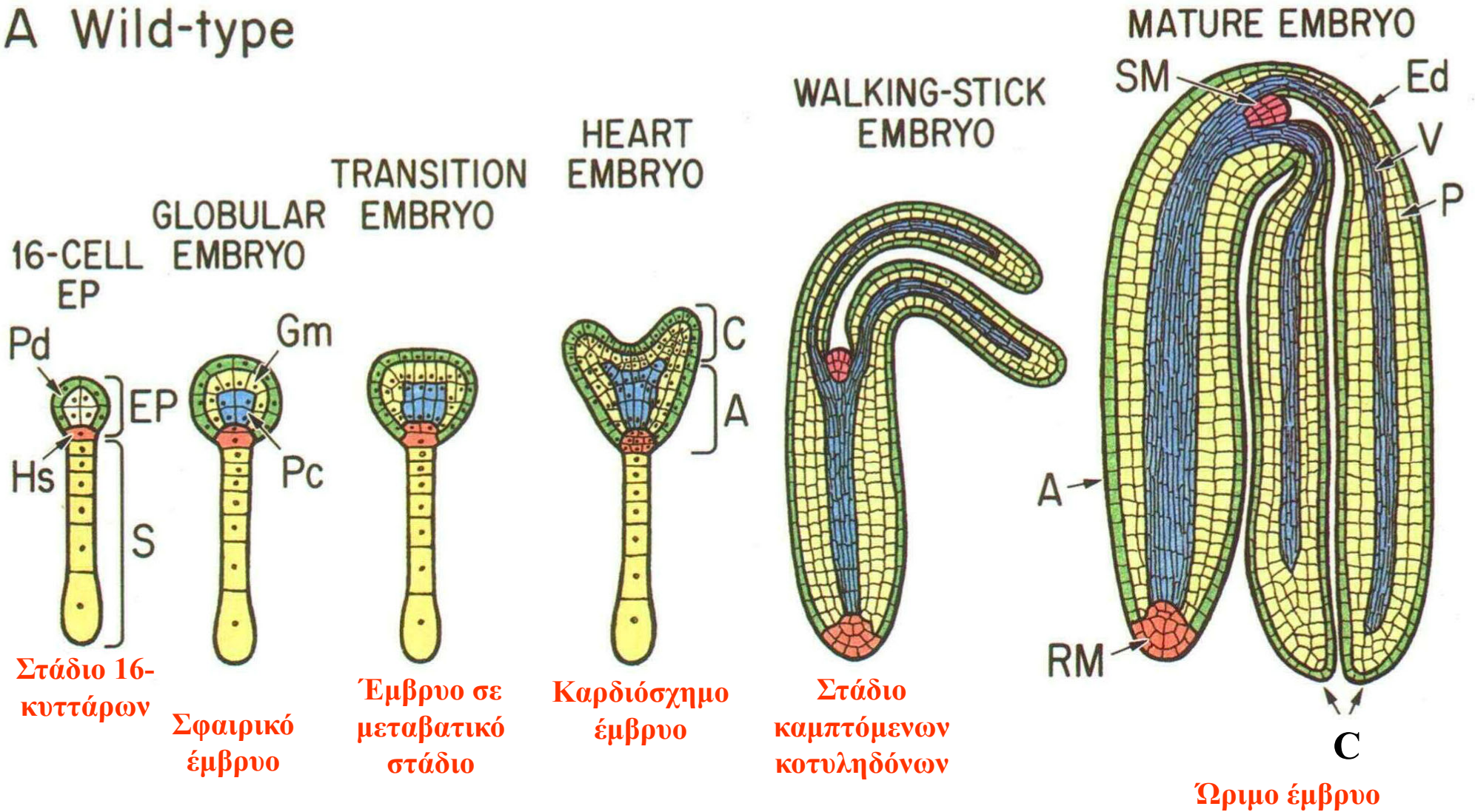
3. Έχει σύντομο βιολογικό κύκλο (~ 2 μήνες από σπόρο σε σπόρο), επίσης έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας

Σύντομος βιολογικός κύκλος (~ 2 μήνες από σπόρο σε σπόρο)

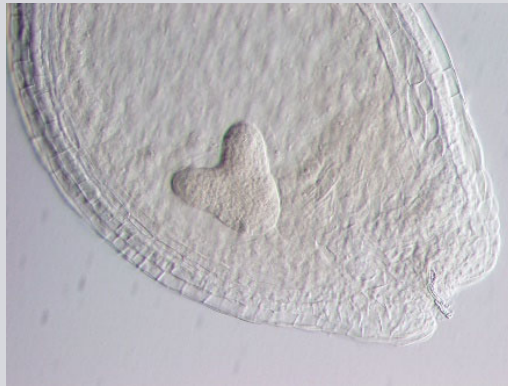


Έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας:
Διακριτά στάδια εμβρυογένεσης

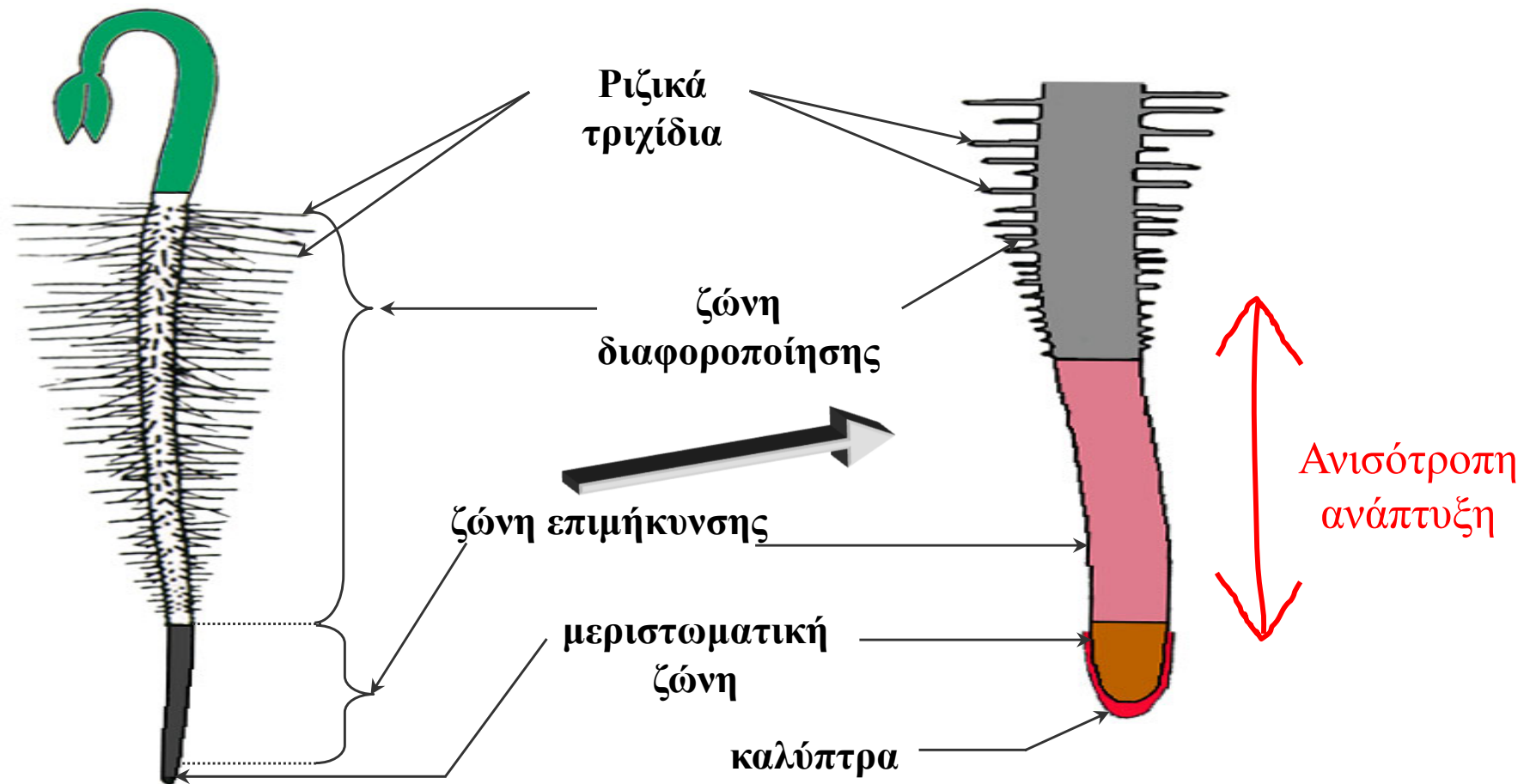
A Wild-type



Έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας:
Διακριτά στάδια εμβρυογένεσης

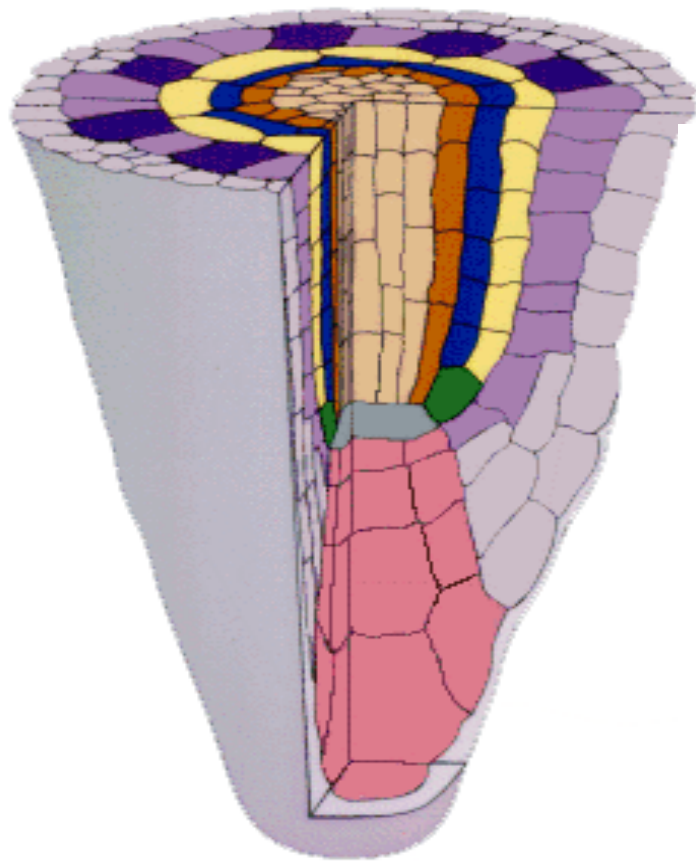


Έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας: Διακριτές ανατομικές ζώνες του ριζικού συστήματος



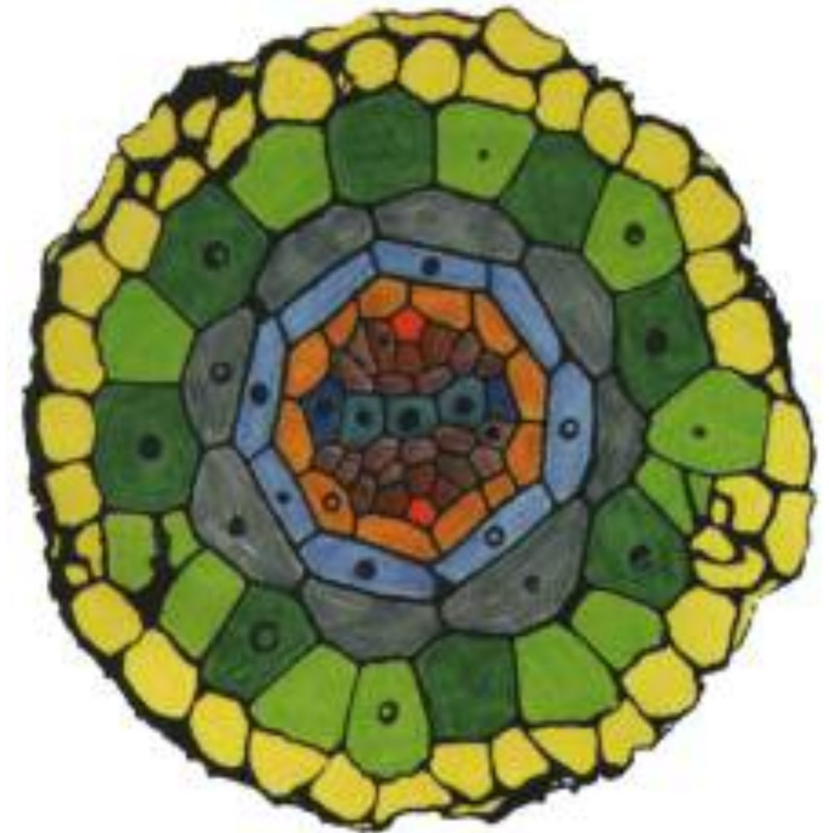
Νεαρό φυτό *Arabidopsis thaliana*. Διακρίνονται οι κύριες ανατομικές ζώνες της ρίζας: **η ζώνη διαφοροποίησης** όπου εμφανίζονται τα ριζικά τριχίδια, **η ζώνη επιμήκυνσης** και **η μεριστωματική ζώνη**. Στην βάση της ρίζας βρίσκεται η **καλύπτρα**.

Έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας: Απλή κυτταρική οργάνωση ρίζας στο *Arabidopsis*



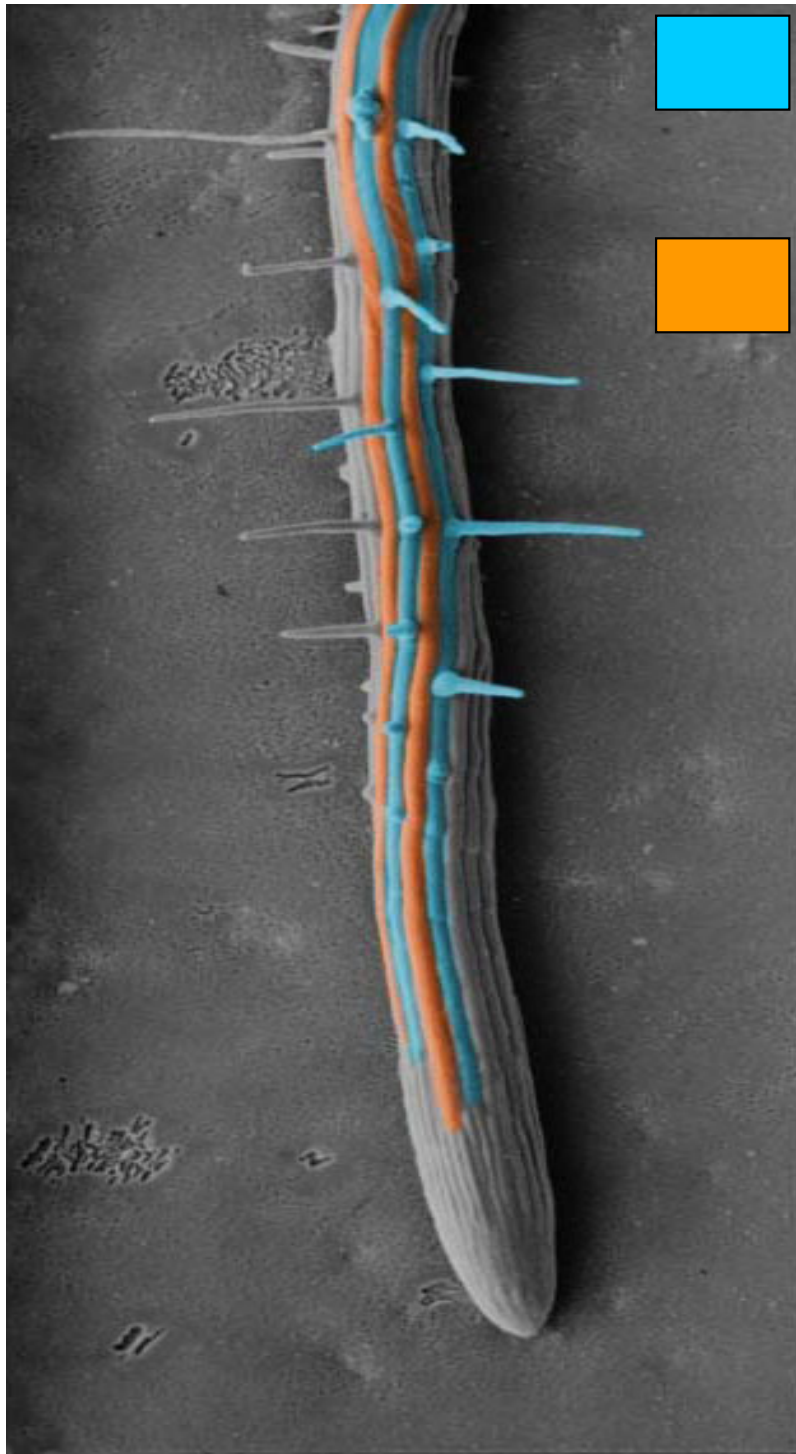
- Οι αγωγοί ιστοί και περικύκλιο
- Αρχικά κύτταρα του φλοιού
- Φλοιός και ενδοδερμίδα
- Επιδερμίδα
- Τριχοβλάστης
- Ατριχοβλάστης
- Πλευρική καλύπτρα
- Καλύπτρα
- Εφησυχάζον κέντρο

Τρισδιάστατη απεικόνιση των κυτταρικών σειρών που οργανώνονται ακτινωτά (**μονοκύτταρες στοιβάδες**) και αποτελούν την πρωτογενή εμβρυακή ρίζα στο φυτό *Arabidopsis thaliana*.



