



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ**
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ:

**ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΔΕΝΔΡΩΝ ΕΛΙΑΣ, ΡΟΔΑΚΙΝΙΑΣ
ΚΑΙ ΜΗΛΙΑΣ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

ΧΑΤΖΗΔΟΛΜΑΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Α.Μ.11739

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΛΑΜΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Μαλάμο. Οφείλω να ευχαριστήσω και την κ. Νικολέτα Δεναξά για την πολύτιμη βοήθειά της και καθοδήγηση της για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που ήταν δίπλα μου σε όλη αυτή την προσπάθεια παρέχοντας απεριόριστη κατανόηση και υποστήριξη.

Περιεχόμενα

1	Ελιά.....	1
1.1	Γενικά.....	1
1.2	Οικονομική σημασία της ελιάς.....	2
1.3	Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	3
1.3.1	Κορμός.....	4
1.3.2	Ριζικό σύστημα.....	5
1.3.3	Φύλλα.....	6
1.3.4	Οφθαλμοί.....	7
1.3.5	Άνθη.....	7
1.3.6	Καρπός.....	9
1.3.7	Ετήσιος βλαστικός κύκλος της ελιάς.....	9
1.3.8	Ποικιλίες ελιάς.....	9
1.4	Καλλιέργεια ελιάς.....	10
1.4.1	Κλίμα.....	10
1.4.2	Έδαφος.....	12
1.4.3	Άρδευση– Νερό.....	12
2	Ροδακινιά.....	14
2.1	Γενικά.....	14
2.2	Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	15
2.2.1	Κορμός - Βλαστός.....	15
2.2.2	Ρίζα.....	16
2.2.3	Φύλλα.....	17
2.2.4	Οφθαλμοί.....	18
2.2.5	Άνθη.....	19
2.2.6	Καρπός.....	20
2.3	Καλλιέργεια ροδακινιάς.....	20
2.3.1	Κλίμα.....	20
2.3.2	Έδαφος.....	21
2.3.3	Άρδευση – Νερό.....	21
3	Μηλιά.....	22

3.1	Γενικά.....	22
3.2	Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	23
3.2.1	Κορμός– Βλαστός.....	23
3.2.2	Ρίζα	24
3.2.3	Φύλλα.....	25
3.2.4	Οφθαλμοί	26
3.2.5	Άνθη.....	26
3.2.6	Καρπός.....	27
3.3	Καλλιέργεια μηλιάς.....	28
3.3.1	Κλίμα	28
3.3.2	Έδαφος.....	29
3.3.3	Άρδευση- Νερό	29
4	Υδατικό δυναμικό και χρήση νερού.....	30
4.1	Το νερό και η χρήση του.....	30
4.2	Υδατικό δυναμικό	31
5	Υδατική καταπόνηση και μηχανισμοί προσαρμογής.....	36
5.1	Καταπονήσεις φυτικών οργανισμών.....	36
5.2	Υδατική καταπόνηση	38
5.3	Μηχανισμοί προσαρμογής της ελιάς στην υδατική καταπόνηση.....	41
5.4	Μηχανισμοί προσαρμογής της ροδακινιάς στην υδατική καταπόνηση.....	45
5.5	Μηχανισμοί προσαρμογής της μηλιάς στην υδατική καταπόνηση.....	46
6	Στρατηγικές αντιμετώπισης της υδατικής καταπόνησης.....	48
6.1	Εφαρμογή σκευασμάτων ως παράγοντες άμβλυνσης της υδατικής καταπόνησης	50
6.1.1	Γλυκίνη της βεταΐνης(GB).....	50
6.2	Προλίνη	54
6.3	Εφαρμογή GB και Προλίνης.....	55
6.4	Ο αντιοξειδωτικός παράγοντας Ambiol.....	56
6.5	Καολίνιτης.....	57
6.6	Ζεόλιθος	60
7	Συμπεράσματα.....	61
8	Βιβλιογραφία	66

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Δένδρο ελιάς.....	4
Εικόνα 2: Κορμός ελιάς	5
Εικόνα 3: Σχηματικές ρίζες ελιάς	6
Εικόνα 4: Φύλλα και καρπός ελιάς.....	7
Εικόνα 5: Ταξιανθία με κλειστά άνθη (αριστερά) και με ανοικτά άνθη (δεξιά)	8
Εικόνα 6: Δένδρο ροδακινιάς	15
Εικόνα 7: Κορμός ροδακινιάς.....	16
Εικόνα 8: Ριζικό σύστημα 8 υποκειμένων ροδακινιάς όπου διακρίνεται ένας μεγάλος αριθμός παράπλευρων ριζών με τις διακλαδώσεις τους.....	17
Εικόνα 9: Φύλλα ροδακινιάς	18
Εικόνα 10: Οφθαλμοί σε βλαστό ροδακινιάς	19
Εικόνα 11: Άνθη ροδακινιάς.....	19
Εικόνα 12: Καρπός ροδακινιάς.....	20
Εικόνα 13: Δένδρο μηλιάς	23
Εικόνα 14: Κορμός νεαρού δέντρου μηλιάς (αριστερά) και ενήλικου δέντρου (δεξιά)	24
Εικόνα 15: Ρίζα μηλιάς.....	25
Εικόνα 16: Φύλλα μηλιάς	25
Εικόνα 17: Άνθη μηλιάς	27
Εικόνα 18: Καρπός μηλιάς	28
Εικόνα 19: Μείωση της ρύθμισης των γονιδίων που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση λόγω υδατικής καταπόνησης	39

Περίληψη

Η ελιά είναι μια από τις πιο σημαντικές δενδρώδεις καλλιέργειες και έχει μεγάλη οικονομική και κοινωνική σημασία για την Ελλάδα. Είναι ένα ανθεκτικό στην ξηρασία φυτό αν και υπό συνθήκες άρδευσης είναι αποδοτικότερο. Η ροδακινιά είναι μια δενδρώδης καλλιέργεια με μεγάλη ιστορία, ειδικά στην περιοχή της κεντρικής και δυτικής Μακεδονίας. Είναι ένα φυτό με αρκετές απαιτήσεις σε νερό ειδικά την εποχή της καρποφορίας. Η μηλιά είναι μια καλλιέργεια αρκετά διαδεδομένη στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα. Είναι αποδοτική εάν έχει αρκετές ποσότητες νερού. Στα τρία πρώτα κεφάλαια της εργασίας περιγράφονται κατά σειρά τα χαρακτηριστικά αυτών των τριών καλλιεργειών.

Τα τελευταία χρόνια μειώνεται σταδιακά το διαθέσιμο προς άρδευση νερό λόγω μείωσης των υδατικών κατακρημνισμάτων. Αυτό καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη νέων φυτικών ειδών ή ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία. Μέχρι όμως να αναπτυχθούν οι συγκεκριμένες ποικιλίες δοκιμάζονται τεχνικές μείωσης της καταπόνησης των φυτών σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της εφαρμογής ‘ανακουφιστικών’ παραγόντων ως παράγοντες άμβλυνσης των συμπτωμάτων της υδατικής καταπόνησης στην καλλιέργεια της ελιάς, της μηλιάς και της ροδακινιάς. Προς τούτο στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το υδατικό δυναμικό και ο τρόπος που διαμέσου αυτού καθορίζεται η απορρόφηση ή η διαρροή νερού του φυτού από ή προς το έδαφος και την ατμόσφαιρα. Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η υδατική καταπόνηση και οι μηχανισμοί προσαρμογής των παραπάνω καλλιεργειών σε αυτή. Στο έκτο κεφάλαιο αναλύονται οι στρατηγικές αντιμετώπισης της υδατικής καταπόνησης. Πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στην προλίνη, γλυκίνη της βεταΐνης, στον καολινίτη και το ζεόλιθο.

