

5 Αυγούστου 2013

# **Τα φυτά και η εξυπνάδα τους -Οι τεχνολογικές πρόοδοι αποκάλυψαν τον μυστικό «εσωτερικό κόσμο» των φυτών**

/ [Επιστήμες, Τέχνες & Πολιτισμός](#)



**Οι κηπουροί θα γνωρίζουν ίσως εκ πείρας αυτό που προσφάτως απέδειξαν οι επιστήμονες: ότι δηλαδή ο βασιλικός είναι καλός γείτονας για τις πιπεριές (και όχι μόνο), αφού η παρουσία του ενθαρρύνει την ανάπτυξή τους. Ακόμη και οι πιο αφοσιωμένοι κηπουροί όμως θα έμεναν άφωνοι αν ήξεραν ότι ο βασιλικός πιθανότατα «μιλάει» στους γείτονές του! Γιατί, πώς αλλιώς μπορεί να εξηγηθεί το γεγονός ότι η ενθάρρυνση υφίσταται ακόμη και όταν όλες οι γνωστές οδοί επικοινωνίας μεταξύ του βασιλικού και των γειτόνων του έχουν αποκοπεί; Τα τεκταινόμενα μεταξύ φυτών που έρχονται συνεχώς στο φως χάρη στις τεχνολογικές προόδους έχουν κάνει τους επιστήμονες να μιλούν ακόμη και για ηθολογία φυτών! Ναι, λένε, τα φυτά εμφανίζουν συμπεριφορές, ενώ διαθέτουν ευαισθησίες και ικανότητες που ξεπερνούν κατά πολύ τις αντίστοιχες δικές μας. Ο αλτρουιστής βασιλικός στέλνει ενθαρρυντικά μηνύματα στη γειτόνισσα πιπεριά, το τριφύλλι μοιράζεται εξίσου το φαγητό του με τα αδέρφια του, τα κουκιά και οι ντοματιές που δέχονται επίθεση ενημερώνουν για το συμβάν τους γείτονές τους με τη βοήθεια ενός υπόγειου συστήματος Wi-Fi, τα πεύκα αποδεικνύονται καλές μητέρες, τα καλαμπόκια απολαμβάνουν τη μουσική, οι λεύκες και οι μιμόζες έχουν μνήμη. Και αν**

## **μόλις τώρα μπορούμε να τον ψηλαφίσουμε.**

«Βλίτο!», «φυτό!», «γλάστρα!», «ραδίκι!»... Θυμάστε αυτές τις προσβλητικές εκφράσεις που χρησιμοποιούσαμε στο σχολείο για να περιγράψουμε τους λιγότερο ευφυείς, κατά την άποψή μας, συμμαθητές μας; Αφήνοντας κατά μέρος το πόσο απαράδεκτο είναι να φορτώνουμε κάποιον με «κοσμητικά επίθετα», οι παραπάνω χαρακτηρισμοί, οι οποίοι προκύπτουν από τη βεβαιότητά μας ότι τα φυτά είναι ανόητα, είναι και εντελώς ατυχείς. Οχι μόνο δεν είναι ανόητα τα φυτά, αλλά η ευφυΐα τους τους επιτρέπει να κάνουν πράγματα τα οποία εμείς αδυνατούμε. Και ενώ οι βοτανολόγοι και οι φυσιολόγοι για αιώνες είχαν εκφράσει τον θαυμασμό τους για το αντικείμενο των μελετών τους, τα τελευταία χρόνια πλήθος άλλων επιστημονικών ειδικοτήτων «βγάζει το καπέλο» στους σιωπηλούς αυτούς κατακτητές της υφελίου.

Πυρηνικοί φυσικοί, χημικοί, γενετιστές, μοριακοί βιολόγοι, οικολόγοι, μαθηματικοί υπογράφουν άρθρα σε επιστημονικές επιθεωρήσεις που αποδεικνύουν πέρα από κάθε αμφιβολία την ιδιαίτερη ευφυΐα των οργανισμών που στερούνται εγκεφάλου (όπως τον ξέρουμε από τα θηλαστικά), αλλά δεν στερούνται «πνευματικών» λειτουργιών. Ενα μικρό απάνθισμα της πρόσφατης φυτοβιβλιογραφίας είναι ικανό να πείσει και τον μεγαλύτερο αμφισβητία.

## **Ηθολογία φυτών;**

Μπορεί εμείς να τα βλέπουμε μοναχικά και σιωπηλά, όμως τα φυτά επικοινωνούν μεταξύ τους. Είναι βέβαια γεγονός ότι μέχρι πριν από λίγα χρόνια, η τεχνολογία δεν επέτρεπε τη μελέτη των φυτών με τρόπο που θα μπορούσε να αποκαλύψει τα μυστικά της επικοινωνίας και της συμπεριφοράς τους. Σήμερα όμως οι γνώσεις μας είναι τέτοιες ώστε κάποιοι ερευνητές να μιλούν για ηθολογία φυτών όπως μιλούμε και για εκείνη των ζώων. Οι τεχνικές και οι μέθοδοι που επέτρεψαν να αποκαλυφθεί ο «εσωτερικός κόσμος» των φυτών προέρχονται από πλήθος πεδίων και έχουν διερευνήσει διαφορετικές πλευρές των εκπληκτικών αυτών οργανισμών.

