

Γεωργική Φαρμακολογία

Δημήτρης Καρούζας
dkarouzas@bio.uth.gr



Εισαγωγή στην Γεωργική Φαρμακολογία

- Τι είναι τα γεωργικά φάρμακα
- Κατηγορίες γεωργικών φαρμάκων
- Παραγωγή γεωργικών φαρμάκων
- Βασικές έννοιες της γεωργικής φαρμακολογίας
 1. Τοξικότητα - Φυτοτοξικότητα
 2. Εκλεκτικότητα
 3. Βιολογική Δράση - Αποτελεσματικότητα
- Τρόπος και Μηχανισμός δράσης
- Συσκευασία/Τυποποίηση γεωργικών φαρμάκων
- Σκευάσματα γεωργικών φαρμάκων



Γεωργικό Φάρμακο (Pesticide ή Agrochemical) είναι
κάθε ουσία ή μίγμα ουσιών συμπεριλαμβανομένων και
επεξεργασμένων ή μη φυτικών προϊόντων, που μπορεί να
χρησιμοποιηθεί ως μέσο καταπολέμησης εχθρών και ασθενειών των
φυτών ή να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των εν λόγω ουσιών



Κατηγορίες γεωργικών φαρμάκων

(με βάση το είδος του φυτοπαρασίτου που καταπολεμούν)

1. Εντομοκτόνα (Insecticides)
2. Ακαρεοκτόνα (Acaricides)
3. Νηματωδοκτόνα (Nematicides)
4. Μυκητοκτόνα (Fungicides)
5. Ζιζανιοκτόνα (Herbicides)

Στα γεωργικά φάρμακα σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό συγκαταλέγονται και φυτοορμόνες, αποφυλλωτικά, εντομοελκυστικά, εντομοαπωθητικά, στειρωτικά και τα τρωκτικοκτόνα

Έγκριση γεωργικών φαρμάκων

- Η διαδικασία αξιολόγησης των γεωργικών φαρμάκων για έγκριση χρήσης από την Ευρωπαϊκή Ένωση EU βασίζεται στην κοινοτική οδηγία 91/414/EEC
- Χρειάζεται να αποδειχθεί ότι η χρήση του γ.φ δεν ενέχει κινδύνους για:
 - Περιβάλλον: έδαφος, νερό, αέρα, οργανισμούς μη-στόχους
 - Ανθρώπους και ζώα που καταναλώνουν υπολείμματα διαμέσου της διατροφής
 - Ανθρώπους που εφαρμόζουν τα γεωργικά φάρμακα

Κοινοτική Οδηγία 91/414/EEC

- Είναι αποτελεσματικό
- Δεν παρουσιάζει ανεπίτρεπτες επιδράσεις σε φυτά ή φυτικά προϊόντα
- Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία ανθρώπων και ζώων με άμεσο ή έμμεσο τρόπο (διαμέσου τροφής, νερού)
- Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στην ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδροφόρων συστημάτων
- Δεν προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις σε οργανισμούς μη-στόχους οι οποίοι διαβιούν στο περιβάλλον στο οποίο εφαρμόζεται το γεωργικό φάρμακο



Κοινοτική Οδηγία 91/414/EEC

- Διαδικασία που ελέγχεται από σύνδεσμο προστασίας της υγείας των καταναλωτών (DG SanCo)
- Τα πειραματικά δεδομένα που απαιτούνται και οι διαδικασίες αξιολόγησης περιέχονται στα παρακάτω παραρτήματα (Annexes)
 - ⇒ Annex I – λίστα με όλες τις δραστικές που έχουν πάρει έγκριση για χρήση σε εμπορικά σκευάσματα.
 - ⇒ Annex II – Απαιτούμενα δεδομένα για την καθαρή δραστική ουσία
 - ⇒ Annex III – Απαιτούμενα δεδομένα για ένα σκεύασμα της δ.ο
 - ⇒ Annexes IV and V – φράσεις κινδύνου και ασφάλειας
 - ⇒ Annex VI - the Uniform Principles: η διαδικασία λήψης αποφάσεων από τις χώρες μέλη στις οποίες έχει κατατεθεί το γ.φ προς έγκριση
- Η ισχύς της κοινοτικής οδηγίας έληξε το Ιούλιο 2003 και ανανεώθηκε μέχρι τον Δεκέμβριο 2008



Από τι αποτελείται το γεωργικό φάρμακο που εφαρμόζουμε στον αγρό;

Δραστική ουσία (active ingredient)

1. Κοινό όνομα -alachlor
2. Χημικό όνομα - 2-χλώρο-2,6-διέθυλ-N-μεθοξυμεθυλακετανιλίδιο
3. Εμπορικό όνομα - Lasso, Alachlor, Alanex, Reneur, Λακορν

Φορέα Δραστικής ουσίας (carriers or fillers)

1. Φορείς σε υγρή κατάσταση
2. Φορείς σε στερεά κατάσταση

Βοηθητικές ουσίες (spray supplements)

1. Εξαπλωτικές ουσίες (Spreading agents)
2. Προσκολλητικές ουσίες (Sticking agents)
3. Διασπορικοί παράγοντες (Dispersing agents)
4. Διαβρεκτικές ουσίες (humidifiers)
5. Γαλακτωματοποιητικές ουσίες (emulsifiers)



Προσθετικές/Βελτιωτικές Ουσίες

Τα ενεργές ουσίες που προστίθενται στα σκευάσματα με σκοπό την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της δραστικής ουσίας βοηθώντας στην:

1. Καλύτερη ανάμιξη κατά τον ψεκασμό
2. Βελτίωση της διαβρεκτικότητας
3. Βελτίωση της προσκολλητικότητας στην επιφάνεια ψεκασμού
4. Βελτίωση της σταθερότητας στις ψεκαζόμενες επιφάνειες



Τασενεργές Ουσίες (Surfactants)

Ουσίες που προκαλούν φυσικές αλλαγές στην επιφάνεια μεταξύ διαφασικών συστημάτων (επηρεάζουν την επιφανειακή τάση που αναπτύσσεται στην μεσοεπιφάνεια διαφασικών συστημάτων)

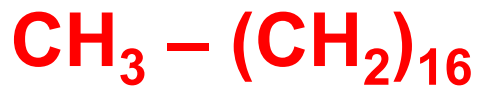
Επιφανειακή τάση: η δυνάμεις που αναπτύσσονται στην επιφάνεια ενός υγρού ή στην εσωτερική επιφάνεια δύο υγρών

Το νερό έχει ιδιαίτερα υψηλή τιμή επιφανειακής τάσης (72 dyn/cm) ενώ το εξάνιο 18.4, το ελαιόλαδο 35.8 ενώ ο υδράργυρος την υψηλότερη 485

Τασενεργές ουσίες (Surfactants)

Κοινό χαρακτηριστικό: Παρουσία στο μόριο

λιπόφιλης και **υδρόφιλης** ομάδας



Άπολο-λιπόφιλο
ελαιοδιαλυτό



Πολικό-υδρόφιλο
υδατοδιαλυτό



Προσθετικές Ουσίες - Κατηγορίες

1. Διαβρεκτικές (wetting agents)
2. Εξαπλωτικές (spreading agents)
3. Προσκολλητικές (sticking agents)
4. Διασπορικές (dispersing agents)
5. Γαλακτωματοποιητικές (emulsifiers)
6. Αφριστικές – Αντιαφριστικές (foaming-antifoaming agents)
7. Διεισδυτικές (penetrants)
8. Ενεργοποιητικές ή συνεργιστικές (Activators – Synergists)
9. Απορρυπαντικά (Detergents)

