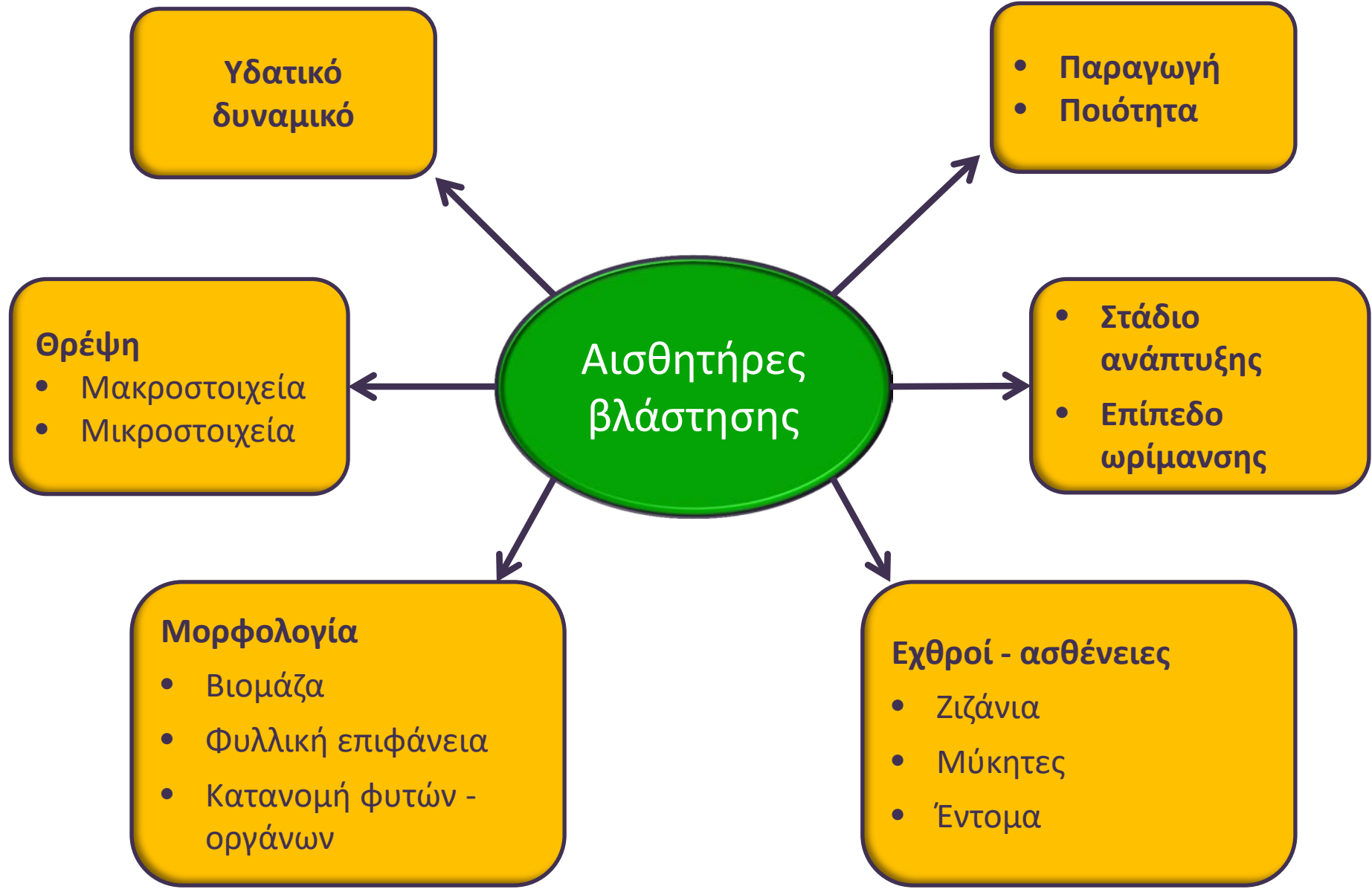


**Αισθητήρες  
αποτύπωσης της  
βλάστησης**





**Υδατικό  
δυναμικό**

- Παραγωγή
- Ποιότητα

**Αισθητήρες  
βλάστησης**

- Στάδιο  
ανάπτυξης
- Επίπεδο  
ωρίμανσης

- Θρέψη**
- Μακροστοιχεία
  - Μικροστοιχεία

- Εχθροί - ασθένειες**
- Ζιζάνια
  - Μύκητες
  - Έντομα

- Μορφολογία**
- Βιομάζα
  - Φυλλική επιφάνεια
  - Κατανομή φυτών -  
οργάνων

# Ιδιότητες που μετρούν



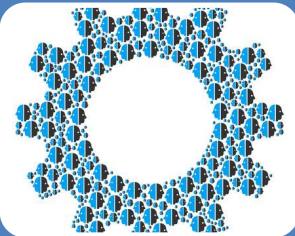
## Οπτικές ιδιότητες

- **Φασματικές (χρώμα)**
  - Μονοχρωματικές
  - Πολυφασματικές
  - Υπερφασματικές
- **Χωρικής ανάλυσης**
  - Σημειακή
  - Εικόνας (σάρωση, global shutter)
- **Γεωμετρικές**
  - Χρόνος απόκρισης σήματος (laser)
  - 2D, 3D (στερεοσκοπικές, laser)



## Ακουστικές ιδιότητες

- υπέρηχοι

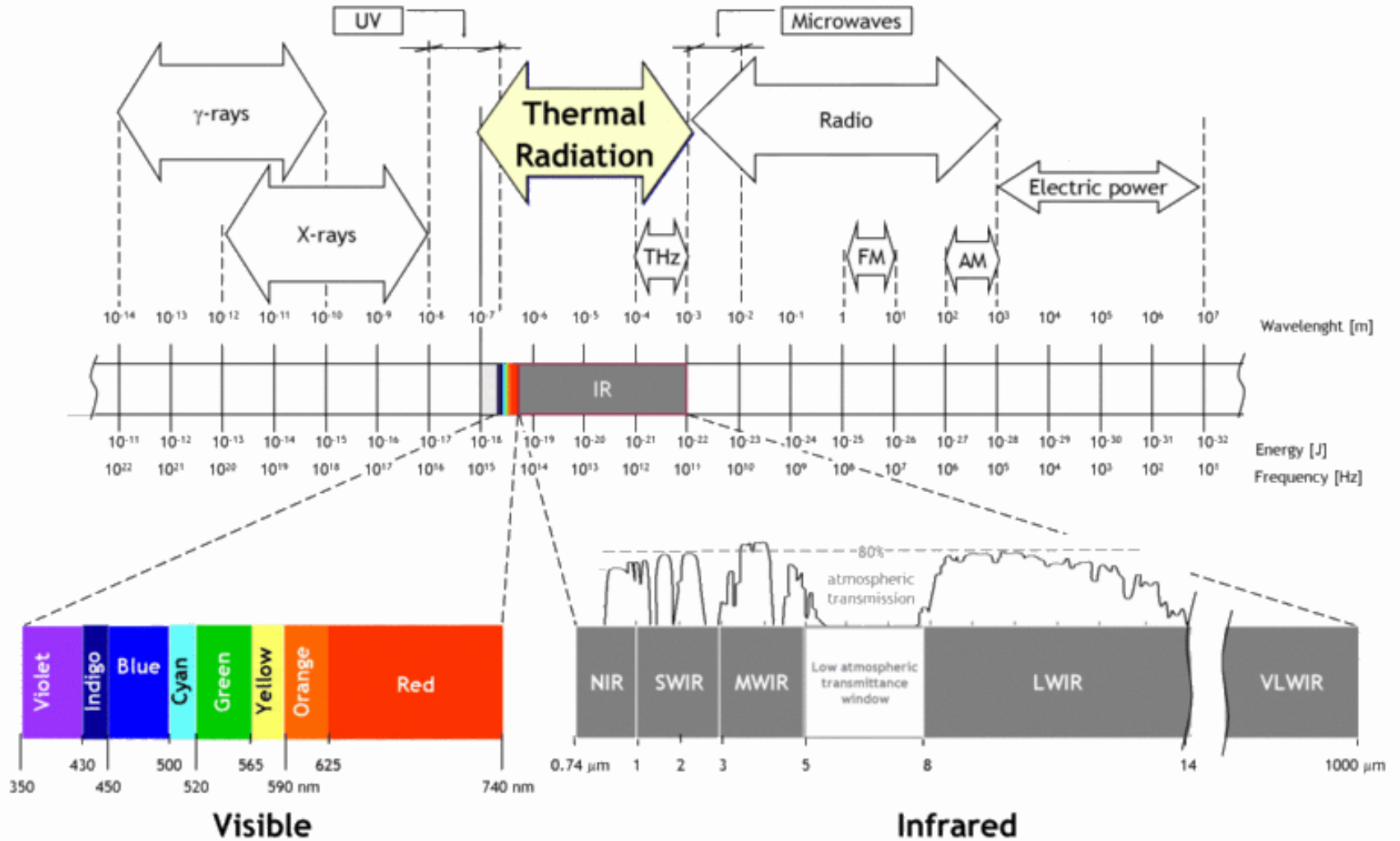


## Μηχανικές ιδιότητες

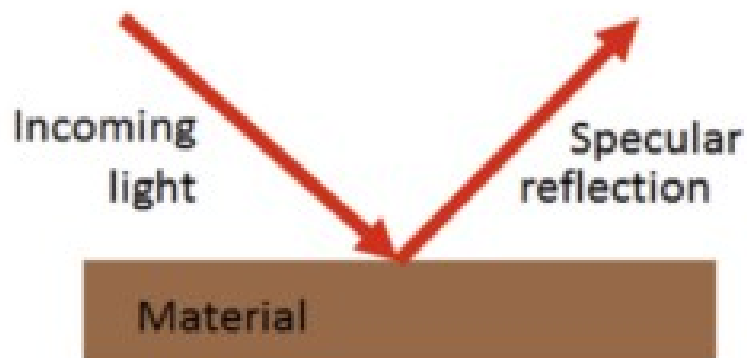
# Οπτικές ιδιότητες



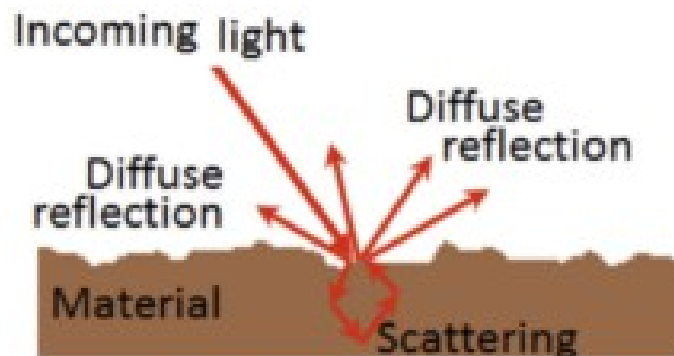
# Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



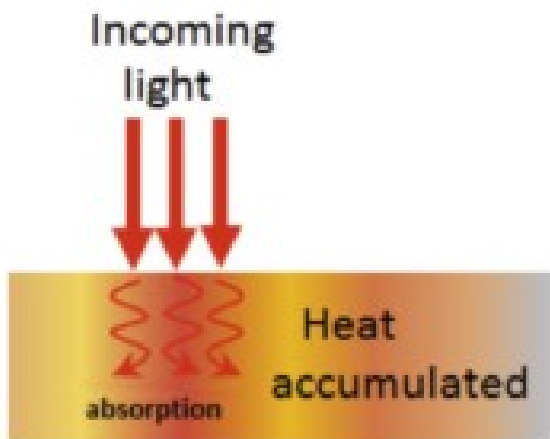
# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη



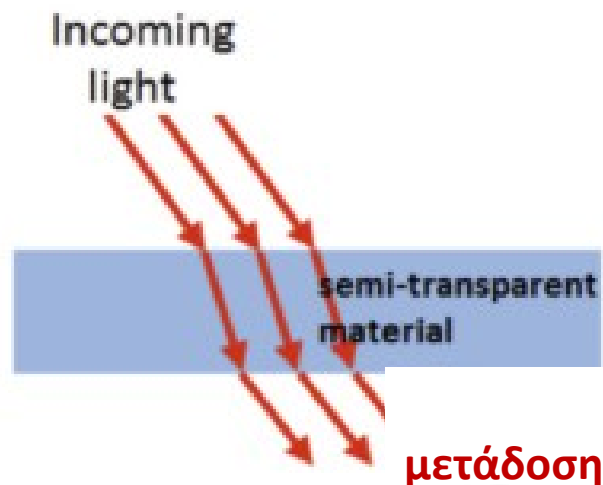
κατοπτρική ανάκλαση



ανάκλαση διάχυσης

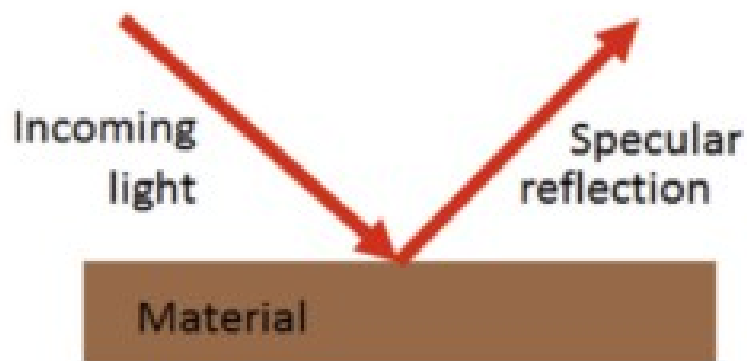


απορρόφηση

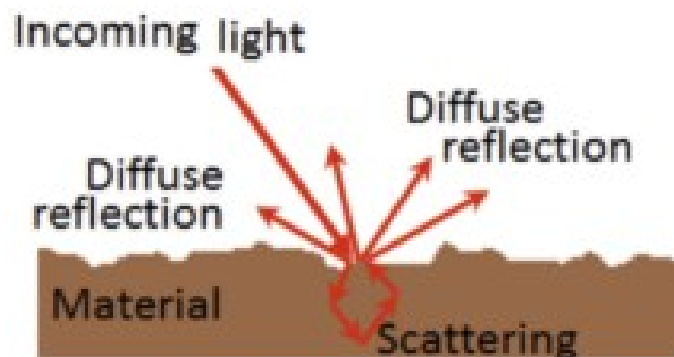


μετάδοση

# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη



κατοπτρική ανάκλαση

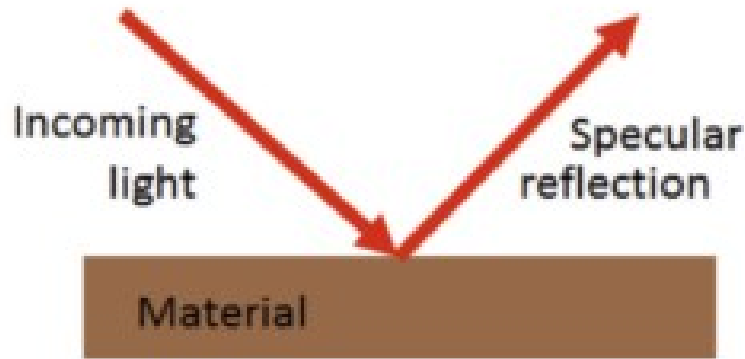


ανάκλαση διάχυσης

## Ανάκλαση

- Ανάκλαση συμβαίνει όταν μια ακτίνα του φωτός ανακατευθύνεται καθώς προσπίπτει σε μια αδιαφανή επιφάνεια.
- Η φύση της αντανάκλασης εξαρτάται από τα μεγέθη των επιφανειακών ανωμαλιών (τραχύτητα ή ομαλότητα) σε σχέση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εξετάζεται.

# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη



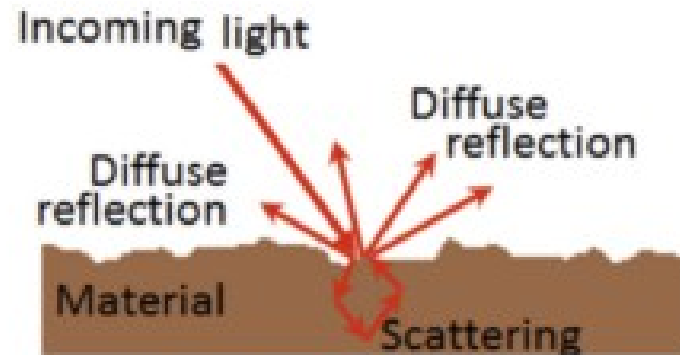
**κατοπτρική ανάκλαση**

## Κατοπτρική ανάκλαση

- Κατοπτρική ανάκλαση παρατηρείται εάν η επιφάνεια είναι ομαλή σε σχέση με το μήκος κύματος.
- Η κατοπτρική ανάκλαση ανακατευθύνει όλη, ή σχεδόν όλη, την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε μία μόνο κατεύθυνση.
- Η γωνία πρόσπτωσης ισούται με τη γωνία ανάκλασης.
- Για την ορατή ακτινοβολία, η κατοπτρική ανάκλαση μπορεί να συμβεί με επιφάνειες όπως έναν καθρέφτη, ένα λείο μέταλλο ή μια ήρεμη υδάτινη μάζα.

# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη

## Ανάκλαση διάχυσης



ανάκλαση διάχυσης

- Εάν μια επιφάνεια είναι τραχιά σε σχέση με το μήκος κύματος, ενεργεί ως διάχυτος ή ισότροπος ανακλαστήρας.
- Η ενέργεια διαχέεται περισσότερο ή λιγότερο ισοδύναμα σε όλες τις κατευθύνσεις.
- Για την ορατή ακτινοβολία, πολλές φυσικές επιφάνειες μπορεί να συμπεριφερθούν ως ανακλαστήρες διάχυσης

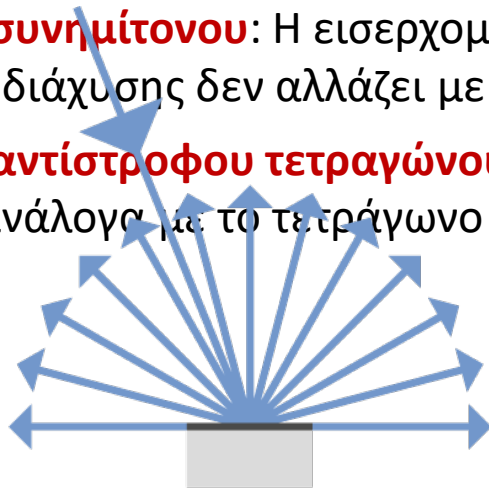
# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη

## Λαμπερτιανή επιφάνεια

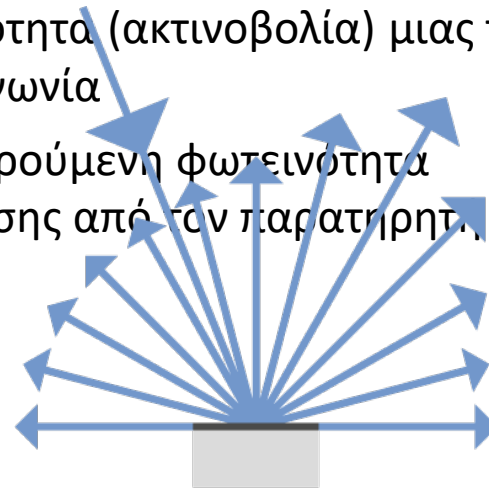
Ένας τέλειος (ιδεατός) ανακλαστήρας διάχυσης θα είχε ίση φωτεινότητα όταν παρατηρείται από οποιαδήποτε γωνία.

### Νόμοι του Lambert:

- **Νόμος του συνημίτονου:** Η εισερχόμενη φωτεινότητα (ακτινοβολία) μιας τέλειας επιφάνειας διάχυσης δεν αλλάζει με την οπτική γωνία
- **Νόμος του αντίστροφου τετραγώνου:** Η παρατηρούμενη φωτεινότητα μειώνεται ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από τον παρατηρητή στην πηγή



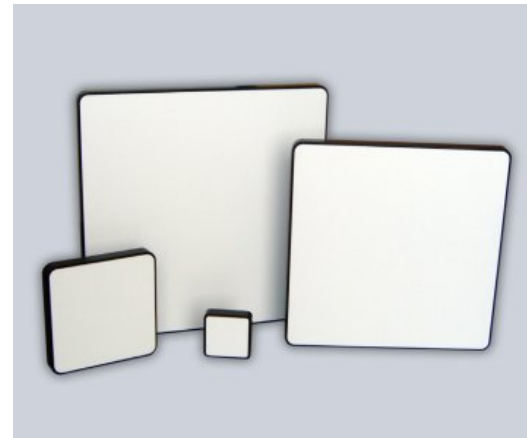
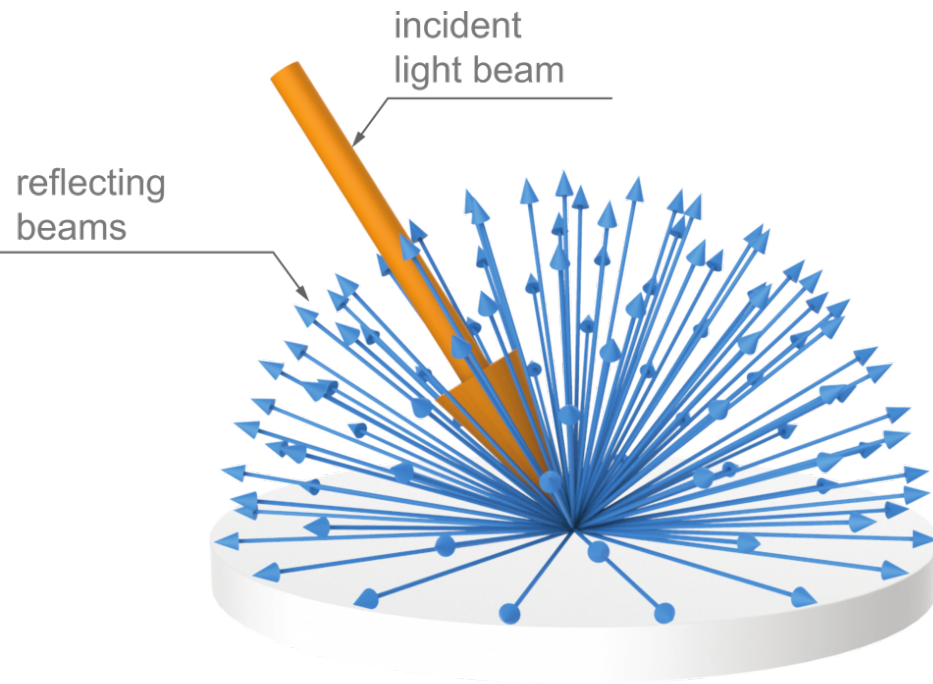
Ideal diffuse reflection  
(Lambertian surface)



Diffuse reflection with  
directional component

Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη

# Λαμπερτιανή επιφάνεια

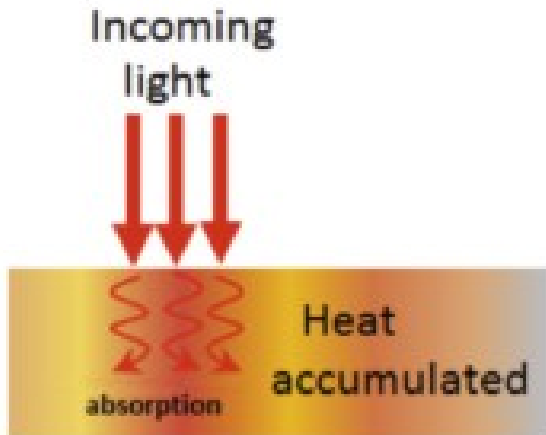




# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη

## Απορρόφηση

- Απορρόφηση συμβαίνει όταν η ακτινοβολία δεσμεύεται από το αντικείμενο και ακολούθως επανεκπέμπεται σε μεγαλύτερα μήκη κύματος του θερμικού υπέρυθρου καναλιού.
- Στην περίπτωση όπου η ακτινοβολία περνάει από ένα μέσο σε ένα άλλο με διαφορετική πυκνότητα, αλλάζει η ταχύτητα και το μήκος κύματος, με ταυτόχρονη μεταβολή της γωνίας εισόδου της ακτινοβολίας.



