

Ανοιξιάτικοι παγετοί: Τύποι παγετού, κρίσιμες θερμοκρασίες και μέτρα προστασίας σε οπωρώνες



Δρ. Π. Δρογούδη και Κ. Καζαντζής

ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων,
Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας, www.pomologyinstitute.gr





Νάουσα, Ιανουάριος 2025

Δρογούδη Π., Καζαντζής Κ. 2025. Ανοιξιάτικοι παγετοί: Τύποι παγετού, κρίσιμες θερμοκρασίες και μέτρα προστασίας σε οπωρώνες. Ενημερωτικό Δελτίο Ιανουάριος 2025. ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ. σελ. 15

Drogoudi P., Kazantzis K. 2025. Spring frosts in orchards: Frost types, critical temperatures and protection measures. Newsletter January 2025. ELGO-DIMITRA, pages 15



Περιεχόμενα

Εισαγωγή	1
Τύποι παγετού	1
Ευπάθεια διαφορετικών ειδών/ ποικιλιών και κρίσιμες θερμοκρασίες	2
Παθητικά μέτρα προστασίας	4
Επιλογή της θέσης του οπωρώνα	4
Διαχείριση αποτροπής ψυχρού αέρα.....	5
Επιλογή είδους και ποικιλίας	5
Ψεκασμοί	6
Κλάδεμα	7
Διαχείριση θρέψης	7
Διαχείριση εχθρών και ασθενειών	7
Κάλυψη φυτών με αντιπαγετικό ύφασμα.....	7
Βαφή ή περιτύλιξη του κορμού	8
Αποφυγή εδαφοκαλλιέργειας	8
Άρδευση	9
Ζιζανιοκτονία	9
Ενεργητικά μέτρα προστασίας	9
Μετεωρολογικές προβλέψεις	10
Προσδιορισμός του κινδύνου παγετού στον οπωρώνα	10
Κεριά παραφίνης.....	10
Καταιονισμός	11
Θερμάστρες	13
Ανεμομείκτες	14
Ελικόπτερα	14
Κάθετες τουρμπίνες (Selective Inversion System)	14
Συμπεράσματα	14
Βιβλιογραφία	15

Εισαγωγή

Οι χαμηλές θερμοκρασίες είναι ένας από τους περισσότερο ζημιογόνους παράγοντες για την αγροτική παραγωγή, και έχει προκαλέσει τεράστιες οικονομικές ζημιές στη δενδροκαλλιέργεια της Βόρειας Ελλάδας. Εξαιτίας αυτού ο ΕΛΓΑ έχει καταβάλλει τεράστιες χρηματικές αποζημιώσεις στους ζημιούμενους παραγωγούς, καθώς και χρηματοδότησε στο παρελθόν ερευνητικά έργα με θέμα τη μελέτη μεθόδων προστασίας όπως η χρήση ανεμομεικτών (περίοδος 1994-1997, ΑΠΘ) και ψεκασμών με φυσικές/χημικές ουσίες (περίοδος 2004-2006, ΕΘΙΑΓΕ).

Στην Νάουσα Ημαθίας, οι ημέρες με παγετό μειώθηκαν τον Μάρτιο από 4,9 την περίοδο 1984-2000, σε 1,3 ημέρες την περίοδο 2001-2023 (Δρογούδη και Παντελίδης, αδημοσίευτα δεδομένα). Ο Μαυρομάτης (2025) επίσης αναφέρει πως στην Ελλάδα και ειδικότερα στην Κεντρική Μακεδονία καταγράφηκε μείωση της συχνότητας ημερών παγετού ($<0^{\circ}\text{C}$) την άνοιξη, όταν συγκρίθηκε η πρόσφατη περίοδος 2010-2020, με την περίοδο αναφοράς 1951-2020. Αντίθετα σε χώρες που γειτνιάζουν με τον Ατλαντικό ωκεανό σε Ευρώπη και Βόρεια Αμερική, καταγράφηκε τελευταία αύξηση τη συχνότητας ανοιξιότικων παγετών, ως συνέπεια της μεταφοράς ψυχρών αέριων μαζών από το Βόρειο πόλο κατά το λιώσιμο των πάγων λόγω της κλιματικής αλλαγής (Qianqian et al., 2018). Σήμερα, σημαντικές ζημιές από παγετό προκαλούνται σε συνθήκες 'ψευτο-άνοιξης' κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, που οδηγούν τις ποικιλίες με μικρές απαιτήσεις σε ψύχος να ανθίσουν και να εκτεθούν σε παγετό.

Οι μέθοδοι αντιπαγετικής προστασίας χωρίζονται σε παθητικούς και ενεργητικούς. Οι παθητικές μέθοδοι εφαρμόζονται πριν τον παγετό, για παράδειγμα, όπως η επιλογή της τοποθεσίας, των ποικιλιών, η εφαρμογή ψεκασμών κ.α. Η ενεργητική προστασία περιλαμβάνει μεθόδους που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια του παγετού για την αποφυγή της πτώσης της θερμοκρασίας, όπως η χρήση ανεμομεικτών, θερμαστών, άρδευσης κ.α.. Οι παθητικές μέθοδοι είναι περισσότερο οικονομικά συμφέρουσες, σε σύγκριση με τις ενεργητικές μεθόδους αντιπαγετικής προστασίας γιατί απαιτούν ενέργεια, εξοπλισμό κ.α. ενώ η αποφυγή των ζημιών λόγω φύτευσης σε περιοχές χωρίς παγετό θα πρέπει να είναι το κύριο μέσο αποφυγής αυτών των ζημιών. Στην παρούσα μελέτη γίνεται βιβλιογραφική αναφορά για τα είδη παγετού, τις κρίσιμες θερμοκρασίες και τις παθητικές και ενεργητικές μεθόδους προστασίας.

Τύποι παγετού

Ο παγετός προκαλείται από την πτώση της θερμοκρασίας του αέρα κάτω από 0°C , σε θερμοκρασία όπου η υγρασία στον αέρα θα συμπυκνωθεί ως πάχος σε μία επιφάνεια. Το σημείο παγετού είναι ανάλογο με το σημείο δρόσου, δηλαδή η θερμοκρασία όπου το νερό συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή. Το σημείο παγετού και το σημείο δρόσου εξαρτώνται από την σχετική υγρασία του αέρα.

Συναντώνται οι παρακάτω δύο τύποι παγετού ο 'παγετός ακτινοβολίας' και ο 'παγετός μεταφοράς', ενώ μπορεί να συνυπάρχουν και τα δύο είδη παγετών.

