



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS



# Προηγμένες Τεχνολογίες Αισθητήρων για τον Έλεγχο της Ποιότητας και την Ιχνηλασιμότητα Αγροτικών Προϊόντων

Εργαστήριο Κυτταρικής Τεχνολογίας  
Τμήμα Βιοτεχνολογίας  
Σχολή Εφαρμοσμένης Βιολογίας  
και Βιοτεχνολογίας  
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών



Ευρωπαϊκό Ταμείο  
Περιφερειακής Ανάπτυξης



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS



**Εκπαιδευτές:**  
**Γεωργία Μοσχοπούλου, Επικ. Καθηγήτρια**  
**Σοφία Μαυρίκου, Επικ. Καθηγήτρια**  
**Παλαιογεώργου Αναστασία Μαρίνα, Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια**



Ευρωπαϊκό Ταμείο  
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΠΤΑ & ΎΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑΝΕΚ



ΕΠΑΝΕΚ 2014-2020  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ΕΣΠΑ  
2014-2020  
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Σκοπός του προγράμματος και προσδοκόμενα αποτελέσματα



Το πρόγραμμα SmartBIC αφορά στη δημιουργία μιας σύγχρονης ερευνητικής υποδομής στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας στοχευμένη στις τεχνολογίες και συστήματα ευφυούς αγροτικής παραγωγής και κυκλικής βιοοικονομίας.

Έτσι, το Εργαστήριο Κυτταρικής Τεχνολογίας μπορεί να συμβάλλει προς αυτήν την κατεύθυνση με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικρών και εύχρηστων ΚΙΤ που επιτρέπουν την ανίχνευση τοξικών ουσιών και παθογόνων στις καλλιέργειες.



Η χρήση των ΚΙΤ αυτών είναι πολύ εύκολη καθώς πρόκειται για μικρές συσκευές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και από μη εξειδικευμένο προσωπικό στο χωράφι, δίνοντας άμεσα ποιοτικές και ποσοτικές μετρήσεις που αφορούν τα δείγματα.



# Περιεχόμενα

1. Βασικοί όροι μαθήματος
2. Οι αισθητήρες και τα χαρακτηριστικά τους
3. Αισθητήρες με βάση το χαρτί - Paper-based sensors
4. Κυτταρικοί βιοαισθητήρες
5. Εφαρμογές αισθητήρων
6. Ο ερευνητικός στόχος του προγράμματος-Ιχνηλασιμότητα
7. Οι προοπτικές του προγράμματος





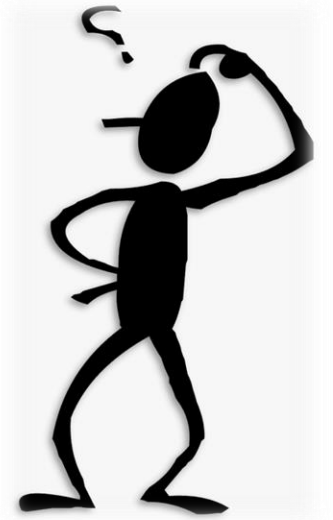
## Λέξεις – κλειδιά

- ✓ Ιχνηλασιμότητα/Traceability
- ✓ Υπολειμματικότητα/Residuality
- ✓ Βαρέα μέταλλα/Heavy metals
- ✓ Αισθητήρας/Sensor
- ✓ Βιοαισθητήρας/biosensor
- ✓ Αισθητήρας με βάση το χαρτί/Paper-based sensor
- ✓ Δοκιμή στρωτής ροής/Lateral flow assay



# 1. Βασικοί όροι μαθήματος

- Νανοβιοτεχνολογία
- Αισθητήρας
- Βιοαισθητήρας
- Αισθητήρας με βάση το χαρτί
- Δοκιμή στρωτής ροής





## 2. Οι αισθητήρες και τα χαρακτηριστικά τους

Βιοτεχνολογία-

Νανοβιοτεχνολογία



ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ-ΔΙΑΓΝΩΣΗ





Η **Νανοβιοτεχνολογία** η ικανότητα να δρούμε στο μοριακό επίπεδο, άτομο προς άτομο, συνδυάζοντας βιολογικά υλικά και τους κανόνες της φυσικής, χημείας και της γενετικής για να δημιουργήσουμε μικροσκοπικές συνθετικές δομές. Ουσιαστικά αποτελεί τη διασταύρωση της νανοτεχνολογίας και της βιολογίας προς παραγωγή τεχνογνωσίας που μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα πεδία. Το τελικό αποτέλεσμα της Νανοβιοτεχνολογίας είναι η δημιουργία εξαιρετικά λειτουργικών συστημάτων βιοαισθητήρων, ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, νανο-επεξεργαστών κ.α.



Με αυτόν τον όρο **αισθητήρας** εννοούμε κάθε στοιχείο αναγνώρισης το οποίο μπορεί να μετατρέψει μία μορφή ενέργειας (του στόχου που θέλουμε να ανιχνεύσουμε) σε μία άλλη (το μετρήσιμο σήμα). Κάθε αισθητήρας μπορεί να συνδεθεί με ένα σύστημα μέτρησης ηλεκτρικών ή οπτικών σημάτων.

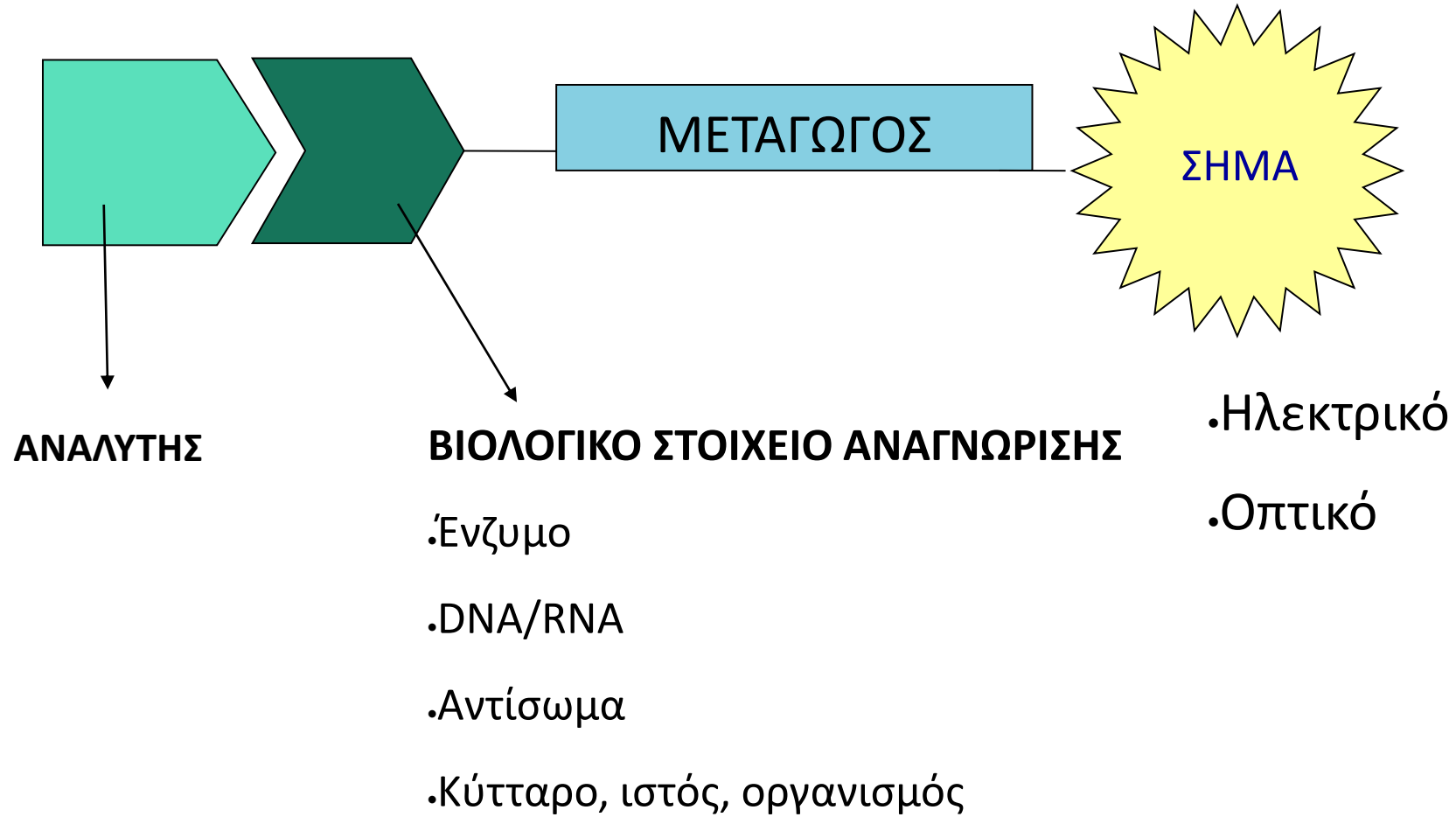
Υπάρχουν πολλών ειδών αισθητήρες, ανάλογα με τον στόχο που ανιχνεύεται αλλά και με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την απόδοση του σήματος.