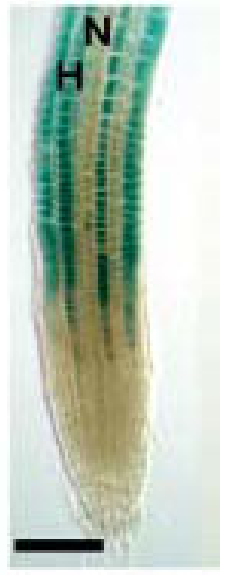
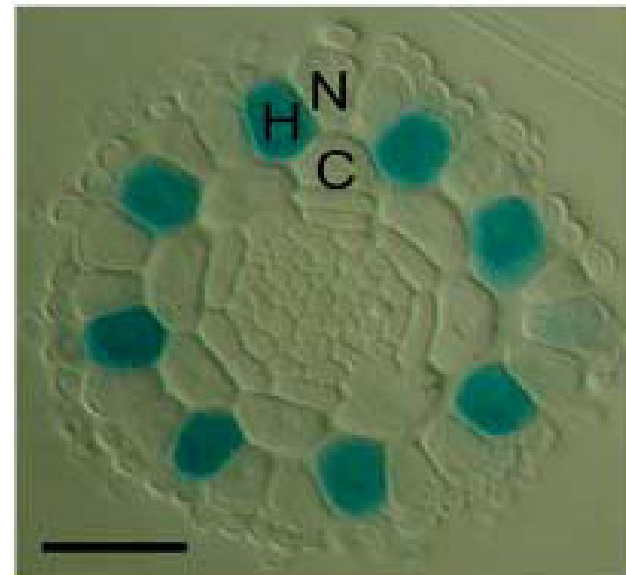
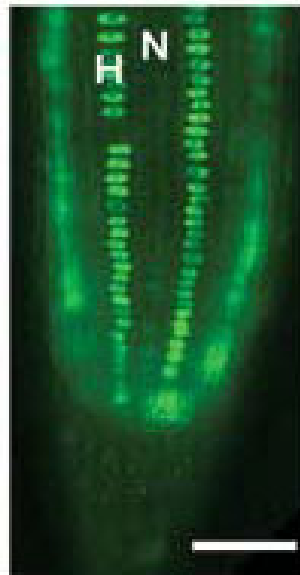
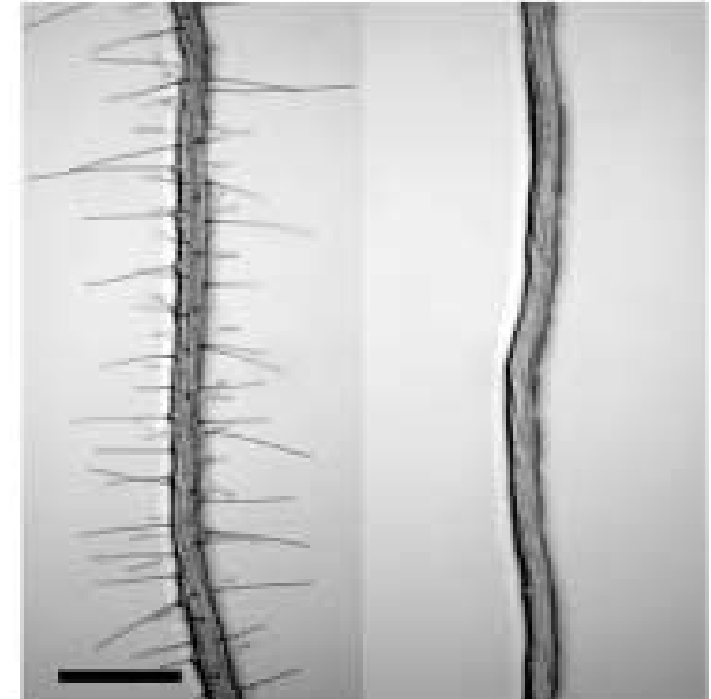
- πλευρική καλύπτρα
- τριχοβλάστης
- ατριχοβλάστης
- αγγεία του ξύλου
- φλοιός
- ενδοδερμίδα
- περικύκλιο
- ηθμοσωλήνας

Έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας: Διακριτές κυτταρικές σειρές
στη ριζική επιδερμίδα (αναπτυξιακό μοντέλο)



Τριχοβλάστες

Ατριχοβλάστες

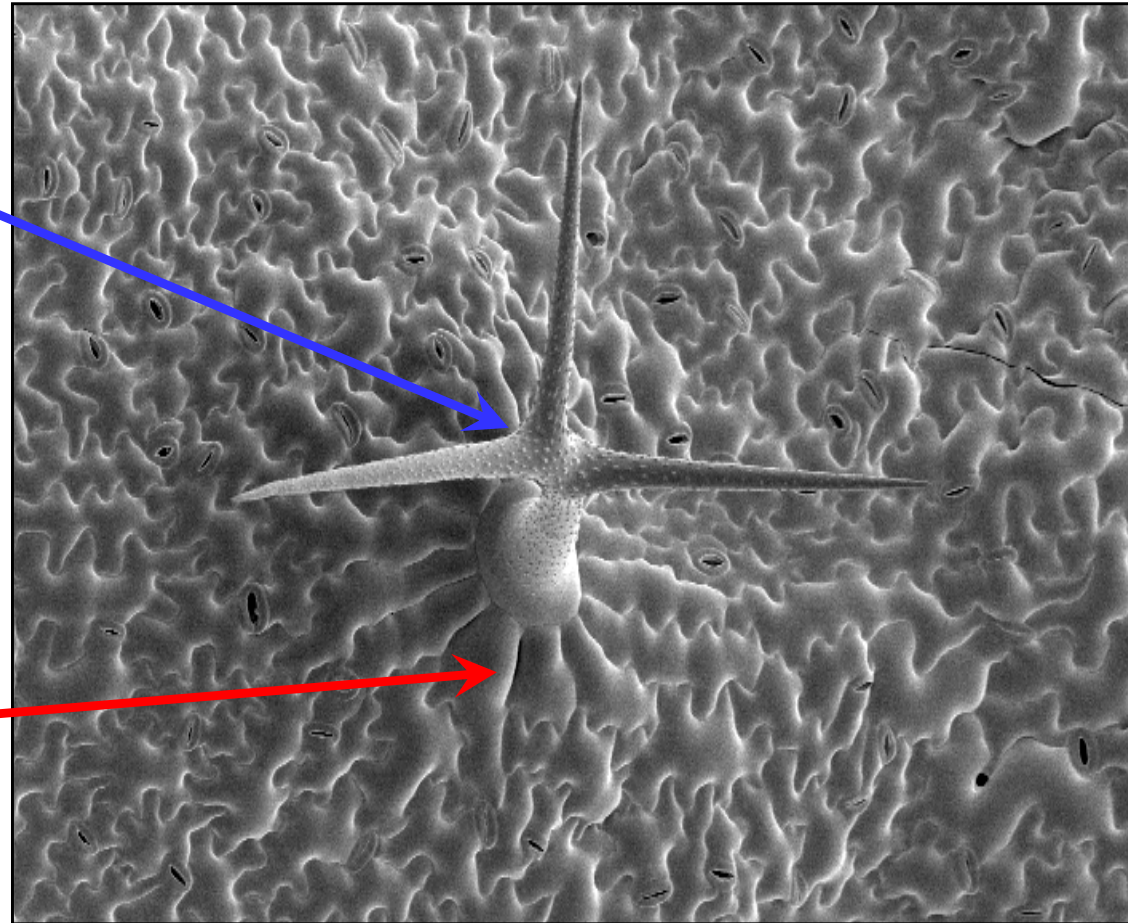


Έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας: Αυστηρό πρότυπο οργάνωσης τριχιδίων στα φύλλα (αναπτυξιακό μοντέλο)

Τριχίδιο φύλλου

Σχήμα: «Y»

Τα κύτταρα που περιβάλλουν τα τριχίδια είναι διογκωμένα και λέγονται **συνοδά κύτταρα**



- Η κατανομή των τριχιδίων στην επιδερμίδα του φύλλου είναι κανονική και όχι τυχαία, διότι οι **αποστάσεις** μεταξύ τους **είναι σταθερές**, ενώ σπάνια οργανώνονται σε ζευγάρια ή σε ομάδες. Μια τέτοια διάταξη με την οποία διασφαλίζεται **η μικρότερη απόσταση** μεταξύ μεμονωμένων δομών ονομάζεται **πρότυπο απόστασης** (spacing pattern) και εξηγεί την **οργάνωση των τριχιδίων στα φύλλα** του *Arabidopsis*.



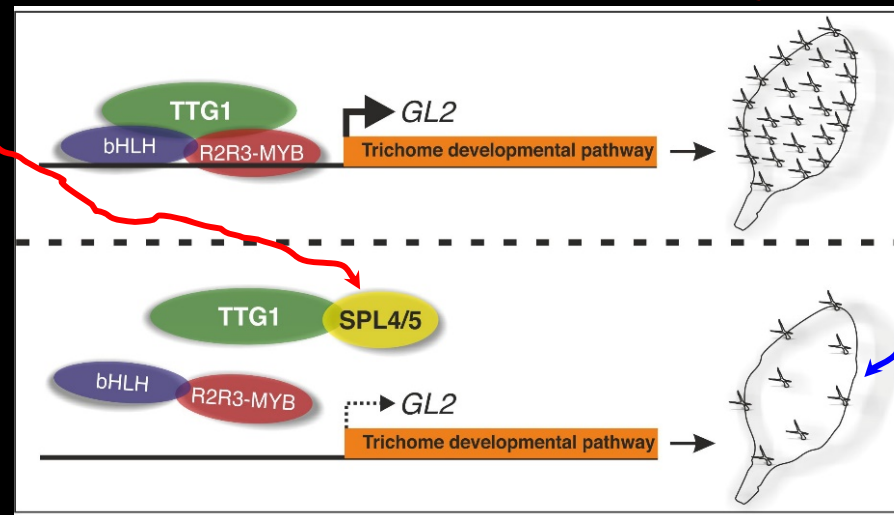
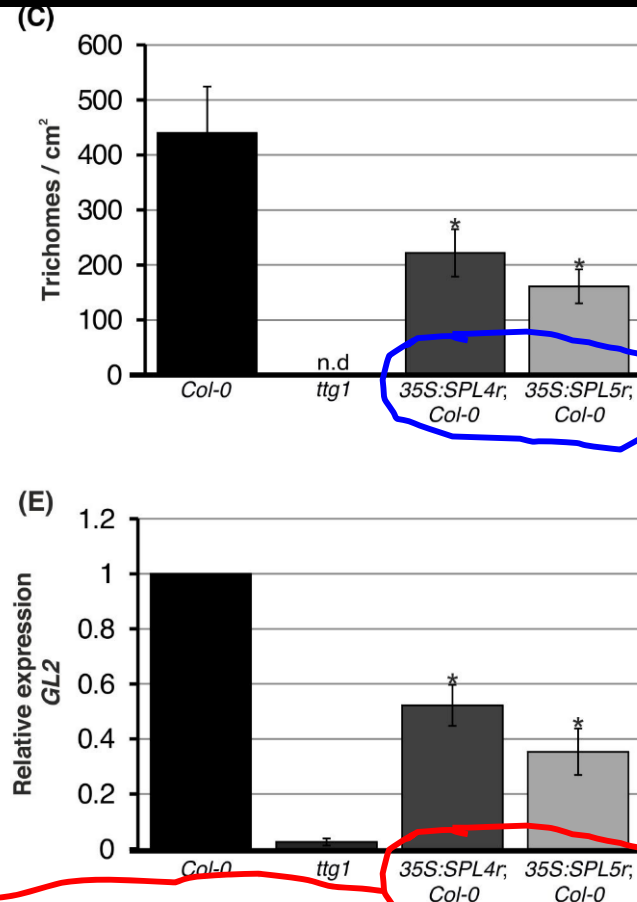
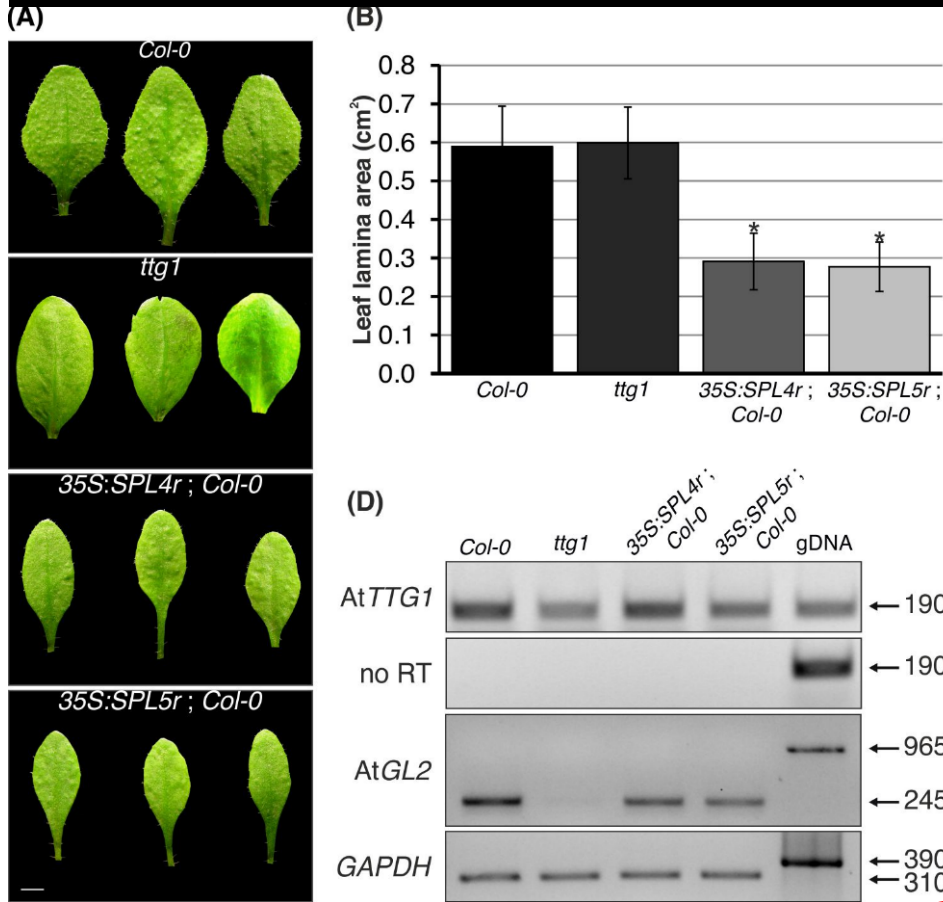
Cistus criticus

Λαβδανιά

Arabidopsis thaliana



Arabidopsis thaliana



Plant Mol Biol (2016) 92:675–687
DOI 10.1007/s11103-016-0538-8



Trichome patterning control involves TTG1 interaction with SPL transcription factors

Eugenia Ioannidi¹ · Stamatis Rigas² · Dikran Tsitsekian² · Gerasimos Daras² · Anastasios Alatzas² · Antonis Makris³ · Georgia Tanou^{1,5} · Anagnostis Argiriou³ · Dimitrios Alexandrou¹ · Scott Poethig⁴ · Polydefkis Hatzopoulos² · Angelos K. Kanellis¹