Παγετός ακτινοβολίας: Είναι η πιο κοινή μορφή παγετού. Την περίπτωση αυτή τη συναντάμε σε ανοιχτές πεδιάδες και σε συνθήκες ανέφελης νύχτας και άπνοιας (**Πίνακας 1**). Κατά τη διάρκεια της νύχτας με συνθήκες ανέφελου ουρανού (ξαστεριά), εκπέμπεται περισσότερη ζέστη μακριά από τη επιφάνεια της γης από ότι δέχεται και συνεπώς, ευνοείται η διαφυγή της ακτινοβολίας από την επιφάνεια της γης. Η θερμοκρασία μειώνεται γρηγορότερα κοντά στην επιφάνεια της γης, προκαλώντας τη δημιουργία αναστροφής της θερμοκρασίας. Η παρουσία σύννεφων αντανakλά την εξερχόμενη ακτινοβολία επιβραδύνοντας τη ψύξη στην επιφάνεια της γης. Σε πα-

γετό ακτινοβολίας συναντάμε χαμηλές θερμοκρασίες σημείου δρόσου, μικρότερες από 0 °C κατά τη διάρκεια της νύχτας, αλλά μεγαλύτερες από 0 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Παγετός μεταφοράς: Σχηματίζεται όταν μια μάζα ψυχρού αέρα κινηθεί σε μια περιοχή, αντικαθιστώντας τον θερμότερο αέρα. Συμβαίνει συνήθως με συννεφιασμένο ουρανό, μέτρια προς δυνατό άνεμο, χωρίς αναστροφή θερμοκρασίας και χαμηλή σχετική υγρασία. Συνήθως η θερμοκρασία είναι κάτω από 0 °C, και παραμένει έτσι την ημέρα και νύχτα. Πολλές από τις μεθόδους αντιπαγετικής προστασίας είναι περισσότερο αποτελεσματικές μόνο στον παγετό ακτινοβολίας, και γι' αυτό ο παγετός μεταφοράς είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί. Σε πολλές περιπτώσεις καταγράφεται θερμοκρασία υπό του μηδενός συνεχόμενες ημέρες, και ακολουθείται από νύχτες με παγετό ακτινοβολίας. Όταν ο αέρας είναι πιο υγρός επιβραδύνεται η ψύξη, μειώνοντας την πιθανότητα παγετού (διαδικασίες που σχετίζονται με την αλλαγή της κατάστασης του νερού μεταξύ ατμού-υγρού-στερεού, προκαλούν απελευθέρωση της θερμότητας -λανθάνουσα θερμότητα). Τη νύχτα, ο αέρας μπορεί να αναμείξει τα ψυχρότερα ρεύματα κοντά στην επιφάνεια με τα θερμότερα ακριβώς από πάνω τους, επιβραδύνοντας το σχηματισμό παγετού. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να υπάρξει συνδυασμός παγετού ακτινοβολίας και μεταφοράς. Για παράδειγμα δεν είναι σπάνιο να έχουμε συνθήκες μεταφοράς ψυχρού αέρα σε μία περιοχή, προκαλώντας παγετό μεταφοράς. Αυτό μπορεί να ακολουθήσει από συνεχόμενες ημέρες με ανέφελο ουρανό και άπνοια, προκαλώντας παγετό ακτινοβολίας.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά διαφορετικών ειδών παγετού.

Ακτινοβολίας	Μεταφοράς
• Απουσία νέφωσης • Συνθήκες άπνοιας ή ταχύτητα ανέμου μέχρι 5 m/sec • Αναστροφή θερμοκρασίας • Θερμοκρασία > 0 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας	• Άνεμος • Χωρίς αναστροφή θερμοκρασίας • Θερμοκρασία μπορεί να είναι < 0 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας • Χαμηλή κατά κανόνα σχετική υγρασία

Ευπάθεια διαφορετικών ειδών/ ποικιλιών και κρίσιμες θερμοκρασίες

Τα οπωροφόρα δένδρα έχουν μεγαλύτερη αντοχή στον παγετό κατά τη διάρκεια του λήθαργου τη χειμερινή περίοδο, την οποία χάνουν μετά από την έξοδο από το λήθαργο και αφού δεχτούν υψηλές θερμοκρασίες, γι αυτό και ζημιές από παγετό σε φυλλοβόλα οπωροφόρα δένδρα συμβαίνουν κυρίως την άνοιξη. Η ζημιά προκαλείται λόγω της δημιουργίας παγοκρυστάλλων σε εξωκυτταρίους χώρους (όχι μέσα στο κύτταρο), οι οποίοι αντλούν νερό από το εσωτερικό του κυττάρου, προκαλώντας αφυδάτωση και κυτταρικό θάνατο. Το μέγεθος της ζημιάς αυξάνεται καθώς μειώνεται η θερμοκρασία και η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο μέγεθος ζημιάς αναφέρεται ως κατώφλι θερμοκρασίας (critical temperature).

Στον **Πίνακα 2** παρουσιάζονται τα κατώφλια θερμοκρασίας, δηλαδή η θερμοκρασία που θα πάθει ζημιά ο ιστός σε διαφορετικά φυλλοβόλα οπωροφόρα δένδρα και στάδια ανάπτυξης και αποτελούν ένδειξη του πότε να ξεκινήσει και πότε να σταματήσει η αντιπαγετική προστασία. Θα πρέπει να σημειωθεί πως η ευπάθεια είναι μικρότερη όταν επικρατούν συνθήκες χαμηλής **σχετι-**

κής υγρασίας. Επιπλέον, το μέγεθος της ζημιάς επηρεάζεται εκτός από την ευπάθεια του ιστού στον παγετό, αλλά και **την ταχύτητα του ανέμου, καθώς και τη διάρκεια έκθεσης** στα κατώφλια θερμοκρασίας. Επιπλέον, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή γιατί η θερμοκρασία στον οφθαλμό, το άνθος ή το μικρό καρπίδιο μπορεί να διαφέρει με αυτή που μετρά ο παραγωγός στον οπωρώνα. Εκτός από τους μεγάλους μεγέθους καρπούς (πχ πορτοκάλια), στους **οφθαλμούς, τα άνθη και τους μικρούς καρπούς, η θερμοκρασία είναι μικρότερη από αυτή της ατμόσφαιρας, και γι' αυτό τα μέτρα αντιπαγετικής προστασίας θα πρέπει να εφαρμόζονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες,** και να σταματούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Σε περίπτωση εξάτμισης μετά από ένα παγετό ή την εφαρμογή καταιονισμού για την αντιμετώπιση των ζημιών, οι θερμοκρασίες μετρούνται με υγρό θερμόμετρο, γιατί η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να διαφέρει από 2°C έως 3°C, σε σύγκριση με ένα τυπικό θερμόμετρο.

Πίνακας 2. Χρωματογράφημα που δείχνει τα κατώφλια ζημιάς από παγετό (°C) σε διαφορετικά φαινολογικά στάδια φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων. Το κρίσιμο όριο αντιστοιχεί στην παρατήρηση της πρώτης ζημιάς όπως καταγράφηκε στη Γαλλία, ενώ το όριο ζημιάς 10% βασίζεται σε παρατηρήσεις που ελήφθησαν στις ΗΠΑ, όπου επικρατούν περισσότερες ξηρές συνθήκες του αέρα (Delon, 2022). Η ευπάθεια είναι μικρότερη όταν επικρατούν συνθήκες χαμηλής σχετικής υγρασίας. Οι τιμές των ορίων είναι μόνο ενδεικτικές, αφού το μέγεθος της ζημιάς που θα προκληθεί εξαρτάται εκτός από τη θερμοκρασία, αλλά και από την ταχύτητα και τη διάρκεια της έκθεσης σε χαμηλή θερμοκρασία.