Προσθετικές Ουσίες - τασενεργές

- **ΔΙΑΒΡΕΚΤΙΚΕΣ** : επιβραδύνουν την εξάτμιση της σταγόνας μετά την εφαρμογή ώστε να μπορέσει στην μορφή της σταγόνας η δ.ο να διεισδύσει σε δυσπρόσιτες περιοχές
- **ΕΞΑΠΛΩΤΙΚΕΣ** : αυξάνουν τις δυνάμεις συνάφειας του ψεκαστικού υγρού με την ψεκαζόμενη επιφάνεια
- **ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ** : βοηθούν την προσκόλληση του ψεκαστικού υγρού επάνω στην ψεκαζόμενη επιφάνεια
- **ΔΙΑΣΠΟΡΙΚΕΣ** : χρησιμοποιούνται για την παρασκευή βρέξιμων σκονών ελατώννοντας τις δυνάμεις συνοχής μεταξύ των τεμαχιδίων της στερεάς, σε διασπορά, φάσεως

Προσθετικές Ουσίες - τασενεργές

- **ΓΑΛΑΚΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΤΙΚΕΣ:** Διατηρούν σε ενιαία φάση γαλακτώματα όπου η δ.ο είναι δυσδιάλυτη στο νερό.
- **ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΙΚΕΣ:** Αυξάνουν την τοξικότητα μιας συγκεκριμένης ποσότητας δ.ο



Διαβρεκτικές/Υγροσκοπικές ουσίες

Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται η παραμονή της δραστικής ουσίας υπό μορφή σταγόνας στην ψεκαζόμενη επιφάνεια για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα

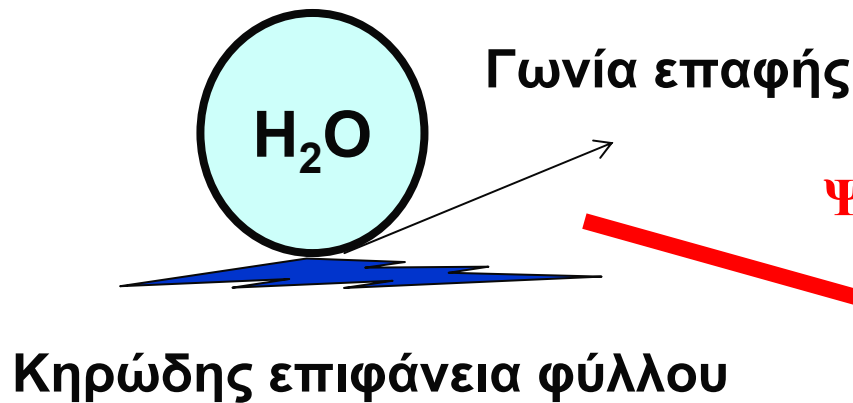
ΧΡΗΣΕΙΣ

- Όταν η δ.ο πρέπει να διεισδύσει σε σχισμές του κορμού δένδρων για την θανάτωση διαχειμαζόντων αυγών
- Όταν η δ.ο πρέπει να δράσει κάτω από το μελίτωμα αφιδών
- Όταν η δ.ο ουσία θέλουμε να φθάσει και να διαβρέξει το μυκήλιο μυκήτων

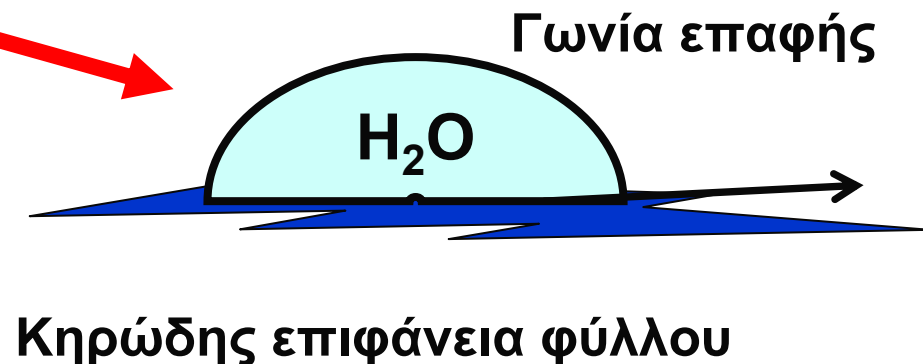
Εξαπλωτικές ουσίες

Ουσίες που προκαλούν μείωση της επιφανειακής τάσης του νερού του ψεκαστικού υγρού (από 78 dyn/cm σε <50 dyn/cm) ώστε οι σταγόνες που να σχηματίζονται να συγκρατούνται στην ψεκαζόμενη φυλλική επιφάνεια και να μην απορρέουν

Ψεκαστικό υγρό χωρίς εξαπλωτικές ουσίες



Ψεκαστικό υγρό με εξαπλωτικές ουσίες



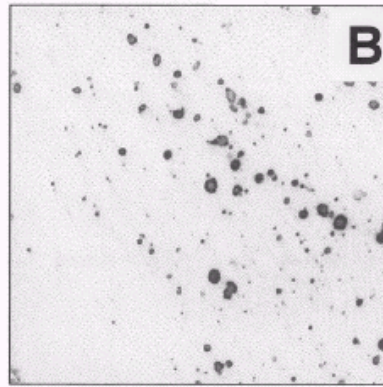
Επίδραση προσθετικών ουσιών στην αποτελεσματικότητα κάλυψης με τον ψεκασμό

