



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Φυσικοί και Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι (Εργαστήριο)

Ενότητα 3 Παγετός

Δρ. Θεοχάρης Μενέλαος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επενδύει στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

2. Ο ΠΑΓΕΤΟΣ

2.1 Εισαγωγή

«Όταν την ανοιξιάτικη νύκτα επικρατεί ισχυρός παγετός, αμέσως διαβρέχω τα λάχανα και τα άλλα φυτά με άφθονο ψυχρό νερό το οποίο παγώνει, καλύπτει πλήρως τα φυτά με πάγο και με αυτό τον τρόπο σώζονται από τον παγετό». Αυτά έγραφε ήδη από το 1769 ο O.V. Schoellenbach αλλά πέρασε περισσότερο από 1,5 αιώνας μέχρις ότου η επιστήμη να αξιοποιήσει αυτή τη μέθοδο.

Ο παγετός είναι ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα που έχει η γεωργία. Είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να προκαλέσει μια μικρή ζημιά σε μια και μόνο καλλιέργεια, αλλά μπορεί να καταστρέψει την σοδιά μιας ολόκληρης περιοχής. Η ζημιά που μπορεί να προκαλέσει μπορεί να κυμαίνεται από μερική καταστροφή της παραγωγής έως και την ολοκληρωτική καταστροφή των καλλιεργούμενων δέντρων και αυτό εξαρτάται από την ένταση και από την διάρκεια που θα έχει.

Τυχαία παρατηρήθηκε σε εκτεταμένες εγκαταστάσεις καταιονισμού των ΗΠΑ ότι καλλιέργειες λαχανικών, που αρδεύτηκαν από αμέλεια κατά τη διάρκεια της νύκτας με παγετό, σώθηκαν αυτές παρ' όλο ότι σχηματίστηκε πάγος πάνω στα φυτά, ενώ διπλανές καλλιέργειες οι οποίες δεν διαβρέχτηκαν και επομένως δεν δημιουργήθηκε πάγος πάνω σε αυτές, κατεστράφησαν από τον παγετό.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις έγιναν από το 1932 πειράματα στη Γερμανία και το 1940 ήρθε στο φως η πρώτη εργασία των Kessler και Kaempfert. Αργότερα με το αντικείμενο αυτό ασχολήθηκαν ο Sconnopp και άλλοι άλλα ήτο ανεπιθύμητη η μεγάλη ένταση βροχής. Μετά την εφεύρεση του μικρού εκτοξευτήρα (1952) με χαμηλό ωριαίο ύψος βροχής, η προστασία των καλλιεργειών από τον εαρινό παγετό με καταιονισμό έγινε πραγματικότητα.

Είναι γνωστόν από τη Φυσική ότι: Ένα λίτρο νερό 0°C για να μετατραπεί σε πάγο 0°C αποδίδει θερμότητα 80Kcal. Επομένως αν μετά την έναρξη του παγετού διαβρέχουμε τα φυτά με νερό, τότε κατ' αρχήν τα φυτά παίρνουν την θερμοκρασία του νερού. Ο περιβάλλον ψυχρός αέρας ψύχει γρήγορα φυτό και νερό, σχηματίζεται πάνω στο φυτό ένας προστατευτικός θώρακας από υγρό πάγο και αποδίδονται οι θερμίδες από την πήξη του νερού και η θερμοκρασία των φυτών παραμένει σταθερά στους 0 έως - 0,5°C.

Αν οι χυμοί των φυτών είχαν αποσταγμένο νερό, τότε θα πάγωναν στους 0 °C και θα καταστρέφονταν τα φυτά. Οι κυτταρικοί χυμοί όμως είναι διαλύματα και ως γνωστό τα διαλύματα έχουν ανάλογα με την πυκνότητά τους χαμηλότερο βαθμό πήξης από το αποσταγμένο νερό. Σύμφωνα με το νόμο του Raoult υποβιβάζεται ο βαθμός πήξεως ενός διαλύματος ανάλογα με την αύξηση της πυκνότητάς του π.χ. εν γραμμομόριο σε 1 λίτρο νερό υποβιβάζει το βαθμό πήξεως κατά 1,85°C.

Είναι αδύνατος ο ακριβής καθορισμός του σημείου πήξεως των χυμών των φυτών λόγω της πολύπλοκης σύνθεσής τους. Πολλοί ερευνητές παραδέχονται ότι τα φυτά αντέχουν την άνοιξη σε παγετούς μέχρι -2°C.

Ο Πίνακας 2.1 (Δαμιανάκης και Σαμπαθιανάκης, 2008) δίνει τις θερμοκρασίες που δημιουργούν ζημιά στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων. Πρόκειται για θερμοκρασίες κλωβού εγκατεστημένου στον οπωρώνα και μπορούν να τις αντέξουν τα δένδρα περίπου 30 λεπτά. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 1 μία θερμοκρασία -1,1°C στην περίοδο των μικρών πράσινων καρπών μπορεί να καταστρέψει ολόκληρη την παραγωγή.

Πίνακας 2.1 Αντοχή των οπωροφόρων σε χαμηλές θερμοκρασίες σε βαθμούς Κελσίου

Είδος δένδρου	Κάλυκες κλειστοί αλλά με ορατό το άκρο των έγχρωμων πετάλων	Πλήρης άνθηση	Μικροί πράσινοι καρποί
Μηλιά	- 3,5	-2,0	-1,5
Αχλαδιά	- 4,0	-2,0	-1,1
Ροδακινιά	- 3,5	-2,0	-1,0
Κερασιά	- 4,0	-2,0	-1,5
Δαμασκηνιά	- 2,5	-1,5	-1,0
Βερικοκιά	- 3,5	-1,5	-1,0
Αμυγδαλιά	-3,5	-3,0	-1,0
Αμπελοειδή	-1,5	-1,0	-1,5
Καρυδιά	-1,0	-1,1	-1,1
Εσπεριδοειδή	-1,5	-1,0	- 0,5
Μέσος όρος	-3,0	-2,0	-1,5

Σε άλλες φάσεις της βλάστησης ο κίνδυνος για την καταστροφή του δέντρου είναι μικρότερος. Ο Πίνακας 2.1 έχει μεγάλη σημασία διότι όταν είναι γνωστές η αντοχή του κάθε δένδρου στα διάφορα στάδια της βλάστησης και οι ελάχιστες

θερμοκρασίες μιας περιοχής, ο παραγωγός μπορεί να βοηθηθεί κατά την εκλογή της κατάλληλης ποικιλίας στην περιοχή του. Από τον πίνακα αυτό συνάγεται ότι η πιο κρίσιμη περίοδος για τους παγετούς είναι κατά το δέσιμο των καρπών και τα πλέον ευπαθή φυτά είναι τα εσπεριδοειδή.

2.2 Ο Παγετός

Ο παγετός είναι ένα καιρικό φαινόμενο που προκαλείται με την πτώση της θερμοκρασίας του αέρα μέχρι ή και κάτω από το μηδέν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία παγοκρυστάλλων πάνω στην επιφάνεια του εδάφους ή του φυτού (Σφακιωτάκης 1993).

Η δημιουργία του παγετού επηρεάζεται και οφείλεται από διάφορους παράγοντες, οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι:

- ✓ Η πτώση της θερμοκρασίας του αέρα στο μηδέν ή και κάτω από αυτό.
- ✓ Άπνοια
- ✓ Η χαμηλή σχετική υγρασία.

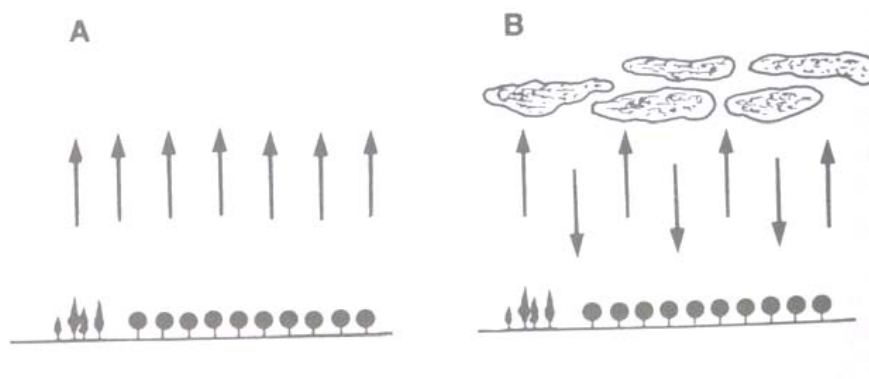
Με κριτήριο τον τρόπο πτώσης της θερμοκρασία στους 0°C και κάτω, υπάρχουν οι τύποι παγετού:

- ✓ Παγετός ακτινοβολίας (Ανοιξιάτικοι παγετοί)
- ✓ Παγετός ψυχρών μαζών αέρα. (Χειμερινοί παγετοί)

2.2.1 Παγετός ακτινοβολίας

Λέγονται και ανοιξιάτικοι παγετοί γιατί σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και οι όψιμοι παγετοί της άνοιξης (Σφακιωτάκης 1993). Η δημιουργία τους οφείλεται στην επαφή του αέρα με την επιφάνεια των φυτών και του εδάφους οι οποίες χάνουν θερμοκρασία λόγω αποβολής ακτινοβολίας (Σχήμα 2.1).