Με τον όρο **βιοαισθητήρα** εννοούμε κάθε συσκευή ή σύστημα που ανταποκρίνεται σε μία φυσική ή χημική ποσότητα, παράγοντας ένα σήμα εξόδου το οποίο αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας αυτής. Ένας βιοαισθητήρας περιλαμβάνει δύο διακριτά στοιχεία: ένα στοιχείο βιολογικής αναγνώρισης (π.χ. αντισώματα, ένζυμα ή πλήρη κύτταρα) και ένα στοιχείο μεταγωγής σήματος (π.χ. ηλεκτρικό κύκλωμα ή σύστημα μετάδοσης φωτός) συνδεδεμένο με κατάλληλο σύστημα παραλαβής, επεξεργασίας και παρουσίασης δεδομένων στον τελικό χρήστη.



Όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα, οι βιοαισθητήρες αποτελούνται από ένα στοιχείο βιοαναγνώρισης που παρέχει εκλεκτικότητα και ευαισθησία στην ανίχνευση του τελικού μορίου-στόχου, γνωστού ως αναλύτη και σε ένα σύστημα μεταγωγής που μετατρέπει τις αντιδράσεις αναλύτη-στοιχείου βιοαναγνώρισης σε ένα επεξεργάσιμο σήμα. Συχνά, τα στοιχεία βιοαναγνώρισης είναι ακινητοποιημένα στην επιφάνεια του αισθητήρα με τη χρήση φυσικών ή χημικών τεχνικών.



**Εικόνα 1.** Σύνοψη της βασικής δομής και λειτουργίας ενός βιοαισθητήρα



Οι βιοαισθητήρες ταξινομούνται σε τρία είδη ανάλογα με το στοιχείο βιοαναγνώρισης: τους *ενζυμικούς*, τους *ανοσολογικούς* και τους *κυτταρικούς*.





Επίσης, οι βιοαισθητήρες ταξινομούνται σε τρία είδη ανάλογα με τη μέθοδο μεταγωγής σήματος: τους ηλεκτροχημικούς, τους οπτικούς και τους πιεζοηλεκτρικούς (μέτρησης μάζας).





Σε γενικές γραμμές οι αισθητήρες διακρίνονται σε:

- ✓ Φυσικούς → μέτρηση απόστασης, μάζας, θερμοκρασίας πίεσης
- ✓ Χημικούς → ανίχνευση χημικών ουσιών
- ✓ Βιοαισθητήρες → ανίχνευση χημικών ουσιών ή βιομορίων με χρήση κάποιου στοιχείου βιολογικής αναγνώρισης

Ανάλογα με την αρχή της μεθόδου στην οποία βασίζονται για την ανίχνευση μίας ουσίας ή ενός παθογόνου συναντάμε βιοηλεκτρικούς αισθητήρες, ανοσοηλεκτροχημικούς αισθητήρες, δοκιμές ανοσολωρίδας, κυτταρικούς ή βιοηλεκτρικούς αισθητήρες κλπ.





# Πλεονεκτήματα βιοαισθητήρων



- ✓ Ο βιοαισθητήρας μπορεί να αναλύσει ένα δείγμα στο φυσικό του περιβάλλον
- ✓ Οι βιοαισθητήρες λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες
- ✓ Οι βιοαισθητήρες επιτρέπουν μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο
- ✓ Οι βιοαισθητήρες αποτελούν φορητά συστήματα ανάλυσης
- ✓ Οι βιοαισθητήρες απαιτούν μικρούς όγκους δείγματος και ελάχιστες έως μηδαμινές ποσότητες αντιδραστηρίων
- ✓ Οι βιοαισθητήρες είναι οικονομικοί στη χρήση



# Μειονεκτήματα βιοαισθητήρων



- ✓ Αδυναμία παροχής ενός πλήρους φάσματος των συστατικών του δείγματος
- ✓ Περιορισμένη εκλεκτικότητα
- ✓ Περιορισμένη αποθηκευσιμότητα



Παρακάτω θα αναλυθεί ο τρόπος λειτουργίας των δύο αισθητήρων που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν στο Εργαστήριο Κυτταρικής Τεχνολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ένα απλό κιτ βασισμένο στο χαρτί για την ποιοτική ανίχνευση του εξασθενούς χρωμίου σε δείγματα εδάφους και νερού αλλά και ένας κυτταρικός βιοαισθητήρας για την ανίχνευση του μυκητοκτόνου boscalid.



### 3. Αισθητήρες με βάση το χαρτί - Paper-based sensors



Οι αισθητήρες με βάση το χαρτί παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως:

