

253. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΤΩΝ – ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

Εισαγωγή – Βασικές Έννοιες



ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- **Καταπόνηση (παράγοντες καταπόνησης)**

Η επίδραση δυσμενών παραγόντων του περιβάλλοντος οι οποίοι τείνουν να παρεμποδίσουν τη κανονική λειτουργία των φυσιολογικών μηχανισμών των φυτών

- **Εκτίμηση καταπόνησης**

Μέσω της επιβίωσης ή μη του φυτού, της συσσώρευσης βιομάζας, του παραγόμενου γεωργικού προϊόντος, κ.α.

Με τη βοήθεια μορφολογικών ή φυσιολογικών δεικτών όπως ο δείκτης σκληροφυλλίας, ο παχυμορφισμός ή η φωτοσυνθετική ταχύτητα, η φωτοχημική απόδοση του φωτοσυστήματος II, το δυναμικό νερού των ιστών, κ.α.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- **Χαρακτηριστικά παραγόντων καταπόνησης**

Το είδος της καταπόνησης, η διάρκεια, η ένταση και η κατανομή της στον χώρο και τον χρόνο

Ο συνδυασμός με άλλους παράγοντες καταπόνησης

- **Σημασία των παραγόντων καταπόνησης στην γεωργική παραγωγή**

Ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση του γεωργικού προϊόντος

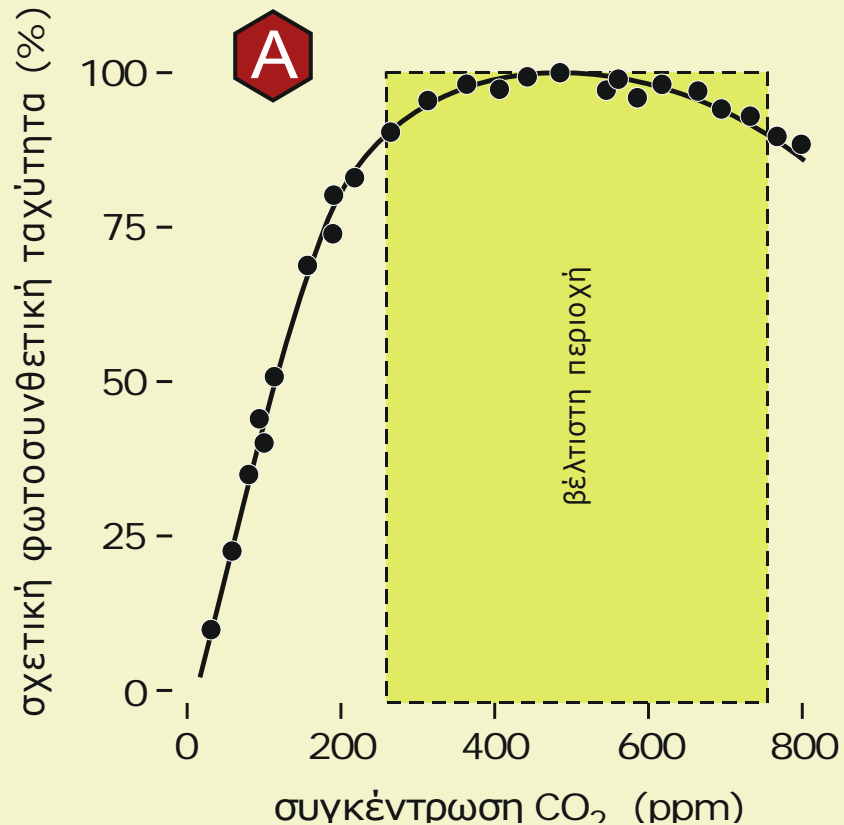
Οικονομικές, δημογραφικές και ανθρωπιστικές συνέπειες

Θέματα υγιεινής των γεωργικών προϊόντων και προστασίας του περιβάλλοντος

Αβιοτικοί			Βιοτικοί
Φυσικοί	Χημικοί	Ανθρωπογενείς	
Ακτινοβολία (έλλειψη, περίσσεια, UV ακτινοβολία)	Θρεπτικά συστατικά – εδαφικό περιβάλλον (έλλειψη, περίσσεια, μη ισορροπημένη σύσταση, αλατότητα, βαρέα μέταλλα, όξινο pH, βασικό pH)	Ρύπανση , υποβάθμιση εδαφών, πυρκαγιές, φυτοφάρμακα	Φυτά (επικάλυψη, αλληλοπάθεια, παρασιτισμός)
Θερμοκρασία (υπερθέρμανση, ψύχος, παγετός)	Αέριο περιβάλλον (έλλειψη οξυγόνου, CO ₂)		Παθογόνα Ιοί Μύκητες Βακτήρια
Υδατικό περιβάλλον (ξηρή ατμόσφαιρα, ξηρό έδαφος, κατάκλιση)			Ζώα Κατανάλωση τραυματισμοί
Μηχανικές βλάβες (άνεμος, κάλυψη, κάλυψη από χιόνι, σχηματισμός πάγου, τραυματισμοί)			

