ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 7, No 2 (2024)

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

Βιοηλεκτρική διασύνδεση ανθρώπου – φυτού: μια πολύ «φορτισμένη» επικοινωνία

Ορφέας Ξένος , Στέφανος Παλυβός, Γιώργος Πανόπουλος, Νικόλας Παπαναγιώτου

doi: 10.12681/osj.39484

Copyright © 2024, Ορφέας Ξένος , Στέφανος Παλυβός, Γιώργος Πανόπουλος, Νικόλας Παπαναγιώτου

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Ξένος Ο., Παλυβός Σ., Πανόπουλος Γ., & Παπαναγιώτου Ν. (2024). Βιοηλεκτρική διασύνδεση ανθρώπου – φυτού: μια πολύ «φορτισμένη» επικοινωνία. *Open Schools Journal for Open Science*, *7*(2). https://doi.org/10.12681/osj.39484

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 20/02/2026 10:52:43

Βιοηλεκτρική διασύνδεση ανθρώπου – φυτού: μια πολύ «φορτισμένη» επικοινωνία

Ξένος Ορφέας
Παλυβός Στέφανος
Πανόπουλος Γιώργος
Παπαναγιώτου Νικόλας
Υπεύθυνοι Εκπαιδευτικοί
Μαρίνου Χαρούλα, ΠΕ04.04
Τσουμάκης Τάκης, ΠΕ04.01

Ελληνογερμανική Αγωγή
Α΄ Λυκείου

Περίληψη
Όταν το 1780 ο Luigi Galvani, με τα πειράματά του ανακάλυψε ότι τα πόδια νεκρών βατράχων διεγείρονται από ηλεκτρικό ρεύμα, εγκαινίασε έναν διεπιστημονικό κλάδο ανάμεσα στη Φυσική και τη Βιολογία, τον Βιοηλεκτρισμό. Σήμερα γνωρίζουμε ότι το νευρικό σύστημα των ζώων μεταφέρει ηλεκτρικά σήματα από όλο το σώμα προς τον εγκέφαλο και πίσω στους μυς. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανίχνευση και καταγραφή αυτών των ηλεκτρικών σημάτων στον άνθρωπο, η ανίχνευση παρόμοιων ηλεκτρικών σημάτων στο γνωστό σαρκοφάγο φυτό Dionaea muscipula (Διωναία η μυγοπαγίδα) και η βιοηλεκτρική διασύνδεση ανθρώπου – φυτού, με τέτοιον τρόπο, ώστε το φυτό να αποκρίνεται στα ηλεκτρικά σήματα που μεταφέρονται εντός του ανθρώπινου νευρικού συστήματος. Για την ανίχνευση αυτών των σημάτων χρησιμοποιείται ένας ηλεκτρικός ενισχυτής σήματος και ειδικά αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια (για τον άνθρωπο) ή μικρές αγώγιμες πινέζες (για το φυτό). Η καταγραφή του σήματος γίνεται σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή που έχει συνδεθεί με τον ενισχυτή σήματος. Για τη βιοηλεκτρική διασύνδεση ανθρώπου – φυτού, χρησιμοποιούνται όλα τα παραπάνω όργανα και υλικά σε κατάλληλη διάταξη. Τα πειράματά μας δείχνουν ότι το φυτό αποκρίνεται στα ανθρώπινα ηλεκτρικά σήματα, καθιστώντας εφικτή την διαειδική επικοινωνία μέσω ηλεκτρικών σημάτων. Πιο συγκεκριμένα, το εμπρόθετο σφίξιμο της γροθιάς του χεριού οδηγεί στο κλείσιμο της δαγκάνας – παγίδας του φυτού. Αντιθέτως, το σφίξιμο της γροθιάς από έναν τρίτο, αποδεικνύεται ότι δεν παράγει ηλεκτρικά σήματα κι ως εκ τούτου δεν επιδρά στο φυτό. Η παρούσα μελέτη μπορεί να έχει μελλοντικά πολλές εφαρμογές, όπως στη δημιουργία γεωργικών βιοαισθητήρων, στην ψυχική υγεία και στη βιοπληροφορική.