Η ακτινοβολία αυτή χάνεται προς τον ουρανό και δεν επιστρέφει πίσω, παρά μόνο σε περίπτωση που συναντήσει διάφορα άλλα σώματα όπως σύννεφα. Ωστόσο και στην περίπτωση αυτή η επιστροφή είναι μερική γιατί απορροφάται κάποιο ποσοστό ακτινοβολίας από τα σώματα αυτά (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1 Παγετός ακτινοβολίας, A) διαφυγή ακτινοβολίας, B) αντανάκλαση ακτινοβολίας

Την περίπτωση αυτή την συναντάμε σε ανοιχτές πεδιάδες και σε περιοχές που τη νύχτα επικρατεί ξαστεριά και η πτώση της θερμοκρασίας είναι αισθητή.

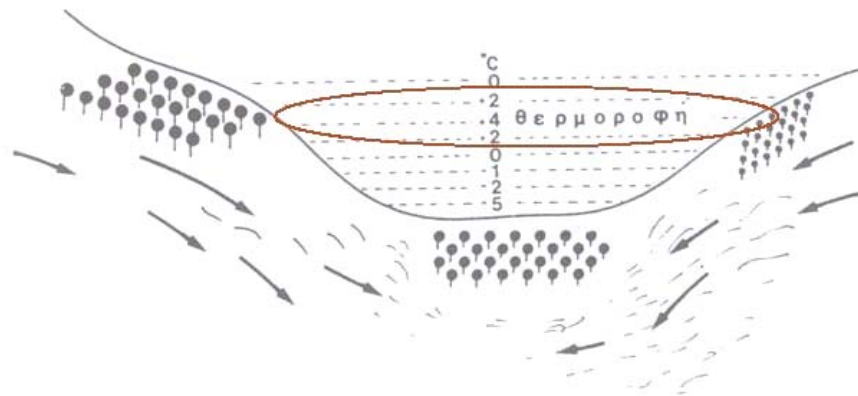
Κατά τη διάρκεια της ημέρας η ακτινοβολία που δέχεται το έδαφος είναι μεγαλύτερη από αυτήν που εκπέμπει για αυτό και ο αέρας στην επιφάνεια του εδάφους παραμένει ζεστός, όμως κατά την διάρκεια της νύχτας γίνεται το αντίθετο και για αυτό το λόγω η θερμοκρασία πέφτει πολύ χαμηλά και δημιουργείται ο παγετός.

Οι παγετοί αυτοί προκαλούν ζημιές στα φυλλοβόλα οπωροφόρα τα οποία την περίοδο αυτή βρίσκονται στο ευαίσθητο στάδιο της ανθοφορίας τους.

2.2.2 Παγετός ψυχρών μαζών

Λέγονται και χειμερινοί παγετοί γιατί σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι πρώιμοι παγετοί του φθινοπώρου. Η δημιουργία τους είναι πιο σύνθετη σε σχέση με τους παγετούς ακτινοβολίας. Για να δημιουργηθούν σημαντικός παράγοντας είναι και το ανάγλυφο της περιοχής που βρίσκεται η καλλιέργεια.

Κατά την διάρκεια της ημέρας ο αέρας ζεσταίνεται λόγω της ακτινοβολίας του ήλιου και κοντά στην επιφάνεια του εδάφους είναι πιο ζεστός. Κατά την διάρκεια της νύχτας, όμως, χάνει θερμοκρασία και τα ψυχρότερα στρώματα κατέρχονται ενώ τα θερμότερα ανέρχονται. Το φαινόμενο αυτό λέγεται αναστροφή και λόγω αυτό του φαινομένου παρατηρείται μια αυξομείωση της θερμοκρασίας στα στρώματα του αέρα, με το στρώμα του αέρα που έχει την υψηλότερη θερμοκρασία να λέγεται θερμοροφή (Σφακιωτάκης 1993). Σαν αποτέλεσμα της αναστροφής αυτής οι ψυχρές μάζες αέρα συσσωρεύονται στην επιφάνεια του εδάφους και δημιουργείται ο παγετός (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Παγετός ψυχρών μαζών και θερμοροφή

Ο παγετός αυτός συναντάται περισσότερο σε περιοχές που βρίσκονται σε κοιλάδες όπου περιβάλλονται από βουνά και αυτό γίνεται, γιατί από τις κορυφές των βουνών κατεβαίνουν μεγάλοι όγκοι ψυχρής μάζας αέρα, που δεν αφήνουν τον αέρα να διαφύγει, αλλά δημιουργούν ένα θύλακα και τον εγκλωβίζουν.

Στην περίπτωση αυτή ζημιά παθαίνουν μόνο οι καλλιέργειες που βρίσκονται στην κοιλάδα ενώ οι καλλιέργειες που βρίσκονται στις πλαγιές των βουνών δεν διατρέχουν κανένα άμεσο κίνδυνο λόγω του ότι βρίσκονται κοντά στην θερμοροφή όπου η θερμοκρασία είναι πάνω από το 0°C (Σχήμα 2.2).

Οι παγετοί αυτοί προκαλούν ζημιές κυρίως στα εσπεριδοειδή και άλλα υποτροπικά οπωροφόρα και καταστρέφουν καρπούς, ενώ σπανιότερα προξενούν ζημιά και στους βλαστούς.

2.2.3 Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τους παγετούς

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οτιδήποτε εμποδίζει την ακτινοβολία να φτάσει στο έδαφος συντελεί στην δημιουργία του παγετού. Επομένως η καλυμμένη με βλάστηση επιφάνεια απορροφά λιγότερη ακτινοβολία από ότι το καλλιεργημένο έδαφος με αποτέλεσμα η πιθανότητα δημιουργίας παγετού στα εδάφη αυτά να είναι μεγαλύτερη.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την δημιουργία του παγετού είναι και η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους. Τα οργανικά εδάφη έχουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα επομένως είναι πιο δύσκολη η μετακίνηση της θερμότητας από το εσωτερικό του εδάφους προς την επιφάνεια με αποτέλεσμα να ψύχονται περισσότερο, σε σύγκριση πάντα με τα λιγότερο οργανικά εδάφη.

Εκτός από το ανάγλυφο της περιοχής, σημαντικό ρόλο παίζει και το τοπογραφικό της ανάγλυφο. Εάν στην περιοχή υπάρχουν μεγάλοι όγκοι νερού όπως ποτάμια, λίμνες, θάλασσα, οι παρουσίες τους αποτρέπει την δημιουργία παγετού λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, η οποία εμποδίζει την απότομη μεταβολή και τις μεγάλες αποκλίσεις της θερμοκρασίας από το ήδη υπάρχουσες τιμές.

2.3 Ζημιές του παγετού

Ο παγετός μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε πολλά μέρη ενός φυτού, ακόμα και να το «κάψει» ολόκληρο. Ο παγετός δεν κάνει τίποτα περισσότερο από το να παγώνει το νερό που βρίσκεται μέσα στα αγγεία των φυτών, με αποτέλεσμα αυτό να διογκώνεται και να τα καταστρέφει σπάζοντας τα τοιχώματά τους.

Ο παγετός επηρεάζει μονό τα επιφανειακά στρώματα των φυτών, ενώ αφήνει ανέπαφα τα εσωτερικά (Εικόνα 2.1). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα φυτά που έχουν προσβληθεί από παγετό, την επόμενη βλαστική περίοδο να είναι σε καλή κατάσταση και να μην έχουν κανένα πρόβλημα, εφόσον όμως ο παγετός δεν έχει εισχωρήσει βαθύτερα και έχει καταστρέψει εξολοκλήρου τα φυτά.



Εικόνα 2.1 Κατεστραμμένος βλαστός φυτού από παγετό

Το πόσο βαθιά θα εισχωρήσει ο παγετός εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- ✓ Πόσο ισχυρός είναι ο παγετός
- ✓ Η διάρκεια του παγετού

- ✓ Πόσο ανεπτυγμένα είναι τα μέρη που προσβάλει
- ✓ Το στάδιο ανάπτυξης τους φυτού
- ✓ Το είδος του φυτού

2.3.1 Ποσοστό ζημιάς ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας

Το είδος της καλλιέργειας είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζει το ποσοστό ζημιάς από τον παγετό, καθώς έχουν παρατηρηθεί μεγάλες διαφορές από καλλιέργεια σε καλλιέργεια. Από τα δενδροκομικά είδη αυτά που παθαίνουν τις μεγαλύτερες ζημιές είναι τα εσπεριδοειδή σε ποσοστό 96-100% περίπου, ακολουθούν κατά σειρά η κερασιά με ποσοστό 88%, η ροδακινιά και η καρυδιά με 81%, η μηλιά με 76%, η άμπελος με 76%, η αμυγδαλιά με 33% και τέλος η αγλαδιά που φαίνεται να είναι το πιο ανθεκτικό είδος καλλιέργειας στον παγετό με 26%.