Απόθεση σταγόνων σε φύλλα από ψεκαστικό υγρό διαφορετικής σύστασης

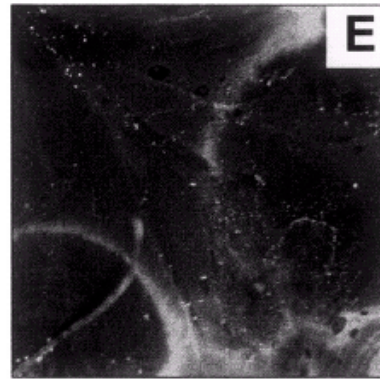
Νερό



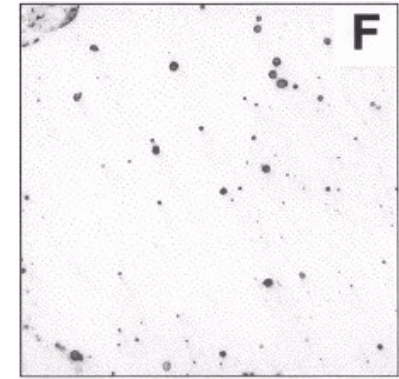
Ορυκτέλαιο



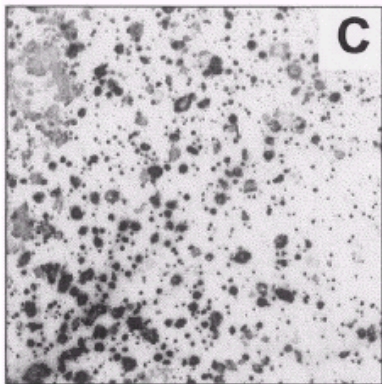
Τασενεργός
οργανοσιλικόνη



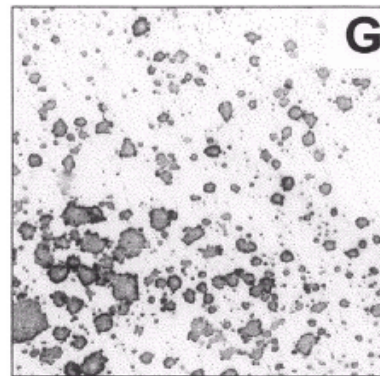
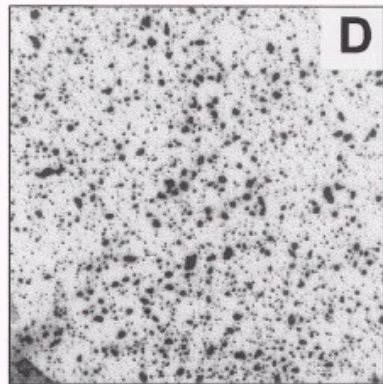
Πολυμερές



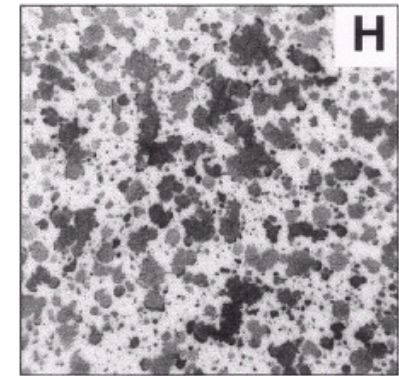
Φυτικό έλαιο



Τασενεργό
μη ιονική



φωσφολιπίδιο



Ακετόνη - νερό

Προσκολλητικές Βοηθητικές Ουσίες

Βελτιώνουν την προσκολλητικότητα των ψεκαζομένων δραστικών ουσιών

Σημαντική η χρήση τους σε περιπτώσεις όπου η δραστική ουσία δεν έχει διασυστηματική δράση αλλά παραμένει στην ψεκαζόμενη επιφάνεια χωρίς να μπορεί να εισέλθει διαμέσου της κηρώδους επιφάνειας των φυλλών

Απαραίτητη η παρουσία τους όταν κάνουμε προστατευτικούς ψεκασμούς για κάλυψη και προληπτική προστασία φυτικής επιφάνειας

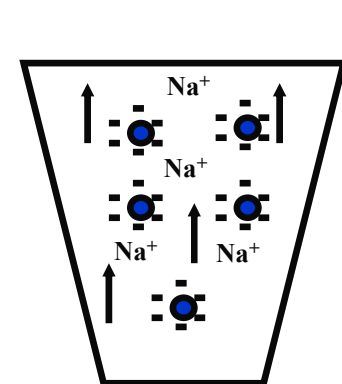
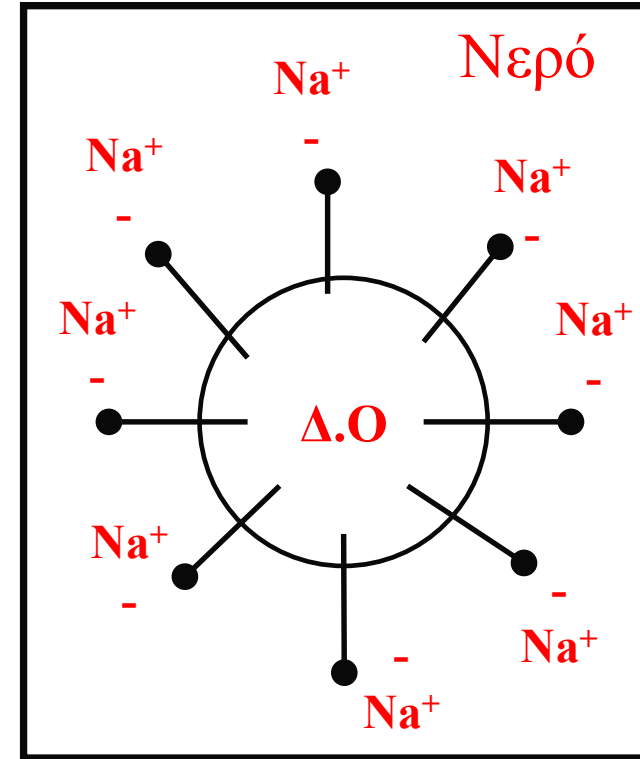


Γαλακτωματοποιητικές ουσίες

Προστίθενται σε γαλακτωματοποιήσιμα σκευάσματα και διατηρούν την κατανομή των σταγονιδίων της ελαιώδους φάσης (δραστική ουσία+οργανικός διαλύτης) μέσα στην υδάτινη φάση υπό μορφή γαλακτώματος

ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ

1. Περιβάλλουν τα σταγονίδια της φάσης διασποράς με λεπτό υμένιο αρνητικά ή θετικά φορτισμένο εμποδίζοντας τη συνένωση τους
2. Μειώνουν την επιφανειακή τάση των σταγονιδίων δρώντας ως εξαπλωτικές ουσίες αυξάνοντας την εξάπλωση τους στην ψεκαζόμενη επιφάνεια



(δραστική ουσία-οργανικός διαλύτης-γαλακτωματοποιητική ουσία-νερό)

Συνεργιστές ή ενεργοποιητές

Ουσίες που αυξάνουν την αποτελεσματικότητα/δραστικότητα μιας συγκεκριμένης ποσότητας δ.ο

Οι συνεργιστές δρουν συνήθως σε βιοχημικό/μοριακό επίπεδο αναστέλλοντας την δράση ενζυμικών συστημάτων που απενεργοποιούν εντός του οργανισμού-στόχου την δ.ο.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Χρήση σκευασμάτων φυσικών πυρεθροειδών με την συνεργιστική ουσία piperonyl butoxide το οποίο ανέστειλε την δράση των μικροσομικών οξειδασών που είναι υπεύθυνες για την απενεργοποίηση πλήθους δ.ο

Ενεργοποιητικές ουσίες επιτρέπουν την καλύτερη πρόσβαση τη δ.ο στο στόχο

Τυποποίηση (formulation)

Τυποποίηση των γεωργικών φαρμάκων είναι η ανάμιξη και επεξεργασία της δραστικής ουσίας με τις βοηθητικές ουσίες που οδηγεί στην παραγωγή του **σκευάσματος** που εφαρμόζεται στον αγρό

Σκεύασμα είναι το μίγμα ενός ή περισσοτέρων τεχνικά καθαρών δραστικών συστατικών και βοηθητικών ουσιών με την ίδια πάντοτε εγγυημένη σύνθεση ως μορφή, έτοιμη να χρησιμοποιηθεί σαν γεωργικό φάρμακο όπως είναι μετά την αραίωση

Τύποι σκευασμάτων

Υγρά σκευάσματα

1. Πυκνά γαλακτωματοποιήσιμα (EC)
2. Πυκνά γαλακτώματα (EW)
3. Πυκνά εναιωρήματα (SC)
4. Πυκνά αιωρηματοποιήσιμα βραδείας αποδόσεως (Μικροκάψουλες) (CS)
5. Υδατικά διαλύματα (SL)