**απορρόφηση**

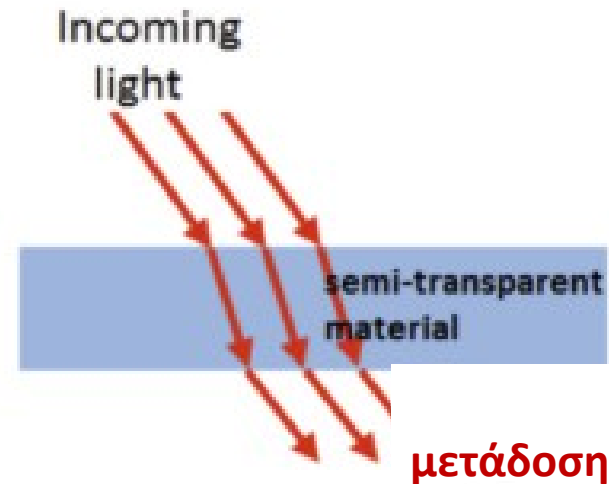


# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη

## Μετάδοση

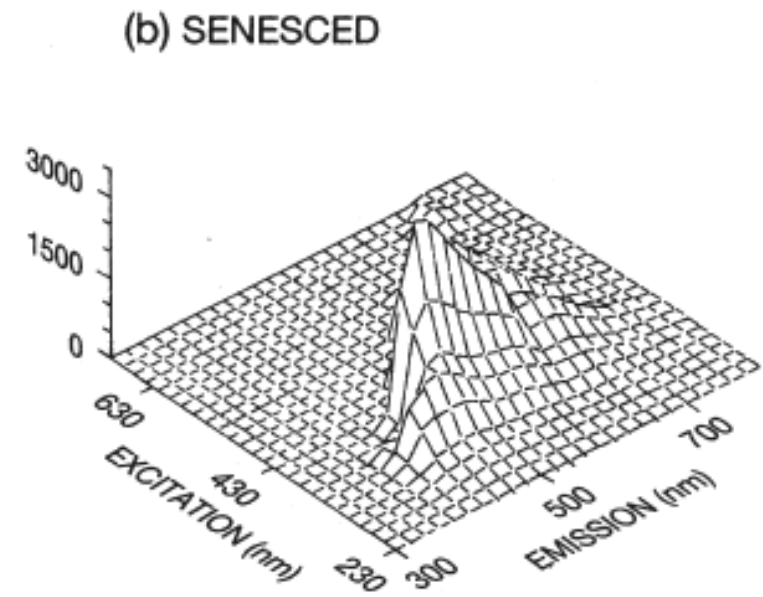
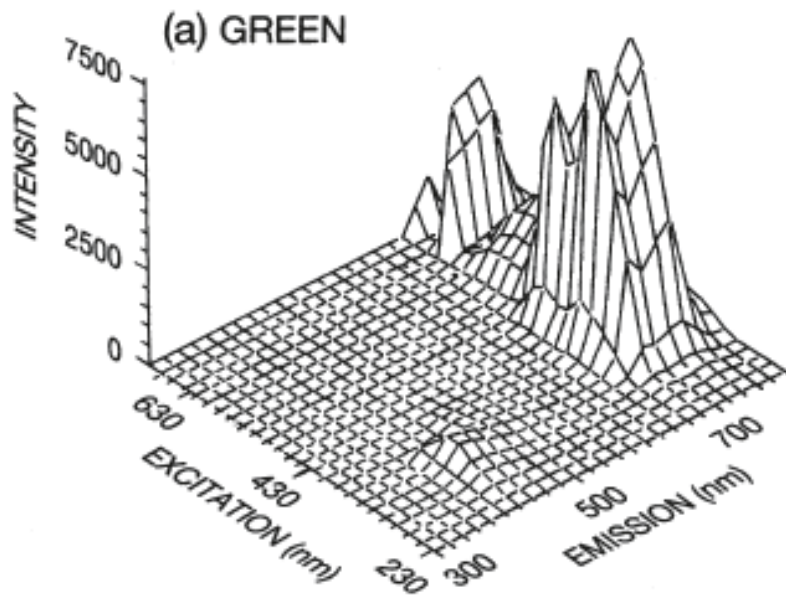
- Η μετάδοση της ακτινοβολίας συμβαίνει όταν η ηλιακή ακτινοβολία περνά μέσα από μια ουσία χωρίς σημαντική εξασθένηση.
- Τα φύλλα των φυτών είναι γενικά αδιαφανή στην ορατή ακτινοβολία, αλλά μεταδίδουν σημαντικές ποσότητες ακτινοβολίας στο υπέρυθρο
- Για ένα δεδομένο πάχος, ή βάθος, μιας ουσίας, η ικανότητα ενός μέσου για τη μετάδοση ενέργειας μετράται ως η διαπερατότητα ( $t$ ):

$$t = \frac{\text{εκπεμπόμενη ακτινοβολία}}{\text{προσπιπτούσα ακτινοβολία}}$$



# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη

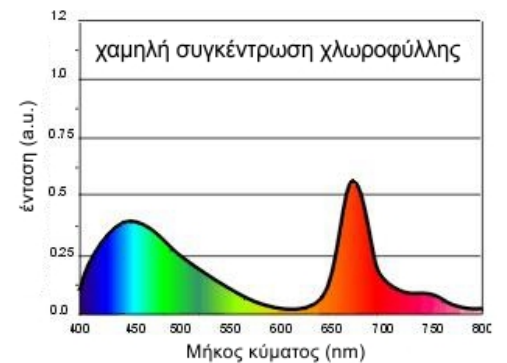
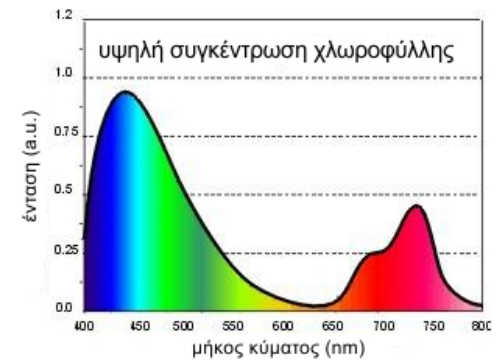
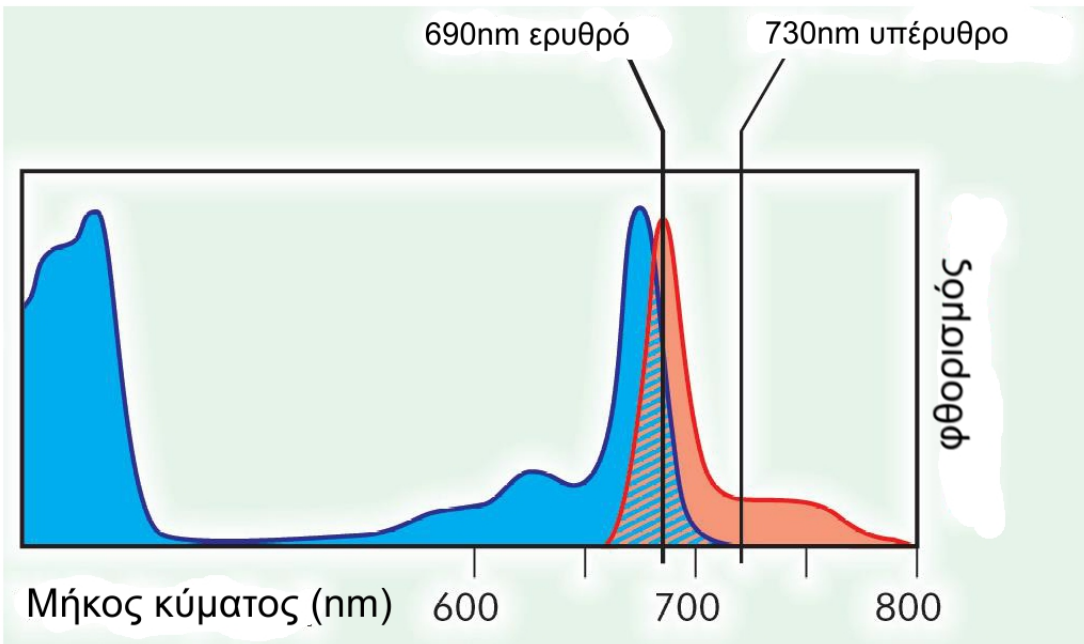
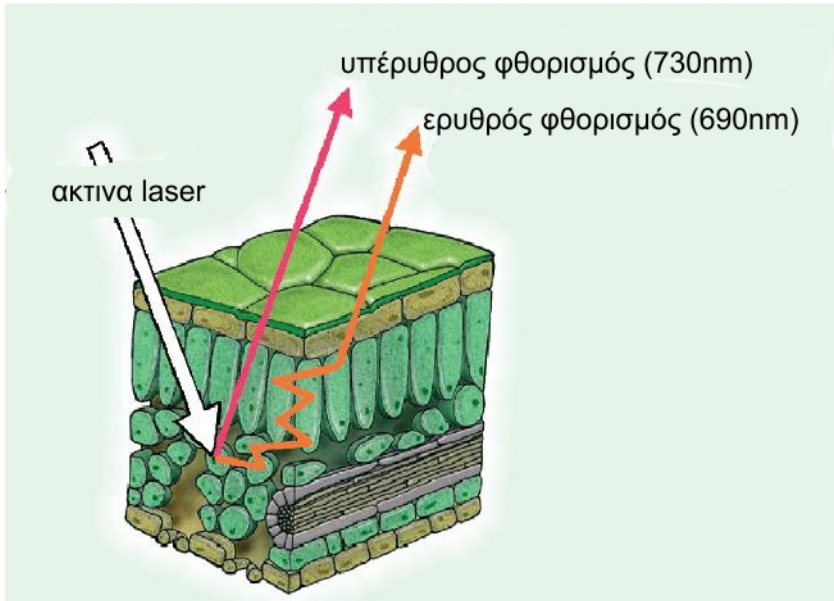
## Φθορισμός



- Ο φθορισμός συμβαίνει όταν ένα αντικείμενο λαμβάνει ακτινοβολία σε ένα μήκος κύματος και εκπέμπει ακτινοβολία σε ένα διαφορετικό μήκος κύματος

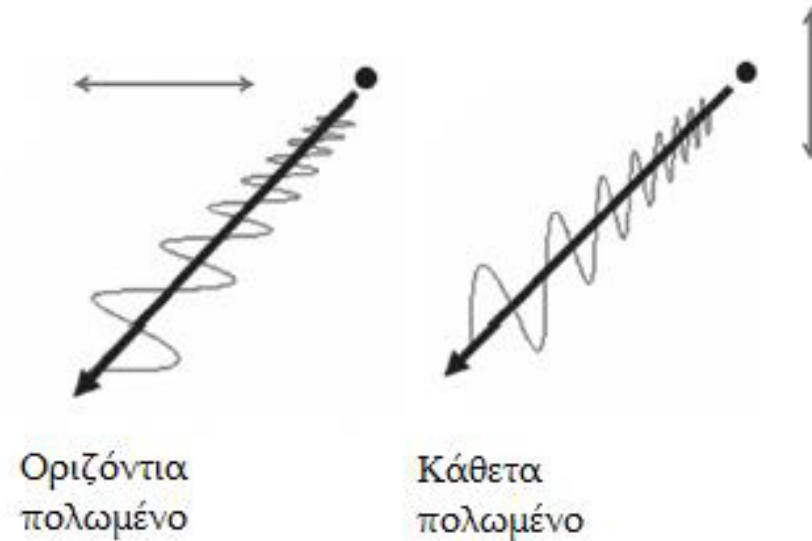
# Φθορισμός

Φώς από μια ακτίνα laser «ενεργοποιεί» τη χλωροφύλλη η οποία εκπέμπει ακτινοβολία σε άλλο μήκος κύματος (π.χ. ερυθρό ή υπεριώδες). Η ένταση της φθορίζουσας ακτινοβολίας είναι ένας δείκτης της συγκέντρωσης σε χλωροφύλλη



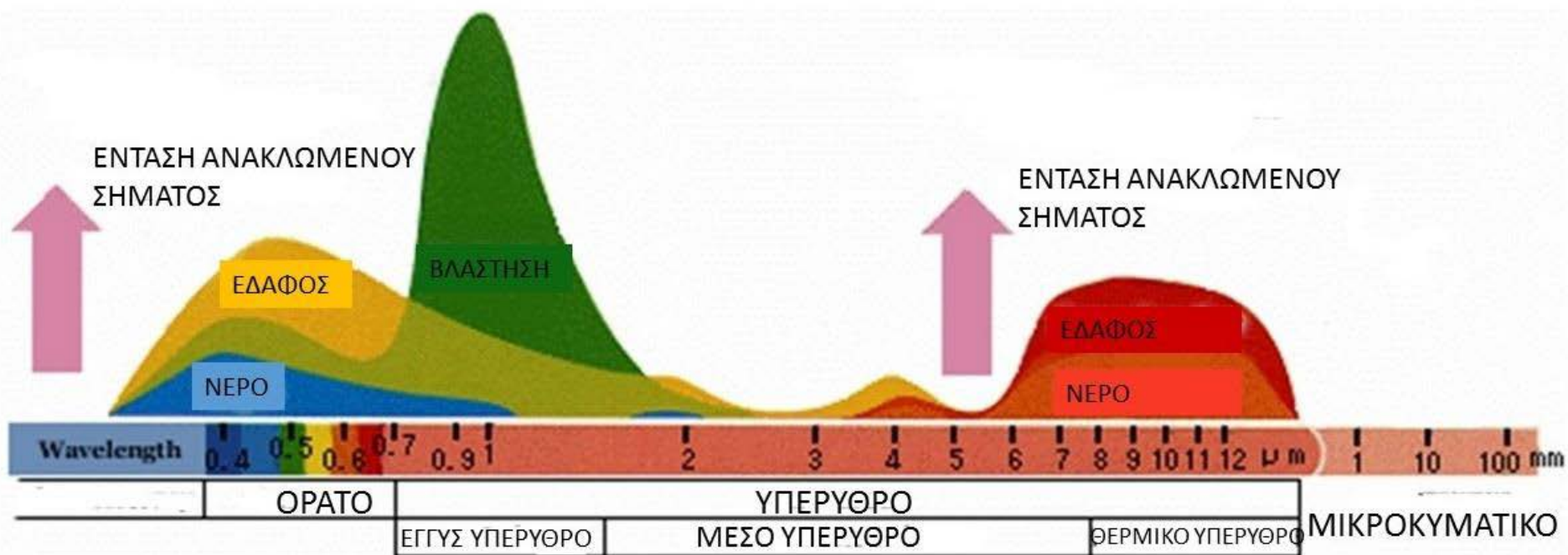
# Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη

## Πόλωση



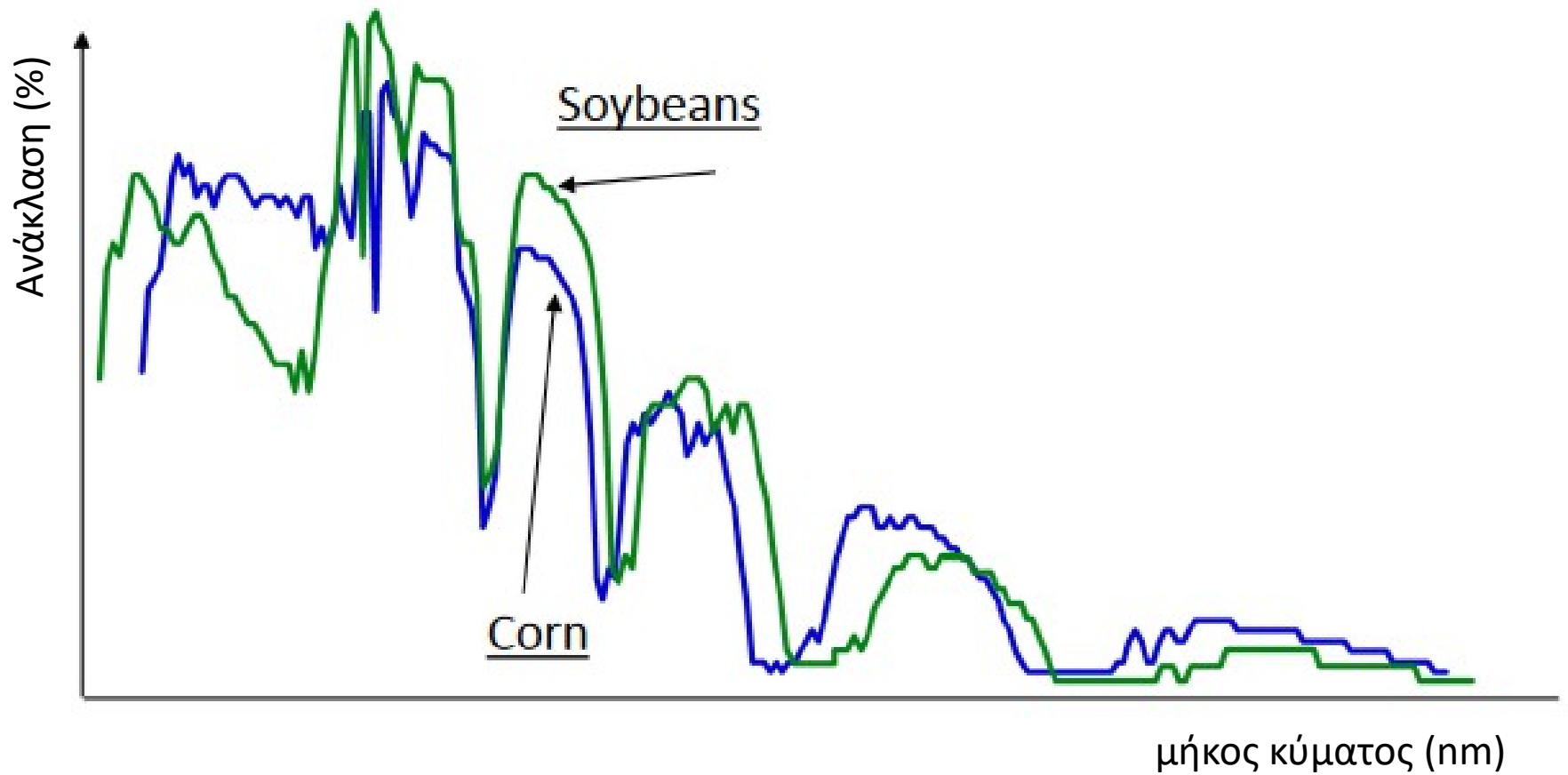
- Η πόλωση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας δηλώνει τον προσανατολισμό των ταλαντώσεων εντός του ηλεκτρικού πεδίου ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας .
- Το ηλεκτρικό πεδίο ενός κύματος φωτός είναι συνήθως προσανατολισμένο κάθετα προς την κατεύθυνση του κύματος.
- Το πεδίο μπορεί να έχει έναν προτιμώμενο προσανατολισμό, ή μπορεί να περιστρέφεται καθώς το κύμα ταξιδεύει.
- Στην ατμόσφαιρα, η πόλωση του φωτός σχετίζεται με τη φύση και την αφθονία των ατμοσφαιρικών αερολυμάτων και την ατμοσφαιρική διαύγεια.

# Φασματική ταυτότητα



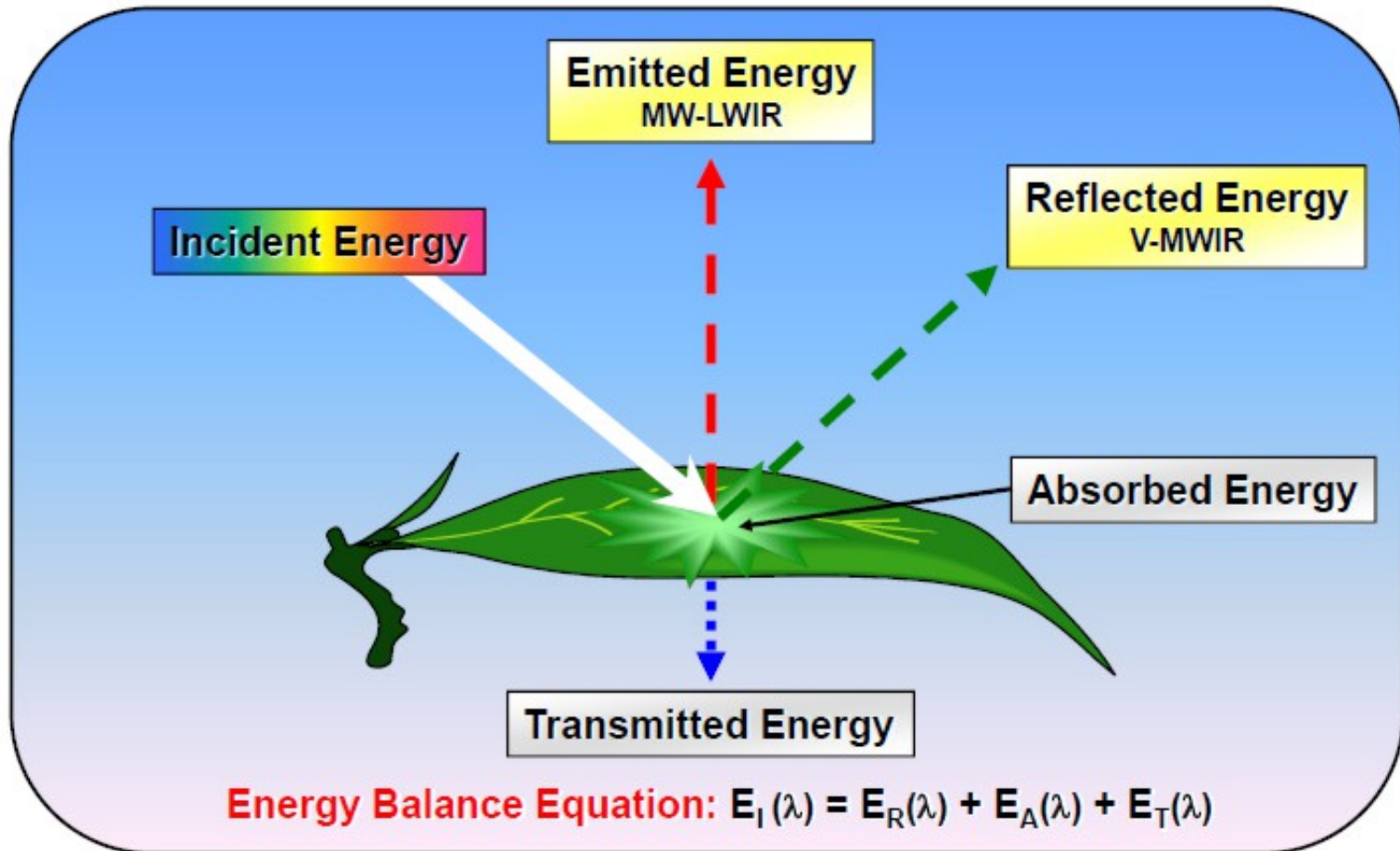
Τυπικές καμπύλες φασματικής απόκρισης για διάφορα υλικά της γήινης επιφάνειας σε εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0,3 έως 12 περίπου μm

