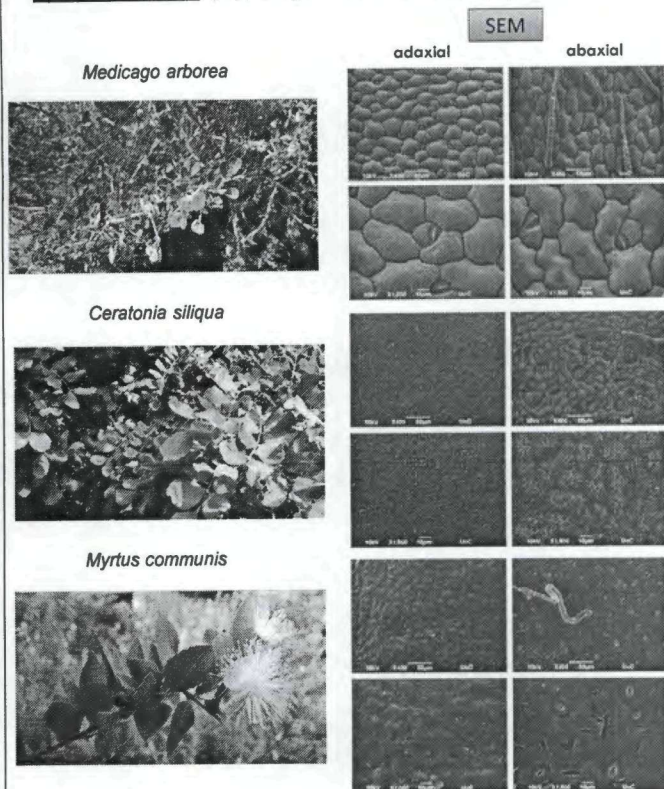


Μελέτη υδατικής κατάστασης και μικροαναγλύφου φυτικών ιστών

Κούκου, Δ.Ι. (1), Ριζοπούλου, Σ. (1), Μελετίου-Χρήστου, Μ.Σ. (1), Φωτάκης, Κ. (2), Στρατάκης, Μ. (2)



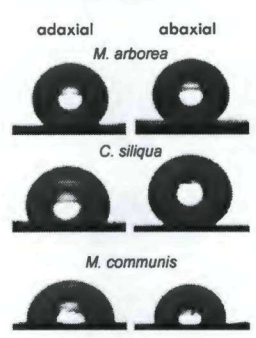
¹ Τομέας Βοτανικής, Τμήμα Βιολογίας, ΕΚΠΑ
Πανεπιστημιούπολη, 15784 Αθήνα
djkoukos@yahoo.com, srizop@biol.uoa.gr
² Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας,
Ηράκλειο, Κρήτη
fotakis@iesl.forth.gr

Εισαγωγή

Σε επιφάνειες φυτικών ιστών έχουν ανακαλυφθεί ενδιαφέρουσες ιδιότητες (υδρόφοβες, υδρόφιλες) που συμβάλλουν στην απόκριση των φυτών σε συνθήκες από το αβιοτικό και το έμβιο περιβάλλον των ενδιαιτημάτων τους. Τα φυτικά είδη έχουν εξελιχθεί υπό συνεχή πίεση ποικίλων περιβαλλοντικών συνθηκών, με αποτέλεσμα να αναπτύξουν προσαρμοστικούς μηχανισμούς με τη συμβολή της φυσικής επιλογής. Η προσκόλληση σταγονών του νερού στα φύλλα παίζει σημαντικό ρόλο στην δυνατότητα συγκράτησης του νερού της βροχής ετών στα φύλλα των φυτών, καθώς και σε άλλες υδρο-διεργασίες, και εξαρτάται από τις φυσικές και φυσικο-χημικές ιδιότητες των επιφανειών των φύλλων.

Η συλλογή των φυτών έγινε από μεσογειακά ενδιαιτήματα λίγο πριν την έναρξη της περιόδου των βροχοπτώσεων με στόχο την καλύτερη δυνατή αξιολόγηση των χαρακτηριστικών των φυλλικών επιφανειών. Μετρήσεις με στόχο τον προσδιορισμό της διαβρεξιμότητας των επιφανειών των φύλλων, όπως ο υπολογισμός της γωνίας επαφής των σταγονών του νερού με τις επιφάνειες, παράλληλα με την μελέτη του μικροαναγλύφου των φύλλων με χρήση μικροσκοπίας σάρωσης και την εκτίμηση της τραχύτητας τους, παρέχουν πληροφορίες μορφολογικές και φυσικο-χημικές, οι οποίες μπορούν να συμβάλλουν στη δημιουργία πρωτοποριακών τεχνητών υλικών που βασίζονται στον δοκιμασμένο σχεδιασμό της φύσης.

