

# Open Schools Journal for Open Science

Τόμ. 7, Αρ. 2 (2024)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue -IDEA Conference Proceedings



## Η ΝΤΡΟΠΑΛΗ ΜΙΜΟΖΑ

*Κωνσταντίνος Μουσαμάς, Αλέξανδρος Μπίνης,  
Βικτώρια Τσουρούφλη*

Copyright © 2024, Κωνσταντίνος Μουσαμάς, Αλέξανδρος Μπίνης,  
Βικτώρια Τσουρούφλη



Άδεια χρήσης [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Μουσαμάς Κ., Μπίνης Α., & Τσουρούφλη Β. (2024). Η ΝΤΡΟΠΑΛΗ ΜΙΜΟΖΑ. *Open Schools Journal for Open Science*, 7(2). ανακτήθηκε από <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/openschoolsjournal/article/view/39490>

## Η ΝΤΡΟΠΑΛΗ ΜΙΜΟΖΑ

Κωνσταντίνος Μουσαμάς, Αλέξανδρος Μπίνης, Βικτώρια Τσουρούφλη

Επιβλέποντες καθηγητές: Μαρίνου Χαρούλα, Τσουμάκης Τάκης

### Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή, η μελέτη και η μετάδοση των ηλεκτρικών σημάτων που παρατηρούνται στους φυτικούς οργανισμούς όταν δεχθούν ένα ερέθισμα. Το φυτό *Mimosa pudica* έχει την ικανότητα να κλείνει γρήγορα τα φύλλα του και να ρίχνει τον βλαστό του όταν δεχθεί ένα ερέθισμα. Η *Dionaea muscipula*, ένα γνωστό σαρκοφάγο φυτό, μπορεί να κλείνει τις δαγκάνες της όταν κάποιο μικρό έντομο εισέλθει στο εσωτερικό τους. Κατά τη διάρκεια της έρευνάς μας μετρήθηκαν οι μεταβολές του δυναμικού στις μεμβράνες των κυττάρων των δύο αυτών φυτών κατά την απόκρισή τους σε ερεθίσματα. Στη συνέχεια, προκειμένου να ελεγχθεί αν το ηλεκτρικό σήμα μπορεί να μεταδοθεί από το ένα φυτό στο άλλο, δημιουργήσαμε κατάλληλη ηλεκτρική συνδεσμολογία και προκαλώντας μηχανικά ερεθίσματα, προσπαθήσαμε να απαντήσουμε στο ακόλουθο ερώτημα: Μπορούν τα φυτά να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με τη βοήθεια των προαναφερθέντων ηλεκτρικών σημάτων;