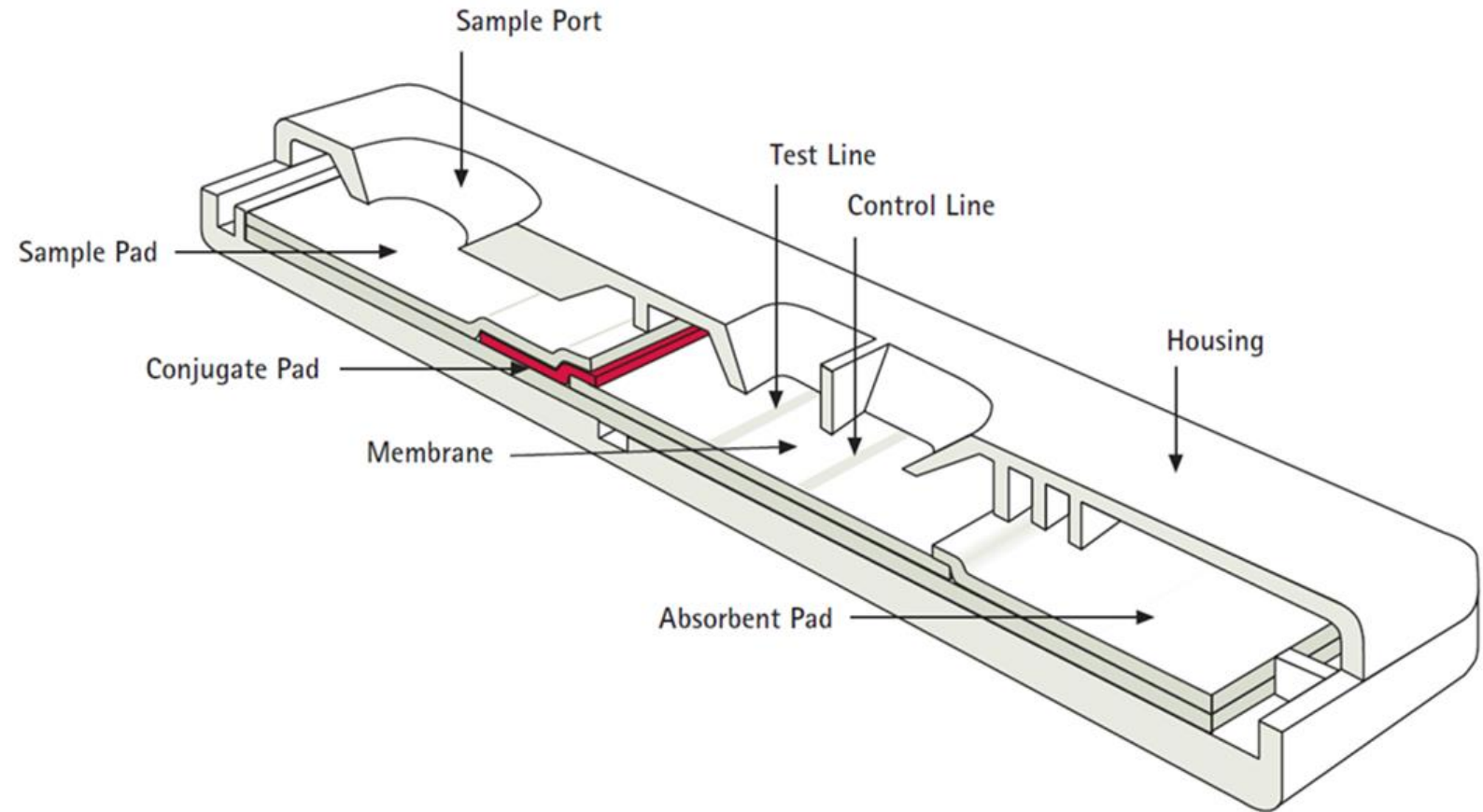
- ✓ Άμεσος εντοπισμός του στόχου-δε χρειάζεται μεταφορά στο εργαστήριο
- ✓ Φτηνό στην παραγωγή
- ✓ Ικανοποιητική αποθηκευσιμότητα
- ✓ Δε χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό για τη χρήση τους και την ερμηνεία του αποτελέσματος



Σε γενικές γραμμές ένας αισθητήρας τέτοιου τύπου κατασκευάζεται από απλά υλικά:

- ✓ Κυτταρίνη
- ✓ Νιτροκυτταρίνη
- ✓ Ίνες γυαλιού

Πάνω στις μεμβράνες ενσωματώνονται τα βιομόρια ή οι χημικές ουσίες που θα αναγνωρίσουν την αλληλουχία-στόχο.



**Εικόνα 2.** Τυπική διάταξη ενός αισθητήρα τύπου lateral flow assay. Πηγή: [www.merckmillipore.com](http://www.merckmillipore.com)



Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο αισθητήρας βασίζεται στο *τριχοειδές φαινόμενο* κατά τη διάρκεια του οποίου το δείγμα (υγρή μορφή), ρέει από την περιοχή εφαρμογής προς τα επόμενα στρώματα της συσκευής. Είναι προφανές ότι η εξέλιξη του τριχοειδούς φαινομένου σχετίζεται με το πορώδες των μεμβρανών (μέγεθος και διασπορά πόρων), αλλά και το πάχος τους.



## 4. Κυτταρικοί Βιοαισθητήρες

Ένας κυτταρικός βιοαισθητήρας χρησιμοποιεί τις φυσιολογικές αποκρίσεις ζωντανών κυττάρων (όπως κατανάλωση οξυγόνου, επιφανειακό χημικό ή ηλεκτρικό δυναμικό, κινητικότητα ή μεταβολικό έργο) ως το αισθητήριο τμήμα. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν ζωϊκά ή φυτικά κύτταρα αλλά και μικροοργανισμοί, κυρίως βακτήρια και ζύμες.





## **Πλεονεκτήματα**

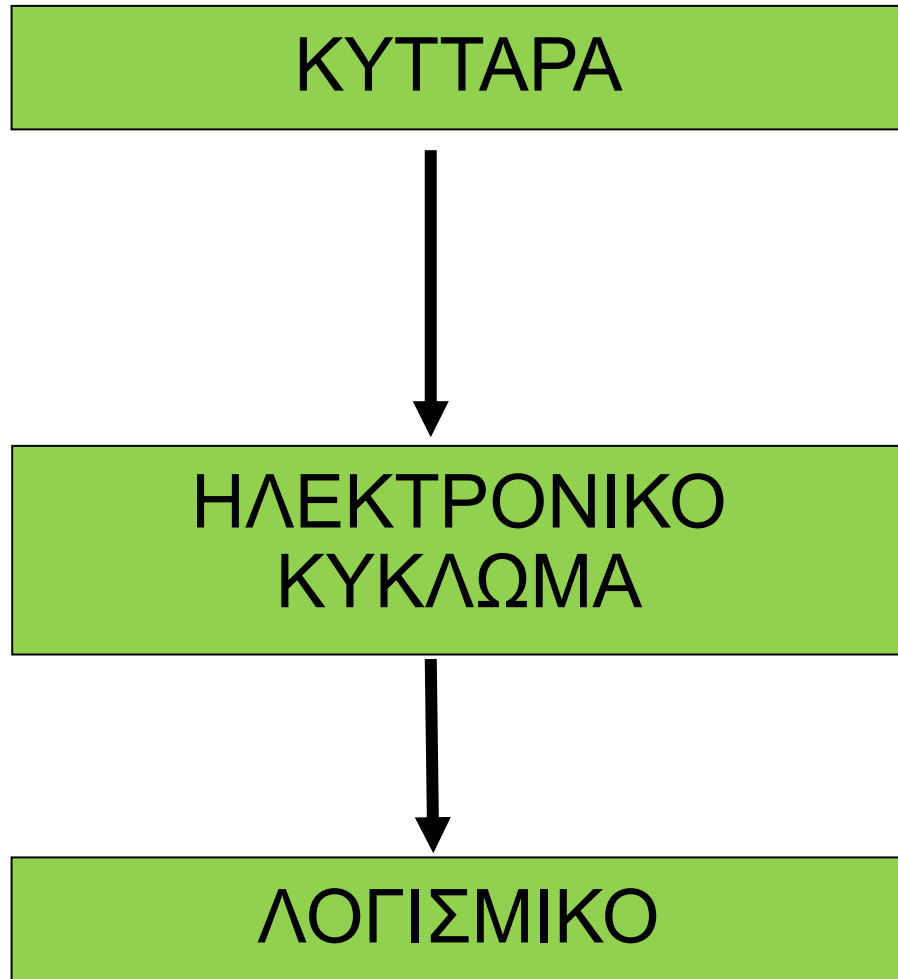
- ✓ Αυξημένη σταθερότητα μηχανισμού απόκρισης
- ✓ Μεγάλη βιοκαταλυτική δραστηριότητα
- ✓ Άμεση δυνατότητα παροχής πληροφορίας
- ✓ Εξαιρετικά υψηλή ευαισθησία