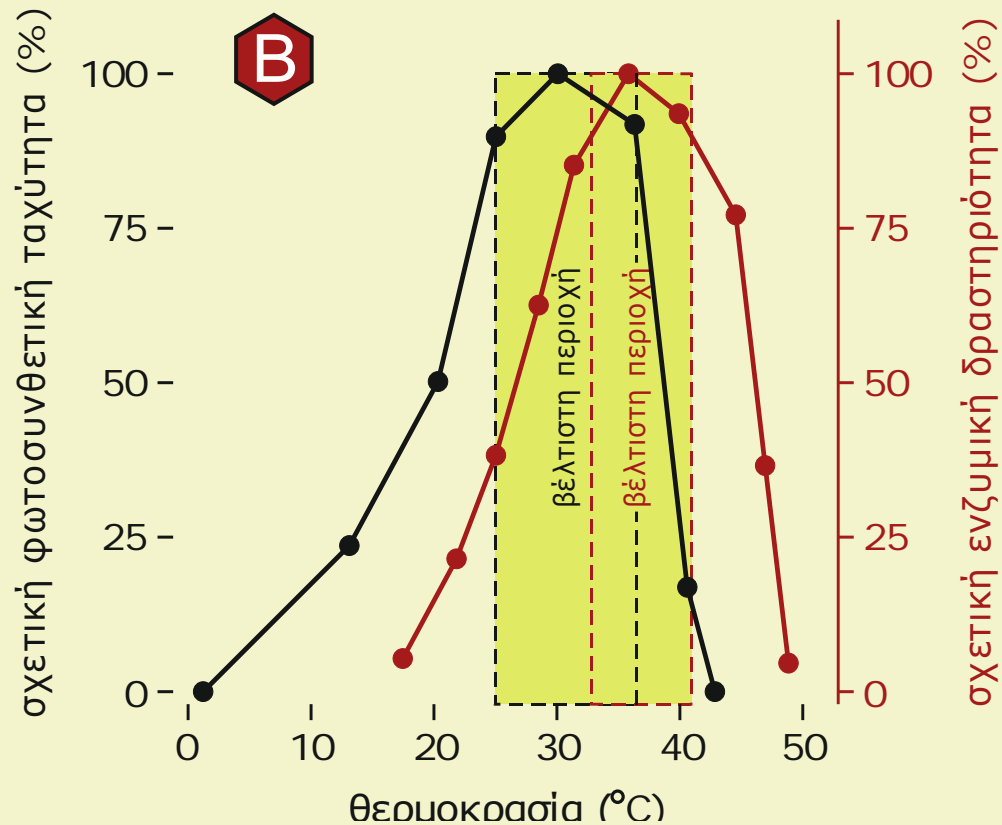
Ταξινόμηση των παραγόντων καταπόνησης

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ



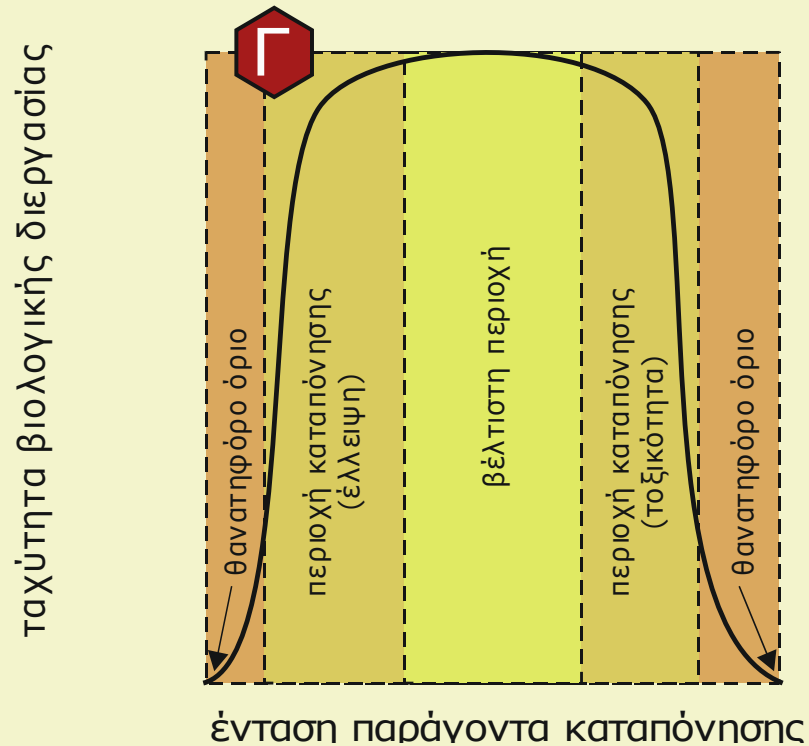
Τα βέλτιστα όρια ανάπτυξης ενός φυτικού οργανισμού και η εμφάνιση καταπόνησης όταν αυξάνεται ή ελαττώνεται πέραν ορισμένων ορίων η ένταση του παράγοντα καταπόνησης

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ



Τα βέλτιστα όρια ανάπτυξης ενός φυτικού οργανισμού και η εμφάνιση καταπόνησης όταν αυξάνεται ή ελαττώνεται πέραν ορισμένων ορίων η ένταση του παράγοντα καταπόνησης

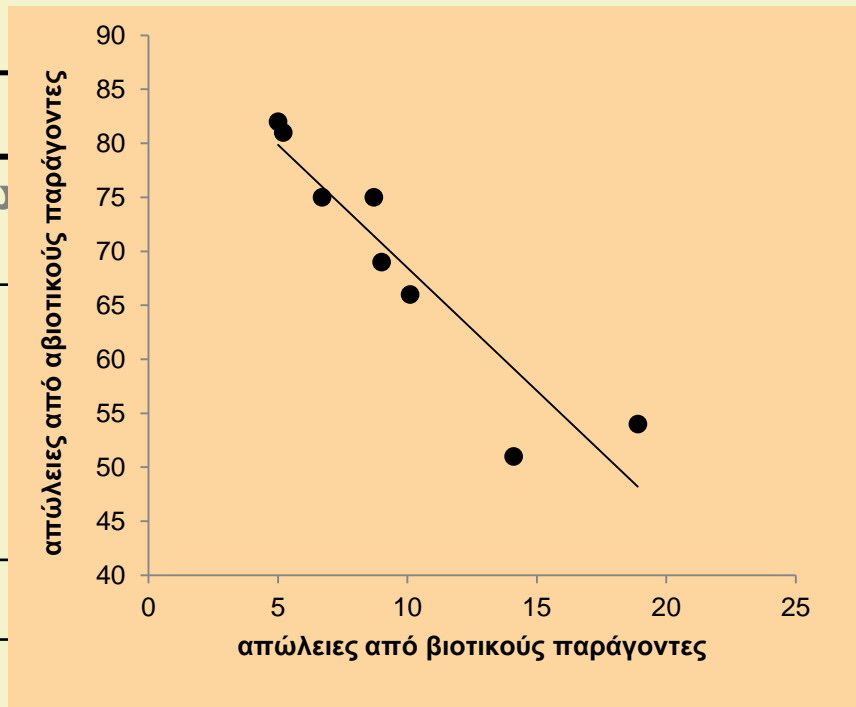
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ



Τα βέλτιστα όρια ανάπτυξης ενός φυτικού οργανισμού και η εμφάνιση καταπόνησης όταν αυξάνεται ή ελαττώνεται πέραν ορισμένων ορίων η ένταση του παράγοντα καταπόνησης

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣ

Μέσος όρος απώλειες από βιοτικούς παράγοντες			
Καλλιεργούμενο φυτό	Λόγω της επίδρασης βιοτικών παραγόντων καταπόνησης		
<i>Καλαμπόκι</i>	10.1		
<i>Σιτάρι</i>	5		
<i>Σόγια</i>	9	69.3	78.3
<i>Σόργο</i>	5.2	80.6	85.8
<i>Βρώμη</i>	8.7	75.1	83.8
<i>Κριθάρι</i>	6.7	75.4	82.1
<i>Πατάτα</i>	18.9	54.1	73
<i>Σακχαρότευτλο</i>	14.1	50.7	64.8



Επιπτώσεις των παραγόντων καταπόνησης στην ποσότητα του παραγόμενου γεωργικού προϊόντος

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Μηχανισμοί αντιμετώπισης καταπονήσεων**

Σε αντίθεση με τους ζωικούς οργανισμούς, τα φυτά διαθέτουν ως μοναδική επιλογή την αντιμετώπιση των παραγόντων καταπόνησης οι οποίοι επικρατούν στο περιβάλλον ανάπτυξής τους

- **Στρατηγική**

Αναφέρεται στην ακολουθία των μηχανισμών οι οποίοι καθορίζονται γενετικά και δίνουν την δυνατότητα επιβίωσης σε έναν φυτικό οργανισμό σε ένα δεδομένο περιβάλλον

ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

- **Η στρατηγική της διαφυγής**

Επιλέγεται από ετήσιες μορφές ζωής. Τα φυτά αυτά δεν διατηρούν ενεργή βλάστηση την χρονική περίοδο που υφίσταται ο παράγοντας καταπόνησης.

- **Η στρατηγική της αποφυγής**

Τα φυτά που επιλέγουν την αποφυγή διαθέτουν μηχανισμούς μέσω των οποίων αποφεύγουν τον παράγοντα καταπόνησης. Με τον τρόπο αυτό τα φυτά, παρόλο που διαβιούν στο περιβάλλον που υφίσταται ο παράγοντας καταπόνησης, δεν υφίστανται τις συνέπειές του.

ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

- **Η στρατηγική της ανθεκτικότητας**

Τα φυτά που επιλέγουν την στρατηγική της ανθεκτικότητας δέχονται την επίδραση του παράγοντα καταπόνησης αλλά δεν υφίστανται βλάβες καθώς διαθέτουν μηχανισμούς αντιστάθμισης.

Χαρακτηριστικό είναι ότι οι συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό των φυτικών οργανισμών είναι παρόμοιες με αυτές που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.

ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

- **Υπάρχει ευελιξία στην υιοθέτηση μιας στρατηγικής:**

Περισσότερες από μια στρατηγικές μπορούν να συνυπάρχουν σε ένα φυτό την ίδια στιγμή

Μια στρατηγική μπορεί να αντιστοιχεί σε ορισμένα μόνο στάδια του βιολογικού κύκλου του φυτού

Μερικές φορές μια ακολουθία μηχανισμών δεν μπορεί να ταξινομηθεί σε μια διακριτή στρατηγική

ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

- Υπάρχει ευελιξία στην υιοθέτηση μιας στρατηγικής:

Περισσότερες από μια στρατηγικές μπορούν να συνυπάρχουν σε ένα φυτό την ίδια στιγμή



1

**Μερική
φυλλόπτωση**
Η στρατηγική της
διαφυγής σε
επίπεδο φυτικών
οργάνων

2

**Αποτροπή
αφυδάτωσης**
Η στρατηγική της
αποφυγής στα
φύλλα τα οποία
παραμένουν

3

**Έκπτυξη νέων
φύλλων**
Η στρατηγική της
ανθεκτικότητας
στα νέα θερινά
φύλλα

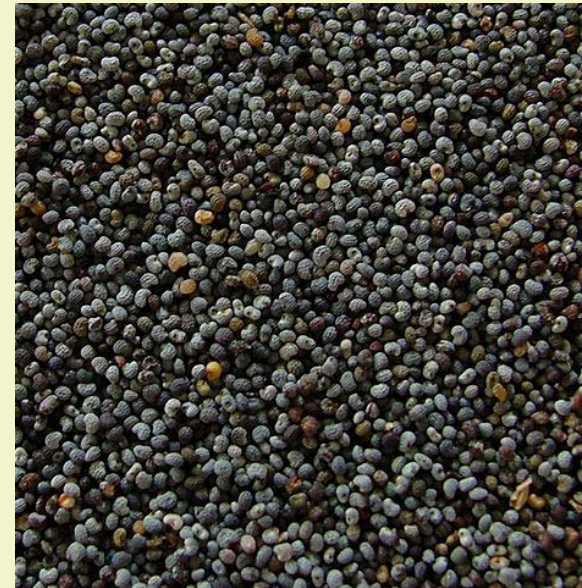
ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