## **Οι νέες τεχνικές**

Η αέριος χρωματογραφία έχει καταστήσει δυνατή την ανάλυση και μελέτη μικροποσοτήτων ουσιών που εκλύουν τα φυτά προκειμένου να μεταδώσουν μία

πληροφορία στους γείτονές τους. Η άνθηση της βιοτεχνολογίας έχει επιτρέψει τη μελέτη του ρόλου συγκεκριμένων γονιδίων σε διάφορα στάδια της ζωής των φυτών.

Η στενή παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών με τη βοήθεια μικροκαμερών που επιτρέπουν την καταγραφή και της πιο ανεπαίσθητης κίνησης έχει αναδείξει τον ζωτικό ρόλο της ρίζας ως κέντρου ελέγχου της ζωής του φυτού.

Στην πραγματικότητα, από όλες αυτές τις μελέτες αναδείχθηκε η τεράστια ευαισθησία των φυτών.

## **Χημεία και ευαισθησία**

Μπορεί να μην μπορούν να κλάψουν κάθε φορά που εμείς κόβουμε ένα άνθος τους, αλλά συγκρινόμενα με τα θηλαστικά (του ανθρώπου συμπεριλαμβανομένου) τα φυτά αποδεικνύονται σαφώς πιο ευαίσθητα: ως σήμερα περισσότεροι από 700 διαφορετικοί αισθητήρες (φωτός, θερμοκρασίας, μηχανικού στρες, χημικοί) έχουν εντοπιστεί στα φυτά, στην πλειονότητά τους πιο ευαίσθητοι από αντίστοιχους δικούς μας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της ευαισθησίας των φυτών αποτελεί η ικανότητά τους να ανιχνεύουν το φως: τα φυτά «βλέπουν» το φως σε μήκη κύματος αόρατα από το ανθρώπινο μάτι (τόσο στην πλευρά του υπέρυθρου όσο και του υπεριώδους), ενώ διακρίνουν διαφορές έντασης που περνούν απαρατήρητες από εμάς.

Ομοίως, η αίσθηση της αφής τους είναι τόσο ανεπτυγμένη που αντιδρούν σε ελάχιστη κίνηση των κλαδιών ή των ριζικών τριχιδίων και η χημεία φαίνεται πράγματι πως είναι η ειδικότητά τους: ενώ εμείς δίπλα τους μυρίζουμε μόνο το άρωμα των λουλουδιών τους, αυτά εκπέμπουν και λαμβάνουν πλήθος χημικών σημάτων, πράγμα που τους επιτρέπει να γνωρίζουν τι συμβαίνει γύρω τους.

Μα, θα μου πείτε, όσο και αν τα παραπάνω ακούγονται αξιοσημείωτα, δεν θα

μπορούσαν παρά να θεωρηθούν αποδείξεις εξελικτικών διεργασιών οι οποίες «προίκισαν» τα φυτά με ό,τι χρειάζονται για την επιβίωσή τους.

Δεν είναι όμως τραβηγμένο να μιλήσουμε για ηθολογία φυτών;

Οι ερευνητές που μιλούν για ηθολογία φυτών δεν αναφέρονται μόνο στις ικανότητες των φυτών, αλλά στο γεγονός ότι οι προσλαμβάνουσές τους που προέρχονται από τα αισθητηριακά κέντρα χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τη συμπεριφορά των φυτών.

Ναι, τα φυτά αντιδρούν με βάση τις εσωτερικές και εξωτερικές πληροφορίες που λαμβάνουν! Πώς αντιδρούν;

Μεταβάλλοντας συνεχώς τόσο τη μορφή τους όσο και τη χημεία τους, η οποία βεβαίως είναι αποτέλεσμα της μεταβολής της ενεργότητας συγκεκριμένων γονιδίων σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο.

Ούτε λίγο ούτε πολύ, από τη συμπεριφορά των φυτών προκύπτει ότι αναγνωρίζουν τον εαυτό τους και τον ξεχωρίζουν από τον μη εαυτό, αναγνωρίζουν φυτά του ίδιου είδους ή ακόμη και συγγενικών ειδών, και μπορούν να επιτίθενται, περισσότερο ή λιγότερο, σε είδη που θεωρούν εχθρικά. Με άλλα λόγια, τα φυτά έχουν την αίσθηση της οικογένειας, των συγγενών και φίλων, των εχθρών!

### **Γιατί ξεχωρίζουν τα φυτά**

Δύο είναι οι ιδιότητες που κάνουν τα φυτά να ξεχωρίζουν από τους υπόλοιπους οργανισμούς: η ικανότητά τους να φωτοσυνθέτουν και η αδυναμία τους να μετακινηθούν.

Η πρώτη τους επιτρέπει να χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να παράγουν την τροφή τους, πράγμα που τα καθιστά αυτότροφους οργανισμούς. Στην πράξη, τα φυτά προσλαμβάνουν νερό από τις ρίζες τους, διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια συνθέτουν γλυκόζη. Παραπροϊόν αυτής της διαδικασίας είναι το οξυγόνο, το οποίο απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα.

Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι αν δεν είχαν προηγηθεί τα φυτά, δεν θα είχαν μπορέσει να εξελιχθούν τα ετερότροφα ζώα, του ανθρώπου συμπεριλαμβανομένου.

Η δεύτερη ιδότητά τους, η αδυναμία να μετακινηθούν από το σημείο όπου έχουν φυτρώσει, προίκισε τα φυτά με μια σειρά άλλων ιδιοτήτων που τα βοηθούν να αντεπεξέλθουν.