## **Μειονεκτήματα**

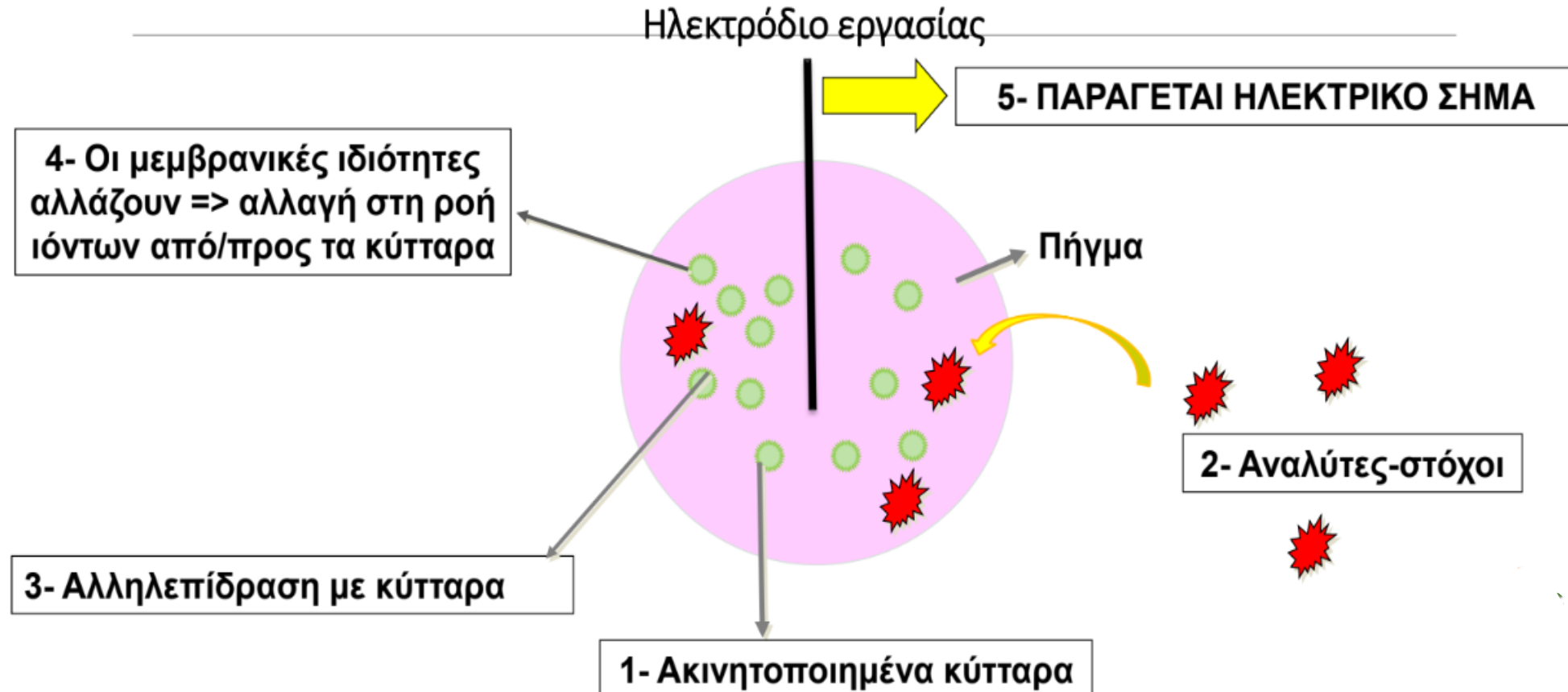
- ✓ Η περιορισμένη διάρκεια ζωής των κυττάρων
- ✓ Η περιορισμένη εκλεκτικότητα
- ✓ Η αργή απόκριση (φυτικά και βακτηριακά κύτταρα λόγω κυτταρικού τοιχώματος)



**Η Μέθοδος Βιοηλεκτρικής Αναγνώρισης (*Bioelectric Recognition Assay-BERA*).** Είναι μία μέθοδος ανίχνευσης ιών και άλλων βιοενεργών ουσιών, η οποία βασίζεται στη μέτρηση μεταβολών των ηλεκτρικών ιδιοτήτων ομάδας κυττάρων που είναι κατάλληλα ακινητοποιημένα εντός πηγματος, ώστε να διατηρούνται οι φυσιολογικές κυτταρικές λειτουργίες κατά την αλληλεπίδρασή με τους υπό ανίχνευση αναλύτες-στόχους.



Οι μεταβολές του δυναμικού και της έντασης του ρεύματος που παράγουν τα κύτταρα πάνω στο ηλεκτρόδιο μέτρησης, οφειλόμενες σε εξωκυτταρικές περιβαλλοντικές μεταβολές μετατρέπονται από τους μεταγωγείς σε ηλεκτρικά σήματα. Τέλος, μέσω ενός λογισμικού καταγράφονται οι μεταβολές του δυναμικού των κυττάρων.



**Εικόνα 3.** Αρχή λειτουργίας μεθόδου Βιοηλεκτρικής Αναγνώρισης



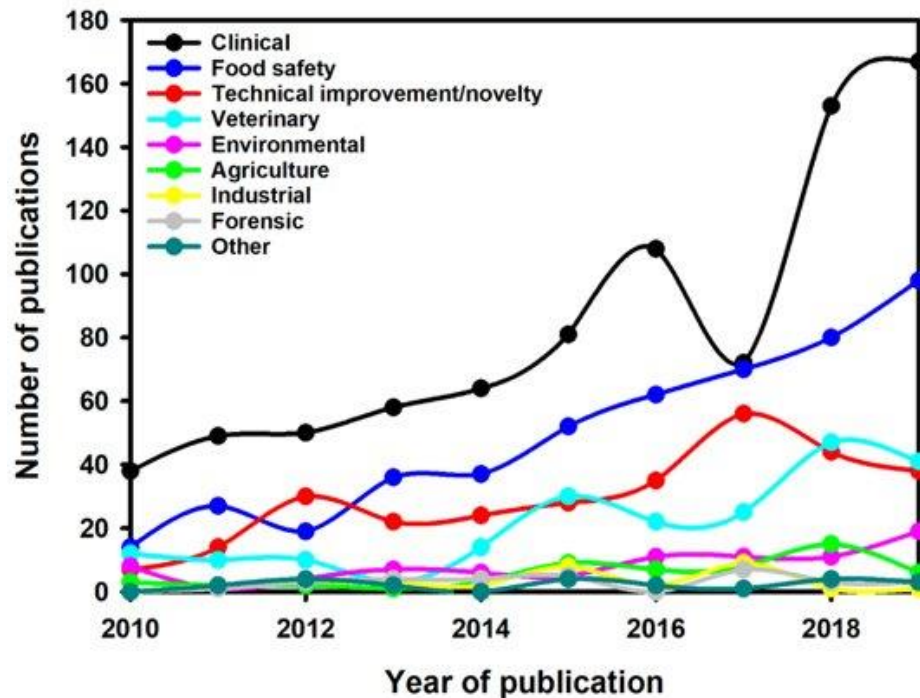
Βασικό μειονέκτημα των κυτταρικών αισθητήρων αποτελεί η **εκλεκτικότητα** που παρουσιάζουν. Αυτή εξασφαλίζεται μέσω της τροποποίησης των κυτταρικών μεμβρανών με εκλεκτικά μόρια (πχ. αντισώματα) έτσι ώστε τα κύτταρα να αποκρίνονται εκλεκτικά στα μόρια-στόχο (αναλύτες) μετά την αλληλεπίδρασή τους. Η πιο πρόσφατη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τον σκοπό αυτό είναι η **Μέθοδος της Μοριακής Αναγνώρισης μέσω Μεμβρανικής Μηχανικής (molecular recognition through membrane-engineering)** όπου εισάγονται δεκάδες χιλιάδες υποδοχείς στην κυτταρική μεμβράνη.



