

Χειμερινός λήθαργος φυλλοβόλων οπωροφόρων και ακρόδρυων δένδρων

2. Μοντέλα υπολογισμού και δεδομένα συσσώρευσης ψύχους σε περιοχές της Ελλάδας και Κύπρου

Στο άρθρο αυτό, το δεύτερο στη σειρά των άρθρων για το χειμερινό λήθαργο των δένδρων, δημοσιεύονται για πρώτη φορά τα δεδομένα συσσώρευσης χειμερινού ψύχους (κατά την τελευταία τριετία) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και Κύπρου. Τα δεδομένα είναι σε Ώρες ψύχους, Μονάδες ψύχους και Μερίδες ψύχους όπως υπολογίζονται από τα αντίστοιχα τρία μοντέλα. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συγκριθούν με τις απαιτήσεις σε ψύχος των διαφόρων ποικιλιών (οι διαθέσιμες πληροφορίες μπορεί να είναι σε μια οποιαδήποτε από τις τρεις μονάδες) και να επιλεγούν οι καταλληλότερες ποικιλίες κατά περιοχή.

Η παραγωγικότητα και σταθερότητα της παραγωγής στα φυλλοβόλα οπωροφόρα δένδρα και ακρόδρυα επηρεάζεται από κλιματικές παραμέτρους και κυρίως από το εύρος των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Ιδιαίτερη σημασία έχει το χειμερινό ψύχος για την άνθηση και καρποφορία, ιδιαίτερα σε ζεστά κλίματα. Σημαντικές διαφορές στη συσσώρευση ψύχους παρατηρούνται μεταξύ των διαφόρων περιοχών της Ελλάδας, που επηρεάζονται από το γεωγραφικό πλάτος, την τοποθεσία και το υψόμετρο, ενώ παρατηρούνται και σημαντικές διαφορές σε μια περιοχή μεταξύ των ετών. Η καταγραφή της συσσώρευσης ψύχους σε διαφορετικές περιοχές και για μεγάλα χρονικά διαστήματα είναι απαραίτητη για να γνωρίζουν οι παραγωγοί τα χαρακτηριστικά της περιοχής τους ως προς την παράμετρο αυτή και να μπορούν να διαλέγουν ποικιλίες των οποίων οι απαιτήσεις σε ψύχος είναι μέσα στις επικείμενες αυξομειώσεις που παρατηρούνται από έτος σε έτος αλλά και λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Στην παρούσα εργασία, για πρώτη φορά, υπολογίστηκε και παρουσιάζεται η συσσώρευση ψύχους κατά τη διάρκεια τριών χειμερινών περιόδων σε περιοχές της Ελλάδος και Κύπρου εφαρμόζοντας τρία διαφορετικά μοντέλα υπολογισμού της. Σε επόμενη εργασία θα παρουσιαστούν βιβλιογραφικά και πειραματικά δεδομένα σχετικά με τις απαιτήσεις διαφορετικών ειδών και ποικιλιών. Είναι σημαντικό να μετρώνται οι ώρες ψύχους και τα δεδομένα να είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο ώστε οι παραγωγοί να μπορούν να εφαρμόσουν τα κατάλληλα καλλιεργητικά μέτρα ή ψεκασμούς σε περιόδους ελλειπών ψύχους (όπως αναφέρθηκε στο σχετικό άρθρο στο προηγούμενο τεύχος).

Μοντέλα υπολογισμού της συσσώρευσης ψύχους

Υπάρχουν τρία μοντέλα για τον υπολογισμό της συσσώρευσης ψύχους σε μια περιοχή, με βάση τα δεδομένα της

Δρ. Δρογούδη Παυλίνα¹, Δρ. Παντελίδης Γεώργιος¹ και Ομ. καθ. Βασιλακάκης Μιλτιάδης²

¹ Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων, Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων, ΕΛΓΟ 'ΔΗΜΗΤΡΑ', Σ.Σ. Νόουσας 38, Νόουσα, www.pomologyinstitute.gr

² Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Δενδροκομίας

θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες, και αντίστοιχα τρεις μονάδες έκφρασης της συσσώρευσης ψύχους (σε Ώρες, Μονάδες και Μερίδες).