		C	D (Φούσκωμα οφθαλμών)	E	F (Άνθηση)	G (Πτώση πετάλων)	H (Καρπό- δεση)	I (Μικροί καρποί)
Βερικοκιά	Κρίσιμο	-4	-3,5	-3	-2,2	-1,2	-0,5	-0,5
	10%	-6,2	-4,9	-4,3	-2,9	-2,7		
Κερασιά	Κρίσιμο	-4	-3,5	-2,2	-1,7	-1,1	-1,1	-1
	10%			-2,7	-2,4	-2,1		
Ροδακινιά	Κρίσιμο	-4	-3,3	-2,8	-2,2	-1,8	-1	-1
	10%	-6,1	-3,9	-3,3	-2,7	-2,2		
Δαμασκηινιά	Κρίσιμο	-4	-3	-2,8	-2	-1,5	-1	-0,5
	10%	-6,6	-3,3	-2,8	-2,2	-2,1		
Αχλαδιά	Κρίσιμο	-6	-4,5	-2,8	-2	-1,6	-1,5	-1
	10%	-6,7	-5	-3,3	-2,8	-2,2	-2,2	
Μηλιά	Κρίσιμο	-4	-3,5	-2,2	-2	-1,8	-1,6	-1,6
	10%	-5,5			-2,2	-2,2	-2,2	-2,2

Παθητικά μέτρα προστασίας

Η παθητική προστασία περιλαμβάνει μεθόδους που εφαρμόζονται προληπτικά για να αποφευχθούν ζημιές από παγετό. Είναι συνήθως λιγότερο δαπανηρές από τις ενεργητικές μεθόδους, και συχνά τα οφέλη τους είναι επαρκή για να εξαλείψουν την ανάγκη για ενεργητική προστασία. Οι κύριες παθητικές μέθοδοι είναι: επιλογή τοποθεσίας, αποτροπή του ψυχρού αέρα, επιλογή ανθεκτικών ειδών/ποικιλιών, ψεκασμοί, λιπαντική τακτική, κάλυψη των δενδρυλλίων, αποφυγή καλλιέργειας και διατάραξης εδάφους, κατάλληλη άρδευση, αφαίρεση των ζιζανίων, και βαφή του κορμού.

Επιλογή της θέσης του οπωρώνα

Οι παραγωγοί συνήθως γνωρίζουν τη θέση των ψυχρών σημείων λόγω της τοπογραφίας στην περιοχή τους από προσωπική εμπειρία, και γι' αυτό αξίζει η αναζήτηση της συμβολής των γειτόνων και τοπικών γεωπόνων όταν πρόκειται να φυτευτούν ευπαθείς ποικιλίες/ καλλιέργειες σε μια τοποθεσία.

Ο ψυχρός αέρας είναι πιο πυκνός από τον θερμό, και γι' αυτό ρέει καθοδικά και συσσωρεύεται σε **χαμηλά σημεία**, όπως το νερό σε μια πλημμύρα. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να αποφεύγεται η φύτευση σε χαμηλά, κρύα σημεία. Αυτό είναι σημαντικό τόσο σε περιφερειακή όσο και σε τοπική γεωργική κλίμακα. Για παράδειγμα, σε περιφερειακή κλίμακα, τα κατώτερα σημεία των κοιλάδων κοντά σε ποτάμια είναι συνήθως πιο ψυχρά από τις πλαγιές παραπάνω. Αυτά τα σημεία μπορούν επίσης να αναγνωριστούν από τοπογραφικούς χάρτες, συλλέγοντας δεδομένα θερμοκρασίας και εντοπίζοντας σημεία όπου σχηματίζονται πρώτα ομίχλες στο έδαφος. Τα χαμηλά σημεία έχουν σταθερά πιο κρύες νύχτες, όταν ο ουρανός είναι ανέφελος και ο άνεμος είναι ασθενής, κατά τη διάρκεια όλου του έτους. Μετρήσεις θερμοκρασίας για τον εντοπισμό κρύων σημείων μπορούν να γίνουν οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του έτους. Σε εγκατεστημένους οπωρώνες σε **πλαγιές που δεν εκτίθενται στον ήλιο**, καθυστερείται η ανθοφορία την άνοιξη και έτσι παρέχεται προστασία από παγετούς.

Εάν στην περιοχή υπάρχουν μεγάλοι **όγκοι νερού** όπως ποτάμια, λίμνες, θάλασσα, η παρουσία τους αποτρέπει τη δημιουργία παγετού λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, όπου εμποδίζει την απότομη μεταβολή και τις μεγάλες αποκλίσεις της θερμοκρασίας από τις ήδη υπάρχουσες τιμές.

Το **μετεωρολογικό ιστορικό** των προηγούμενων 10 ετών μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την πιθανότητα παγετού σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα της ανοιξιιάτικης περιόδου. Συνιστάται να μετράτε ο αριθμός των ημερών που η θερμοκρασία ήταν μικρότερη ή ίση με 0 °C σε διαδοχικά χρονικά διαστήματα πχ 1-10 Φεβρουαρίου, 11-20 Φεβρουαρίου, μέχρι και το τέλος Μαρτίου. Η συσχέτιση των παραπάνω δεδομένων με το χρόνο όπου προβλέπεται η άνθηση μίας ποικιλίας αποτελούν οδηγό για την επιλογή ή όχι μίας ποικιλίας στην περιοχή μελέτης.

Ζημιά από παγετό μπορεί να συμβεί σε ένα μέρος και όχι σε άλλο, χωρίς να έχουν εμφανείς διαφορές στην τοπογραφία, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε διαφορές στον **τύπο του χώματος**, καθώς επηρεάζει την αγωγιμότητα και συσσώρευση της θερμότητας. Τα ξηρά και αμμώδη εδάφη μεταφέρουν τη θερμότητα ευκολότερα σε σύγκριση με τα βαριά αργιλώδη χώματα. Επίσης τα αμμώδη και αργιλώδη εδάφη μεταφέρουν και αποθηκεύουν θερμότητα καλύτερα, σε σύγκριση με τα οργανικά εδάφη. Όταν η εδαφική υγρασία είναι κοντά στην πλήρη υδατοϊκανότητα (πχ δύο ή περισσότερες ημέρες μετά από πλήρη διαβροχή), το χώμα μπορεί να μεταφέρει και να αποθηκεύει θερμότητα, όμως τα οργανικά χώματα έχουν μικρή ικανότητα μεταφοράς της θερμότητας και αποθήκευσή της ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα σε νερό.

Διαχείριση αποτροπής ψυχρού αέρα

Εάν μια καλλιέργεια είναι εγκατεστημένη ήδη σε ψυχρό σημείο, υπάρχουν διάφορες πρακτικές διαχείρισης του ψυχρού αέρα, που μπορεί να βοηθήσουν στη μείωση της πιθανότητας ζημιάς από παγετό. Οποιαδήποτε **εμπόδια** της κυκλοφορίας του κρύου αέρα από μια καλλιέργεια θα πρέπει να αφαιρούνται για να μην δημιουργούνται θύλακες παγετού. Αυτά τα εμπόδια μπορεί να είναι φράχτες, μπάλες σανού ή πυκνή βλάστηση που βρίσκεται στην κατηφορική πλευρά του χωραφιού, κ.ά.

Οι **γραμμές φύτευσης** σε οπωρώνες και αμπελώνες θα πρέπει να είναι προσανατολισμένες ώστε να ευνοούν την αποτροπή του φυσικού ψυχρού αέρα από την καλλιέργεια. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα από τον προσανατολισμό των γραμμών φύτευσης για την ενίσχυση της αποστράγγισης του κρύου αέρα πρέπει να εξισορροπούνται με τα μειονεκτήματα που οφείλονται στη μεγαλύτερη διάβρωση και άλλες αντιξοότητες. Για παράδειγμα όταν η κατεύθυνση των γραμμών φύτευσης είναι ανατολή-δύση έχουμε λιγότερο φως και μικρότερη παραγωγή στη βόρεια πλευρά της κόμης των δένδρων.

Χορτοκάλυψη σε περιοχές με κλίση μπορεί να κάνει τον αέρα πιο ψυχρό. Η θερμοκρασία του αέρα που μετράται σε αμπελώνες και οπωρώνες οπωροφόρων δένδρων με φυτικά υπολείμματα ή κάλυψη χόρτου είναι συνήθως 0 °C - 0,5 °C ψυχρότερη, σε σύγκριση με αυτούς σε γυμνό έδαφος, ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους και τις καιρικές συνθήκες.