2.3.2 Ζημιά ανά στάδιο ανάπτυξης

Το στάδιο ανάπτυξης ενός φυτού και των ιστών του διατελεί σημαντικό παράγοντα για την ανθεκτικότητα του ως προς τον παγετό. Οι οφθαλμοί και τα άνθη είναι τα πιο ευαίσθητα μέρη ενός φυτού, αλλά όχι σε όλα τους τα στάδια, ενώ οι βραχίονες και ο λαιμός είναι τα πιο ανθεκτικά μέρη. Το πόσο ευαίσθητος ή ανθεκτικός είναι ένας ιστός επηρεάζεται από το στάδιο ανάπτυξής του που το «χτυπάει» ο παγετός.

2.3.3 Ζημιές στους οφθαλμούς και τα άνθη

Οι οφθαλμοί όταν βρίσκονται στο στάδιο του λήθαργου παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στο παγετό, η οποία χάνεται όσο ο οφθαλμός αναπτύσσεται. Με την διακοπή του λήθαργου και την αρχή του φουσκώματος ο οφθαλμός αρχίζει να γίνεται πιο ευάλωτος στο ψύχος. Όλοι οι οφθαλμοί δεν έχουν την ίδια ανθεκτικότητα και η αντοχή τους εξαρτάται από το είδος τους, την ποικιλία και την θέση του οπωρώνα. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι πιο ευαίσθητοι από τους βλαστοφόρους. Την μεγαλύτερη βέβαια ευαισθησία παρουσιάζουν τα άνθη, τα οποία είναι πιο ευάλωτα από ότι οι

οφθαλμοί και κυρίως κατά το διάστημα από τα ανοικτά άνθη μέχρι την καρπόδεση.

Στη χώρα μας τις περισσότερες ζημιές παθαίνουν τα οπωροφόρα δέντρα την περίοδο της άνοιξης επειδή βρίσκονται στο στάδιο της άνθησης (Εικόνα 2.2). Οι παγετοί της άνοιξης είναι όψιμοι και συμβαίνουν κατά τους μήνες Φεβρουάριο – Απρίλιο, με αποτέλεσμα όσες καλλιέργειες ανθίζουν πρώιμα να διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο, ενώ αυτά που ανθίζουν όψιμα σπάνια παθαίνουν ζημιές από τους παγετούς αυτούς. Η αμυγδαλιά είναι η πιο πρώιμη καλλιέργεια ως προς την ανθοφορία και για αυτό το λόγο είναι από τα πιο ευαίσθητα είδη φυλλοβόλων οπωροφόρων, ακολουθούν η ροδακινιά, η δαμασκηνιά, η κερασιά, και η αχλαδιά που ανθίζουν τον Απρίλιο μήνα ενώ η μηλιά σπάνια παθαίνει ζημιές από αυτούς τους παγετούς.

Βέβαια για να αναφερθεί πως μια καλλιέργεια είχε μεγάλη οικονομική ζημιά λόγω του παγετού, αυτό εξαρτάται και από το ποσοστό καρπόδεσής της. Για παράδειγμα 50% καταστροφή των οφθαλμών σε καλλιέργεια μηλιάς είναι σχετικά ασήμαντη επειδή η μηλιά έχει πολύ χαμηλό ποσοστό καρπόδεσης γύρω στο 5-10% για μια ικανοποιητική καρποφορία, ενώ είναι μεγάλη ζημιά για μια καλλιέργεια αμυγδαλιάς που χρειάζεται ποσοστό καρπόδεσης πάνω από 45% για ικανοποιητική καρποφορία.



Εικόνα 2.2 Υγιές άνθος αριστερά και προσβεβλημένο άνθος δεξιά από παγετό

Η διάρκεια του παγετού καθορίζει σε πια μέρη των άνθεων θα υπάρχει ζημιά, όπως και η χαμηλή θερμοκρασία. Δεν είναι όλες οι ζημιές των άνθεων ζημιογόνες για την παραγωγή. Ο σύντομος παγετός προκαλεί ζημιά στα πέταλα, στο στίγμα και στα τοιχώματα του ανθηκού σωλήνα, οι οποίες ζημιές είναι μικρής οικονομικής σημασίας

γιατί δεν επηρεάζουν την παραγωγή. Αντίθετα ένας βαρύς ή σε μεγάλη διάρκεια παγετός προκαλεί ζημιά στην ωοθήκη και στον ύπερο, που είναι η πιο σοβαρή ζημιά που μπορεί να πάθει ένα άνθος και φαίνεται από το μαύρισμα του στίγματος και της ωοθήκης. Όλες οι ζημιές στα άνθη δεν φαίνονται αμέσως αλλά μετά από 1-2 μέρες. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί πως, σύμφωνα με τις μέχρι τώρα παρατηρήσεις, ότι οι στήμονες σπάνια καταστρέφονται από παγετούς και ότι είναι το πιο ανθεκτικό μέρος ενός ανθούς.

Βέβαια στην περίπτωση των ανθέων θα πρέπει να γίνει μια εξαίρεση για τα άνθη της αμπέλου τα οποία άνθη παρουσιάζουν μια μεγαλύτερη αντοχή γιατί σχηματίζουν τα πέταλα τους το πυλίδιο. Μετά την πτώση όμως του πυλιδίου είναι το ίδιο εκτεθειμένα μετά άνθη των άλλο καρπών που έχουν ρίξει τα πέταλα τους.

2.3.4 Ζημιές στους καρπούς

Οι ευαισθησία των καρπών στους παγετούς εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης τους. Αμέσως μετά την καρποδεση, εάν ο καρπός είναι μονόσπερμος το καρπίδιο μαυρίζει και πέφτει. Το ίδιο φαινόμενο συμβαίνει και σε πολύσπερμους καρπούς με ισχυρό παγετό, αλλά εάν ο παγετός σε έναν τέτοιο καρπό είναι ελαφρύς μπορεί να καταστρέψει μονό μέρος από αυτόν και να έχουμε ένα παραμορφωμένο καρπό (Εικόνα 2.3). Σε μεγαλύτερους, σε μέγεθος, καρπούς ο παγετός προκαλεί ζημιά στον φλοιό οπού φαίλοποιείται και εμποδίζει την ανάπτυξη του.



Εικόνα 2.3 Επίδραση του παγετού σε Πορτοκάλια

2.3.5 Ζημιές στην βλάστηση

Ο παγετός προκαλεί ζημιές ακόμα και στο ίδιο το φυτό καταστρέφοντας από τους νεαρούς βλαστούς μέχρι και τον κορμό. Ζημιές από όψιμους παγετούς παρουσιάζουν οι νεαροί βλαστοί στις καρυδιές και στις φουντουκιές. Τέτοιοι βλαστοί είναι τρυφεροί την εποχή αυτή και αν λάβει χώρα παγετός νεκρώνονται όχι μόνο τα φύλλα αλλά και οι κορυφές των βλαστών. Επίσης ξήρανση των άκρων των βλαστών εντοπίζεται και στην συκιά.

Στα πολύ ψυχρά μέρη της χώρα ζημιές από χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα παρατηρούνται και σε κορμούς και βραχίονες των δέντρων. Στις ροδακινιές, αχλαδιές και κερασιές εντοπίζονται σχισίματα στο φλοιό.

Στα δέντρα που δεν έχουν σκληραγωγήσει λόγω όψιμων υδρεύσεων, υπερβολικών αζωτούχων λιπάνσεων και υπερβολικής καρποφορίας είναι δυνατό να παρουσιάζονται ζημιές από τους παγετούς του χειμώνα και σε ετήσιους βλαστούς. Οι ζημιές αυτές εμφανίζονται με νεκρώσεις του φλοιού μέχρι το ξύλο και με έλκη που τα συνοδεύουν ή έκκριση κόμης (Εικόνα 2.4).