Φανταστείτε το: να είναι κανείς καθηλωμένος και να μην μπορεί να απομακρυνθεί όταν εμφανίζεται ο εχθρός ή ακόμη όταν θα επιθυμούσε να τρέξει πίσω από το αντικείμενο του πόθου του.

Προκειμένου να επιβιώσουν, τα φυτά έχουν αναπτύξει μια σειρά μεταβολικών και όχι μόνο προσαρμογών για τις οποίες απαιτήθηκαν τα αντίστοιχα γονίδια. Δεν είναι καθόλου τυχαίο το γεγονός ότι το ρύζι διαθέτει υπερδιπλάσιο αριθμό γονιδίων από τον άνθρωπο! Ομοίως, δεν είναι καθόλου τυχαίο το γεγονός ότι τα φυτά είναι πολύ πιο ευαίσθητα από τα ζώα και από εμάς: χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ικανότητά τους να αντιλαμβάνονται το φως πέρα από το ορατό για εμάς φάσμα, ή η ικανότητά τους να οσφραίνονται μικροποσότητες ουσιών οι οποίες περνούν εντελώς απαρατήρητες από τη δική μας μύτη.

## **ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ**

### **Το άγγιγμα της αγγουριάς**



Όλοι οι κηπουροί γνωρίζουν ότι η αγγουριά χρειάζεται στήριξη. Αν την αφήσουν αβοήθητη, το πολύ-πολύ να ανυψώσει το ανάστημά της 30 εκατοστά πάνω από το έδαφος. Μετά θα βρεθεί ξαπλωμένη στο χώμα και σε φως λιγότερο από αυτό που έχει ανάγκη. Αυτό συμβαίνει επειδή της λείπουν τα ένζυμα που είναι απαραίτητα

για τον σχηματισμό ξυλώδους ιστού.

Το έλλειμμα αυτό αντισταθμίζει με μια ζηλευτή αίσθηση αφής: η αγγουριά (όπως και άλλα αναρριχώμενα φυτά) διαθέτει ειδικά όργανα, ο ρόλος των οποίων είναι να περιελιχθούν γύρω από άλλα φυτά (ή τα στηρίγματα των κηπουρών) και να της επιτρέψουν να ανέβει παραπάνω. Τα όργανα αυτά, που πιθανότατα έχετε όλοι δει, έχουν ελικοειδή μορφή και είναι πολύ πιο ευαίσθητα στην αφή από το ανθρώπινο δέρμα. Όπως έδειξε πείραμα ισραηλινών ερευνητών του Πανεπιστημίου του Ισραήλ, αρκεί η τοποθέτηση μιας κλωστής βάρους 0,25 γραμμαρίων πάνω σε ένα τέτοιο όργανο για να προκαλέσει το ξετύλιγμά του (προς αναζήτηση στηρίγματος). Το ανθρώπινο χέρι δεν μπορεί να αντιληφθεί την παρουσία μιας αντίστοιχης κλωστής αν αυτή ζυγίζει λιγότερο από 2 γραμμάρια.

Αναζητώντας την εξήγηση αυτής της ευαισθησίας, βιολόγοι του Πανεπιστημίου του Γουισκόνσιν στο Μάντισον των ΗΠΑ απομόνωσαν τις μεμβρανικές πρωτεΐνες των κυττάρων των ελίκων της αγγουριάς. Μεταξύ αυτών εντόπισαν εκείνη που σε κάθε μηχανικό ερέθισμα απελευθερώνει ιόντα ασβεστίου, τα οποία με τη σειρά τους δίνουν την εντολή για τη μετακίνηση της έλικας προς την κατεύθυνση του ερεθίσματος.

### **Μουσική για καλαμπόκια!**

Κανείς από τους ερευνητές δεν ισχυρίζεται ότι θα πρέπει να ανοίξουμε ψιλή κουβέντα με τον βασιλικό ή την πιπεριά μας, αλλά αυστραλοί βιολόγοι ανακάλυψαν ότι το καλαμπόκι «είναι όλο αφτιά». Το πείραμά τους είχε ως εξής: καλλιέργησαν φυτά καλαμποκιού μέσα σε υγρό θρεπτικό υλικό, πράγμα που τους επέτρεψε να μελετήσουν τις αντιδράσεις των φυτών σε διάφορα ερεθίσματα. Έτσι, άρχισαν να εκπέμπουν ήχους διαφόρων συχνοτήτων. Όπως ανακάλυψαν εκεί γύρω στα 200 Hz, οι ρίζες των καλαμποκιών άρχισαν να μετακινούνται προς την πηγή του ήχου!

Προφανώς αυτό δεν σημαίνει ότι τα καλαμπόκια ακούν με την έννοια που δίνουμε εμείς στον όρο. Σημαίνει όμως ότι διαθέτουν υποδοχείς που μπορούν να συλλαμβάνουν τις ηχητικές δονήσεις, κάτι που θα μπορούσε να είναι μια άλλη



μορφή επικοινωνίας. Βεβαίως σε μια τέτοια περίπτωση θα έπρεπε να υπάρχουν φυτά που να εκπέμπουν ήχους. Και αυτό ακριβώς είναι το σημείο στο οποίο εστιάζεται τώρα το ενδιαφέρον των αυστραλών και άλλων ερευνητών.