Ώρες Ψύχους. Αρχικά θερμοκρασίες κάτω από το όριο των 7,0 °C θεωρήθηκαν ως ικανές για τη διάσπαση του ληθάργου (22)*. Η αντίληψη πως θερμοκρασίες κάτω από το μηδέν δεν είναι αποτελεσματικές στη διάσπαση του ληθάργου οδήγησαν στην ανάπτυξη του Μοντέλου των Ωρών Ψύχους (Chilling Hour Model) το οποίο ονομάζεται και Μοντέλο του Weinberger ή Μοντέλο των 0-7,2 °C (9). Στο μοντέλο αυτό, θερμοκρασίες που είναι μεταξύ 0 και 7,2 °C υπολογίζονται πως έχουν επίδραση στη συσσώρευση ψύχους, και κάθε ώρα με θερμοκρασία στο παραπάνω εύρος συμβάλει στη συσσώρευση μίας ώρας ψύχους (Chilling Hour). Οι παραγωγοί χρησιμοποιούν ευρέως το μοντέλο αυτό λόγω της ευκολίας υπολογισμού του.

Μονάδες Ψύχους. Η επόμενη σημαντική πρόοδος στην κατανόηση της αντίδρασης των δένδρων στις θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του ληθάργου ήταν η ανακάλυψη πως υψηλές θερμοκρασίες είχαν αρνητική δράση στη συσσώρευση ψύχους. Το 1974, ο Richardson και οι συνεργάτες του (36)* ανέπτυξαν το Μοντέλο Utah, στο οποίο το εύρος των σημαντικών θερμοκρασιών κυμαίνεται από 1,4 έως 12,4



Σε περιοχές με ήπιο χειμώνα (μικρή συσσώρευση ψύχους) ποικιλίες με μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ψύχος για τη διακοπή του ληθάργου θα έχουν μικρή ή καθόλου καρπώδεση.

°C ενώ θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 15,9 °C έχουν αρνητική επίδραση στη συσσώρευση ψύχους. Σ' αυτήν την μέθοδο υπολογίζεται ο βαθμός της συσσώρευσης ψύχους με τις μονάδες ψύχους (chill units). Θετικές και αρνητικές μονάδες ψύχους συσσωρεύονται ανάλογα με το εύρος των θερμοκρασιών. Η αντιστοιχία θερμοκρασίας – μονάδων ψύχους είναι: $\leq 1,5=0,0$; $1,6-2,4=0,5$; $2,5-9,1=1,0$; $9,2-12,4=0,5$; $12,5-15,9=0,0$; $16,0-18,0=-0,5$; $18,1-21,0=-1,0$; $21,1-23,0=-2,0$. Το μοντέλο αυτό έχει πολύ καλή εφαρμογή σε ηπειρωτικές περιοχές και κακή σε υποτροπικές (10)*. Η έναρξη της συσσώρευσης των μονάδων ψύχους υπολογίζεται όταν το ψύχος είναι σταθερό και υψηλές θερμοκρασίες είναι σπάνιες.