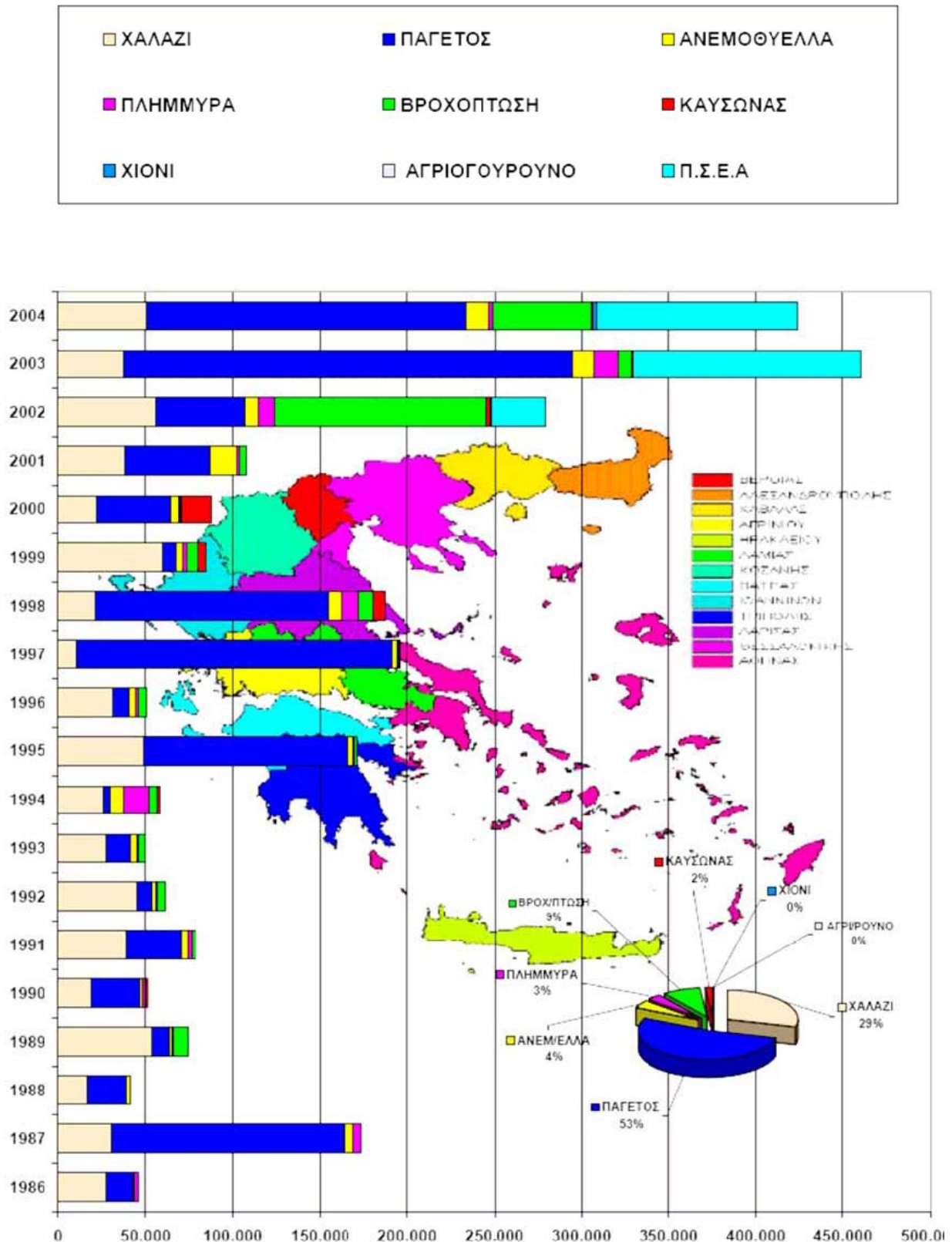
Εικόνα 2.4 Επίδραση παγετού σε κορμό δέντρου

2.4 Οικονομική σημασία του παγετού

Οι μεγαλύτερες καταστροφές που έχουν παρατηρηθεί στην Ελλάδα σε αγροτικές καλλιέργειες, όπως έχει καταγραφεί από το σύστημα των αποζημιώσεων, οφείλονται στον παγετό, όπως και παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 2.1. Από τον ίδιο πίνακα διαπιστώνεται πως τα τελευταία χρόνια οι καταστροφές από παγετούς

έχουν αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό.

Πίνακας 2.1 Αποζημιώσεις Ε.Λ.Γ.Α και Ενισχύσεις (2002-2003) ανά ζημιολόγο αίτιο για την περίοδο 1986 – 2004.



2.5 Προστασία από τον παγετό

2.5.1 Μελέτη του μικροκλίματος

Η μελέτη του μικροκλίματος γίνεται με όργανα που τοποθετούνται σε διάφορα σημεία της καλλιέργειας με τα οποία γίνεται συλλογή μετεωρολογικών μετρήσεων. Το μετεωρολογικό ιστορικό παλιότερων χρόνων μπορεί να δείξει το πόσο συχνά παρουσιάζεται παγετός στην περιοχή αυτή και πόσο διαρκεί ώστε να γίνει η επιλογή των κατάλληλων προστατευτικών μέτρων. Τα όργανα αυτά, μετρώντας τη θερμοκρασία, μπορούν να πληροφορήσουν για το πότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να υπάρξει παγετός.

2.5.2 Το ανάγλυφο της περιοχής

Η παρατήρηση του ανάγλυφου βοηθά πολύ στη κατάλληλη εκλογή των προστατευτικών μέτρων που πρέπει να εφαρμοσθούν. Διαφορετικά μέτρα παίρνονται όταν η καλλιέργεια είναι πάνω σε βουνό και διαφορετικά όταν είναι σε πεδιάδα. Επίσης η γνώση του ανάγλυφου της περιοχής βοηθάει στην σωστή εκλογή του τύπου καλλιέργειας. Π.χ. περιοχές με νερό, όπως ποταμιά και λίμνες, όπως και περιοχές που προστατεύονται από τον παγωμένο αέρα που ενδεχομένως φυσάει στην περιοχή, είναι προτιμότερες για καλλιέργεια, γιατί σε αυτές δεν παρουσιάζεται εύκολα ο παγετός όπως.

2.5.3 Παθητικά μέτρα προστασίας

Τα μέτρα αυτά δεν είναι τόσο αποτελεσματικά όσο είναι τα ενεργητικά και σκοπός τους είναι αφενός να μειώσουν την πιθανότητα να δημιουργηθεί παγετός, αφετέρου να αυξήσουν την αντοχή των φυτών σε αυτόν. Τα μέτρα αυτά χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, σε αυτό που εφαρμόζονται πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας και περιλαμβάνουν την επιλογή της περιοχής, την διάταξη της καλλιέργειας, την εκλογή του υποκειμένου κ.α και σε αυτά που εφαρμόζονται μετά την εγκατάσταση που είναι κυρίως καλλιεργητικές φροντίδες.

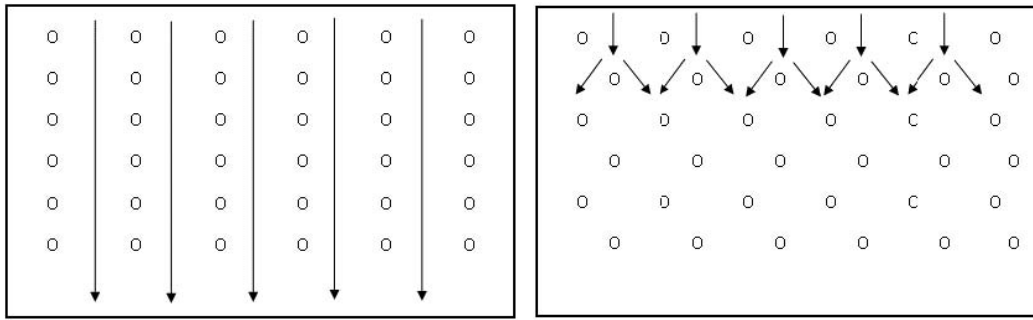
2.5.3.1 Επιλογή της θέσης της καλλιέργειας

Η σωστή επιλογή της θέσης βοηθάει πολύ στην αντιμετώπιση του παγετού. Περιοχές με νερό όπως λίμνες και ποταμιά προτιμούνται, διότι το νερό έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα και δεν επιτρέπει τις απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας.

Σε περιοχές όπου ο παγετός οφείλεται στην μετακίνηση ψυχρών μαζών, η επιλογή της θέσης είναι και εκεί πολύ σημαντική. Το υψόμετρο επηρεάζει την μετακίνηση του αέρα διότι ο παγωμένος αέρας είναι βαρύτερος και μετακινείται σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, επομένως οι περιοχές αυτές είναι καλύτερα να αποφεύγονται. Επίσης σε περιοχές όπου παρουσιάζεται διέλευση παγωμένων αερίων όγκων καλό είναι να αποφεύγονται ή εάν αυτό δεν είναι δυνατόν να επιλέγονται σημεία όπου υπάρχει κάποια φυσική ανεμόφραξη, όπως δάση εικόνα. Παρόλο που η επιλογή της θέσης είναι σημαντική αυτό πολλές φορές δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί καθώς δεν υπάρχει πάντα η πολυτέλεια της εκλογής. Κι αυτό γιατί πολλές φορές οι παραγωγοί έχουν περιορισμένο αριθμό επιλογών ως προς την τοποθεσία της καλλιέργειας τους.

2.5.3.2 Εγκατάσταση καλλιέργειας

Η διάταξη των σειρών, οι ανεμοφράκτες και η φυτοκάλυψη του εδάφους μπορούν να επηρεάσουν το μικροκλίμα της καλλιέργειας και τη διέλευση του αέρα. Γι' αυτό σε κεκλιμένες περιοχές είναι καλύτερο οι σειρές φύτευσης να είναι παράλληλες με την διεύθυνση της μεγαλύτερης κλίσης του εδάφους ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή στράγγιση του αέρα και να μην συσσωρεύονται οι ψυχρές μάζες μέσα στην καλλιέργεια (Σχήμα 2.3). Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όπου οι σειρές δεν είναι παράλληλες ο αέρας δυσκολεύεται να περάσει και συσσωρεύεται όλος στην καλλιέργεια δημιουργώντας θύλακα ψυχρής μάζας αέρα.