Έχει τα χαρακτηριστικά των φυτών οικονομικής σημασίας: Απλή μορφολογία άνθους

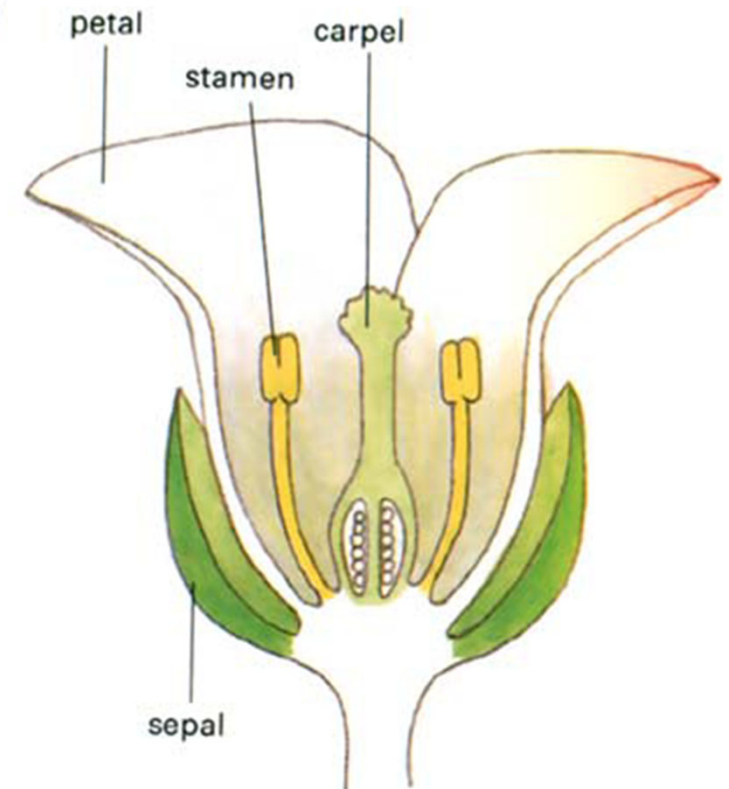
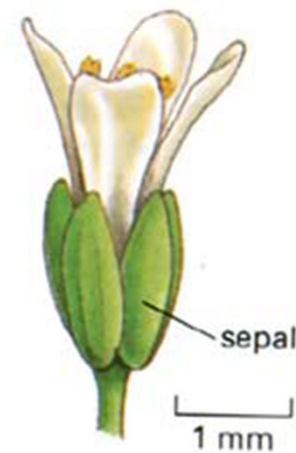
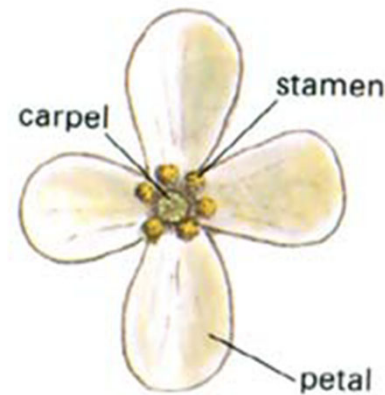
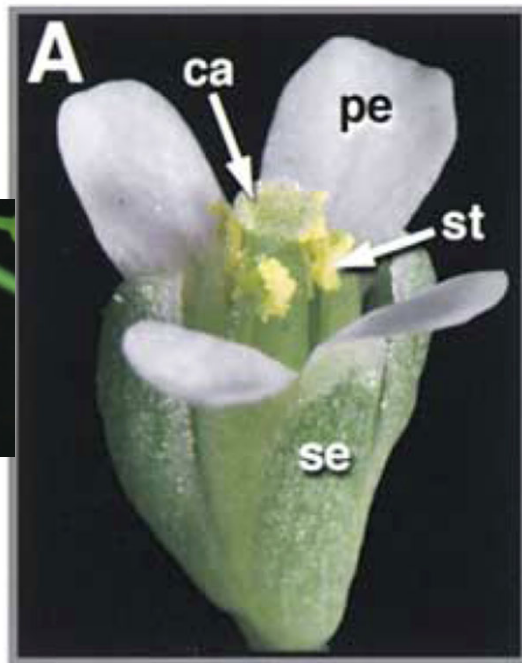
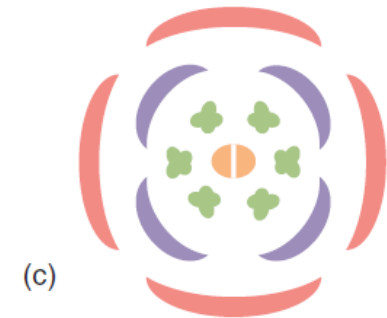
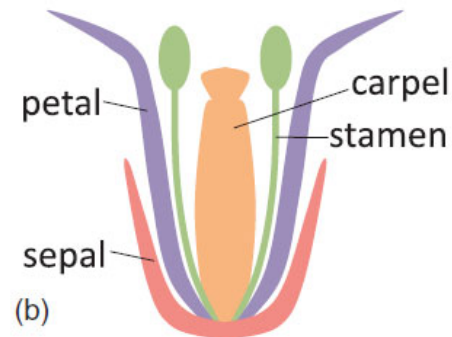


● Σέπαλα (x4)

● Στήμονες ♂ (x6)

● Πέταλα (x4)

● Ύπερος ♀ (x1)

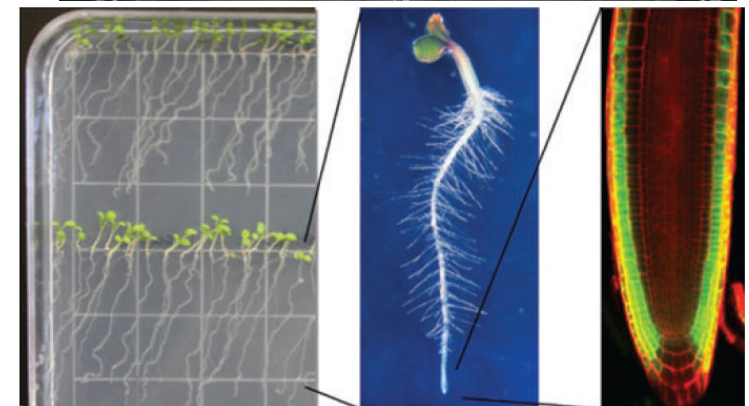


Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

4. Δίνει σημαντικό **αριθμό απογόνων** συμβάλλοντας στην γρήγορη ανάλυση γενετικών μεταλλάξεων, μεγάλος αριθμός φυτών μπορεί να αναπτυχθεί σε **μικρό χώρο** και παρουσιάζει ευκολία **στην επικοινωνία**



- Ανάπτυξη στο χώμα σε θαλάμους
- Ανάπτυξη σε τρυβλία με θρεπτικό μέσο



Γενετικές διασταυρώσεις & Δημιουργία διπλών μεταλλάξεων

♂



♀





Μοντέλο στη Γενετική με την εφαρμογή των Νόμων της Κληρονομικότητας του Mendel (διασταυρώσεις & μεταλλαξογένεση

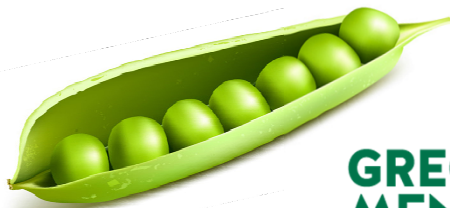
F₁ +/-

F₂	-/-	:	+/-	:	+/+
	25%	:	50%	:	25%

Ομοζυγωτά : Ετεροζυγωτά: Ομοζυγωτά

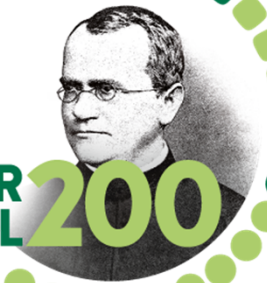
Μετάλλαγμα

Άγριος τύπος



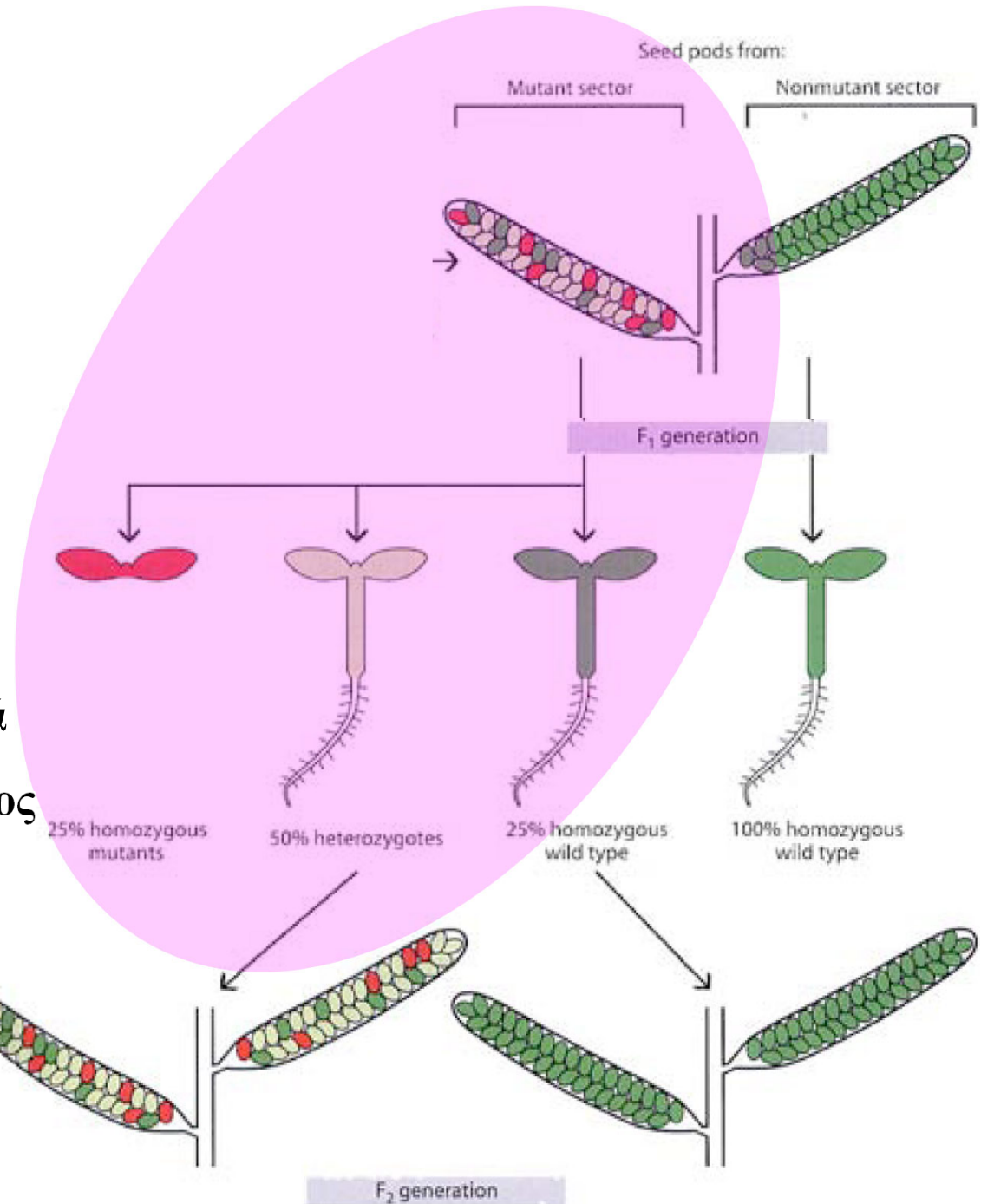
Birth

GREGOR MENDEL 200



Eruq#q#K hlg }hggru#ghdu#R gudx#

20 July 1822



Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

5. Υψηλό ποσοστό γενετικού μετασχηματισμού με το σύστημα *Agrobacterium tumefaciens* και ευκολία στην μεταλλαξογένεση

Βιολογικό Σύστημα *Agrobacterium tumefaciens*:

Σταθερός μετασχηματισμός & ένθεση T-DNA

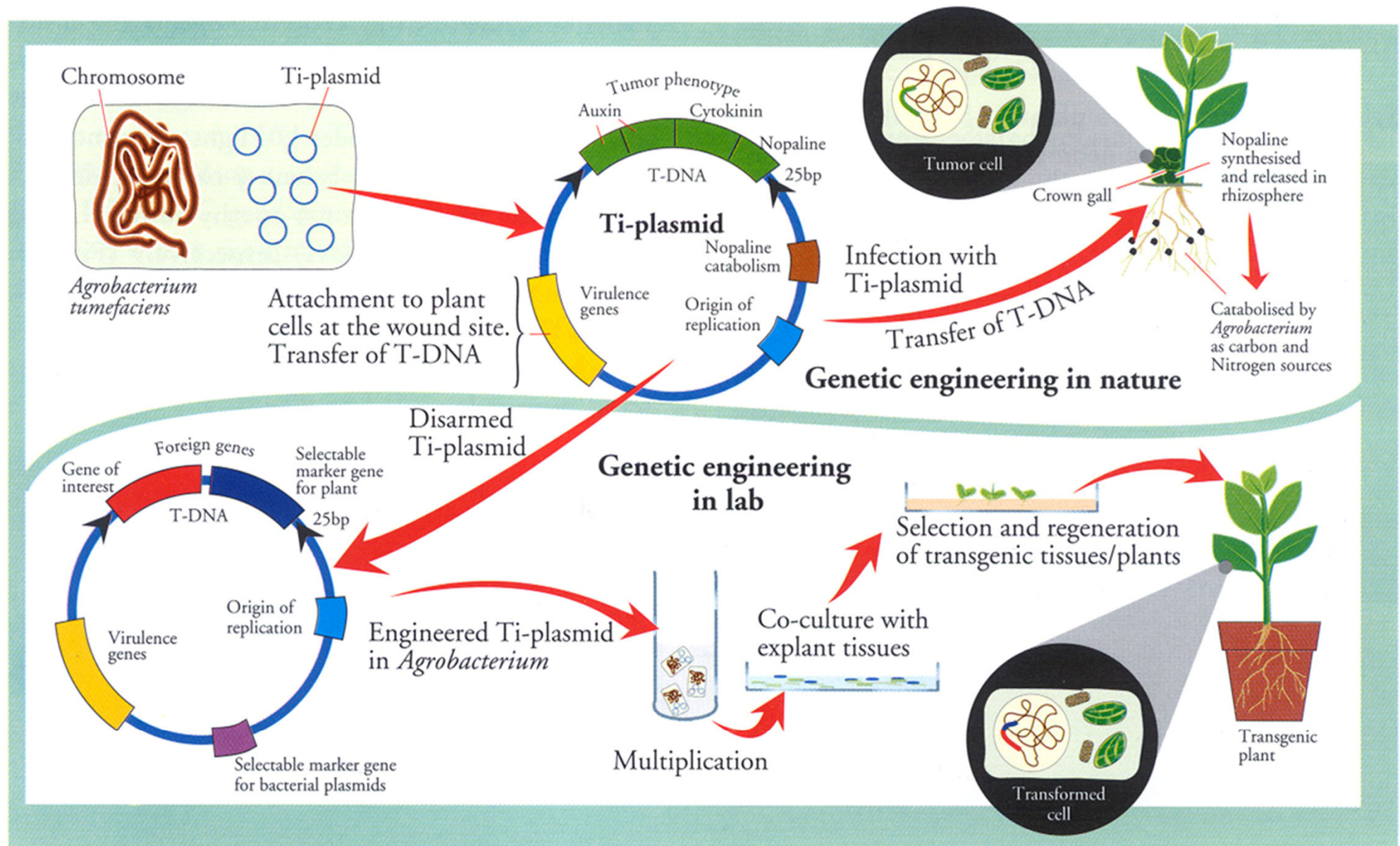
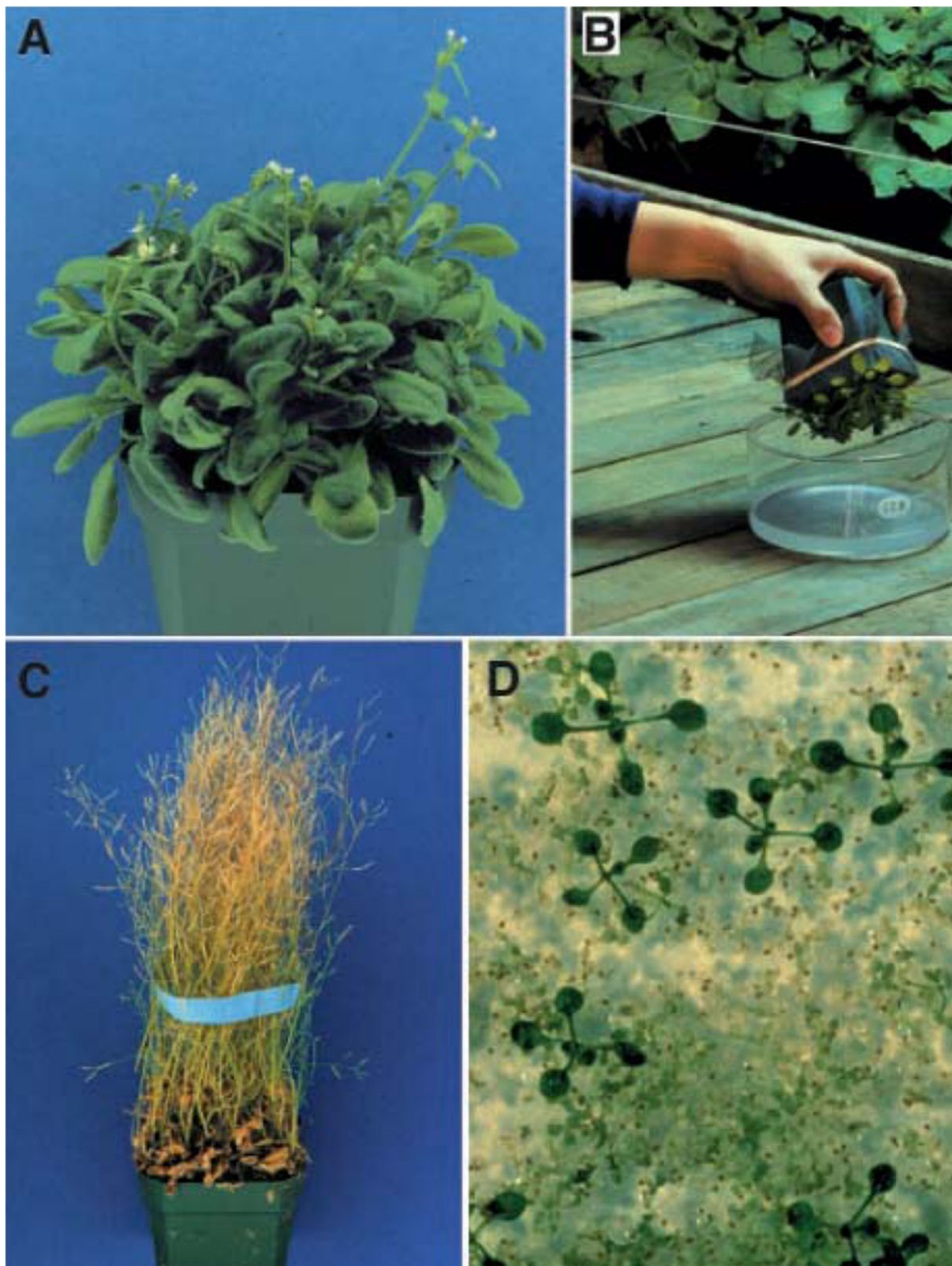


Figure 1 The general features of the wild type Ti-plasmid and the disarmed Ti-plasmid vector and the process of DNA transfer to plant cells by *Agrobacterium tumefaciens*.