- Υπάρχει ευελιξία στην υιοθέτηση μιας στρατηγικής:

Μια στρατηγική μπορεί να αντιστοιχεί σε ορισμένα μόνο στάδια του βιολογικού κύκλου του φυτού



διαφυγή

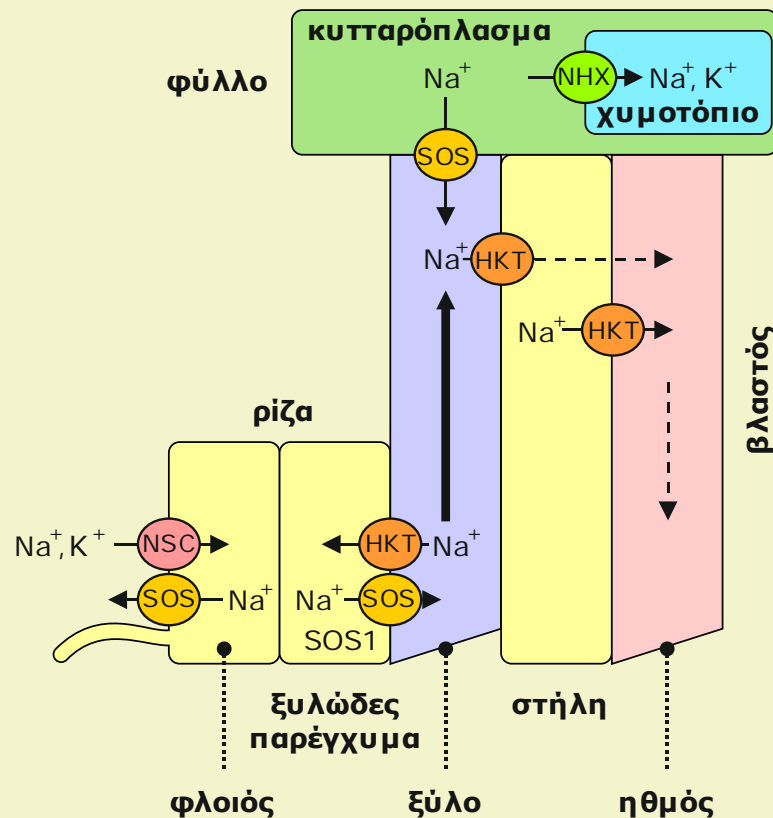


ανθεκτικότητα

ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

- Υπάρχει ευελιξία στην υιοθέτηση μιας στρατηγικής:

Μερικές φορές μια ακολουθία μηχανισμών δεν μπορεί να ταξινομηθεί σε μια διακριτή στρατηγική



ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Πως επιλέγεται και υλοποιείται η κάθε στρατηγική;

Μέσω της ύπαρξης κατάλληλων χαρακτηριστικών **προσαρμογής** και **εγκλιματισμού** σε επίπεδο δομών και λειτουργιών

- Προσαρμογή

Αναφέρεται στους μηχανισμούς που καθορίζονται γενετικά (μέσω της φυσικής επιλογής σε διάστημα ικανού αριθμού γενεών) και οι οποίοι επιτρέπουν την προϋπαρξη ή την εμφάνιση στην διάρκεια του βιολογικού κύκλου ενός φυτού κατάλληλων χαρακτηριστικών

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

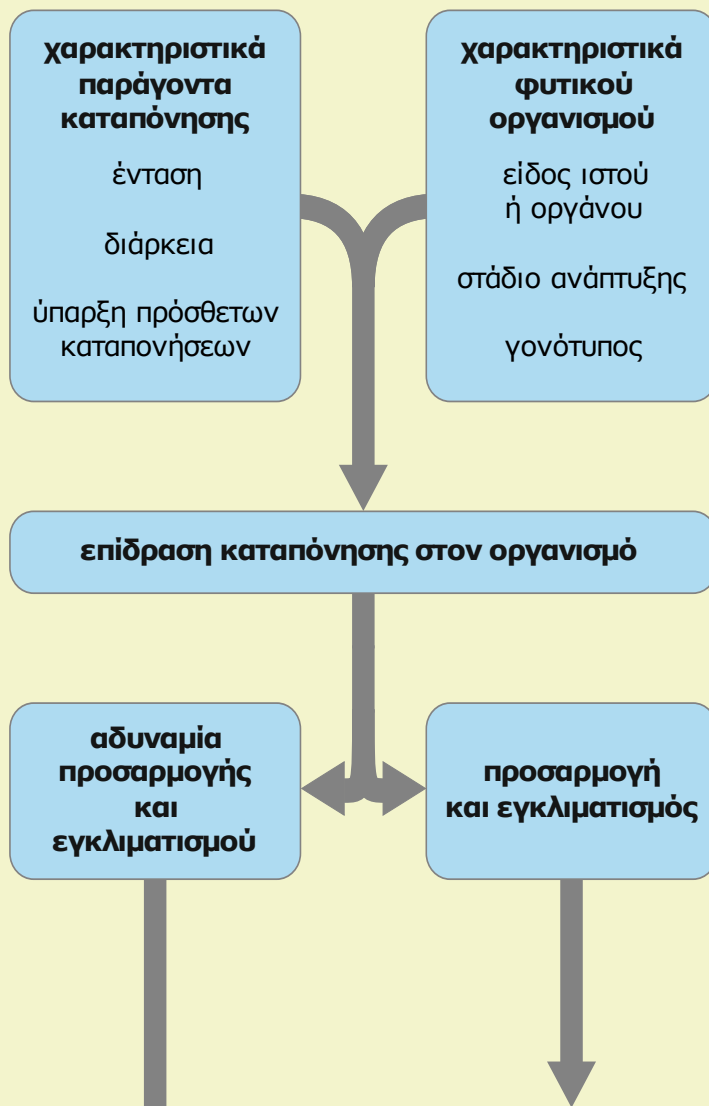
- **Εγκλιματισμός**

Αναφέρεται σε επίκτητες τροποποιήσεις δομών και λειτουργιών οι οποίες συμβαίνουν κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου ενός φυτού ως απάντηση στην ύπαρξη ενός ή περισσότερων παραγόντων καταπόνησης

Η ικανότητα εγκλιματισμού εκπορεύεται από προσαρμοστικούς μηχανισμούς και συνεπώς έχει γενετική βάση.

Ωστόσο, οι επαγόμενες αυτές τροποποιήσεις δεν μεταβιβάζονται ως χαρακτήρες στην επόμενη γενεά.

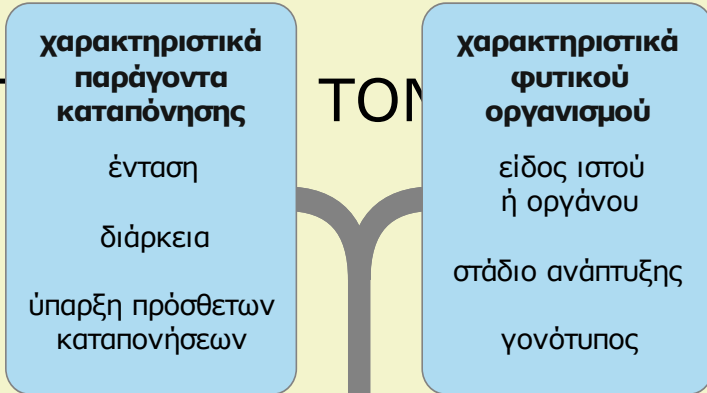
Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΘΑΝΑΤΟ Ή ΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ



Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

ΤΟΝ

Ή ΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ



επίδραση καταπόνησης στον οργανισμό

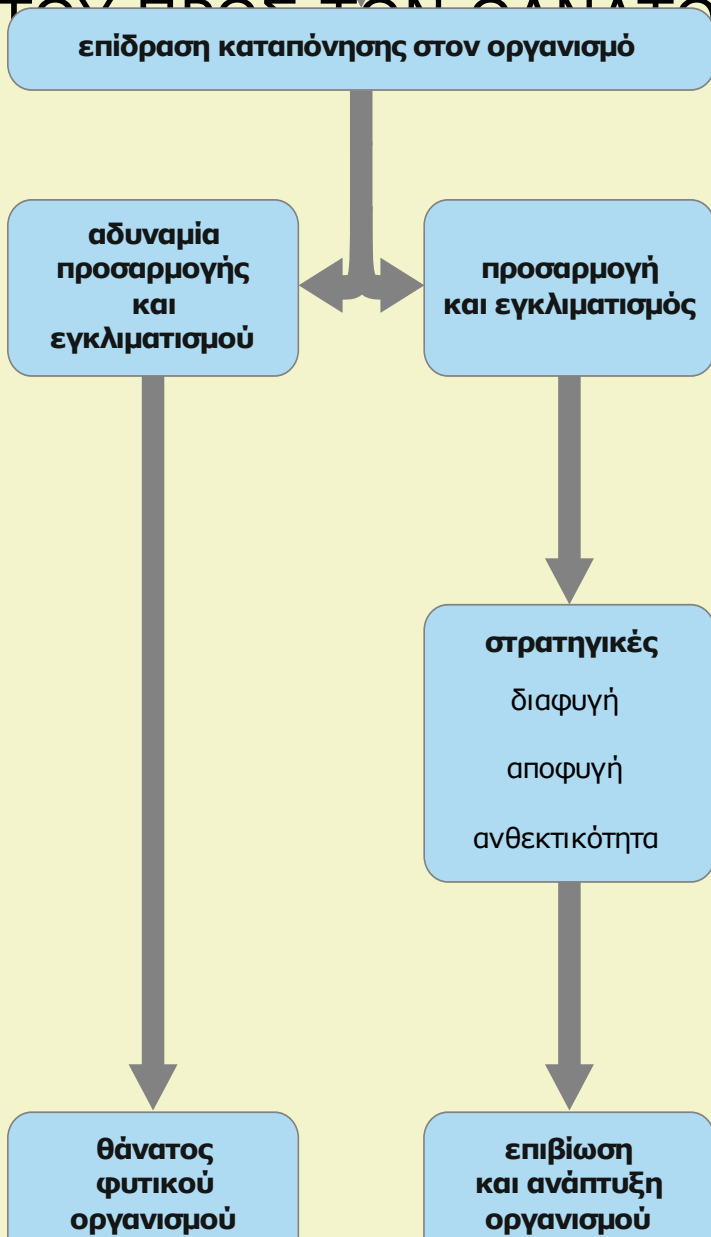
αδυναμία προσαρμογής και εγκλιματισμού

προσαρμογή και εγκλιματισμός

στρατηγικές

- διαφυγή
- αποφυγή
- ανθεκτικότητα

Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΘΑΝΑΤΟ Ή ΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ



ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- **Διασταυρούμενη ανθεκτικότητα**

Εμφανίζεται όταν αλληλεπιδρούν περισσότεροι του ενός παράγοντες καταπόνησης

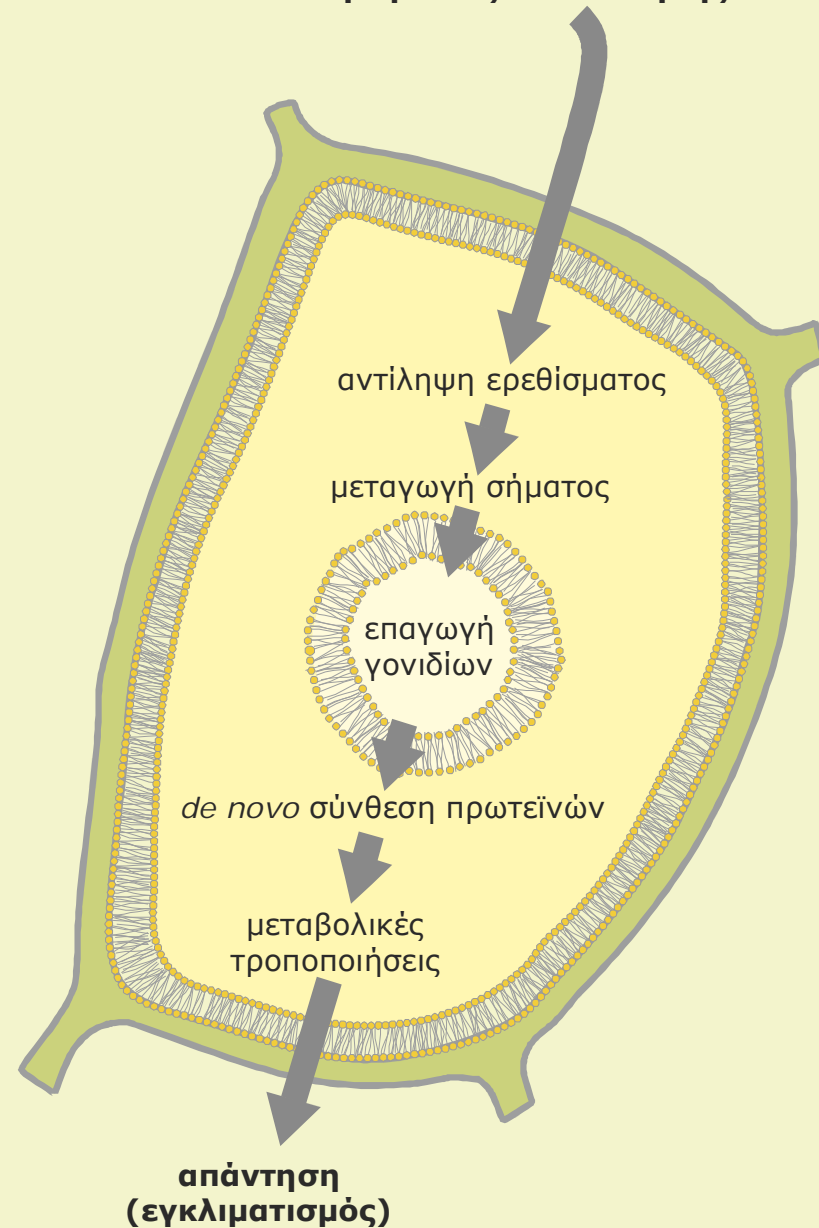
Αφορά στην επαγωγή ικανότητας αντιμετώπισης ενός παράγοντα καταπόνησης μέσω του εγκλιματισμού σε έναν άλλο παράγοντα καταπόνησης

Οφείλεται στο γεγονός ότι οι τροποποιήσεις που σχετίζονται με έναν παράγοντα λειτουργούν ευεργετικά επίσης ως προς έναν δεύτερο παράγοντα καταπόνησης

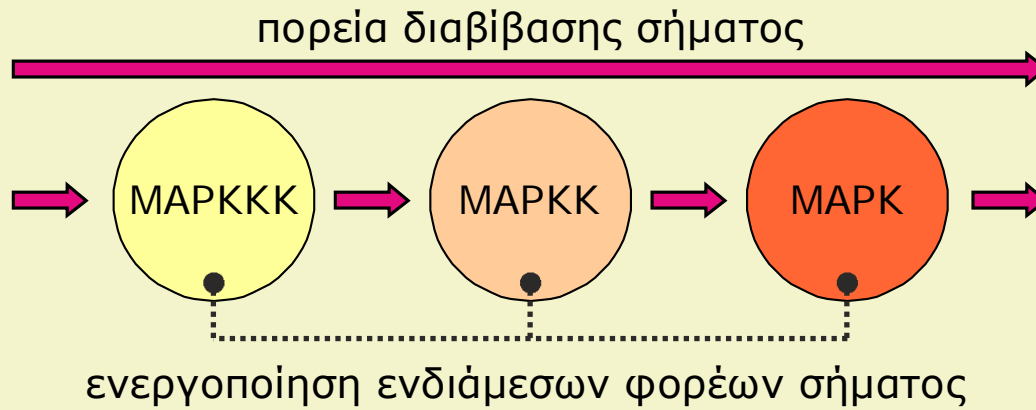
ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΕΓΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