1

Ελιά

1.1 Γενικά

Η ελιά (επ. ονομασία: *Olea europaea* L.) ανήκει στο γένος των καρποφόρων δέντρων της οικογένειας των ελαιοειδών (*Oleaceae*) και αποτελεί ένα από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα καρποφόρα δένδρα (περίπου από το 3000 πΧ) (Connor 2005). Σχετικά με την καταγωγή και την προέλευσή της έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις. Πολλοί ιστορικοί συγγραφείς θεωρούν ότι η καλλιεργούμενη ελιά εξελίχθηκε πριν από 6.000 – 7.000 χρόνια περίπου (Zohary et al. 2012) στην ανατολική Μεσόγειο και στη συνέχεια μεταδόθηκε αρχικά στο Αιγαίο, την ηπειρωτική Ελλάδα, τις Κυκλάδες και την Κρήτη και εν συνεχεία στην υπόλοιπη μεσογειακή λεκάνη.

Στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο, η παρουσία της ελιάς βεβαιώνεται πριν από 50.000 χρόνια, με πιο αναγνωρισμένα ευρήματα τα απολιθωμένα φύλλα περίπου 35.000 και 50.000 ετών που βρέθηκαν στη Νίσυρο και τη Θήρα αντίστοιχα. Σύμφωνα με την ελληνική παράδοση, γενέτειρα της ελιάς είναι η πόλη της Αθήνας. Κατά τον Ηρόδοτο, η πρώτη ελιά φυτεύτηκε στην Ακρόπολη από τη θεά Αθηνά, ενώ ο Πίνδαρος αναφέρει ότι η πρώτη ελιά μεταφέρθηκε στην Ελλάδα από τον Ηρακλή από τον ποταμό Ίστρο. Ανεξαρτήτως από την προέλευση και τον τρόπο διάδοσής της, η ελιά βρήκε στον ελλαδικό χώρο το κατάλληλο κλίμα και περιβάλλον για την ανάπτυξή της. Από την Ελλάδα διαδόθηκε στη συνέχεια η καλλιέργειά της στην Ιταλία και την Ιβηρική χερσόνησο και από εκεί εξαπλώθηκε σε μεγάλη έκταση στην ευρωπαϊκή ήπειρο.

Πρόσφατα άρχισε να καλλιεργείται στην Αμερική, Ασία, Ν. Αφρική, Αυστραλία, Χιλή και αλλού (Connor 2005).

Ο χρόνος παρουσίας της ελιάς στη Μεσόγειο σε συνδυασμό με την ανθρώπινη επιλογή οδήγησε στη διατήρηση των πλέον παραγωγικών και προσαρμοσμένων στις Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες ποικιλιών. Ειδικότερα, η Ελλάδα αποτέλεσε κέντρο καταγωγής της ελιάς μέσα από το οποίο ξεπήδησαν πολλές καλλιεργούμενες ποικιλίες. Επιπλέον, μεγάλη είναι η συμβολή των ελληνικών ποικιλιών, όπως Καλαμών, Κορωνέικη, Γαλατσάνικη, στις σύγχρονες ποικιλίες, καθώς χρησιμοποιούνται λόγω των αξιόλογων χαρακτηριστικών τους για δημιουργία νέων ποικιλιών.

1.2 Οικονομική σημασία της ελιάς

Οι εκτάσεις όπου καλλιεργείται η ελιά ανά τον κόσμο ανέρχονται σε 160 εκατομμύρια στρέμματα με 10 εκατομμύρια τόνους παραγωγή καρπού, όπου σχεδόν το 98% εδράζονται στη μεσογειακή λεκάνη. Η Ισπανία, η Ιταλία, η Ελλάδα, η Πορτογαλία, η Τουρκία, η Συρία, το Μαρόκο και η Τυνησία είναι οι κύριες ελαιοπαραγωγικές χώρες και παράγουν περισσότερο από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής (Πετροπούλου – Καραγιαννοπούλου, 2019). Συνεπώς, για τις χώρες της Μεσογείου η καλλιέργεια της ελιάς καταλαμβάνει πρωτεύοντα ρόλο στην οικονομία τους καθώς το ένα τρίτο των αγροτών έχει ως κύρια απασχόληση την καλλιέργεια της ελιάς. Τα κύρια παραγόμενα προϊόντα είναι το ελαιόλαδο και οι επιτραπέζιες ελιές, με το ελαιόλαδο να κατέχει την πιο υψηλή αξία σε ότι έχει να κάνει με την οικονομία. Εκτός από αυτά τα δύο προϊόντα, παράγεται το πυρηνέλαιο αλλά και τα υποπροϊόντα ελιάς όπως είναι το ξύλο και ο πυρήνας όπου χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη.

Ειδικότερα για τη χώρα μας η ελιά κατέχει ξεχωριστή θέση και αποτελεί την πρώτη σε σπουδαιότητα δενδρώδη καλλιέργεια με καλλιεργήσιμη έκταση (7.921.007

στρέμματα). Στην έκταση αυτή καλλιεργούνται περισσότερα από 150.000.000 δέντρα (151.912.245 δέντρα) (ΕΛΣΤΑΤ, 2020). Η Ελλάδα κατατάσσεται στην τρίτη θέση παγκοσμίως στην παραγωγή ελαιόλαδου μετά την Ισπανία και την Ιταλία και στη δεύτερη θέση σε παραγωγή βρώσιμης ελιάς. Καλλιεργείται στους περισσότερους νομούς και η καλλιέργειά της παραδοσιακά καταλαμβάνει στη χώρα μας εκτάσεις άγονες. Ωστόσο παρατηρείται την τελευταία δεκαετία επέκταση της ζώνης καλλιέργειας της ελιάς σε γόνιμα και πεδινά αγροτεμάχια, ενώ παράλληλα επεκτείνονται οι πυκνές φυτεύσεις με χαμηλά σχήματα μόρφωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το ένα τρίτο και πλέον του αγροτικού πληθυσμού της χώρας μας να απασχολείται με την καλλιέργειά της (FAO, 2004), με τις εκτάσεις καλλιέργειας να καταλαμβάνουν το 24,5% της καλλιεργούμενης γης και σχεδόν το 80% των εκτάσεων που είναι φυτεμένες με δένδρα (ΕΛΣΤΑΤ, 2020).

1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η ελιά είναι δέντρο καρποφόρο, υποτροπικό και αειθαλές. Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι η μακροβιότητα που οφείλεται στους λανθάνοντες οφθαλμούς που βρίσκονται στο παλιό και στο νέο ξύλο. Οι οφθαλμοί αυτοί εκπύσσονται από μόνοι τους ή μετά από ερέθισμα. Επιπλέον, η ελιά έχει την ικανότητα να βλασταίνει ξανά ακόμα και αν καταστραφεί ή πληγωθεί το υπέργειο τμήμα της.



Εικόνα 1: Δένδρο ελιάς

1.3.1 Κορμός

Ο κορμός στα νεαρά δενδρύλλια είναι ομαλός και κυλινδρικός με απόχρωση σταχτοπράσινο. Στα μεγαλύτερης ηλικίας δέντρα ο κορμός μπορεί να ξεπεράσει σε διάμετρο το ένα μέτρο, ενώ ο φλοιός παύει να είναι ομαλός και παρουσιάζει αρκετές προεξοχές και εσοχές, αποκτά σκούρο χρώμα και σχίζεται, με συνέπεια η επιφάνεια του κορμού να γίνεται ανώμαλη με εξογκώματα (Μπαλατσούρας, 1986).