In planta μετασχηματισμός του *Arabidopsis thaliana*



A. Ανάπτυξη φυτών

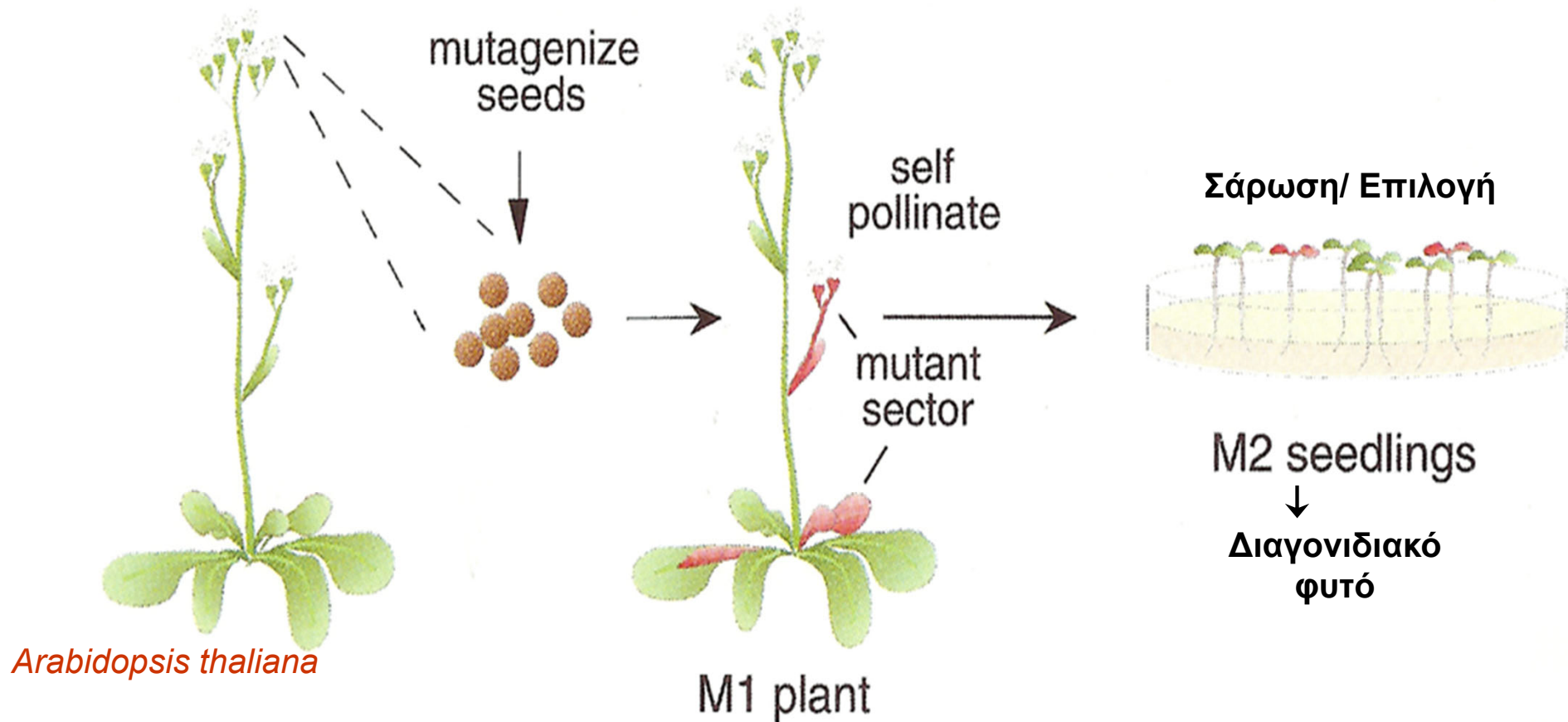
B. Εμβάπτιση σε καλλιέργεια *Agrobacterium tumefaciens*

C. Συλλογή σπερμάτων

D. Επιλογή μετασχηματισμένων φυτών

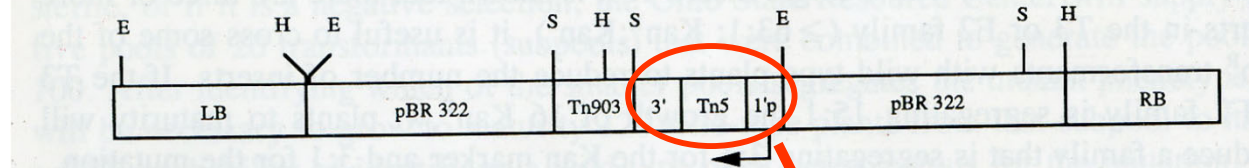


Η διαδικασία περιλαμβάνει μετασχηματισμό γαμετικών κυττάρων που στην επόμενη γενιά θα δημιουργήσουν σταθερά διαγονιδιακά φυτά



- M_1 : Mutagenized 1 Generation/ M_1 Μεταλλαγμένη Γενιά
- M_2 : Mutagenized 2 Generation/ M_2 Μεταλλαγμένη Γενιά (Σταθεροποίηση Διαγονιδίου)

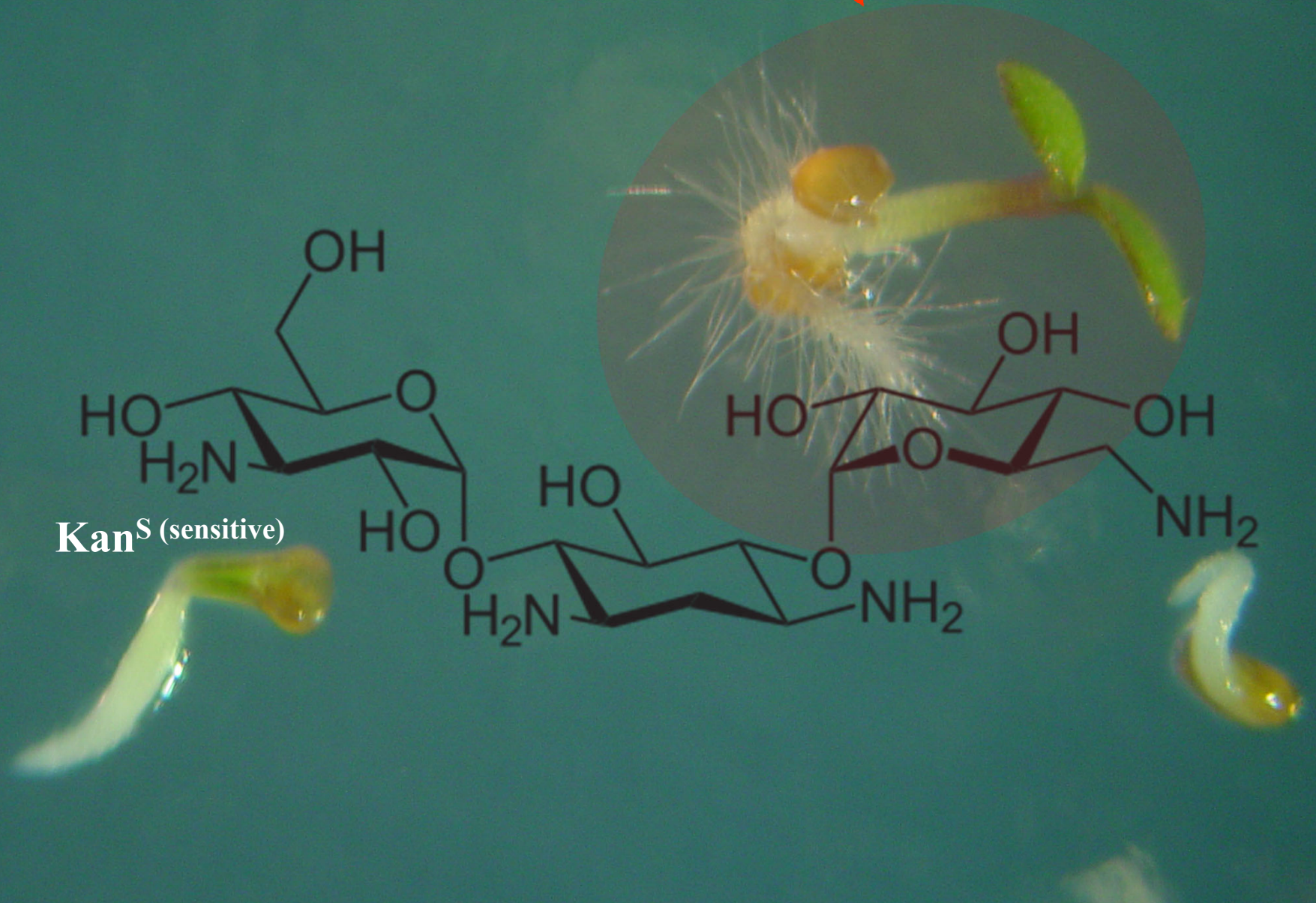
Η επιλογή βασίζεται στην ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά όπως η καναμυκίνη



Tn5: Neomycin phosphotransferase II (NPTII)

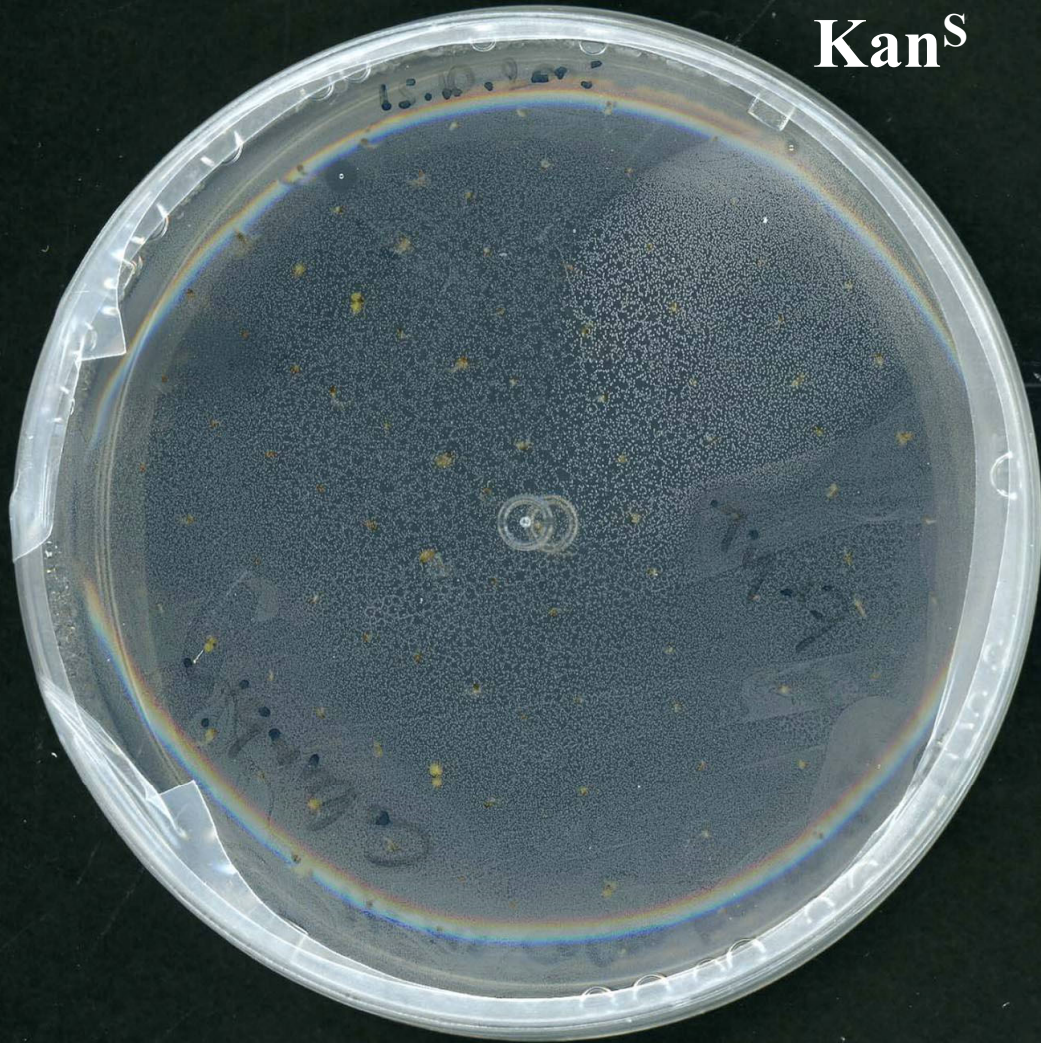
Kan^R (resistant)

Kan^S (sensitive)