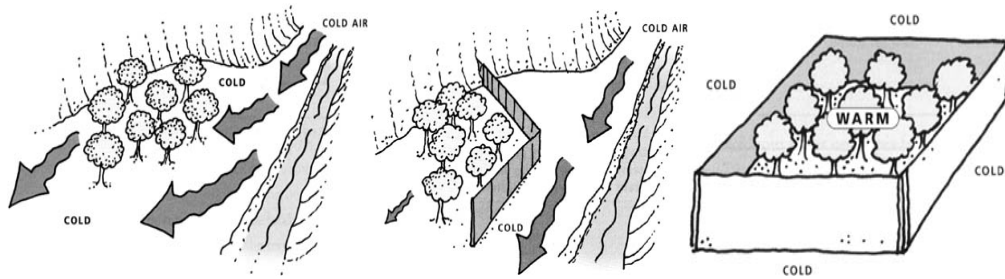


Σχήμα 2.3 Παράλληλη διάταξη και μη παράλληλη διάταξη γραμμών καλλιέργειας

Σε κεκλιμένες περιοχές η χρήση του ανεμοφράκτη (Σχήμα 2.4) μπορεί να βοηθήσει αρκετά στην αντιμετώπιση του προβλήματος. Μπορούμε να τοποθετήσουμε περιμετρικά από την καλλιέργεια ανεμοφράκτες οι οποίοι να σταματάνε τα καθοδικά ρεύματα αέρα και να τα εμποδίσουν να μπουν μέσα σε αυτήν ή ακόμα να τα οδηγούμε γύρω και μακριά από την καλλιέργεια. Οι ανεμοφράκτες μπορεί να είναι δυο ειδών φυσικοί και τεχνητοί. Οι φυσικοί ανεμοφράκτες αποτελούνται από δέντρα και θάμνους και έχουν το μειονέκτημα ότι είναι μόνιμοι και δεν μετακινούνται σε αντίθεση με τους τεχνητούς οι οποίοι αποτελούνται από μεταλλικά και πλαστικά τοιχώματα που μπορούν να μετακινηθούν. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί πως χρειάζεται προσοχή καθώς σε περιοχές που έχουμε παγετούς ακτινοβολίας οι ανεμοφράκτες εμποδίζουν την μετακίνηση του αέρα οπότε δημιουργούνται θύλακες αέρα.

Η διάταξη των γραμμών και οι ανεμοφράκτες δεν προστατεύουν από παγετούς ακτινοβολίας. Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε τη φυτοκάλυψη του εδάφους που εμποδίζει την ακτινοβολία να φύγει και μειώνει σημαντικά τα ποσοστά δημιουργίας παγετού. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται σε κεκλιμένα επίπεδα καθώς η πυκνή φυτοκάλυψη μπορεί να έχει αντίθετα αποτελέσματα από αυτά που θέλουμε, δηλ. μπορεί να μας προστατεύσει από τους παγετούς ακτινοβολίας αλλά εμποδίζει την στράγγιση του αέρα.

Τελικά μια σωστή χρήση των μέτρων αυτών μπορεί να προφυλάξει κατά μεγάλο ποσοστό την καλλιέργεια μας και από τα δυο είδη παγετού αρκεί να μην το παρακάνουμε και έχουμε αντίθετα αποτελέσματα από αυτά που θέλουμε.



Σχήμα 2.4 Περιγραφή λειτουργίας ανεμόφραξης: α) αφύλαχτη καλλιέργεια β) τοποθέτηση ανεμοφρακτών σε μια πλευρά και γ) περιμετρική κάλυψη με ανεμοφράχτες

2.5.3.3 Υποκείμενο

Η σωστή εκλογή του υποκειμένου είναι πολύ σημαντική για την παγετοπροστασία, καθώς το υποκείμενο είναι αυτό που προσδιορίζει την αντοχή των ριζών και του εμβολίου. Επομένως με την σωστή εκλογή του υποκειμένου μπορούμε να μεταφέρουμε την εποχή της βλάστησης έτσι ώστε να μην συμπίπτει με την εποχή των παγετών και να έχουμε λιγότερες απώλειες. Όπως αναφέρθηκε το υποκείμενο επηρεάζει και την αντοχή του εμβολίου έχει όμως παρατηρηθεί ότι και το σημείο εμβολιασμού επηρεάζει την αντοχή του. Δέντρα που είχαν το σημείο εμβολιασμού 30 με 40 cm πάνω από το έδαφος είχαν λιγότερες ζημιές από δέντρα που είχαν το σημείο 7 με 10 cm κάτω από το έδαφος

Στις μηλιές, δέντρα που έχουν υποκείμενο το M9 παρουσιάζουν μεγαλύτερες ζημιές από ότι δέντρα με το υποκείμενο M26. Στις ροδακινιές το υποκείμενο που έχει καθιέρωση για την παγετοπροστασία είναι το GF677, Ενώ στις πορτοκαλιές η αντοχή των ποικιλιών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αντοχή του υποκειμένου στο οποίο έχουν εμβολιαστεί.

2.5.3.4 Καλλιεργητές φροντίδες - Σκληραγώγηση

Η σκληραγώγηση των δέντρων είναι σημαντικός παράγοντας για τα μέτρα παθητικής προστασίας και επηρεάζεται άμεσα από αυτά. Ένα καλά σκληραγωγημένο δέντρο μπορεί να αντέξει το παγετό και με τη βοήθεια των άλλων μέτρων να μην παρουσιάζει ζημιές. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την σκληραγώγηση των δέντρων είναι το κλάδεμα, η λίπανση και οι ρυθμιστικές ουσίες όπως και το υποκείμενο που αναφέρθηκε.

Το κλάδεμα επηρεάζει άμεσα την σκληραγώγηση. Ο χρόνος που γίνεται και η αυστηρότητα του κλαδέματος επηρεάζουν σημαντικά την αντοχή των δέντρων στο ψύχος. Τα ακλάδευτα δέντρα είναι πιο ανθεκτικά από ότι τα κλαδεμένα. Το φθινοπωρινό κλάδεμα πρέπει να αποφεύγεται σε παγόπληκτες περιοχές διότι στα φυλλοβόλα, όπως η ροδακινιά, προκαλεί βραχυβιότητα και στα αειθαλή, όπως τα εσπεριδοειδή, μειώνει την φυλλική τους επιφάνεια με αποτέλεσμα να είναι πιο ευπαθή στο ψύχος. Σε αντίθεση το ανοιξιάτικο και το θερινό κλάδεμα γίνεται μετά την περίοδο των παγετών μειώνει την σκίαση που βοηθά στην καλύτερη ανάπτυξη των ανθοφόρων οφθαλμών και γενικά αυξάνει την αντοχή στο ψύχος.

Η λίπανση και οι ρυθμιστικές ουσίες επηρεάζουν την ανθεκτικότητα των δέντρων στο ψύχος. Με την λίπανση και τις ρυθμιστικές ουσίες επηρεάζεται η ανάπτυξη των δέντρων είτε επιταχύνοντας τα είτε καθυστερώντας τα. Με αυτή μέθοδο είναι δυνατή η αύξηση της αντοχής των δέντρων, καθώς καθυστερώντας ένα στάδιο, ώστε να περάσει η περίοδος των παγετών, περιορίζονται οι απώλειες.

2.5.4 Ενεργητικά μέτρα προστασίας

Τα παθητικά μέτρα προστασίας δεν παρέχουν προστασία σε ικανοποιητικό ποσοστό από τον παγετό, καθώς κύριος σκοπός τους είναι να μειώσουν όσον το δυνατόν τις απώλειες από αυτόν. Για την ουσιαστική αντιμετώπιση του φαινομένου αυτό χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα ενεργητικά μέτρα προστασίας και λέγονται έτσι διότι με αυτά ενεργούμε, παρεμβαίνουμε στο μικροκλίμα ώστε να εμποδίσουμε την δημιουργία του παγετού.

Με τα ενεργητικά μέτρα προσπαθούμε να επηρεάσουμε έναν ή μερικούς από τους βασικούς παράγοντες που χρειάζονται για την δημιουργία του παγετού. Οι πιο συνηθισμένοι παράγοντες που προσπαθούμε να ελέγξουμε είναι η **σχετική υγρασία**, η **θερμοκρασία του αέρα** και η **άπνοια**, παράγοντες οι οποίοι είναι και οι πιο καθοριστικοί για την δημιουργία του. Ένα άλλος παράγοντας που προσπαθούμε χρόνια να ελέγξουμε με διάφορους τρόπους είναι και η εκπομπή της ακτινοβολίας που συμβαίνει κατά την διάρκεια της νύχτας έτσι ώστε να εμποδίσουμε την πτώση της θερμοκρασίας.