Εικόνα 2: Κορμός ελιάς

1.3.2 Ριζικό σύστημα

Η ελιά χαρακτηρίζεται από πλούσιο ριζικό σύστημα, το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί σε άγονα και ξερά εδάφη. Το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος επεκτείνεται επιφανειακά στα 15-20 εκατοστά ή το πολύ στα 50-60 εκατοστά και μόνο ένα μικρό μέρος φτάνει στα 100-120 εκατοστά. Στα αμμώδη και πετρώδη εδάφη οι ρίζες μπορεί να φτάσουν σε βάθος ακόμα και μέχρι τα έξι μέτρα (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000). Σε μη αρδευόμενα εδάφη, οι ρίζες φτάνουν σε πιο μεγάλο βάθος σε σχέση με τα εδάφη τα οποία είναι γόνιμα και πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία. Επίσης, στις ρίζες παρατηρούνται διάφορες προεξοχές που ονομάζονται γόγγροι και είναι υπερπλασίες πλούσιες σε θρεπτικές ουσίες και ορμόνες.



Εικόνα 3: Σχηματικές ρίζες ελιάς

1.3.3 Φύλλα

Τα φύλλα της ελιάς φέρουν ανοιχτό ή βαθύ πράσινο χρώμα στην πάνω επιφάνεια και λευκό, ασημί στην κάτω. Είναι λογχοειδή, δερματώδη και αναπτύσσονται δύο σε κάθε κόμβο, αντίθετα το ένα από το άλλο. Στην κάτω επιφάνειά τους υπάρχουν πολλά στομάτια τα οποία είναι μικρά, βυθισμένα και καλύπτονται από στρώμα τριχών. Στην άνω επιφάνεια, τα φύλλα έχουν παχιά εφυμενίδα. Η συγκεκριμένη κατασκευή των φύλλων της ελιάς ελαττώνει τις απώλειες νερού κατατάσσοντας με αυτό τον τρόπο την ελιά στα ξηροθερμικά δέντρα (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000).



Εικόνα 4: Φύλλα και καρπός ελιάς

1.3.4 Οφθαλμοί

Η ελιά φέρει μικτούς ανθοφόρους οφθαλμούς που θα δώσουν μικρή βλάστηση με ταξιανθίες και ξυλοφόρους οφθαλμούς που θα δώσουν νέους βλαστούς. Οι ξυλοφόροι είναι μικρότεροι, στενότεροι και κωνικοί, ενώ οι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι εξογκωμένοι και σφαιρικοί. Οι οφθαλμοί στην ελιά είναι μικροί και είναι αρκετά δύσκολο να διακρίνουμε τους ξυλοφόρους από τους ανθοφόρους.

1.3.5 Άνθη

Τα άνθη της ελιάς έχουν μικρό μέγεθος και το χρώμα τους είναι κιτρινόλευκο. Τα συναντάμε στις μασχάλες των φύλλων και σχηματίζονται σε ομάδες των 8-25 και ο τύπος της ταξιανθίας είναι βότρυς (Εικόνα 5). Κάθε άνθος φέρεται σε μικρό ποδίσκο και αποτελείται από ένα μικρό κυπελλοειδή κάλυκα από τέσσερα κοντά οξύληκτα σέπαλα, τη στεφάνη από τέσσερα κιτρινόλευκα πέταλα, δύο αντίθετα τοποθετημένους

στήμονες που καταλήγουν σε νεφροειδείς ανθήρες και τέλος τον ύπερο που στη βάση του έχει την ωοθήκη και στην κορυφή του το δίχωρο στίγμα (Εικόνα 5, δεξιά).

Τα άνθη εκπτύσσονται σε βλαστούς της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου αλλά εκφύονται και από λανθάνοντες οφθαλμούς. Η δημιουργία των ανθοταξιών, πραγματοποιείται από τα τέλη Ιανουαρίου έως τις αρχές Ιουνίου. Τα άνθη διακρίνονται σε τέλεια και ατελή, το ποσοστό των οποίων ποικίλει από χρονιά σε χρονιά και ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Τα τέλεια άνθη φέρουν ανεπτυγμένο ύπερο καθώς και στήμονες, ενώ τα ατελή φέρουν ατροφικό ύπερο. Η άνθηση αρχίζει τον Απρίλιο στις θερμότερες περιοχές και φτάνει μέχρι τις αρχές Ιουνίου στις περιοχές που επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, αναλόγως βέβαια και της ποικιλίας (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000).



Εικόνα 5: Ταξιανθία με κλειστά άνθη (αριστερά) και με ανοικτά άνθη (δεξιά)

1.3.6 Καρπός

Ο καρπός είναι δρύπη και διαμορφώνεται από τους ιστούς των καρπόφυλλων. Απαρτίζεται από το εξωκάρπιο, από το σαρκώδες μεσοκάρπιο, όπου πραγματοποιείται η ελαιογένεση και το ενδοκάρπιο ή πυρήνα εσωτερικά του οποίου περιέχεται το σπέρμα. Η διάρκεια από την καρπόδεση έως την ωρίμανση του καρπού διαρκεί περίπου 6-7 μήνες (Ποντίκης, 2000).

1.3.7 Ετήσιος βλαστικός κύκλος της ελιάς

Ο βλαστικός κύκλος της ελιάς περιλαμβάνει δυο κύματα βλαστικής ανάπτυξης, ένα την άνοιξη και ένα το φθινόπωρο, τα οποία διακόπτονται από μια φάση διάπαυσης το καλοκαίρι, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και της έλλειψης υγρασίας και μια χειμερινή ληθαργική φάση κατά το χειμώνα, στην οποία παραμένουν μέχρι το τέλος της περιόδου των δυσμενών συνθηκών. Κατά την εαρινή βλαστική ανάπτυξη έχουμε την κατά μήκος αύξηση των βλαστών και στο τέλος της την ανθοφορία. Κατά την καλοκαιρινή διάπαυση σταματά η βλαστική ανάπτυξη, ωστόσο συνεχίζεται η ανάπτυξη του καρπού. Η φθινοπωρινή βλαστική ανάπτυξη περιλαμβάνει τη δευτερογενή κατά μήκος και πλάτος αύξηση των βλαστών και την τελική πορεία ανάπτυξης του ελαιοκάρπου έως την ωρίμανση (Ποντίκης, 2000).

1.3.8 Ποικιλίες ελιάς

Σύμφωνα με τον Αναγνωστόπουλο (1939) (Ποντίκης, 2000), οι διάφορες ποικιλίες ελιάς που απαντώνται στη χώρα μας κατατάσσονται με κριτήριο το βάρος των καρπών τους σε τρεις κατηγορίες, τις μικρόκαρπες (1.2-2.6 γραμμάρια), τις μεσόκαρπες (2.7-4.2 γραμμάρια) και τις αδρόκαρπες (4.3-10.5 γραμμάρια, πολλές

φορές και παραπάνω). Οι κυριότερες ποικιλίες που εντάσσονται σε κάθε κατηγορία είναι οι παρακάτω:

- **Μικρόκαρπες:** Αγριελιά, Κορωνέϊκη, Κουτσουρελιά, Λιανολιά Κερκύρας, Μαστοειδής, Θιακή, Μυρτολιά, Μαυρολιά, Τραγολιά, Ασπρολιά ή Λευκόκαρπος, Μελολιά και Χρυσολιά.
- **Μεσόκαρπες:** Αγουρομανακολιά, Αδραμυττινή, Βαλανολιά, Θρουμπολιά, Μεγαρείτικη, Καλοκαιρίδα, Πικρολιά και Δαφνελιά.
- **Αδρόκαρπες:** Αμυγδαλολιά, Βασιλικάδα, Καρολιά, Καρυδολιά, Καλαμών, Κοθρέϊκη, Κολυμπάδα, Κονσερβολιά και Στρογγυλολιά.

1.4 Καλλιέργεια ελιάς

1.4.1 Κλίμα

Η ζώνη καλλιέργειας της ελιάς είναι η υποτροπική και εύκρατη, σε γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 30° και 42-45° στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο. Σε χαμηλότερα πλάτη (κοντά στον Ισημερινό) η ελιά αναπτύσσεται μόνο βλαστικά. Η αδυναμία της να καρποφορήσει οφείλεται στην έλλειψη χειμερινού ψύχους, που είναι σημαντικό για τη διακοπή του ληθάργου των οφθαλμών και για την εαρινοποίηση των οφθαλμών της (Ποντίκης, 2000).