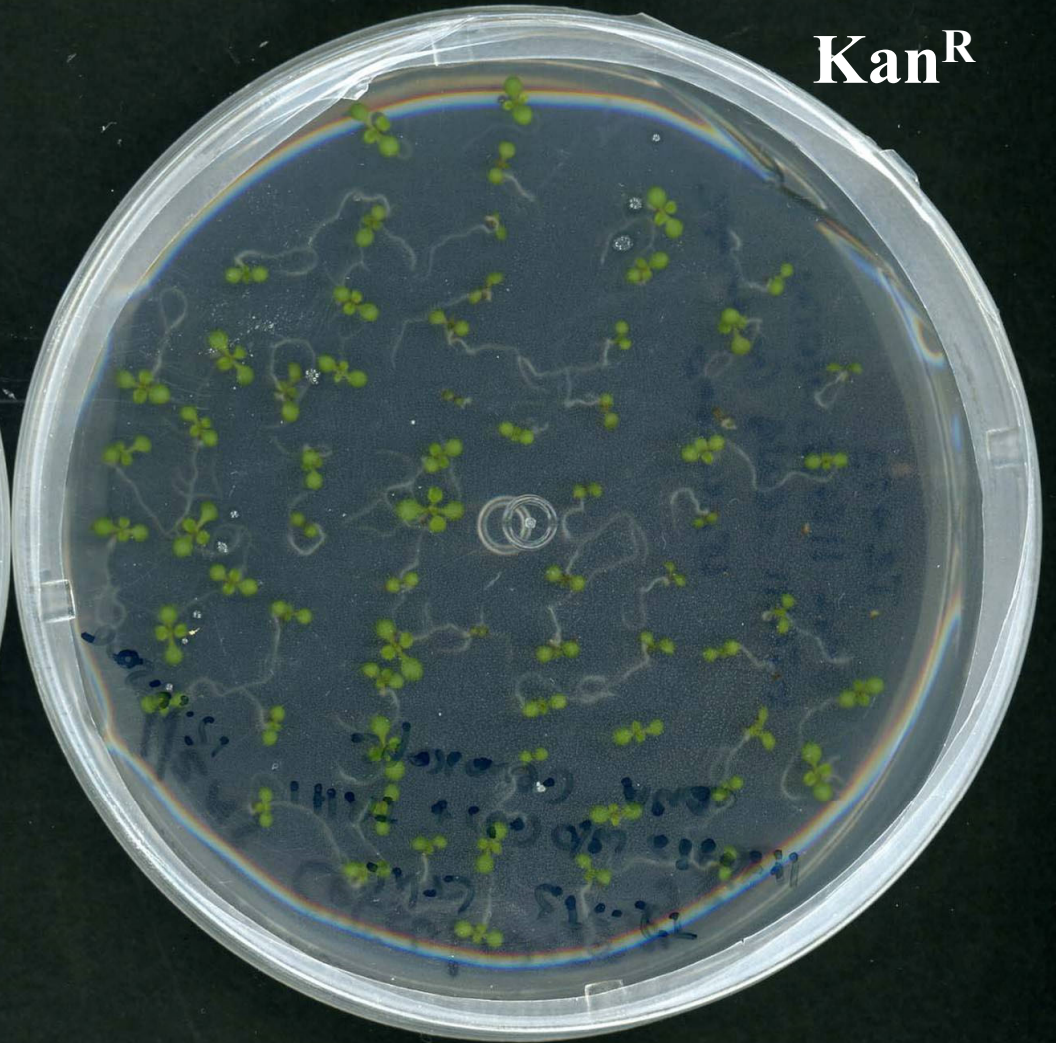


Διάρκεια επιλογής ~10 ημέρες

Kan^S



Kan^R

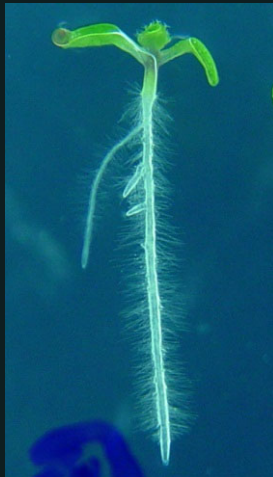


Παραδείγματα μεταλλάξεων με αναπτυξιακές ανωμαλίες

Σπορόφυτα

Άγριος
Τύπος

Μετάλλαγμα



Μετάλλαγμα



Ώριμα φυτά



Άγριος Τύπος



Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

6. Είναι κοσμοπολίτικο είδος με μεγάλη γεωγραφική κατανομή διατηρώντας **γενετικά πολυμορφικούς οικότυπους**

Μοντέλο στη Μοριακή Οικολογία

Ενα είδος *Arabidopsis thaliana* οικ *Brassicaceae* (Σταυρανθές)

Οικότυποι πολλοί:

- Wassilewskija (Ws)
- Columbia (Col-0)
- Landsberg erecta (Ler-0)
- C24
- CVI (Cape Verde Island)

Γεωγραφική απομόνωση - Απόσταση

Διαφορετική Εξέλιξη & Ανάπτυξη Ιδιαίτερων Χαρακτηριστικών

Ανάπτυξη μοριακών πολυμορφισμών

2000 Ολοκλήρωση του Sequencing στο *Arabidopsis* από το Arabidopsis Genome Initiative

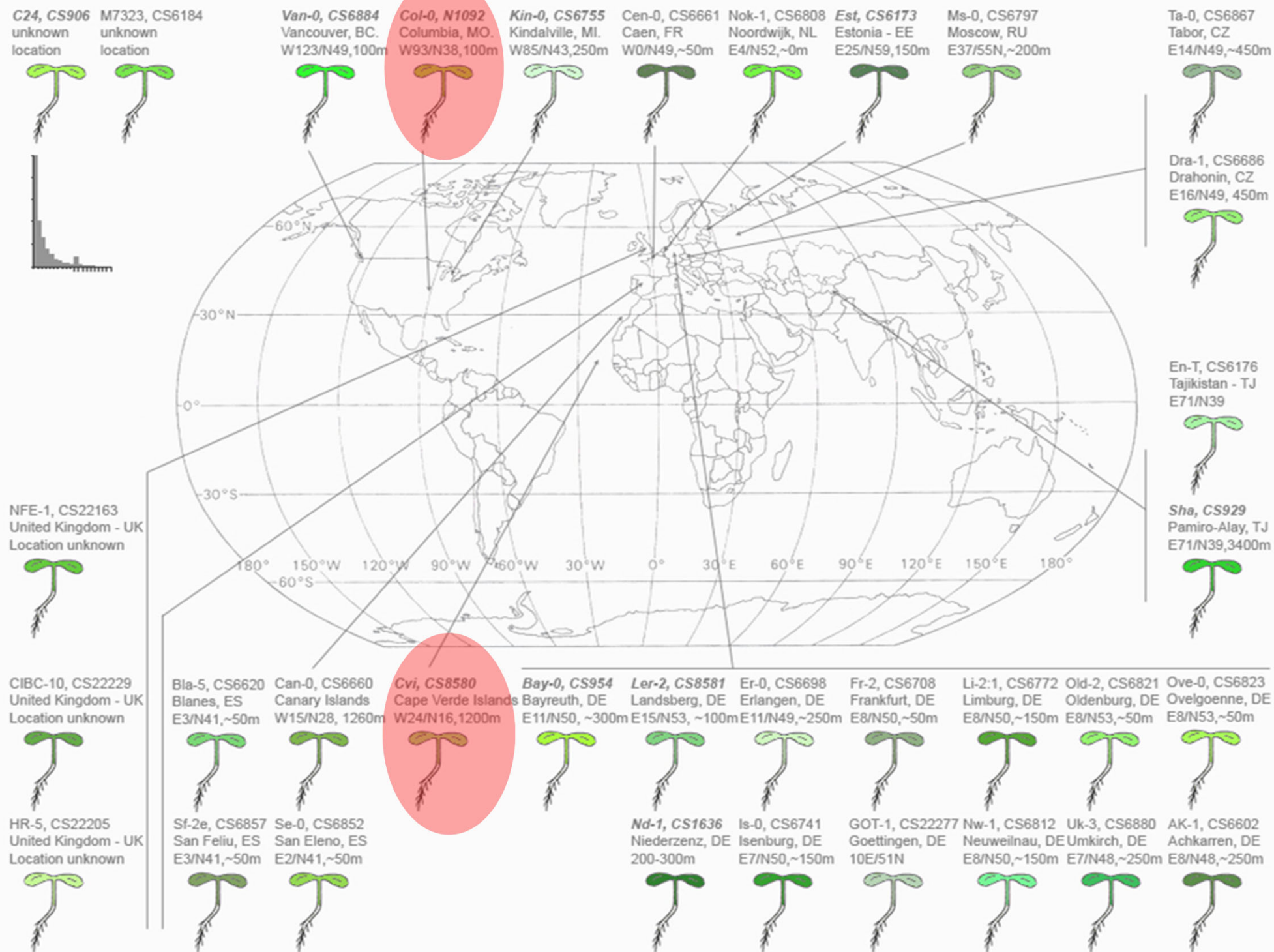
25.500 genes

Εντοπισμός **μοριακών πολυμορφισμών** μεταξύ διαφορετικών Οικοτύπων

A grid of 20 Arabidopsis thaliana plants, each showing a different phenotypic variation. The plants are arranged in a 4x5 grid. The variations include differences in leaf shape (some are more elongated, some are more rounded), leaf arrangement (some are more spread out, some are more compact), and overall plant size and growth habit. The plants are green and set against a black background.

Οικότυποι του

Arabidopsis thaliana



1001 Genomes

A Catalog of *Arabidopsis thaliana* Genetic Variation



The 1001 Genomes Vision

The 1001 Genomes Project, launched at the beginning of 2008, has as a goal to discover the whole-genome sequence variation in 1001 strains (accessions) of the reference plant *Arabidopsis thaliana*. The resulting information is paving the way for a new era of genetics that identifies alleles underpinning phenotypic diversity across the entire genome and the entire species. Each of the accessions in the 1001 Genomes project is an inbred line with seeds that are freely available from the stock centre to all our colleagues. Unlimited numbers of plants with identical genotype can be grown and phenotyped for each accession, in as many environments as desired, and so the sequence information we collect can be used directly in association studies at biochemical, metabolic, physiological, morphological, and whole plant-fitness levels. The analyses enabled by this project will have broad implications for areas as diverse as evolutionary sciences, plant breeding and human genetics.

The complete genome sequences of over 80 accessions have been released in early 2010 by the Max Planck Institute. There are commitments for the remaining accessions, primarily from the Salk Institute, the Gregor Mendel Institute and Monsanto, and we are hoping for completion of the 1001 Genomes project in 2012.



1,135 Genomes Reveal the Global Pattern of Polymorphism in *Arabidopsis thaliana*

Χάρτης καταγωγής/ προέλευσης

Authors

The 1001 Genomes Consortium

Correspondence

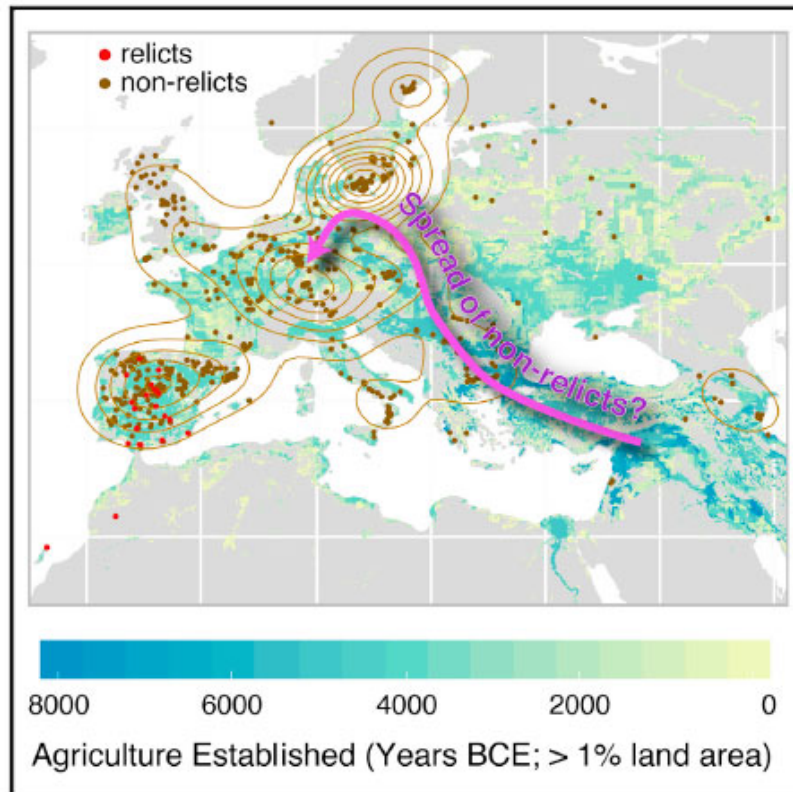
magnus.nordborg@gmi.oeaw.ac.at
(Magnus Nordborg),
weigel@weigelworld.org (Detlef Weigel)

In Brief

Genomic sequencing analysis of over 1,000 natural inbred lines of *Arabidopsis thaliana* reveals its global population structure, migration patterns, and evolutionary history and provides a rich genetic resource for studying phenotypic variation and adaptation.

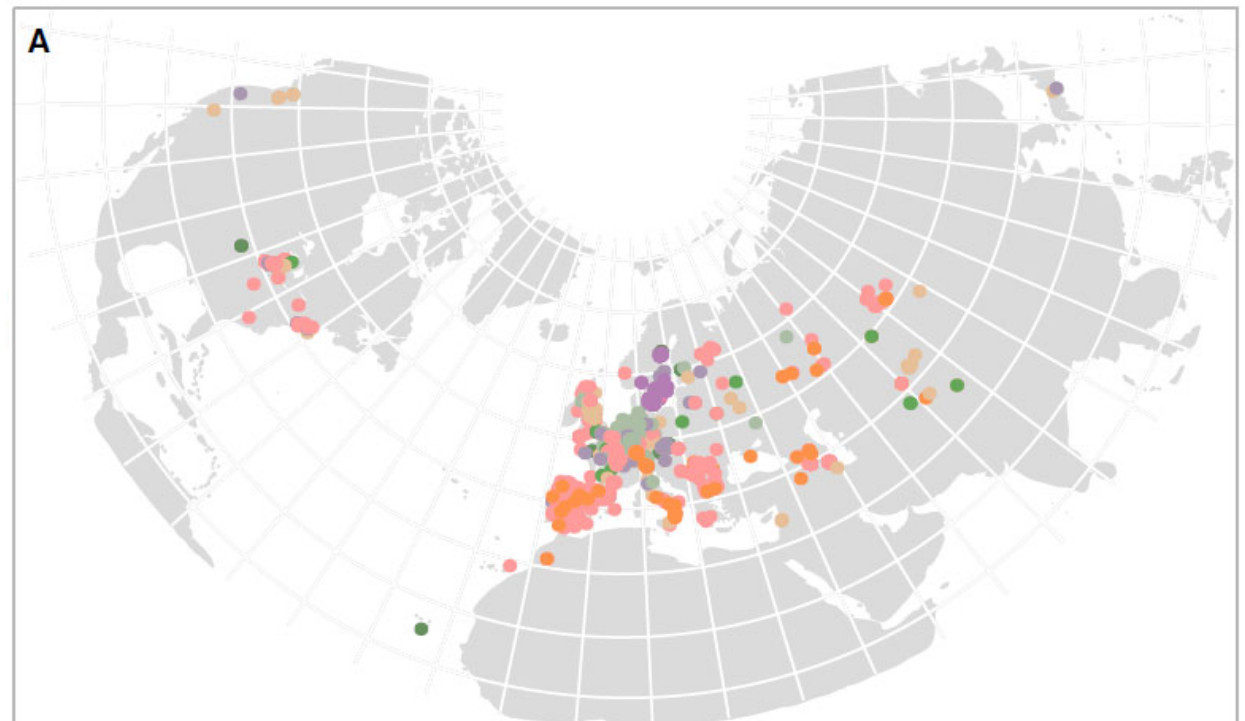
CellPress

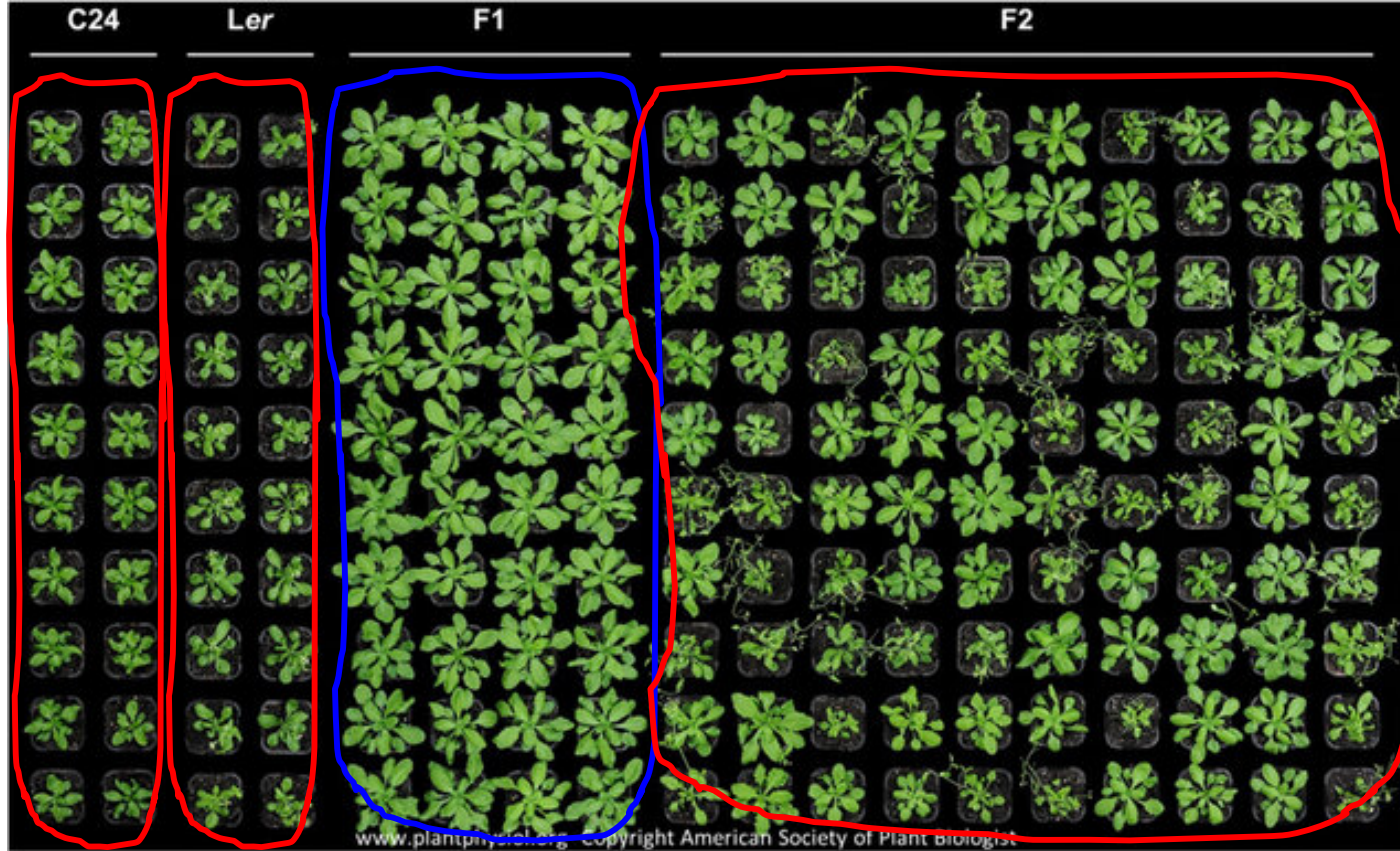
Σημεία συλλογής των 1,135
οικοτύπων/ γονιδιωμάτων