## 5. Εφαρμογές αισθητήρων



Τα διάφορα είδη αισθητήρων βρίσκουν ποικίλες εφαρμογές στους τομείς της Ιατρικής, της Γεωργίας, της Κτηνοτροφίας και της Βιομηχανίας Τροφίμων.



**Γράφημα 1.** Αριθμός δημοσιεύσεων και αντίστοιχων ερευνών την τελευταία δεκαετία. Πηγή: Di Nardo et al., 2021



Γεωργία: ανίχνευση μολυσματικών παθογόνων για τις καλλιέργειες τόσο από φυτικά δείγματα όσο και από δείγματα νερού και εδάφους, ανίχνευση υπολειμμάτων ορμονών, αντιβιοτικών κ.λ.π. στις καλλιέργειες.

Βιομηχανία Τροφίμων: παρακολούθηση της τήρησης των υγειονομικών πρωτοκόλλων σε όλα τα στάδια παραγωγής, παρακολούθηση της υγιεινής κατάστασης των πρώτων υλών και των τελικών προϊόντων, ενσωμάτωσή τους στα συστήματα ελέγχου.



Κτηνοτροφία: ανίχνευση μολυσματικών παθογόνων για τα ζώα, ανίχνευση υπολειμμάτων ορμονών, αντιβιοτικών κ.λ.π.

Βιομηχανία Τροφίμων: παρακολούθηση της τήρησης των υγειονομικών πρωτοκόλλων σε όλα τα στάδια παραγωγής, παρακολούθηση της υγιεινής κατάστασης των πρώτων υλών και των τελικών προϊόντων, ενσωμάτωσή τους στα συστήματα ελέγχου.





## 5. Ο ερευνητικός στόχος του προγράμματος-Ιχνηλασιμότητα

1. Ανάπτυξη απλού στη χρήση αισθητήρα με βάση το χαρτί (paper-based sensor) για τον επί τόπου εντοπισμό του εξασθενούς χρωμίου σε δείγματα νερού ή εδάφους.
2. Ανάπτυξη κυτταρικού βιοαισθητήρα με βάση τη μέθοδο μοριακής αναγνώρισης μέσω μοριακής μηχανικής και τη μέθοδο βιοηλεκτρικής αναγνώρισης για τον εντοπισμό του μυκητοκτόνου boscalid.





# Γιατί το εξασθενές χρώμιο;

- ✓ Ανήκει στα βαρέα μέταλλα
- ✓ Έχει αναγνωριστεί ως εξαιρετικά καρκινογόνος ουσία για τον άνθρωπο από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας
- ✓ Προκαλεί καρκίνο που σχετίζεται συνήθως με το πεπτικό και ουροποιητικό σύστημα
- ✓ Η πρόσληψή του από τον άνθρωπο γίνεται κυρίως μέσω του νερού ή της αναπνευστικής οδού
- ✓ Προκαλεί σοβαρά προβλήματα στο στομάχι, τα νεφρά, τους πνεύμονες, το συκώτι και το δέρμα



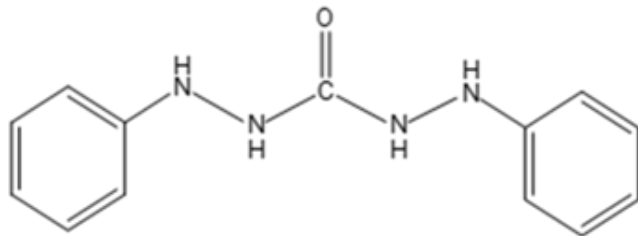
Ο οικονομικός αντίκτυπος είναι εξίσου σημαντικός καθώς:

- ✓ Μειώνεται η εμπορική αξία των αγροτεμαχίων
- ✓ Αποτρέπεται η αγροτουριστική ανάπτυξη και οι επενδύσεις
- ✓ Αποτρέπεται η ενασχόληση νέων αγροτών στην περιοχή



## Αρχή της μεθόδου:

Βασίζεται στην αντίδραση συμπλοκοποίησης του μεταλλοϊόντος με τον υποκαταστάτη DPC (1,5- diphenylcarbazine) που παρουσιάζει υψηλή εκλεκτικότητα και ευαισθησία για το συγκεκριμένο μεταλλοϊόν και έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μωβ-ροζ χρώματος (Alahmad et al., 2021).



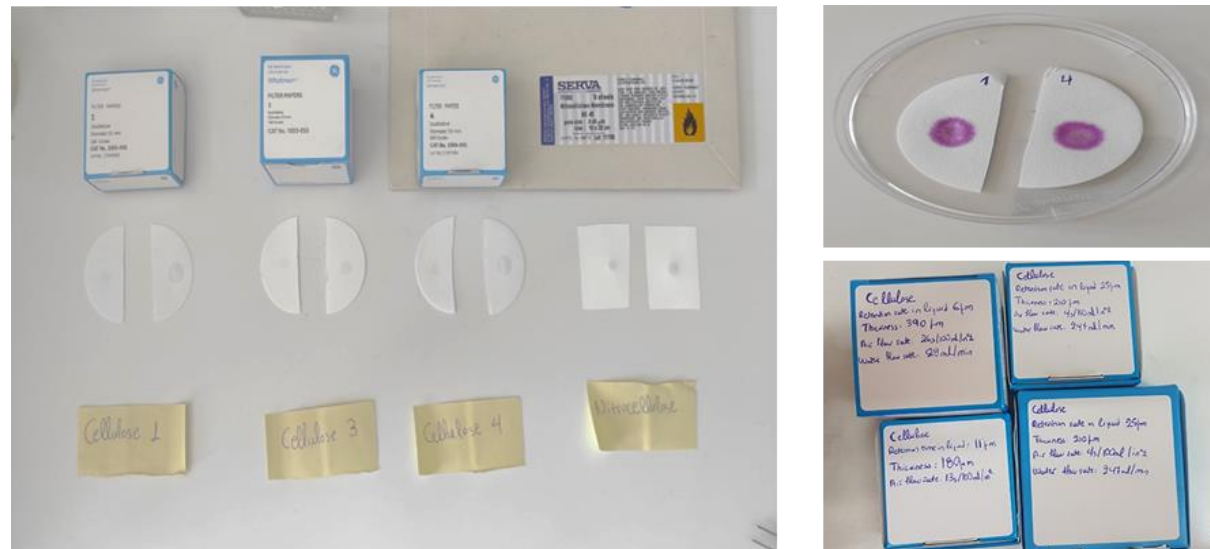
**Εικόνα 4.** Δομή αντιδραστηρίου DPC



**Εικόνα 5.** Διαβάθμιση χρώματος διαλύματος ανάλογα με τη συγκέντρωση χρωμίου



Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε μεμβράνες κυτταρίνης διαφορετικών προδιαγραφών με DPC και πυκνό διάλυμα χρωμίου ( $K_2CrO_4$ ).