Επιλογή είδους και ποικιλίας

Στα φυλλοβόλα οπωροφόρα δένδρα όσο πιο όψιμη είναι η άνθηση τόσο μικρότερος είναι ο κίνδυνος να βρεθεί το δένδρο σε ευπαθές στάδιο όταν συμβεί ο παγετός, αφού η ανθεκτικότητα των οφθαλμών στις χαμηλές θερμοκρασίες μειώνεται σταδιακά, από τη διακοπή του λήθαργου προς την ανθοφορία και την καρπόδεση (**Πίνακας 2**). Διαφορές στο χρόνο άνθησης μεταξύ διαφορετικών ειδών αλλά και ποικιλιών επηρεάζουν την πιθανότητα να βρεθεί το δένδρο σε ευπαθές στάδιο όταν συμβεί ο ανοιξιάτικος παγετός.

Οι ποικιλίες φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων με υψηλές απαιτήσεις σε ψύχος μπορεί να έχουν οψιμότερη άνθηση. Ζημιές από παγετό παρατηρούνται συχνά σε ποικιλίες με μικρές απαιτήσεις σε ψύχος καθώς βγαίνουν από το λήθαργο κατά τη διάρκεια μίας **‘ψεύτικης άνοιξης’ στο μέσο του χειμώνα**. Γι’ αυτό, ποικιλίες με **μικρές απαιτήσεις σε ψύχος δεν ενδείκνυται να επιλέγονται σε ψυχρές περιοχές**.

Μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών ροδακινιάς, διαφορές στην ανθεκτικότητά τους στον παγετό μπορεί να οφείλεται εκτός από διαφορές στον χρόνο άνθησης αλλά και σε: α) στην ύπαρξη μεγαλύτερου αριθμού ανθοφόρων οφθαλμών ανά μονάδα μήκους βλαστού (για παράδειγμα στην ποικιλία Ο’Henry και Κατερίνα), που είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας, και β) στον τύπο άνθους, καθώς οι ποικιλίες με μεγάλο μέγεθος πετάλου μπορεί να παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες λόγω της προστασίας που προσφέρουν, σε σύγκριση με τα μικρά πέταλα. Ιδιαίτερα ανθεκτική στον παγετό είναι η ποικιλία ροδακινιάς Catherina, όπως καταγράφηκε σε πειράματα σε ψυκτικό θάλαμο που έγιναν στο ΤΦΟΔ Νάουσας αλλά και στην πράξη από εμπειρίες παραγωγών (Δρογούδη και Τσιπουρίδης, αδημοσίευτα δεδομένα).



Από τα εσπεριδοειδή, οι λεμονιές είναι λιγότερο ανεκτικές στη ζημιά από τον παγετό, ακολουθούμενες από τα λάιμ, τα γκρέιπφρουτ και τις πορτοκαλιές, που είναι πιο ανεκτικά. Επίσης, το υποκείμενο τρίφυλλη πορτοκαλιά είναι γνωστό ότι βελτιώνει την αντοχή των εσπεριδοειδών στον παγετό σε σύγκριση με άλλα υποκείμενα.

Ψεκασμοί

Μία σειρά χημικών προϊόντων κυκλοφορεί στην αγορά για την αντιπαγετική προστασία, τα οποία είναι λιπάσματα, βιοενεργοποιητές ή ορμόνες, φυτοφάρμακα, και προϊόντα που ο κύριος στόχος τους είναι να προστατεύσουν από τον παγετό. Δεν υπάρχει ευρεία εφαρμογή τους από παραγωγικούς φορείς σε Γαλλία, Ιταλία και Ισπανία (προσωπική επικοινωνία Π. Δρογούδη με I. Iglesias, C. Chamet, D. Ruiz). Επίσης, υπάρχουν περιορισμένα διαθέσιμα αποτελέσματα σε πειράματα αγρού που να επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητά τους (Román-Figueroa et al., 2014).

Πειράματα που έγιναν στο ΤΦΟΔ Νάουσας, έδειξαν πως ψεκασμός με μελάσα 3,5% πριν τον παγετό, μείωσε τη ζημιά σε άνθη ροδακινιάς, από φυσικό παγετό μέχρι $-5,7^{\circ}\text{C}$, που έγινε στη Μελίκη Ημαθίας το έτος 2005 (Δρογούδη και Τσιπουρίδης, 2007). Ακολούθησαν πειράματα που έγιναν σε συνθήκες εργαστηρίου, στα οποία επανειλημμένα επιβεβαίωσαν πως ο ψεκασμός με μελάσα μείωσε τη ζημιά από παγετό την άνοιξη στη ροδακινιά (Δρογούδη και Τσιπουρίδης, 2007) και ροδιά (Δρογούδη, 2016). Υπάρχουν αρκετές αναφορές από παραγωγούς σε Ημαθία και Πέλλα που εφάρμοσαν τη μελάσα πριν τον παγετό και κατέγραψαν μείωση των ζημιών από παγετό στη ροδακινιά. Η αποτελεσματικότητα της μελάσας για την αντιπαγετική προστασία καταγράφηκε σε πατέντα το έτος 1970 (Jaquith, 1970). Πρόσφατα αναφέρεται πως παραγωγοί εσπεριδοειδών και αβοκάντο στην Αυστραλία αναφέρεται πως κάνουν ψεκασμούς με μελάσα ως μέτρο αντιπαγετικής προστασίας (Εικ. 1) (<https://www.abc.net.au/news/2019-06-25/sugar-coat-it-molasses-helps-fight-frost-for-citrus-growers/11241972>). Η δυσκολία εφαρμογής αυτής της μεθόδου αντιπαγετικής προστασίας έγκειται στην έλλειψη διαθέσιμης μελάσας στο εμπόριο.



Εικ. 1 Ψεκασμός με μελάσα σε καλλιέργειες εσπεριδοειδών στην Αυστραλία.

Αμέσως μετά τον παγετό ψεκασμός με μείγμα γιββεριλλίνης (GA_3) 10 ppm, Captan/Benlate 0,6- 0,75% και πινολίνης 0,1% βρέθηκε πως μείωσε σημαντικά το ποσοστό της ζημιάς σε συνθήκες φυσικού παγετού που έγινε στην Ημαθία το έτος 2003 (Thomidis et al., 2006). Καθυστέρηση της εφαρμογής 8 ώρες μετά τον παγετό δεν είχε καμία επίδραση στο μέγεθος της ζημιάς από τον παγετό.

Σε μελέτες που έγιναν σε συνθήκες εργαστηρίου στο ΤΦΟΔ Νάουσας επίσης δοκιμάστηκε η αποτελεσματικότητα και επαναληψιμότητα ψεκασμών με αμινοξέα, γλυκίνη-βεταΐνη, βιταμίνες, captan κ.α. για την προστασία της ροδακινιάς από ανοιξιότικους παγετούς, από τα οποία θετικά αποτελέσματα έδωσαν μόνο το σκεύασμα Agrocen και Low freezing Point (Δρογούδη και Τσιπουρίδης, 2007).

Κλάδεμα

Το κλάδεμα σε περιοχές που πλήττονται από παγετούς θα πρέπει να γίνεται όσο πιο αργά, γιατί το πρώιμο κλάδεμα 'ξυπνά' τα δένδρα από το λήθαργο οδηγώντας σε πρώιμη άνθηση.

Διαχείριση θρέψης

Τα μη υγιή δέντρα είναι πιο ευπαθή σε ζημιές από παγετό. Για να ενισχυθεί η σκληραγώγηση των δένδρων θα πρέπει να αποφεύγονται οι εφαρμογές αζωτούχων λιπασμάτων στα τέλη του καλοκαιριού ή τις αρχές του φθινοπώρου. Ο φωσφόρος είναι σημαντικός για την κυτταρική διαίρεση και επομένως είναι σημαντικός για την ανάκτηση του ιστού μετά από παγετό.