Λέξεις κλειδιά: διπλή έλικα, DNA, φωτογραφία 51, περίθλαση ακτίνων – Χ

1. Εισαγωγή

Είναι γνωστό πως οι ανώτεροι πολυκύτταροι ζωικοί οργανισμοί, αντιλαμβάνονται τις μεταβολές του περιβάλλοντος και αντιδρούν σε αυτές μέσω του νευρικού συστήματος, το οποίο δέχεται ηλεκτρικά σήματα (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 & 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 τους. 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). Οι ζωικοί οργανισμοί από την άλλη, διαθέτουν ένα πολύπλοκο σύστημα μεταφοράς νευρικών σημάτων από τον ένα νευρώνα στον επόμενο και τελικά σε κάποιο εκτελεστικό όργανο μέσω αντλιών ιόντων – ειδικά Na^+ και K^+. Ο Ιταλός γιατρός και φυσικός του 18ου αιώνα, Luigi Galvani, ανακάλυψε ότι τα ζωικά νεύρα και μύες παράγουν ηλεκτρισμό (M. Piccolino, 2006). Ο Galvani παρατήρησε ότι την ώρα που ο βοηθός του χρησιμοποιούσε ένα νυστέρι στο νεύρο του ποδιού ενός νεκρού βατράχου, μια κοντινή ηλεκτρική γεννήτρια δημιούργησε μια σπίθα και το πόδι του βατράχου συσπάστηκε. Ο Galvani έκανε την υπόθεση ότι η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να εισέλθει σε ένα νεύρο και να αναγκάσει μια συστολή και μάλιστα το επανέλαβε με διάφορα μέταλλα. Μετά από πολλά πειράματα, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο ζωικός ιστός περιείχε τη δική του εγγενή ζωτική δύναμη, την οποία ονόμαζε «ζωική ηλεκτρική ενέργεια» (M. Piccolino, 2006). Στις ημέρες μας υπάρχει δυνατότητα καταγραφής των ηλεκτρικών αυτών σημάτων στον εγκέφαλο, στους μυς, στην καρδιά με το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, το ηλεκτρομυογράφημα και το ηλεκτροκαρδιογράφημα αντίστοιχα που αποτελούν πολύ σημαντικές διαγνωστικές μεθόδους για διάφορες ασθένειες. Είναι, λοιπόν, γεγονός πως τα ζώα αντιλαμβάνονται και αντιδρούν σε ερεθίσματα του περιβάλλοντος μέσω ηλεκτρικών σημάτων. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τα φυτά. Άραγε, θα μπορούσε ένας ζωικός οργανισμός να στείλει ένα ηλεκτρικό σήμα σε ένα φυτό κι αυτό να αντιδράσει στο μήνυμα; Στο ερώτημα αυτό επιχειρούμε να απαντήσουμε στην παρούσα εργασία, αν δηλαδή μπορεί να επικοινωνήσει ένας άνθρωπος με ένα φυτό με τη βοήθεια ηλεκτρικών σημάτων. Αρχικά, καταδεικνύουμε πώς ενεργοποιούνται τα ηλεκτρικά σήματα σε ένα φυτό, τα καταγράφουμε χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και στη συνέχεια συνδέουμε έναν άνθρωπο με ένα φυτό και καταγράφουμε το αποτέλεσμα της μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος από τον έναν οργανισμό στον άλλο.

2. Κυρίως Μέρος

Για να απαντήσουμε στα ερωτήματα αυτά, σχεδιάσαμε μια σειρά από πειράματα χρησιμοποιώντας το φυτό Διωναία (Dionaea muscipula). Προκειμένου να ενισχύσουμε τα ηλεκτρικά σήματα, χρησιμοποιήσαμε ένα κατάλληλο ηλεκτρικό κύκλωμα (Plant Spiker Box).