# Φασματική ταυτότητα

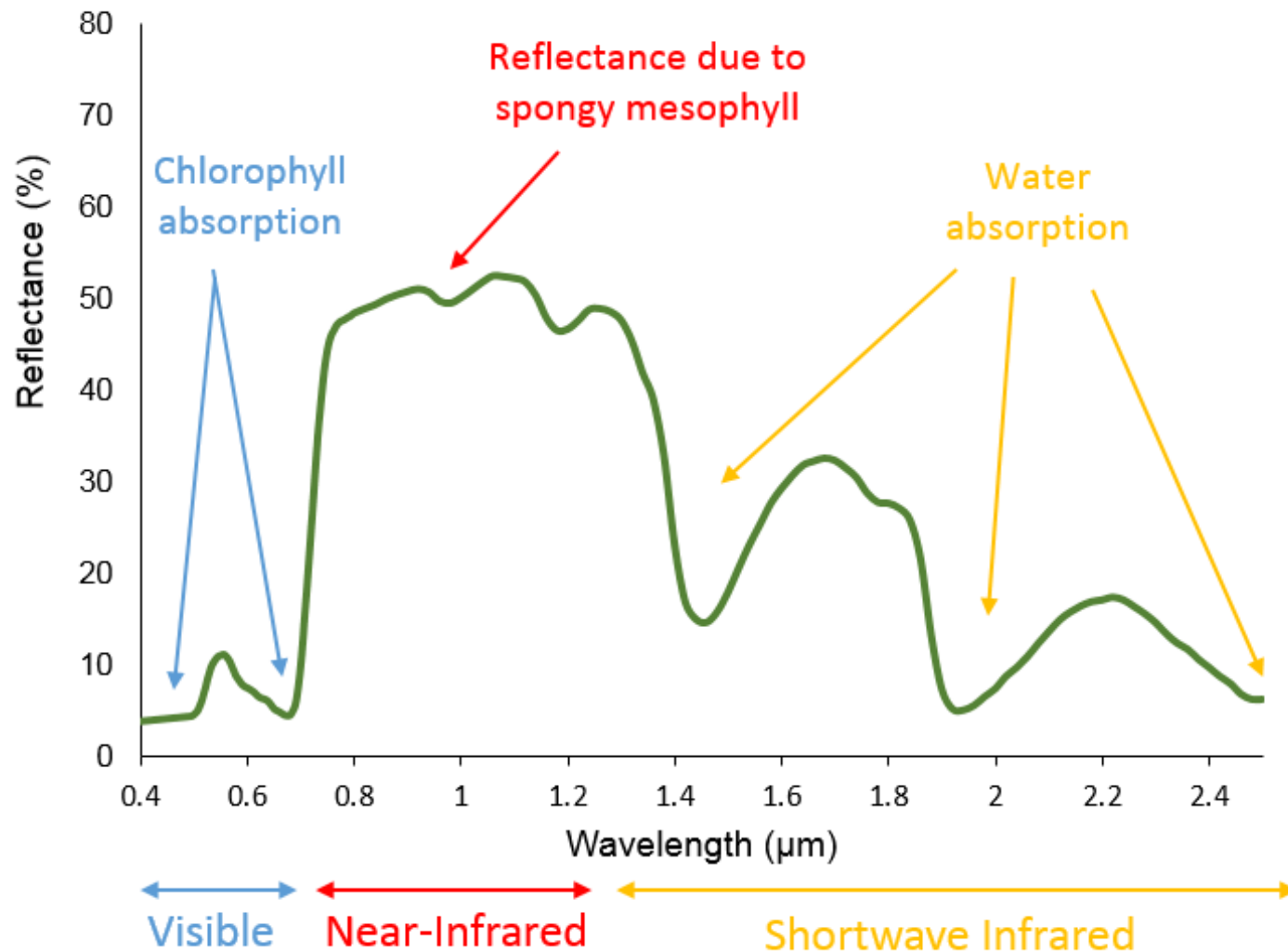




# Φασματική απόκριση της βλάστησης

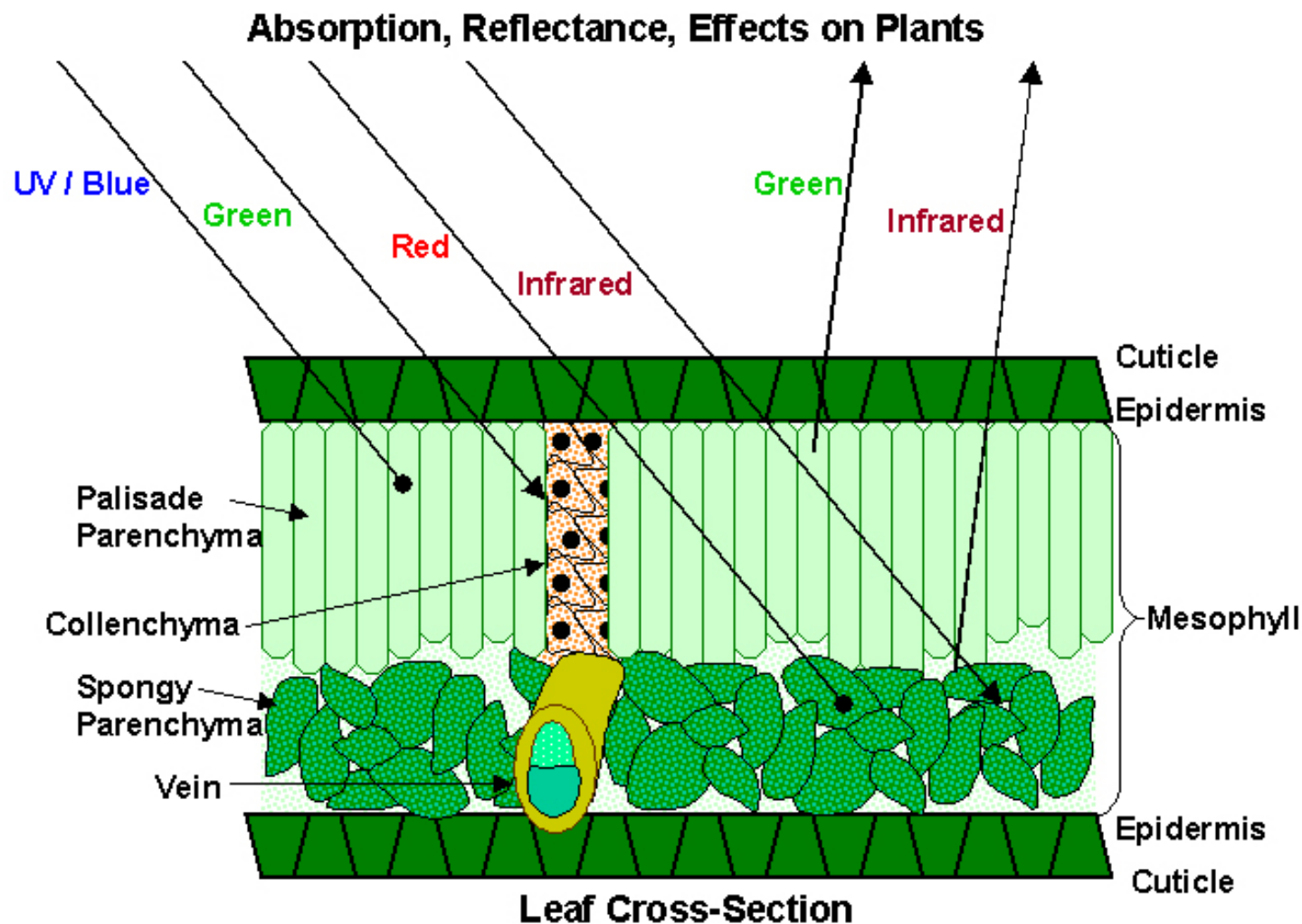


# Φασματική απόκριση της βλάστησης

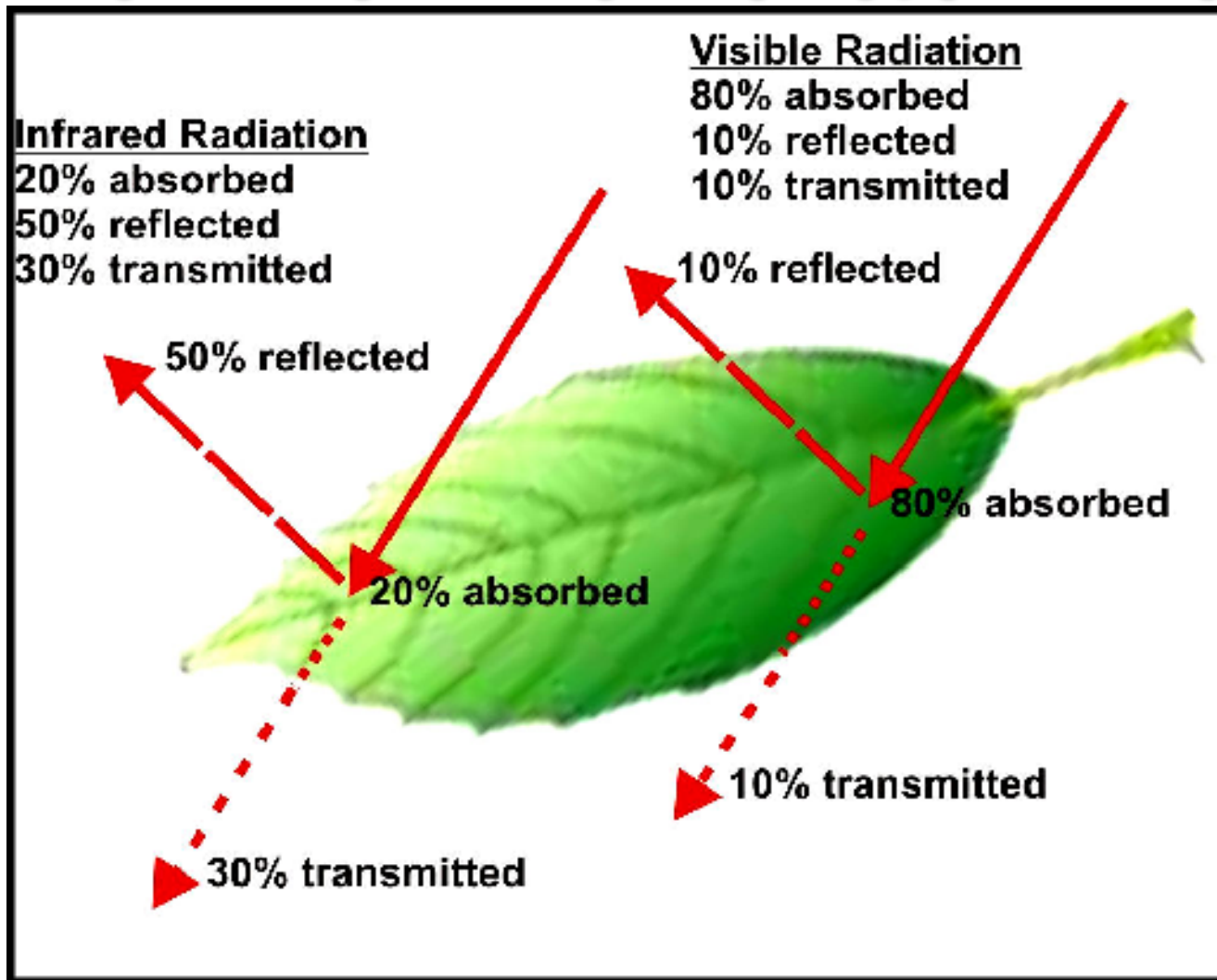




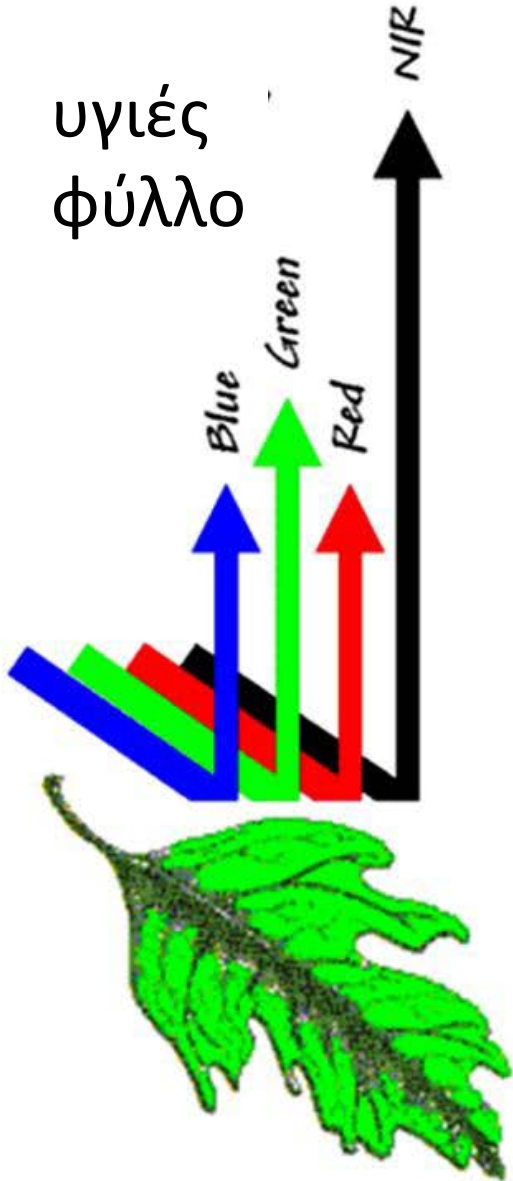
# Φασματική απόκριση της βλάστησης



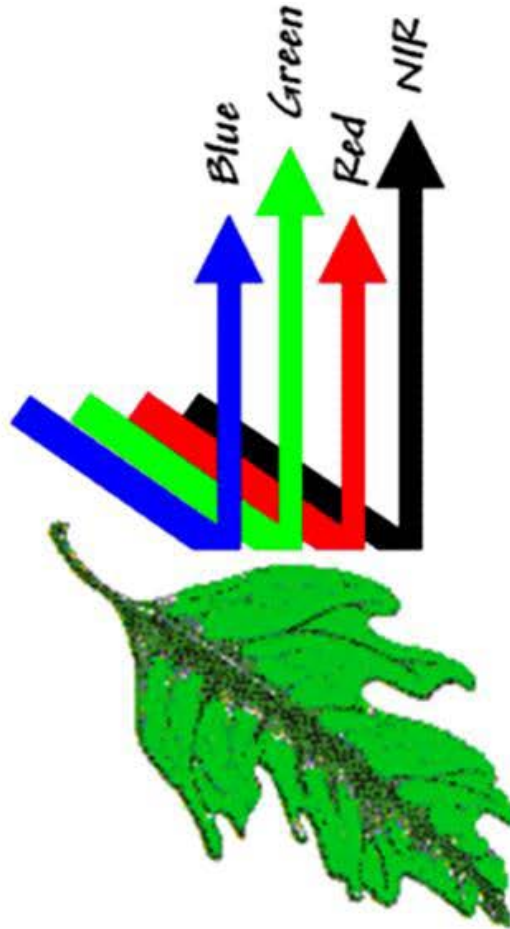
# Φασματική απόκριση της βλάστησης



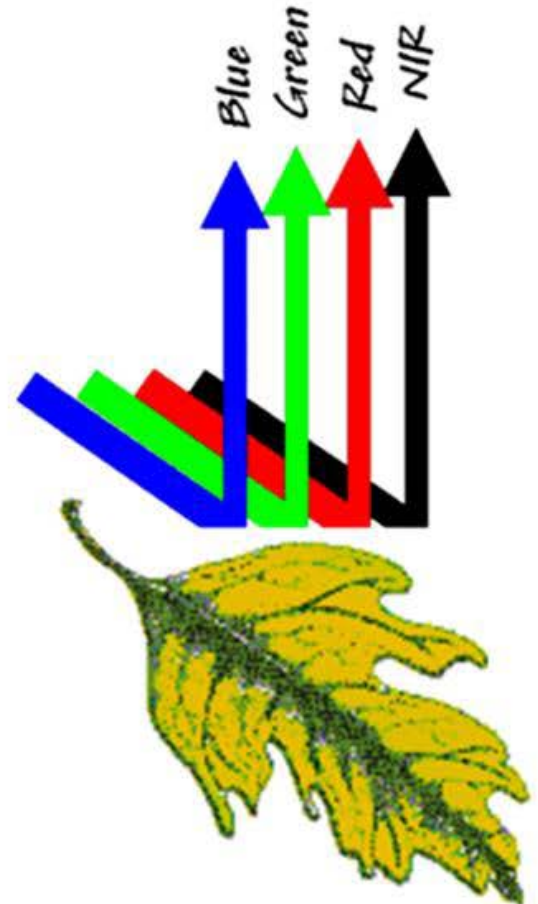
υγιές  
φύλλο



φύλλο σε  
καταπόνηση



νεκρό φύλλο



# Δείκτες βλάστησης

(Vegetation Indices)

# Δείκτες βλάστησης

SRI	$\frac{\rho_{NIR}}{\rho_{VIS}}$	Simple Ratio Index
GDVI	$\frac{\rho_{NIR}}{\rho_{VIS}} - 1$	Green Difference Vegetation Index
PVI	$\frac{1}{(a^2 + 1)^{1/2}} (\rho_{NIR} - a\rho_{VIS} - b)$ <i>a = soil line slope</i> <i>b = soil line intercept</i>	Perpendicular Vegetation Index
NDVI	$\frac{\rho_{NIR} - \rho_{VIS}}{\rho_{NIR} + \rho_{VIS}}$	Normalized Difference Vegetation Index
WDRVI	$\frac{a\rho_{NIR} - \rho_{VIS}}{a\rho_{NIR} + \rho_{VIS}}$ <i>a = NIR scale factor (0 to 1)</i>	Wide Dynamic Range Vegetation Index
SAVI	$\frac{(\rho_{NIR} - \rho_{VIS})(1 + L)}{\rho_{NIR} + \rho_{VIS} + L}$ <i>L = soil line correction factor</i>	Soil Adjusted Vegetative Index
TSAVI	$\frac{a(\rho_{NIR} - a\rho_{VIS} - b)(1 + L)}{a\rho_{NIR} + \rho_{VIS} - ab + X(1 + a^2)}$ <i>a = soil line slope</i> <i>b = soil line intercept</i> <i>X = factor to minimize soil background</i>	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index
NLI	$\frac{\rho_{NIR}^2 - \rho_{VIS}}{2 \dots}$	Non-Linear vegetation Index

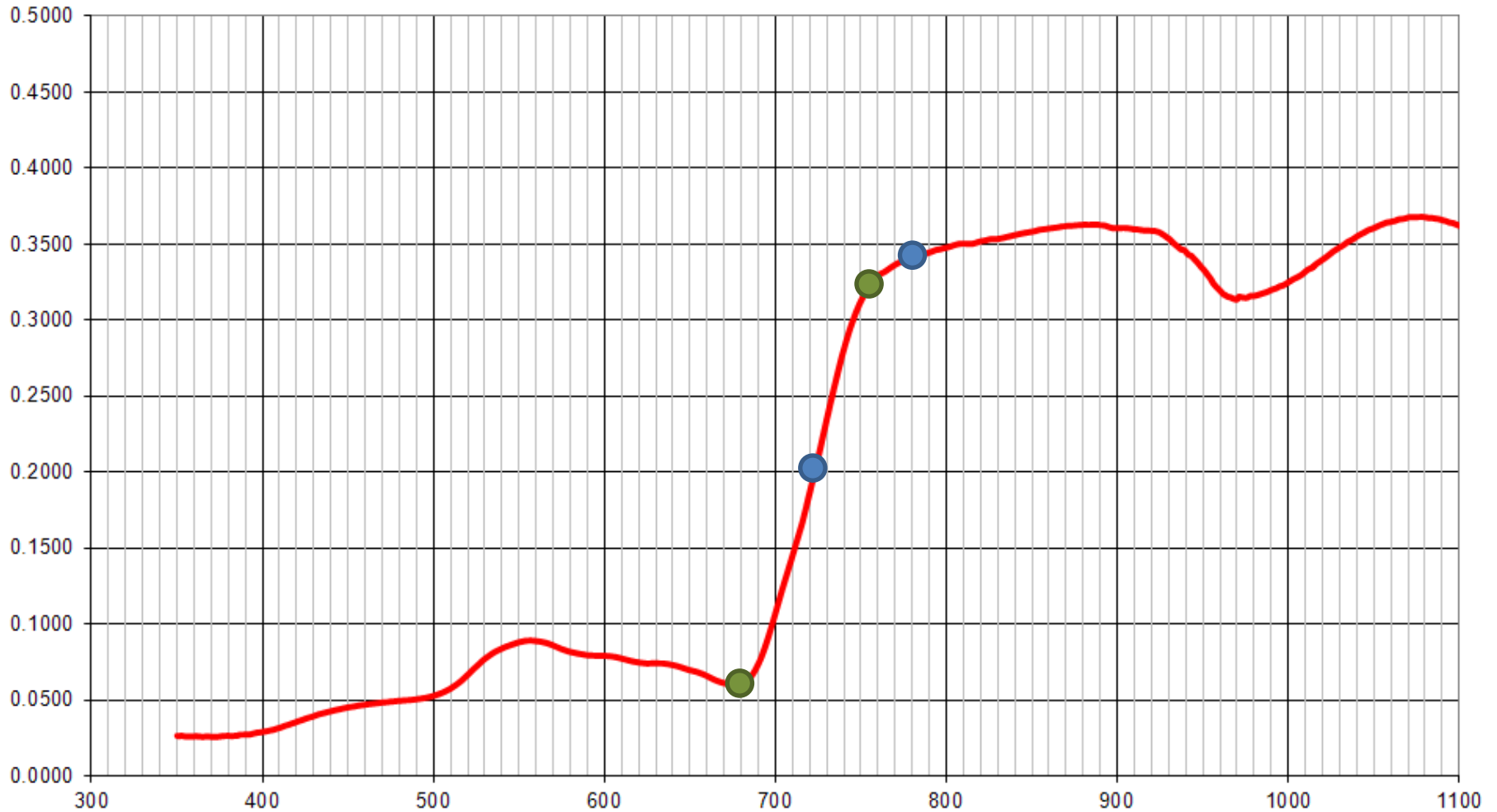
Click and drag t

# Δείκτες βλάστησης

MNLI	$\frac{(\rho_{NIR}^2 - \rho_{VIS})(1+L)}{\rho_{NIR}^2 + \rho_{VIS} + L}$ <p><i>L = soil line correction factor</i></p>	Modified Non-Linear vegetation Index
MSR	$\frac{(\rho_{NIR}/\rho_{VIS}) - 1}{(\rho_{NIR}/\rho_{VIS})^{1/2} + 1}$	Modified Simple Ratio
WDVI	$\rho_{NIR} - a\rho_{VIS}$ <p><i>a = soil line slope</i></p>	Weighted Difference Vegetation Index
NDVI*SRI	$\frac{\rho_{NIR}^2 - \rho_{VIS}}{\rho_{NIR} + \rho_{VIS}^2}$	
SAVI*SR	$\frac{(\rho_{NIR}^2 - \rho_{VIS})}{(\rho_{NIR} + \rho_{VIS} + L)\rho_{VIS}}$ <p><i>L = soil line correction factor</i></p>	



## Απλοί δείκτες βλάστησης (δύο φασμάτων)



$NDVI = (R760 - R680) / (R760 + R680)$  Normalized Difference Vegetation Index

$NDRE = (R780 - R720) / (R780 + R720)$  Normalized Difference Red Edge index

## Σύνθετοι δείκτες βλάστησης (πολλαπλών φασμάτων)

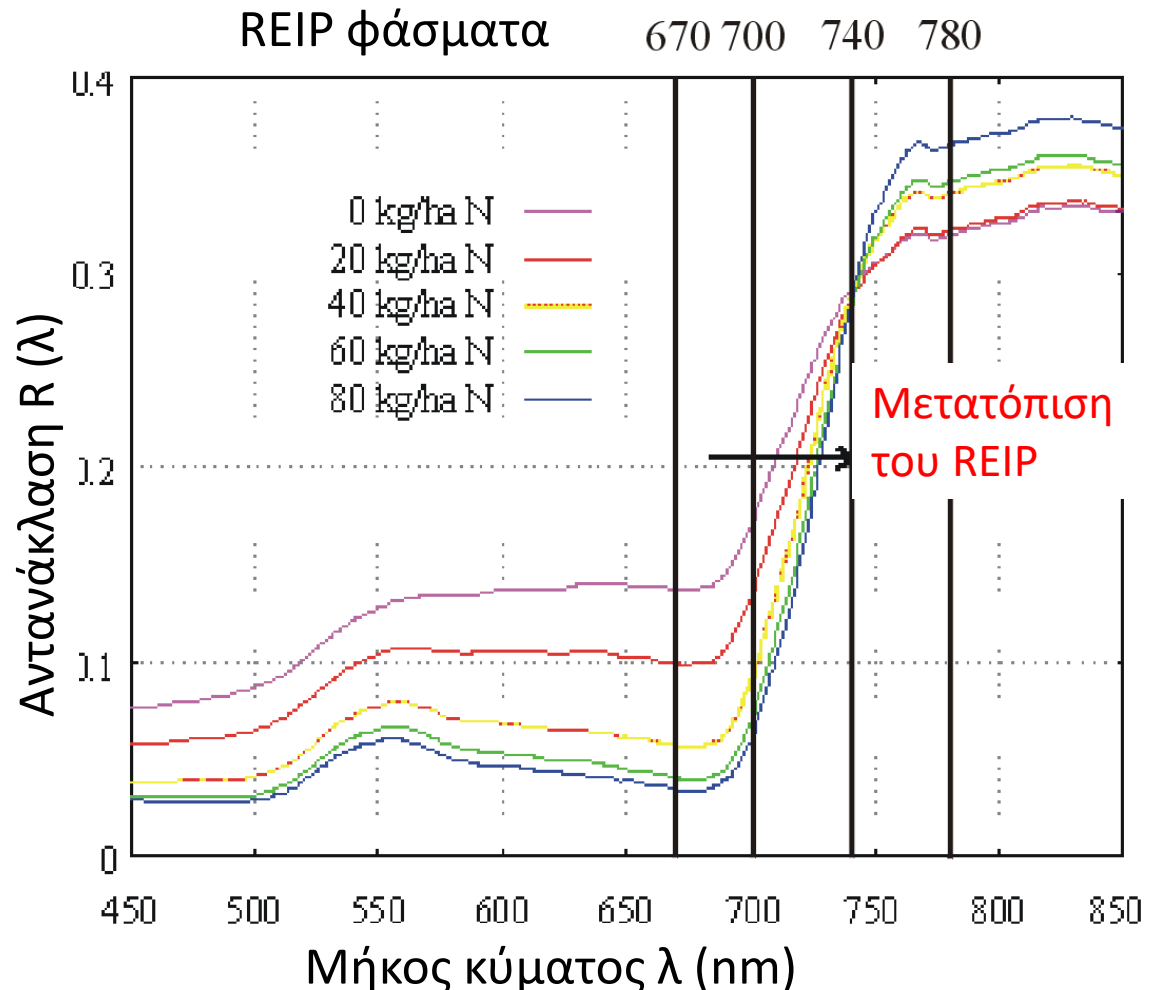
### REIP (Red Edge Inflection Point)

$$REIP = 700 + 400 \frac{(R_{670} + R_{780}) \cdot 0,5 - R_{700}}{R_{740} + R_{700}}$$

Για την εκτίμηση του REIP χρειάζονται 4 φάσματα

Η περιεκτικότητα των φυτών σε χλωροφύλλη βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με τη διαθεσιμότητα του αζώτου

Η θέση του REIP επηρεάζεται από τη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη







# Αισθητήρες ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας



# Κατάταξη ανάλογα με την πηγή ενέργειας

## Παθητικοί αισθητήρες

- Ραδιόμετρα
- Φασματομέτρα
- Φασματοραδιόμετρα
- Φωτογραφικό ραδιόμετρο
- Φασματικές κάμερες
- Θερμικές κάμερες

## Ενεργητικοί αισθητήρες

- Radar
- Scatterometer
- Lidar
- Laser υψομέτρου



Σε μια διάσταση (σημείο)



Σε δύο διαστάσεις (εικόνα)

## Ραδιόμετρα

Αισθητήρες μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η λειτουργία των οποίων βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Μετρούν τη συνολική ένταση της ακτινοβολίας μίας φωτεινής πηγής. Η ένδειξη του οργάνου είναι σε  $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

## Φασματοραδιόμετρα

Αισθητήρες με φράγμα περίθλασης το οποίο διαχωρίζει την ακτινοβολία, που εκτείνεται σε μια περιοχή του φάσματος, σε μικρότερες φασματικές περιοχές δίνοντας επι μέρους τιμές

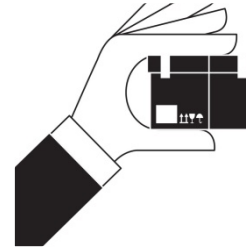
# Αισθητήρες ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

- **Κριτήρια ταξινόμησης**



## Αρχιτεκτονική

- Αριθμός φασματικών καναλιών
- Παθητικοί – ενεργητικοί
- Εύρος φάσματος
  - Ευρέως
  - Επιλεγμένου
- Απόσταση από το στόχο
- Γωνία ανίχνευσης
- Μέγεθος εποπτευόμενης περιοχής



## Χειρισμός

- Βαθμονόμηση
  - Αυτόνομη
  - Πίνακες βαθμονόμησης
- Αλγόριθμοι
  - Ενσωματωμένοι
  - Ελεύθεροι

# Ραδιόμετρα



# Ραδιόμετρα

- Μετρούν ποσοτικά την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε κάποια ζώνη μηκών κύματος στο φάσμα.
- Η λειτουργία τους βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
- Συνήθως, ένα ραδιόμετρο πιστοποιείται από το τμήμα του φάσματος που καλύπτει, (π.χ. ορατό, υπέρυθρο, ακτινοβολία των μικροκυμάτων κ.λ.π.)
- Στην κατηγορία των ραδιομέτρων ανήκουν και τα πυρανόμετρα (ένταση ηλιακής ακτινοβολίας)
- Η ένδειξη του οργάνου καταγράφεται σε  $W / m^2$ .

# Φασματοφωτόμετρο



# Φασματοφωτόμετρο

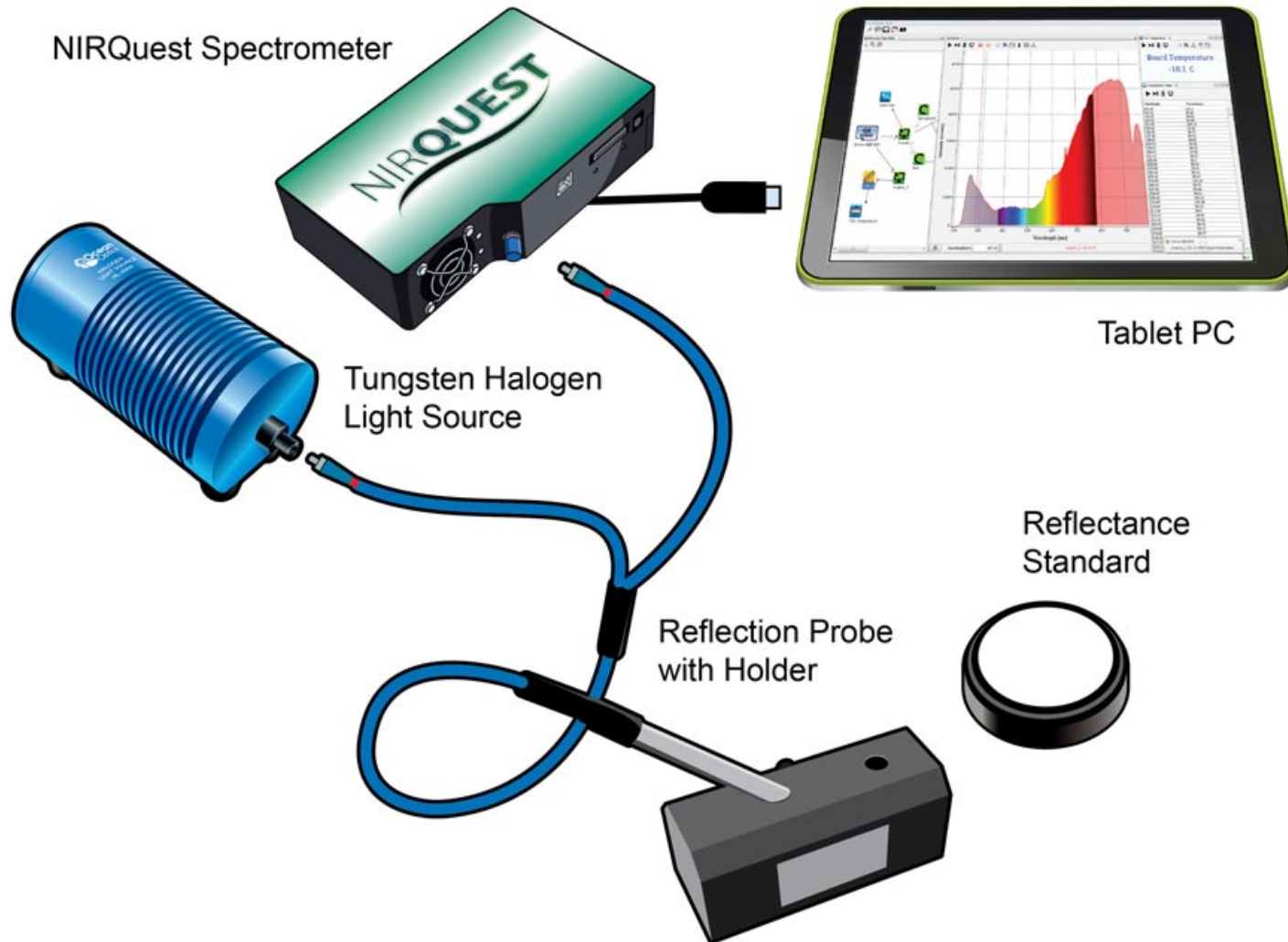
- Όργανα που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση, τη μέτρηση και την ανάλυση σε φασματικό περιεχόμενο της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
- Συμβατικά, φασματομέτρα απεικόνισης χρησιμοποιούν πρίσματα για να διακρίνουν τη φασματική ακτινοβολία.