παράγοντας καταπόνησης

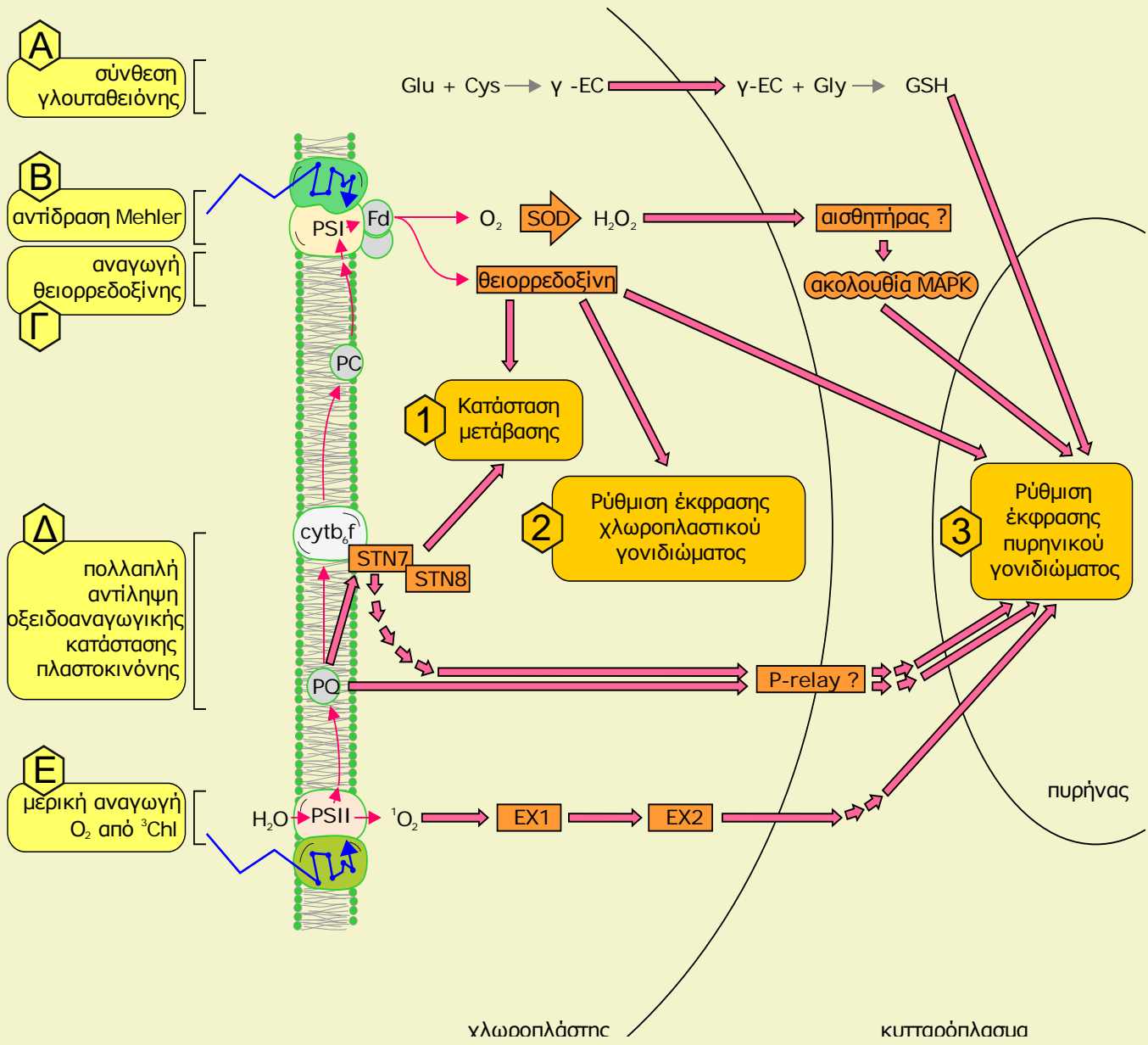
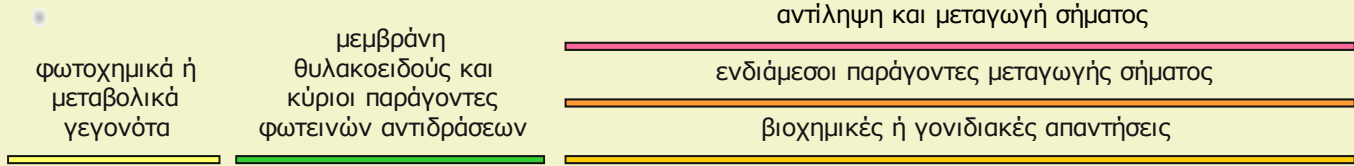
Στάδια που μεσολαβούν από την έκθεση ενός φυτού σε δυσμενείς συνθήκες έως την εκδήλωση του εγκλιματισμού σε κυτταρικό επίπεδο



ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΕΓΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ



Η ακολουθία διαβίβασης σήματος των μιτωτικών κινασών περιλαμβάνει τρία ένζυμα τα οποία λειτουργούν εν σειρά



ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΓΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

- **Δράση εξωτερικού ερεθίσματος**

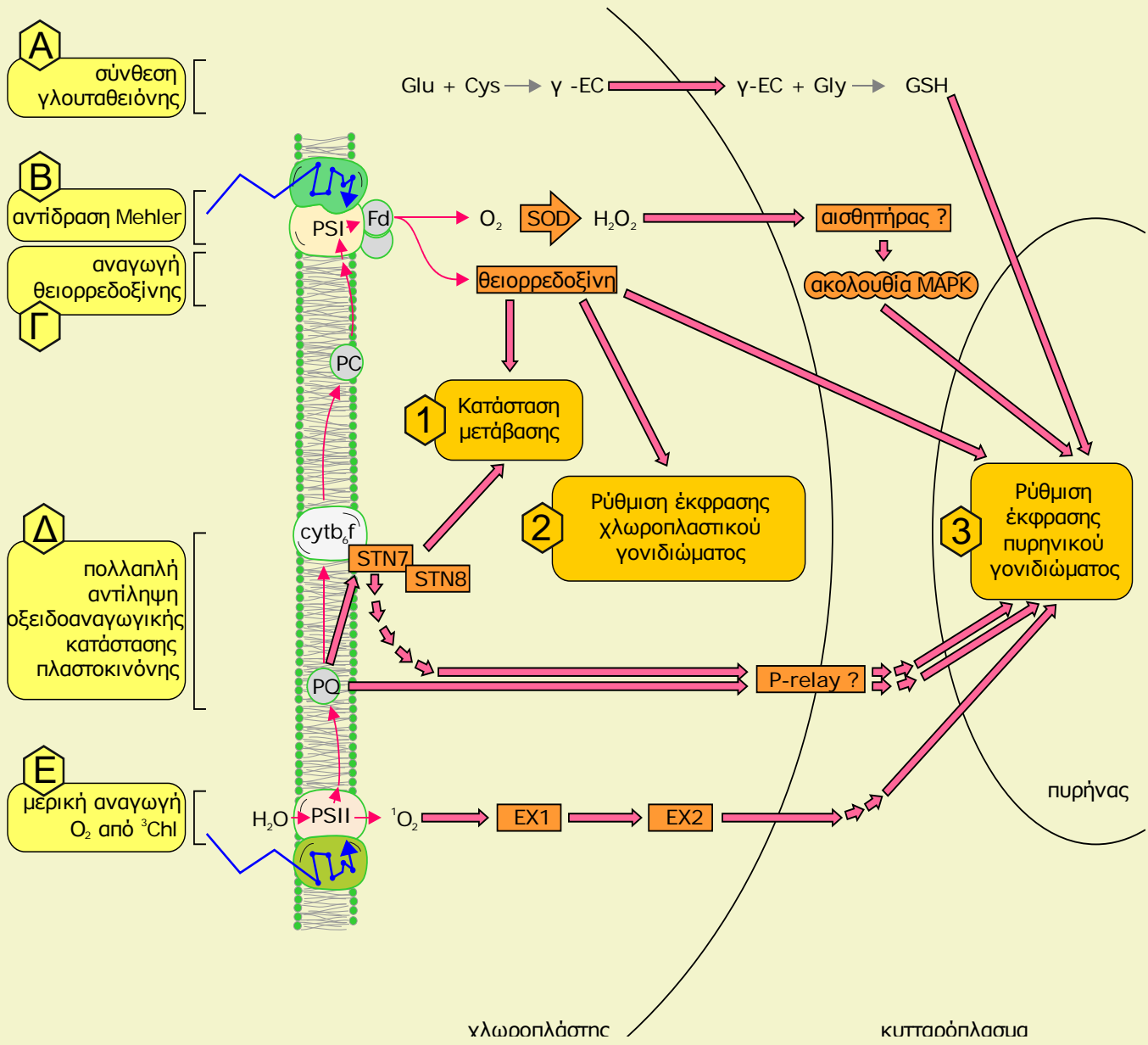
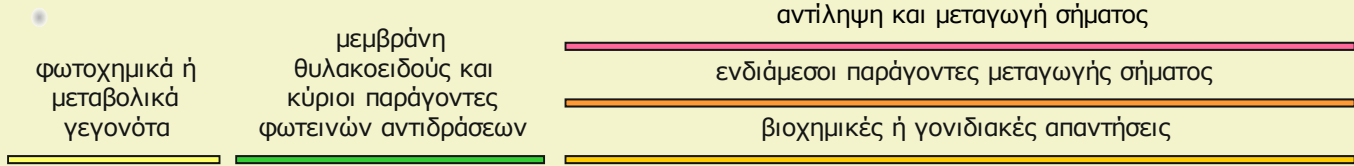
Π.χ. Η μειωμένη εδαφική υγρασία προκαλεί πτώση του δυναμικού νερού στο κύτταρο