Μερίδες Ψύχους. Πιο σωστό από βιολογικής πλευράς είναι το **Δυναμικό Μοντέλο (Dynamic Model)**, το οποίο αναπτύχθηκε και μελετήθηκε σε όλο τον κόσμο τα τελευταία 20 χρόνια (15, 17)*. Βασίζεται στην παραδοχή πως το ψύχος συσσωρεύεται σε δύο στάδια: στο πρώτο στάδιο παράγεται ένα ενδιάμεσο αποτέλεσμα σε μία διαδικασία όπου οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Αυτή η διεργασία είναι αναστρέψιμη και το ενδιάμεσο αποτέλεσμα μπορεί να ακυρωθεί με τη ζέση. Εάν εκτεθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες τότε το ενδιάμεσο αποτέλεσμα θα μετατραπεί σε δεύτερο στάδιο σε μία μη αναστρέψιμη διαδικασία που χαρακτηρίζεται ως μερίδα ψύχους (Chill Portion). Οι μερίδες ψύχους συσσωρεύονται συμβάλλοντας στην ικανοποίηση των απαιτήσεων σε ψύχος. Είναι το μόνο μοντέλο που μπορεί να περιγράψει την εμφανή αρνητική επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών, το όριο του πόσο ψύχος μπορεί να ακυρωθεί και την θετική επίδραση στη διάσπαση του ληθάργου που έχουν οι μέτριες θερμοκρασίες όταν ακολουθούνται από δροσερές θερμοκρασίες. Σημαντική διαφορά από τα προηγούμενα μοντέλα είναι το ότι δίδεται σημασία στην ακολουθία των θερμοκρασιών κατά την ψυχρή περίοδο. Στο Μοντέλο Utah η ίδια θερμοκρασία έχει πάντα την ίδια επίπτωση ανεξάρτητα από το πότε συμβαίνει. Στο Δυναμικό Μοντέλο πολλές διεργασίες αλληλεπιδρούν και η παραγωγή μίας μερίδας ψύχους είναι μέρος ενός ενδιάμεσου προϊόντος. Έτσι παρόμοιες θερμοκρασίες σε διαφορετικές περιόδους έχουν διαφορετική επίδραση στη συσσώρευση ψύχους. Το μοντέλο αυτό θεωρείται ως το καλύτερο ανάμεσα στα υπάρχοντα μοντέλα, ιδιαίτερα για θερμές περιοχές. Δυστυχώς όμως δεν υπάρχουν ακόμα αρκετά δεδομένα όσον αφορά τις μερίδες ψύχους που απαι-



Οι περιοχές στην Ελλάδα και στην Κύπρο στις οποίες υπολογίστηκε η συσσώρευση ψύχους (1/11 - 15/3, στα έτη 2014-15, 2015-16, 2016-17).

τούνται για τη διάσπαση του ληθάργου σε μεγάλο εύρος ποικιλιών όπως θα αναπτυχθεί στο επόμενο τεύχος.

Συσσώρευση ψύχους σε περιοχές της Ελλάδας και της Κύπρου

Μεθοδολογία

Υπολογίστηκε η συσσώρευση ψύχους από 1 Νοεμβρίου μέχρι 15 Μαρτίου των ετών 2014-2015, 2015-2016 και 2016-2017 σε δένδροκομικές περιοχές της Ελλάδας και της Κύπρου. Χρησιμοποιήθηκαν ωριαίες τιμές θερμοκρασιών από αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς που είναι τοποθετημένοι σε αγρούς και ελέγχονται από α) το Περιφερειακό Κέντρο Προστασίας Φυτών Ηρακλείου (περιοχές ΤΕΙ Ηρακλείου και Ασήμι στο Ηράκλειο Κρήτης), β) Περιφερειακό Κέντρο Προστασίας Φυτών Πάτρας (περιοχή Βελίκα Μεσσηνίας), γ) ΤΕΙ Ηπείρου, Εργαστήριο Γεωργικής και Περιβαλλοντικής Μηχανικής (περιοχές Βίγλα και Καμπή Άρτας), δ) Αγροτικό Συνεταιρισμό Ήρας και Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων Ήρας-Κουρτακίου (περιοχή Άργος στην Αργολίδα), ε) Τμήμα Μετεωρολογίας Κύπρου (έξι περιοχές της Επαρχίας Λεμεσού Κύπρου) και στ) Τμήμα Ακροδρύων, Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων (Βαρδάτες Φθιώτιδας).

Πίνακας 1: Μεταβολές στη συσσώρευση ψύχους σε περιοχές της Ελλάδας και Κύπρου εφαρμόζοντας τα μοντέλα Dynamic, 0-7,2 °C και Utah για τις περιόδους 2014-15, 2015-16 και 2016-17 (από 1 Νοεμβρίου μέχρι 15 Μαρτίου).