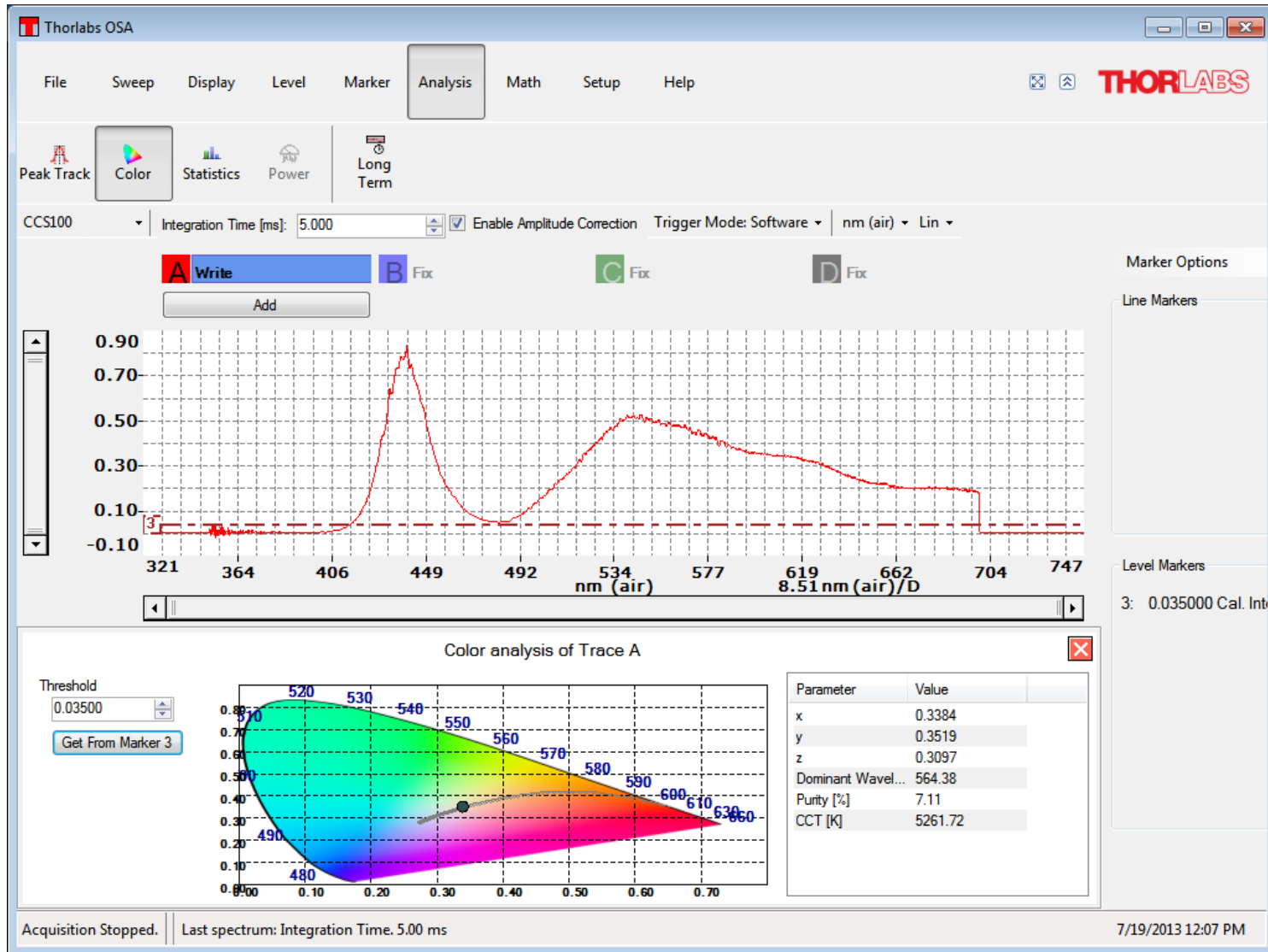
# Φασματοφωτόμετρο



# Φασματοφωτόμετρο



# Φασματοφωτόμετρο







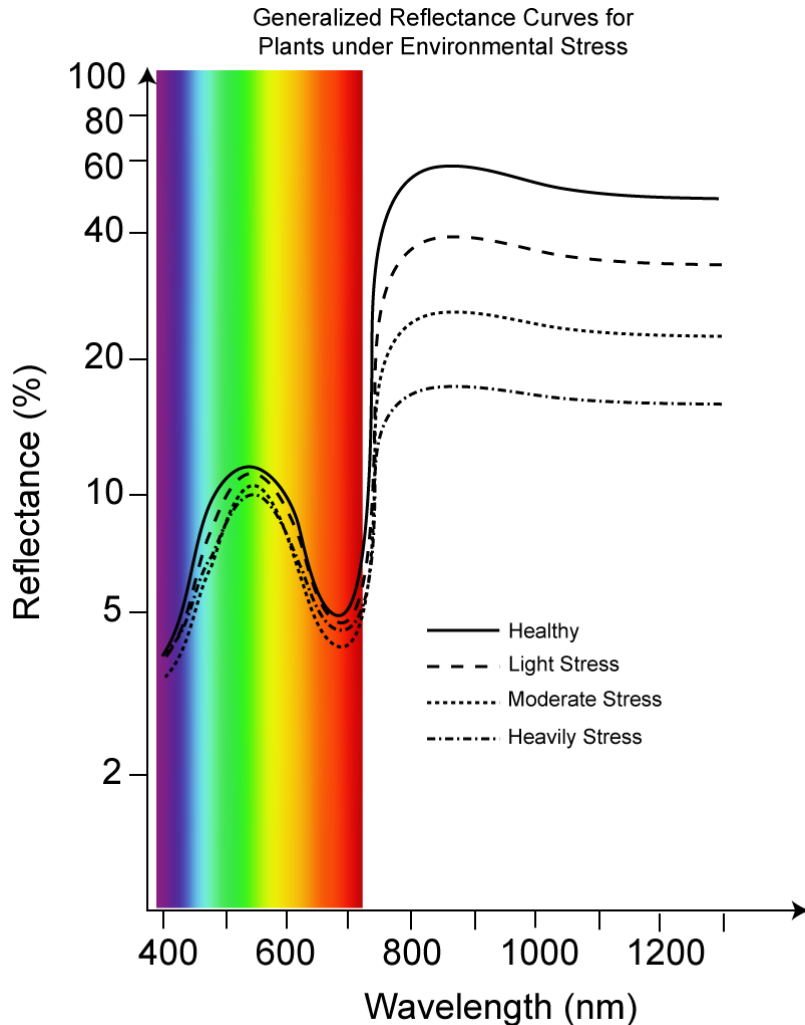
# Φασματοραδιόμετρα



# Φασματοραδιόμετρα

- Αισθητήρες με ικανότητα να διαχωρίζουν το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε μικρότερες φασματικές περιοχές δίνοντας επι μέρους τιμές
- Μπορούν να μετρήσουν την ένταση της ακτινοβολίας σε πολλαπλές ζώνες μήκους κύματος (πολυφασματικά).
- Οι ζώνες μπορεί να είναι χαμηλής ή υψηλής φασματικής ανάλυσης (μεγάλου ή μικρού εύρους).

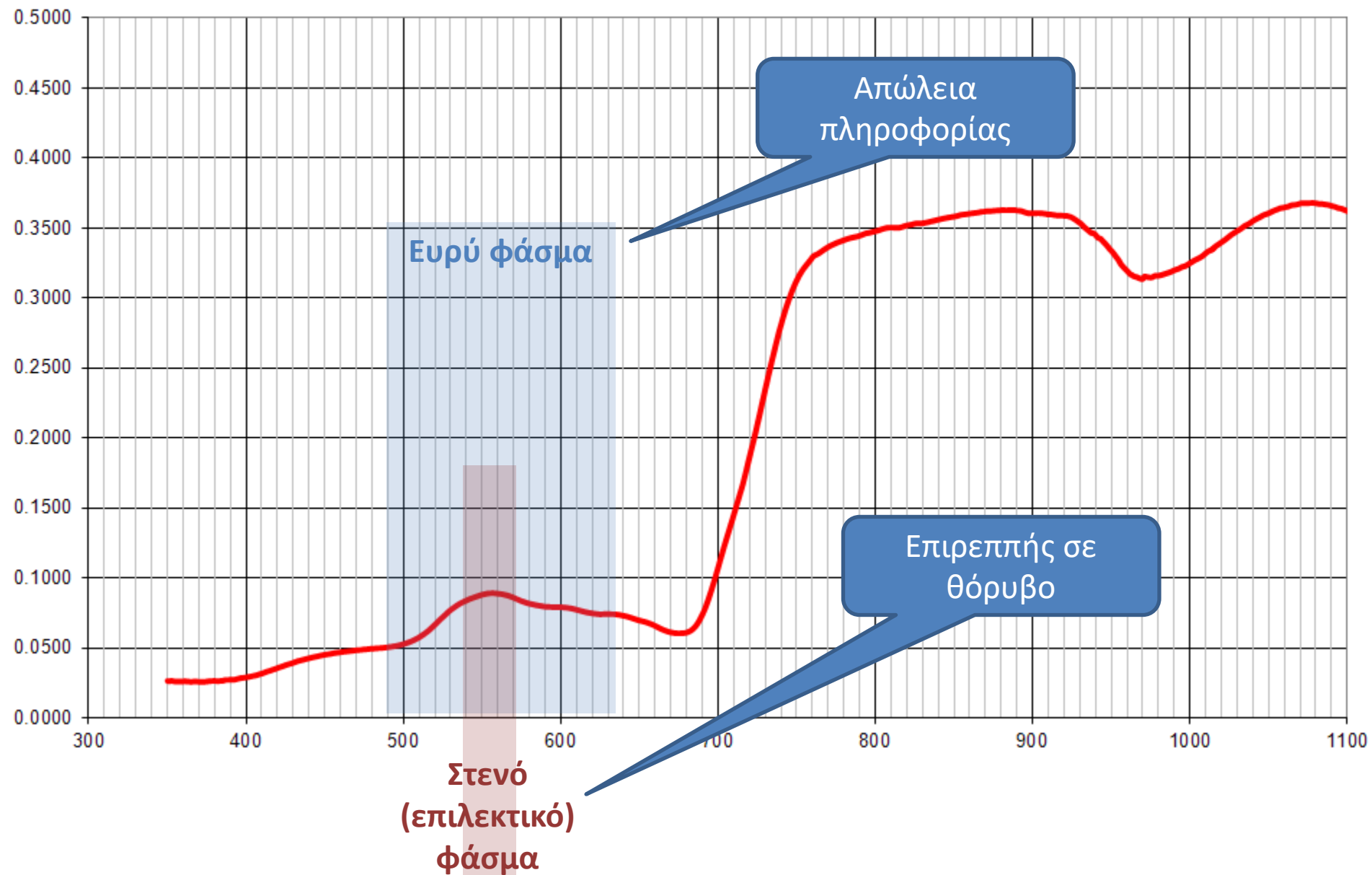
# Ενδιαφέροντα φάσματα



Plot: Louis E. Keiner - Coastal Carolina University Data sources: USGS, NASA

- **Κυανό 495**
- **Πράσινο 525**
- **Πράσινο 550**
- **Πράσινο 568**
- **Ερυθρό 668**
- **Ερυθρό 680**
- **Ερυθρό 696**
- **Ακμή ερυθρού (Red edge) 720**
- **Εγγύς υπέρυθρο NIR 760**
- **Εγγύς υπέρυθρο NIR 845**
- **Εγγύς υπέρυθρο NIR 920**

# Εύρος φάσματος



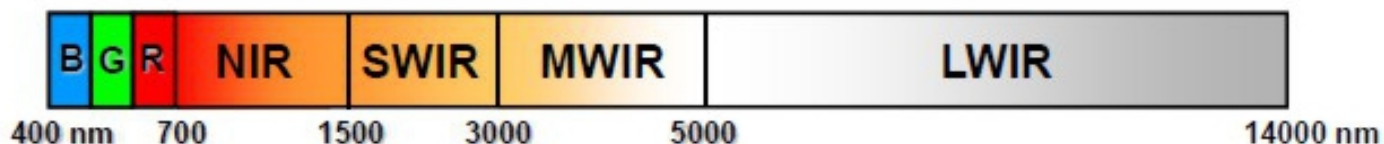
# Φασματοραδιόμετρα

## εφαρμογές

- Εκτίμηση της πυκνότητας της βλάστησης
- Εκτίμηση των αναγκών θρέψης (άζωτο)
- Εκτίμηση φυτοπαθολογικών προβλημάτων
- Εντοπισμός ζιζανίων



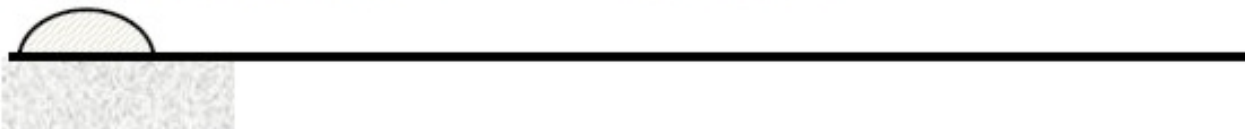
# Δειγματοληψία του φάσματος



## Ανάλυση

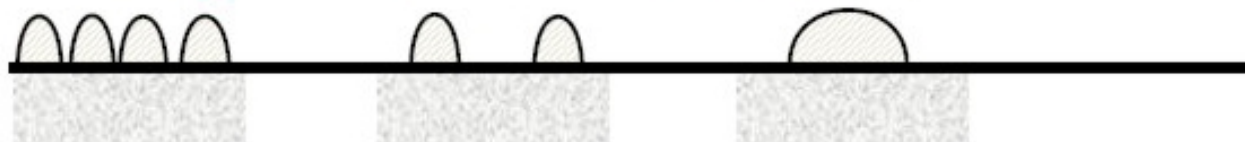
**ΠΑΓΧΡΩΜΑΤΙΚΗ** 1 κλάση του φάσματος μεγάλου εύρους

**ΧΑΜΗΛΗ**



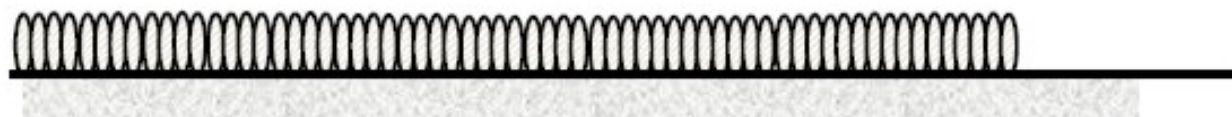
**ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΗ** μέχρι 10 φασματικές κλάσεις μέσου εύρους

**ΜΕΣΗ**



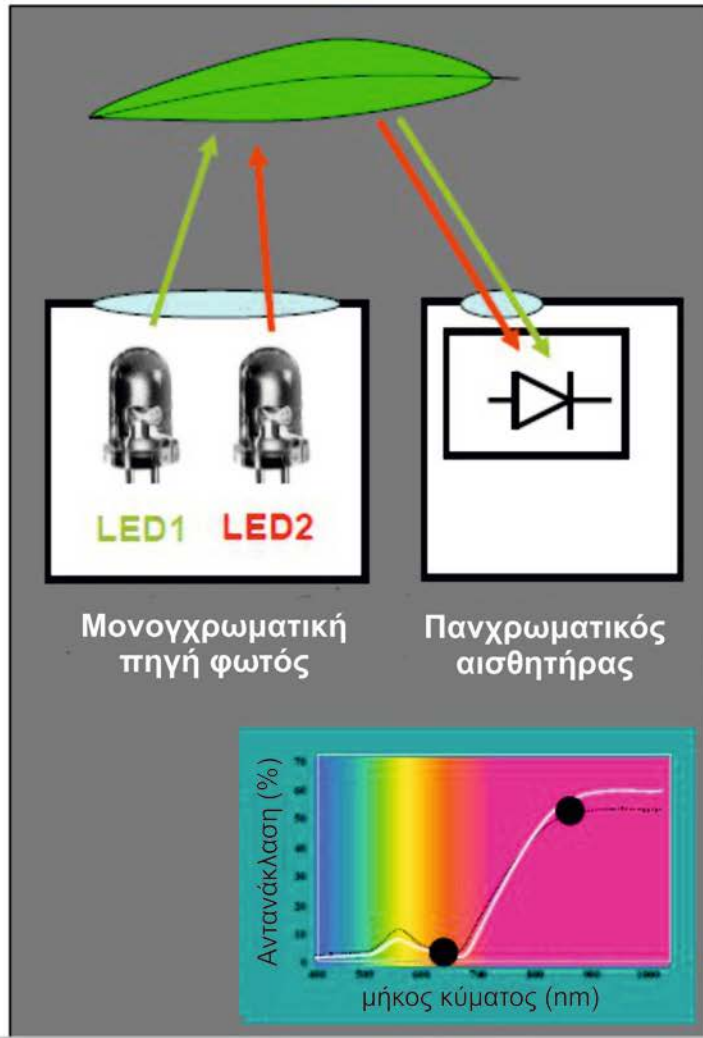
**ΥΠΕΡΦΑΣΜΑΤΙΚΗ** εκατοντάδες κλάσεις στενού εύρους

**ΥΨΗΛΗ**

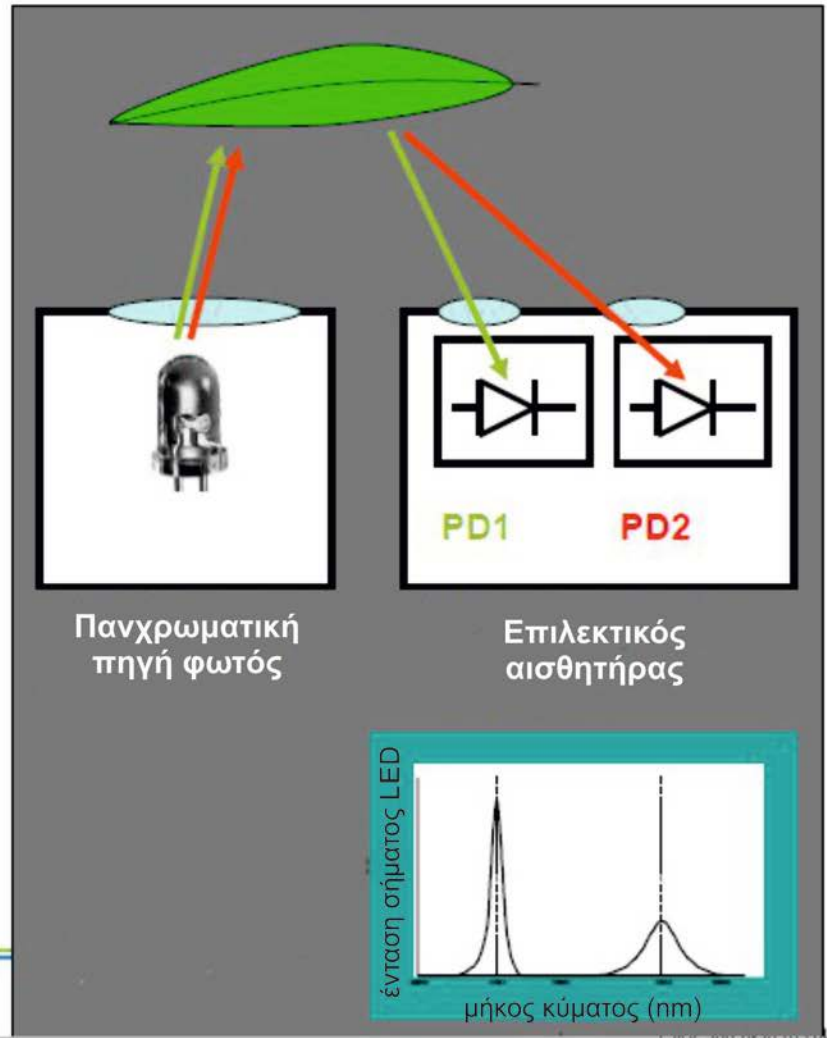


# Επιλεκτικά φάσματα μέθοδοι υλοποίησης

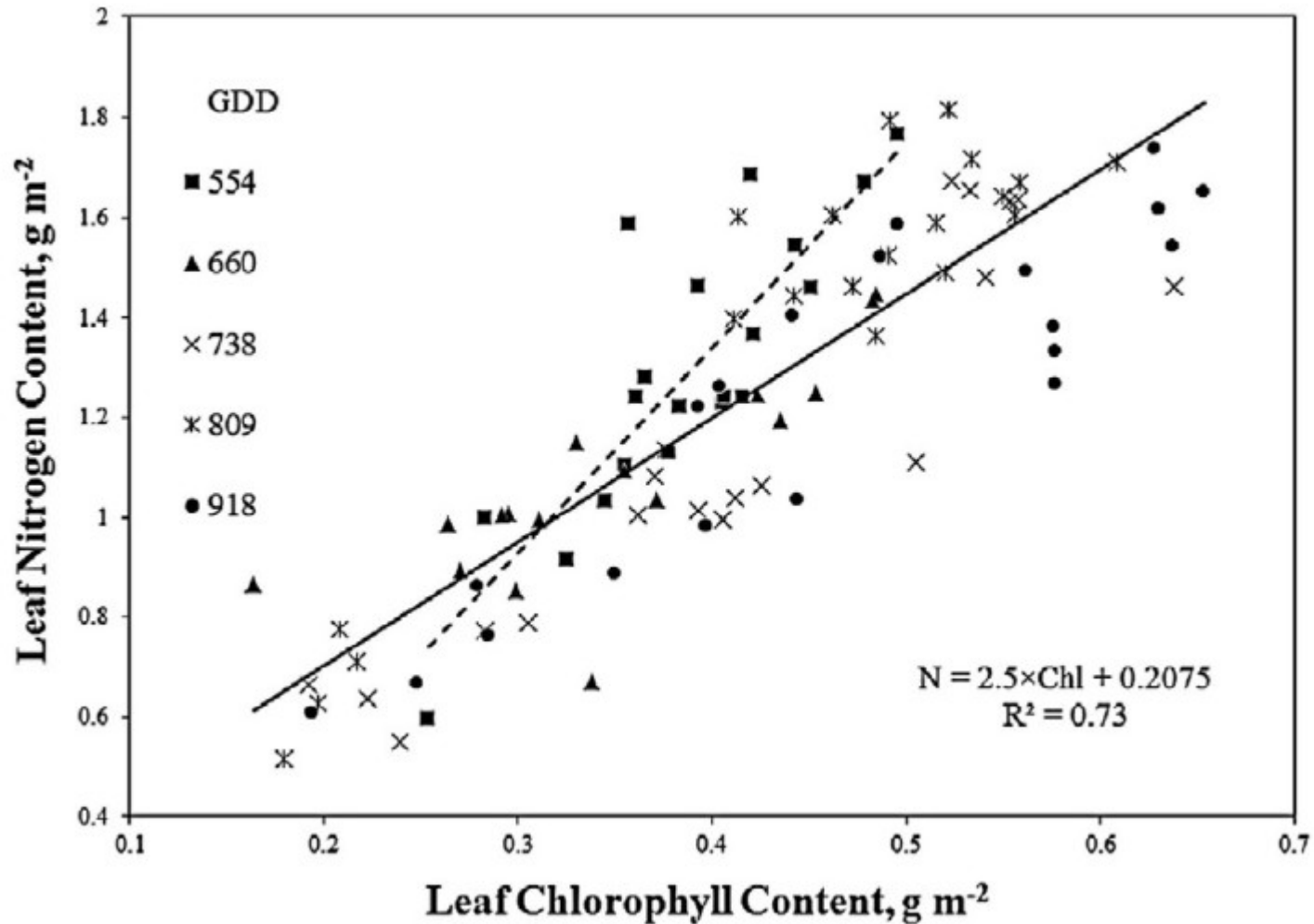
## Επιλεκτική πηγή φωτός

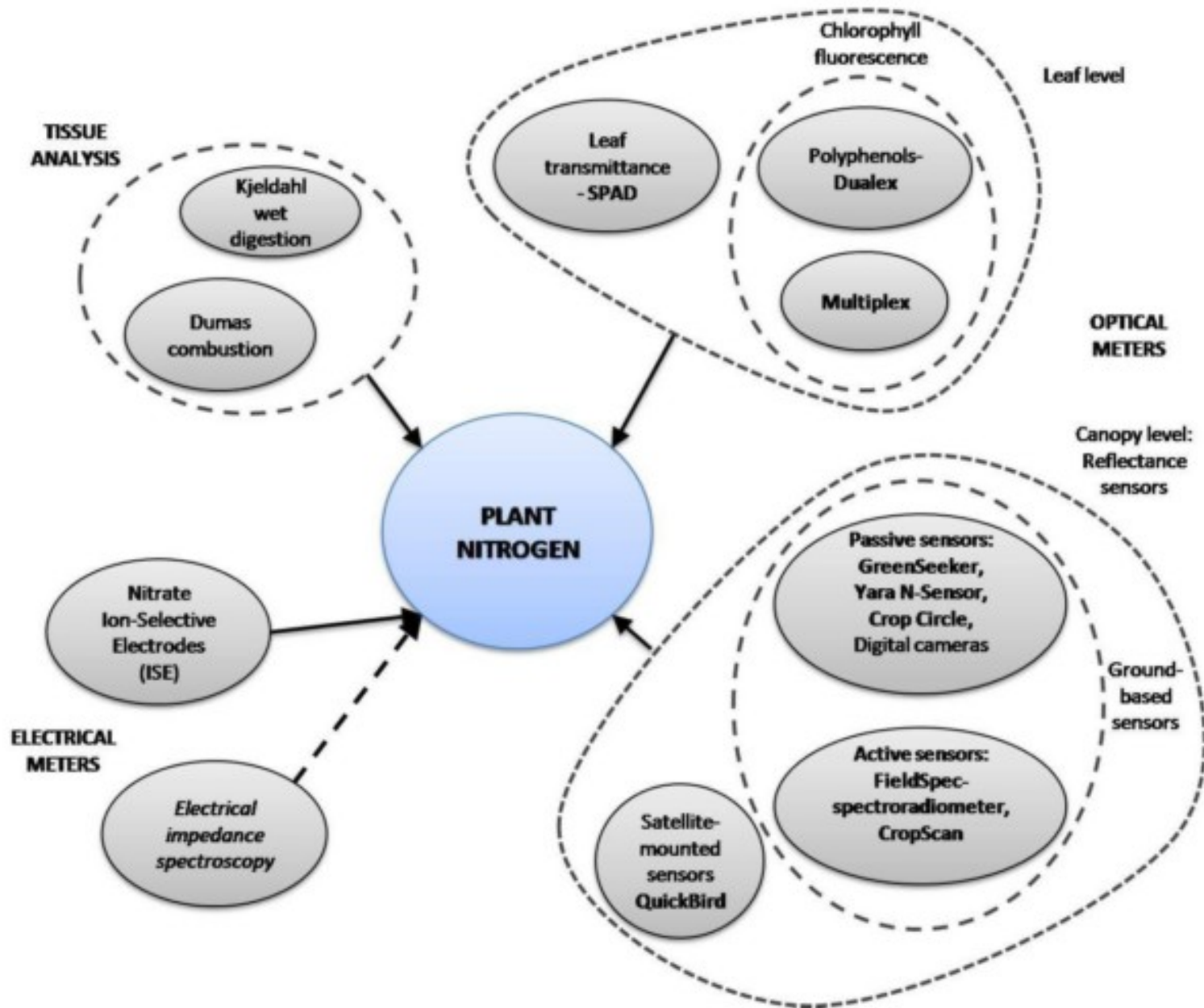


## Επιλεκτικοί αισθητήρες



# Συσχέτιση χλωροφύλλης – αζώτου φύλλων

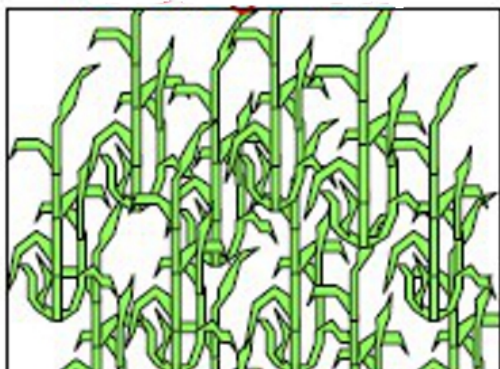






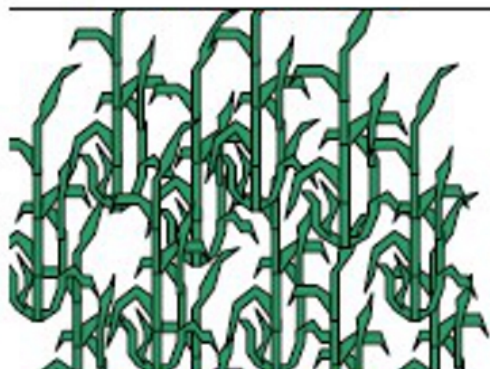
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΙΑΣ

μέση δόση



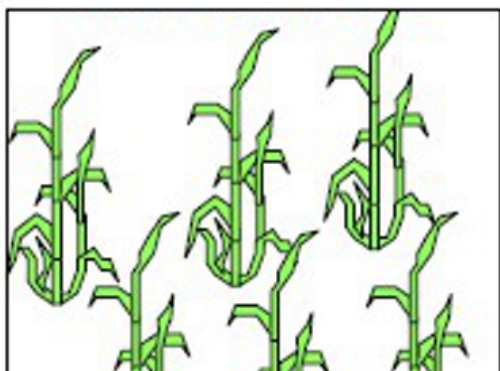
μέση συγκέντρωση  
χλωροφύλλης

ελάχιστη δόση



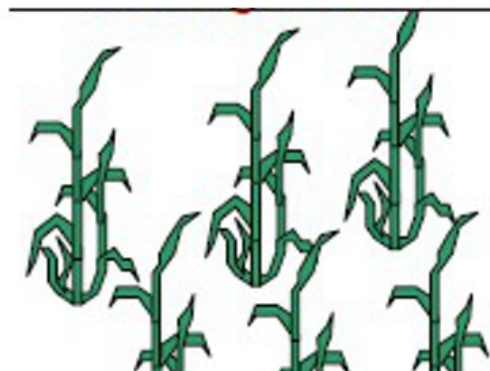
υψηλή συγκέντρωση  
χλωροφύλλης

μέγιστη δόση



χαμηλή συγκέντρωση  
χλωροφύλλης

μέση δόση

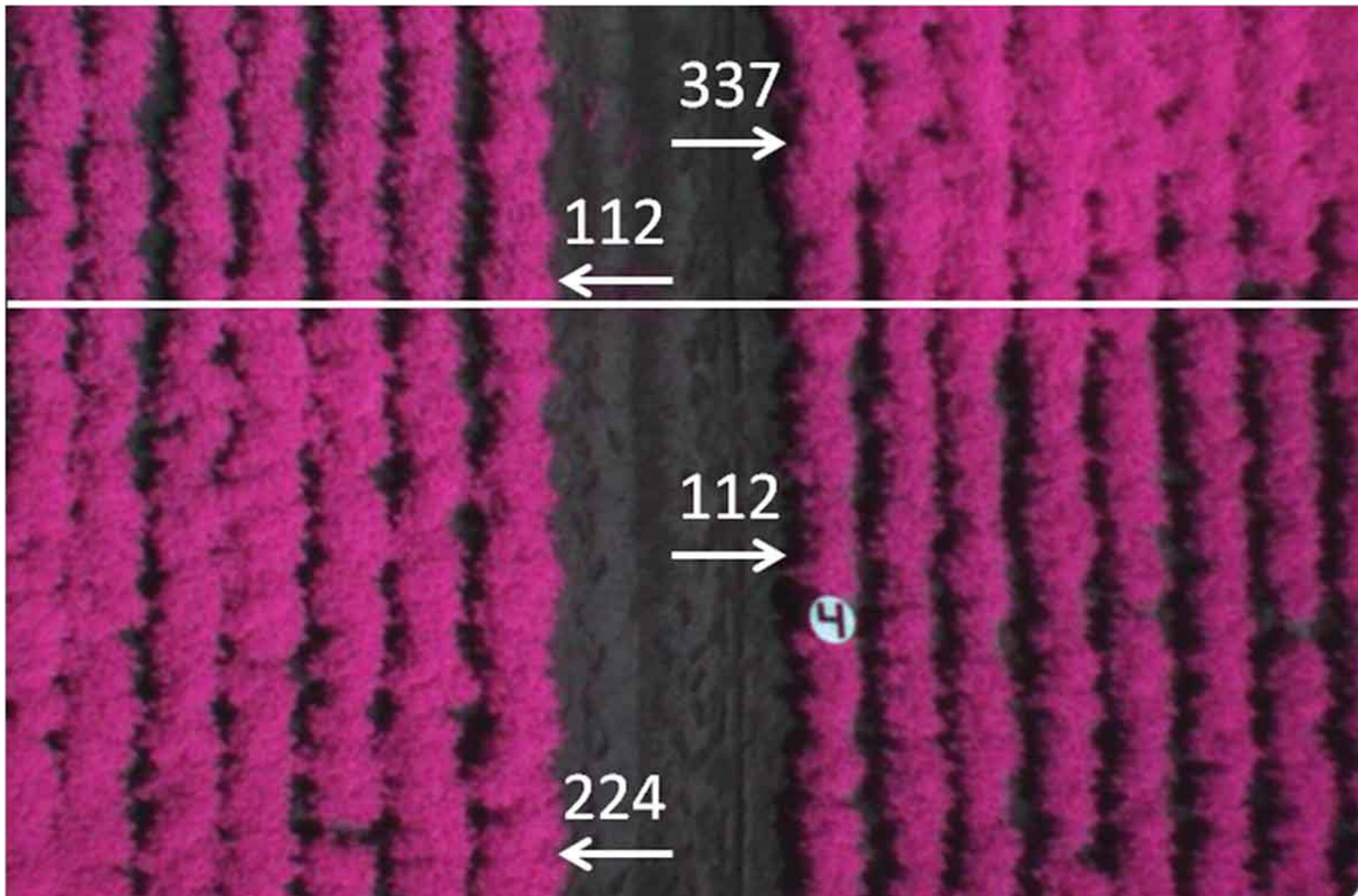


μέση συγκέντρωση  
χλωροφύλλης

συγκέντρωση χλωροφύλλης στο φυτό

## Αζωτούχος λίπανση

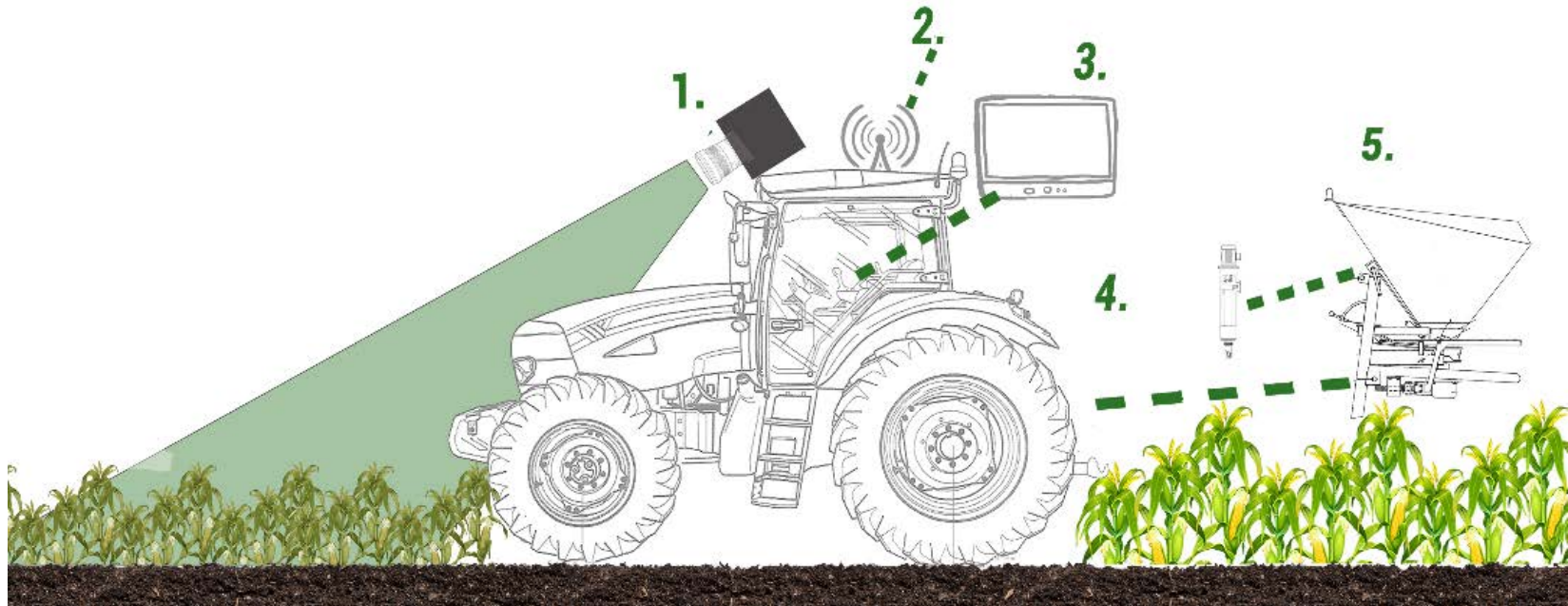
- Εξαρτάται από τη συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά  $m^2$
- Υψηλότερη δόση στα σημεία με χαμηλή χλωροφύλλη
- Οι ιδιότητες του εδάφους δεν λαμβάνονται υπόψη



Αποτύπωση της υπέρυθρης ακτινοβολίας σε ένα πείραμα με αζωτούχο λίπανση στη πατάτα (οι αριθμοί υποδηλώνουν kg λιπάσματος / ha)



αξιολόγηση πληροφοριών από αισθητήρες και βοηθητικών στοιχείων (π.χ εδαφολογικοί χάρτες)



# (Yara)

## Yara N-sensor (classic)

- Ο πρώτος εμπορικός αισθητήρας λίπανσης (1999)
- Τρόπος λειτουργίας : παθητικός (ηλιακή ακτινοβολία)
- Αισθητήρας : Φασματοφωτόμετρο
- Φάσματα : 254 κλάσεις (350 – 1100nm, τυπική καμπύλη αντανάκλασης της βλάστησης)
- Απόκριση : σε πραγματικό χρόνο
- Επιφάνεια ανίχνευσης : οβάλ
- Μέγεθος επιφάνειας (περίπου 50m<sup>2</sup>, εξαρτάται από την απόσταση του αισθητήρα)
- Δείκτης βλάστησης : REIP και δείκτης βιομάζας
- Αγρονομική βαθμονόμηση : ενσωματωμένη (καλλιέργεια, ποικιλία)
- Δημιουργία χάρτη : ναι





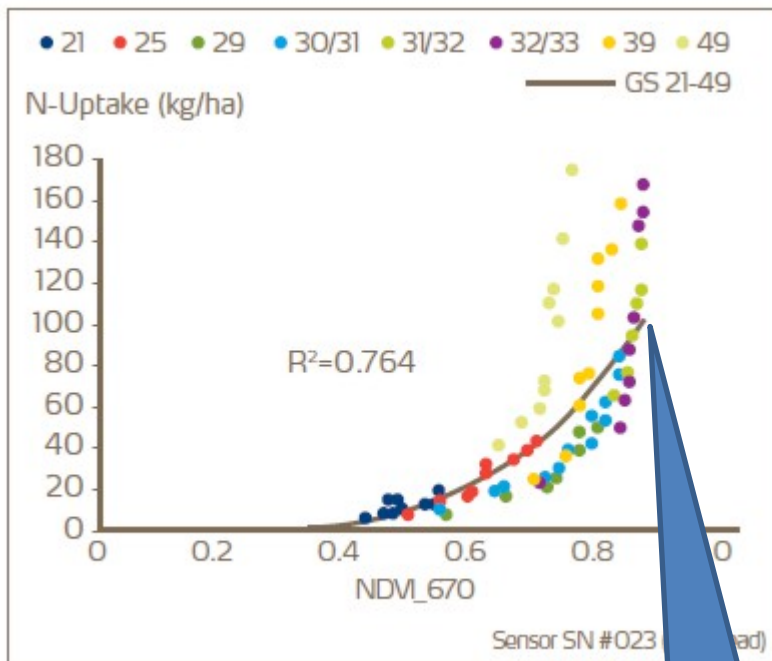
# Yara N-sensor (ALS)



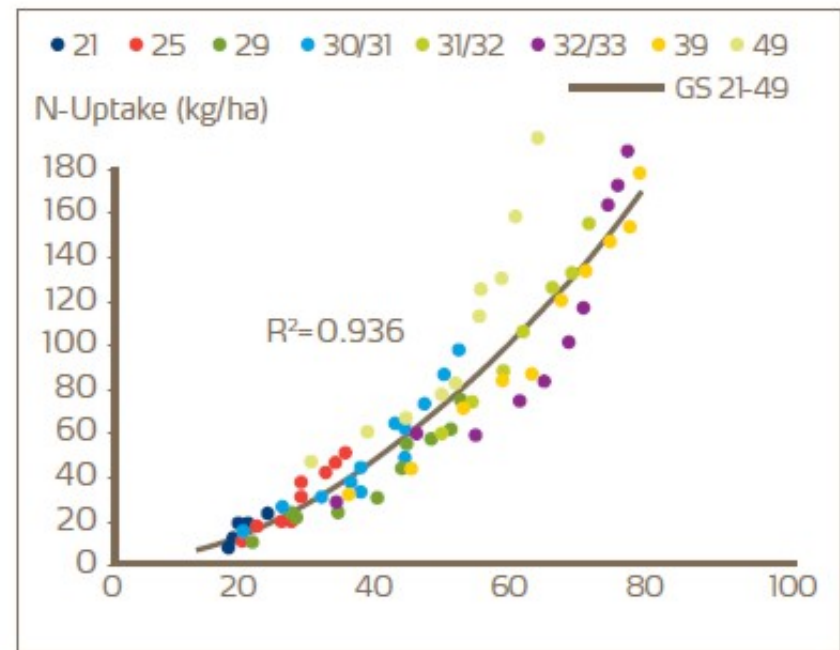
- Κυκλοφόρησε το 2006, αντικατέστησε τον classic
- Τρόπος λειτουργίας : **Ενεργητικός** (φώτα XENON) ALS = Active Light Source
- Αισθητήρας : Φασματοφωτόμετρο
- Εύρος φάσματος : (350 – 1100nm)
- Απόκριση : σε πραγματικό χρόνο
- Επιφάνεια ανίχνευσης : οβάλ
- Μέγεθος επιφάνειας (περίπου 50m<sup>2</sup>, εξαρτάται από την απόσταση του αισθητήρα)
- Δείκτης βλάστησης : REIP, NDVI και δείκτης βιομάζας, ?
- Αγρονομική βαθμονόμηση : ενσωματωμένη (καλλιέργεια, ποικιλία)
- Δημιουργία χάρτη : ναι

# Yara N-sensor (ALS)

Συσχέτιση απορρόφησης αζώτου και NDVI

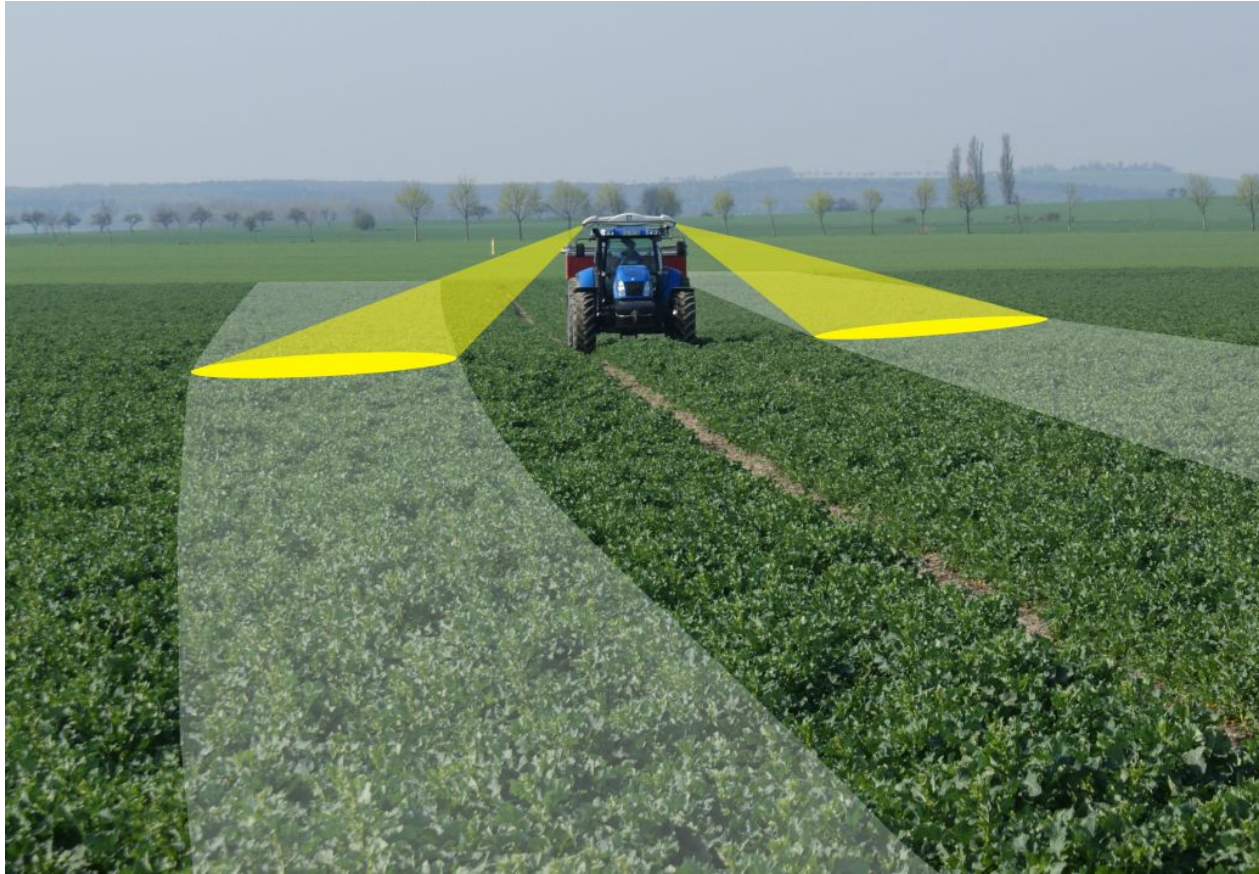


Συσχέτιση απορρόφησης αζώτου και τιμές δείκτη N-Sensor



φαινόμενο  
κορεσμού

# Yara N-sensor (ALS)



# Yara N-sensor (ALS)

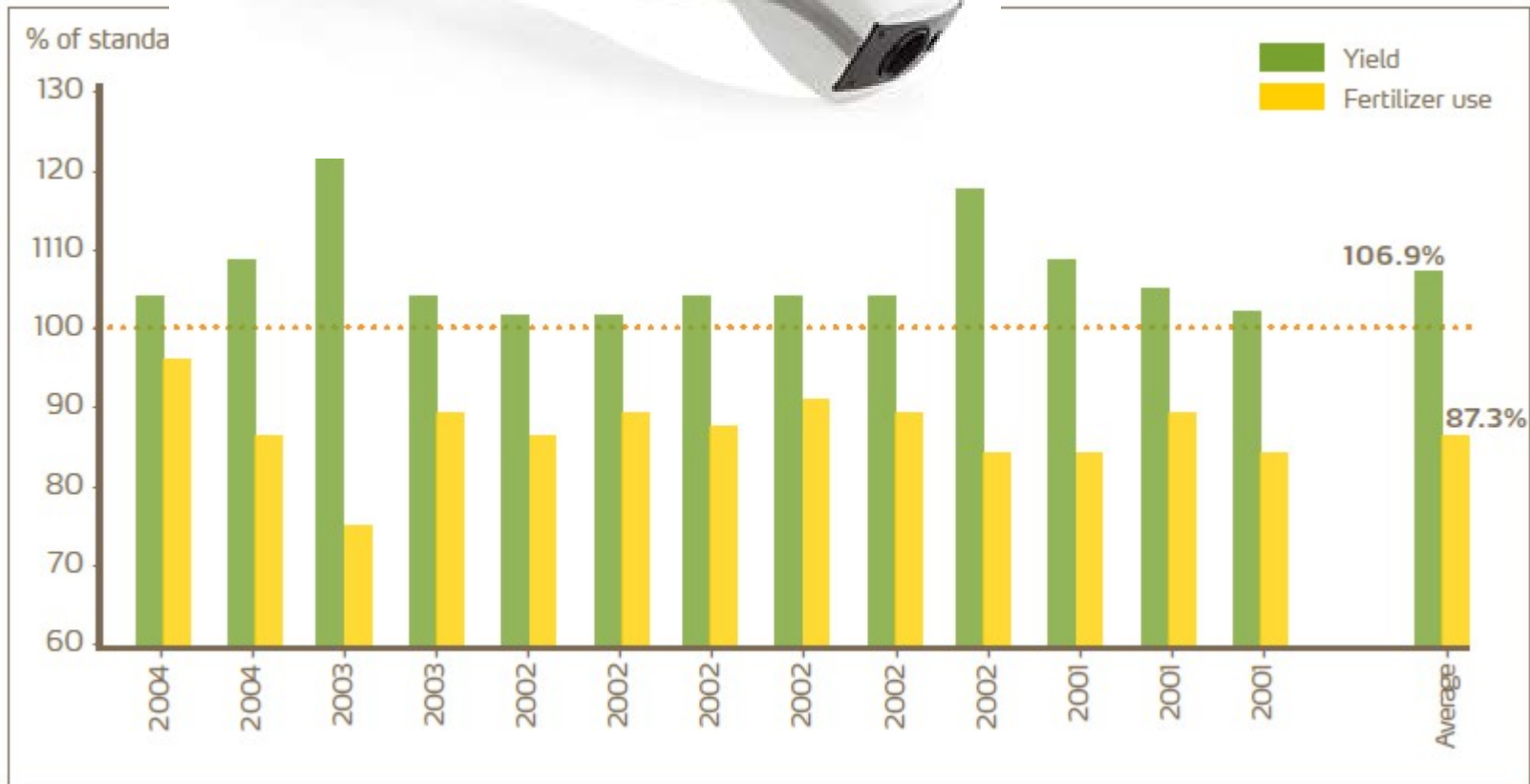


## What you get.



- ✓ Αύξηση αποδόσεων 3,5% με την ίδια ποσότητα λιπάσματος
- ✓ Εξοικονόμηση λιπάσματος μέχρι και 14%
- ✓ Αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου και μείωση του αποτυπώματος του άνθρακα κατά 10-30%
- ✓ Μείωση τα έκπλυσης του αζώτου (νιτρορύπανση) μέχρι και 80%
- ✓ Βελτίωση της ποιότητας του σπόρου μέσω αύξησης της πρωτεΐνης (0,2-0,5%)

# Yara N-sensor (ALS)





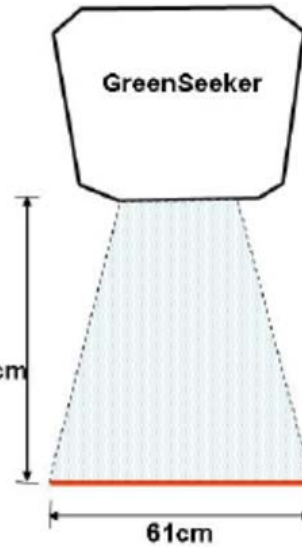
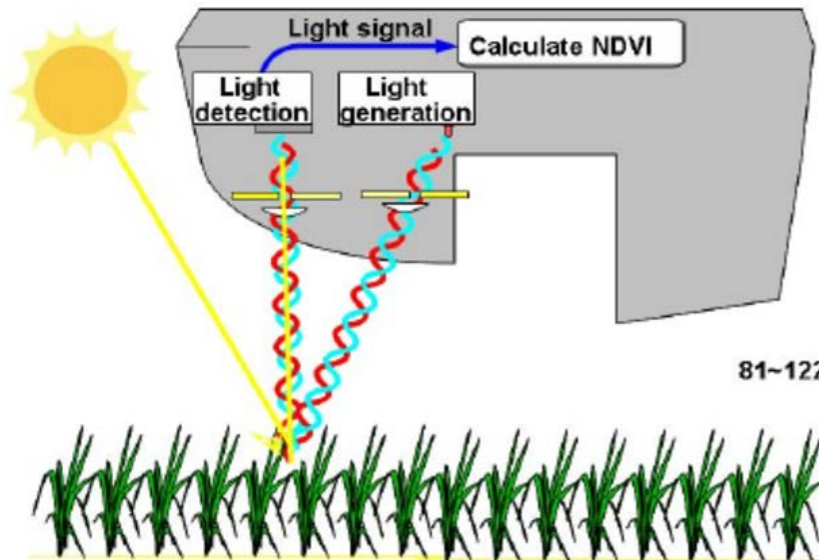
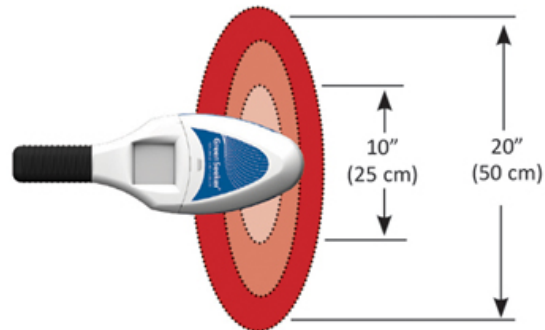
# (Trimble) Greenseeker