Φωτογραφίες από την έναρξη της σταγόνας νερού στην επιφάνεια των φύλλων



<i>M. arborea</i>		
	adaxial	abaxial
Contact angle (°)	140.0 ± 7.1	143.0 ± 8.1
Hysteresis (°)	27.5 ± 4.3	29.0 ± 2.7
Adhesion (g/m ²)	3.6 ± 2.7	19.2 ± 10.6
<i>C. siliqua</i>		
	adaxial	abaxial
Contact angle (°)	126.8 ± 14.1	150.9 ± 5.2
Hysteresis (°)	47.9 ± 4.1	33.1 ± 6.1
Adhesion (g/m ²)	116.9 ± 29.2	66.2 ± 29.6
<i>M. communis</i>		
	adaxial	abaxial
Contact angle (°)	93.1 ± 6.3	98.1 ± 4.4
Hysteresis (°)	55.2 ± 10.2	52.4 ± 9.9
Adhesion (g/m ²)	66.5 ± 19.2	103.6 ± 16.9

Υλικά και Μέθοδοι

Η συλλογή των φυτικών ειδών πραγματοποιήθηκε στον χώρο της Πανεπιστημιούπολης του ΕΚΠΑ, καθώς και στον Βοτανικό Κήπο της Φιλοδασικής Ενωσης Αθηνών στην Καισαριανή. Οι επιφάνειες των φύλλων παρατηρήθηκαν με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (JEOL JSM-6390LV Scanning Electron Microscope). Η διαβρεξιμότητα των επιφανειών προσδιορίστηκε με χρήση συστήματος μέτρησης γωνίας επαφής (Dataphysics Instruments, Dataphysics OCA 35, TBU 90E) και κατάλληλου λογισμικού (Dataphysics SCA 20), με τα οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στατικής (static), προελαύνουσας (advancing) και υποχωρούσας (receding) γωνίας επαφής (contact angle) για την άνω και κάτω επιφάνεια των φύλλων του κάθε φυτικού είδους. Από τις δύο τελευταίες μετρήσεις υπολογίστηκε η υστέρηση κάθε επιφάνειας. Επίσης υπολογίστηκε η δυνατότητα συγκράτησης του νερού στις επιφάνειες (adhesion) με ζύγιση των φύλλων πριν και μετά την διαβροχή της άνω ή κάτω επιφάνειάς τους με ψεκασμό.

Οι μετρήσεις γωνιών επαφής πραγματοποιήθηκαν στο Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας στο Ηράκλειο Κρήτης, η παρατήρηση με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης στο Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Βασίλης Γαλανόπουλος στο Πανεπιστήμιο Κρήτης στο Ηράκλειο, και οι μετρήσεις κατακράτησης του νερού στον Τομέα Βοτανικής του Τμήματος Βιολογίας στο ΕΚΠΑ.

Συμπεράσματα

Η μελέτη των ηλεκτρονιογραφιών των επιφανειών των φύλλων δίνει πληροφορίες για το μικροαναγλυφο των επιφανειών των φύλλων. Η παρουσία κηρών ή και τριχών στην επιφάνεια φύλλων μπορεί να σχετίζεται με ιδιότητες, οι οποίες ενίοτε οδηγούν σε συγκράτηση (adhesion) ή απώθηση του ύδατος. Οι μετρήσεις των επαφόμενων σταγονών νερού, της γωνίας επαφής αλλά και της υστέρησης, δίνουν την δυνατότητα να εκτιμηθεί ποσοτικά η υδρόφοβη ή υδρόφιλη υφή των φυλλικών επιφανειών με μεγαλύτερη σαφήνεια. Η γωνία επαφής είναι μια πρώτη ένδειξη της διαβρεξιμότητας (wettability) μιας επιφάνειας, ενώ η υστέρηση αποτελεί μέτρο της 'κανονότητας' μιας επιφάνειας να απομακρύνει το νερό από αυτήν. Αυτές οι μετρήσεις, σε συνδυασμό με τον υπολογισμό και της συνολικής δυνατότητας συγκράτησης του νερού από τις επιφάνειες, συμβάλλουν στον συνολικότερο χαρακτηρισμό της υδρόφοβης ή υδρόφιλης υφής των επιφανειών.

Βιβλιογραφία

Feng L, Zhang Y, Xi J, Zhu Y, Wang N, Xia F et al. (2008) Petal effect: a superhydrophobic state with high adhesive force. *Langmuir* 24: 4114-4119.
Koch, K., Bhushan, B., & Barthlott, W. (2009). Multifunctional surface structures of plants: an inspiration for biomimetics. *Progress in Materials Science*, 54(2), 137-178.
Nosonovsky, M., & Bhushan, B. (2009). Superhydrophobic surfaces and emerging applications: non-adhesion, energy, green engineering. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 14(4), 270-280.
Stratakis E, Zorba V, Barberoglou M, Spanakis E, Rhizopoulos S, Tzanetakis P, Fotakis C. (2006) Laser structuring of water-repellent biomimetic surfaces. *SPIE Newsroom* 10.1117/1.2203001.1441.
Wang, H., Shi, H., Li, Y., & Wang, Y. (2014). The effects of leaf roughness, surface free energy and work of adhesion on leaf water drop adhesion. *Advances in Colloid and Interface Science*, 210, 58-64.
Wohlfahrt, G., Bianchi, K., & Cernusca, A. (2005). Leaf and stem maximum water storage capacity of herbaceous plants in a mountain meadow. *Journal of Hydrology*, 317(1), 283-290.
Zorba V, Stratakis E, Barberoglou M, Spanakis E, Tzanetakis P, Anastasiadis SH, Fotakis C. (2008). Biomimetic artificial surfaces quantitatively reproduce the water repellency of a Lotus leaf. *Adv. Mater.* 20, 4049-4054.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον Λέκτορα Παιδαγωγική (ΠΕ) για την πολύτιμη βοήθεια του και τον Καθηγητή Σπύρο Αναστασάδη (Δευτενή ΙΗΔΔ, ΠΕ) για την φιλοξενία στο εργαστήριό του.