Διαχείριση εχθρών και ασθενειών

Η εφαρμογή φυτοφαρμάκων στα εσπεριδοειδή είναι γνωστό ότι αυξάνει τις ζημιές από τον παγετό και η εφαρμογή θα πρέπει να αποφεύγεται λίγο πριν από την αναμενόμενη εποχή παγετού.

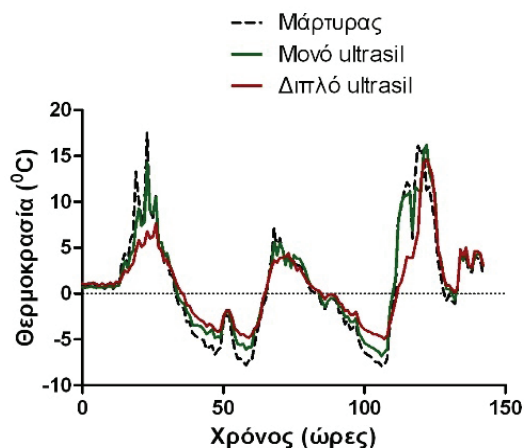
Κάλυψη φυτών με αντιπαγετικό ύφασμα

Η κάλυψη φυτών με αντιπαγετικό ύφασμα nonwoven προστατεύει από τον παγετό και έχει εφαρμογή στη δενδροκομία για την προστασία κυρίως νεαρών δενδρυλλίων λόγω του μεγέθους τους. Στη Σικελία βρήκαμε πως γινόταν εκτεταμένη εφαρμογή τους σε νέες φυτεύσεις εσπεριδοειδών (Εικ. 2).



Εικ. 1 Κάλυψη νεαρών δένδρων εσπεριδοειδών με αντιπαγετικό ύφασμα nonwoven (εικόνα από Dr. M. Caruso, CREA Acireale, Ιταλία).

Η αποτελεσματικότητα του αντιπαγετικού ύφασματος nonwoven Lultrasil®Pro (Freudenberg, Kaiserslautern, Germany) στην προστασία από παγετό μελετήθηκε σε νεαρά δενδρύλλια ροδιάς σε πειράματα που έγιναν στο ΤΦΟΔ Νάουσας. Βρέθηκε πως στα καλυμμένα με αντιπαγετικό ύφασμα δενδρύλλια η θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της ημέρας κάτι που προκάλεσε πρώιμηση στην έκπτυξη των βλαστοφόρων οφθαλμών (Σχήμα 1, Εικ. 3).



Σχήμα 1. Αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και νύχτας σε νεαρά δενδρύλλια ροδιάς καλυμμένα με μονό ή διπλό φύλλο υφάσματος nonwoven (Lutrasil)



Εικ. 3 Διαφορές στην έκπτυξη βλαστοφόρων οφθαλμών σε νεαρά δενδρύλλια ροδιάς χωρίς κάλυψη και κάλυψη με μονό ή διπλό φύλλο Lutrasil (από αριστερά προς τα δεξιά).

Βαφή ή περιτύλιξη του κορμού

Ο φλοιός των φυλλοβόλων οπωροφόρων δέντρων σχίζεται όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας από μια ζεστή μέρα σε μια παγωμένη νύχτα. Το βάψιμο των κορμών με λευκό υδροχρώμα λάτεξ αραιωμένο με 50 % στα τέλη του φθινοπώρου, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι πάνω από 10 °C θα μειώσει αυτό το πρόβλημα. Η λευκή βαφή, η μόνωση και η περιτύλιξη με διάφορα υλικά είναι γνωστό ότι βελτιώνουν την ανθεκτικότητα κατά της ζημιάς από τον παγετό σε οπωρώνες ροδακινιάς. Το χρώμα ή τα περιτυλίγματα μειώνουν τις υψηλές θερμοκρασίες του καμβίου του ξύλου στα τέλη του χειμώνα λόγω της ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, η οποία βελτιώνει την ανθεκτικότητα. Το τύλιγμα των κορμών δέντρων με μονωτικά υλικά (δηλαδή υλικά που περιέχουν χώρους αέρα που αντιστέκονται στη μεταφορά θερμότητας) προστατεύει τα νεαρά δέντρα από ζημιές από παγετό και πιθανή νέκρωση. Κρίσιμοι παράγοντες είναι το μονωτικό υλικό να μην απορροφά νερό, και οι κορμοί να τυλιγούνται από την επιφάνεια του εδάφους όσο το δυνατόν ψηλότερα. Συνήθως, τα περιτυλίγματα του κορμού αφαιρούνται μετά από 3 έως 4 χρόνια. Το τύλιγμα νεαρών κορμών εσπεριδοειδών με σακούλες νερού αναφέρθηκε ότι παρέχει ακόμη καλύτερη προστασία από τον υαλοβάμβακα ή τον αφρό πολυουρεθάνης. Το κύριο μειονέκτημα των περιτυλίξεων κορμού είναι η εμφάνιση φυτοπαθολογικών προβλημάτων και γι' αυτό οι πρώτες διακλαδώσεις πρέπει να βρίσκονται τουλάχιστον 15 cm πάνω από το έδαφος. Η εφαρμογή μυκητοκτόνων πριν από το τύλιγμα βοηθά στη μείωση ασθενειών.

Αποφυγή εδαφοκαλλιέργειας

Εάν ένα έδαφος καλλιεργείται, η συμπίεση και το πότισμα του εδάφους θα βελτιώσει τη μεταφορά και την αποθήκευση θερμότητας. Η εδαφοκαλλιέργεια δημιουργεί αεραγωγούς στο έδαφος και θα πρέπει να αποφεύγεται σε περιόδους επικίνδυνες για εμφάνιση παγετού. Ο αέρας είναι κακός αγωγός θερμότητας και έχει χαμηλή ειδική θερμότητα, επομένως τα εδάφη με περισσότερους και μεγαλύτερους χώρους αέρα θα τείνουν να μεταφέρουν και να αποθηκεύουν λιγότερη θερμότητα.

Άρδευση

Όταν τα εδάφη είναι στεγνά, υπάρχουν περισσότεροι χώροι αέρα, οι οποίοι εμποδίζουν τη μεταφορά και αποθήκευση θερμότητας. Το πότισμα του εδάφους συχνά το κάνει πιο σκούρο και αυξάνει την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ωστόσο, όταν η επιφάνεια είναι υγρή, τότε η εξάτμιση αυξάνεται επίσης και οι απώλειες ενέργειας από την εξάτμιση τείνουν να αντισταθμίζουν τα οφέλη από την καλύτερη απορρόφηση ακτινοβολίας. Είναι καλύτερο **να ποτίζονται τα ξηρά εδάφη πολύ πριν από το αναμενόμενο γεγονός του παγετού**, έτσι ώστε ο ήλιος να μπορεί να ζεστάνει το έδαφος.

Ζιζανιοκτονία

Είναι προτιμότερο να αφαιρεθούν όλα τα ζιζάνια σε οπωρώνες και αμπελώνες, καθώς έτσι θα βελτιωθεί η απορρόφηση της ακτινοβολίας στο χώμα. Η παρουσία ζιζανίων αυξάνει επίσης τις συγκεντρώσεις βακτηρίων INA στην καλλιέργεια, και ως εκ τούτου την πιθανότητα ζημίας από παγετό. Εάν είναι δυνατόν, τα ζιζάνια θα πρέπει να καταστρέφονται αρκετά νωρίς ώστε να επιτραπεί η αποσύνθεση των υπολειμμάτων ή τα υπολείμματα κομμένης βλάστησης πρέπει να απομακρύνονται. Έχουν αναφερθεί ελάχιστες διαφορές θερμοκρασίας στο δάπεδο του οπωρώνα **έως και 2 °C μεταξύ γυμνού εδάφους και χόρτου ύψους 5 cm**. Ωστόσο, η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα είναι πιθανό να είναι μικρότερη από 2 °C. Η μηχανική αφαίρεση των ζιζανίων θα πρέπει να γίνεται πολύ πριν από την εποχή του παγετού και το έδαφος πρέπει να συμπιέζεται και να ποτίζεται μετά για να βελτιωθεί η μεταφορά και αποθήκευση θερμότητας.