2.1.Πρώτο πείραμα

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 έχει έξι μικρές τριχούλες (Εικόνα 1) οι οποίες λειτουργούν ως αισθητήρες. Αν διεγερθούν δύο φορές εντός 20 δευτερολέπτων, δημιουργείται ένα δυναμικό ενέργειας και ενισχύεται η παραγωγή ιόντων ασβεστίου (Bohm et al., 2016). Τα ιόντα αυτά μεταβάλλουν την πίεση στο εσωτερικό των κυττάρων του φυτού, με

αποτέλεσμα να κλείνουν ερμητικά τα φύλλα του, παγιδεύοντας έτσι το θήραμα (Sönke Scherzer et al., 2022). 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.

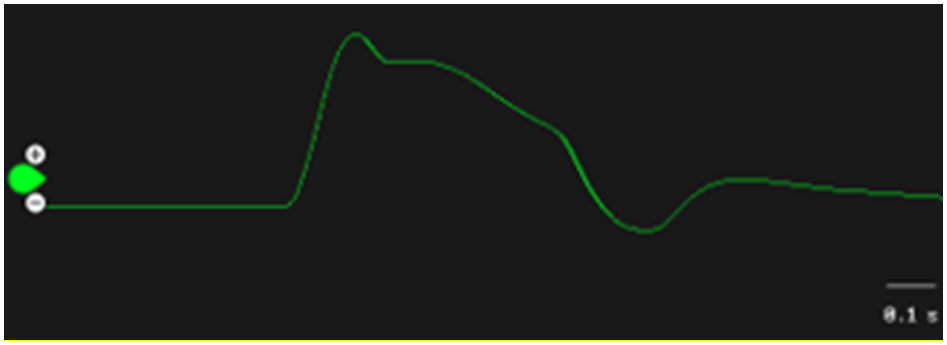
Εικόνα 1: Οι χαρακτηριστικές τριχούλες της Διωναίας

Για να καταγράψουμε το δυναμικό ενεργείας, συνδέσαμε τους ακροδέκτες ενός ενισχυτή σήματος με το φυτό (Εικόνα 2). Ακουμπώντας το ένα ηλεκτρόδιο στην παγίδα του φυτού, αφού πρώτα το επαλείψαμε με αγώγιμο ζελ και γειώνοντας το άλλο ηλεκτρόδιο, κλείσαμε το κύκλωμά μας.

Εικόνα 2: Η δαγκάνα της Διωναίας με τον ακροδέκτη του ενισχυτή

Συνδέσαμε τον ενισχυτή σήματος με τον υπολογιστή και με ένα ειδικό πρόγραμμα καταγραφής ηλεκτρικών δυναμικών καταγράψαμε το δυναμικό ενέργειας που δημιουργήθηκε όταν ερεθίσαμε μια τρίχα της παγίδας με μια πλαστική ράβδο (Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Η καταγραφή του δυναμικού ενέργειας στη Διωναία