**Λέξεις κλειδιά:** ηλεκτρικό σήμα, Μιμόζα, Διωναία

### Εισαγωγή

Είναι γνωστό πως οι ανώτεροι πολυκύτταροι ζωικοί οργανισμοί, αντιλαμβάνονται τις μεταβολές του περιβάλλοντος και αντιδρούν σε αυτές μέσω ενός συστήματος, του νευρικού, το οποίο δέχεται ηλεκτρικά σήματα, τις λεγόμενες νευρικές ώσεις, από το περιβάλλον και στέλνει τις κατάλληλες απαντήσεις στα διάφορα όργανα του σώματος προκειμένου να διατηρηθεί η ομοιόσταση. Ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός, παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην παραπάνω διαδικασία. Ισχύει άραγε το ίδιο και για τους φυτικούς οργανισμούς; Οι φυτικοί οργανισμοί δεν διαθέτουν καμία οργανωμένη δομή υπεύθυνη για την επεξεργασία ερεθισμάτων. Συγκεκριμένα δεν διαθέτουν ούτε εγκέφαλο, ούτε νεύρα και μύες. Κι όμως ορισμένα φυτά αντιλαμβάνονται τις αλλαγές του περιβάλλοντος και αντιδρούν σε αυτές. Για παράδειγμα, οι ρίζες του σιταριού στριφογυρίζουν μέχρι να βρουν νερό στο υπέδαφος και οι κώνοι των πεύκων ανοίγουν ώστε να πέσουν οι σπόροι στο έδαφος όταν έχει υγρασία (Kahye Song et al., 2014). Τα περισσότερα φυτά έχουν την ικανότητα να στρέφουν τα φύλλα τους προς το φως. Το πιο εντυπωσιακό είναι ότι ορισμένα φυτά παράγουν ηλεκτρικά σήματα όταν αντιδρούν σε ερεθίσματα. Το 1926, ο Bose χρησιμοποίησε το φυτό Φτέρη για να δείξει ότι μια διέγερση στα φύλλα της μεταδόθηκε ως ηλεκτρική διαταραχή που φαινόταν ότι ελέγχεται από παρόμοια φυσιολογικά γεγονότα όπως τα νεύρα των ζώων (Jorg Fromm and Silke Lautner, 2007). Από τα τέλη του 19ου αιώνα, το σαρκοφάγο φυτό Διωναία (*Dionaea muscipula*) είχε προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών καθώς παρατηρούσαν να κλείνει απότομα τα φύλλα του όταν κάποιο έντομο εισερχόταν στο εσωτερικό του. Επιπροσθέτως, η Μιμόζα (*M. pudica*) αντιδρά σε μηχανικά ερεθίσματα, κλείνοντας τα φύλλα της και λυγίζοντας τον βλαστό της προς το έδαφος (Tamás Visnovitz et al., 2007). Τα φυτά έχουν αναπτύξει αυτόν τον τρόπο επικοινωνίας με το περιβάλλον, ώστε να αντιδρούν γρήγορα στα διάφορα ερεθίσματα μιας και τα ηλεκτρικά σήματα ταξιδεύουν πιο γρήγορα από τις χημικές ουσίες και μάλιστα σε μεγάλες αποστάσεις (Alexander G. et al., 2007). Η χαρακτηριστική κίνηση της μιμόζας δεν οφείλεται στους μύς. Τα φυτικά κύτταρα διαθέτουν οργανίδια, τα χυμοτόπια, τα οποία είναι γεμάτα με νερό. Όταν το φυτό δεχθεί ένα ερέθισμα, το δυναμικό ενέργειας που δημιουργείται, έχει ως αποτέλεσμα το εσωτερικό του κυττάρου να φορτίζεται θετικά λόγω της μεταφοράς θετικά φορτισμένων ιόντων στο εσωτερικό του. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι να δημιουργείται μια ωσμωτική διαταραχή και το κύτταρο να χάσει απότομα νερό από το χυμοτόπιο, να συρρικνωθεί και έτσι να κινηθεί. Στη συνέχεια, το εσωτερικό του κυττάρου αλλάζει πάλι το δυναμικό του, τα χυμοτόπια γεμίζουν με νερό και επανέρχεται στην αρχική του

κατάσταση (Εικόνα 1). Αυτό στη μιμόζα γίνεται σε περίπου 10 λεπτά και στη Διωναία σε 1-2 μέρες. Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι τα φυτά έχουν ένα κοινό με τους ζωικούς οργανισμούς: χρησιμοποιούν ηλεκτρικά σήματα για τον έλεγχο ορισμένων λειτουργιών τους.

Στην παρούσα εργασία, θελήσαμε να καταδείξουμε πώς ενεργοποιούνται τα ηλεκτρικά σήματα σε ένα φυτό, να τα καταγράψουμε χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και να απαντήσουμε στο ερώτημα, αν τα φυτά μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με τη βοήθεια των ηλεκτρικών αυτών σημάτων.



Εικόνα 1: Απεικονίζεται το φυτό της μιμόζας. Στην ακινησία (α) τα χυμοτόπια είναι γεμάτα με νερό ενώ κατά το μηχανικό ερέθισμα (β) τα χυμοτόπια χάνουν το νερό τους, τα κύτταρα συρρικνώνονται και το φυτό «λιποθυμά».

## Μεθοδολογία

Για να απαντήσουμε στα ερωτήματα αυτά, σχεδιάσαμε μια σειρά από πειράματα χρησιμοποιώντας τα φυτά Διωναία (*Dionaea muscipula*) και Μιμόζα Μη μου Άπτου (*M. pudica*). Προκειμένου να δημιουργήσουμε ηλεκτρικά σήματα, χρησιμοποιήσαμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (Plant Spiker Box).