## **ΠΑΤΡΙΚΗ ΦΡΟΝΤΙΔΑ**

### **Θυσία για τις επόμενες γενιές**

Στη χώρα μας έχουμε υποφέρει πολύ από τις καλοκαιρινές πυρκαγιές που καταστρέφουν τα δάση. Για ορισμένα δασικά οικοσυστήματα όμως η πυρκαγιά είναι βασικός συντελεστής της ζωής τους, καθώς απελευθερώνει στο περιβάλλον τα θρεπτικά συστατικά που είναι φυλακισμένα στα νεκρά δένδρα. Αν και παρατηρήσεις σχετικά με τη θετική επίδραση των πυρκαγιών σε κάποια δασικά οικοσυστήματα έγιναν πριν από αιώνες, η επίδραση αυτή τεκμηριώθηκε το 1988, όταν οι ιθύνοντες του εθνικού πάρκου Yellowstone στις ΗΠΑ προέβησαν σε ελεγχόμενη πυρκαγιά. Την επόμενη άνοιξη, μετά τις βροχοπτώσεις, ένα πλήθος ανθοφόρων φυτών κάλυψε τη γεμάτη στάχτες περιοχή εκμεταλλευόμενο τον απελευθερωμένο πλούτο, ενώ σε μερικά χρόνια νέα γερά δένδρα αντικατέστησαν τα γηρασμένα.

Πώς όμως οι σπόροι που υπάρχουν κοιμισμένοι στο έδαφος κάτω από τις στάχτες ξυπνούν μετά την πυρκαγιά και ανανεώνουν το κατεστραμμένο οικοσύστημα; Οπως ανακάλυψαν προσφάτως ερευνητές του Ινστιτούτου Salk και του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Σαν Ντιέγκο, τα καιόμενα φυτά είναι αυτά που ενημερώνουν τους σπόρους ότι ήλθε η ώρα να ξυπνήσουν. Ειδικότερα, όπως περιγράφουν οι αμερικανοί ερευνητές με άρθρο τους στην επιστημονική επιθεώρηση «[Proceedings of the National Academy of Sciences](#)» (έκδοση της 23ης Απριλίου 2013, <http://www.pnas.org/content/early/2013/04/23/1306265110.abstract>), τα καιόμενα φυτά παράγουν χημικές ουσίες που ονομάζονται καρρικίνες (karrikins). Αυτές οι ουσίες, που υπάρχουν στον καπνό, προσδένονται με τη βοήθεια μορίων που εντόπισαν οι αμερικανοί επιστήμονες πάνω στους κοιμισμένους σπόρους. Η πρόσδεση των καρρικινών στα μόρια αυτά, τα οποία ονομάζονται KAI2, μεταβάλλει τη στερεοδιάταξή τους και η μεταβολή αυτή λειτουργεί για τους σπόρους όπως ένα ξυπνητήρι. Ίσως και κάτι παραπάνω: είναι η σαφής οδηγία ότι ο συγκεκριμένος σπόρος πρέπει να βλαστήσει αυτή τη δεδομένη στιγμή σε αυτόν τον δεδομένο χώρο.

Με άλλα λόγια, το τελευταίο μήνυμα που στέλνουν τα φυτά που πεθαίνουν είναι η οδηγία για την εμφάνιση των επόμενων γενεών. Οπως επισημαίνεται και στο άρθρο των ερευνητών, «το μόριο KAI2 θα πρέπει να εξελίχθηκε όταν τα φυσικά οικοσυστήματα γνώρισαν μεγάλη άνθηση στη στεριά και η φωτιά έγινε μέρος του κύκλου ζωής των οικοσυστημάτων, καθώς επέτρεπε την απελευθέρωση των θρεπτικών συστατικών από τα νεκρά φυτά».



## **ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ**

### **Το τριφύλλι και τα αδέλφια του**

Είναι πολλές οι εργασίες που δείχνουν ότι τα φυτά αναγνωρίζουν αν ο διπλανός τους ανήκει στο ίδιο είδος ή γένος με αυτά. Χαρακτηριστική είναι η εργασία καναδών βιολόγων του Πανεπιστημίου MacMaster οι οποίοι φύτεψαν δίπλα-δίπλα ζευγάρια φυτών τα οποία είτε ήταν ξένα μεταξύ τους είτε ήταν αδέλφια (όχι μόνο

ανήκαν στο ίδιο είδος, αλλά προέρχονταν και από σπόρους του ίδιου φυτού). Τα φυτά αφέθηκαν να αναπτυχθούν στις ίδιες συνθήκες και σαράντα ημέρες αργότερα ζυγίστηκαν τόσο οι βλαστοί όσο και οι ρίζες τους. Το αποτέλεσμα του πειραματισμού δεν άφησε καμιά αμφιβολία στους ερευνητές ότι τα φυτά αναπτύσσουν οικογενειακές σχέσεις: όταν η γλάστρα περιείχε φυτά διαφορετικών ειδών, αυτά ανέπτυσαν εκτενές ριζικό σύστημα στην προσπάθειά τους να αποκτήσουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη πρόσβαση στις τροφικές πηγές. Αντίθετη ήταν η συμπεριφορά των αδελφών φυτών: αυτά, ήσυχχα ότι κανείς δεν θα τους ανταγωνιζόταν για τις τροφικές πηγές, ανέπτυσαν μικρό ριζικό σύστημα και επένδυσαν την ενέργειά τους στην αναπαραγωγή τους δημιουργώντας μεγαλύτερους βλαστούς. Από όλα τα είδη φυτών που εξέτασαν οι канаδοί βιολόγοι το τριφύλλι εμφάνισε την πιο αδελφική συμπεριφορά: όχι μόνο μείωνε την έκταση του ριζικού συστήματός του όταν γειτνιάζε με αδελφά φυτά, αλλά το μέγεθος της μείωσης ήταν ανάλογο με τον αριθμό των αδελφών φυτών. Δηλαδή, όσο περισσότερα φυτά τριφυλλιού υπήρχαν σε μια γλάστρα, τόσο μικρότερες οι ρίζες τους, γεγονός που οι ερευνητές ερμηνεύουν ως ένδειξη αδελφικής αλληλεγγύης.