- Διαθέσιμος από το 2002
- Φωτισμός: Ενεργητικός, επιλεκτικός (LEDs),
- Φάσματα: 2 (656, 774 nm)
- Γωνία στόχευσης: ναδίρ
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : εξαρτώμενη από την απόσταση, μικρή
- Δείκτης βλάστησης : NDVI
- Αγρονομική βαθμονόμηση: ενσωματωμένη



# Greenseeker



# Greenseeker

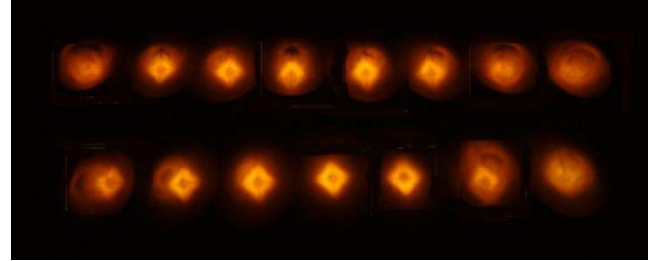




# Crop circle (Holland scientific)



# Crop circle



ACS-210



- Φωτισμός: Ενεργητικός, Μη επιλεκτικός (LEDs),
- Φάσματα: 2 (590, 880 ή 650, 880 nm)
- Γωνία στόχευσης: ναδίρ
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : εξαρτώμενη από την απόσταση, μικρή
- Δείκτης βλάστησης : NDVI
- Αγρονομική βαθμονόμηση: ενσωματωμένη

ACS-470



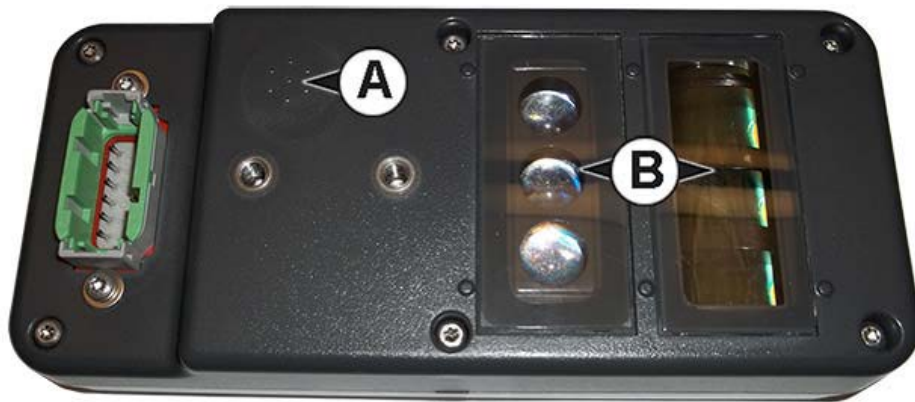
- Φωτισμός: Ενεργητικός, Μη επιλεκτικός (LEDs),
- Φάσματα: 3 (670, 730, 780 nm)
- Γωνία στόχευσης: ναδίρ
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : εξαρτώμενη από την απόσταση, μικρή
- Δείκτης βλάστησης : NDVI, NDRE
- Αγρονομική βαθμονόμηση: ενσωματωμένη

# Crop circle



# OptRX

## Agleader



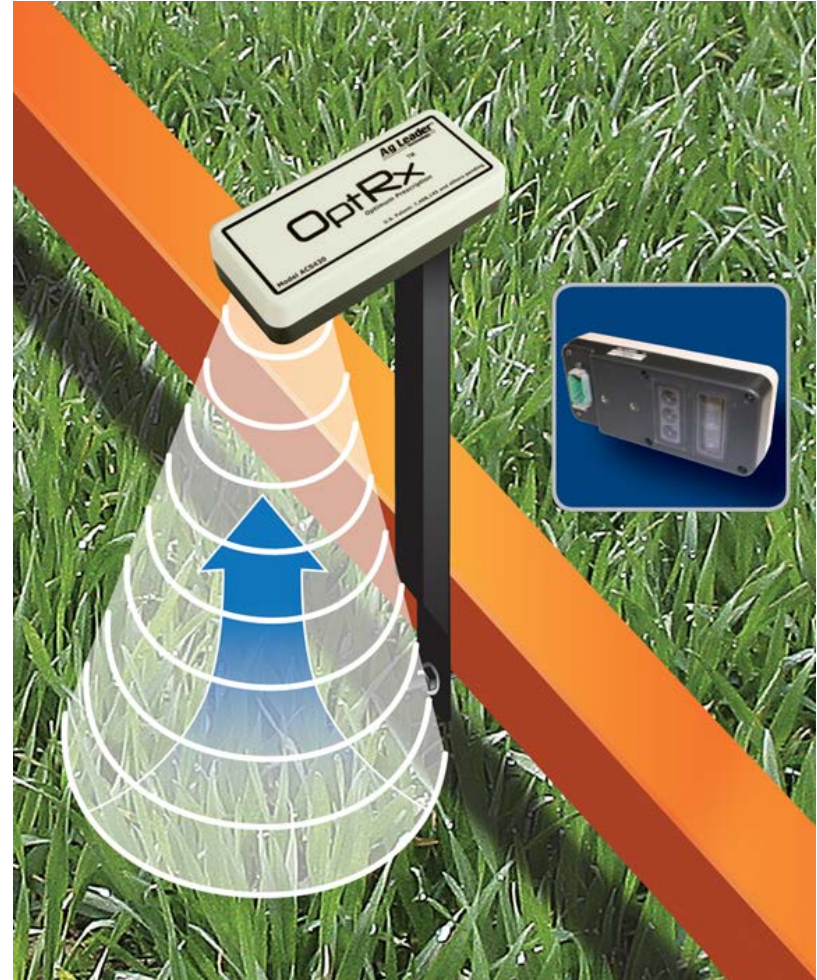
virtuai reference strip

- Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιεί δεν απαιτεί ζώνες με πλήρες λίπασμα
- Οι παραγωγοί αναγνωρίζουν οπτικά την καλύτερη περιοχή στον αγρό και σαρώνουν με τον αισθητήρα τη περιοχή αυτή που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για τον αλγόριθμο.

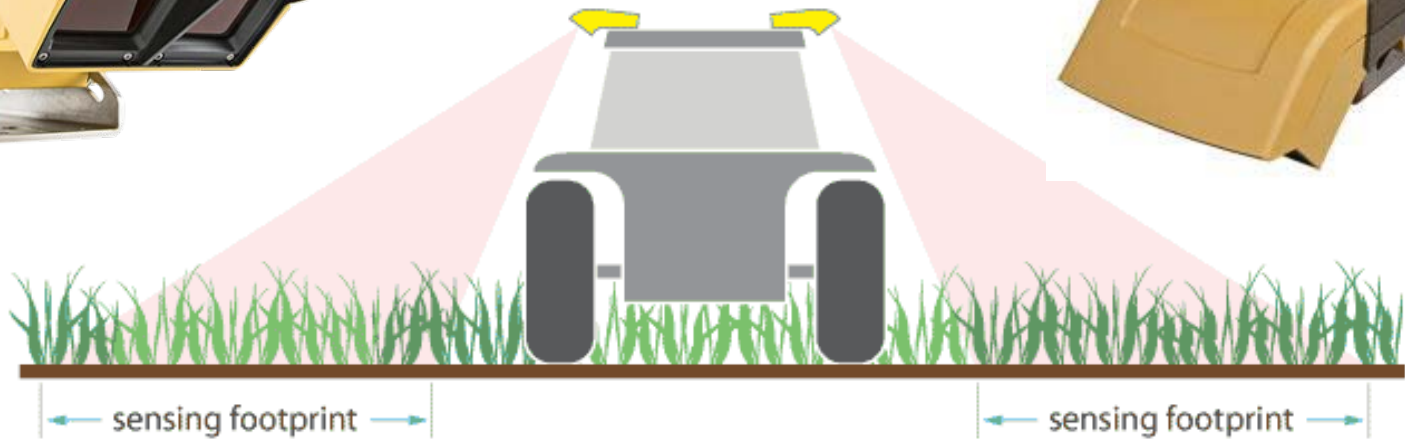




# OptRx



# CropSpec (TopCon)





# CropSpec



# CropSpec



- Φωτισμός: Ενεργητικός, επιλεκτικός (με Laser),
- Φάσματα: 2 (730-740, 800-810 nm)
- Γωνία στόχευσης: 45-55°
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : μεγάλη εξαρτώμενη από την απόσταση
- Δείκτης βλάστησης : ?
- Αγρονομική βαθμονόμηση: ?



# Isaria (Claas)



# Isaria

- Φωτισμός: Ενεργητικός, επιλεκτικός (LED),
- Φάσματα: 5 (?)
- Γωνία στόχευσης: ναδίρ
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : μικρή, εξαρτώμενη από την απόσταση
- Δείκτης βλάστησης : REIP, βιομάζα
- Αγρονομική βαθμονόμηση: ενσωματωμένη



# Isaria

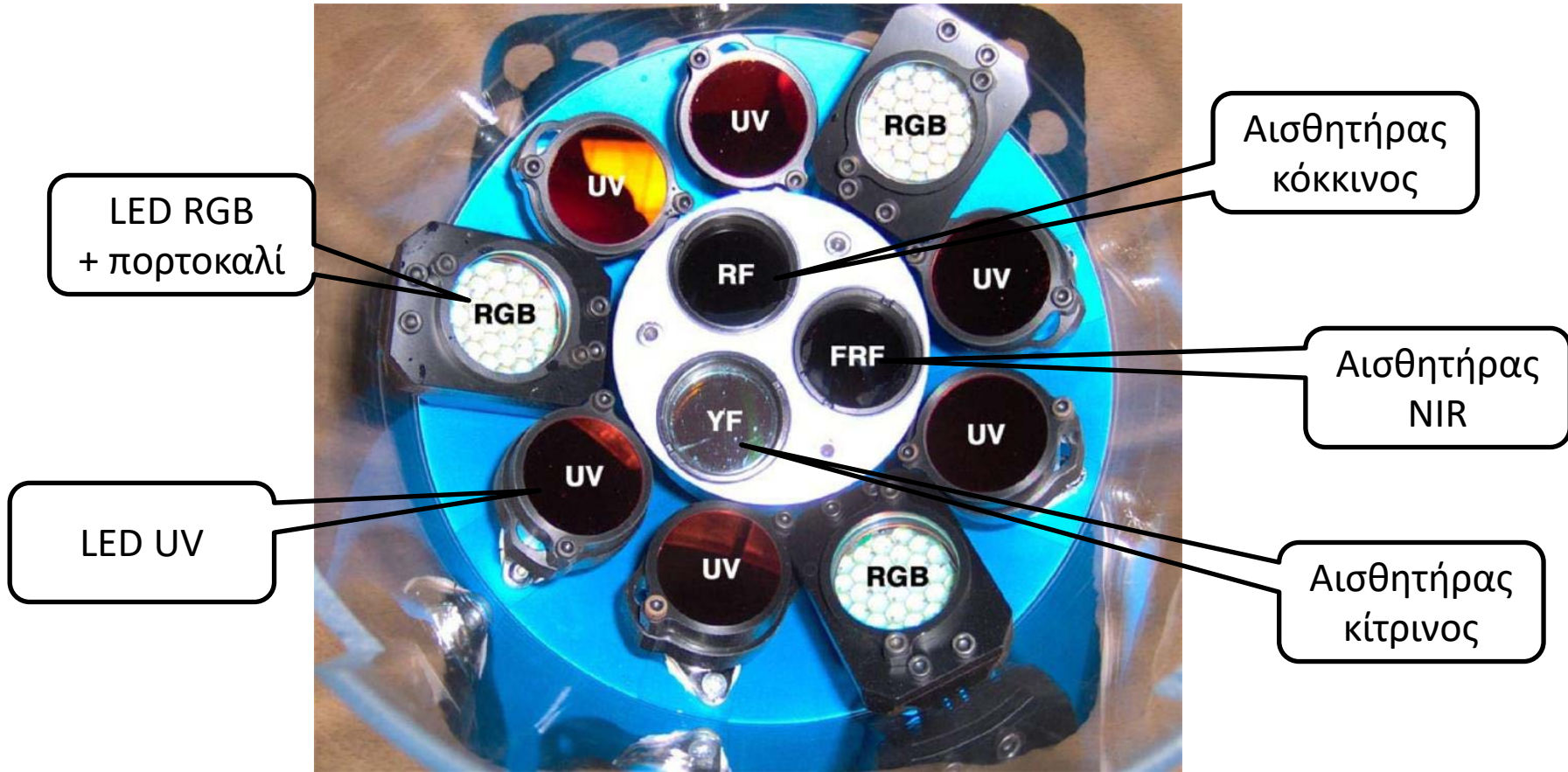




# Multiplex Force - A

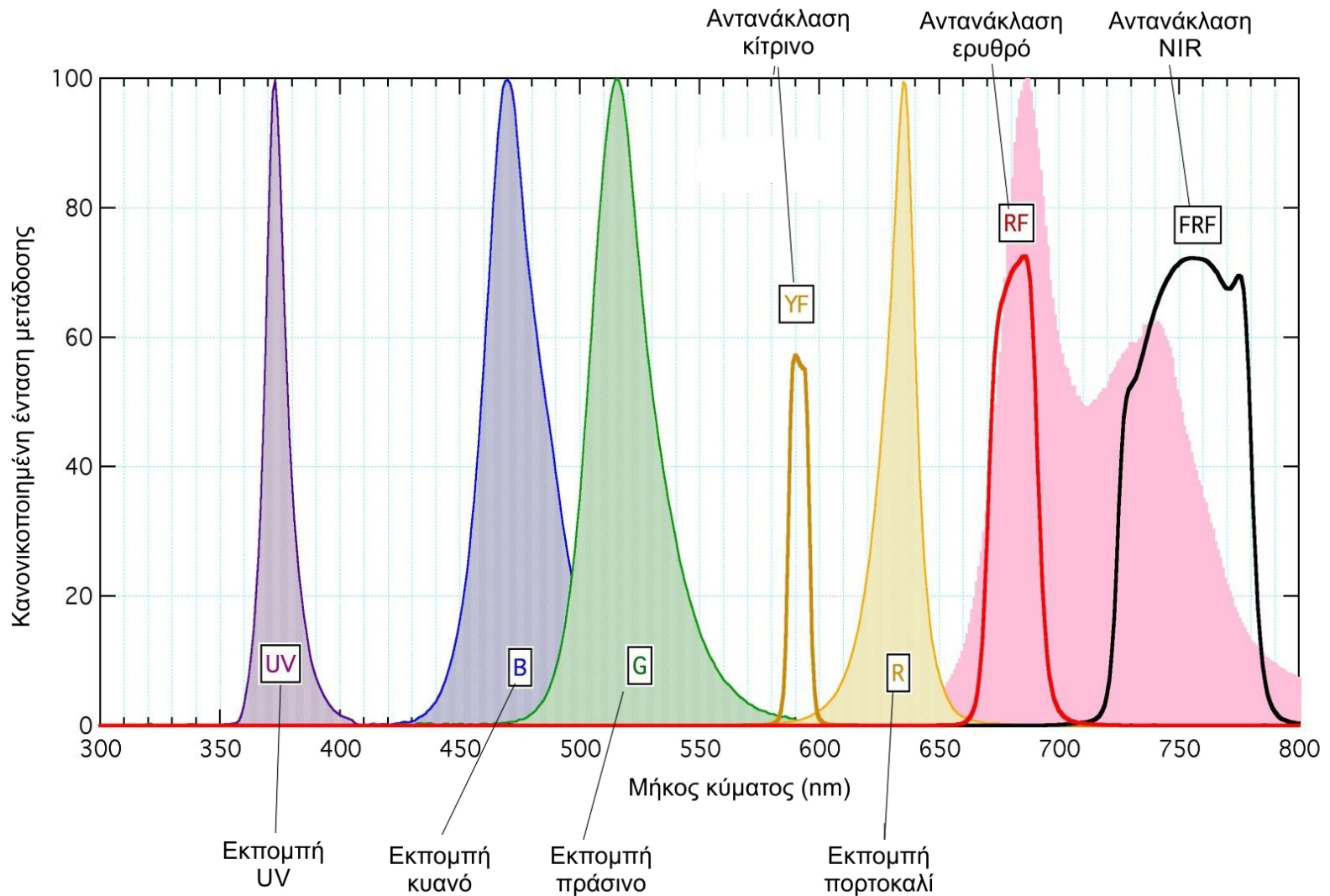


# Multiplex Force - A





# Multiplex Force - A



# Multiplex Force - A



- Φωτισμός: Ενεργητικός, επιλεκτικός (LEDs),
- Φάσματα: 4 (372, 470, 515, 635 nm)
- Γωνία στόχευσης: ναδίρ
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : μικρή, εξαρτώμενη από την απόσταση
- Δείκτης βλάστησης : διάφοροι
- Αγρονομική βαθμονόμηση: ενσωματωμένη



# Yara N - tester





# Αλγόριθμοι υπολογισμού N



Developed by Oklahoma State University, INTA, and CIMMYT

## Inputs

Crop:	Winter Wheat, Oklahoma + US Grain Belt
Number of days from planting to sensing where GDD>0:	92
NDVI Farmer Practice (FP)	0.46
NDVI N-Rich-Strip (NRS)	0.62
Producer Estimate of Max Yield, kg/ha (avg. last 5 years + 30%)	4500
Expected Grain Price, \$/kg	0.2
Fertilizer Cost, \$/kg actual N	1.5

## Outputs

Response Index (RI):	1.58
Yield Potential YP0, kg/ha	2145.5
Yield Potential YPN, kg/ha	3385.2
N Rate Recommendation, kg/ha	59.3
Gross Return (no N fertilizer), \$/ha:	429.1
Gross Return (using N Rec), \$/ha:	588.2

(Cost of N fertilizer is already subtracted from this estimate)

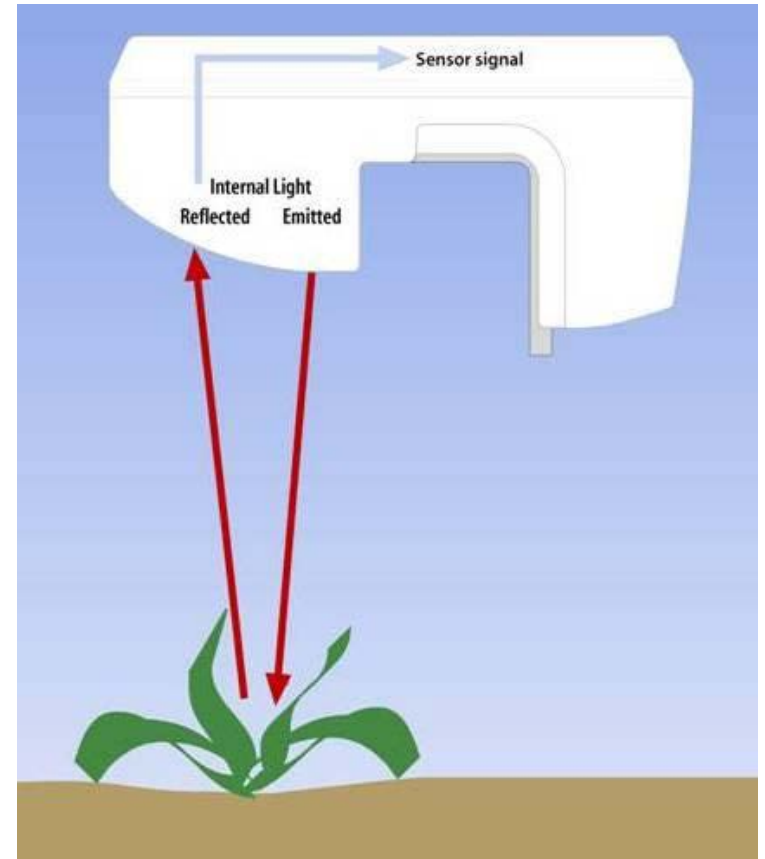
- English Units
- Metric Units
- Within Oklahoma
- Outside Oklahoma

Submit Clear Form Print

# (Trimble) Weedseeker



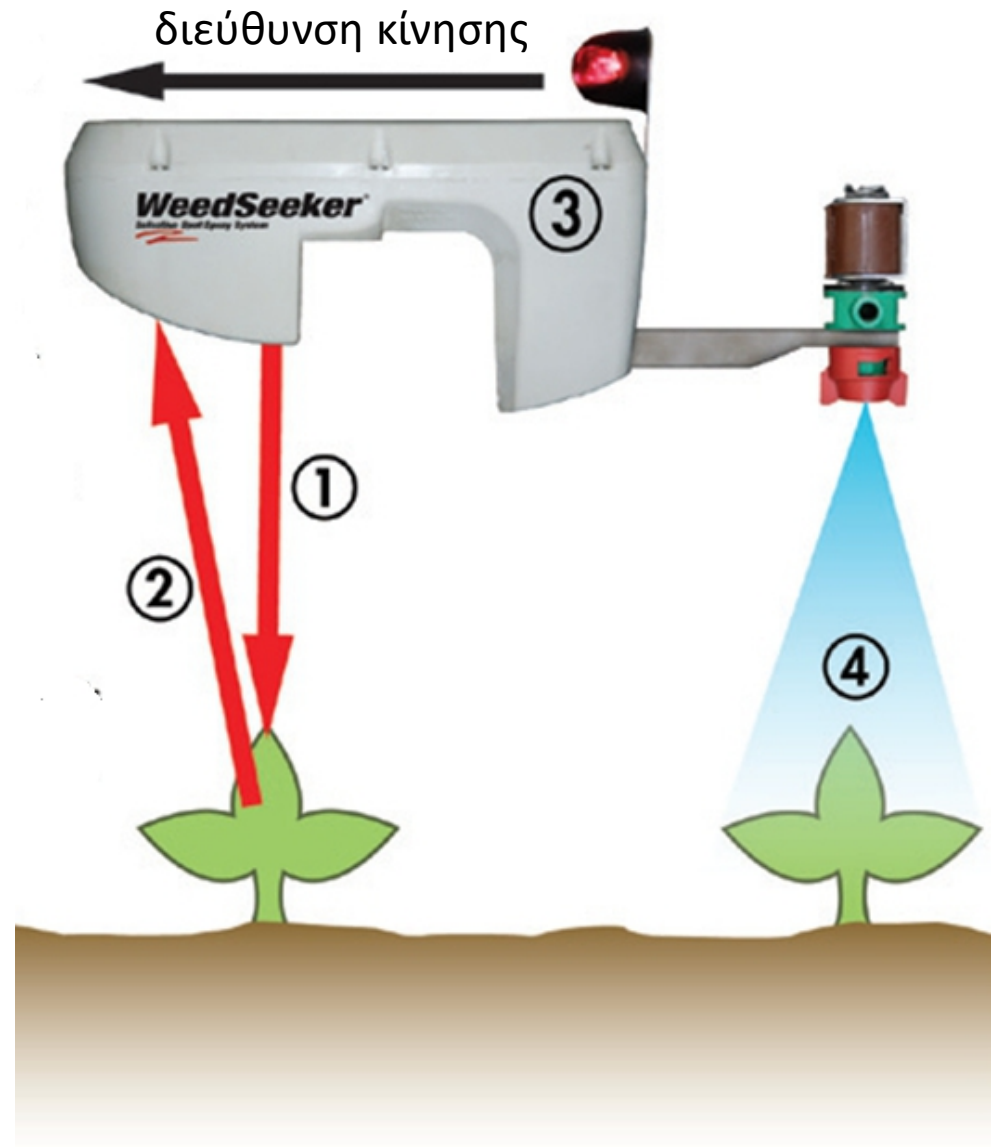
- Φωτισμός: Ενεργητικός, επιλεκτικός (LEDs),
- Φάσματα: 2 (670, 750 nm)
- Γωνία στόχευσης: ναδίρ
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : εξαρτώμενη από την απόσταση, μικρή
- Δείκτης βλάστησης : NDVI
- Αγρονομική βαθμονόμηση: ενσωματωμένη
- Δεν μπορεί να ξεχωρίσει τη βλάστηση (ζιζάνια από καλλιέργεια)

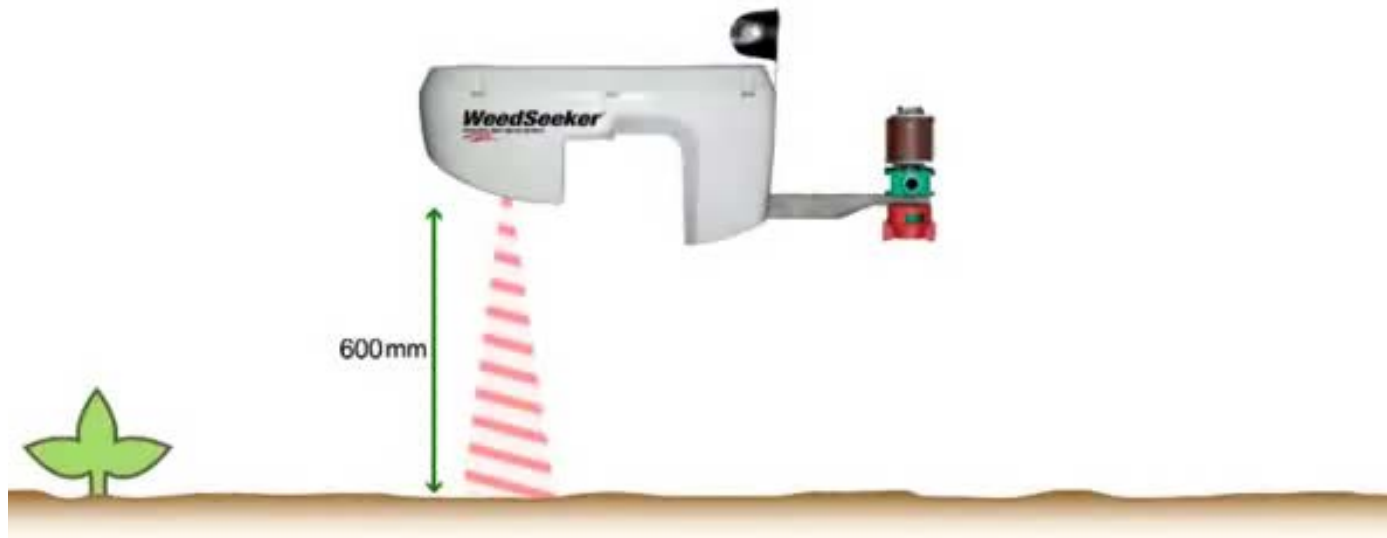




# Weedseeker

1. Εκπομπή ερυθρής και υπέρυθρης ακτινοβολίας στο στόχο από ύψος περίπου 700mm
2. Η ακτινοβολία που ανακλάται από το στόχο ανιχνεύεται από τον αισθητήρα
3. Η ανακλώμενη ακτινοβολία συγκρίνεται με την μορφή της ακτινοβολίας που εμφανίζει η βλάστηση
4. Μόλις πιστοποιείται η παρουσία βλάστησης, ο αισθητήρας υπολογίζει το χρόνο που μεσολαβεί μέχρι ο στόχος να βρεθεί κάτω από το ακροφύσιο και δίνει εντολή σε μια ηλεκτροβαλβίδα για έναρξη του ψεκασμού





①

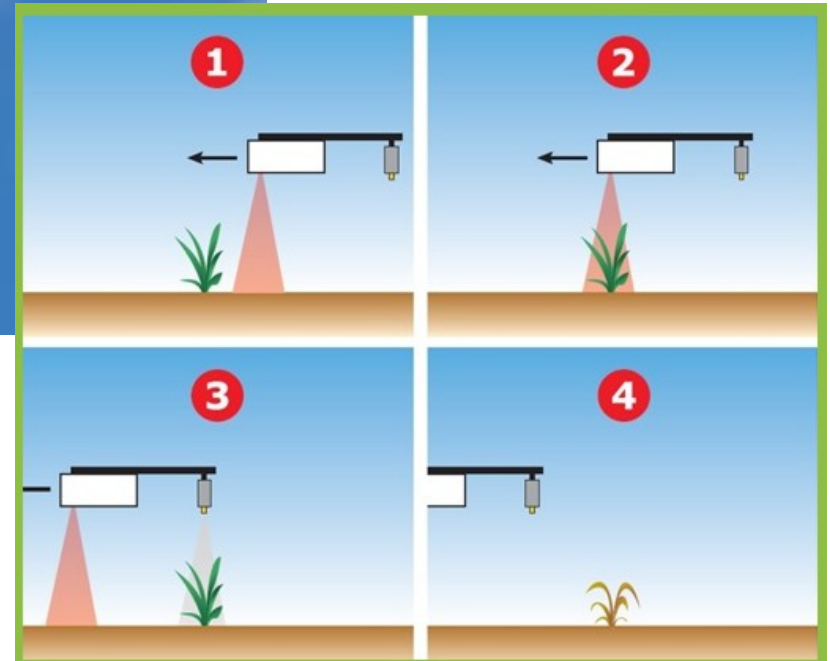
"Light emitting diodes" (LED's) produce a combination of invisible infrared and visible red light which is projected onto the target approximately 600 mm below the sensor.