**Εικόνα 6.** Δοκιμές σε μεμβράνες διαφορετικών προδιαγραφών



Είναι δυνατή η προσαρμογή των διαστάσεων του φορητού συστήματος ανίχνευσης χρωμίου με χρήση της συσκευής μικρορευστομηχανικής μαζί με το πρόγραμμα εκτύπωσης Cricut.

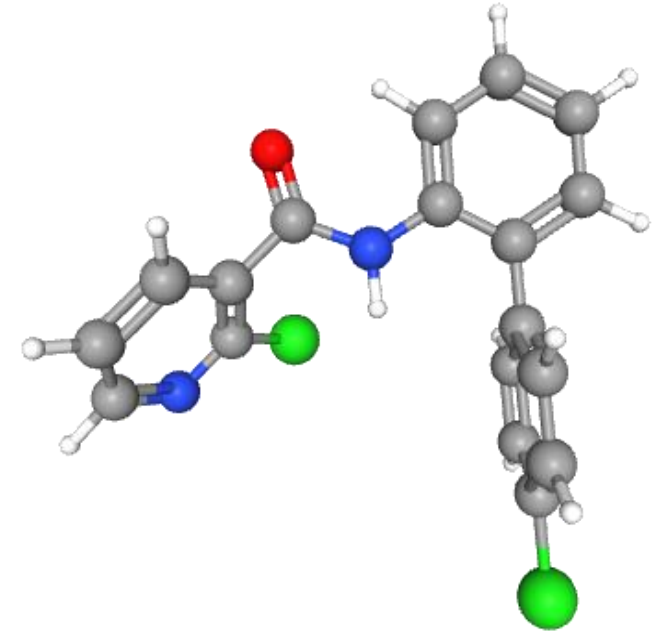


**Εικόνα 7.** Τα βασικά μηχανήματα και εφαρμογές στον Η/Υ



# Γιατί το μυκητοκτόνο Boscalid;

Το Boscalid είναι ένα στερεό μυκητοκτόνο, που χρησιμοποιείται για την προστασία των φυτών και των σπόρων. Μελέτες αναφέρουν την κυτταροτοξικότητα της ουσίας αυτής σε *in vitro* πειράματα σε ανθρώπινα λεμφοκύτταρα περιφερικού αίματος.



**Εικόνα 8.** Τρισδιάστατη απεικόνιση της διαμόρφωσης της ουσίας βοσκαλίδη



# Σχεδιασμός ανάπτυξης κυτταρικού βιοαισθητήρα

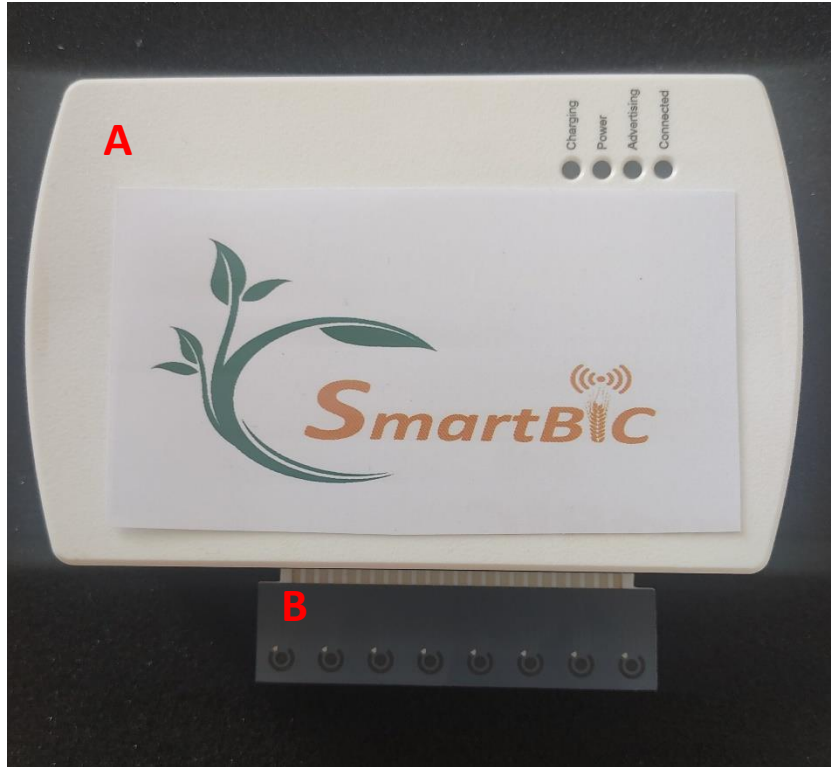


- ✓ Τροποποίηση κυττάρων με αντίσωμα έναντι του boscalid
- ✓ Δοκιμή απόκρισης βιοαισθητήρα με πρότυπα διαλύματα boscalid
- ✓ Έλεγχο εκλεκτικότητας έναντι άλλης ουσίας
- ✓ Δοκιμή απόκρισης βιοαισθητήρα σε δείγματα μαρουλιού





# Συσκευή φορητού βιοαισθητήρα



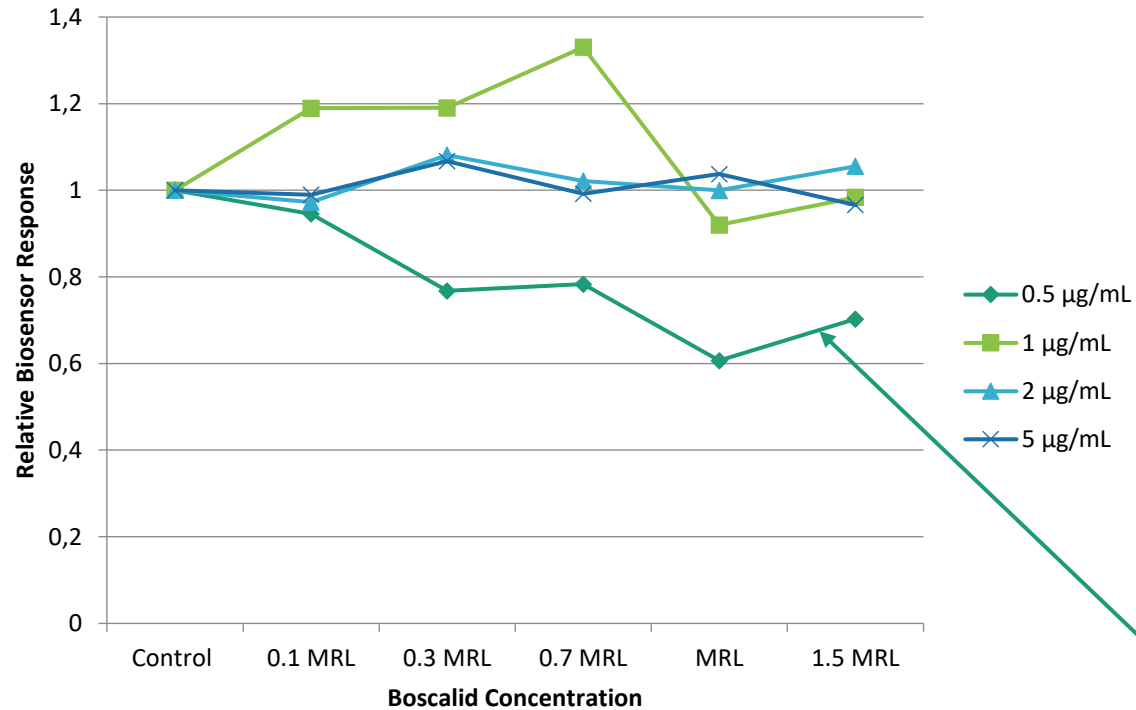
A. Συσκευή καταγραφής του μεμβρανικού δυναμικού των κυττάρων