## **Το μητρικό ένστικτο του πεύκου**

Όπως μια μητέρα θα έδινε χωρίς δεύτερη σκέψη το δικό της φαγητό στο παιδί της, έτσι και τα δένδρα-μητέρες φροντίζουν τα νεαρά βλαστάρια τους!

Και δεν εννοούμε τα κλαδιά τους, αλλά τα νεαρά δένδρα που αναπτύσσονται δίπλα τους και πιθανότατα έχουν προκύψει από τους σπόρους τους.

Αυτή την αναπάντεχη παρατήρηση έκαναν канаδοί οικολόγοι μελετώντας τις σχέσεις των φυτών σε ένα πευκοδάσος. Ο πειραματισμός των канаδών ερευνητών είχε ως εξής: αρχικά κάλυψαν τα κλαδιά συγκεκριμένων δένδρων με πλαστικές σακούλες και στη συνέχεια τους χορήγησαν ελαφρώς ραδιενεργό διοξείδιο του άνθρακα. Όπως όλα τα φυτά, έτσι και τα πεύκα του είδους *Pseudotsuga menziesii* χρησιμοποίησαν το διοξείδιο του άνθρακα για την παραγωγή σακχάρων μέσω της φωτοσύνθεσης. Η ραδιενέργεια μεταφέρθηκε στα παραγόμενα σάκχαρα, πράγμα που επέτρεψε στους ερευνητές, κάνοντας χρήση μιας φορητής συσκευής μέτρησης ραδιενέργειας, να μελετήσουν τη μετακίνηση των σακχάρων. Με έκπληξη διαπίστωσαν ότι ένα μέρος των σακχάρων μεταφερόταν στα γειτονικά δένδρα. Και η έκπληξή τους έγινε μεγαλύτερη όταν παρατήρησαν ότι η μεγαλύτερη ροή

σακχάρων γινόταν από τα μεγάλα δένδρα - τα δένδρα-μητέρες όπως τα ονόμασαν - προς πολύ νεαρά που μεγάλωναν στα «πόδια» τους.

Οι канаδοί επιστήμονες εκτιμούν ότι τα ευρήματά τους αποδεικνύουν την ύπαρξη αλληλεγγύης μεταξύ των γενεών. Στη συγκεκριμένη δε περίπτωση τα δένδρα βρίσκουν και βοηθούς για τη διανομή του τροφικού πλούτου. Για άλλη μια φορά φαίνεται πως τον ρόλο αυτόν παίζουν οι μύκητες που αναπτύσσονται στις ρίζες τους. Η χαρτογράφηση των υπόγειων δικτύων που συνδέουν τα δένδρα μεταξύ τους, και η οποία κατέστη δυνατή χάρη στην ύπαρξη της ραδιενέργειας, δεν αφήνει καμιά αμφιβολία ότι η υπόγεια ζωή των δένδρων είναι εξίσου, αν όχι περισσότερο, ενδιαφέρουσα από την υπέργεια.

## **ΑΝΑΜΝΗΣΕΙΣ...**

### **Της λεύκας και της μιμόζας**



Όχι, μην κοιτάξετε τις λεύκες σας με καχυποψία, δεν σας βλέπουν, ούτε σας

θυμούνται! Θυμούνται όμως τον άνεμο που τις ταρακούνησε για τουλάχιστον μία εβδομάδα. Αυτή τη διαπίστωση έκαναν γάλλοι βιολόγοι του Πανεπιστημίου του Κλερμόν-Φεράν οι οποίοι μελέτησαν τις αλλαγές στην έκφραση των γονιδίων που επιφέρει η κίνηση των κλαδιών της λεύκας από τον άνεμο. Σύμφωνα με τα ευρήματά τους, μόλις 30 λεπτά από την έναρξη του ανέμου, ένα ανενεργό μέχρι εκείνη τη στιγμή γονίδιο «ξυπνάει» και αρχίζει να δίνει εντολές για την παραγωγή της αντίστοιχης πρωτεΐνης.

Το ενδιαφέρον όμως δεν είναι αυτό: όλα τα φυτά ενεργοποιούν γονίδια όταν υποβάλλονται σε κάποιου είδους στρες (στην προκειμένη περίπτωση το στρες είναι μηχανικό). Το ενδιαφέρον έγκειται στο γεγονός ότι αν ο άνεμος επανέλθει την επόμενη ή τη μεθεπόμενη μέρα, το γονίδιο παύει να εκφράζεται. Απαιτείται η παρέλευση τουλάχιστον πέντε ημερών (και συνήθως μιας εβδομάδας) προκειμένου να αρχίσει και πάλι η έκφραση του εν λόγω γονιδίου.