Νομός	Περιοχή (Υψόμετρο)	Μερίδες Ψύχους (μοντέλο Dynamic)				Ώρες Ψύχους (μοντέλο 0-7,2 °C)				Μονάδες Ψύχους (μοντέλο Utah) ¹			
		2014-15	2015-16	2016-17	Μ.Ο.*	2014-15	2015-16	2016-17	Μ.Ο.*	2014-15	2015-16	2016-17	Μ.Ο.*
Ημαθία	Νάουσα	92	80	83	85	1260	944	1189	1131	1941	1508	1500	1650
Φθιώτιδα	Βαρδάτες	77	65	79	74	936	971	1253	1053	1295	963	1526	1261
Αργολίδα	Άργος Α.Σ. Ήρας (18 μ)	67	56	78	67	965	979	1082	1009	1189	884	1349	1141
Άρτα	Βίγλα	-	67	84	76	-	880	1045	963	-	1183	1484	1334
	Καμπί	-	57	75	66	-	821	940	881	-	945	1298	1127
Μεσσηνία	Βελίκα	-	-	63	-	-	-	569	-	-	-	1004	-
Ηράκλειο	Ασήμι (263 μ)	69	56	82	69	762	491	1034	762	1223	857	1658	1246
	ΤΕΙ (19 μ)	49	38	67	51	378	271	476	375	-	-	-	-
Κύπρος, Επαρχία Λεμεσού	Αγρός (998 μ)	89	83	88	87	1231	1195	1660	1362	1942	1695	1931	1856
	Επαγώνια (512 μ)	60	62	78	67	411	770	1180	787	835	951	1553	1113
	Κανναβιού (422 μ)	60	53	73	62	411	375	774	520	827	519	1289	878
	Ταμασός (407 μ)	66	57	79	67	575	618	1012	735	1158	816	1470	1148
	Φράγμα Κούρη (215 μ)	39	31	54	41	189	177	327	231	414	171	846	477
	Λεμεσός (0 μ)	22	17	37	25	98	97	138	111	-	-	-	-

* Μ.Ο. = μέσος όρος για την τριετία.

¹ Επειδή σε ζεστές περιοχές το μοντέλο Utah δεν έχει καλή εφαρμογή, αυτές δεν υπολογίστηκαν σε περιοχές της Κύπρου και Κρήτης.

Μετρήσεις ωριαίων θερμοκρασιών δεν ήταν διαθέσιμες για την περιοχή της Νάουσας, και γι' αυτό χρησιμοποιήθηκαν ημερήσιες ελάχιστες και μέγιστες τιμές θερμοκρασιών που καταγράφονταν σε μετεωρολογικό σταθμό στο Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων και υπολογίστηκαν οι ωριαίες θερμοκρασίες με βάση τις σχετικές εξισώσεις.

Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της συσσώρευσης ψύχους με τα μοντέλα Dynamic (15)*, 0-7 °C και Utah (36)*. Το φύλλο εργασίας excel για τους υπολογισμούς είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του Τμήματος Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα για τις περιόδους από 1 Νοεμβρίου μέχρι 15 Μαρτίου των τριών ετών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και οι μέσες τιμές (± τυπικό σφάλμα) στο Σχήμα 1. Επειδή το μοντέλο Utah δεν έχει καλή εφαρμογή σε ζεστές περιοχές (λόγω υψηλών θερμοκρασιών), αυτές δεν υπολογίστηκαν σε περιοχές της Κύπρου και Κρήτης. Όπως αναμενόταν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη συσσώρευση ψύχους, μεταξύ των διαφορετικών περιοχών στην Ελλάδα και Κύπρο όπως υπολογίστηκαν με τα τρία μοντέλα. Ο υπολογισμός του ψύχους με διαφορετικά μοντέλα γίνεται για να είναι δυνατή η συσχέτιση των περιοχών με τα δεδομένα των απαιτήσεων ειδών και ποικιλιών οπωροφόρων δένδρων (παρουσιάζονται στο επόμενο τεύχος) τα οποία στη βιβλιογραφία δίνονται με διάφορους τρόπους (ανομοιομορφία).