Στερεά σκευάσματα

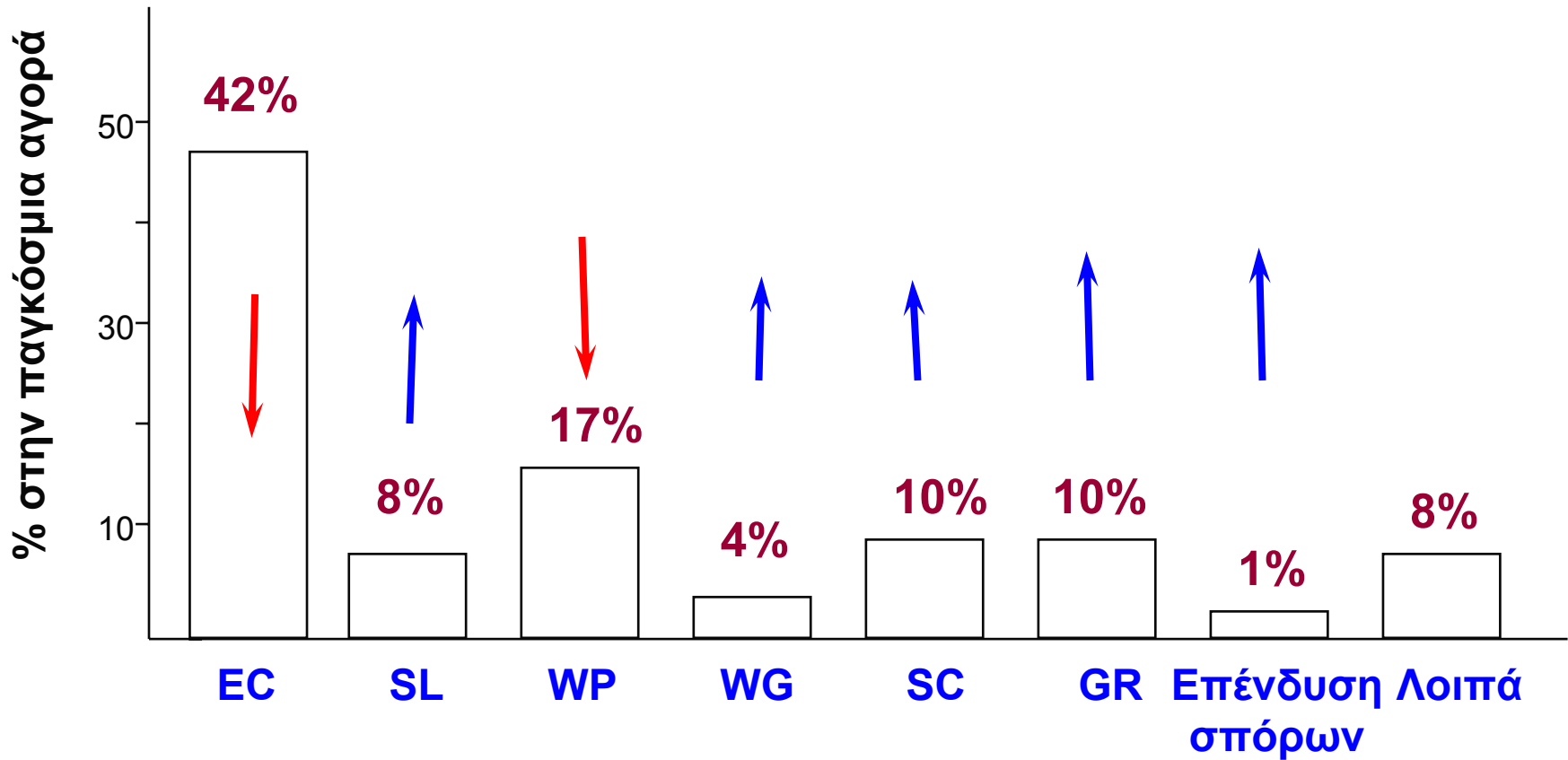
1. Βρέξιμες σκόνες (WP)
2. Υδατοδιαλυτές σκόνες (WSP ή SP)
3. Σκόνες επιπάσεως (D)
4. Κόκκοι (G)
5. Βρέξιμοι ή Υδατοδιασπειρόμενοι κόκκοι (WG)
6. Δολώματα (B)

Αέρια σκευάσματα

1. Καπνογόνα (GE)