Θερμοκρασία

Καθοριστικός παράγοντας για την ελιά είναι η θερμοκρασία. Οι περιοχές στις οποίες αναπτύσσεται εμπορικά χαρακτηρίζονται από μέση ετήσια θερμοκρασία 15° - 20°C (Ποντίκης, 2000). Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 40°C χωρίς να προκαλέσει ζημιές και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία δεν πρέπει να πέσει

κάτω από τους -7°C (Ποντίκης, 2000). Για την βλάστηση, η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται περίπου στους 11°C . Οι καλύτερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της άνθησης θα πρέπει να είναι 18 με 20°C και κατά την καρπόδεση 20 με 22°C . Εάν τα ελαιόδενδρα εκτεθούν σε ημερήσιες διακυμάνσεις θερμοκρασίας μεταξύ 10°C έως 13°C για 1500 έως 2000 ώρες κατά τους χειμερινούς μήνες, παράγουν το μεγαλύτερο αριθμό ταξιανθιών (Ποντίκης, 2000). Οι απαιτήσεις πληθαίνουν έως την περίοδο ωρίμανσης στους 22 με 25°C και μειώνονται κατά την διάρκειά της περίπου στους 18°C και ακόμα περισσότερο τη περίοδο της συγκομιδής.

Απότομη πτώση της θερμοκρασίας το χειμώνα κάτω από τους -5°C είναι καταστροφική για την καλλιέργεια και οδηγεί σε ξηράνσεις κλάδων ή ολόκληρων δένδρων. Σε περίπτωση που λαμβάνει χώρα σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας η ελιά μπορεί να αντέξει για μικρό χρονικό διάστημα μέχρι και τους -10°C . Τέλος, οι φθινοπωρινοί παγετοί (-3°C), είναι επιζήμιοι για τους καρπούς και προκαλούν συρρίκνωση αυτών (Ποντίκης, 2000). Συνεπώς, η ελιά χρειάζεται ευνοϊκές θερμοκρασίες την άνοιξη και το καλοκαίρι για να αναπτύξει νέα βλάστηση και για να γίνει η καρπόδεση και η ωρίμανση του καρπού. Οι υψηλές θερμοκρασίες και οι ξηροί άνεμοι επιβραδύνουν τη βλάστηση, επιδρούν στο σχηματισμό των ανθέων, την ωρίμανση και την ανάπτυξη του καρπού.

Ατμοσφαιρική υγρασία και άνεμοι

Η υψηλή υγρασία στην ατμόσφαιρα ευνοεί την εμφάνιση ασθενειών ενώ κατά την διάρκεια της ανθοφορίας ελαττώνει σημαντικά τη καρπόδεση. Οι συχνές ομίχλες, όταν συνοδεύονται με υψηλές θερμοκρασίες, παρακωλύουν την καλή γονιμοποίηση και την καρπόδεση, και ευνοούν τις προσβολές από μύκητες και έντομα. Επίσης, οι ισχυροί άνεμοι προξενούν ζημιές στην ελιά και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνοι κατά την

περίοδο της ανθοφορίας. Οι θερμοί άνεμοι του καλοκαιριού, προκαλούν πτώση των καρπών(Ποντίκης, 2000).

1.4.2 Έδαφος

Η ελιά αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφών, ακόμα και σε άγονα πετρώδη εδάφη και ανέχεται τύπους εδαφών που άλλες δενδρώδεις καλλιέργειες δεν μπορούν να αναπτυχθούν. Προτιμά εδάφη τα οποία δεν είναι ούτε πολύ βαριά αλλά ούτε και πολύ ελαφριά. Το pH του εδάφους πρέπει να είναι μικρότερο του 8,5 ώστε να μην παρουσιαστεί αδύναμη βλάστηση. Γενικά όμως αναπτύσσεται σε εδάφη ουδέτερα, ως ελαφρά αλκαλικά αλλά είναι ανθεκτική και σε μέτρια ως όξινα εδάφη (Ποντίκης, 2000).

1.4.3 Άρδευση– Νερό

Η ελιά αν και θεωρείται σχετικά ανθεκτική στη ξηρασία, υπό αρδευόμενες συνθήκες δίνει καλύτερης ποιότητας προϊόντα και υψηλότερη παραγωγή (Ποντίκης, 2000). Το πότισμα έχει θετική επίδραση στην άνθιση, βελτιώνει την καρπόδεση, εντείνει την ανάπτυξη των καρπών και συμβάλλει στη μείωση της παρεννιαυτοφορίας. Υπό συνθήκες αρδευόμενες δίνει υψηλότερη παραγωγή αλλά και καλύτερης ποιότητας προϊόντα.

Η ελιά έχει ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις σε νερό κυρίως κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, όπου πραγματοποιείται η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών. Η έλλειψη νερού αυτή την περίοδο οδηγεί σε μείωση του αριθμού των σχηματιζόμενων ταξιανθιών, στον εκφυλισμό της ωοθήκης και των σπερματικών βλαστών, έως και την παραγωγή των στημονοφόρων ανθέων (Ποντίκης, 2000).

Επιπλέον, αυξημένες είναι οι ανάγκες τους μήνες Απρίλιο-Μάιο, περίοδος όπου λαμβάνει χώρα η άνθιση και η καρπόδεση της ελιάς και τον μήνα Ιούνιο που λαμβάνει χώρα η σκλήρυνση του πυρήνα. Τέλος, η άρδευση της ελιάς κατά τους θερμούς μήνες μετριάζει την συρρίκνωση του καρπού που μερικές φορές μπορεί να οδηγήσει σε πτώση αυτού.

2

Ροδακινιά

2.1 Γενικά

Η ροδακινιά (επ. ονομασία: *Prunus persica* L.) ανήκει στην κατηγορία των πυρηνοκάρπων, στο γένος προύμνη και υπάγεται στην οικογένεια των Ροδοειδών (Rosaceae). Είναι δέντρο που καλλιεργείται σε περιοχές της εύκρατης ζώνης, αντέχει τις χαμηλές θερμοκρασίες καθώς παράλληλα έχει ανάγκη το χειμερινό ψύχος για να καρποφορήσει (Ποντίκης, 2000).

Η έκταση καλλιέργειάς της ροδακινιάς στην ελληνική επικράτεια το έτος 2018 έφτασε τα 395.834 στρέμματα και παρήχθησαν 670.425 τόνοι ροδάκινων, ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραγωγή μπορεί να φτάσει τους 24.453.425 τόνους. Η συγκεκριμένη παραγωγή κατατάσσει την Ελλάδα στην τρίτη πανευρωπαϊκά θέση, μετά την Ισπανία και την Ιταλία (ΕΛΣΤΑΤ, 2020; Πετροπούλου– Καραγιαννοπούλου, 2019).

Η ζώνη καλλιέργειας της ροδακινιάς στη χώρα μας εκτείνεται στην περιοχή της Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και στην Πελοπόννησο (Ποντίκης, 2000). Ειδικότερα η καλλιέργεια της ροδακινιάς επικεντρώνεται στις περιοχές της Ημαθίας και της Πέλλας. Σε μικρότερες εκτάσεις απαντώνται ροδακεώνες στην Κοζάνη, την Φλώρινα και την Λάρισα. Τα τελευταία χρόνια επεκτείνεται η καλλιέργεια του ροδάκινου και στην Πελοπόννησο και ιδιαίτερα στην Αργολίδα (Πετροπούλου – Καραγιαννοπούλου, 2019). Το 2018 καλλιεργήθηκαν συνολικά 18.749.625 δέντρα ροδακινιάς στην Ελλάδα

με τα περισσότερα να συγκεντρώνονται στην κεντρική Μακεδονία. Συγκεκριμένα τα μισά δέντρα 9.459.692 βρίσκονται στην Πέλλα και τα 6.065.494 βρίσκονται στην Ημαθία. Επίσης περισσότερα από 100.000 δέντρα συναντούνται στην Κοζάνη (621.978) και την Φλώρινα (477.030). Εκτός Μακεδονίας, σημαντικοί αριθμοί δέντρων ροδακινιάς υπάρχουν στην Λάρισα (1.325.768) και την Αργολίδα (151.352) (ΕΛΣΤΑΤ, 2020).