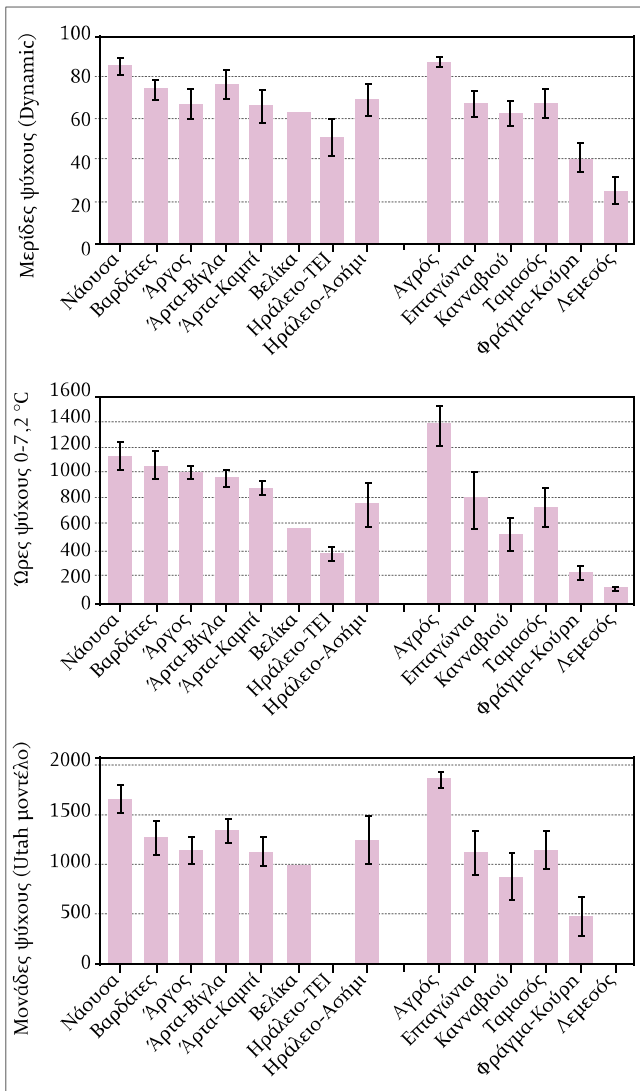
Σε μερίδες ψύχους, η υψηλότερη τιμή βρέθηκε στη Νάουσα και ήταν παρόμοια με εκείνη στον Αγρό της Λεμεσού (86 μερίδες ψύχους), περιοχή με 998 μέτρα υψόμετρο. Σε ώρες

ψύχους και μονάδες ψύχους, οι τιμές ήταν υψηλότερες στον Αγρό, σε σύγκριση με τη Νάουσα (Πίνακας 1, Σχήμα 1). Στις δύο αυτές περιοχές η συσσώρευση του ψύχους είναι αρκετή για να καλλιεργούνται τα πιο απαιτητικά φυλλοβόλα οπωροφόρα είδη και ακρόδρυα (μήλα, κεράσια και καρύδια) χωρίς προβλήματα ελλιπούς ψύχους.

Μικρότερες τιμές συσσώρευσης ψύχους, σε σύγκριση με τη Νάουσα, καταγράφονταν στις Βαρδάτες και στην Άρτα-Βίγλα και ακολούθησαν το Άργος και η Άρτα-Καμπί. Η κατάταξη των περιοχών διαφέρει ανάλογα με το μοντέλο υπολογισμού της συσσώρευσης ψύχους. Οι μικρότερες τιμές ψύχους σε Άρτα και Άργος σχετίζονται με προβλήματα καρποφορίας που αναφέρονται από παραγωγούς ορισμένες χρονιές, όπως μείωση της παραγωγής ακτινιδιάς στην Άρτα το έτος 2016 και μειωμένη παραγωγή σε ορισμένες ποικιλίες βερικοκιάς στο Άργος. Σημαντικά χαμηλότερες τιμές συσσώρευσης ψύχους βρέθηκαν στη Βελίκα Μεσσηνίας και στην Κρήτη.

Το υψόμετρο μίας περιοχής επηρεάζει σημαντικά το ψύχος που καταγράφεται ιδιαίτερα σε περιοχές με χαμηλό γεωγραφικό πλάτος όπως το Ηράκλειο και η Επαρχία Λεμεσού, π.χ. η περιοχή Ασήμι στο Ηράκλειο Κρήτης σε σύγκριση με το ΤΕΙ Ηρακλείου και ο Αγρός σε σχέση με τη Λεμεσό. Οι παραπάνω διαφορές είναι εκείνες που καθορίζουν τη δυνατότητα εγκατάστασης εμπορικών οπωρώνων για είδη και ποικιλίες με υψηλές απαιτήσεις σε ψύχος.