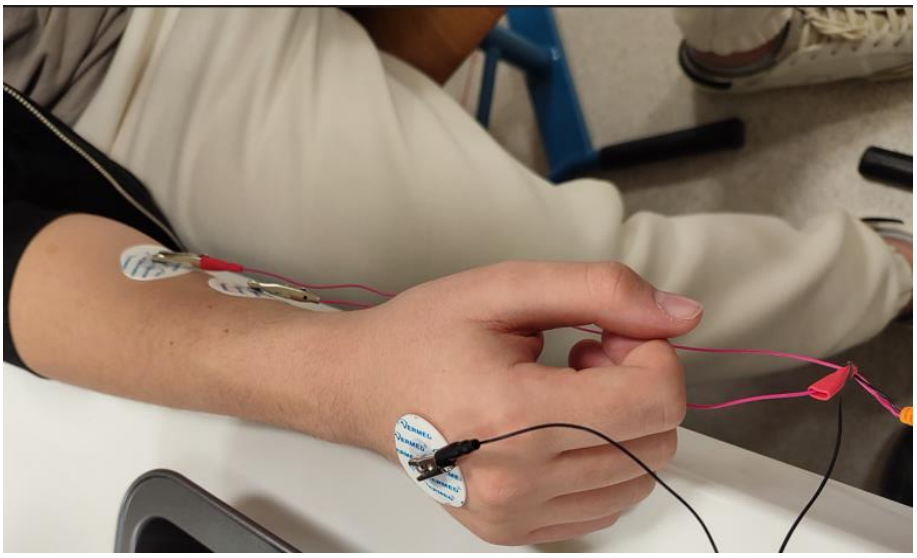


Επαναλάβαμε το πείραμα και με άλλες παγίδες για να είμαστε σίγουροι για το αποτέλεσμα. Παρατηρήσαμε ότι όταν ερεθίσαμε μηχανικά την παγίδα της Διωναίας, δημιουργήθηκε σχεδόν αμέσως ένα δυναμικό ενέργειας και η παγίδα έκλεισε.

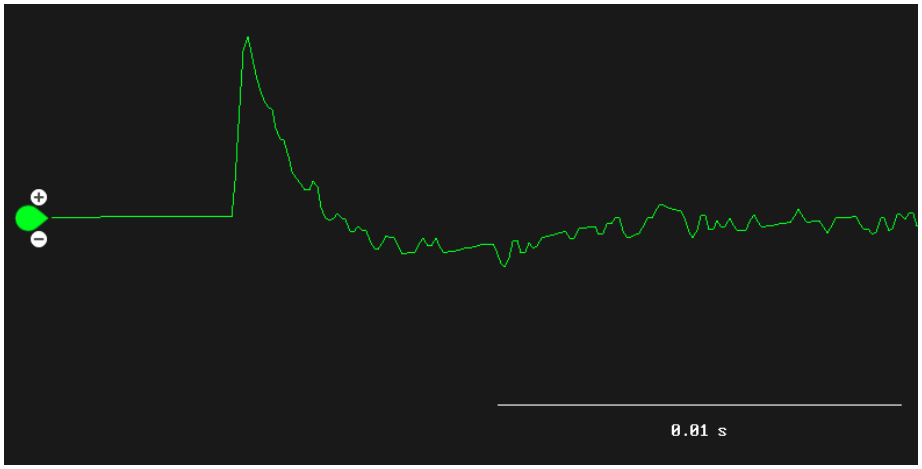
2.2.Δεύτερο πείραμα

Στο δεύτερο πείραμα, καταγράψαμε το δυναμικό ενέργειας του μυός ενός μαθητή. Τοποθετήσαμε τρία ηλεκτρόδια στο χέρι του μαθητή (δύο για το σήμα και ένα για τη γείωση), όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 και τα συνδέσαμε με έναν ενισχυτή σήματος. Ο μαθητής έσφιξε τη γροθιά του και καταγράψαμε το αποτέλεσμα στον υπολογιστή (Εικόνα 5). Όταν ο μαθητής κούνησε το χέρι του, δημιουργήθηκε και καταγράφηκε ένα δυναμικό ενέργειας.

Εικόνα 4: Τα ηλεκτρόδια στο χέρι του μαθητή



Εικόνα 5: Η καταγραφή του δυναμικού ενέργειας στο χέρι του μαθητή

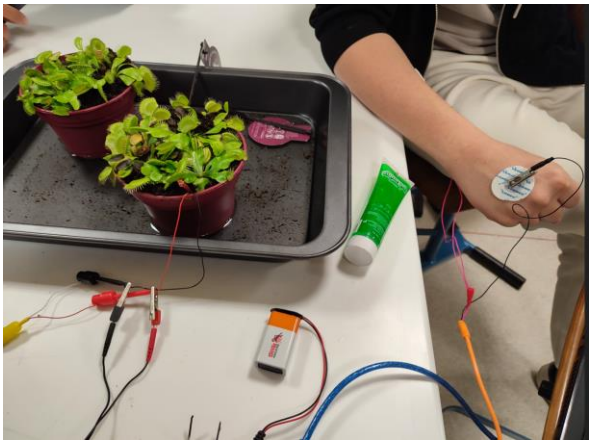


2.3.Τρίτο πείραμα

Για να ελέγξουμε αν μπορεί να πραγματοποιηθεί επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου και φυτού, εκτελέσαμε ένα τρίτο πείραμα. Συνδέσαμε έναν μαθητή και το φυτό με τα ηλεκτρόδια του ενισχυτή σήματος. Τα ηλεκτρόδια από τον μαθητή μετέφεραν το σήμα στον ενισχυτή, ο οποίος το έστειλε στο