Οι σημαντικότερες μορφές σκευασμάτων γεωργικών φαρμάκων

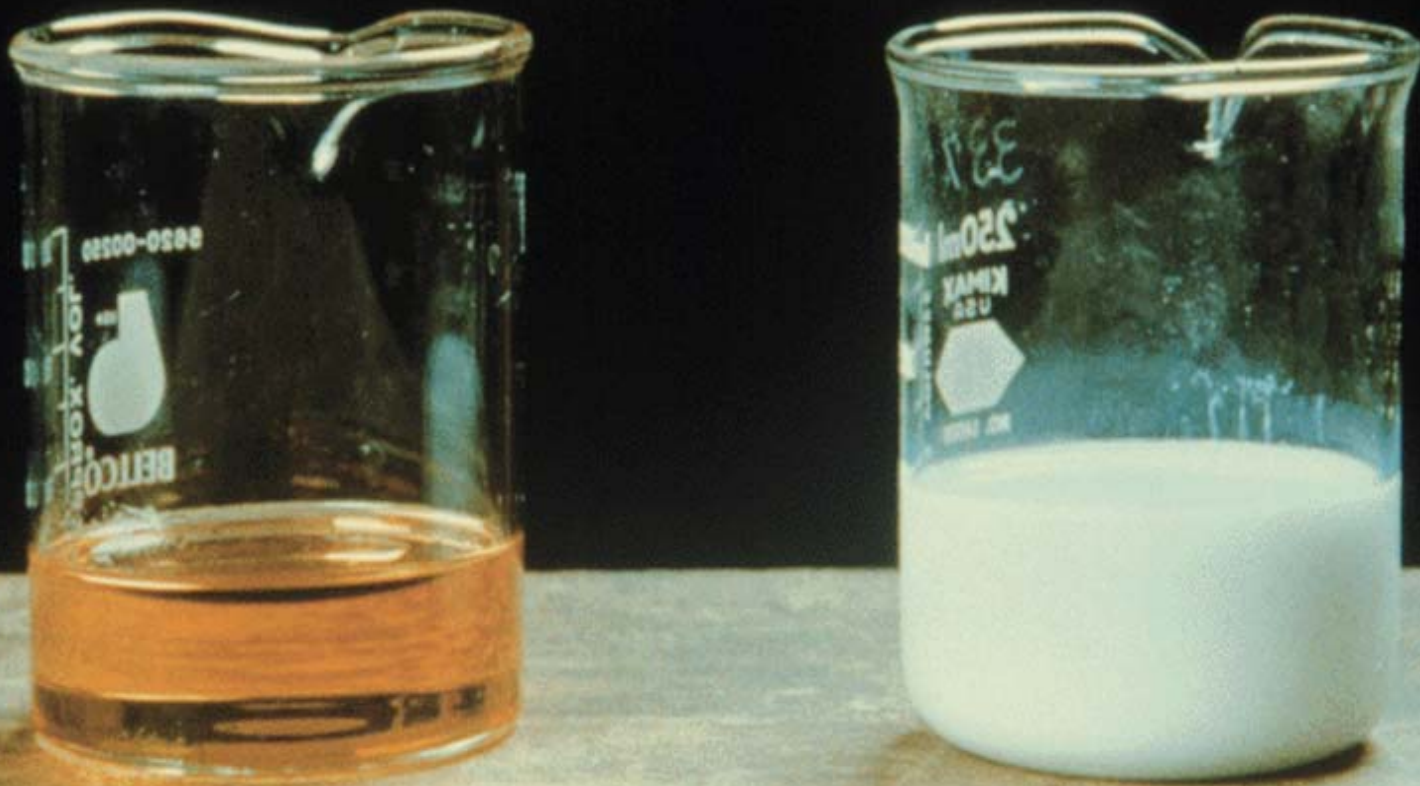


Γαλακτωματοποιήσιμο συμπύκνωμα (EC)

Διαδεδομένη μορφή υγρού σκευάσματος για δ.ο χαμηλής υδατοδιαλυτότητας

Πυκνά διαλύματα στα οποία η δ.ο είναι διαλυμένη σε οργανικό διαλύτη και όταν διαλυθεί στον νερό, παρουσία γαλακτωματοποιητικών ουσιών, δίνει ένα ενιαίας φάσης μίγμα που ονομάζεται **γαλάκτωμα**.

- ΣΥΣΤΑΣΗ** 40% δραστική ουσία
- 50% οργανικό διαλύτη - φορέα
- 10% γαλακτωματοποιητικές ουσίες



*Γαλακτωματοποιήσιμα συμπυκνώματα
Emulsifiable Concentrate (EC)*

Γαλακτώματα, Emulsions, EW

Υγρό, ετερογενές (γαλάκτωμα) που περιέχει σε διασπορά λεπτά σταγονίδια της δ.ο. (ή διαλύματος της δ.ο. σε οργανικό διαλύτη) μέσα σε νερό και γαλακτωματοποιητή

Σύγκριση Γαλακτωματοποιήσιμων Συμπυκνωμάτων (EC) / Γαλακτωμάτων (EW)

Γαλακτωματοποιήσιμα Συμπυκνώματα EC

- δ.ο.
- γαλακτωματοποιητές
- διαλύτης

- γαλακτωματοποίηση στο νερό

- ↔ ο/w γαλάκτωμα

Γαλακτώματα EW

- ⊕ δ.ο.
- ⊕ γαλακτωματοποιητές
- ⊕ νερό

ο/w γαλάκτωμα



αραίωση με H₂O



ο/w γαλάκτωμα



Αιώρηματα: Χαρακτηριστικά

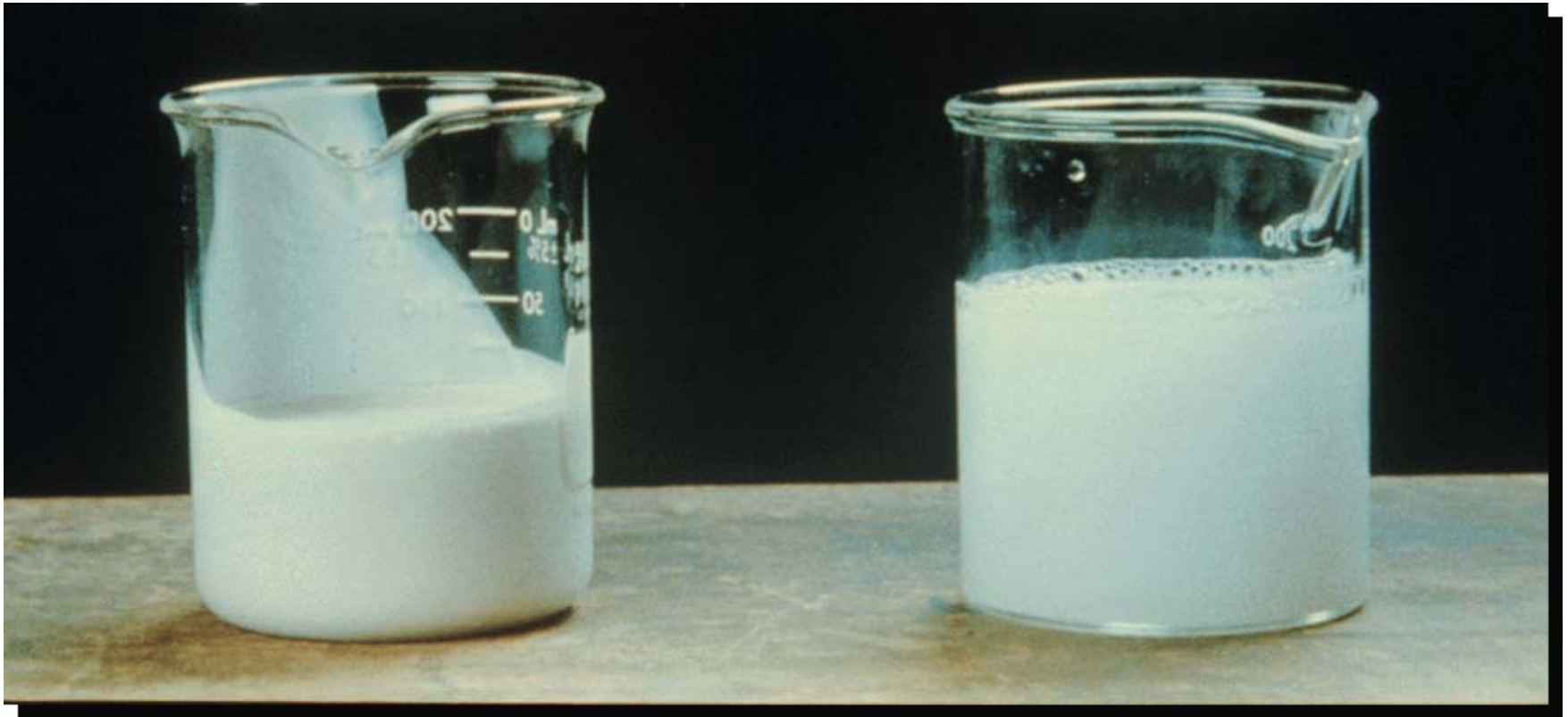
Λύση για δ.ο με χαμηλή διαλυτότητα σε νερό αλλά και σε οργανικούς διαλύτες χαμηλού κόστους αλλά ευδιάλυτες σε διαλύτες υψηλού κόστους

- Υγρά, κρεμώδη - παχύρρευστη υφή
- δραστική ουσία υγρή ή στερεή

Προκύπτουν ως παχύρρευστα σκευάσματα τα οποία μόλις διαλυθούν στο νερό δίνουν ένα θολό ομοιόμορφο αιώρημα



Αιωρήματα



Εναιωρούμενο Συμπύκνωμα (SC)

Περιέχει πολυ λεπτά τεμαχίδια της δραστικής ουσίας αναμεμιγμένα με βοηθητικές ουσίες και διασπαρμένα στο νερό το οποίο αραιώνεται περαιτέρω με νερό όπως και τα γαλακτωματοποιήσιμα συμπυκνώματα

Αιώρημα Μικροκαψουλών, Capsule Suspensions (SC)

Σκεύασμα βραδείας απελευθέρωσης της δραστικής ουσίας

Η δ.ο εγκλωβίζεται εντός μικρών σφαιρικών τεμαχιδίων που περιβάλλονται από κατάλληλο πορώδες υλικό που επιτρέπει μετά από διάλυση σε νερό την βραδεία απελευθέρωση της δ.ο



Υδατικά διαλύματα (SL)

Πυκνά διαλύματα δραστικής ουσίας σε νερό όπου η συγκέντρωση της δραστική ουσίας μπορεί να φθάσει το 40%

Χρήσιμα για υδατοδιαλυτές δραστικές ουσίες

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Δεν υπάρχουν προβλήματα αραιώσης καθώς η δ.ο είναι υδατοδιαλυτή.