Σημαντικές διαφορές καταγράφονταν και μεταξύ διαφορετικών ετών, δείχνοντας πως είναι αναγκαίο ο υπολογισμός να γίνει για μεγαλύτερο αριθμό χειμερινών περιόδων (τουλάχιστον 7). Η χειμερινή περίοδος 2016-17 ήταν ιδιαίτερα ψυχρή ενώ η αντίστοιχη 2015-16 ήταν ιδιαίτερα θερμή σε Κύπρο και



Σχήμα 1: Μέση τιμή (±τυπικό σφάλμα) συσώρευσης ψύχους σε περιοχές της Ελλάδας και Κύπρου εφαρμόζοντας τα μοντέλα Dynamic, 0-7,2 °C και Utah για τις περιόδους 2014-15, 2015-16 και 2016-17 (από 1 Νοεμβρίου μέχρι 15 Μαρτίου).

Ελλάδα. Η αύξηση της συσώρευσης ψύχους κατά τη χειμερινή περίοδο 2016-17 ήταν ιδιαίτερα υψηλή σε ζεστές περιοχές της Κύπρου και Ηρακλείου, κάτι που πιθανόν οφείλεται στο ότι θερμοκρασίες κάτω του μηδενός δεν συνεισφέρουν στη διάσπαση του ληθάργου, και στη Νάουσα καταγράφηκαν πολλές ώρες κάτω του μηδενός, ενώ στην Κύπρο και στο Ηράκλειο Κρήτης καταγράφηκαν πολλές ώρες με θερμοκρασία πάνω και κοντά στο μηδέν (δεδομένα δεν παρουσιάζονται).

Συμπεράσματα

Η επαρκής κάλυψη των αναγκών των ποικιλιών σε χαμηλές θερμοκρασίες για τη διάσπαση του χειμερινού ληθάργου είναι αναγκαία προκειμένου να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη και κανονική παραγωγή κάθε χρόνο (επετριοφορία). Γι αυτό, ιδιαίτερα σε ζεστές περιοχές, είναι σημαντικό να μετρώνται οι ώρες ψύχους, τα δεδομένα να είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο για να μπορεί ο παραγωγός να διαλέξει με ασφάλεια την κατάλληλη ποικιλία και είδος καλλιέργειας, ενώ σε περιόδους

Πριν αποφασίσεις την εγκατάσταση εμπορικού οπωρώνα

- ▶ Ζήτησε πληροφορίες για τη συσώρευση ψύχους στην περιοχή σου και τις διακυμάνσεις από έτος σε έτος.
- ▶ Ζήτησε πληροφορίες για τις απαιτήσεις σε ψύχος των ειδών και ποικιλιών δένδρων που σ' ενδιαφέρουν.



ελλιπούς ψύχους να μπορεί να εφαρμόσει στο σωστό χρόνο τα κατάλληλα καλλιεργητικά μέτρα ή ψεκασμούς, προκειμένου να μετριάσει τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στην καλλιέργεια.

Για τον υπολογισμό της συσώρευσης ψύχους με διαφορετικά μοντέλα, στην ιστοσελίδα του Τμήματος Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων (www.pomologyinstitute.gr) υπάρχει φύλλο εργασίας excel το οποίο μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι παραγωγοί που έχουν διαθέσιμα δεδομένα ωριαίων θερμοκρασιών που καταγράφονται σε αγρούς της περιοχής τους.

Ευχαριστίες. Για την παροχή μετεωρολογικών δεδομένων, ευχαριστίες οφείλονται στους Δρ. Ι. Τσιρογιάννη (ΤΕΙ Ηπείρου), κ. Ν. Μπαγκά (Π.Κ.Π.Φ. Ηρακλείου), κ. Ν. Πέττα (Π.Κ.Π.Φ. Πάτρας), κ. Π. Μιχαήλ και κ. Γ. Αριστείδου (Τμήμα Μετεωρολογίας και Τμήμα Γεωργίας Κύπρου) και Α.Σ. Ήρας και Τ.Ο.Ε.Β. Ήρας-Κουρτακίου.

- ▶ **Μη χάσετε το επόμενο τεύχος, όπου θα δημοσιευθεί το τρίτο (και τελευταίο) άρθρο της σειράς, με δεδομένα για τις απαιτήσεις σε ψύχος μεγάλου αριθμού ειδών και ποικιλιών φυλλοβόλων δένδρων.**