Η εξήγηση που δίνουν οι γάλλοι επιστήμονες για τα ευρήματά τους είναι η εξής: η λεύκα θυμάται για σχεδόν μια εβδομάδα τη μηχανική πίεση που έχει υποστεί και έτσι είναι προετοιμασμένη για μια νέα επίθεση. Στην πραγματικότητα συνηθίζει την αίσθηση του ανέμου και δεν ανταποκρίνεται σε αυτήν ως να ήταν παράγοντας στρες. Βεβαίως, η ανάμνηση δεν διατηρείται παρά για διάστημα μιας εβδομάδας.

### **Η ντροπαλή μιμόζα θυμάται**

Η μιμόζα (*Mimosa pudica*) είναι διάσημη για την ντροπαλοσύνη της: μόλις αγγίξουμε τα φύλλα της τα διπλώνει και μαζεύεται όπως κάνουν τα τρομαγμένα ζώακια. Την ίδια αντίδραση έχει το φυτό αν η γλάστρα στην οποία φύτευται ανυψωθεί απότομα. Πραγματοποιώντας ένα απλό πείραμα όμως ερευνητές του Πανεπιστημίου της Φλωρεντίας στην Ιταλία διαπίστωσαν ότι οι ντροπές της μιμόζας δεν είναι μόνιμες. Αν ανασηκώσει κανείς απότομα τη γλάστρα της για 5-6 φορές, το φυτό παύει να διπλώνει τα φύλλα του, διατηρώντας πάντα ακέραιη την ικανότητα να το κάνει εφόσον κάποιος τα αγγίξει. Σύμφωνα με τους ιταλούς επιστήμονες, η μιμόζα σύντομα αντιλαμβάνεται ότι το ανασήκωμα της γλάστρας της δεν είναι επικίνδυνο και παύει να καταναλώνει ενέργεια για το δίπλωμα των φύλλων της. Το εντυπωσιακό όμως είναι ότι διατηρεί τη γνώση αυτή για 40 ημέρες!

## **ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ**

### **Και όμως, κινούνται!**

Οξύμωρο σχήμα η κινητικότητα των φυτών, αλλά οι ερευνητές που ασχολούνται με τη μελέτη τους κάτι ξέρουν. Είναι προφανές ότι κανένα φυτό δεν μπορεί να φύγει από το σημείο όπου έχει φυτρώσει, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι πρόκειται και για οργανισμούς που δεν γνωρίζουν τι θα πει κίνηση. Μόνο που η κίνηση αφορά τη θέση που θα καταλάβουν στον χώρο.

Εξοπλισμένοι με τεχνολογία που είχε δημιουργηθεί για τη μελέτη της μηχανικής των υγρών, βιοφυσικοί του Πανεπιστημίου του Κιότο στην Ιαπωνία μελέτησαν τη φυτική κίνηση σε κυτταρικό επίπεδο. Διεπίστωσαν ότι τα κύτταρα του κορμού βρίσκονται σε μια δυναμική κατάσταση: έχοντας τη δυνατότητα να υπολογίζουν την πίεση στο εσωτερικό τους, επιμηκύνονται και συρρικνώνονται συνεχώς προκειμένου να διορθώσουν τη στάση του κορμού. Επιπλέον, το πλέγμα κυτταρίνης που περιβάλλει τα κύτταρα παχύνεται ή λεπταίνει με βάση την πίεση που δέχεται το φυτό σε κάθε σημείο του, λειτουργώντας όπως ένας μυς που με την έκταση και τη σύσπασή του καθορίζει τη θέση ενός χεριού ή ποδιού.

Με άλλα λόγια, τα φυτά δεν μεγαλώνουν απλώς προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Μετακινούν τα «μέλη» τους προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις προκειμένου να προσαρμοστούν στα δεδομένα του περιβάλλοντός τους.

### **Ισορροπία πάνω απ' όλα**

Σίγουρα θα έχετε δει δένδρα που, εξαιτίας της έκθεσής τους σε συνεχείς ανέμους, γέρνουν και μεγαλώνουν σχεδόν παράλληλα προς το έδαφος. (Σύνηθες είναι το φαινόμενο αυτό σε νησιά όπου ο αέρας φυσάει από τη θάλασσα και αναγκάζει τα φυτά να της γυρνούν την πλάτη.)

Η δυνατότητα να προσαρμόζεται κανείς στις επιταγές του περιβάλλοντος προϋποθέτει την ικανότητα να ξεχωρίζει τον εαυτό του από τους άλλους, και τα φυτά αποδεικνύεται ότι έχουν πλήρη αίσθηση του εαυτού τους. Για την ακρίβεια, αντιλαμβάνονται την ακριβή μορφή που έχουν.

Ηδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 οι ερευνητές γνώριζαν ότι συγκεκριμένα φυτικά κύτταρα διαθέτουν κόκκους αμύλου οι οποίοι μετακινούμενοι εξαιτίας της βαρύτητας πληροφορούν το φυτό για τη γωνία του σε σχέση με το έδαφος. Γάλλοι βιοφυσικοί του Πανεπιστημίου του Κλερμόν-Φεράν κατέδειξαν όμως ότι η πληροφορία που σχετίζεται με τη βαρύτητα δεν θα ήταν αρκετή από μόνη της για να αποδώσει την αίσθηση του εαυτού στα φυτά. Μελετώντας τη συμπεριφορά έντεκα ειδών φυτών των οποίων ο κορμός είχε καμφθεί από τη βάση του και μοντελοποιώντας τις δυνάμεις που εξασκούσαν σε κάθε σημείο τους οι ερευνητές διεπίστωσαν ότι σύντομα τα φυτά λαμβάνουν μια θέση ισορροπίας.