Highlights

- The genomes of 1,135 naturally inbred lines of *Arabidopsis thaliana* are presented
- Relict populations that continue to inhabit ancestral habitats were discovered
- The last glacial maximum was important in structuring the distribution of relicts
- This collection will connect genotypes and phenotypes on a species-wide level



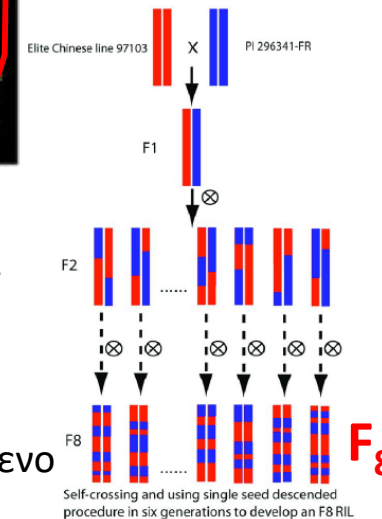


- Το *Arabidopsis* είναι **διπλοειδής οργανισμός** ($2n$)
- Οι οικότυποι είναι **γεωγραφικά απομονωμένοι πληθυσμοί** του ίδιου είδους που παρουσιάζουν **πολυμορφισμούς**, δηλαδή παραλλαγές σε ίδιες θέσεις των χρωσωμάτων
- Οι οικότυποι είναι **καθαρές σειρές, ομομεικτικοί πληθυσμοί** (ομοζυγωτά γονίδια)

Όταν δυο πολυμορφικοί οικότυποι (**C24** και **Ler**) διασταυρωθούν τότε στην **F1** δημιουργούνται **υβρίδια** στα οποία, ως ετεροζυγωτά άτομα, η μια χρωματίδα θα είναι C24 η άλλη χρωματίδα Ler

Συνήθως τα υβρίδια της F1 παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά, όπως ανάπτυξη, βιομάζα ή ευρωστία, από τις πατρικές σειρές (C24 και Ler). Το φαινόμενο λέγεται **ετέρωση (heterosis)**. Τα χαρακτηριστικά αυτά **χάνονται στα άτομα της επόμενης F2 γενιάς**, για αυτό άλλωστε σε πολλές γνωστές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται υβρίδια F1 όπως η ποικιλία Ekstasis F1 Tomato Beef που υπάρχει συχνά στην αγορά

Αδυναμία αναπαραγωγής σπόρων με σταθερά επιθυμητά Χαρακτηριστικά μετά την F1



Hybrid mimics and hybrid vigor in *Arabidopsis*

Li Wang^a, Ian K. Greaves^a, Michael Groszmann^{a,1}, Li Min Wu^a, Elizabeth S. Dennis^{a,b}, and W. James Peacock^{a,b,2}

^aAgriculture, Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation, Canberra, ACT 2601, Australia; and ^bFaculty of Science, University of Technology, Sydney, NSW 2007, Australia

Contributed by W. James Peacock, July 22, 2015 (sent for review June 12, 2015); reviewed by Bernard J. Carroll, Peter Meyer, and Jian Kang Zhu

PNAS | Published online August 17, 2015 | E4959–E4967

<https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1514190112>

Στην Ελλάδα έχουν ταξινομηθεί 3 οικότυποι του *Arabidopsis thaliana*

● Δωρητής: [Maarten Koornneef](#)

Ecotype/Species: Epidaurus

Name	Epidaurus
Abbreviated Name	Epid-1
Tair Accession	SpeciesVariant:5017877801
Type	ecotype

Country	Greece
Location	Epidaurus
Habitat	near museum
Altitude (min/max)	412 /
Latitude (min/max)	37,35,47 N /
Longitude (min/max)	23,04,31 E /

Ecotype/Species: Faneromeni

Name	Faneromeni
Abbreviated Name	Faner-1
Tair Accession	SpeciesVariant:5017877802
Type	ecotype

Country	Greece
Location	Faneromeni
Habitat	road side
Altitude (min/max)	640 /
Latitude (min/max)	37,93,30 N /
Longitude (min/max)	22,22,36 E /

Ecotype/Species: Olympia

Name	Olympia
Abbreviated Name	Olympia-1
Tair Accession	SpeciesVariant:5017877803
Type	ecotype

Country	Greece
Location	Olympia
Habitat	on Olympia ruin
Altitude (min/max)	39 /
Latitude (min/max)	37,38,18 N /
Longitude (min/max)	21,37,48 E /

Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

7. Υπάρχουν διαθέσιμα από τράπεζες διαχείρισης γενετικού υλικού γενότυποι, μεταλλάξεις, βιοδείκτες και υποστήριξη για βιοπληροφορική ανάλυση



The Arabidopsis Information Resource

The Arabidopsis Information Resource (TAIR) maintains a [database](#) of genetic and [molecular biology data](#) for the model higher plant *Arabidopsis thaliana*. Data available from TAIR includes the complete genome sequence along with gene structure, gene product information, metabolism, gene expression, DNA and seed stocks, genome maps, genetic and physical markers, publications, and information about the Arabidopsis research community. Gene product function data is updated every two weeks from the latest published research literature and community data submissions. Gene structures are updated 1-2 times per year using computational and manual methods as well as community submissions of new and updated genes. TAIR also provides extensive linkouts from our data pages to other Arabidopsis resources.

The [Arabidopsis Biological Resource Center](#) at The Ohio State University collects, reproduces, preserves and distributes seed and DNA resources of *Arabidopsis thaliana* and related species. Stock information and ordering for the ABRC are fully integrated into TAIR.



TAIR is located at the [Carnegie Institution for Science Department of Plant Biology](#) and funded by the [National Science Foundation](#) with additional support from TAIR sponsors.



Updates on TAIR funding are available [here](#).

Click here
to try our new online submission form
and submit the molecular function (e.g. *protein kinase*), biological process (e.g. *seed development*), localization (e.g. *plasma membrane*) or interacting partner of your favorite gene



The European Arabidopsis Stock Centre

Seed and information resources.



Catalogue

[Search Catalogue](#)

[Browse Catalogue](#)

HELP

[How to Order](#)

[Ordering FAQ](#)

[Price Information](#)

[Order Progress](#)

[Seed Donation Form](#)

[MTA FAQ](#)

[Webservices](#)

Transcriptomics

[NASCArrays Homepage](#)

[Service](#)

Miscellaneous

[Genome Browser](#)

[RI Map Data](#)

[About plant ontology](#)

Finding your seeds or clones

[Search](#)

[Browse](#)

[Genome Browser](#)

Finding your GeneChip Service

[GeneChips](#)

[Xspecies](#)

New and Useful

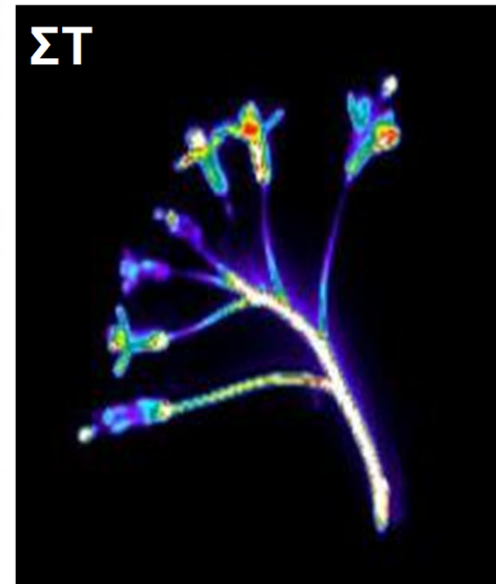
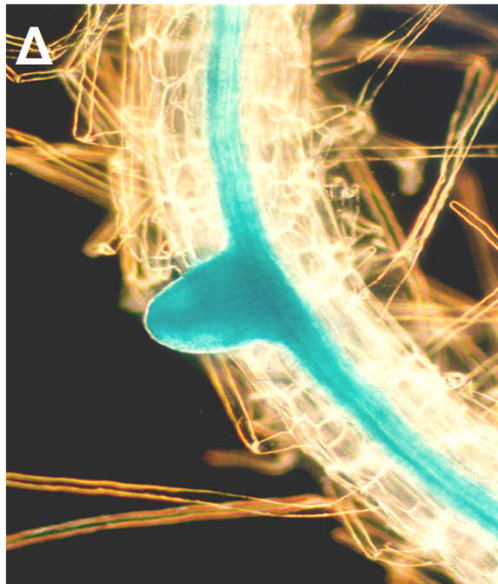
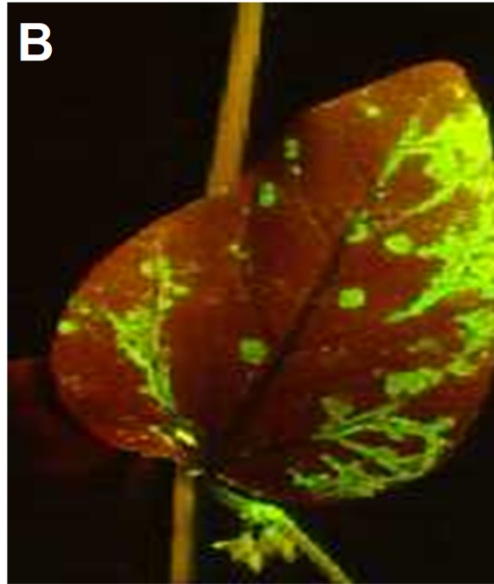
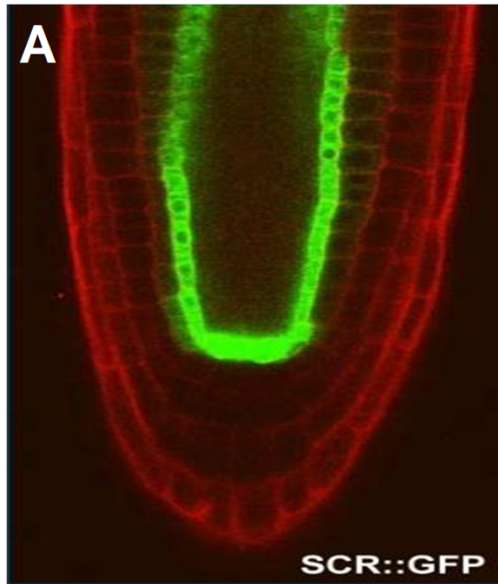
Arabidopsis/Human/rat/mouse **prices** only £250*.

New Arabidopsis chip with TAIR 10 annotation

- [How to reference NASC services](#)
- [Donate Seed](#)
- [Disclaimer / Delivery note](#)

**including both chip and processing, please add VAT.*

Βιοδείκτες & Γονίδια μάρτυρες (reporter genes)



- GUS (β -Glucuronidase)
- GFP (Green Fluorescence Protein)
- Luciferase

Γιατί το *Arabidopsis thaliana*?

8. Έχει γίνει αποδοχή του ως φυτό πρότυπο από πολυάριθμες ερευνητικές ομάδες (κυβερνητικές ή ακαδημαϊκές) και από ιδιωτικές μονάδες R&D

● Καταγραφή που έγινε το **2008** αποκάλυψε πως περισσότερα από **16.000** εργαστήρια στον κόσμο χρησιμοποιούν το *Arabidopsis thaliana* ως μοντέλο αναφοράς στη βιολογία φυτών, με επόμενο μοντέλο το ρύζι στα μονοκότυλα

Σημαντικά χαρακτηριστικά:

1. **Μικρό μέγεθος πυρηνικό γονιδίωμα** (114.5 Mb/125 Mb total). Είναι το πρώτο φυτό που γνωρίζουμε το γονιδίωμα του (τη χρονιά **2000**) να αποτελείται από **~25500 γονίδια**
2. Έχει **5 χρωμοσώματα** για τα οποία υπάρχει αναλυτικοί γενετικοί και φυσικοί χάρτες
3. Έχει **σύντομο βιολογικό κύκλο** (~ 2 μήνες από σπόρο σε σπόρο)
4. Δίνει σημαντικό **αριθμό απογόνων** συμβάλλοντας στην γρήγορη ανάλυση γενετικών μεταλλάξεων ενώ μεγάλος αριθμός φυτών μπορεί να αναπτυχθεί σε **μικρό χώρο**
5. Υψηλό **ποσοστό γενετικού μετασχηματισμού** με το σύστημα *Agrobacterium tumefaciens*
6. Υπάρχουν διαθέσιμα από **τράπεζες διαχείρισης γενετικού υλικού** γενότυποι, μεταλλάξεις και υποστήριξη για βιοπληροφορική ανάλυση
7. Έχει γίνει **αποδοχή** του ως φυτό πρότυπο από πολυάριθμες ερευνητικές ομάδες (κυβερνητικές ή ακαδημαϊκές) και από ιδιωτικές μονάδες R&D

Το φυτό *Arabidopsis thaliana* μοντέλο στην
Μοριακή Βιολογία Ανάπτυξης & Διαφοροποίησης

Δικοτυλήδονο

Οικογένεια Σταυρανθών ***Brassicaceae*** ή ***Cruciferae*** γνωστά καλλιεργούμενα μέλη της κουνουπίδι, λάχανο, σίναπι, ελαιοκράμβη

1. Μικρό βιολογικό κύκλο, <2 μήνες
2. Πολλά σπόρια σε μικρό χώρο και χρόνο
3. Εύκολη μεταλλαξιγένεση
4. Είναι διπλοειδές και έχει 5 χρωμοσώματα
5. Όλα τα κυτταρομορφολογικά & ανατομικά χαρακτηριστικά ενός φυτού μεγάλης καλλιέργειας
6. Το πρώτο από τα φυτά που προσδιορίστηκε η νουκλεοτιδική ακολουθία (sequencing) περίπου 25500 γονίδια

Μεταλλάξεις και Μεταλλαξογέννεση (απλή αναφορά)

Ορισμός: Γονίδιο & Οργάνωση γονιδίου

* Προαγωγέας ή Υποκινητής η ρυθμιστική ακολουθία (Elements)

* Εξόνια Μεταγραφή: NAI

Μετάφραση: NAI

* Ιντρόνια Μεταγραφή: NAI

Μετάφραση: OXI (splicing-μάτισμα)

[εξόνιο]GT.....AG[εξόνιο]

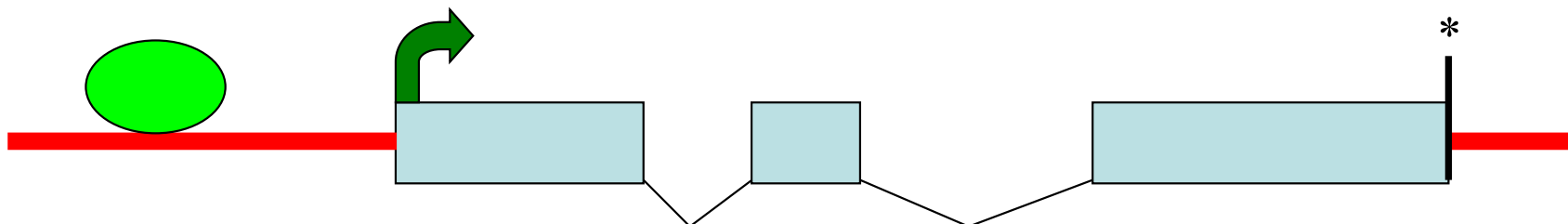
* 5' & 3' UTRs (Untranslated Regions)

* Σημείο Έναρξης της Μεταγραφής (RBS-Ribosome Binding Site)

* Σημείο Έναρξης της Μετάφρασης (Κωδικόνιο έναρξης ATG-Methionine)

* Σημείο Λήξης της Μετάφρασης (Κωδικόνιο λήξης TAA/ TAG / TGA)

Το γονίδιο συμβολίζεται με κεφαλαία πλάγια πχ. *GLABRA2* (GL2)



Μετάλλαξη (Mutation)

Το μετάλλαξη συμβολίζεται με μικρά πλάγια πχ. *glabra2* (*gl2*)

Το δόγμα μοριακής βιολογίας

Ένα γονίδιο

Ένα μήνυμα (mRNA)

Μια πρωτεΐνη

Λειτουργία

Μεταλλαγμένα φυτά: Τροποποίηση του γενετικού υπόβαθρου ενός φυτού είτε με σημειακές μεταλλάξεις είτε με εισαγωγή ενός διαγονιδίου

Γιατί μας ενδιαφέρουν οι μεταλλάξεις?