Εξαιρέση όταν το νερό που χρησιμοποιείται έχει υψηλή συγκέντρωση σε κατιόντα (Ca, Mg, Fe) με συνέπεια την εμφάνιση αδιάλυτων ιζημάτων

Διαλύματα *Solution (SL)*



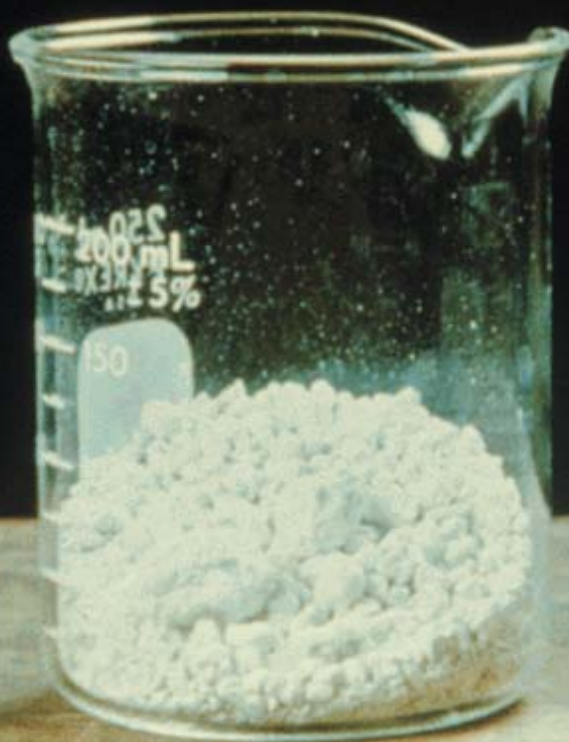
Βρέξιμες Σκόνες (Wettable Powder)

Σκευάσματα λεπτόκκοκης (1-10 μ m) σκόνης (μεγάλης περιεκτικότητας σε δ.ο, 50-80%) που με διάλυση σε νερό δίνει αιώρημα

Περιέχουν συνήθως διασπορικές ουσίες που εμποδίζουν την σβωλοποίηση και βελτιώνουν την εξαπλωτικότητα του ψεκαστικού υγρού

ΧΡΗΣΗ: Για δ.ο δυσδιάλυτες σε νερό και οργανικούς διαλύτες





Βρέξιμες σκόνες Wettable Powder (WP)



Σκόνες επίπασης, Dust D,

Στερεό, σε μορφή σκόνης, μεγάλης ρευστότητας, που περιέχει δ.ο. αραιωμένη με κατάλληλο αδρανές υλικό (φορέα/αραιωτικό)

✿ Εφαρμόζεται με επίπαση

✿ Στερεή ή υγρή δ.ο.: *Αραίωση ή εμποτισμός & άλεση*

✿ Περιεκτικότητα 0.5 – 10 % β/β (*πυκνές >40%*)

✿ Περιορισμένη η χρησιμοποίησή τους

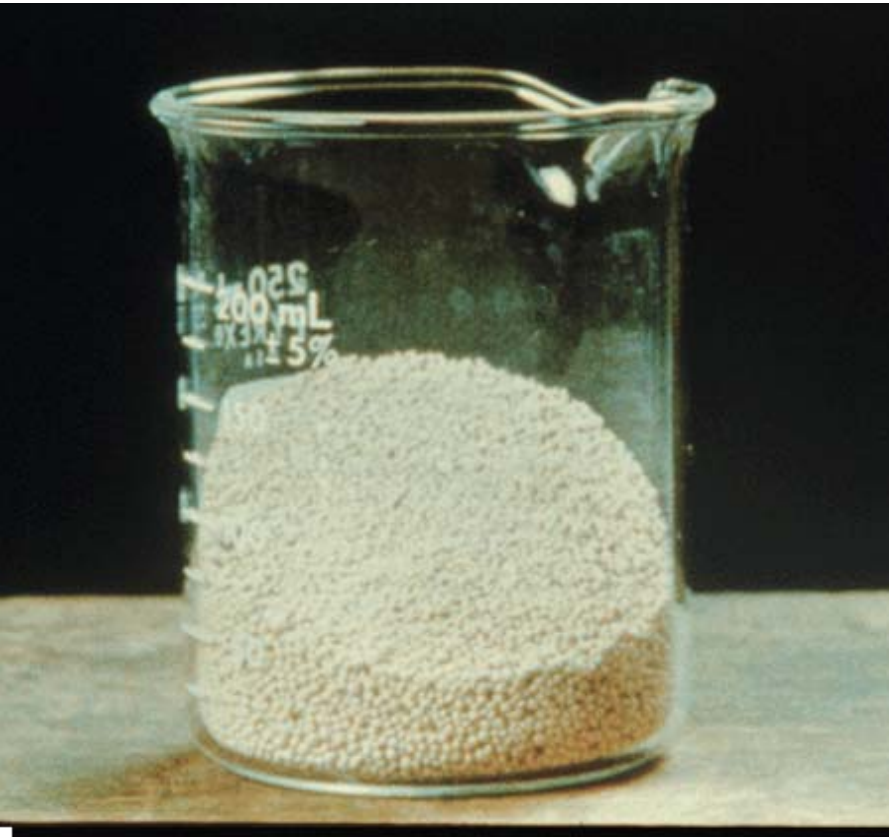


Κοκκώδη / Κόκκοι, Granular G

Στερεό, ορισμένου μεγέθους εύρους κόκκων και μεγάλης ρευστότητας, που περιέχει δ.ο. εμποτισμένη σε κατάλληλο αδρανή φορέα και προσκολλητικές ουσίες

- ❖ Εφαρμόζεται στερεό, κυρίως στο έδαφος
- ❖ Στερεή ή υγρή δ.ο.
- ❖ Περιεκτικότητα 2-25 % β/β
- ❖ Μέγεθος κόκκων 20-80 mesh (100-800 μm), **σκόνη <1%**





Κόκκοι Granule (G)