Αν η συμπεριφορά των φυτών καθοριζόταν μόνο από τη δυνατότητά τους να «αισθάνονται» τη βαρύτητα, θα προσπαθούσαν ανεπιτυχώς να επανέλθουν στην ορθή στάση. Ωστόσο, όπως συμβαίνει και στη φύση με δένδρα που εκτίθενται συχνά σε ανέμους, αυτό δεν συνέβη στο πείραμα των γάλλων ερευνητών. Ο κορμός υποταγμένος στις δυνάμεις που του εξασκούσαν παρέμεινε γερμένος, αλλά τα κλαδιά ελάμβαναν τέτοια θέση ώστε το όλον να διαθέτει ισορροπία. Όπως αποκάλυψαν οι ερευνητές, τα φυτά διαθέτουν σε όλο το μήκος και πλάτος του κορμού εξειδικευμένα μόρια τα οποία μετρούν τη γωνία της κάμψης του σε κάθε σημείο. Αυτή η τοπική πληροφορία μεταφράζεται σε συνολική συμπεριφορά, καθώς αξιοποιείται για τον καθορισμό της γωνίας των κλαδιών.

## **ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ**

### **Φυτικό κύτταρο Αϊνστάιν!**



Ισως το πλέον εντυπωσιακό από τα πρόσφατα επιστημονικά ευρήματα αφορά την ικανότητα των φυτών να χρησιμοποιούν κβαντικά φαινόμενα προκειμένου να αξιοποιήσουν καλύτερα το φως που «προμηθεύονται» από τον Ηλιο για να φωτοσυνθέσουν.

Η ιδέα και μόνο ότι ένας οποιοσδήποτε οργανισμός αξιοποιεί κβαντικά φαινόμενα για μία από τις λειτουργίες του ξενίζει: τα πειράματα κβαντικής μηχανικής στο εργαστήριο απαιτούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και πιέσεις οι οποίες δεν υφίστανται στα βιολογικά συστήματα. Το λογικό θα ήταν να αναμένει κανείς ότι οι ζωντανοί οργανισμοί είναι μέρη αφιλόξενα για κβαντικές καταστάσεις. Μια ομάδα επιστημόνων από το Institute of Photonic Sciences στην Ισπανία όμως κατέρριψε πρόσφατα την άποψη αυτή βάζοντας ταυτόχρονα ένα ακόμη λιθαράκι στο νέο πεδίο της κβαντικής βιολογίας.

Οι ισπανοί ερευνητές εργάστηκαν με κυανοφύκη, απλούστερους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, προκειμένου να διευκολυνθούν στις παρατηρήσεις τους. Όπως και στα ανώτερα φυτά, έτσι και στα κυανοφύκη το φως απορροφάται αρχικώς από την ειδικά σχεδιασμένη για τον σκοπό αυτόν μοριακή μηχανή και στη συνέχεια κατευθύνεται στα σημεία όπου η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Σύμφωνα με το άρθρο των ισπανών ερευνητών το οποίο δημοσιεύτηκε προσφάτως στην επιθεώρηση «Science» (21 Ιουνίου 2013, τεύχος 340, αριθμός 6139, σελ. 1.448-1.451), διαπιστώθηκε ότι τα φωτόνια για τη μετάβασή τους από το σημείο συλλογής τους ως το σημείο όπου θα αξιοποιηθούν παίρνουν την οικονομικότερη από ενεργειακής απόψεως οδό, η οποία μεταβάλλεται με βάση τις εκάστοτε συνθήκες. Ο εντοπισμός της οικονομικότερης οδού από το φυτό προϋποθέτει την ύπαρξη κβαντικών φαινομένων τα οποία όντως λαμβάνουν χώρα στις αφιλόξενες συνθήκες ζωντανών οργανισμών. Και όχι μόνο: όπως τονίζουν οι ισπανοί επιστήμονες, η αποτελεσματικότητα του κβαντικού αυτού συστήματος στον εντοπισμό της οικονομικότερης οδού αγγίζει το 90%, μια τιμή η οποία είναι εξωπραγματική για οποιαδήποτε ηλιακή κυψελίδα που έχει φτιαχθεί ως σήμερα από ανθρώπινα χέρια!

## **ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ**

### **Τα κουκιά διαθέτουν Wi-Fi**

Μπορεί το Διαδίκτυο και οι τηλεπικοινωνίες να είναι πρόσφατες ανακαλύψεις του ανθρωπίνου είδους, αλλά τα φυτά τις είχαν αναπτύξει εδώ και εκατομμύρια χρόνια! Ναι, δεν αστειεύομαστε: όπως ανακάλυψαν με έκπληξη σκώτοι ερευνητές του Πανεπιστημίου του Αμπερντίν, τα κουκιά διαθέτουν ένα υπόγειο σύστημα μυκητιακών υφών το οποίο χρησιμοποιούν, μεταξύ άλλων, για να ενημερώσουν τους συγγενείς τους για επικείμενη επίθεση εχθρού.