---

# Weedseeker



# Weedit





# Weedit

- Φωτισμός: Ενεργητικός, Επιλεκτικός (Laser),
- Φάσματα: 1 (NIR)
- Γωνία στόχευσης: ναδίρ
- Μέγεθος επιφάνειας εστίασης, : εξαρτώμενη από την απόσταση, μικρή
- Δείκτης βλάστησης : Chl, φθορισμός
- Αγρονομική βαθμονόμηση: δεν χρειάζεται





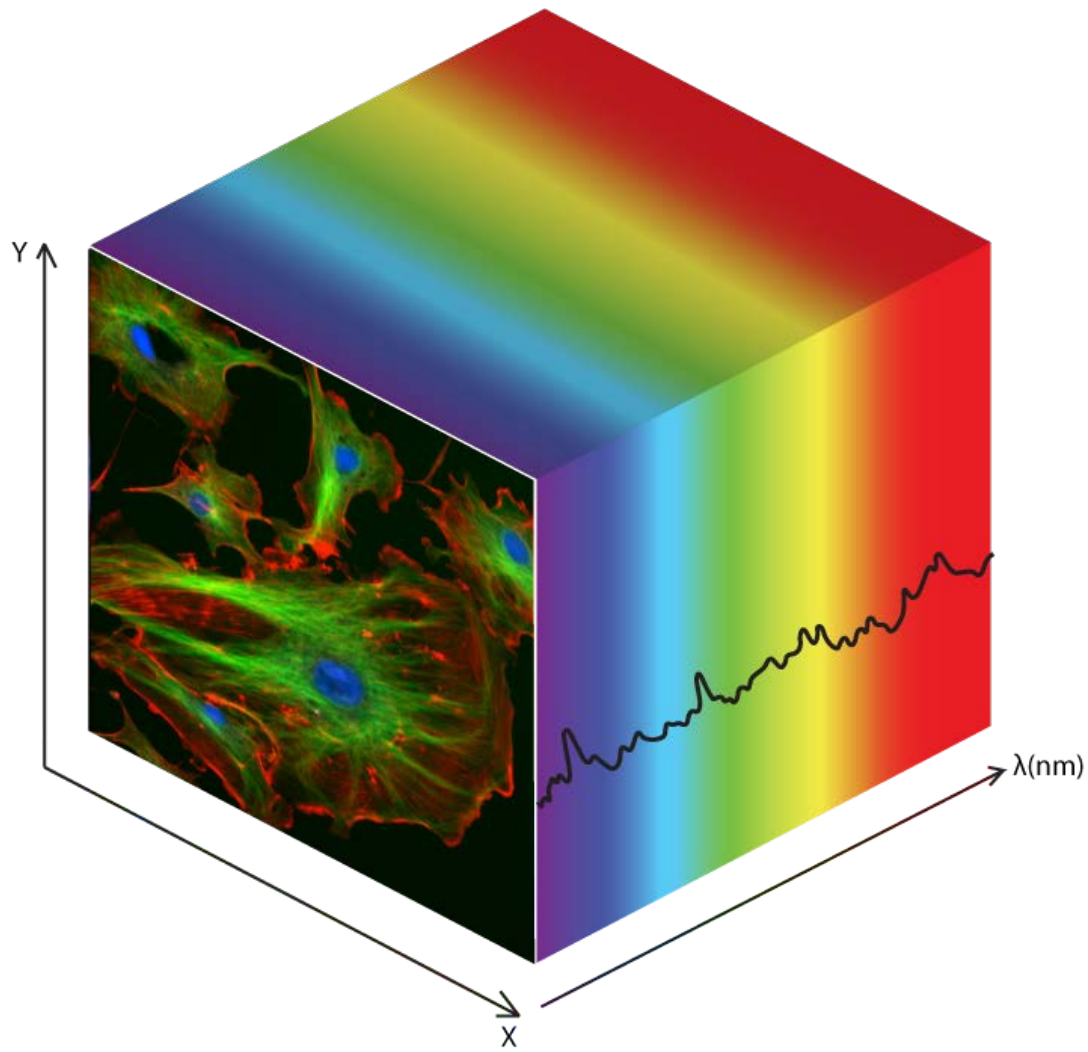
# Weedit



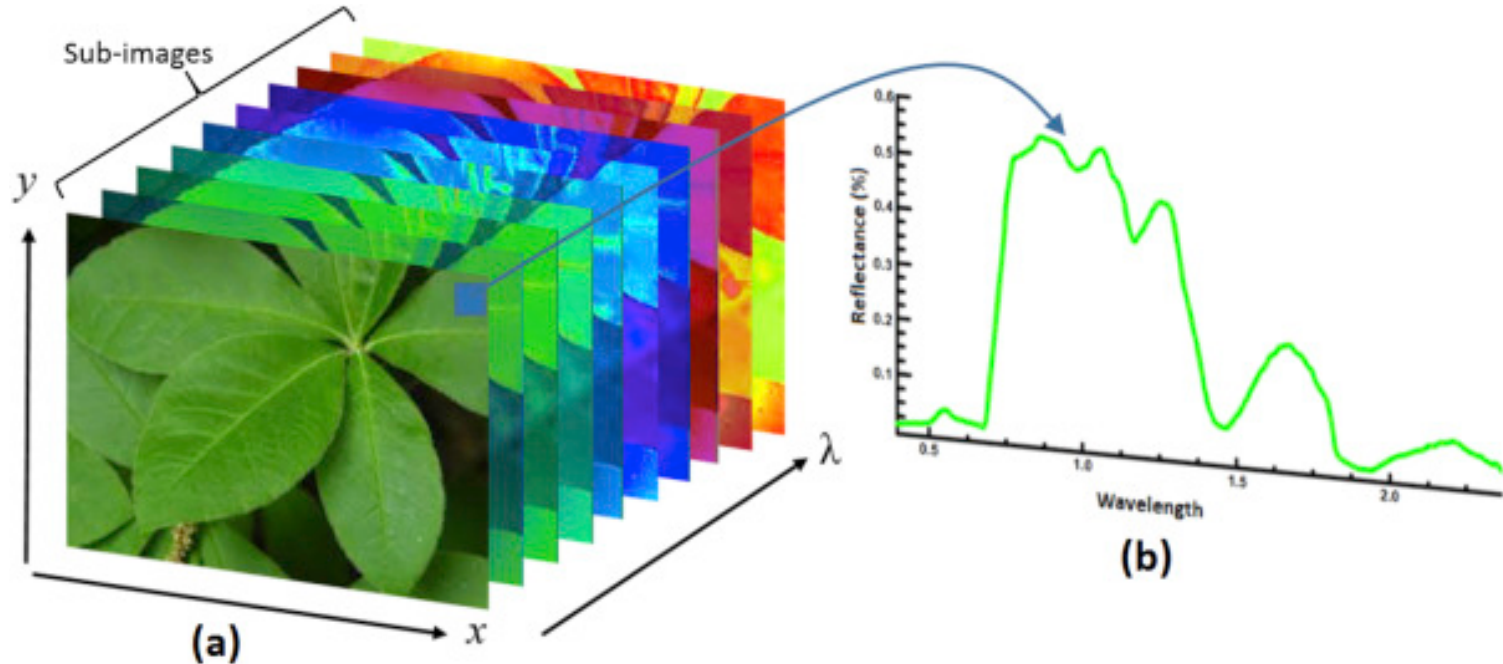
# Φασματοραδιομετρικοί αισθητήρες

- Δίνουν πληροφορία περιορισμένου μεγέθους (μερικά MB) που είναι εύκολα διαχειρίσιμη
- Έχουν σχετικά χαμηλό κόστος και γι' αυτό βρίσκουν πολλές εφαρμογές
- Αδυνατούν να διακρίνουν πλήρως την προέλευση της πληροφορίας (έδαφος, ζιζάνια, βλάστηση / καρποφόρα όργανα κ.α.)
- Αδυνατούν να αναγνωρίσουν μορφολογικά χαρακτηριστικά (σχήμα φύλλων, κηλίδες κ.α.)
- Παραμόρφωση των μετρήσεων από σταγόνες υγρασίας, σκόνη πάνω στα φυτά.

# Τρισδιάστατη αποτύπωση



# Τρισδιάστατη αποτύπωση

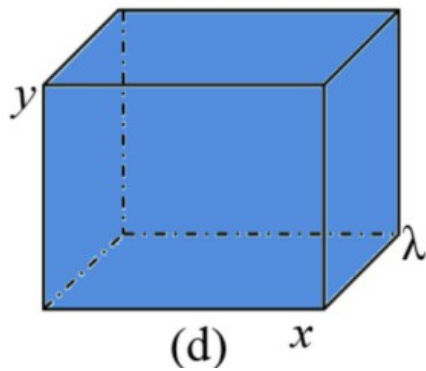
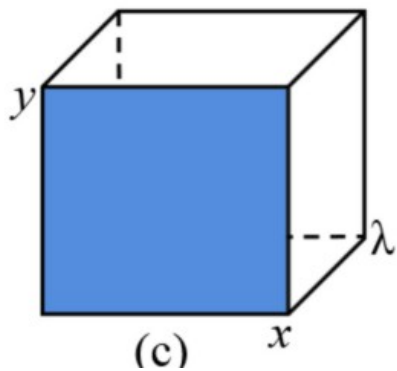
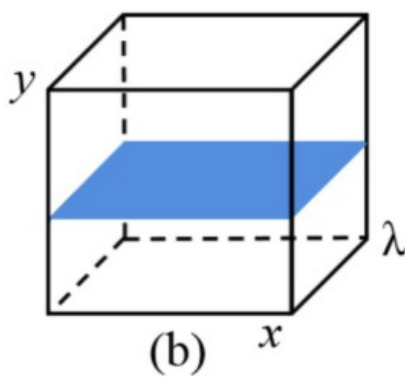
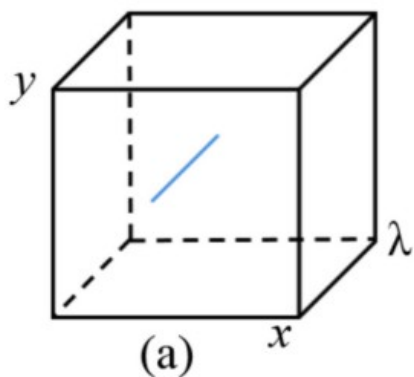


- Δημιουργείται ένας κύβος (a), με αλληπάλληλες εικόνες (voxel), η κάθε μια σε διαφορετικό εύρος φάσματος
- Οι δύο διαστάσεις ( $x$ ,  $y$ ) του κύβου αποτυπώνουν τη χωρική διακύμανση της ανακλώμενης ακτινοβολίας ενώ η τρίτη διάσταση ( $\lambda$ ), τη διακύμανση στα διαφορετικά μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος
- Τα pixel που αποτυπώνουν το ίδιο σημείο, στις αλληπάλληλες εικόνες δίνουν τη «φασματική ταυτότητα» (b) του συγκεκριμένου σημείου.



# Μέθοδοι τρισδιάστατης αποτύπωσης

## φωτογραφικό ραδιόμετρο

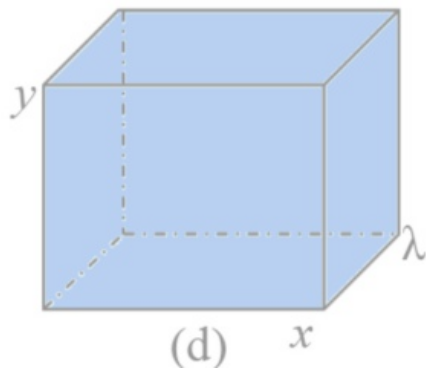
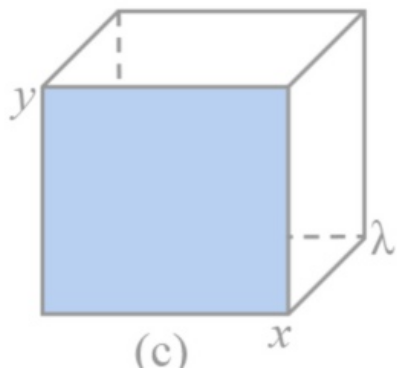
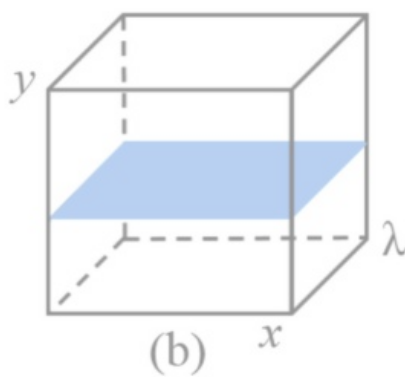
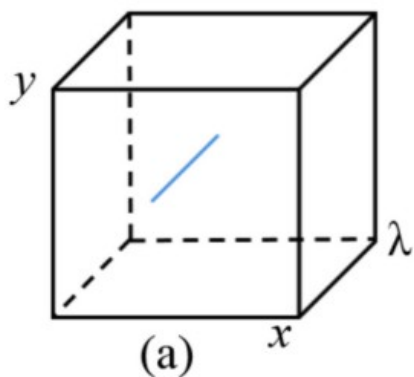


- (a) Αποτύπωση σημειακά (point scanning)
- (b) Γραμμική αποτύπωση (line scanning / push broom / rolling shutter)
- (c) Επίπεδη φασματική αποτύπωση (spectral scanning)
- (d) Αποτύπωση στιγμιότυπου (snapshot / global shutter)

## φασματικές κάμερες



# Μέθοδοι τρισδιάστατης αποτύπωσης



## (a) Αποτύπωση σημειακά (point scanning)

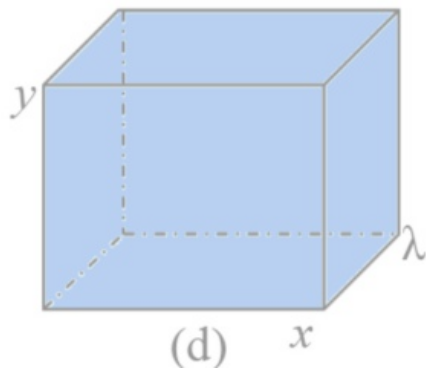
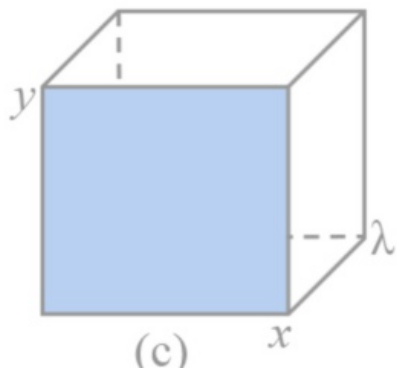
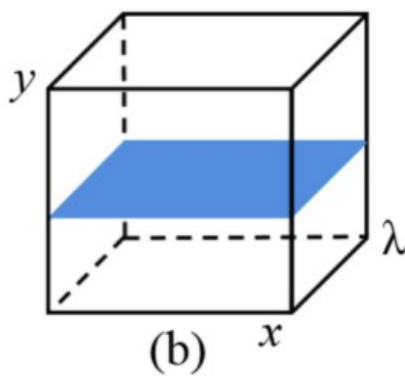
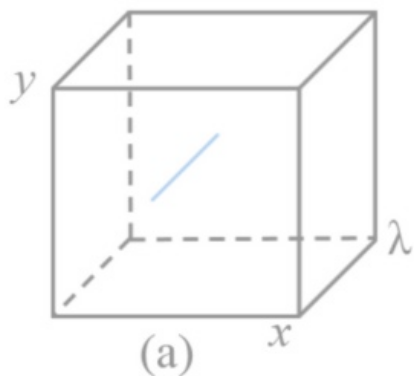
Η διακύμανση του φάσματος (διάσταση  $\lambda$ ) αποτυπώνεται διαδοχικά για κάθε σημείο του αντικειμένου

Ο κύβος συνθέτεται με σημειακή σάρωση της επιφάνειας προς τις δύο διαστάσεις  $x$  και  $y$ .

Απαιτείται αρκετός χρόνος για τη συλλογή ολόκληρης της πληροφορίας

Χρειάζεται η υποστήριξη από κατάλληλο λογισμικό για τη σύνθεση του κύβου

# Μέθοδοι τρισδιάστατης αποτύπωσης



## (b) Γραμμική αποτύπωση (line scanning / push broom / rolling shutter)

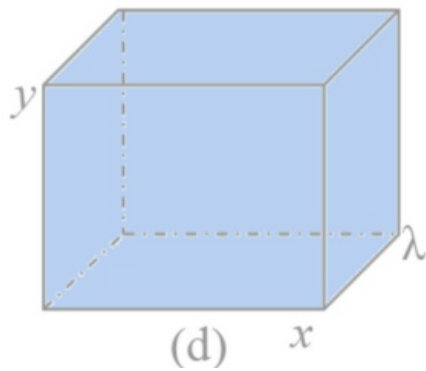
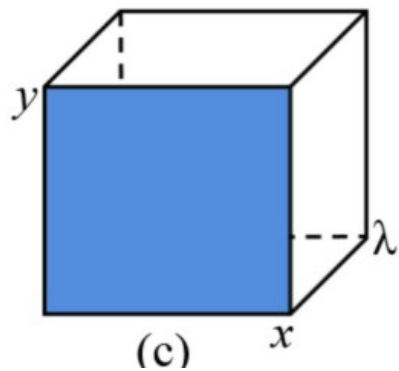
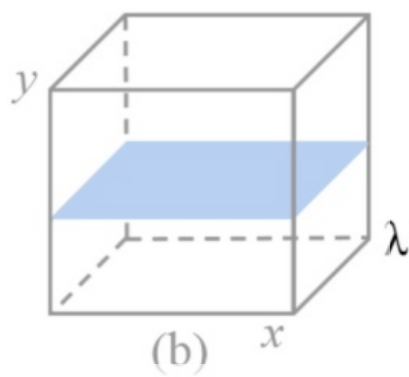
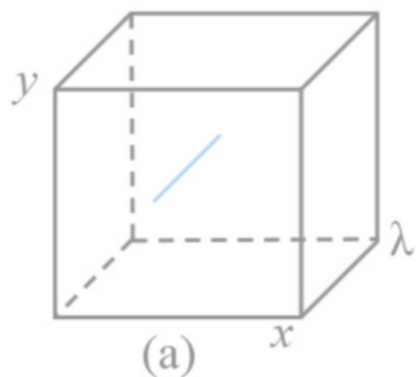
Η διακύμανση του φάσματος (διάσταση  $\lambda$ ) αποτυπώνεται κατά μήκος μιας ολόκληρης γραμμής (στη διάσταση  $x$  ή  $y$ )

Ο κύβος συνθέτεται με σάρωση της γραμμής προς την άλλη διάσταση ( $y$  ή  $x$ )

Η σάρωση γίνεται μηχανικά ή ηλεκτρονικά και γι' αυτό απαιτείται υψηλή σταθερότητα του συστήματος

Ο χρόνος σύνθεσης του κύβου είναι συντομότερος

# Μέθοδοι τρισδιάστατης αποτύπωσης



## (c) Επίπεδη φασματική αποτύπωση (spectral scanning)

Η διακύμανση του φάσματος (διάσταση  $\lambda$ ) αποτυπώνεται σε διαδοχικά μονοχρωματικά επίπεδα  $x, y$ .

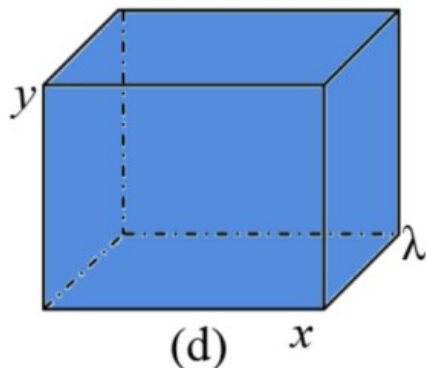
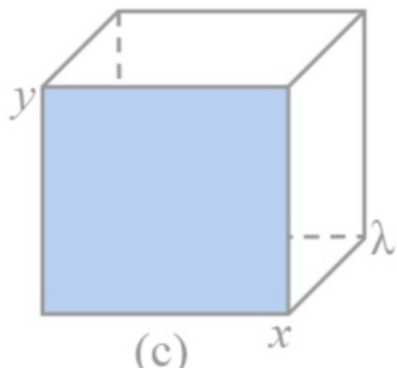
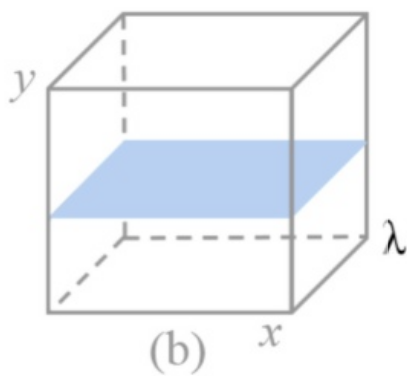
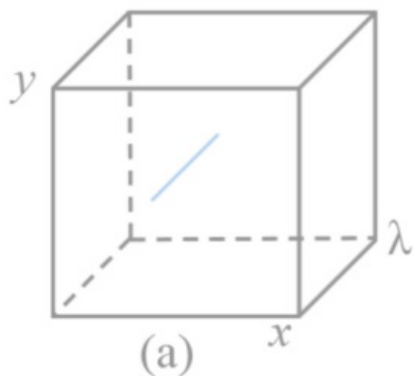
Για την λήψη των διαφορετικών φασμάτων εναλλάσσονται με μηχανικό τρόπο διαφορετικά φίλτρα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η λήψη γίνεται από σταθερό σημείο (δεν μετακινείται ο αισθητήρας). Μπορεί όμως να συμβεί παραμόρφωση εάν μετακινηθεί το αντικείμενο

Ο χρόνος σύνθεσης του κύβου είναι πολύ σύντομος

Δίνει τη δυνατότητα της προεπισκόπησης των φασμάτων επιτρέποντας την προεπιλογή αυτών που ενδιαφέρουν

# Μέθοδοι τρισδιάστατης αποτύπωσης



## (d) Αποτύπωση στιγμιότυπου (snapshot / global shutter)

Η επίπεδη χωρική διακύμανση (διάσταση  $x, y$ ) και η διακύμανση του φάσματος (διάσταση  $\lambda$ ) αποτυπώνονται ταυτόχρονα

Το σύστημα αποτελείται από πολλαπλές κάμερες σε διαφορετικά μήκη κύματος που λειτουργούν ταυτόχρονα και έτσι ο κύβος συνθέτεται στιγμιαία

Αποφεύγονται παραμορφώσεις λόγω μετακινήσεων αισθητήρα / αντικειμένου

Για τις πολυφασματικές κάμερες (μέχρι 10 φάσματα) η τεχνολογία είναι αρκετά ώριμη και με σχετικά χαμηλό κόστος

Για τις υπερφασματικές κάμερες (>10 φάσματα) το κόστος είναι αρκετά υψηλό και η τεχνολογία βρίσκεται ακόμη υπό εξέλιξη

# Συστήματα τρισδιάστατης αποτύπωσης

## Παθητικοί αισθητήρες

- Ραδιόμετρα
- Φασματομέτρα
- Φασματοραδιόμετρα
- Φωτογραφικό  
ραδιόμετρο
- Φασματικές κάμερες
- Θερμικές κάμερες

## Ενεργητικοί αισθητήρες

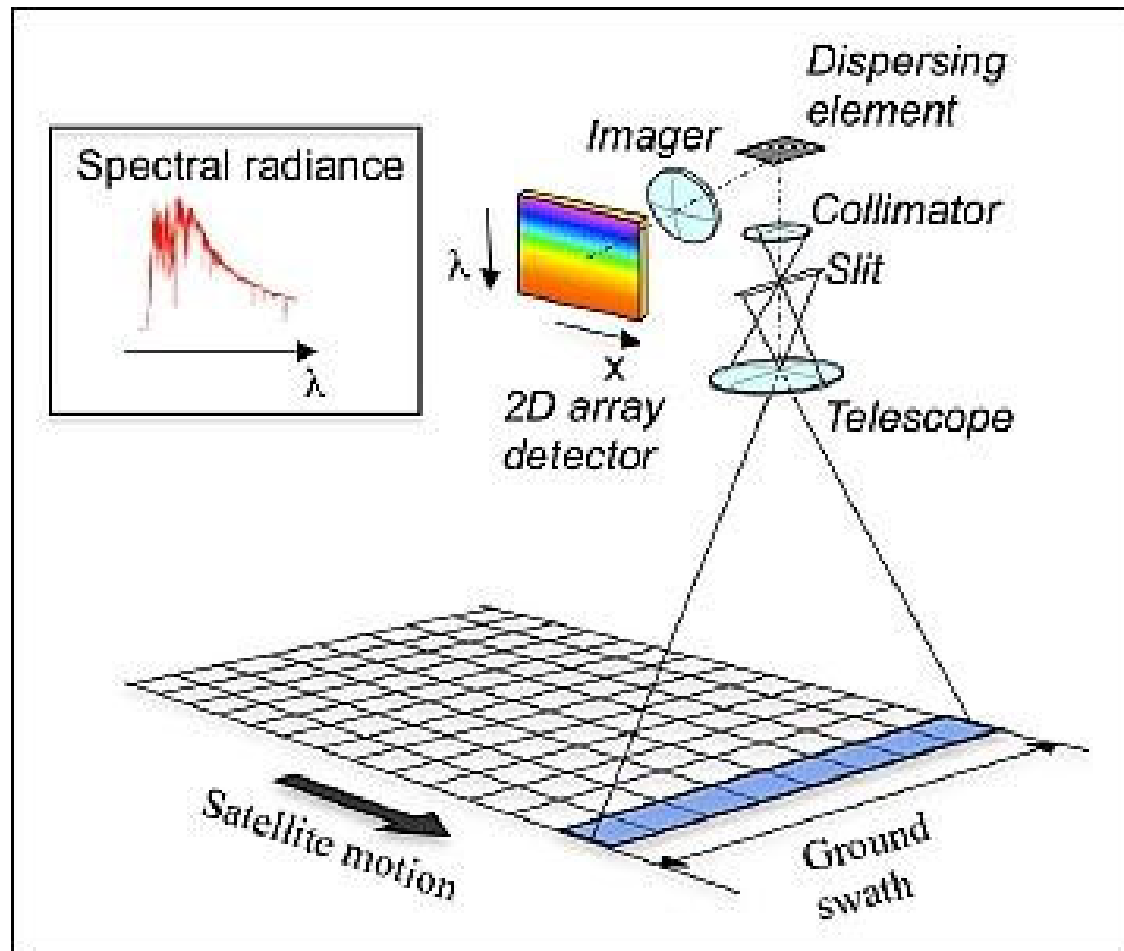
- Radar
- Scatterometer
- Lidar
- Laser υψομέτρου