Διάφοροι τρόποι έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται, για να εμποδίσουμε την δημιουργία του παγετού και συνέχεια γίνονται προσπάθειες για νέους τρόπους. Ήδη από την αρχαιότητα οι άνθρωποι, και ειδικά στην Αρχαία

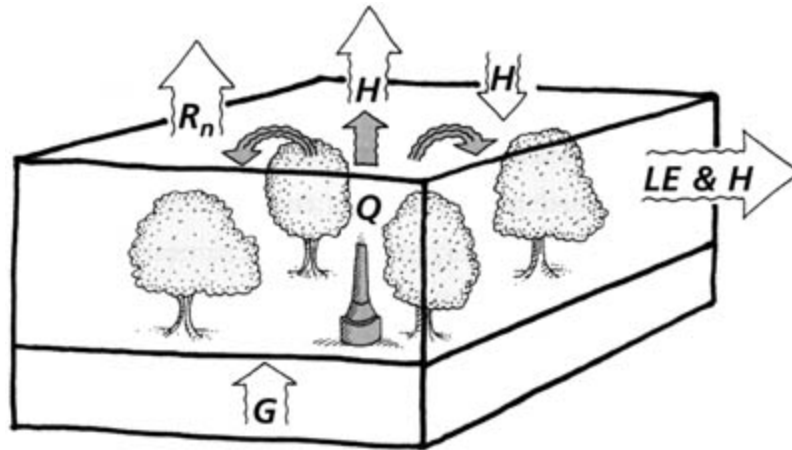
Κνωσό, κάλυπταν της ρίζες των φυτών τους με άχυρα, δηλαδή έκαναν ένα είδος εδαφοκάλυψης, προσπαθώντας βέβαια να κρατήσουν “ζεστά” τα φυτά τους χωρίς να γνωρίζουν ότι με αυτό τον τρόπο εμπόδιζαν και την διαφυγή της ακτινοβολίας. Αργότερα ανάβανε τα βραδιά φωτιές μέσα στις καλλιέργειες ώστε να κρατήσουν την θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα. Στην Κνωσό φημολογείται ότι με μεγάλα πανιά κατεύθυναν τον καπνό από τις φωτιές μέσα στις καλλιέργειες ώστε να έχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για να βρεθούν τρόποι που θα είναι αποτελεσματικοί σε μεγάλο βαθμό και θα έχουν χαμηλό κόστος. Η τεχνολογία έχει κάνει πολλές προσπάθειες για την ανακάλυψη τέτοιων μεθόδων και κυρίως έχει στραφεί στη δημιουργία μηχανημάτων που θα ελέγχουν τους κρίσιμους παράγοντες για την δημιουργία του παγετού.

2.5.4.1 Θερμάστρες

Ένας τρόπος είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας που γίνεται με διαφόρων ειδών θερμάστρες ή ολόκληρες εγκαταστάσεις που διοχετεύουν ζεστό νερό ή αέρα μέσα στις καλλιέργειες και κρατάνε την θερμοκρασία σε επίπεδα πάνω από τους 0°C (Σχήμα 2.5). Αυτός ο τρόπος, επίσης, χρησιμοποιείται και για άλλους λόγους όπως για το ότι μερικές καλλιέργειες θέλουν υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που επικρατούν στην φύση σε διάφορα στάδια της ανάπτυξης τους. Αυτού του είδους η αντιμετώπιση χρησιμοποιείται κυρίως σε θερμοκήπια.

Για την εφαρμογή της μεθόδου συνήθως χρησιμοποιούνται μεγάλες θερμάστρες διαφόρων τύπων οι οποίες τοποθετούνται μέσα στην καλλιέργεια σε καθορισμένες θέσεις ώστε να ζεσταίνονται τα δέντρα και ο αέρας εμποδίζοντας την πτώση της θερμοκρασίας και κατ' επέκταση και την δημιουργία παγετού. Για καύσιμα χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά από κάρβουνα μέχρι πετρέλαιο.



Σχήμα 2.5 Περιγραφή λειτουργίας θερμάστρας: καθαρή ακτινοβολία (R_n), κάθετη και οριζόντια ροή θερμότητας (H), αγωγή ροή θερμότητας από το έδαφος (G), λανθάνουσα θερμότητα (LE) και ενέργεια που προστίθεται με τη θέρμανση (Q)

2.5.4.2 Αυτόματα συστήματα άρδευσης

Ένας από τους πιο ευρέα διαδεδομένους τρόπους αντιμετώπισης του παγετού είναι τα αρδευτικά συστήματα. Χρησιμοποιώντας είτε το κύριο είτε ένα παράλληλο σύστημα, μπορούμε να έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση του παγετού.

Είναι γνωστό ότι ο παγετός παρουσιάζεται τις πρώτες πρωινές ώρες της μέρας, μεταξύ του διαστήματος 5 με 7 π.μ. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να θέτουμε σε λειτουργία το αρδευτικό μας σύστημα γύρο στις 11 μ.μ. με 12 τα μεσάνυχτα. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτό είναι ό,τι αν ανοίξουμε το σύστημα κατά της 4 π.μ. υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το νερό μέσα στο σύστημα να έχει παγώσει και να μην μπορέσει να λειτουργήσει. Επίσης υπάρχει και η πιθανότητα ο παγετός να έχει είδη “πέσει” και αν ακόμα δεν έχει παγώσει το νερό το μόνο που θα καταφέρουμε είναι να του δώσουμε τροφή για να παγώσει και να μας κάνει μεγαλύτερη ζημιά.

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων άρδευσης οφείλεται στην μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού. Το νερό έχει την ιδιότητα να εγκλωβίζει μέσα του μεγάλες ποσότητες θερμότητας και να μεταβάλλεται η θερμοκρασία του ελάχιστα. Με αυτό τον τρόπο αν εφαρμοσθεί υψηλής καταίωσης πότισμα τροφοδοτείται η καλλιέργεια με νερό το οποίο απορροφά το ψύχος και έτσι η μεταβολή της θερμοκρασίας μειώνεται αρκετά και διατηρείται πάνω από τους 0°C .



Εικόνα 2.8 Δημιουργία νέφους από αυτόματο σύστημα ποτίσματος υψηλής καταίωσης

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων άρδευσης είναι τα εξής:

- ✓ Είναι πολύ αποδοτικά
- ✓ Δεν χρειάζεται καμιά τεχνογνωσία*
- ✓ Είναι φτηνά στην κατασκευή τους*
- ✓ Έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας
- ✓ Εύκολα στην συντήρηση τους
- ✓ Αυτοματοποιούνται εύκολα
- ✓ Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε είδος εδάφους

*Στην περίπτωση που γίνεται αυτοματοποίηση του συστήματος το κόστος αυξάνεται καθώς και οι απαιτήσεις σε τεχνογνωσία.

Ο τρόπος αυτός της πρόληψής έχει ωστόσο παρουσιάζει και σημαντικά μειονεκτήματα για αυτό γίνονται προσπάθειες βελτίωση ή και αντικατάστασή του. Τα μειονεκτήματα αυτά είναι:

- ✓ Μεγάλη κατανάλωση νερού
- ✓ Η ύπαρξη νερού
- ✓ Δεν μπορούμε να καλύψουμε μεγάλες εκτάσεις
- ✓ Ευκολία καταστροφής τους

Γεγονός είναι πως η ύπαρξη νερού είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία της παραπάνω μεθόδου. Επίσης το νερό έχει καταντήσει δυσεύρετο και όταν ακόμα βρεθεί είναι λίγο για αυτό καλό είναι να γίνεται ορθολογική χρήση του.

Από την παραπάνω περιγραφή προκύπτει ότι για να επιτευχθεί προστασία από τον εαρινό παγετό με καταιονισμό απαιτείται συνεχής διαβροχή των φυτών από την έναρξη του παγετού κατά τις νυκτερινές ώρες, μέχρι το πρωί της επόμενης ημέρας οπότε με την ηλιακή θερμότητα θα θερμανθεί η ατμόσφαιρα και θα αρχίσει η τήξη των πάγων.

Επομένως πρέπει να υπολογιστεί το κατάλληλο ωριαίο ύψος βροχής το οποίο αφ' ενός μεν να εξασφαλίζει την συνεχή διαβροχή των φυτών, αφ' ετέρου δε λόγω των απαιτούμενων σχετικά μικρών ποσοτήτων νερού και για λόγους οικονομίας να διατηρείται αυτό σε μικρές ποσότητες ωριαίου ύψους βροχής. Η πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα πρέπει να είναι ικανή ώστε να νεφελοποιεί το νερό έτσι ώστε αυτό να εισέρχεται σε όλο το φύλλωμα των φυτών, για να εξασφαλίζεται η προστασία των από του παγετού και να μη συσσωρεύεται στο εξωτερικό φύλλωμα οπότε κάτω από την επίδραση του βάρους των πάγων και των σταλακτιτών να σπάζουν οι κλώνοι των δένδρων.

Η συχνότητα διαβροχής του εκτοξευτήρα να είναι ικανή ώστε να εξασφαλίζει συνεχώς την απόδοση της θερμότητας πήξεως σε όλα τα φυτά της αρδευόμενης επιφανείας. Για την απαιτούμενη ένταση βροχής ο N. Wackernell από το ισοζύγιο θερμότητας δίδει την ακόλουθη σχέση ωριαίου ύψους βροχής, η οποία ισχύει για θερμοκρασίες κάτω από τους -2°C και σε τον όποιο το t μπαίνει χωρίς πρόσημο.

$$i_1 = \frac{11,15hw(t-2)}{K(80+t_v)}$$

όπου:

i_1 είναι η ένταση βροχής για την προστασία από τον παγετό ακτινοβολίας

h είναι ύψος των φυτών σε m

w είναι η ταχύτητα του ανέμου σε m/sec

t είναι η θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος σε βαθμούς Κέλσιου

t_v = θερμοκρασία του νερού σε βαθμούς Κελσίου

K = συντελεστής πυκνότητας των καλλιεργειών που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K = \frac{\text{Καλυμμένη Επιφάνεια}}{\text{Συνολική Επιφάνεια}}$$

Η σχέση αυτή ισχύει για παγετούς ακτινοβολίας.