Κοκκώδη σκευάσματα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Ασφαλέστερα στην εφαρμογή
2. Ιδανικά σκευάσματα για τοξικά γεωργικά φάρμακα που περιέχουν μικρό ποσοστό δ.ο 5-10%
3. Η αποτελεσματικότητά τους δεν επηρεάζεται από άνεμο
4. Ιδανικά σκευάσματα για ακριβής εφαρμογή σε εγκατεστημένες καλλιέργειες - εκλεκτικότητα σε μη εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα
5. Η εφαρμογή τους μπορεί να συνδυαστεί με άλλες καλλιεργητικές εργασίες (σπορά, λίπανση)

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Υψηλό κόστος παραγωγής
2. Υψηλό κόστος μεταφοράς λόγω του μεγάλου όγκου σχετικά με το ποσοστό δραστικής ουσίας που περιέχουν



Υδατοδιασπειρόμενοι κόκκοι (WG)

Προτιμάται για στερεές δ.ο υψηλής δραστηκότητας που εφαρμόζονται σε χαμηλές δόσεις

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Εύκολη και ασφαλής στην χρήση
2. Δεν αφήνει ανεπιθύμητα υπολείμματα στο ψεκαστικό
3. Χαμηλό κόστος αποθήκευσης

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Υψηλό κόστος παραγωγής
2. Η χρήση τους απαιτεί εκπαιδευμένο εφαρμογέα



Δολώματα, Baits

Η δ.ο. αναμιγνύεται με εδώδιμα ή αδρανή υλικά και ελκυστικές ουσίες

- έλεγχος τρωκτικών, εντόμων, σαλιγκαριών
- εφαρμογή σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους
- επικίνδυνα σε ζώα ή οργανισμούς μη στόχους

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Το γεωργικό φάρμακο αναμιγνύεται πλήρως με το ελκυστικό του εντόμου και εφαρμόζεται σε θέσεις που θα προσελκύσουν τα υπό εξόντωση έντομα Παράδειγμα το δόλωμα υδρολυμένης πρωτεΐνης και εντομοκτόνων εναντίον του δάκου



Δόλωμα Bait (B)



Καπνογόνα

Fumigants, Smoke Generators

Υγρές ή στερεές δ.ο. εξαερώνονται κατά την εφαρμογή

- ❖ υγροποιημένα αέρια π.χ. βρωμιούχο μεθύλιο
- ❖ στερεά - ταμπλέτες π.χ. φωσφορούχο αργίλιο ή φωσφίνη έλεγχος εχθρών σε αποθήκες - κλειστούς χώρους
- ❖ σπειράματα εντομοαπωθητικών: δ.ο. αναμιγνύεται με οξειδωτικά και εύκαυστα υλικά π.χ. σπειράματα για κουνούπια: φυσική πυρεθρίνη ή αλλεθρίνη, ξυλόσκονη, άμυλο και προσθετικές ουσίες.
- ❖ απολυμαντικά εδάφους (έλεγχος ζιζανίων, εντόμων, νηματωδών, μικροοργανισμών)



Τοξικότητα - Αποτελεσματικότητα

Τοξικότητα

Το σύνολο των ανεπιθύμητων επιδράσεων των γεωργικών φαρμάκων σε οργανισμούς μη-στόχους.

(Αναφέρεται σε όλους τους οργανισμούς και όχι μόνο στους ανώτερους)

Αποτελεσματικότητα

Το σύνολο των επιδράσεων των γεωργικών φαρμάκων σε οργανισμούς στόχους

Η επιστήμη που εξετάζει τις τοξικές επιδράσεις γεωργικών φαρμάκων και γενικότερα ρύπων σε όλους τους οργανισμούς που βρίσκονται στο περιβάλλον ονομάζεται **Οικοτοξικολογία (Ecotoxicology)** ή **Τοξικολογία του περιβάλλοντος (Environmental Toxicology)**

Κατηγορίες Τοξικότητας

- **Οξεία τοξικότητα (Acute toxicity)**
- **Χρόνια τοξικότητα (chronic toxicity)**



Οξεία Τοξικότητα

- Δυσμενείς επιδράσεις εμφανίζονται αμέσως μετά την επαφή του οργανισμού με μια μόνο δόση του δηλητηρίου
- Είναι αναστρέψιμη
- Οφείλεται συνήθως στην αναστολή λειτουργίας ενός φυσιολογικού συστήματος του οργανισμού και μπορεί να προσδιορισθεί ποσοτικά (LD₅₀, LC₅₀, ED₅₀, EC₅₀)



Οξεία Τοξικότητα

LD₅₀ (LethalDose): Η ποσότητα του δηλητηρίου που μπορεί να σκοτώσει το 50% ενός τυχαία επιλεγμένου πληθυσμού ενός συγκεκριμένου οργανισμού και εκφράζεται ως mg δηλητηρίου/kg σωματικού βάρους του υπό εξέταση οργανισμού

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

Αφαιρεί τον παράγοντα σωματικό βάρος

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

1. Δεν λαμβάνει υπόψη την παραλακτικότητα μεταξύ ατόμων του ίδιου οργανισμού λόγω ηλικίας ή λόγω φύλλου
πχ. αρρενα ποντίκια ανθεκτικότερα από θηλυκά ποντίκια
2. Παρέχει στοιχεία για πειραματικά κυρίως είδη και μόνο ενδείξεις τοξικότητας σε άνθρωπο και κτηνοτροφικά είδη

Οξεία Τοξικότητα – Παράμετροι μέτρησης

LC₅₀ (Lethal Concentration): Η συγκέντρωση ενός δηλητηρίου στον περιβάλλοντα αέρα ή νερό που περιβάλλει τους οργανισμούς ικανή να προκαλέσει το θάνατο του 50% του πληθυσμού

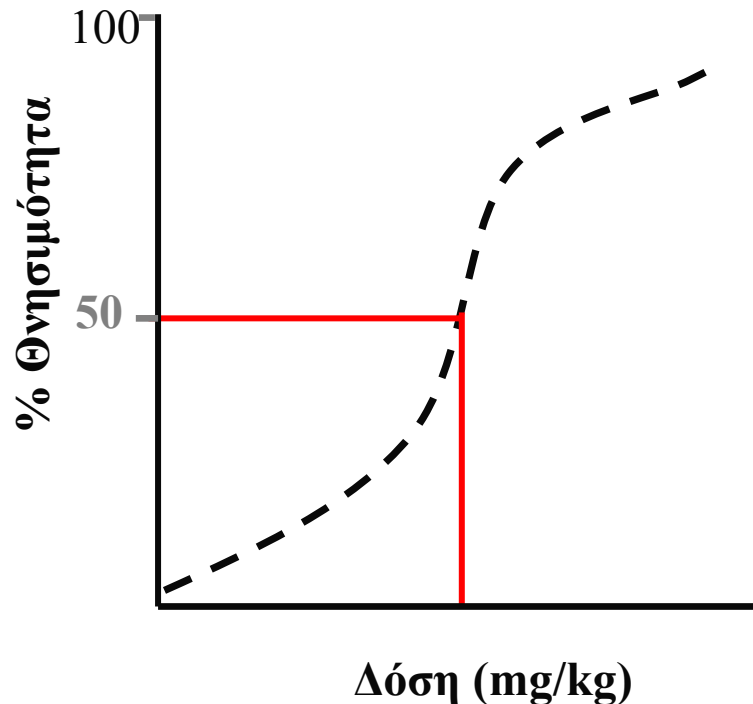
Για μέτρηση τοξικότητας σε ψάρια ή οργανισμούς που έχουν εισπνεύσει ατμούς δηλητηρίων. Εξαρτάται από το χρονικό διάστημα επαφής του δηλητηρίου με τον οργανισμό

ED₅₀ ή EC₅₀ (Effective Dose): χρησιμοποιούνται όταν σαν κριτήριο τοξικότητας δεν λαμβάνεται ο θάνατος του οργανισμού.