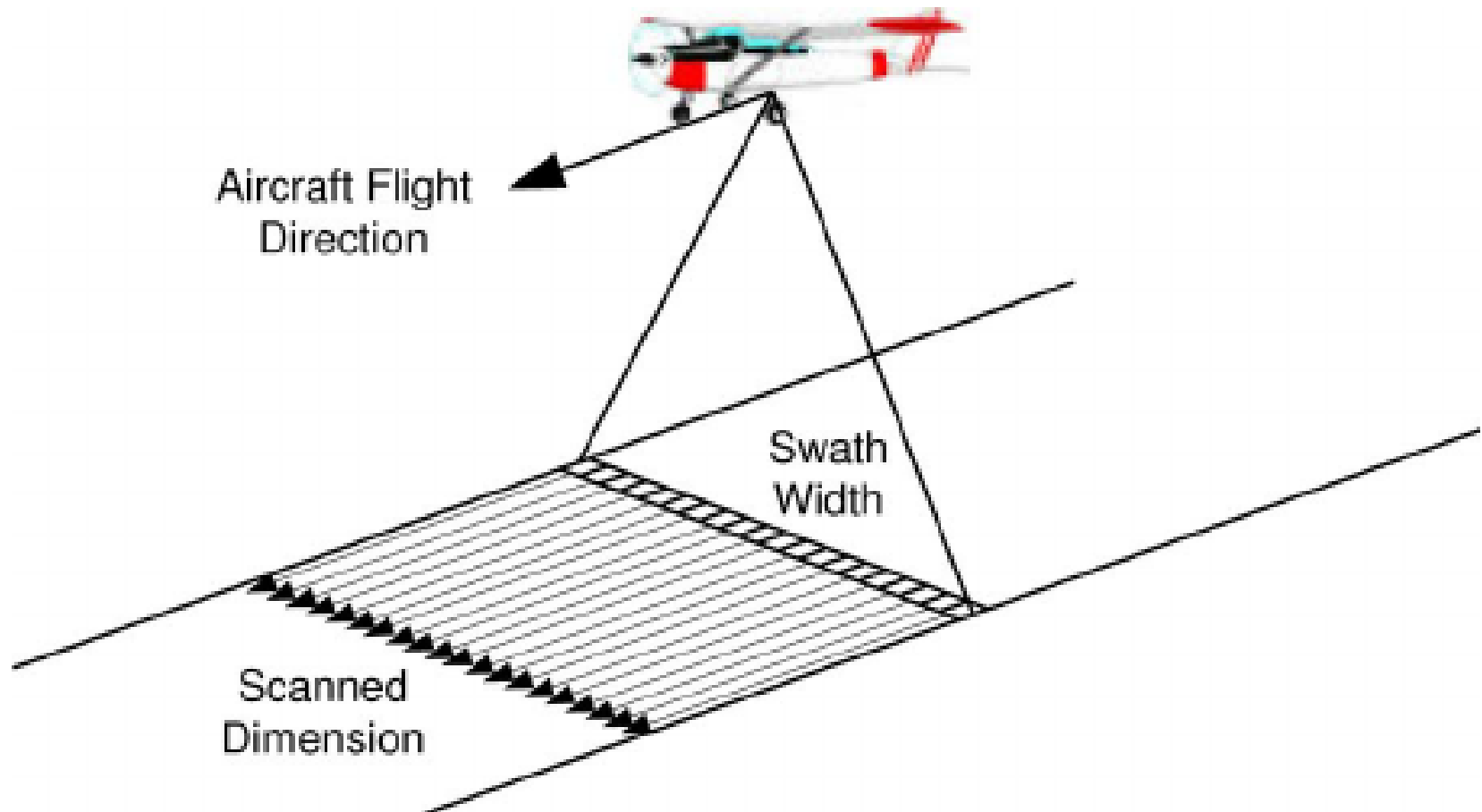
# Φωτογραφικό ραδιόμετρο

- Χρησιμοποιεί μία δισδιάστατη συστοιχία pixel (σημειακή η γραμμική) από την οποία συνθέεται η τρισδιάστατη πολυφασματική εικόνα (κύβος).
- Η σάρωση μπορεί να πραγματοποιηθεί μηχανικά ή ηλεκτρονικά χρησιμοποιώντας κατάλληλη διάταξη ανιχνευτών.
- Η τεχνολογία των φωτογραφικών ραδιομέτρων χρησιμοποιείται από τους δορυφόρους και από εναέρια μέσα τηλεπισκόπησης (κυρίως αεροπλάνα) για την αποτύπωση της γήινης επιφάνειας

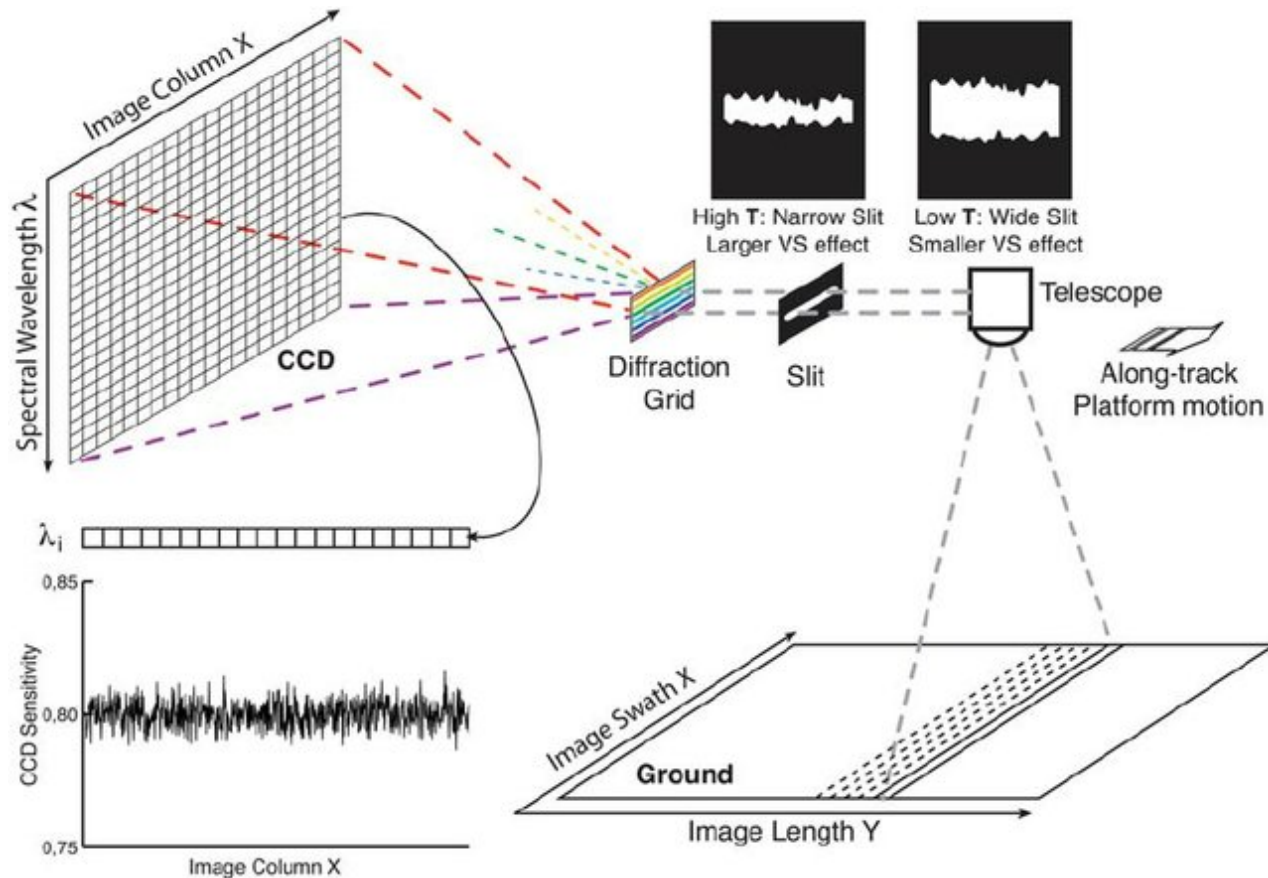
# Φωτογραφικό ραδιόμετρο



# Φωτογραφικό ραδιόμετρο



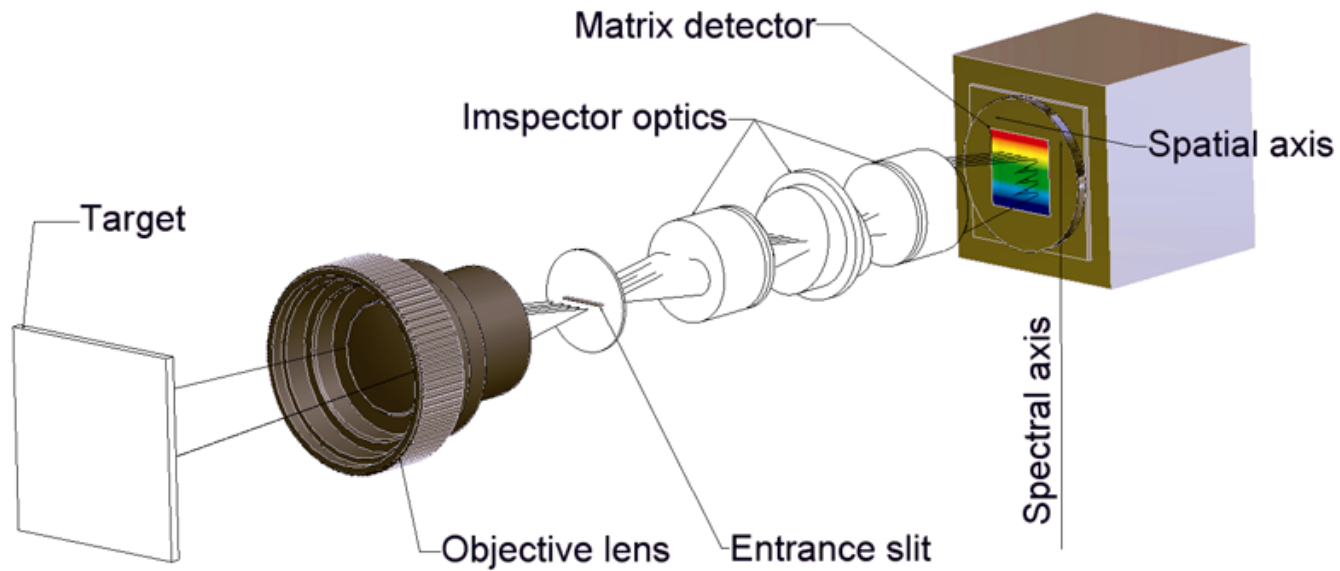
# Φωτογραφικό ραδιόμετρο



Στην ουσία η γραμμικά αποτυπωμένη πληροφορία αναλύεται στα διάφορα μήκη κύματος σχηματίζοντας τις διαστάσεις x και λ του κύβου.

Η διάσταση y σχηματίζεται από τις διαδοχικές σαρώσεις

# Φωτογραφικό ραδιόμετρο





# Φασματικές κάμερες



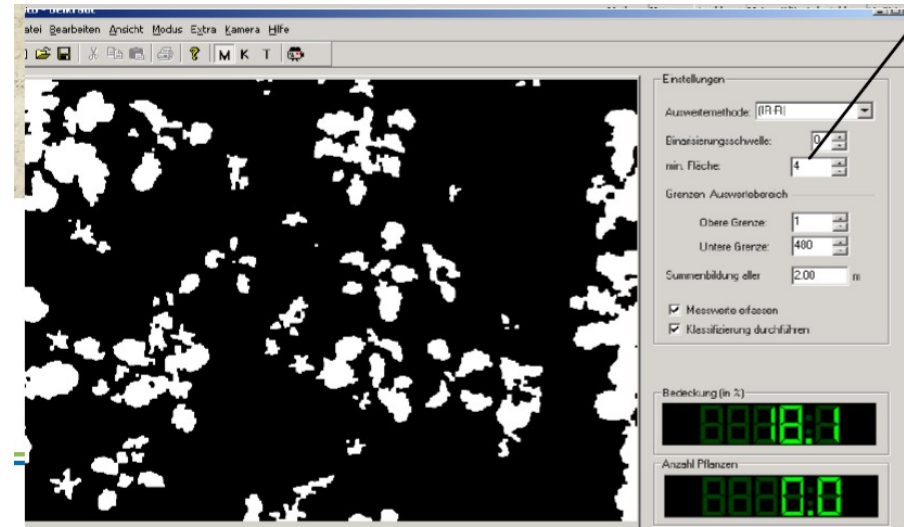
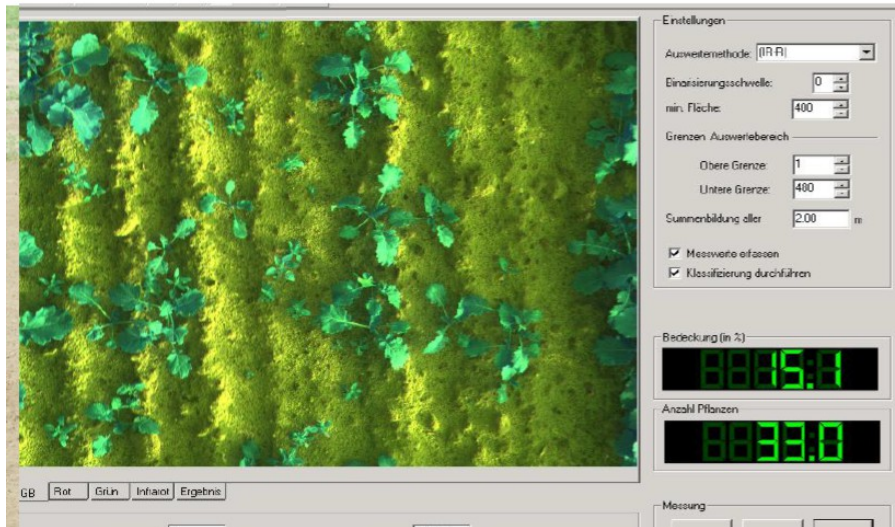
# Φασματικές κάμερες

Πρόκειται για κάμερες που έχουν τη δυνατότητα λήψης εικόνων σε διαφορετικά μήκη κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Μπορούν να διακριθούν σε **πολυφασματικές** ή **υπερφασματικές** ή **ultra-φασματικές** ανάλογα με την διακριτική ικανότητα των μηκών κύματος που διαθέτουν

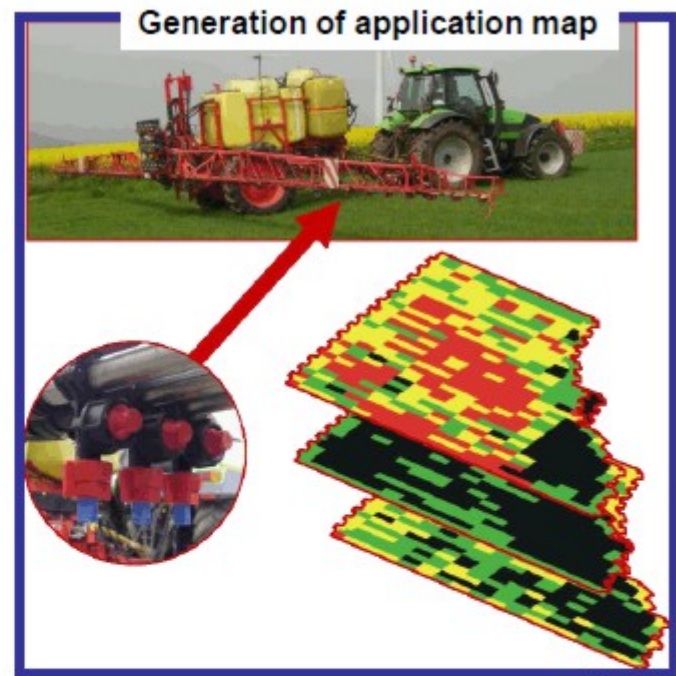
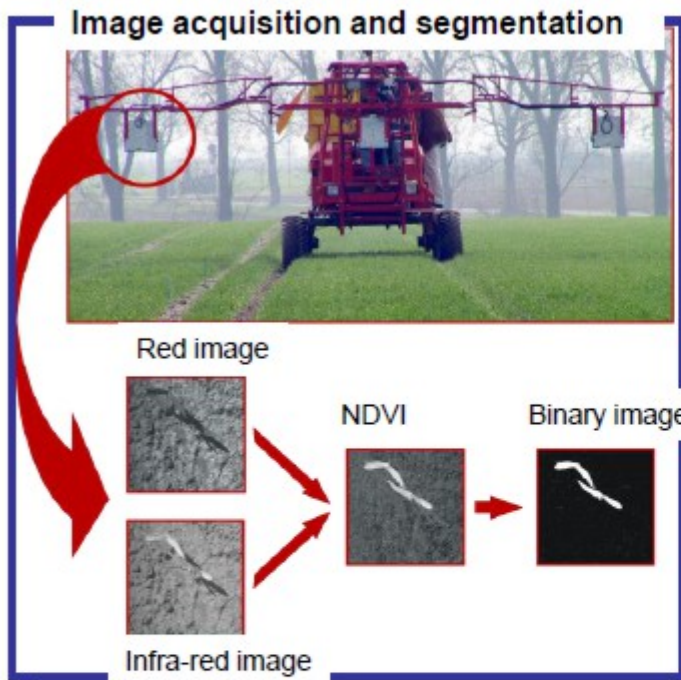
**Εφαρμογές**

# Φυτοπροστασία

## Αναγνώριση ζιζανίων



# Αναγνώριση φυτών από το σχήμα



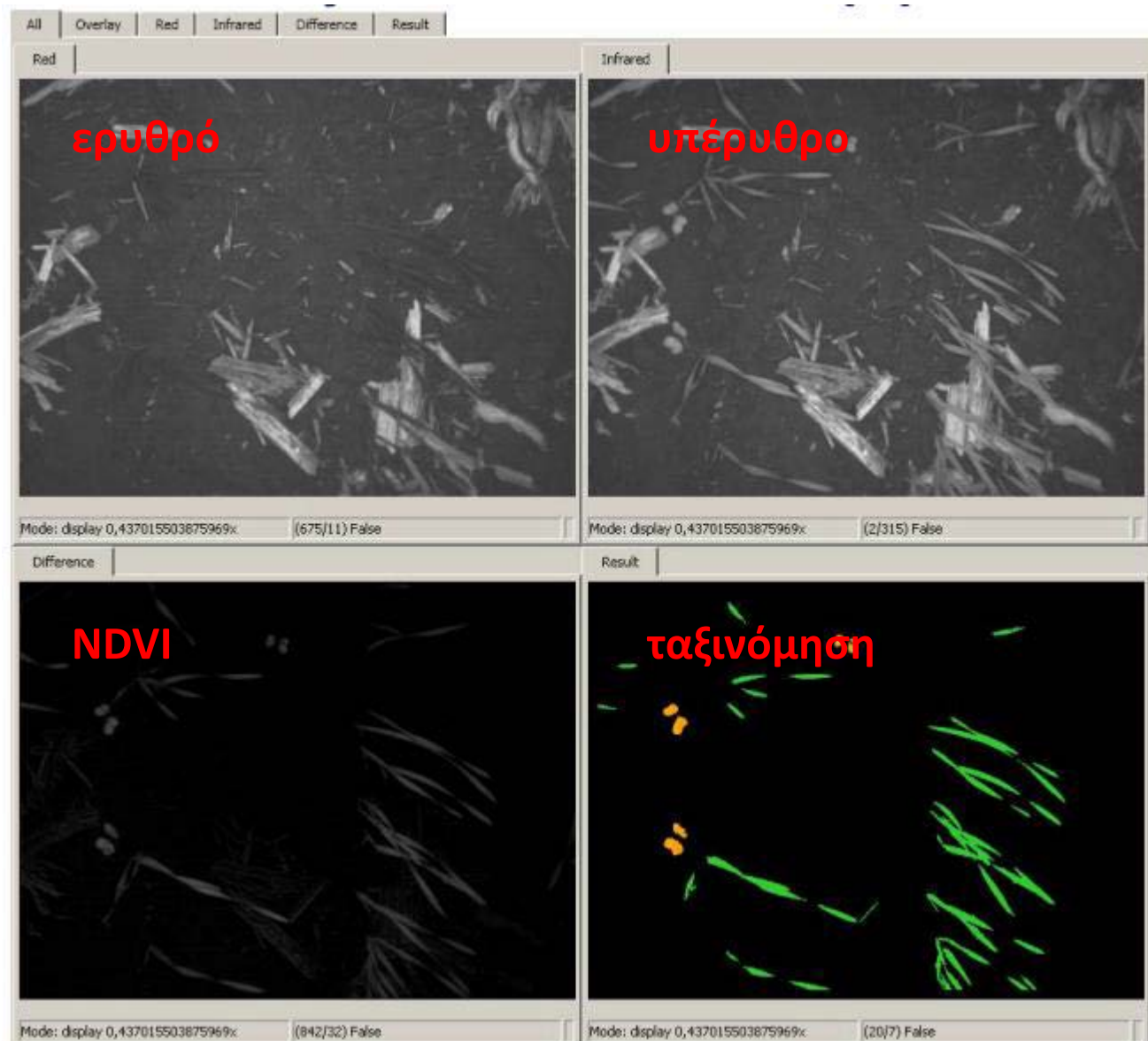
**Shape extraction and matching with data base (off-line)**



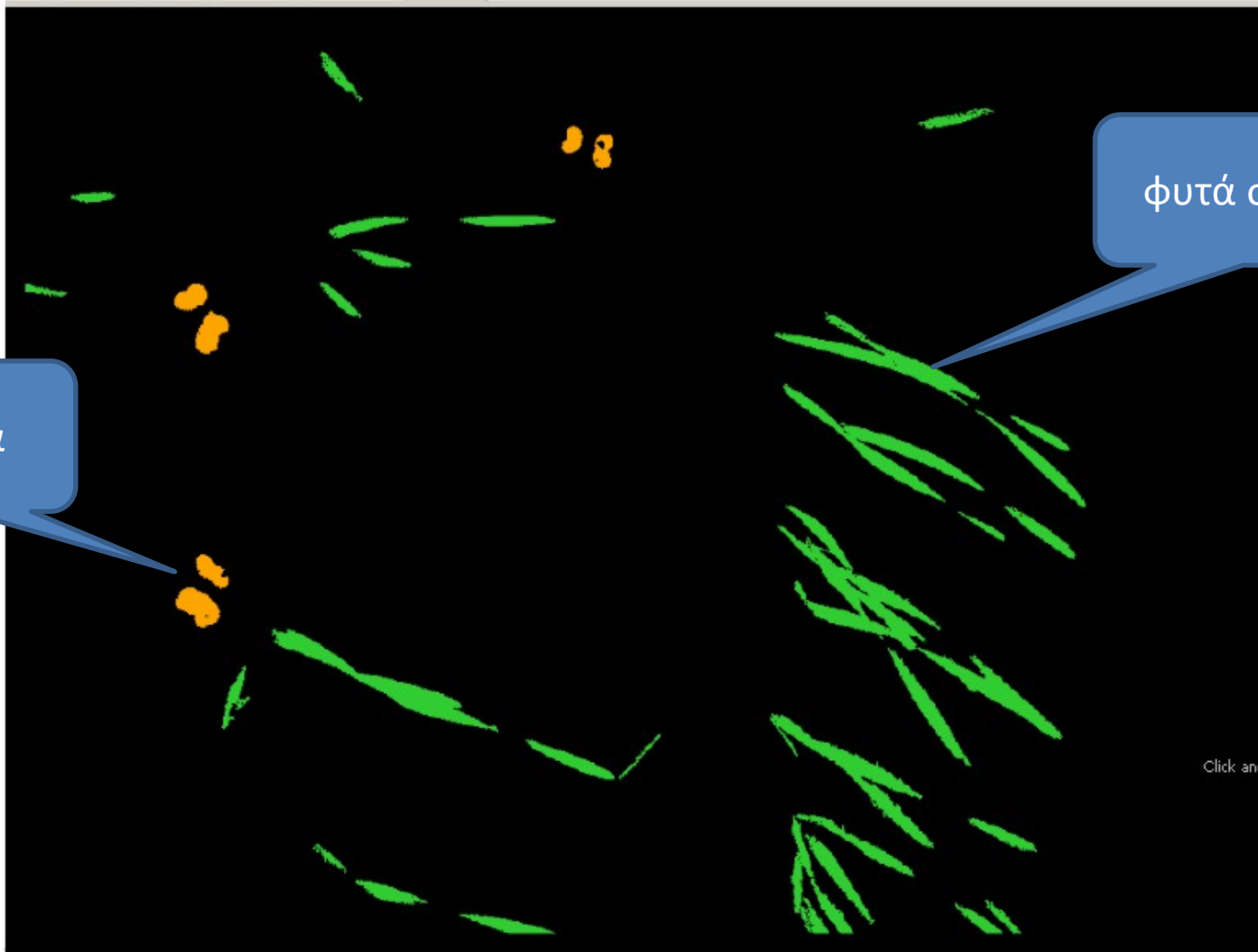


# Αναγνώριση φυτών από το σχήμα

**H-SENSOR**



# Αναγνώριση φυτών από το σχήμα



Ζιζάνια

φυτά σιταριού

Click and drag

# Καταμέτρηση φυτών



Σφάλμα καταμέτρησης





# Καταμέτρηση φυτών



Χρήση κατάλληλων φίλτρων και κατωφλίων (thresholds)