φυτό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6. Ο μαθητής έσφιξε τη γροθιά του και καταγράψαμε το αποτέλεσμα στον υπολογιστή. Μόλις ο μαθητής έσφιξε τη γροθιά του, η Διωναία έκλεισε την παγίδα της.

Εικόνα 6: Βιοηλεκτρική διασύνδεση ανθρώπου - φυτού



3. Συμπεράσματα/Επίλογος

Όταν ένας κινητικός νευρώνας ενεργοποιηθεί, δημιουργεί δυναμικό ενέργειας και έτσι απελευθερώνεται ένας νευροδιαβιβαστής, η ακετυλοχολίνη, στη σύναψη μεταξύ νεύρου και μυός. Δημιουργείται με τον τρόπο αυτό μια αλλαγή στο ηλεκτρικό δυναμικό του μυός που τον οδηγεί τελικά σε δυναμικό ενέργειας με επακόλουθο την κίνησή του. Το δυναμικό αυτό μπορεί να καταγραφεί και να μελετηθεί. 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 καταδείξαμε τα δυναμικά ενέργειας που εμφανίζει τόσο ο άνθρωπος όσο και ένα φυτό και αποδείξαμε ότι μπορεί να υπάρξει και να καταγραφεί ηλεκτρική επικοινωνία μεταξύ ενός φυτού και του ανθρώπου. Μελλοντικά, θα ελέγξουμε αν μπορεί να καταγραφεί μετάδοση ηλεκτρικού σήματος από άνθρωπο σε άνθρωπο και ποια θα ήταν η απόκριση του ανθρώπου – δέκτη σε αυτό το ηλεκτρικό σήμα.

4. Βιβλιογραφία

1. Böhm, J., Scherzer, S., Krol, E., Kreuzer, I., von Meyer, K., Lorey, C., Mueller, T.D., Shabala, L., Monte, I., Solano, R., Al-Rasheid, K.A.S., Rennenberg, H., Shabala, S., Neher, E., & Hedrich, R. (2016). The Venus Flytrap Dionaea muscipula counts prey-induced action potentials to induce sodium uptake. *Current Biology, 26*(3), 286-295.
2. Fromm, J., & Lautner, S. (2007). Electrical signals and their physiological significance in plants. *Plant Cell Environ., 30*(3), 249-257.
3. Piccolino, M. (2006). Luigi Galvani's path to animal electricity. *Comptes Rendus Biologies, 329*(5-6), 303-318.
4. Scherzer, S., Iosip, A.L., Bauer, S., Becker, D., Krischke, M., Al-Rasheid, K.A.S., Schultz, J., Kreuzer, I., & Hedrich, R. (2023). Dyscalculia, a Venus flytrap mutant without the ability to count action potentials. *Current Biology, 33*(3), 589-596.
5. Song, K., Yeom, E., & Lee, S.J. (2014). Real-time imaging of pulvinus bending in Mimosa pudica. *Sci Rep., 4*, 6466. doi:25253083.

6. Visnovitz, T., Világi, I., Varró, P., & Kristóf, Z. (2007). Mechanoreceptor cells on the tertiary pulvini of Mimosa pudica L. *Plant Signal Behav., 2*(6), 462-466.
7. Volkov, A.G., & Jovanov, T.A.E. (2007). Closing of Venus Flytrap by Electrical Stimulation of Motor Cells. *Plant Signaling & Behavior, 2*(3), 139-145.