Ενεργητικά μέτρα προστασίας

Ενεργητικά μέτρα προστασίας αποτελούν οι θερμάστρες, οι ανεμομείκτες, η άρδευση με καταιονισμό ή κατάκλιση, κ.α. καθώς και συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων. Η επιλογή του συστήματος θα εξαρτηθεί κυρίως από το κόστος, τον κίνδυνο εμφάνισης του παγετού λόγω της τοποθεσίας και την επανάληψη, καθώς και την διαθεσιμότητα του νερού όπως περιγράφεται στο **Σχήμα 2**.

Σχήμα 2. Σχεδιάγραμμα των επιλογών για την εφαρμογή ενεργητικού συστήματος αντιπαγετικής προστασίας, σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα του νερού, το μέγεθος του οπωρώνα και τον κίνδυνο εμφάνισης του παγετού λόγω της τοποθεσίας και τη συχνότητα των παγετών

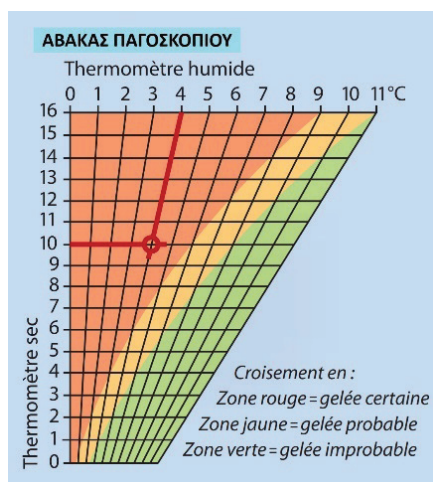


Μετεωρολογικές προβλέψεις

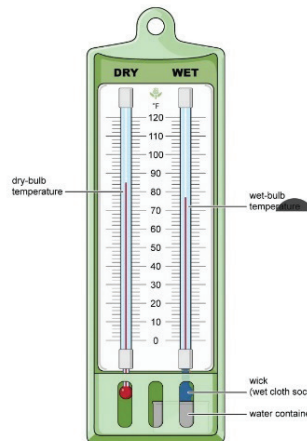
Για τον προγραμματισμό της εφαρμογής ενεργητικών μέσων αντιπαγετικής προστασίας, οι παραγωγοί πρέπει να ενημερώνονται από μετεωρολογικές προβλέψεις οι οποίες είναι διαθέσιμες σε περιφερειακό επίπεδο και ανανεώνονται πολύ συχνά. Το ΥΠΠΑΤ επίσης δημιουργεί στον ιστότοπο frost.minagric.gr εφαρμογή όπου με υψηλή ανάλυση σε επίπεδο αγροκτήματος, να παρουσιάζεται ο κίνδυνος παγετού για τις επόμενες τρεις ημέρες. Περιλαμβάνει και ενημέρωση ενδιαφερόμενων γεωπόνων και παραγωγών μέσω μηνυμάτων στο κινητό ή email.

Προσδιορισμός του κινδύνου παγετού στον οπωρώνα

Σε περιόδους κινδύνου θα πρέπει να καταγράφονται οι δείκτες κινδύνου παγετού και σε επίπεδο οπωρώνα, σύμφωνα με την αρχή του Παγοσκοπίου (Bernel- Bourette) (**Εικ. 4**). Το προηγούμενο βράδυ και πριν το ηλιοβασίλεμα γίνονται μετρήσεις με ψυχρόμετρο το οποίο αποτελείται από δύο θερμόμετρα (**Εικ. 5**). Το ένα μετρά τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κανονικά (ξηρό θερμόμετρο), ενώ το άλλο είναι καλυμμένο με ένα υλικό διαποτισμένο με απεσταγμένο νερό (υγρό θερμόμετρο). Το νερό από το υλικό που καλύπτει το υγρό θερμόμετρο εξατμίζεται, δηλαδή απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον ώστε να μετατρέψει το νερό (που βρίσκεται σε υγρή μορφή) σε υδατμό. Η εξατμική αυτή θα είναι μικρότερη όσο ο αέρας είναι υγρός και όσο η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη. Ο κίνδυνος παγετού παρουσιάζεται στον άβακα του παγοσκοπίου (**Εικ. 4**) το οποίο συσχετίζει αυτές τις θερμοκρασίες. Οι καταγεγραμμένες μετρήσεις είναι δείκτες κινδύνου παγετού για το επόμενο βράδυ.



Εικ. 4. Άβακας παγοσκοπίου που δείχνει τον κίνδυνο παγετού στον οπωρώνα. Οι μετρήσεις ξηρού και υγρού θερμόμετρου γίνονται πριν το ηλιοβασίλεμα και προβλέπουν τον κίνδυνο παγετού για το βράδυ.



Εικ. 5. Ψυχρόμετρο το οποίο αποτελείται από ξηρό και υγρό θερμόμετρο.

Κεριά παραφίνης

Τα κεριά παραφίνης είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος αντιπαγετικής προστασίας για οπωροφόρα δένδρα σε Γαλλία, Ισπανία και Ιταλία. Είναι επίσης και το μόνο διαθέσιμο μέσο αντιπαγετικής προστασίας, όπως σε απομονωμένους οπωρώνες, όπου δεν μπορεί να εφαρμοστεί ο καταιονισμός κ.α.

Τα κεριά παραφίνης είναι σε μορφή γλάστρας των 5 κιλών (**Εικ. 6 και 7**) και απαιτούνται 30-60 κεριά/ στρέμμα, ανάλογα με την ένταση του παγετού. Τα κεριά έχουν χρόνο καύσης περίπου 8 ώρες για ωριαία απόδοση 25MJ και με την τοποθέτηση πχ 48 κεριών/στρέμμα έχουμε αντιστάθμιση 1.200 MJ/στρέμμα/ώρα. Το κόστος είναι 5,5 ευρώ/κερί και συνεπώς τα 48 κεριά έχουν κόστος 264 €/ στρέμμα (δεδομένα Γαλλίας) και είναι για 6-8 ώρες εφαρμογής. Απαιτείται βέβαια και εργατικό κόστος για το άναμμα των κεριών. Κατά τη διάρκεια επεισοδίων παγετού τα βάζα μπορούν να κλείσουν και επαναχρησιμοποιούνται



Εικ. 6. Τοποθέτηση κουτιών παραφίνης σε οπωρώνα βερικοκιάς στην περιοχή Αβινιόν, Γαλλία.



Εικ. 7. Επαναχρησιμοποιούμενο κουτί παραφίνης.

Κатаιονισμός

Ο καταιονισμός είναι κύρια μέθοδος αντιπαγετικής προστασίας σε οπωρώνες που υπάρχει διαθέσιμο νερό. Η προστασία προκαλείται λόγω της απελευθέρωσης λανθάνουσας θερμότητας από την σύντηξη καθώς το νερό προσγειώνεται στο δέντρο και μετατρέπεται από υγρή μορφή σε πάγο. Μπορεί να προσφέρουν την μεγαλύτερη προστασία, σε σύγκριση από κάθε άλλο σύστημα αντιπαγετικής προστασίας και σε ένα λογικό κόστος. Η απαιτούμενη ενέργεια, το κόστος λειτουργίας, το εργατικό κόστος είναι σχετικά χαμηλά και δεν μολύνει το περιβάλλον.