Αν κατά τη διάρκεια των παγετών εμφανιστεί ψυχρός άνεμος τότε εξ αιτίας του ανέμου δημιουργείται πρόσθετο ψύχος από την εξάτμιση του νερού. Ως γνωστόν για την εξάτμιση ενός λίτρου νερού απορροφώνται 590 Kcal από το περιβάλλον.

Επομένως η αφαιρούμενη αυτή ποσότητα νερού πρέπει να προστεθεί με αύξηση της έντασης βροχής. Αυτή υπολογίζεται από τη σχέση της ταχύτητας εξάτμισης του Dalton και για θερμοκρασίες γύρω από τους 0 °C και ταχύτητες άνεμου 0,1 - 1,0 m/sec δίνει την ακόλουθη σχέση:

$$i_2 = \frac{234w}{80 + t_v}$$

όπου τα σύμβολα έχουν τις τιμές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Έτσι η γενική σχέση του απαιτούμενου ωριαίου ύψους βροχής για την προστασία από τον παγετό παίρνει τη μορφή :

$$i_t = \frac{11,15hw(t-2)}{K(80 + t_v)} + \frac{234w}{80 + t_v}$$

Αριθμητικά παραδείγματα

1) Σε μία περιοχή επικρατεί παγετός με θερμοκρασία - 6 °C και πρόκειται να γίνει καταιονισμός για την προστασία τριών καλλιιεργειών: α) οπωρώνων, β) αμπελώνων, γ) καλλιέργειας φράουλας. Εάν η θερμοκρασία του χρησιμοποιούμενου νερού είναι + 5 °C και η ταχύτητα του άνεμου 0,1 m/sec να ευρεθούν τα απαιτούμενα ωριαία ύψη βροχής κατά καλλιέργεια.

Λύση.

α) Οπωρώνες: Έστω ότι το ύψος των φυτών είναι 6 m και ότι η πυκνότητα της καλλιέργειας έχει τιμήν $K = 1/2$

$$i_t = \frac{11,15 \times 6 \times 0,1 \times (6 - 2)}{\frac{1}{2} \times (80 + 5)} + \frac{234 \times 0,1}{80 + 5} = 0,63 + 0,26 = 0,89 \text{ mm/h}$$

β) Αμπελώνες: Έστω ότι το ύψος των φυτών είναι 1,5 m και ότι η πυκνότητα της καλλιέργειας έχει τιμήν $K = 1/30$

$$i_t = \frac{11,15 \times 1,5 \times 0,1 \times (6 - 2)}{\frac{1}{30} \times (80 + 5)} + \frac{234 \times 0,1}{80 + 5} = 2,36 + 0,26 = 2,72 \text{ mm/h}$$

γ) Καλλιέργεια φράουλας: Έστω ότι το ύψος των φυτών είναι 0,5 m και ότι η πυκνότητα της καλλιέργειας έχει τιμήν $K = 1/2$

$$i_t = \frac{11,15 \times 0,5 \times 0,1 \times (6 - 2)}{\frac{1}{2} \times (80 + 5)} + \frac{234 \times 0,1}{80 + 5} = 0,0525 + 0,26 = 0,3125 \text{ mm/h}$$

2) Εάν η ταχύτητα του ανέμου είναι 0,5 m/sec με τα ίδια στοιχεία του προβλήματος να ευρεθεί το απαιτούμενο ωριαίο ύψος βροχής.

Λύση.

α)

Οπωρώνες:

$$i_t = \frac{11,15 \times 6 \times 0,5 \times (6-2)}{\frac{1}{2} \times (80+5)} + \frac{234 \times 0,5}{80+5} = 3,15 + 1,38 = 4,53 \text{ mm/h}$$

β)

Αμπελώνες:

$$i_t = \frac{11,15 \times 1,5 \times 0,5 \times (6-2)}{\frac{1}{30} \times (80+5)} + \frac{234 \times 0,5}{80+5} = 11,81 + 1,38 = 13,19 \text{ mm/h}$$

γ) Καλλιέργεια φράουλας:

$$i_t = \frac{11,15 \times 0,5 \times 0,5 \times (6-2)}{\frac{1}{2} \times (80+5)} + \frac{234 \times 0,5}{80+5} = 0,26 + 1,38 = 1,64 \text{ mm/h}$$

Από τα αριθμητικά τούτων παραδείγματα προκύπτει ότι κατά τους παγετούς ακτινοβολίας με πολύ περιορισμένες ταχύτητας ανέμου (0,1 m/sec) έχουμε μία μικρή προσαύξηση (0,26 mm/h) του ωριαίου ύψους βροχής από την εξάτμιση του καταιονιζόμενου νερού. Εάν όμως η ταχύτητα ανέμου γίνει 0,5 m/sec δηλαδή έχουμε έκτος από τον παγετό ακτινοβολίας και μετακίνηση ψυχρών μαζών αέρα, τότε χρειάζεται ένα σημαντικότερο ωριαίο ύψος βροχής. Στην περίπτωση μάλιστα του αμπελώνα για ταχύτητα ανέμου 0,5 m/sec απαιτείται δύσκολα εφικτό ύψος βροχής (13,19 mm/h). Οι παγετοί όμως λόγω ανέμου είναι σπάνιο φαινόμενο. Από όσα εκτέθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι για την προστασία από τους εαρινούς παγετούς απαιτείται συνεχής διαβροχή των φυτών σε ολόκληρη την υπό προστασία έκταση καθόλη τη διάρκεια του παγετού ώστε να αποδίδεται συνεχώς η θερμότητα από την πήξη του νερού. Αυτό είναι εφικτό μόνο με μόνιμα συστήματα καταιονισμού. Για τον υπολογισμό των μόνιμων συστημάτων καταιονισμού και την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επόμενοι κανόνες:

α) Στα μόνιμα συγκροτήματα αρδεύσεως είναι δυνατή η τριγωνική διάταξη των εκτοξευτήρων ή οποία δίδει το μικρότερο αριθμό εκτοξευτήρων ανά μονάδα επιφανείας και η ωφέλιμη αρδευόμενη επιφάνεια είναι το κανονικό εγγεγραμμένο στον κύκλο εξάγωνο.

β) Το απαιτούμενο ελάχιστο ωριαίο ύψος βροχής για θερμοκρασίες έως - 6 °C πρέπει να επιλέγεται:

Για χαμηλές καλλιέργειες	1,5 – 2,0 mm/h
Για οπωρώνες	2,0 mm/h
Για αμπελώνες	2,0 – 2,5 mm/h

γ) Η διαφορά μεταξύ μέσης και ελάχιστης έντασης βροχής πρέπει να είναι μικρότερη από το 30% της μέσης έντασης. Πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια ομοιόμορφης κατανομής της βροχής με την επιλογή της κατάλληλης ισαποχής των εκτοξευτήρων.

δ) Η πίεση λειτουργίας των εκτοξευτήρων πρέπει να έχει τις επόμενες τιμές:

Για διάμετρο ακροφυσίου 4,0 mm	3,5 – 4,5 atm
Για διάμετρο ακροφυσίου 4,2 mm	4,0 – 5,0 atm
Για διάμετρο ακροφυσίου 4,5 mm	4,5 – 5,5 atm

Ανεπαρκείς πιέσεις λειτουργίας συσσωρεύουν τον πάγο στους εξωτερικούς κλώνους των δένδρων και με το βάρος του πάγου σπάζουν οι κλώνοι. Τιούτου είδους ζημιές από ανεπαρκή πίεση λειτουργίας παρατηρήθηκαν στη χώρα μας στα εσπεριδοειδή.

ε) Η διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής του εκτοξευτήρα πρέπει να μην υπερβαίνει το ένα λεπτό της ώρας.

στ) Ο εκτοξευτήρας πρέπει να εργάζεται άνετα και σε θερμοκρασία - 6 °C. Για το σκοπό αυτό η συχνότητα κρούσεων τού παλινδρομικού μοχλού πρέπει να είναι υψηλή.

ζ) Να μην διακόπτεται η άρδευση κατά την διάρκεια του παγετού.

η) Στους αμπελώνες με περιορισμένο φύλλωμα καλύτερα να αποφεύγεται η παγοπροστασία διότι είναι δυνατόν να προκληθεί μεγαλύτερα ζημιά.

θ) Να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ποσότητα του νερού για την άρδευση κατά τη διάρκεια τού παγετού. Ίσως σε ορισμένες περιπτώσεις να χρειαστεί δεξαμενή αποθήκευσης του νερού.

ι) Πρέπει να υπάρχουν όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα εντός και εκτός της αρδευόμενης έκτασης, για εκτίμηση του χρόνου έναρξης και λήξης του καταιονισμού.

2.5.4.3 LOHEAT

Η τεχνολογία μας βοήθησε στο να βελτιώσουμε τα συστήματα άρδευσης και μας έδωσε τα συστήματα άρδευσης με εσωτερική θέρμανση (LOHEAT). Το LOHEAT είναι ένα αρδευτικό σύστημα με εξαρτήματα εσωτερικής θέρμανσης τα

οποία τοποθετούνται διάσπαρτα στο σύστημα.