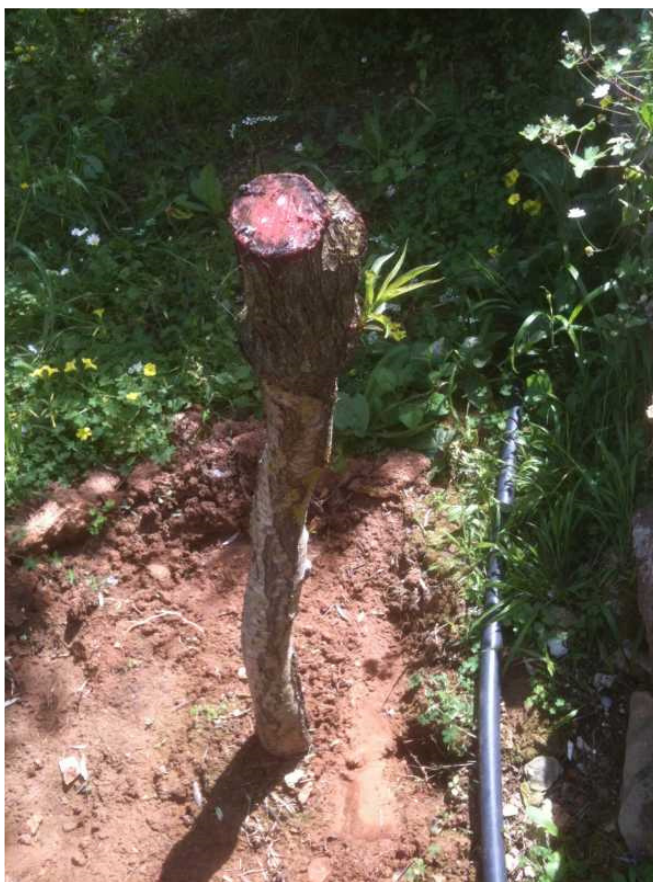
Εικόνα 6: Δένδρο ροδακινιάς

2.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

2.2.1 Κορμός - Βλαστός

Η ροδακινιά ως νεαρό δέντρο έχει κορμό χρώματος κοκκινωπού ή πρασινωπού, με την πορεία των ετών σκουραίνει και μετατρέπεται σε πιο καστανωπό. Ο φλοιός του κορμού αρχικά είναι μαλακός, άκαμπτος, λεπτός και λείος. Με την πάροδο των ετών όμως ο φλοιός αποκτά μεγαλύτερο πάχος και σκίζεται σε μερικά σημεία (Εικόνα 7). Η διάμετρος του κορμού μιας ενήλικης ροδακινιάς δεν ξεπερνάει τα 20 με 30 εκατοστά. Οι βλαστοί της παρουσιάζουν τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά με τον κορμό. Είναι

επίσης παρόμοιου χρώματος, τόσο ως νεαροί βλαστοί όσο και ως μεγαλύτερης ηλικίας (Ποντίκης, 1997).

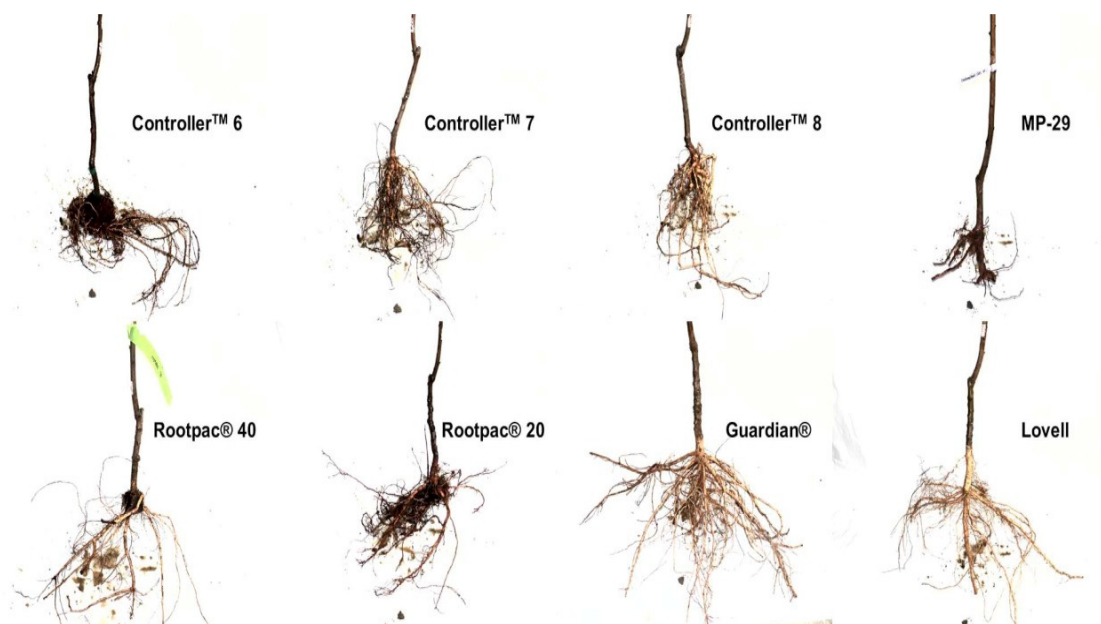


Εικόνα 7: Κορμός ροδακινιάς

2.2.2 Ρίζα

Στην ροδακινιά οι ρίζες επεκτείνονται οριζόντια, είναι πυκνές, μικρές και λεπτές. Αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό κεντρικών παράπλευρων ριζών (αναλόγως της ποικιλίας και του εδάφους είναι συνήθως από 4 έως 6) πάνω στις οποίες αναπτύσσονται τα πρώτα ριζώματα. Σε αυτά αναπτύσσονται τα δεύτερα ριζώματα και ούτω καθ'εξής μέχρι να εμφανιστούν οι λεπτότερες, τριχοειδείς ρίζες. Το ριζικό σύστημα απλώνεται οριζόντια καλύπτοντας μεγάλη επιφάνεια και η κατακόρυφη εισχώρησή του στο έδαφος είναι μικρή. Βέβαια σε μαλακά και ξηρά εδάφη παρατηρούνται μεγαλύτερα βάθη ριζών. Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των

ροδακινιών ευνοείται σε θερμοκρασίες της τάξεως των 20°C. Το ριζικό σύστημα της ροδακινιάς είναι ευαίσθητο στην υπερβολική υγρασία και καταστρέφεται σε περίπτωση που δημιουργηθεί κατάκλιση νερού μεγαλύτερη των 10 ημερών (Prengaman, 2018).



Εικόνα 8: Ριζικό σύστημα 8 υποκειμένων ροδακινιάς όπου διακρίνεται ένας μεγάλος αριθμός παράπλευρων ριζών με τις διακλαδώσεις τους

2.2.3 Φύλλα

Τα φύλλα της ροδακινιάς είναι απλά, επιμήκη, οδοντωτά, λογχοειδή και βρίσκονται κατά εναλλαγή. Έχουν χρώμα έντονο πράσινο και υφή στιλπνή. Το έλασμα των φύλλων φέρει αδένες από τους οποίους εκκρίνεται ανά διαστήματα υγρό το οποίο προσομοιάζει με το ρετσίνι (Ποντίκης, 1996).