Εικ. 8. Εφαρμογή συστήματος αντιπαγετικής προστασίας με καταιονισμό στο Νότιο Τιρόλο, Ιταλία. Λιμνάζοντα νερά ανάμεσα από τις γραμμές φύτευσης (φωτο από Werth, K., 2017. 60 years of experience on frost protection in South Tyrol (Italy). VII Jornada de Fructicultura de Muntanya. Sort (Lleida-Spain), 16th November 2017. Προφορική επικοινωνία με Π. Δρογούδη).

Προστατεύουν μέχρι και -7°C εάν η εφαρμογή τους είναι με αρκετή παροχή νερού και ομοιόμορφη. Η αποτελεσματικότητά τους αυξάνεται όταν εφαρμόζεται σε εδάφη που είναι ήδη υγρά. Η άρδευση πρέπει να σταματήσει όταν λιώσει ο πάγος.

Σε συνθήκες ανέμου ή εάν η εφαρμογή του νερού δεν είναι επαρκής (ή χαλάσει η πομόνα παροχής νερού) για να δώσει αρκετή θερμότητα από αυτή που χάνεται με την εξάτμιση, αυτή η μέθοδος μπορεί να προκαλέσει περισσότερη ζημιά από ότι σε μη προστατευμένο οπωρώνα σε παγετό. Η υπερ-εφαρμογή νερού προκαλεί συνθήκες ασφυξίας στο έδαφος και την ανάπτυξη παθογόνων, καθώς και δεν επιτρέπει τις εργασίες σε οπωρώνες με μη καλή αποστράγγιση. Η έκπλυση των θρεπτικών συστατικών (κυρίως αζώτου) είναι επίσης πρόβλημα μετά από συχνή εφαρμογή. Ο πάγος μπορεί να προκαλέσει σπασίματα των κλαδιών όταν εφαρμόζονται κανονικοί εκτοξευτήρες, κάτι που δεν συμβαίνει με τους μικρο-εκτοξευτήρες.

Οι μικρο-εκτοξευτήρες παρέχουν τη μισή ποσότητα νερού (περίπου 50% λιγότερο σε σύγκριση με τους κανονικούς εκτοξευτήρες). Βρέχουν στοχευμένα το θόλο του δένδρου και όχι το χώρο ανάμεσα από τις γραμμές φύτευσης. Οι μικρο-εκτοξευτήρες δεν σπάζουν τα κλαδιά των δένδρων από το βάρος, εξοικονομείται νερό μη ψεκάζοντας μεταξύ των σειρών και δεν λιμνάζουν νερά ανάμεσα από τις γραμμές φύτευσης.

Οι μικρο-ψεκαστήρες που τοποθετούνται **κάτω από δέντρα** είναι η πιο κοινή μέθοδος προστασίας από τον παγετό στην Καλιφόρνια και τη Φλόριντα, ΗΠΑ. Οι ψεκαστήρες που εφαρμόζουν περίπου 2 mm/ώρα νερό μπορούν να αυξήσουν τη θερμοκρασία κατά 1 ή 2 $^{\circ}\text{C}$, στα 2 μέτρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, εάν δεν φυσούν άνεμοι. Το σύστημα μπορεί να είναι διαθέσιμο γιατί ήδη χρησιμοποιείται για άρδευση και θρέψη. Υπάρχουν αναφορές πως η προστασία μπορεί να μην είναι αρκετή σε υψηλότερα επίπεδα της κόμης.



Εικ. 9. Προστασία οπωρώνα ροδακινιάς σε γραμμική φύτευση στην Ισπανία. (φωτογραφία από Dr. I. Iglesias)



Εικ. 10. Εφαρμογή καταιονισμού με εκτοξευτήρες νερού σε οπωρώνες στην Ισπανία (φωτογραφία από Dr. I. Iglesias).

Θερμάστρες

Οι ατομικές θερμάστρες λαδιού έχουν χρησιμοποιηθεί από τη δεκαετία του 1990, αλλά είναι δαπανηρός και ρυπογόνος τρόπος θέρμανσης, και έχει αντικατασταθεί από τα κεριά παραφίνης. Οι θερμάστρες χρησιμοποιούνται κυρίως συμπληρωματικά με ανεμομείκτες ή καταιονισμό στις άκρες του οπωρώνα. Ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας χάνεται στον ουρανό και για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα απαιτείται η χρησιμοποίηση πολλών και μικρών θερμαστρών με χαμηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας. Οι μικρού μεγέθους θερμαντήρες είναι ευκολότερη στη διαχείριση, αλλά έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς. Εφαρμόζονται μόνο σε παγετό ακτινοβολίας **και να μην υπάρχει καθόλου αέρας**. Οι μεγάλοι οπωρώνες σε σύγκριση με τους μικρούς, και αυτοί που περιβάλλονται από άλλους προστατευμένους οπωρώνες έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε θέρμανση. Απαιτούνται περισσότερες θερμάστρες στις άκρες του οπωρώνα όπου γίνονται και οι περισσότερες ζημιές, καθώς και στα περισσότερα ψυχρά σημεία του οπωρώνα. Τοποθετούνται κατά ελάχιστο μία θερμάστρα σε κάθε δύο δένδρα στην εξωτερική και μέσα την πρώτη γραμμή του οπωρώνα.

Η απαίτηση σε ενέργεια για ένα βράδυ σε παγετό ακτινοβολίας είναι περίπου $10 - 50 \text{ W m}^{-2}$, ενώ η παροχή ενέργειας από μία θερμάστρα είναι $140 - 280 \text{ W m}^{-2}$, ανάλογα με το καύσιμο, το ρυθμό καύσης και τον αριθμό των θερμαστρών. Εκατό θερμάστρες σε κάθε εκτάριο θα κάψουν 2.85 λίτρα/ώρα καυσίμου και θα δώσουν 37.9 MJ /λίτρο θα παρέχουν περίπου 360 W m^{-2} . Περιμένουμε αύξηση περίπου 1°C στη μέση θερμοκρασία αέρα στο έδαφος και μέχρι 3 μέτρα από το έδαφος. Τα δένδρα που είναι κοντά στους θερμαντήρες έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες. Στα περισσότερα αποτελεσματικά συστήματα υπάρχει μικρή φλόγα και καθόλου καπνός. Η λειτουργία των θερμαντήρων σε υψηλή θερμοκρασία θα μειώσει τη διάρκεια ζωής τους.

Στο παρελθόν υπήρχε η πεποίθηση πως **ο καπνός** προστατεύει από τον παγετό **όμως, ο καπνός δεν προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, ρυπαίνει το περιβάλλον και πρέπει να αποφεύγεται**.

Ανεμομείκτες

Στόχος των ανεμομεικτών είναι να αναμείξει τα δύο στρώματα αέρα και να μεταφέρει το ζεστό αέρα χαμηλά στον οπωρώνα. Έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης, όμως χρησιμοποιούν μόλις το 5-10% του καυσίμου που απαιτείται σε σύστημα θέρμανσης με θερμάστρες. Έχουν μικρή απαίτηση σε εργάτες για τη λειτουργία τους καθώς και κόστος λειτουργίας, ιδιαίτερα, οι ηλεκτρικοί ανεμομείκτες. Επένδυση περίπου 900 €/στρέμμα, χωρίς τοιχοποιία και ανυψωτικό εξοπλισμό. Καταναλώνει περίπου 20 λίτρα καυσίμου ανά ώρα λειτουργίας. Η αποτελεσματικότητα ενισχύεται με θέρμανση ή καταιονισμό κάτω από την κόμη.