Στο πρώτο πείραμα, ελέγξαμε την απόκριση του φυτού Διωναία σε μηχανικά ερεθίσματα. Το φύλλο του φυτού έχει μια χαρακτηριστική παγίδα η οποία κλείνει απότομα όταν κάποιο έντομο καταφέρει να εισέλθει στο εσωτερικό της. Το εσωτερικό της παγίδας αυτής έχει μικρές τριχούλες οι οποίες όταν ερεθιστούν, ύστερα από κάποια κίνηση δημιουργούν νευρικό σήμα που οδηγεί στο κλείσιμο της παγίδας. Ο ρόλος του μηχανισμού αυτού είναι καθαρά θρεπτικός, αφού με αυτόν τον τρόπο το φυτό παγιδεύει το θήραμά του, εξασφαλίζοντας θρεπτικές ουσίες απαραίτητες για την εξέλιξή του. Έτσι, προσπαθήσαμε να φτιάξουμε ένα κλειστό κύκλωμα (εικόνα 2), ακουμπώντας το ηλεκτρόδιο στην παγίδα του φυτού αφού πρώτα επαλείψαμε στο μεταλλικό έλασμα αγώγιμο ζελ και γειώσαμε το κύκλωμά μας. Συνδέσαμε το κύκλωμα με τον υπολογιστή και με ένα ειδικό πρόγραμμα καταγραφής ηλεκτρικών δυναμικών μετρήσαμε το δυναμικό ενέργειας που δημιουργήθηκε όταν ερεθίσαμε μια τρίχα της παγίδας με μια πλαστική ράβδο (εικόνα 3). Επαναλάβαμε το πείραμα και με άλλες παγίδες για να είμαστε σίγουροι για το αποτέλεσμα.



Εικόνα 2: Συνδεσμολογία

Στο δεύτερο πείραμα, χρησιμοποιήσαμε το φυτό μιμόζα και προσπαθήσαμε να δούμε αν τα φύλλα της θα κλείσουν με μηχανικό ερέθισμα και αν θα δημιουργηθεί δυναμικό. Τυλίξαμε το μεταλλικό έλασμα του ηλεκτροδίου γύρω από έναν βλαστό (εικόνα 4). Επειδή με το άγγιγμα ο βλαστός «έγειρε» προς τα κάτω περιμέναμε 30 λεπτά για να επανέλθει. Βάλαμε ξανά το αγώγιμο ζελ γύρω από το έλασμα, τοποθετήσαμε την κατάλληλη γείωση και συνδέσαμε το κύκλωμα με τον υπολογιστή. Κατόπιν, με την πλαστική ράβδο, ακουμπήσαμε τον βλαστό και καταγράψαμε το δυναμικό που δημιουργήθηκε.

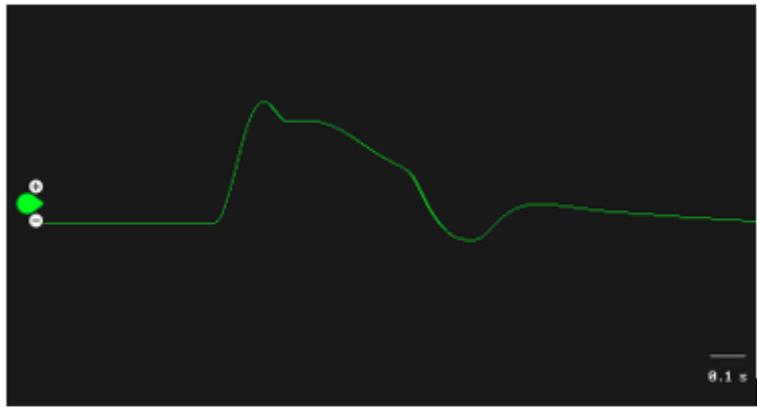
Στο τρίτο πείραμα, για να δούμε αν τα δύο φυτά μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους μέσω ηλεκτρικών σημάτων, συνδέσαμε το ένα ηλεκτρόδιο στην παγίδα της Διωναίας και το άλλο στον βλαστό της μιμόζας και ερεθίσαμε με την πλαστική ράβδο την τριχούλα της Διωναίας. Καταγράψαμε το αποτέλεσμα στον υπολογιστή.