- **Αντίληψη ερεθίσματος από τον δέκτη**

Μεταβάλλονται ορισμένες ιδιότητες του δέκτη με αποτέλεσμα την έναρξη μεταγωγής σήματος

- **Μεταγωγή σήματος**

Συνήθως αφορά στην μεταφορά εξειδικευμένων μορίων από την περιοχή του δέκτη προς την περιοχή απάντησης



ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΓΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

- **Επαγωγή ή καταστολή γονιδίων**

Αφορά σε μεταβολές των μεταγραφημάτων των γονιδίων (μεταγράψωμα)

- **de novo σύνθεση πρωτεϊνών ή τροποποιήσεις υπαρχόντων**

Μεταβάλλεται η συγκέντρωση πρωτεϊνών, η σύστασή τους και η δραστηκότητά τους (πρωτέωμα)

- **Μεταβολικές τροποποιήσεις**

Αλλάζει η σύσταση και η χρήση των μεταβολικών προϊόντων του κυττάρου (μεταβόλωμα)

- **Μορφολογικές και φυσιολογικές τροποποιήσεις**

Συνιστά την έκβαση της διαδικασίας (εγκλιματισμός)

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

- **Εξειδικευμένοι στόχοι**

Οι στόχοι αυτοί επιβαρύνονται ειδικά από έναν δεδομένο παράγοντα καταπόνησης

- **Μη εξειδικευμένοι στόχοι**

Η κατάσταση τους καταγράφει μια γενικότερη διαταραχή των φυσιολογικών μηχανισμών

ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΥΓΗΣ

Μεταβολίτης ή ιστός Κόστος κατασκευής
(g γλυκόζης g⁻¹ ξ.β.)

Μεταβολίτες

Ταννίνες	1.6
Αλκαλοειδή	2.8-3.3
Τερπένια	2.8-3.5
Λιγνίνη	2.5
Πολυόλες	3.0

Όργανα

φύλλα με χαμηλά επίπεδα αμυντικών μεταβολιτών	1.3
φύλλα με υψηλά επίπεδα αμυντικών μεταβολιτών	1.8
βλαστοί μη λιγνινοποιημένοι	1.1
βλαστοί λιγνινοποιημένοι	1.6

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

- **Διαθέσιμοι πόροι**

Ενέργεια και ύλη. Μεγαλύτερη βαρύτητα δίνεται στον επιμερισμό της οργανικής ύλης και του αζώτου

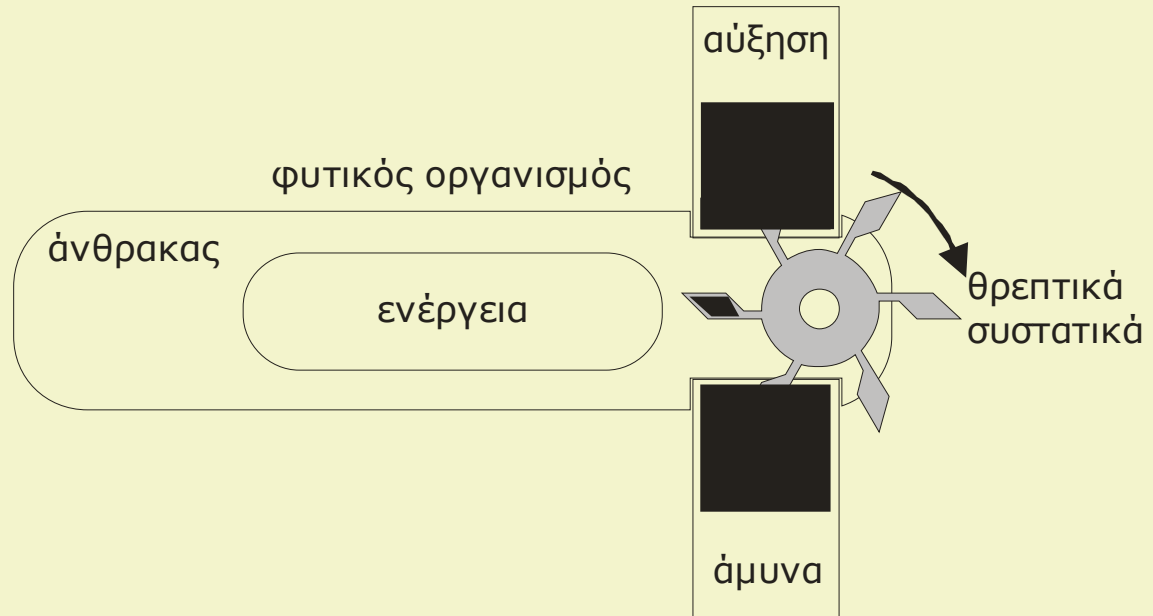
- **Δύο διαδικασίες βρίσκονται στους αντίποδες**

Η αύξηση (ανάπτυξη) και η αμυντική θωράκιση

- **Η αύξηση (ανάπτυξη) ως μηχανισμός επιβίωσης**

Μέσω της ταχείας αύξησης ορισμένα φυτά αντιμετωπίζουν επιτυχώς τον ανταγωνισμό. Μέσω της ταχείας ανάπτυξης ορισμένα φυτά ολοκληρώνουν σε σύντομο χρονικό διάστημα τον βιολογικό τους κύκλο.

ΤΟ ΔΙΛΛΗΜΑ 'ΑΥΞΗΣΗ Ή ΑΜΥΝΑ'



ΤΟ ΔΙΛΛΗΜΑ 'ΑΥΞΗΣΗ Ή ΑΜΥΝΑ'

- **Εγκλιματισμός**

Δυναμική κατανομή των πόρων μεταξύ αύξησης και άμυνας ανάλογα με το πλέγμα των περιβαλλοντικών παραμέτρων

- **Προσαρμογή**

Φυτά που διαβιούν σε ολιγοτροφικά ή ακραία από πλευράς συνθηκών περιβάλλοντα εμφανίζουν γενικά χαμηλούς ρυθμούς αύξησης και μικρό μέγεθος

ΤΟ ΔΙΛΛΗΜΑ 'ΑΥΞΗΣΗ 'Η ΑΜΥΝΑ'

- **Προτεραιότητα στην άμυνα**

Η πιθανότητα σημαντικής απώλειας βιομάζας και το ρίσκο της επιβίωσης δίνει προτεραιότητα στην άμυνα

- **Το υψηλό κόστος κατασκευής αυξάνει την ανάγκη για αμυντική θωράκιση**

Το υψηλό κόστος κατασκευής σχετίζεται με την αμυντική θωράκιση (το ένα είναι απόρροια του άλλου). Επίσης το υψηλό κόστος κατασκευής απαιτεί αύξηση του αναμενόμενου χρόνου ζωής ενός οργάνου (γιατί;) γεγονός το οποίο επίσης απαιτεί αυξημένη αμυντική θωράκιση (γιατί;)

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων καταπόνησης κρίνεται απολύτως αναγκαία**

A. Σε όλα τα φυσικά οικοσυστήματα, ακόμη και σε καλλιέργειες, τα φυτά υποβάλλονται καθημερινά σε περισσότερες της μιας καταπονήσεις

B. Η ρύθμιση ζωτικών λειτουργιών όπως της φωτοσύνθεσης και κατά συνέπεια η ρύθμιση της ανάπτυξης επιτελείται μέσω αλληλεπιδράσεων περισσότερων του ενός παραγόντων καταπόνησης

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων καταπόνησης κρίνεται απολύτως αναγκαία**

Γ. Περιορισμοί στη διάθεση ορισμένων πόρων επηρεάζουν τις αντιδράσεις των φυτών έναντι άλλων παραγόντων καταπόνησης. Με άλλα λόγια, η ανεπάρκεια ενός πόρου επιδρά δραστικά στο μέγεθος της επίδρασης ενός παράγοντα καταπόνησης αλλά και στην έκβαση της καταπόνησης