Ελικόπτερα

Τα ελικόπτερα είναι ακριβός (και μερικές φορές επικίνδυνος) τρόπος αντιπαγετικής προστασίας. Μεταφέρουν ζεστό αέρα από το υψηλότερο μέρος της αναστροφής στην ψυχρή περιοχή. Είναι περισσότερο αποτελεσματικά γιατί μπορούν να βρουν το ζεστό τμήμα του αέρα σε υψηλότερα επίπεδα. Μπορεί να καλύψει 220-440 στρέμματα (δηλαδή τρεις φορές περισσότερο από τον ανεμομείκτη) και η συχνότητα που πρέπει να περνά είναι κάθε 30-60 λεπτά. Η ανάδευση του αέρα με το ελικόπτερο, εάν έχει μεγάλη αναμονή, μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη ζημιά.

Κάθετες τουρμπίνες (Selective Inversion System)

Πρόκειται για τουρμπίνες που λειτουργούν με καυστήρα και τοποθετούνται σταθερά σε διαφορετικά σημεία στον οπωρώνα ή παίρνουν ενέργεια από τρακτέρ και ρυμουλκούνται κατά τη διάρκεια του παγετού. Παίρνουν τον ψυχρό αέρα από την επιφάνεια του εδάφους να τον στέλνουν ψηλά ώστε να κατέβει προς τα κάτω ο θερμός αέρας, δηλαδή κάτι παρόμοιο με τους ανεμομείκτες.

Απαιτείται μελέτη της απαιτούμενης ενέργειας της τουρμπίνας, καθώς και της θέσης που πρέπει να τοποθετηθούν σε έναν οπωρώνα. Σε επίπεδα εδάφη τοποθετούνται σε συγκεκριμένες αποστάσεις έτσι ώστε να δημιουργούν τετράγωνα ενώ σε κεκλιμένο έδαφος τοποθετούνται στα χαμηλότερα σημεία της καλλιέργειας γιατί ο ψυχρός αέρας είναι πιο βαρύς από των θερμό και κατεβαίνει συνέχεια προς τα κάτω.

Συμπεράσματα

Υπάρχουν πολλά μέσα για την πρόβλεψη και την προστασία από τον παγετό. Η αποφυγή των ζημιών με φύτευση σε περιοχές χωρίς παγετό θα πρέπει να είναι το κύριο μέσο αποφυγής αυτών των ζημιών. Είναι σημαντικό ο παραγωγός να παρακολουθεί τις προγνώσεις του καιρού και είναι προετοιμασμένος με τα κατάλληλα μέσα (τεχνικά, υλικά, παρακολούθηση προγνωστικών μέσων κτλ) για την αντιμετώπισή τους.

Σε περίπτωση που συμβεί παγετός, τα δέντρα πρέπει να ψεκάζονται με χαλκούχα σκευάσματα ή κατάλληλα μυκητοκτόνα και τα τμήματα του δένδρου όπου υπάρχουν σχισίματα του φλοιού πρέπει να καλύπτονται με κόλλα εμβολιασμού για να αποφευχθεί η είσοδος παθογόνων. Τα δένδρα δεν πρέπει να κλαδεύονται για αρκετό διάστημα ώστε να εμφανιστεί η πραγματική ζημία υπό μορφή συμπτωμάτων (ξηράνσεις, σχισίματα).

Βιβλιογραφία

- Delon P, 2022. Gels de printemps en vergers, different types, seuils critiques, moyens de lutte. Sud Arbo. [Nelo 2022, sudarbo_gels_printemps_ca34_2022.pdf](#)
- Drogoudi PD, C Tsipouridis, T Thomidis, T Terzis, 2006. Covering of peach flowers as a method for early spring frost protection. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 34: 51-53.
- Isa N, 2019. Grower lathers crops in molasses to protect produce as South Australia endures consecutive frosts. <https://www.abc.net.au/news/2019-06-25/sugar-coat-it-molasses-helps-fight-frost-for-citrus-growers/11241972>
- Jaquith FM, 1970. Frost preventative for crops. Patent US3555727A USA. <https://patents.google.com/patent/US3555727A/en>
- Nestby R, R Bjorgum, A Nes, T Wikdahl, B Hageberg, 2000. Winter cover affecting freezing injury in strawberries in a coastal and continental climate. The Journal of Horticultural Science & Biotechnology Vol. 75 No: 1 119-125
- Qianqian M, Huang J-G, Hanninen H, Berninger F, 2018. Divergent trends in the risk of spring frost damage to trees in Europe with recent warming. Global Change Biology
- Román-Figueroa C, Bravo L, Paneque M, Navia R, Cea M, 2021. Chemical products for crop protection against freezing stress: A review. Journal of Agronomy and Crop Science DOI: 10.1111/jac.12489
- Snyder RL, de Melo-Abreu P, 2005. In: Frost protection: fundamentals, practice, and economics. Food and Agriculture Organizations of the United Nations, Rome. <https://www.fao.org/4/y7223e/y7223e00.htm#Contents>
- Tsipouridis C, Thomidis T, Chatzicharisis I, 2006. Effect of sprinkler irrigation system on air temperatures and use of chemicals to protect cherry and peach trees from early spring frost. Australian Journal of Experimental Agriculture. DOI: 10.1071/EA04014
- Δρογούδη Π, 2016 Χρήση οσμωρυσθμιστικών ουσιών για την προστασία της ροδιάς από παγετό. Πρακτικά της 27ης Επιστημονικής Συνεδρίασης της ΕΕΕΟ, 17Α: 117-121.
- Δρογούδη Π, Σ Βέμμος, Π Τσιάντας, 2016. Αλλαγές στην αντοχή οφθαλμών και βλαστών ροδιάς σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια διαφορετικών φαινολογικών σταδίων. Πρακτικά της 27ης Επιστημονικής Συνεδρίασης της ΕΕΕΟ, 17Α: 112-116.
- Δρογούδη ΠΔ, Κ Τσιπουρίδης, 2007. Μελέτη ανθεκτικότητας ανθοφόρων οφθαλμών ποικιλιών ροδακινιάς σε χαμηλές θερμοκρασίες. Πρακτικά 22ου συνεδρίου ΕΕΕΟ, 12β: 439-442.
- Δρογούδη ΠΔ, Τσιπουρίδης Κ, 2009. Μελέτη αξιολόγησης της επίδρασης 12 φυσικών ή χημικών ουσιών στην αντοχή ανθοφόρων οφθαλμών ροδακινιάς σε χαμηλές θερμοκρασίες. Πρακτικά 23ου συνεδρίου ΕΕΕΟ 13: 125-128.
- Δρογούδη ΠΔ., Τσιπουρίδης Κ, 2004. Ζημιά ανθοφόρων οφθαλμών ροδακινιάς και νεκταρινιάς από ανοιξιάτικους παγετούς. Πρακτικά της 21ης συνεδρίασης ΕΕΕΟ 11β: 329-332.
- Μαυρομάτης Θ, 2025. Η «ιστορική» και μελλοντική εξέλιξη θερμομετρικών και βροχομετρικών χαρακτηριστικών της Κεντρικής Μακεδονίας. Προφορική παρουσίαση σε διημερίδα με θέμα «Κλιματική κρίση – Πρωτογενής τομέας, Προτάσεις & Λύσεις» ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Κεντρικής Μακεδονίας, 23-24.01.2024, Θεσσαλονίκη.