Διακοπή ή Αλλαγή ενός γονιδίου

για να δούμε φαινότυπο και να ερμηνεύσουμε την λειτουργία

Forward Genetics: Από τη μετάλλαξη στο γονίδιο

Reverse Genetics (Ανάστροφη Γενετική): Από το γονίδιο στη μετάλλαξη

Μετάλλαξη

(Molecular genetics)



Φαινότυπος

(Developmental biology)



Γονίδιο

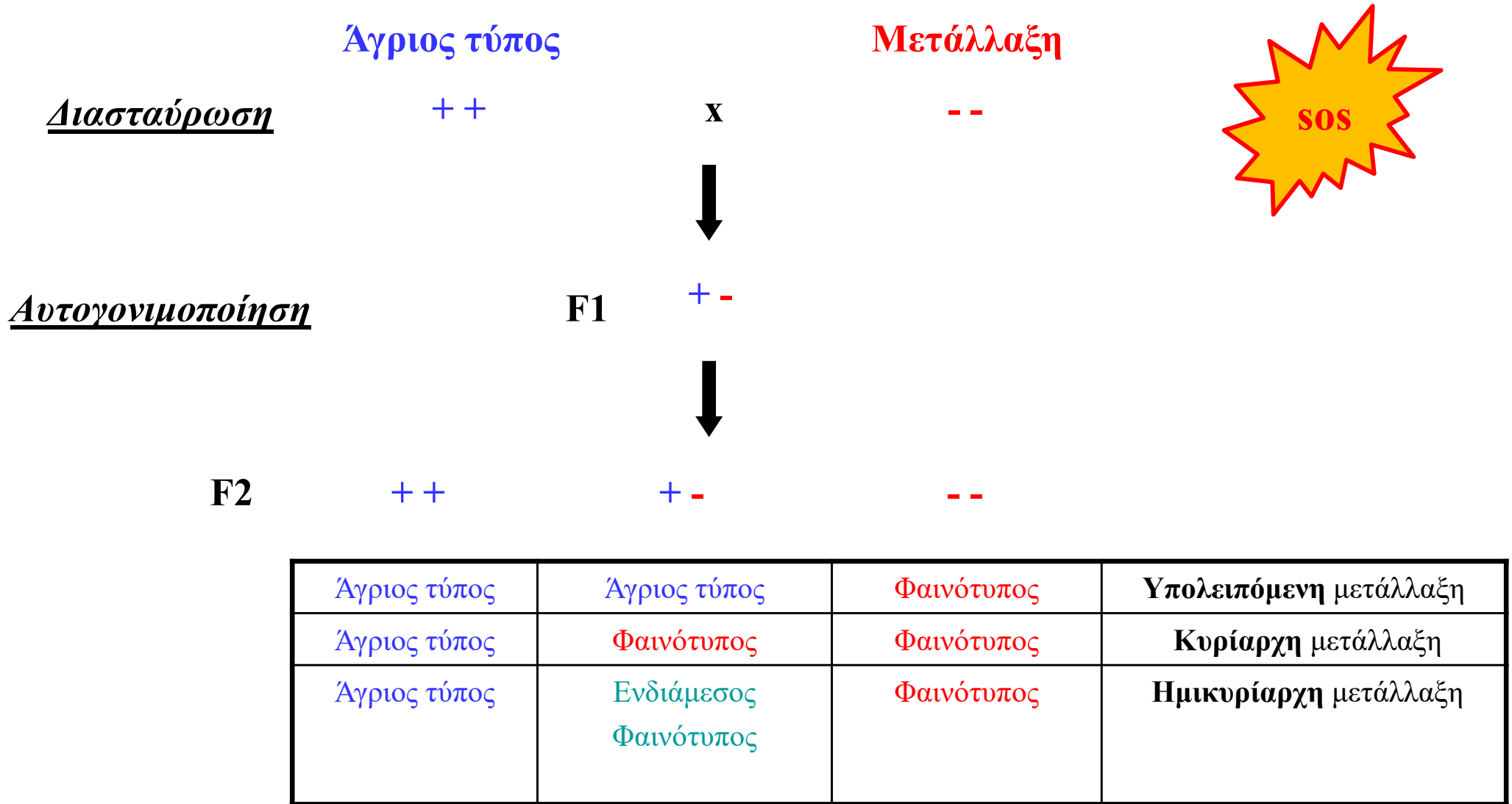
(Functional genomics)



Μοριακές αλληλεπιδράσεις/ λειτουργία

(Transcriptomics/ Proteomics/ Metabolomics/ -omics)

Τύποι Μεταλλάξεων



το παράδειγμα
της κοντής
ρίζας

Μεταλλαξογένεση (Mutagenesis)

- T-DNA ένθεση (T-DNA insertional mutagenesis/ T-DNA tagging)
- Ένθεση Μεταθετών Στοιχείων (Transposon insertional mutagenesis)
- Χημική Μεταλλαξογένεση (EMS – Ethyl methane sulphonate)
- Φυσική Μεταλλαξογένεση (X-rays, Gamma-rays, Fast-neutrons)
- Γονιδιακή αποσιώπηση (Gene silencing)

Σημειακές μεταλλάξεις – Χρήση Φυσικοχημικών προσεγγίσεων

Χημική Μεταλλαξιγένεση (EMS – Ethyl methane sulphonate)

Φυσική Μεταλλαξιγένεση (X-rays, Gamma-rays, Fast-neutrons)

Σημειακές μεταλλάξεις: Αλλαγή τριπλέτας κωδικονίου επομένως υπάρχουν δυο τύποι σημειακών μεταλλάξεων:

1. **Missense mutation** = Μετάλλαξη με λάθος νόημα, σημειακή μετάλλαξη που αλλάζει το κωδικόνιο αντιπροσωπεύοντας κάποιο άλλο αμινοξύ, τροποποιώντας έτσι την **πρωτοταγή** δομή της πρωτεΐνης

Πχ TAT TCT **TGT** CGT
 Tyr Ser **Cys** Arg

TAT TCT **TGG** CGT
Tyr Ser **Trp** Arg

2. **Nonsense mutation** = Μετάλλαξη χωρίς νόημα, σημειακή μετάλλαξη που αλλάζει το κωδικόνιο σε **κωδικόνιο λήξης** με αποτέλεσμα τον πρόωρο τερματισμό της μετάφρασης του μηνύματος mRNA του γονιδίου

Πχ TAT TCT **TGT** CGT
 Tyr Ser **Cys** Arg

TAT TCT **TGA** CGT
Tyr Ser **stop**

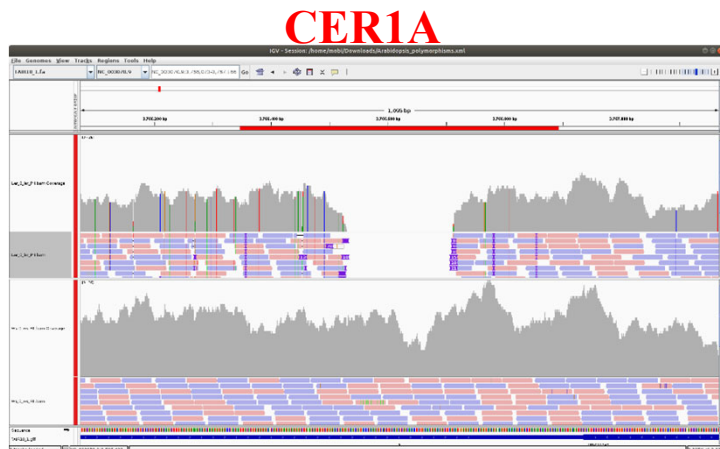
Μοριακοί Πολυμορφικοί Δείκτες

SSLP και CAPS υπάρχουν σε
ολόκληρο το γονιδίωμα του
Arabidopsis
(γνωστή θέση)

Κατανομή σε απόσταση περίπου
20cM (Centimorgan)

% της συχνότητας
ανασυνδυασμού

1cM περίπου 250kb



Παράδειγμα σχεδιασμού SSLP marker του V χρωμοσώματος μεταξύ των
πολυμορφικών οικοτύπων Columbia και Landsberg

Genomic PCR products **Columbia 157bp / Ler 187bp 30bp Deletion**

```
59281 tgaatgttgt tcgttttcca aagtcaacat gttcttcatg tttgtcctta gtatgaaatt
59341 tctgattaga gccattgacc acaacaaggg tgttacttat gaatttgttt actagcagaa
59401 ctgaataatt tgcataattac ctagatgtaa aaaggaagac tatacatttt gatgagcttt
59461 tcttttaaatt gaaaagaaac aacaagaaga aaaagtaaag tgaaaaagga ttatggagga
59521 aaataaagtt aataaatggc gtaatgttcg tgaaaaggat atttgatgcc aaaagacaga
59581 aacgaaaaca agaacgtgct ttgatacgca ttatgcttct tctttttcta agtctacttc
59641 ttttgaacac cttctttttc tattgtgtat tatgttaatc cttgttaagg atactcattt
59701 tgcaaatcaa tatattactg tcctgtttta cttagatatc tataagaaaa aagtttcaaa
59761 aatcgaaacc gttataattt tgtgtaaaca aaataaaaat caaataaacg tagctcacta
59821 cgaaaagtaa caatgtagtt gtatactata cagacgtgac gtaagcattc aagaagacga
59881 ctttcatatt agtatgttag ttagtggtta ggtcgcatat ccattgagg tgaccaaatc
59941 catagtgacg aagtaaccaa agtgattaat ttatataaag aacgttctga gtgttactaa
60001 atagacatat atagaaaggt gtcaatacaa aaattctcag ttttatgatc caaacatatt
60061 ataagttata cggctattat tgattgacct ttcattgggt tccattcaaa cgccatca
```

Εκκλινητές με κατεύθυνση 5'→3' (ΠΑΝΤΑ!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!—**ΤΙΛΑΤΙ?????**)

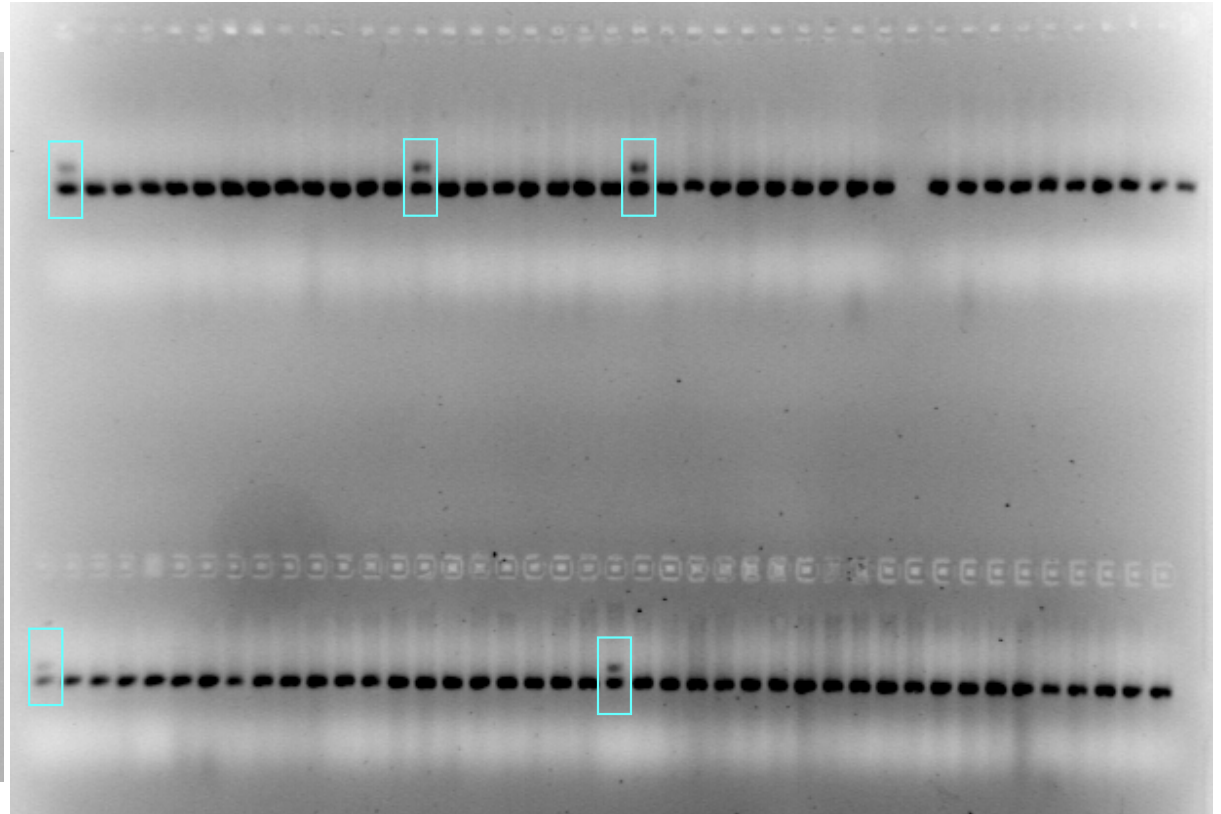
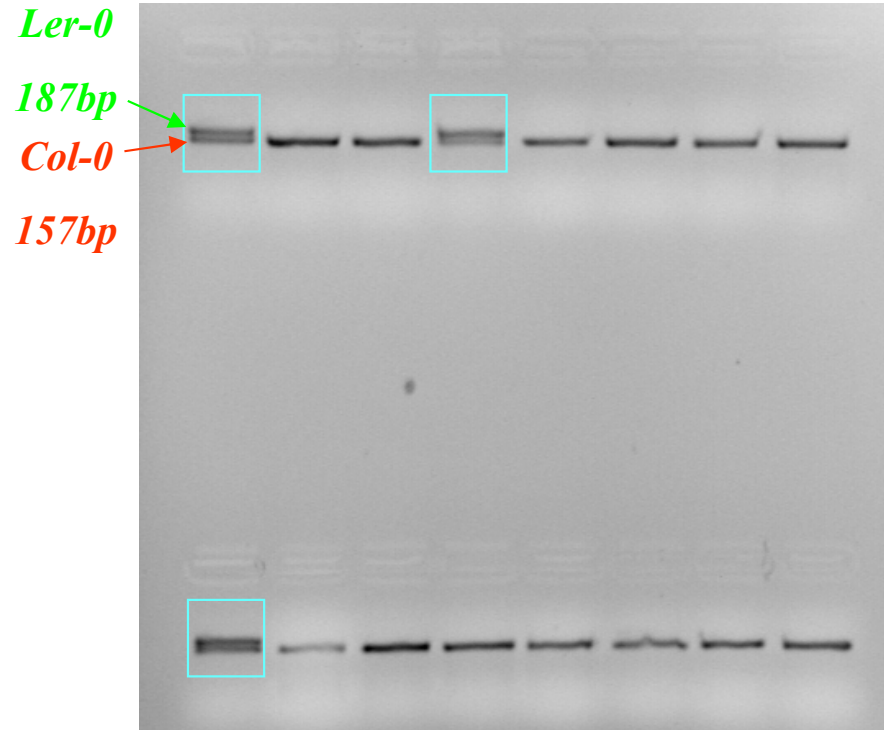
FOR **gcgtaatgttcgtgaaaaggat**

T_m= 56.52

REV (gcaaatcaatatattactgtcctg)
caggacagtaatatattgatttgc

T_m= 55.88

Παράδειγμα ανάλυσης SSLP marker του V χρωμοσώματος μεταξύ των
πολυμορφικών οικοτύπων Columbia και Landsberg



Myostatin

- **Myostatin** (also known as **growth differentiation factor 8**, abbreviated **GDF8**) is a myokine, a protein produced and released by myocytes that **acts on muscle cells to inhibit muscle cell growth**. In humans it is encoded by the *MSTN* gene.[6] Myostatin is a secreted growth differentiation factor that is a member of the TGF beta protein family.[7][8]
- Animals either **lacking myostatin** (Belgian Blue cattle) or **treated with substances** that block the activity of myostatin have significantly **more muscle mass**. Furthermore, individuals who have mutations in both copies of the myostatin gene have significantly **more muscle mass and are stronger than normal**. There is hope that studies into myostatin may have therapeutic application in treating **muscle wasting diseases** such as **muscular dystrophy**.