I₅₀: η δόση που αναστέλλει την δράση ενός ενζυμικού συστήματος *in vitro*

Υπολογισμός LD₅₀

Πληθυσμός του υπό εξέταση οργανισμού έρχεται σε επαφή με διαφορετικές συγκεντρώσεις της ουσίας και το ποσοστό των ατόμων που πεθαίνουν καταγράφεται και τα αποτελέσματα του παραπάνω πειράματος περιγράφονται από σιγμοειδή καμπύλη



Οξεία Τοξικότητα - Τιμές

$LD_{50} < 1 \text{ mg/kg}$

Πάρα πολύ τοξικές

$1 < LD_{50} < 50 \text{ mg/kg}$

Πολύ τοξικές

$50 < LD_{50} < 500 \text{ mg/kg}$

Μετρίως τοξικές

$500 < LD_{50} < 5000 \text{ mg/kg}$

Ελαφρώς τοξικές



Οξεία τοξικότητα LD₅₀ (mg/kg) διαφόρων δραστικών ουσιών σε άρρενα ποντίκια

Εντομοκτόνα	LD₅₀	Μυκητοκτόνα	LD₅₀	Ζιζανιοκτόνα	LD₅₀
Parathion	5	Benomyl	100	Paraquat	112
Coumaphos	100	Tridemorph	650	MCPA	700
DDT	250	Βορδιγάλειος Πολτός	700	Linuron	1500
Carbaryl	400	Quintozene	1650	Glyphosate	4320
Pyrethrin	570	Carboxin	3200	Bromacil	5000
Malathion	1400	Captan	9000	Dalapon	6600



Χρόνια Τοξικότητα

- Δυσμενείς επιδράσεις εμφανίζονται μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα ως αποτέλεσμα της επαναλαμβανόμενης επαφής ενός οργανισμού με μικρές και μη θανατηφόρες δόσεις του δηλητηρίου
- Μη αναστρέψιμη
- Εμφανίζεται με την μορφή
 - **ορμονικών διαταραχών**
 - **καρκινογέννησης ή τερατογέννησης**
 - **μεταλλαξιγέννησης**
 - **εγκεφαλικών διαταραχών**



Χρόνια Τοξικότητα - Καρκινογέννηση

Τα γεωργικά φάρμακα κατατάσσονται σε 5 κατηγορίες ανάλογα με τον κίνδυνο να προκαλέσουν καρκινογέννηση:

Group A. Καρκινογόνα για τον άνθρωπο

Group B. Πολύ πιθανά καρκινογόνα για τον άνθρωπο

Group C. Πιθανά καρκινογόνα

Group D. Μη κατηγοριοποιήσιμα

Group E. Μη καρκινογόνα



Χρόνια Τοξικότητα - Ορμονικές Διαταραχές

Κάθε ξενοβιοτική ουσία (γεωργικά φάρμακα) που παρεμβαίνει στην ομαλή λειτουργία του ορμονικού συστήματος ενός οργανισμού ονομάζονται **Endocrine Disrupting Substances (EDS)**



Μηχανισμοί παρεμπόδισης ομαλής λειτουργίας ορμονικού συστήματος

- Δεσμεύονται στον υποδοχέα των φυσικών οιστρογόνων και τον ενεργοποιούν (οιστρογονική ή ανδρογονική δράση)
- Δεσμεύονται στον υποδοχέα των φυσικών οιστρογόνων και δεν τον ενεργοποιούν μπλοκάροντας την ομαλή λειτουργία (αντί-οιστρογονική)
- Παρεμβαίνουν στην βιοσύνθεση και μεταβολισμό των ορμονών
- Προκαλούν μεταβολές στον αριθμό των υποδοχέων των ορμονών στα κύτταρα
- Προκαλούν ανωμαλίες στην λειτουργία του θυρωειδή
- Προκαλούν ανωμαλίες στην σπερματογέννηση και στην αναπαραγωγή

Χρόνια Τοξικότητα - Ορμονικές Διαταραχές

Οιστρογονική δράση	Αντι-ανδρογονική δράση	Μεταβολισμό ορμονών	Σπερματογέν/ση αναπαραγωγή	Θυροειδή
Amitraz	Atrazine	Atrazine	Maneb, Zineb κα	Amitrole
Lindane	Lindane	Carbofuran	2,4-D	maneb
Parathion-methyl	Linuron	Epoxiconazole	Χαλκούχα μυκητοκτόνα	Ioxynil
Permethrin	Procymidone	lindane	Πυρεθροειδή	Metribuzin
s-triazines	Vinclozolin		Glyphosate	Trifluralin
triadimefon	πυρεθροειδή			πυρεθροειδή



Ποσοτικός προσδιορισμός χρόνιας τοξικότητας

Πληθυσμός ενός οργανισμού τρέφεται για χρονικό διάστημα με ποικιλία συγκεντρώσεων του φαρμάκου και η υψηλότερη δόση που δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα στο υπό εξέταση είδος ονομάζεται **Non Observed Effect Level (NOEL mg/kg σωμ. βαρ./ημέρα)**

Η χαμηλότερη ημερήσια δόση που προκαλεί συμπτώματα τοξικότητας στο υπό εξέταση είδος ονομάζεται αντίστοιχα **Lowest Observed Effect Level (LOEL)**



Λοιπές Τοξικολογικές Παραμέτρους Γεωργικών Φαρμάκων

MRL(Maximum Residue Level): είναι η υψηλότερη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ενός φαρμάκου που μπορεί να περιέχει ένα προϊόν **στην αγορά**

Το **MRL** είναι ξεχωριστό για κάθε συνδυασμό γεωργικού φαρμάκου - προϊόντος και προσδιορίζεται με βάση:

1. Το Reference Dose του γεωργικού φαρμάκου
2. Στοιχεία από την συμμετοχή του προϊόντος στην διαίτα του πληθυσμού ή συγκεκριμένων ευαίσθητων πληθυσμιακών ομάδων (πχ έφηβοι)



ProHarvestInterval, PHI

Είναι το χρονικό διάστημα που καθορίζεται για κάθε φάρμακο ως απαραίτητο να μεσολαβήσει μεταξύ τελευταίας εφαρμογής και συγκομιδής του εδώδιμου τμήματος μίας καλλιέργειας ώστε να μην παραμείνουν ανεπιθύμητα υπολείμματα του φαρμάκου στον καρπό



Εκλεκτικότητα

Η ιδιότητα ενός γεωργικού φαρμάκου να καταστρέφει επιλεκτικά τον οργανισμό-στόχο χωρίς να έχει καμία επίδραση σε οργανισμούς μη-στόχους

Ένα γεωργικό φάρμακο που είναι εκλεκτικό παρουσιάζει:

- 1) Υψηλή αποτελεσματικότητα
- 2) Χαμηλή τοξικότητα