B. Εκτυπωμένα ηλεκτρόδια για την παράλληλη μέτρηση 8 δειγμάτων (αναλώσιμο μέρος)

**Εικόνα 9.** Ολοκληρωμένο σύστημα κυτταρικού βιοαισθητήρα για ανίχνευση υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων



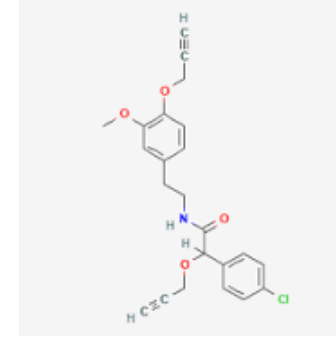
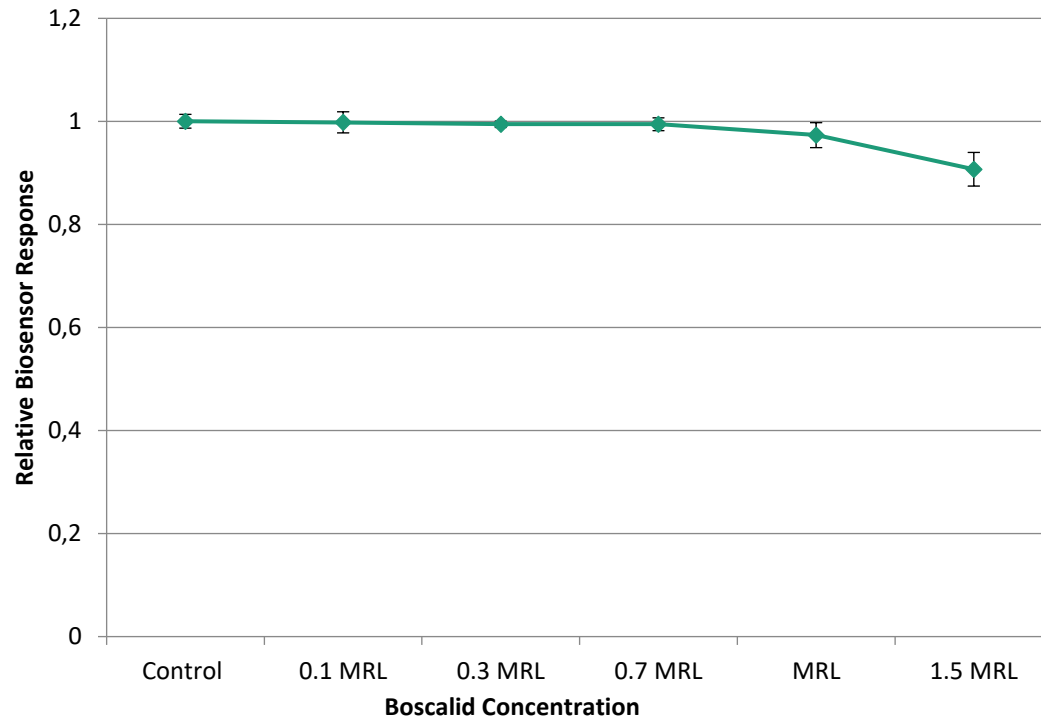
# Δοκιμή απόκρισης βιοαισθητήρα με πρότυπα διαλύματα boscalid



Μετά από δοκιμές με χρήση δύο κυτταρικών σειρών και διαφορετικών συγκεντρώσεων αντισώματος, επιλέχθηκε η κυτταρική σειρά Vero με συγκέντρωση 0,5 µg/ mL



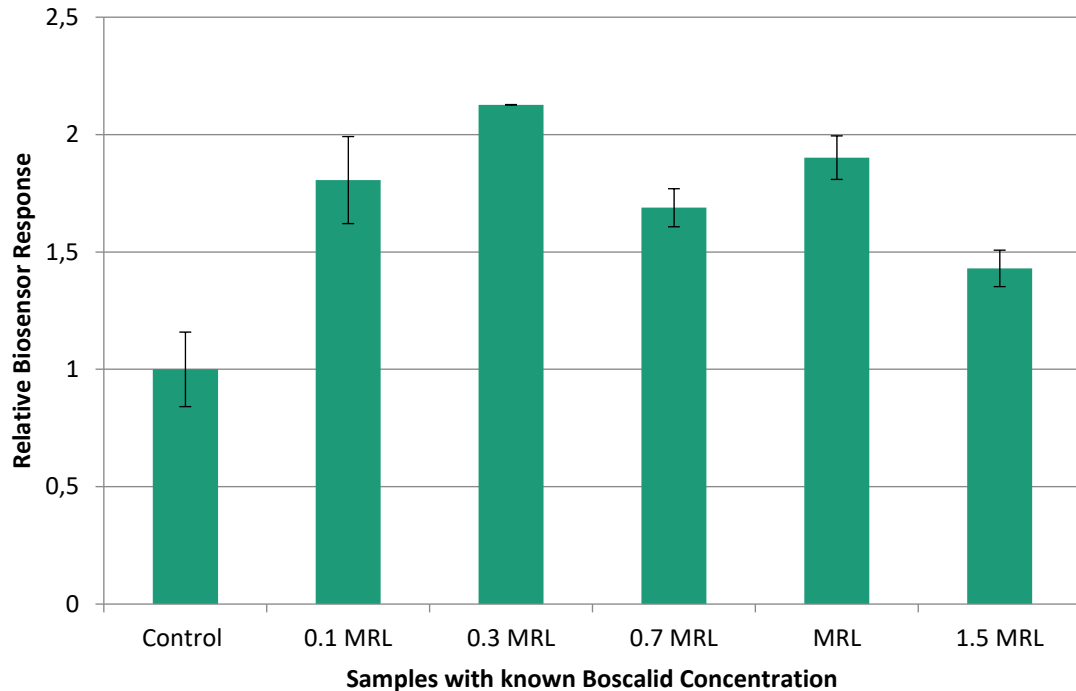
# Έλεγχο εκλεκτικότητας έναντι άλλης ουσίας



- *Mandipropamid*: Μυκητοκτόνο με προληπτική δράση για την καταπολέμηση του περονοσπόρου στις καλλιέργειες αμπελιού, τομάτας, πεπονιού, μαρουλιού και πατάτας. Η δραστική ουσία mandipropamid παρεμποδίζει την βλάστηση των σπορίων, την ανάπτυξη του μυκηλίου και τη σποριογένεση εμφανίζοντας προληπτική και θεραπευτική δράση.



# Δοκιμή απόκρισης βιοαισθητήρα σε δείγματα μαρουλιού



✓ Απόκριση βιοαισθητήρα εκχυλισμένα μαρουλιών, τα οποία είχαν ψεκάσει με γνωστή συγκέντρωση boscalid σε κυτταρικού δείγματα



## 6. Οι προοπτικές του προγράμματος

- ✓ Υπολειμματικότητα φυτοφαρμάκων
- ✓ Υπολειμματικότητα μυκοτοξινών (κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις)
- ✓ Περιβαλλοντικοί ρύποι (νιτρικά, βαρέα μέταλλα, οργανικές ουσίες)
- ✓ Ενσωμάτωση στα συστήματα πιστοποίησης ασφάλειας τροφίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους παραγωγούς, τις συνεταιριστικές οργανώσεις και τους μεταποιητές.