Μυοστατίνη

Myostatin



Belgian Blue bulls are commonly born with a **Myostatin mutation** which allows for uninhibited muscle growth

Belgian Blue

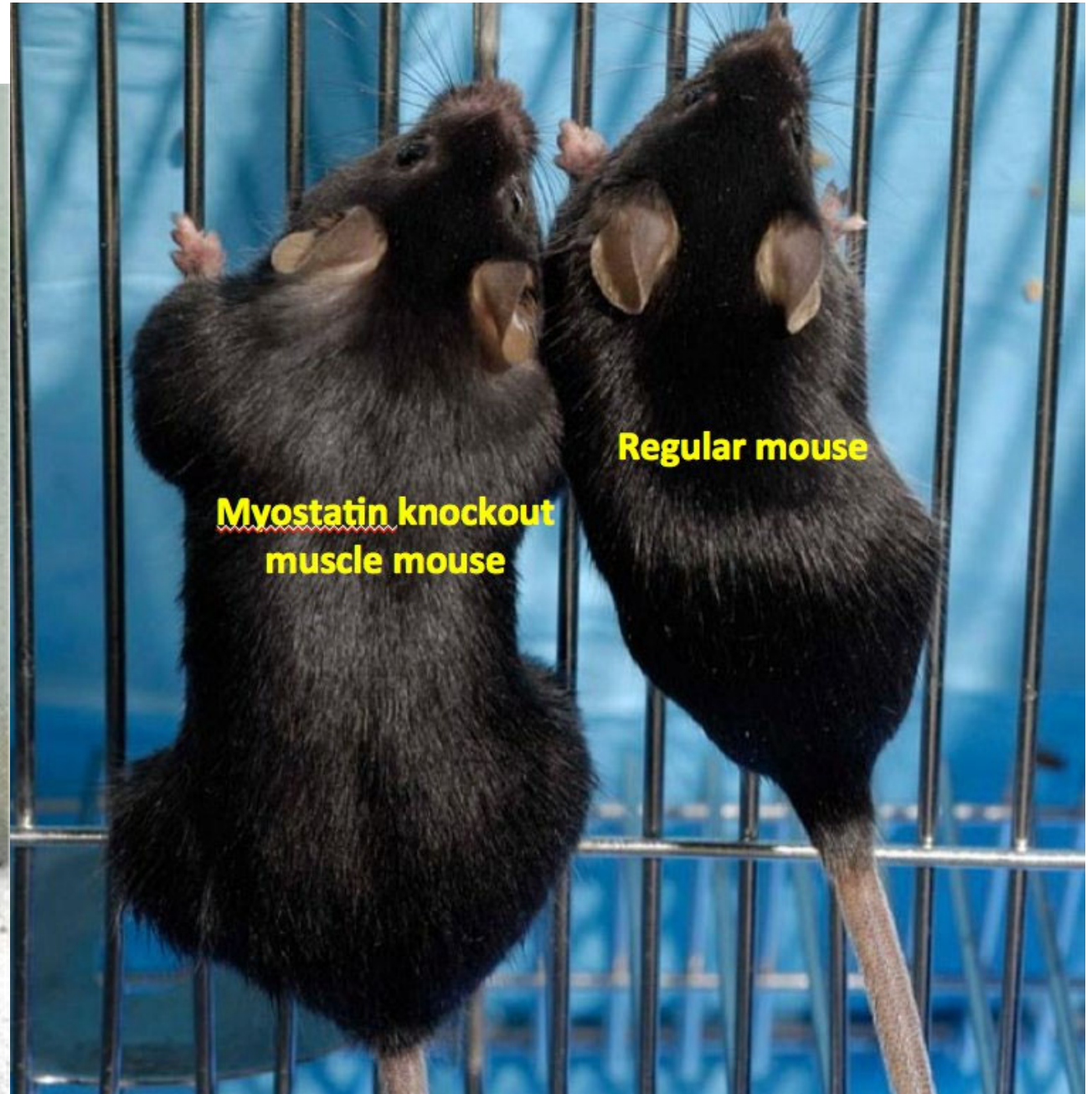


Belgian Blue bulls are commonly born with a **Myostatin mutation** which allows for uninhibited muscle growth

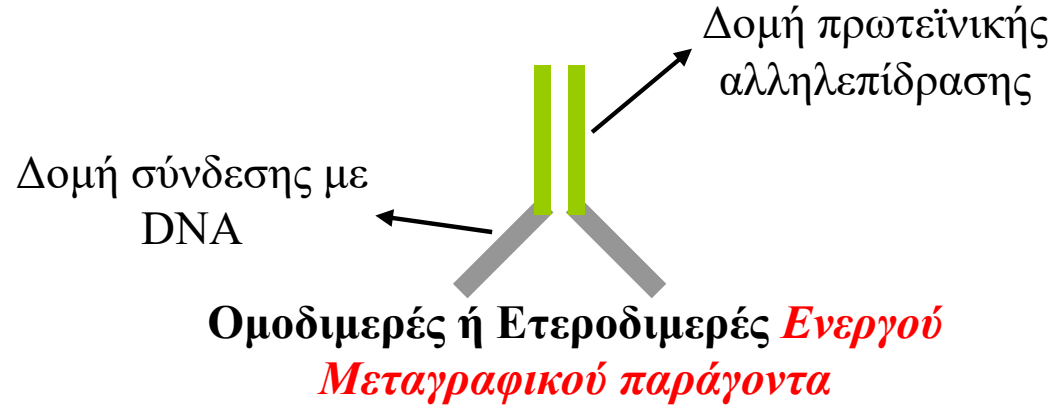
Myostatin inhibitors



Transgenic mice

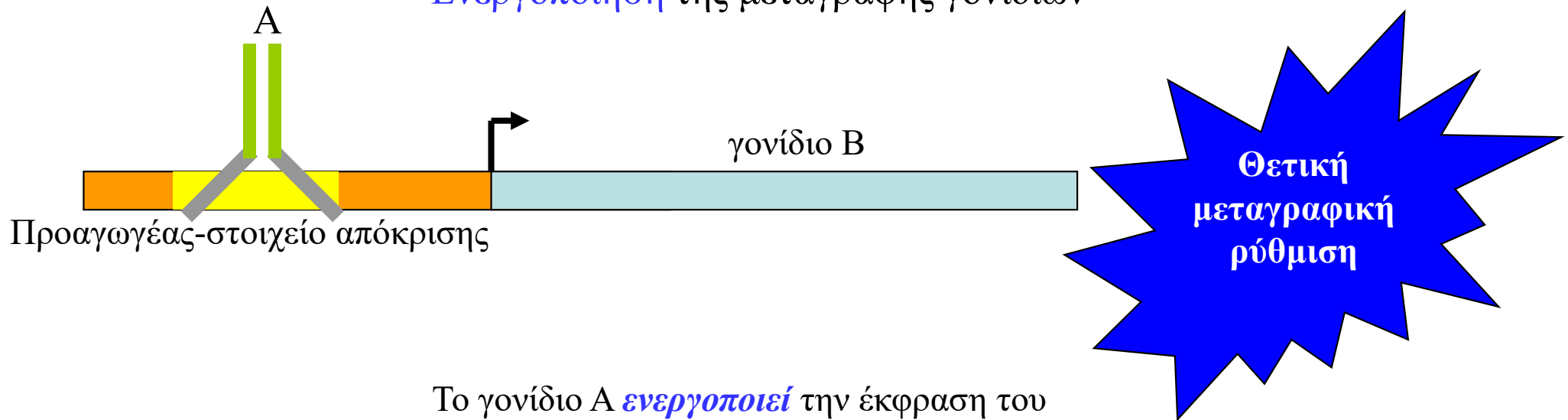


Πρωτεΐνη (protein): Η πρωτεΐνη συμβολίζεται με κανονικά κεφαλαία γράμματα πχ.
GLABRA2 (GL2)



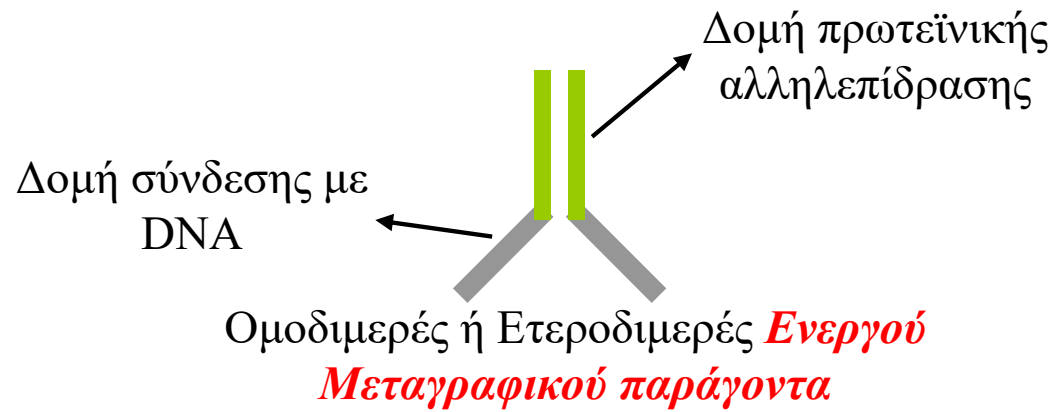
Δράση Μεταγραφικών παραγόντων

Ενεργοποίηση της μεταγραφής γονιδίων



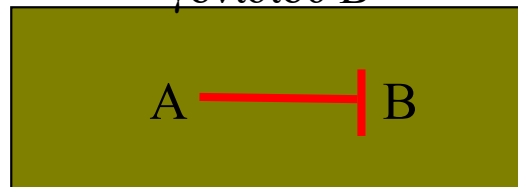
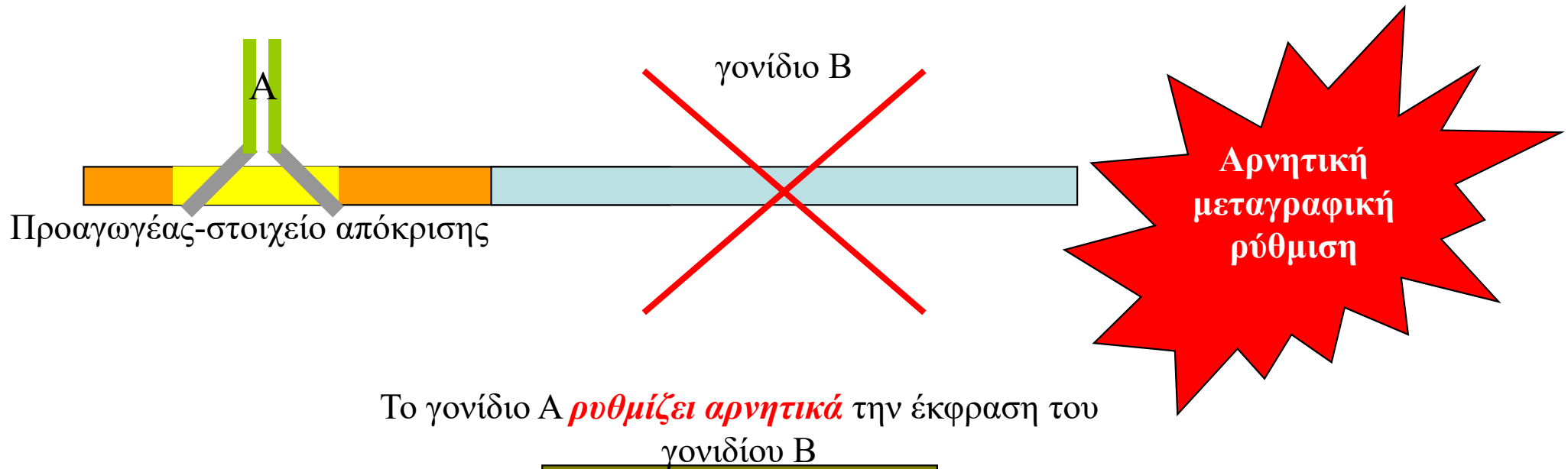
Το γονίδιο Α **ενεργοποιεί** την έκφραση του
γονιδίου Β

A → B

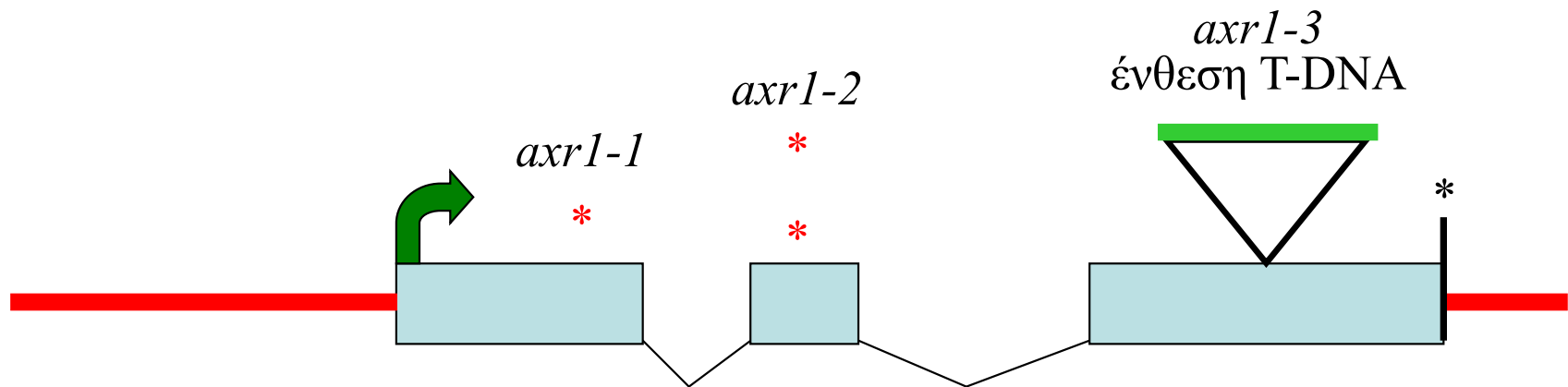


Δράση Μεταγραφικών παραγόντων

Απενεργοποίηση της μεταγραφής γονιδίων



Για κάποιο γονίδιο όπως για παράδειγμα για το *auxin resistant 1* (*axr1*) μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μια μεταλλάξεις που έχουν προκληθεί είτε από την ένθεση δομής T-DNA, είτε από σημειακές μεταλλάξεις. Οι διαφορετικές μεταλλάξεις του ίδιου γονιδίου ονομάζονται **αλληλόμορφοι** και ανάλογα με την ένταση της φαινοτυπικής ανωμαλίας που παρουσιάζουν διακρίνονται σε **ισχυρούς** (strong alleles) και **ασθενείς** αλληλόμορφους (weak alleles). Συνήθως παριστάνονται κατά αύξοντα αριθμό σύμφωνα με την χρονολογική σειρά που χαρακτηρίστηκαν.



Οι ενθέσεις T-DNA συνήθως προκαλούν **ολική έλλειψη λειτουργίας (total loss of function/ knock out)** διότι δεν κωδικοποιείται ολόκληρο το λειτουργικό πολυπεπτίδιο.

Οι σημειακές μεταλλάξεις προσδίδουν μεγάλη ποικιλία φαινοτύπων εξαιτίας της μεγαλύτερης δυναμικής και ελαστικότητας (**knock out / knock down**). Έτσι βοηθούν ώστε να εντοπιστούν μοτίβα απαραίτητα για την σωστή λειτουργία της πρωτεΐνης όπως:

α) δομές πρωτεϊνικής αλληλεπίδρασης

β) ενεργό κέντρο

γ) μεταμεταφραστικές τροποποιήσεις, φωσφορυλίωση, γλυκοσυλίωση κλπ

δ) μοτίβα σύνδεσης με το κυτταροσκελετό

Σύνοψη

- Το Βασίλειο των Φυτών
- Γιατί τα φυτά είναι σημαντικά?
(μια ανθρωποκεντρική προσέγγιση)
- *Arabidopsis thaliana* το φυτό μοντέλο
- Τα χαρακτηριστικά του *Arabidopsis thaliana*
- Μεταλλάξεις και Μεταλλαξογέννεση (απλή αναφορά)

Ευχαριστώ
για το ενδιαφέρον σας