Εικόνα 9: Φύλλα ροδακινιάς

2.2.4 Οφθαλμοί

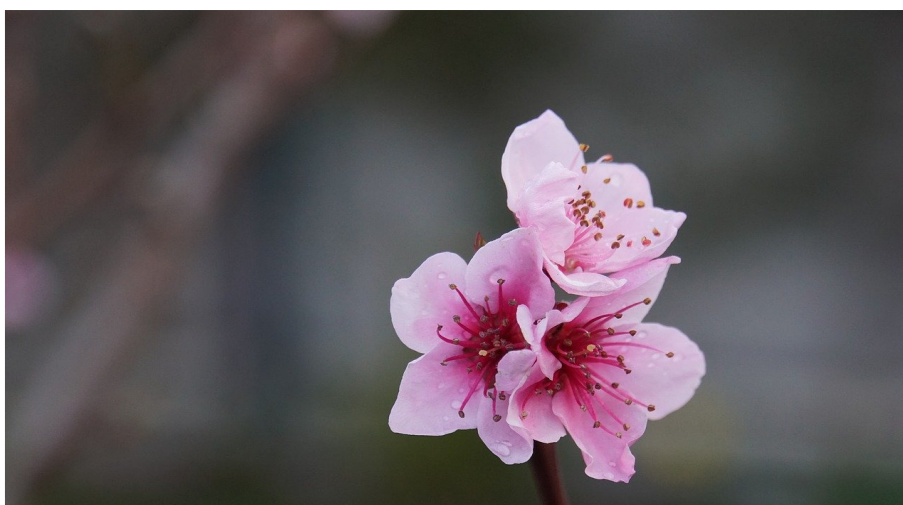
Η ροδακινιά φέρει απλούς ανθοφόρους και ξυλοφόρους οφθαλμούς, η διάκριση των οποίων μακροσκοπικά είναι εύκολη. Οι ξυλοφόροι οφθαλμοί έχουν σχήμα οξυεπίμηκες και οι απλοί ανθοφόροι έχουν σχήμα κυλινδρικό και καλύπτονται με χνούδι. Σε κάθε κόμβο βλαστού βρίσκονται από ένας έως και τρεις οφθαλμοί, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε ξυλοφόροι, ή απλοί ανθοφόροι αλλά μπορεί να συμβεί συνδυασμός και των δύο τύπων οφθαλμών. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί εκπτύσσονται πιο νωρίς από τους ξυλοφόρους. Από κάθε ανθοφόρο οφθαλμό δημιουργείται μόνο ένα άνθος ενώ ο ξυλοφόρος οφθαλμός δίνει βλαστό (Ποντίκης, 1996). Η διαφοροποίηση των οφθαλμών πραγματοποιείται το καλοκαίρι και οι πρώτες καταβολές των ανθών εμφανίζονται κατά τα τέλη Ιουλίου έως τα μέσα Αυγούστου (Ποντίκης, 1996).



Εικόνα 10: Οφθαλμοί σε βλαστό ροδακινιάς

2.2.5 Άνθη

Στην ροδακινιά τα άνθη είναι ρόδινα ή λευκά και εμφανίζονται πριν την έκπτυξη των φύλλων από τους απλούς ανθοφόρους οφθαλμούς. Είναι μόνοικα και απαρτίζονται από πέντε πέταλα, πέντε σέπαλα, έναν ύπερο και δεκαπέντε έως τριάντα στήμονες (Ποντίκης, 1996). Τα άνθη απαντώνται στο βλαστό ένα σε κάθε θέση και ο τύπος ταξιανθίας που σχηματίζουν είναι μονήρη (Ποντίκης, 1997)



Εικόνα 11: Άνθη ροδακινιάς

2.2.6 Καρπός

Ο καρπός της ροδακινιάς είναι δρύπη, έχει σφαιρικό σχήμα με μια κοιλιακή ραφή και ο φλοιός μπορεί να είναι χνουδωτός ή λείος ανάλογα την ποικιλία (Ποντίκης, 1996). Εισέρχεται σε καρποφορία από το δεύτερο έως το τέταρτο χρόνο της ηλικίας της και υπολογίζεται ότι η παραγωγική της ζωή είναι περίπου 15-20 χρόνια (Ποντίκης, 1996).



Εικόνα 12: Καρπός ροδακινιάς

2.3 Καλλιέργεια ροδακινιάς

2.3.1 Κλίμα

Η ροδακινιά αναπτύσσεται κυρίως σε περιοχές όπου η θερμοκρασία δεν πέφτει συχνά κάτω από -15°C . Είναι απαιτητική σε χειμερινό ψύχος ώστε να πραγματοποιηθεί η διακοπή του λήθαργου των οφθαλμών της. Παρ' όλα αυτά η ποιότητα των καρπών επιτυγχάνεται καλύτερα σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από αρκετά ζεστό καλοκαίρι, όπου η θερμοκρασία φτάνει μέχρι τους 35°C , και συνοδεύεται από χαμηλή σχετική υγρασία. Όταν η ροδακινιά δεν καλύπτει τις ανάγκες της σε ψύχος, οι

ανθοφόροι οφθαλμοί πέφτουν και αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση της παραγωγής αλλά και την απώλεια αυτής (Ποντίκης, 1996).

2.3.2 Έδαφος

Η ροδακινιά ευδοκμεί σε εδάφη τα οποία είναι αμμοπηλώδη, βαθιά, πτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο και έχουν καλή αποστράγγιση. Θα πρέπει να αποφεύγονται εδάφη τα οποία είτε έχουν κακή αποστράγγιση είτε είναι βαριά, διότι επηρεάζεται αρνητικά τόσο η παραγωγή και η ποιότητα των καρπών αλλά και η ανάπτυξη των δέντρων. Σε εδάφη όπου παρατηρείται μη ικανοποιητικός αερισμός αλλά και ποσοστά υπερβολικής υγρασίας, τα φύλλα του δέντρου παρουσιάζουν χλώρωση που διορθώνεται δύσκολα (Ποντίκης, 1996).

2.3.3 Άρδευση – Νερό

Η ροδακινιά ως δέντρο είναι απαιτητικό σε νερό καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου με ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες σε νερό από την σκλήρυνση του πυρήνα μέχρι την ωρίμανση του καρπού. Κατά την περίοδο αυτή, η έλλειψη νερού μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα και το μέγεθος των ροδάκινων, καθώς και την παραγωγή της τρέχουσας περιόδου αλλά και της επόμενης χρονιάς, αφού ελαττώνεται το μήκος της εκπτυσσόμενης βλάστησης και εξασθενεί το δέντρο. Κατά κανόνα, έχει απαίτηση 300 έως 350 m³νερούανά στρέμμα το χρόνο. Εδάφη τα οποία δεν αποστραγγίζονται καλάθα πρέπει να αποφεύγονται καθώς μπορεί να προκληθεί ζημία στις ρίζες του δέντρου, χλώρωση στα φύλλα και φυλλόπτωση(Ποντίκης, 1996).

3

Μηλιά

3.1 Γενικά

Η μηλιά (επ. ονομασία: *Malus domestica* Borkh) ανήκει στο γένος των καρποφόρων δέντρων της οικογένειας των Ροδοειδών (Rosaceae). Είναι μια από τις πιο γνωστές καλλιέργειες και αποτελεί σχεδόν το 50% των φυλλοβόλων οπωροφόρων δέντρων του πλανήτη. Καλλιεργείται κυρίως σε περιοχές της εύκρατης ζώνης και για το λόγο αυτό είναι είδος που αντέχει τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και για να καρποφορήσει έχει ανάγκη το χειμερινό ψύχος (Ποντίκης, 1997). Στην Ελλάδα καλλιεργούνται περίπου 93.283 στρέμματα διαφόρων ποικιλιών μηλιάς. Σε αυτά είναι φυτεμένα 10.731.941 δέντρα και αποδίδουν 273.074 τόνους μήλων ετησίως (ΕΛΣΤΑΤ, 2020). Αντίστοιχα, η παραγωγή σε παγκόσμιο επίπεδο ανέρχεται στους 86.142.197 τόνους (FAO, 2018). Οι περιοχές όπου καλλιεργείται είναι κυρίως τα γεωγραφικά διαμερίσματα της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας. Ειδικότερα οι μηλιές καλλιεργούνται κυρίως στην Κοζάνη, την Καστοριά, την Πέλλα, την Ημαθία, την Λάρισα και την Μαγνησία (ΕΛΣΤΑΤ, 2020).