Δ. Η ικανότητα αντιστάθμισης περισσότερων του ενός περιοριστικών παραγόντων ενός φυτικού είδους ενδεχομένως αποτελεί έναν σημαντικό ρυθμιστικό μηχανισμό στη διαδικασία της οικολογικής διαδοχής και του ανταγωνισμού μεταξύ των ειδών

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων καταπόνησης κρίνεται απολύτως αναγκαία**

Ε. Οι ανθρωπογενείς παράγοντες καταπόνησης (π.χ. ρύποι) οι οποίοι ήταν άγνωστοι στην ιστορία της εξέλιξης των οργανισμών, είναι δυνατό να έχουν συνεργιστική ή ανταγωνιστική επίδραση έναντι άλλων, βιοτικών ή/και αβιοτικών, παραγόντων καταπόνησης

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Η βελτιστοποίηση στον επιμερισμό των πόρων, μέσω αντισταθμιστικής κατανομής, στοχεύει στον εναρμονισμό των λειτουργιών**

Ο περιορισμός στη διαθεσιμότητα ενός φυσικού πόρου (π.χ. οξυγόνου) αποτελεί μία από τις μορφές καταπόνησης η οποία οδηγεί αναπόφευκτα και σε πτώση της παραγωγικότητας ή έχει δραματικές επιπτώσεις στην επιβίωση ενός φυτού.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η βελτιστοποίηση στον επιμερισμό των πόρων, μέσω αντισταθμιστικής κατανομής, στοχεύει στον εναρμονισμό των λειτουργιών

Νόμος του ελαχίστου του Liebig

Θεωρία της αντιστάθμισης

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Νόμος του ελαχίστου του Liebig**

Η ανάπτυξη ενός φυτικού οργανισμού καθορίζεται από τον παράγοντα με τη χαμηλότερη διαθεσιμότητα. Επομένως η ανάπτυξη ενός φυτού ουσιαστικά περιορίζεται από έναν και μόνο παράγοντα κάθε χρονική στιγμή. Ένας δεύτερος παράγοντας καταπόνησης μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη μόνον μετά την απομάκρυνση του πρώτου περιοριστικού παράγοντα

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Θεωρία της αντιστάθμισης**

οι φυτικοί οργανισμοί μέσω της εξέλιξης έχουν αναπτύξει μηχανισμούς, με τους οποίους έχουν τη δυνατότητα κατάλληλου επιμερισμού και αντιστάθμισης της χρήσης των πόρων οι οποίοι βρίσκονται σε μη ιδανική διαθεσιμότητα στο φυσικό περιβάλλον. Η ανάπτυξη ενός φυτού μπορεί να περιορίζεται **εξίσου** από **όλους** τους περιοριστικούς παράγοντες οι οποίοι δρουν την **ίδια** χρονική στιγμή.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

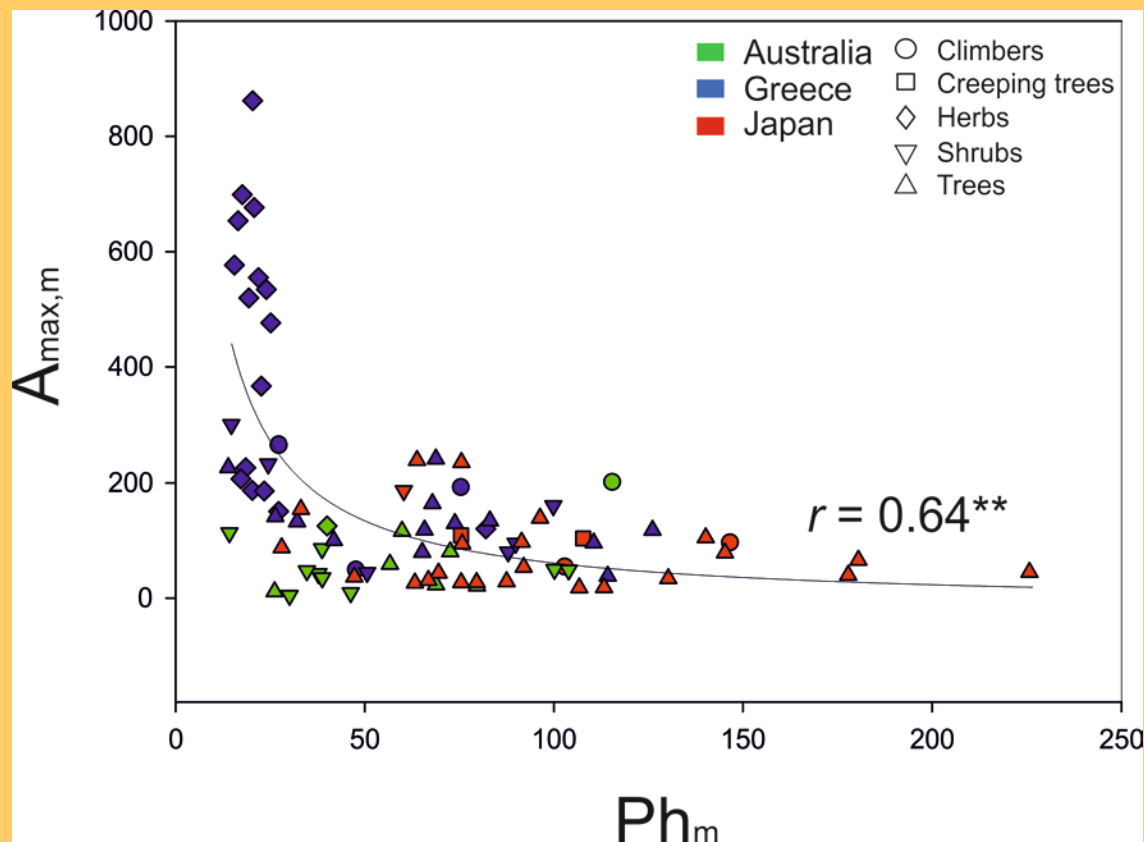
- **Βελτιστοποίηση του επιμερισμού των διαθέσιμων πόρων**

Η ικανότητα απόκτησης πόρων και ο επιμερισμός τους γίνεται κατά τρόπον ώστε οι διαθέσιμοι πόροι να μη δαπανώνται σε λειτουργίες ή δομές οι οποίες **περιορίζουν την ανάπτυξη ή δεν προσδίδουν προσαρμοστικά πλεονεκτήματα** στις συνθήκες αυτές.

Κάθε **απόκλιση** από την κατάσταση αυτή αναπόφευκτα οδηγεί σε **απώλειες στο καθαρό κέρδος σε άνθρακα** με σοβαρές επιπτώσεις στην ανάπτυξη

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η διαβάθμιση στη μέγιστη φωτοσυνθετική ταχύτητα σχετίζεται με το περιβάλλον και τον γονότυπο



ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Η έκφραση ορισμένων γονιδίων επάγεται από περισσότερους του ενός παράγοντες καταπόνησης**

Η μεταγραφή των γονιδίων τα οποία εμπλέκονται στην αντιμετώπιση των καταπονήσεων ρυθμίζεται μέσω της αλληλεπίδρασης ρυθμιστικών πρωτεϊνών (παράγοντες μεταγραφής) με ειδικές ρυθμιστικές ακολουθίες των υπεύθυνων προαγωγέων

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Η έκφραση ορισμένων γονιδίων επάγεται από περισσότερους του ενός παράγοντες καταπόνησης**

Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται επαγωγή διαφορετικών γονιδίων από το ίδιο ερέθισμα η οποία ρυθμίζεται από κοινούς μηχανισμούς διαβίβασης σήματος που ενεργοποιούν τους υπεύθυνους προαγωγείς

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Η έκφραση ορισμένων γονιδίων επάγεται από περισσότερους του ενός παράγοντες καταπόνησης**

Από την άλλη πλευρά, το ίδιο γονίδιο μπορεί να περιλαμβάνει ρυθμιστικές ακολουθίες οι οποίες ενεργοποιούνται από διαφορετικά ερεθίσματα καταπόνησης

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η έκφραση ορισμένων γονιδίων επάγεται από περισσότερους του ενός παράγοντες καταπόνησης

Το γονίδιο που κωδικοποιεί την **οσμωτίνη** επάγεται από τουλάχιστον 10 διαφορετικά ερεθίσματα: Αλατότητα, αφυδάτωση, ψύχος, τραυματισμούς, προσβολές από ιούς και μύκητες, το αιθυλένιο, το ABA και το IAA.