Η λειτουργία του είναι απλή, εξαρτήματα με εσωτερικές αντιστάσεις τοποθετούνται σε σειρά στο σύστημα, λειτουργούν με ρεύμα χαμηλής τάσης 12Volt και μας ζεσταίνουν το νερό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού με συνέπεια να μεγαλώνει η θερμοχωρητικότητα του ως προς το ψύχος. Έτσι το νερό μπορεί να δεχτεί μεγαλύτερες ποσότητες ψύχους και η μεταβολή της θερμοκρασίας του, αν και μεγάλη, να παραμένει πάνω από τους 0°C και να μην δημιουργείται παγετός.

Το LOHEAT έχει τα πλεονεκτήματα των απλών συστημάτων άρδευσης, αλλά υπερτερεί σε σχέση με αυτά στα εξής:

- ✓ Λειτουργία του συστήματος ανεξάρτητα από την θερμοκρασία του νερού
- ✓ Μείωση της κατανάλωσης του νερού.
- ✓ Έλεγχος της πίεσης του νερού

Το σύστημα αυτό έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα απλά συστήματα, όμως παρουσιάζει αυξημένο κόστος καθώς και ιδιαίτερη τεχνογνωσία. Το κόστος του κυμαίνεται ανάλογα με το τύπο του και τις δυνατότητες του.

2.5.4.4 Ανεμομίκτες

Οι ανεμομίκτες είναι σχετικά ένας παλιός τρόπος πρόληψης του παγετού, ο οποίος έχει θεαματικά αποτελέσματα.

Υπάρχουν δύο είδη ανεμομίκτων:

- 2 λεπίδων (2500 περιστροφές/λεπτό)
- 4 λεπίδων (1800 περιστροφές/λεπτό)

Είναι εύκολο να παρατηρήσουμε ότι ο 2 λεπίδων ανεμομίκτης έχει περισσότερες περιστροφές ανά λεπτό αυτό όμως δεν ισχύει, καθώς οι περιστροφές αναφέρονται μόνο στην μία λεπίδα επομένως έχουμε για τον 2 λεπίδων $2 \times 2500 = 5000$ περιστροφές ανά λεπτό ενώ για των 4 λεπίδων έχουμε $4 \times 1800 = 7200$ περιστροφές ανά λεπτό.

Παρατηρούμε ότι ο 4 λεπίδων έχει 25% περισσότερες περιστροφές και για αυτό το λόγω η απόδοση του είναι και 25% μεγαλύτερη. Ο 4 λεπίδων δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα 11 m/sec σε απόσταση 2 μέτρων από τον ανεμομίκτη ενώ ο 2 λεπίδων δημιουργεί ένα ρεύμα μέρος 9 m/sec.



Εικόνα 2.9 Ανεμομύκτης 2 λεπίδων και ανεμομύκτης 4 λεπίδων

Οι ανεμομύκτες με το ρεύμα αέρα που δημιουργούν μπορούν να καλύψουν μία έκταση από 10 μέχρι 15 στρέμματα. Αυτό βέβαια δεν είναι απαραίτητο, αν τοποθετηθούν πολλοί ανεμομύκτες στην άκρη μίας περιοχής είναι δυνατό να αυξηθεί θεαματικά η αναλογία ανεμομύκτη - στρεμμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, στο Καστέλι Ηρακλείου έχουν τοποθετηθεί 50 ανεμομύκτες στην άκρη της κοιλάδας, οι οποίοι ανεμομύκτες με το ρεύμα αέρος που δημιουργούν καλύπτουν μία απόσταση κοντά στα 7 χιλιόμετρα και μία έκταση 5000 καλλιεργούμενων στρεμμάτων, δηλαδή μια αναλογία 100 στρεμμάτων ανά ανεμομύκτη.

2.5.4.5 Βιοτεχνολογική αντιμετώπιση

Τέλος ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση του παγετού μας είναι με τη χρήση της βιοτεχνολογίας και τη δημιουργία τριών βακτηριδίων. Τα βακτήρια αυτά είναι τα *Pseudomonas fluorescens* A506, *Pseudomonas fluorescens* 1629RS και *Pseudomonas syringae* 742RS. Είναι βακτήρια της κλάσης Gamma Proteobacteria, της τάξης Pseudomonadales, της οικογένειας Pseudomonadaceae και του είδους *Pseudomonas*. Οι αριθμοί στο τέλος τους ονόματος υποδηλώνουν ότι είναι γενετικά τροποποιημένη μορφή των αρχικών βακτηριδίων. Το *Pseudomonas syringae* 742RS εκτός από την αντιμετώπιση του παγετού βοηθάει και στην αντιμετώπιση

διαφόρων ασθενειών στα φρούτα.

Για να καταλάβουμε πώς λειτουργούν θα πρέπει να εμβαθύνουμε λίγο περισσότερο στον τρόπο δημιουργίας του παγετού. Ο παγετός δεν είναι τίποτα περισσότερο από παγοκρύσταλλοι του νερού. Για να δημιουργηθούν οι παγοκρύσταλλοι αυτοί δεν απαιτείται μόνο πτώση της θερμοκρασίας, αλλά το νερό για να δημιουργήσει κρυστάλλους πρέπει να έρθει σε επαφή με μικροσωματίδια στα οποία επάνω θα δημιουργήσει τους κρυστάλλους. Στα φυτά το ρόλο αυτό εκπληρώνουν διάφορα βακτήρια και μικροοργανισμοί που βρίσκονται στην επιφάνεια των φυτών.

Τα βακτήρια αυτά έχουν σαν σκοπό να αντικαταστήσουν τα βακτήρια και τους άλλους μικροοργανισμούς και να μην επιτρέψουν την δημιουργία των παγοκρυστάλλων και τελικά την δημιουργία του παγετού. Αυτό γίνεται με δύο έως τέσσερις ψεκασμούς του σκευάσματος που τους περιέχει, νωρίς στην περίοδο της αύξησης των φυτών. Δυστυχώς στα βακτήρια αυτά δεν έχει γίνει ακόμα ολοκληρωμένη μελέτη και βρίσκονται ακόμα υπό παρακολούθηση για το αν προκαλούν προβλήματα στο περιβάλλον και στον άνθρωπο.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

Αναγνωστοπούλου Χ., 2003: *Συμβολή στη μελέτη της ξηρασίας στον Ελληνικό χώρο, Διδακτορική διατριβή*, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 222.

Βορίσης Δ., 2001: Η καταστολή των δασικών πυρκαγιών. Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, Διεύθυνση IV – Τμήμα Β, Χορηγός εκτύπωσης, Τυπογραφεία ΦΟΙΝΙΞ Α.Ε.

Γιαννόπουλος, Σ., 2005: Μαθήματα Τεχνικής Υδρολογίας, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εκδόσεις Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 155.

Γκιόκας, Ε., 2009: Κατάρτιση μεθοδολογικού πλαισίου για την εκπόνηση χαρτών πλημμύρας, Μεταπτυχιακή διατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα, σελ. 114.

Δαλέζιος, Ρ., Ν., 1999: Σημειώσεις Φυσικών Περιβαλλοντικών Κινδύνων, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 290.

Δαμιανάκης, Ε., Σαμπαθανάκης, Ι., 2008: Ο παγετός και τα μέτρα ενεργητικής και παθητικής προστασίας του σε οπωρώνα και αμπελώνα στο Ν. Ηρακλείου, Σ.Τ.Ε.Γ. ΑΤΕΙ Κρήτης, σελ. 33.

Ε.Ο.Π. (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος), 2005: Μεταβολή του κλίματος και υπερχειλίση ποταμών στην Ευρώπη. ΕΕΑ Briefing No. 01.

Καιλίδης Δ., 1990: Δασικές Πυρκαγιές, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ.

Καρακώστας, Θ. Σ., 1998: Σημειώσεις Φυσικής των Νεφών και Τροποποίησης Καιρού. Α.Π.Θ., Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, σελ. 108.

Κατσούλης, Β.Δ. και Λ.Ν. Καραπιέρης, 1981: Συχνότητα εκδήλωσης και κατανομής της χαλάζης στην Ελλάδα. Δελτίον Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρείας, 6, σελ. 44-58.

Κουτσογιάννης Δ., και Ξανθόπουλος Θ., 1999: Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

Κωτούλας Δ., 2001: Διευθετήσεις χειμαρρικών ρευμάτων. Μέρος Ι, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 681.

Λέκκας, Ε., 2009: Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές - Εκπαιδευτικό υλικό κατάρτισης στελεχών τοπικής αυτοδιοίκησης, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Μαχαίρας, Π., 1992: Αίτια και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της ξηρασίας στον ελληνικό χώρο, Πρακτικά Συμποσίου «Λειψυδρία και Πλημμύρες», Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, 17-18 Μαρτίου 1992, σελ. 159-169.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Μενέλαος Θεοχάρης
Φυσικοί και Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι (Εργαστήριο)

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG117/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Χρήστος Μυριούνης
Άρτα 2015