# Βιβλιογραφία

1. Di Nardo, F., Chiarello, M., Cavalera, S., Baggiani, C., & Anfossi, L. (2021). Ten years of lateral flow immunoassay technique applications: Trends, challenges and future perspectives. *Sensors*, 21(15), 5185.
2. Alahmad, W., Sahragard, A., & Varanusupakul, P. (2021). An overview of the recent developments of microfluidic paper-based analytical devices for the detection of chromium species. *Microchemical Journal*, 170, 106699.
3. [www.merckmillipore.com](http://www.merckmillipore.com)



# Προτεινόμενη Βιβλιογραφία



Κίντζιος Σπυρίδων (2017) Νανοβιοτεχνολογία και βιοαισθητήρες,

ISBN: 9789608002883

## Προτεινόμενα επιστημονικά περιοδικά

1. Chemosensors
2. Sensors
3. Biosensors
4. Biosensors and Bioelectronics



Biosensors and Bioelectronics  
Volume 24, Issue 4, 1 December 2008, Pages 1027-1030



Short communication

## Engineering of the membrane of fibroblast cells with virus-specific antibodies: A novel biosensor tool for virus detection

Georgia Moschopoulou <sup>a, f</sup>, Katerina Vitsa <sup>a</sup>, Frederic Bem <sup>b</sup>, Nikos Vassilakos <sup>b</sup>, Antonis Perdikaris <sup>a</sup>, Petros Blouhos <sup>a</sup>, Costas Yialouris <sup>c</sup>, Dimitris Frosyniotis <sup>c</sup>, Ioannis Anthopoulos <sup>c</sup>, Olga Mangana <sup>d</sup>, Kiki Nomikou <sup>d</sup>, Velichka Rodeva <sup>e</sup>, Dimitrina Kostova <sup>e</sup>, Stanislava Grozeva <sup>e</sup>, Alexandros Michaelides <sup>f</sup>, Alex Simonian <sup>e</sup>, Spiridon Kintzios <sup>a, f, g</sup>

Open Access Article

## Assessment of Organophosphate and Carbamate Pesticide Residues in Cigarette Tobacco with a Novel Cell Biosensor

by [Sophie Mavrikou](#) <sup>1,2</sup>, [Kelly Flampouri](#) <sup>1,2</sup>, [Georgia Moschopoulou](#) <sup>1,2</sup>, [Olga Mangana](#) <sup>3</sup>, [Alexandros Michaelides](#) <sup>2</sup> and [Spiridon Kintzios](#) <sup>1,2, g</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Plant Physiology, Faculty of Agricultural Biotechnology, Agricultural University of Athens, Greece

<sup>2</sup> EMBIO Diagnostics Project, Nicosia, Cyprus

<sup>3</sup> Ministry of Agriculture, Centre of Athens Veterinary Institutions, Institute of Infectious and Parasitic Diseases, Virus Laboratory, Athens, Greece

<sup>g</sup> Author to whom correspondence should be addressed.

Sensors 2008, 8(4), 2818-2832; <https://doi.org/10.3390/s8042818>

## Biosensors for field-based detection of plant pathogens and pesticide residue analysis: the state-of-the-art technology as a key tool in Integrated Plant Disease Management

S Kintzios, G Moschopoulou, A Perdikaris, P Blouchos, S Mavrikou, Ev Flampouri, C Yialouris, D Frosyniotis, I Anthopoulos  
*Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece*  
Email: [skin@aua.gr](mailto:skin@aua.gr)



Procedia Engineering  
Volume 47, 2012, Pages 989-992



## The Use of Artificial Neural Networks as a Component of a Cell-based Biosensor Device for the Detection of Pesticides ☆

K.P. Ferentinos <sup>a</sup>, C.P. Yialouris <sup>a</sup>, P. Blouchos <sup>b</sup>, G. Moschopoulou <sup>b</sup>, V. Tsourou <sup>b</sup>, S. Kintzios <sup>b, g, h</sup>

Open Access Article

## Comparative Study of a Cell-Based and Electrochemical Biosensor for the Rapid Detection of 2,4,6-Trichloroanisole in Barrel Water Extracts

by [Georgia Moschopoulou](#) <sup>1</sup>, [Sophie Mavrikou](#) <sup>1, \*</sup>, [Diego Valdes](#) <sup>2</sup> and [Spiridon Kintzios](#) <sup>1, g</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Cell Technology, Department of Biotechnology, Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos St., 11855 Athens, Greece

<sup>2</sup> TN Coopers, Cerrillos, Ruta G-68 No 34.500, 9630000 Curacavi, Chile

<sup>\*</sup> Author to whom correspondence should be addressed.

Beverages 2019, 5(1), 1; <https://doi.org/10.3390/beverages5010001>

Open Access Article

## An Impedance Based Electrochemical Immunosensor for Aflatoxin B<sub>1</sub> Monitoring in Pistachio Matrices

by [Michail D. Kaminariis](#) <sup>1</sup>, [Sophie Mavrikou](#) <sup>2, \*</sup>, [Maria Georgiadou](#) <sup>3</sup>, [Georgia Paivana](#) <sup>2, \*</sup>, [Dimitrios I. Tsitsigiannis](#) <sup>1</sup> and [Spiridon Kintzios](#) <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Plant Pathology, Department of Crop Science, School of Plant Sciences, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece

<sup>2</sup> Laboratory of Cell Technology, Department of Biotechnology, School of Applied Biology and Biotechnology, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece

<sup>3</sup> Laboratory of Food Process Engineering, Department Food Science & Human Nutrition, School of Food Science and Nutritional Sciences, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece

<sup>\*</sup> Authors to whom correspondence should be addressed.

Chemosensors 2020, 8(4), 121; <https://doi.org/10.3390/chemosensors8040121>

## Biotechnology in Environmental Monitoring and Pollution Abatement

[View this Special Issue](#)

Research Article | Open Access

Volume 2013 | Article ID 813519 | <https://doi.org/10.1155/2013/813519>

[Show citation](#)

## Pesticide Residue Screening Using a Novel Artificial Neural Network Combined with a Bioelectric Cellular Biosensor

Konstantinos P. Ferentinos,<sup>1</sup> Costas P. Yialouris,<sup>1</sup> Petros Blouchos,<sup>2</sup> Georgia Moschopoulou,<sup>2</sup> and **Spiridon Kintzios** <sup>g, h</sup>



Talanta  
Volume 80, Issue 5, 15 March 2010, Pages 1799-1804



## Development and validation of a cellular biosensor detecting pesticide residues in tomatoes

[Kelly Flampouri](#) <sup>a, b</sup>, [Sophie Mavrikou](#) <sup>a, b</sup>, [Spiridon Kintzios](#) <sup>a, b, g, h</sup>, [George Miliadis](#) <sup>c</sup>, [Pipina Aplada-Sarlis](#) <sup>c</sup>



Food Control  
Volume 73, Part A, March 2017, Pages 64-70



## Development of a cellular biosensor for the detection of aflatoxin B<sub>1</sub>, based on the interaction of membrane engineered Vero cells with anti-AFB<sub>1</sub> antibodies on the surface of gold nanoparticle screen printed electrodes

[Sophia Mavrikou](#) <sup>a, g, h</sup>, [Evangelia Flampouri](#) <sup>a</sup>, [Dimitris Iconomou](#) <sup>a</sup>, [Spiridon Kintzios](#) <sup>a</sup>