Φαίνεται ότι το κοινό σημείο μεταξύ των ερεθισμάτων αυτών είναι η **απώλεια σπαργής του κυττάρου**. Απώλεια σπαργής μπορεί να συμβεί π.χ. λόγω υδατικής ή οσμωτικής καταπόνησης, αλλά επίσης και λόγω λύσης του κυττάρου κατά τη προσβολή του από παθογόνα

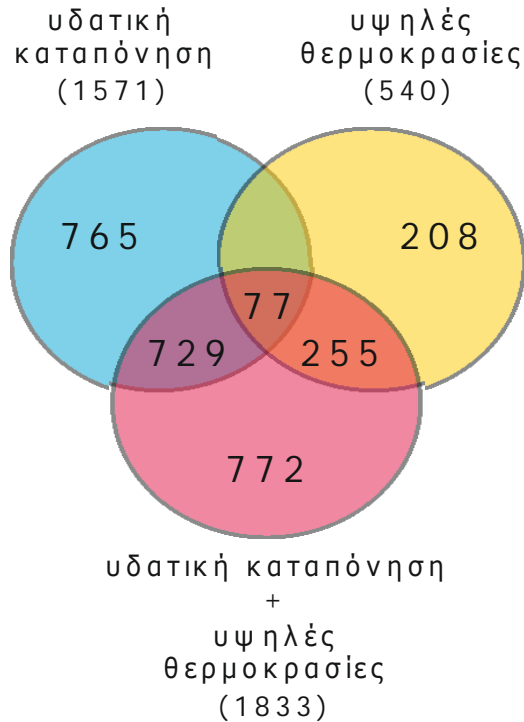
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση δύο ή περισσότερων παραγόντων καταπόνησης αποτελεί μια νέα κατάσταση καταπόνησης

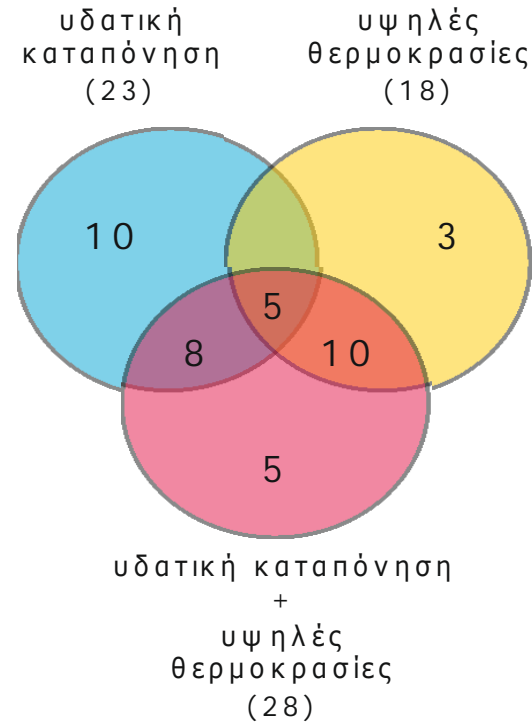
Η αντίδραση ενός φυτού όταν αλληλεπιδρούν δύο ή περισσότεροι αβιοτικοί παράγοντες καταπόνησης είναι **μοναδική** και δεν μπορεί να προβλεφθεί με βάση την αντίδραση του φυτού έναντι του κάθε ενός παράγοντα ξεχωριστά

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

μεταγραφήματα



μεταβολίτες



Τα μοναδικά μεταγραφικά και μεταβολικά χαρακτηριστικά φυτών υπό συνδυασμό υδατικής και θερμικής καταπόνησης. Φαίνεται η επικάλυψη σε μεταγραφήματα και μεταβολίτες που δείχνουν μεταβολές κατά τη διάρκεια υδατικής ή θερμικής καταπόνησης ή σε συνδυασμό των δύο καταπονήσεων.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι **συνεργιστική** ή **ανταγωνιστική**

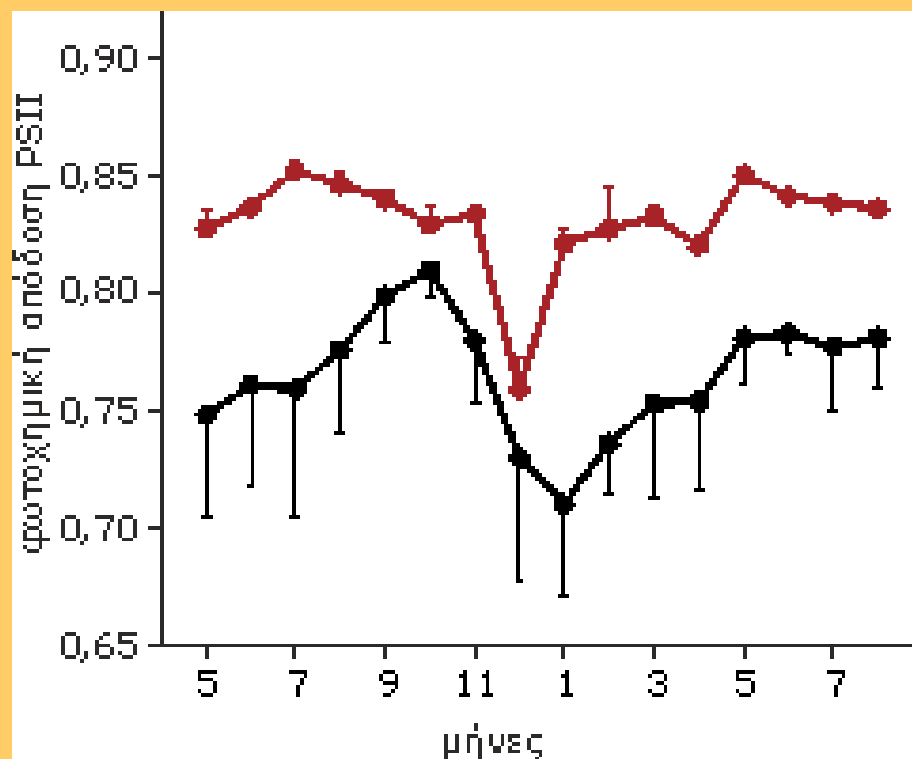
Εάν η αλληλεπίδραση έχει ως αποτέλεσμα η παρουσία ενός παράγοντα να επαυξάνει τη ζημιογόνο επίδραση ενός δεύτερου παράγοντα, ονομάζεται **συνεργιστική**

Στην **ανταγωνιστική** αλληλεπίδραση, η παρουσία ενός παράγοντα καταπόνησης έχει ως αποτέλεσμα να ελαττώνει τη ζημιογόνο επίδραση ενός δεύτερου παράγοντα. Το φαινόμενο αναφέρεται και ως **διασταυρούμενη ανθεκτικότητα**

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι συνεργιστική ή ανταγωνιστική

Υψηλή ένταση ακτινοβολίας-χαμηλές θερμοκρασίες-
Συνεργιστική



ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι συνεργιστική ή ανταγωνιστική

Υψηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας-υδατική καταπόνηση-**Συνεργιστική**

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι συνεργιστική ή ανταγωνιστική

Αλατότητα-έλλειψη οξυγόνου-**Συνεργιστική**

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι συνεργιστική ή ανταγωνιστική

Υδατική καταπόνηση-χαμηλές θερμοκρασίες-
Ανταγωνιστική

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι συνεργιστική ή ανταγωνιστική

Χαμηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας-υδατική καταπόνηση-**Ανταγωνιστική**

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι συνεργιστική ή ανταγωνιστική

Μηχανικές καταπονήσεις-υδατική καταπόνηση-
Ανταγωνιστική

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- Το αμυντικό δυναμικό των φυτικών ιστών έναντι βιοτικών παραγόντων καταπόνησης επηρεάζεται από το αβιοτικό περιβάλλον

Η ποιοτική και η ποσοτική σύσταση σε δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτικών ιστών (και επομένως και το **αμυντικό τους δυναμικό**) επηρεάζεται από τις μεταβολές της **συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων** στο έδαφος

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

- **Το αμυντικό δυναμικό των φυτικών ιστών έναντι βιοτικών παραγόντων καταπόνησης επηρεάζεται από το αβιοτικό περιβάλλον**

Η υδατική καταπόνηση και οι υψηλές εντάσεις φωτεινής ακτινοβολίας επηρεάζουν επίσης θετικά τη σύνθεση δευτερογενών μεταβολιτών