Εικόνα 13: Δένδρο μηλιάς

3.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

3.2.1 Κορμός– Βλαστός

Η μηλιά έχει κορμό του οποίου τόσο το χρώμα όσο και η υφή μεταβάλλονται αναλόγως της ηλικίας του φυτού. Ο κορμός στα νεαρά μηλεόδεντρα έχει χρώμα κοκκινωπό προς γκρι, και φέρουν εμφανείς πόρους (Εικόνα 14 αριστερά). Στα ενήλικα δέντρα μηλιάς ο κορμός έχει χρώμα καφέ ή καφέ γκρι αναλόγως της ποικιλίας. Ο φλοιός του κορμού είναι σχετικά λεπτός και σκισμένος. Σε πολλά σημεία ο κορμός ξεφλουδίζεται τελείως, ενώ στα ηλικιωμένα δένδρα είναι γκριζοπράσινος με ξεφλουδισμένες λεπτές πλάκες (Εικόνα 14 δεξιά). Ο κορμός των μηλεόδεντρων δεν ξεπερνάει σε διάμετρο τα 50 εκατοστά σε δέντρα πολύ μεγάλης ηλικίας (Ποντίκης, 1997)



Εικόνα 14: Κορμός νεαρού δέντρου μηλιάς (αριστερά) και ενήλικου δέντρου (δεξιά).

3.2.2 Ρίζα

Η μηλιά διαθέτει πλούσιο ριζικό σύστημα με αρκετές πλάγιες ρίζες, που η έκταση που καταλαμβάνει είναι διπλάσια από την προβολή της κόμης του δέντρου. Ένα μεγάλο ποσοστό του ριζικού συστήματος εντοπίζεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους αλλά μπορεί να φτάσει σε βάθος μέχρι και τα 3 μέτρα. Το νέο ριζικό σύστημα που αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους σε συνδυασμό με το παλιότερο που αναπτύσσεται σε βάθος, προσφέρουν μία καλή στήριξη του δέντρου. Επίσης, διάφορες μελέτες έδειξαν ότι η ποικιλία είναι ικανή να επηρεάσει την ανάπτυξη των ριζών (Ποντίκης, 1997).



Εικόνα 15: Ρίζα μηλιάς

3.2.3 Φύλλα

Η μηλιά φέρει φύλλα απλά, κατ' εναλλαγή, βραχύμισχα, ενίοτε με μικρά παράφυλλα στη βάση του μίσχου. Είναι οδοντωτά, ωοειδή, χνουδωτά, ενώ το πάχος και το μέγεθός τους εξαρτάται από την ποικιλία αλλά και τις καλλιεργητικές συνθήκες (Ποντίκης, 1997).



Εικόνα 16: Φύλλα μηλιάς

3.2.4 Οφθαλμοί

Στην μηλιά, οι οφθαλμοί είναι πεπλατυσμένοι και εφάπτονται του βλαστού. Φέρει μικτούς ανθοφόρους και ξυλοφόρους οφθαλμούς που βρίσκονται είτε επάκρια είτε πλάγια στο βλαστό. Μακροσκοπικά είναι εύκολη η διάκριση των οφθαλμών αυτών, λόγω ότι έχουν διαφορετικό σχήμα και μέγεθος.

Η διαφοροποίηση των οφθαλμών πραγματοποιείται το καλοκαίρι Ιούλιο – Αύγουστο και οι πρώτες καταβολάδες ανθέων εμφανίζονται κατά τα τέλη Ιουνίου έως τα μέσα Ιουλίου (Ποντίκης, 2003). Την άνοιξη, ο ξυλοφόρος οφθαλμός που βρίσκεται επάκρια, κατά την έκπτυξή του δίνει βλαστό με φύλλα ενώ οι ξυλοφόροι οφθαλμοί που βρίσκονται πλάγια δίνουν πλάγια βλάστηση μήκους 0,5 με 10 εκατοστά που ονομάζεται λαμβούρδα. Αντίστοιχα, οι μικτοί οφθαλμοί, είτε είναι επάκριοι είτε είναι πλάγιοι, δίνουν βλάστηση παρόμοιου μήκους, 0,5 με 10 εκατοστά, που φέρει επάκρια άνθη (5-6) και στα πλάγια φύλλα (Ποντίκης, 1997).

3.2.5 Άνθη

Τα άνθη της μηλιάς είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται σε ταξιανθία κόρυμβο. Αποτελούνται από πέντε πέταλα, πέντε σέπαλα, τον ύπερο και είκοσι στήμονες με κίτρινους ανθήρες. Ο τύπος των ανθέων που φέρουν τα μηλοειδή ανήκει στην κατηγορία επίγυνα, διότι τα πέταλα, τα σέπαλα και οι στήμονες εκφύονται στο επάκριο μέρος της ωοθήκης (Ποντίκης, 1997).



Εικόνα 17: Άνθη μηλιάς

3.2.6 Καρπός

Οι καρποί της μηλιάς είναι ψευδείς και ονομάζονται μήλα. Το σχήμα τους ποικίλει και μπορεί να είναι σφαιρικό έως επίμηκες, έχει σάρκα αλευρώδη ή τραγανή, γλυκιά, εύχυμη και όξινη (Ποντίκης, 2003). Το μήλο, στο εξωτερικό του μέρος είναι σαρκώδες και στο ενδοκάρπιο είναι δερματώδες. Σε εγκάρσια τομή ενός καρπού μηλιάς τα σπέρματα τα οποία έχουν καφέ απόχρωση περιβάλλονται από το δερματώδες ενδοκάρπιο και εμφανίζονται στο κέντρο (Ποντίκης, 1997).

Η μηλιά, εισέρχεται σε καρποφορία, ανάλογα με την ποικιλία και το υποκείμενο κατά το δεύτερο χρόνο της ηλικίας της έως και τον έκτο χρόνο. Υπολογίζεται ότι η παραγωγική ζωή της είναι περίπου 30-50 χρόνια (Ποντίκης, 2003).



Εικόνα 18: Καρπός μηλιάς

3.3 Καλλιέργεια μηλιάς

3.3.1 Κλίμα

Η μηλιά αναπτύσσεται σε περιοχές όπου εξασφαλίζεται το χειμερινό ψύχος, υπάρχει δροσερό καλοκαίρι και ευδοκμεί σε υψόμετρο μέχρι και 1500 μέτρα. Κατάλληλη θερμοκρασία, κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, είναι οι 20-21°C, καθώς η υψηλή θερμοκρασία επηρεάζει τόσο την εμφάνιση όσο και την ποιότητα των καρπών και σε συνδυασμό με την έλλειψη της εδαφικής υγρασίας, προκαλεί προβλήματα στην παραγωγή. Χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω των -25°C, μπορεί να προκαλέσουν δυσκολίες στην ανάπτυξη του δέντρου. Ευδοκμεί σε περιοχές όπου το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι πάνω από 500 mm, ενώ σε περιοχές όπου η βροχόπτωση είναι ελάχιστη, χρειάζεται πότισμα. Κατά την περίοδο της καρποφορίας, η υψηλή σχετική υγρασία μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα (Ποντίκης, 2003).