Στην πραγματικότητα οι εκπλήξεις των ερευνητών άρχισαν το 2010 όταν κινέζοι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι όταν ένα φυτό ντομάτας δέχεται επίθεση από κάποιον μύκητα, γειτονικά φυτά ελεύθερα ακόμη από εισβολείς ενεργοποιούν τα γονίδια που θα τους επιτρέψουν να αντισταθούν όταν και αν γίνει η εισβολή. Το γεγονός αυτό καθαυτό δεν είναι περίεργο: οι βοτανολόγοι γνώριζαν ότι τα φυτά επικοινωνούν μεταξύ τους. Θεωρούσαν ωστόσο ότι η επικοινωνία τους βασιζόταν κυρίως σε πτητικά μόρια. Έτσι και οι κινέζοι επιστήμονες που εργάζονταν με τα φυτά ντομάτας περίμεναν ότι η απομόνωση των προσβεβλημένων φυτών από τα γειτονικά τους θα διέκοπτε και την επικοινωνία τους. Αλλά δεν επαληθεύτηκαν! Το μήνυμα «προσοχή, δεχόμαστε επίθεση! Ετοιμαστείτε!» πέρασε και στα γειτονικά φυτά που αν και δεν μοιράζονταν τον ίδιο αέρα με τα προσβεβλημένα, άρχισαν τα οχυρωματικά γονιδιακά έργα τους.

Αν λοιπόν η επικοινωνία των φυτών ντομάτας δεν γίνεται με εναέρια μέσα, μήπως γίνεται με υπόγεια; Αυτό υπέθεσαν οι κινέζοι επιστήμονες, οι οποίοι παρατήρησαν ότι στο ριζικό σύστημα της ντομάτας αναπτύσσονταν μυκητιακές υφές (διακλαδιζόμενοι σωληνοειδείς σχηματισμοί που δημιουργούν εκτενή «χνουδωτά» δίκτυα) και πρότειναν πιθανή σχέση τους με την επικοινωνία των φυτών.

Το έργο των κινέζων συναδέλφων τους συνέχισαν σκώτοι ερευνητές επιλέγοντας να διεξαγάγουν τις έρευνές τους σε κουκιά. Όπως και στην περίπτωση των φυτών ντομάτας, έτσι και στο ριζικό σύστημα των κουκιών αναπτύσσεται ένα πλούσιο δίκτυο μυκητιακών υφών. Πρόκειται για στενή σχέση επωφελή και για τα δύο είδη

οργανισμών που, μεταξύ άλλων, ανταλλάσσουν θρεπτικά συστατικά και αλληλοβοηθούνται σε μεταβολικές διεργασίες.

Όπως περιγράφεται στο άρθρο των σκώτων ερευνητών το οποίο δημοσιεύεται στην επιθεώρηση «Ecology Letters», για τον πειραματισμό τους δημιούργησαν 8 «μικρόκοσμους». Καθένας από αυτούς περιελάμβανε 5 φυτά τα οποία αφέθηκαν να αναπτυχθούν για 4 μήνες και να αναπτύξουν τις συνήθεις σχέσεις με τους μύκητες. Αλλά όχι όλα τα φυτά: ένα από την πεντάδα ήταν απομονωμένο με ένα δίκτυο του οποίου οι οπές ήταν τόσο μικρές ώστε μόνο το νερό και τα ιχνοστοιχεία του να τις διαπερνούν, περιορίζοντας δηλαδή τόσο τις ρίζες του φυτού όσο και τις μυκητιακές υφές. Δύο φυτά περιορίστηκαν από ένα δίκτυο το οποίο επέτρεπε και τις μυκητιακές υφές να περάσουν, ενώ τα δύο τελευταία, εκ των οποίων το ένα τοποθετημένο στο κέντρο, αφέθηκαν ελεύθερα.

Στη συνέχεια οι ερευνητές μόλυναν το κεντρικό φυτό κάθε μικρόκοσμου με αφίδες και μελέτησαν την αντίδραση των υπολοίπων. Διαπίστωσαν ότι τα δύο φυτά των οποίων οι ρίζες δεν επικοινωνούσαν με το κεντρικό, αλλά οι μυκητιακές υφές τους συμπλέκονταν, είχαν αρχίσει τα αμυντικά έργα. Αντιθέτως, το φυτό που δεν είχε μυκητιακή επικοινωνία με το κεντρικό παρέμενε «ανυποψίαστο» για τον κίνδυνο. Το ίδιο ανυποψίαστα παρέμεναν και κάποια φυτά των οποίων οι συμπλεκόμενες με το κεντρικό μυκητιακές υφές είχαν καταστραφεί (από τους ερευνητές) λίγο προτού το κεντρικό φυτό δεχθεί την επίθεση.

Με αυτό το ευφυές πείραμα οι ερευνητές του Πανεπιστημίου του Αμπερντίν αποκάλυψαν ότι τα φυτά διέθεταν Wi-Fi πιθανότατα πριν από την εμφάνιση του ανθρωπίνου είδους πάνω στη Γη. Φανέρωσαν επίσης πόσο πολύπλευρες είναι οι σχέσεις των φυτών με τους υπόλοιπους οργανισμούς και πόσο λίγα γνωρίζουμε γι' αυτές.

*Σουφλέρη Ιωάννα Α.*

**Πηγή:** [tovima.gr](http://tovima.gr)