### Αποτελέσματα

Παρατηρήσαμε ότι όταν ερεθίσαμε μηχανικά την παγίδα της Διωναίας, δημιουργήθηκε σε μικροδευτερόλεπτα ένα δυναμικό ενέργειας και αμέσως μετά η παγίδα έκλεισε. Όταν αγγίξαμε τον βλαστό της μιμόζας, δημιουργήθηκε ένα δυναμικό ενέργειας και αμέσως μετά το φυτό «μαράθηκε». Στο τελευταίο πείραμα, αμέσως μόλις ερεθίσαμε μηχανικά την τριχούλα της Διωναίας, καταγράψαμε ένα δυναμικό ενέργειας και η μιμόζα έριξε τον βλαστό της, όπως έκανε και όταν την ακουμπήσαμε με τη ράβδο.

### Συμπεράσματα

Παρόλο που τα φυτά δεν έχουν αναπτύξει το πολύπλοκο νευρικό σύστημα που εμφανίζουν οι ανώτεροι ζωικοί οργανισμοί, η μετάδοση ηλεκτρικών σημάτων παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξή τους. Πολλαπλές μελέτες ηλεκτροφυσιολογίας των φυτών έχουν αποδείξει τον παραπάνω συλλογισμό και έχει φανεί ότι βοηθούν τα φυτά να επιβιώσουν στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον (Fromm and Lautner, 2007). Με τα πειράματα που πραγματοποιήσαμε αποδείξαμε ότι το σαρκοφάγο φυτό Διωναία και η Μιμόζα Μη μου Άπτου μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτρικά σήματα όταν ερεθιστούν μηχανικά, τα οποία μπορούν να καταγραφούν και να μελετηθούν. Επιπλέον, τα φυτά αυτά μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με ηλεκτρικά σήματα, αν συνδεθούν με κατάλληλο κύκλωμα και δημιουργήσουμε μηχανικό ερεθισμό στο ένα από τα δύο. Μελλοντικά, θα θέλαμε να καταγράψουμε τα ηλεκτρικά σήματα που δημιουργούνται από έναν ανθρώπινο μυ σε κίνηση και να ελέγξουμε αν γίνεται να μεταδοθεί το σήμα από έναν άνθρωπο σε έναν άλλο όπως κάναμε με τα φυτά. Θα ήταν επίσης ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε αν μπορεί να μεταδοθεί



Εικόνα 3: Καταγραφή δυναμικού ενεργείας.



Εικόνα 4: Σύνδεση του ηλεκτροδίου στον βλαστό της μιμόζας.

ένα ηλεκτρικό σήμα από έναν άνθρωπο σε ένα φυτό μιμόζας αντικαθιστώντας με τον τρόπο αυτό το σαρκοφάγο.

### **Βιβλιογραφία**

1. Alexander G. Volkov, Tejumade Adesina, Emil Jovanov. Closing of Venus Flytrap by Electrical Stimulation of Motor Cells. [Plant Signaling & Behavior 2:3, 139-145; May/June 2007.
2. Fromm J, Lautner S. 2007. Electrical signals and their physiological significance in plants. Plant Cell Environ. 2007 Mar;30(3):249-57.
3. Song K, Yeom E, Lee SJ. 2014. Real-time imaging of pulvinus bending in *Mimosa pudica*. Sci Rep. 2014 Sep 25;4:6466. 25253083.
4. Visnovitz T, Világi I, Varró P, Kristóf Z. Mechanoreceptor Cells on the Tertiary Pulvini of *Mimosa pudica* L. Plant Signal Behav. 2007 Nov;2(6):462-6.
5. [https://backyardbrains.com/experiments/Plants\\_\\_SensitiveMimosaPudica](https://backyardbrains.com/experiments/Plants__SensitiveMimosaPudica)
6. [http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo\\_thumb/Experiment-Sensitive-Mimosa-Electrophysiology.pdf](http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Experiment-Sensitive-Mimosa-Electrophysiology.pdf)