3.3.2 Έδαφος

Τα εδάφη στα οποία ευδοκμεί η μηλιά θα πρέπει να έχουν καλή αποστράγγιση, διότι το ριζικό της σύστημα είναι ευαίσθητο σε περίσσεια νερού και να έχουν αμμοπηλώδη σύσταση με βάθος δύο ή περισσότερα μέτρα. Το συνεκτικό έδαφος μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, την ζωνρότητα καθώς και την διάρκεια ζωής του δέντρου. Επίσης, το έδαφος το οποίο συγκρατεί είτε ελάχιστη είτε καθόλου ποσότητα νερού θα πρέπει να αποφεύγεται, όπως και τα εδάφη με πολύ άργιλο. Το pH του εδάφους θα πρέπει να είναι μεταξύ 6,5-6,8 (Ποντίκης, 2003).

3.3.3 Άρδευση- Νερό

Η επάρκεια νερού κατά τη διάρκεια της αύξησης της βλάστησης της μηλιάς, παίζει καθοριστικό ρόλο για την ανάπτυξη της βλάστησης την επόμενη βλαστική περίοδο. Όταν η εδαφική υγρασία δεν είναι επαρκής μπορεί να υπάρξει αναστολή της αύξησης του ριζικού συστήματος. Η αναστολή της αύξησης του ριζικού συστήματος είναι δυνατόν να αυξηθεί στην περίπτωση που τα δέντρα έχουν μεγάλο φορτίο καρπών. Ωστόσο, ο σχηματισμός των καρποφόρων οφθαλμών επηρεάζεται από την ηλιοφάνεια και τη θερμοκρασία και λιγότερο από το νερό. Επίσης, το ποσοστό καρπόδεσης μειώνεται όταν τα αποθέματα νερού στο έδαφος δεν είναι αρκετά ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του δέντρου. Η παροχή νερού από τον Μάιο μέχρι τον Αύγουστο όπου είναι η βλαστική περίοδος, επηρεάζει θετικά την αύξηση του μεγέθους των καρπών, και κατά συνέπεια την παραγωγή. Επί προσθέτως, η παροχή νερού από τον Ιούλιο μέχρι τον Αύγουστο ευνοεί την περιεκτικότητα των καρπών σε σάκχαρα καθώς επίσης βελτιώνει το χρώμα και την ποιότητά τους (Ποντίκης, 2003).

4

Υδατικό δυναμικό και χρήση νερού

4.1 Το νερό και η χρήση του

Το νερό αποτελεί το βασικό και ζωτικό μέσο συντήρησης της ζωής για όλα τα είδη και τις φυσικές κοινότητες. Έχει εκτιμηθεί ότι το γλυκό νερό του πλανήτη μας ανέρχεται σε $3.8 \times 10^{16} \text{ m}^3$ και αποτελεί το 2,8% περίπου του ολικού νερού. Το υπόλοιπο 97,2% βρίσκεται ως αλμυρό νερό στις θάλασσες και στους ωκεανούς. Από την τεράστια αυτή ποσότητα του γλυκού νερού γύρω στο 12% μπορεί να θεωρηθεί ως εκμεταλλεύσιμο γιατί το υπόλοιπο βρίσκεται είτε με μορφή πάγου ή σε τόσο μεγάλο βάθος μέσα στη γη που η χρήση του θεωρείται αδύνατη ή οικονομικά ασύμφορη (Πουλοβασίλης και Γιαννουλόπουλος, 2003). Η χρήση του και κυρίως η κατάχρησή του απειλεί να υπονομεύσει τα ίδια τα οικοσυστήματα από τα οποία εξαρτάται η ζωή στον πλανήτη μας.

Οι τομείς που χαρακτηρίζονται από μεγάλη κατανάλωση νερού είναι η γεωργία, η βιομηχανία και οι πόλεις. Η γεωργία είναι υπεύθυνη για το 70% της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού (FAO:GOAG, 2007). Επιπλέον καθώς ο πληθυσμός της γης αυξάνεται, αυξάνονται οι ανάγκες σε τρόφιμα και κατά συνέπεια αυξάνεται και η χρήση του νερού στη γεωργία. Συνεπώς μια επικείμενη λειψυδρία και οι συνέπειες της θα είναι αναμφίβολα τρομακτικές. Ήδη σε πολλά σημεία στον πλανήτη μας

παρατηρούνται πλημμύρες αλλά και μεγάλες περιόδους ξηρασίας καθώς και μείωση των αποθεμάτων των επιφανειακών υδάτων. Συνεπώς, η έλλειψη νερού σημαίνει αυτομάτως μείωση των αρδευόμενων εκτάσεων που θα οδηγήσει σε μείωση της ικανότητας παραγωγής τροφίμων.

Το νερό ως θεμελιώδης πόρος αποτελεί σημαντικό αβιοτικό παράγοντα για την ανάπτυξη και την αύξηση των φυτών. Η έλλειψη νερού μπορεί να οδηγήσει σε φυσιολογικές βλάβες που επιδρούν αρνητικά στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Ειδικότερα, το υδατικό έλλειμμα δημιουργεί καταπόνηση στα φυτά και επιφέρει αρκετές μεταβολές σε διάφορες φυσιολογικές διεργασίες και στη μεταβολική δραστηριότητα με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Ωστόσο, τόσο τα ελαιόδενδρα όσο και τα άλλα οπωροφόρα δένδρα έχουν αναπτύξει κατάλληλους μηχανισμούς προσαρμογής έτσι ώστε να μπορούν να αντεπεξέρχονται στις παρατεταμένες συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Ahmed et al., 2007; Rousseaux et al., 2007).

4.2 Υδατικό δυναμικό

Η ανάπτυξη των δέντρων στους οπωρώνες μπορεί να ελεγχθεί με διάφορους τρόπους. Μια από τις τεχνικές ελέγχου της ανάπτυξης των δέντρων είναι και ο έλεγχος του υδατικού δυναμικού της καλλιέργειας. Το υδατικό δυναμικό ως μέγεθος, σε όποια επιστήμη και αν χρησιμοποιείται εκφράζει την ελεύθερη ενέργεια του νερού, δηλαδή την δυνατότητα των μορίων του νερού να κινηθούν σε οποιονδήποτε περιβάλλον και αν ευρίσκονται (σε διάλυμα, σε ξύλο, σε κύτταρο κλπ). Τα μόρια του νερού κινούνται πάντοτε από περιοχές υψηλού σε περιοχές χαμηλού υδατικού δυναμικού (Ριζοπούλου και άλλοι, 2015).

Η ανάπτυξη ενός δέντρου είναι άμεσα συσχετισμένη με την ποσότητα του νερού που λαμβάνει. Το νερό εισέρχεται στο δέντρο από τις νεότερες ηλικιακά ρίζες και κινείται διαμέσου του κορμού και των βλαστών καταλήγοντας στα φύλλα και στα άνθη. Το δέντρο προσομοιάζει λοιπόν μια υδάτινη στήλη με το δικό της υδατικό δυναμικό και μέρος μιας ακόμη μεγαλύτερης υδάτινης στήλης που έχει ως αρχή το έδαφος και ως τέλος την ατμόσφαιρα (Ριζοπούλου και άλλοι, 2015).

Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη ο καλλιεργητής μπορεί να ρυθμίσει την ανάπτυξη των δέντρων του ελέγχοντας το υδατικό δυναμικό της καλλιέργειας ώστε τα δέντρα να απορροφούν περισσότερο ή λιγότερο νερό. Η αύξηση του δέντρου είναι εντονότερη όταν μεγάλες ποσότητες νερού κινούνται προς αυτό και πιο περιορισμένη όταν μικρές ποσότητες νερού κινούνται προς αυτό. Ελέγχοντας λοιπόν το υδατικό δυναμικό του εδάφους και του δέντρου ελέγχεται και η ροή νερού προς το δέντρο και κατά συνέπεια η ανάπτυξή του (Girona et al., 2003). Για παράδειγμα περιορισμός της άρδευσης περιορίζει το υδατικό δυναμικό του εδάφους και ελαττώνει την ροή του νερού προς τα δέντρα. Πέραν τούτου, καλλιέργεια σε εδάφη με χαμηλή ικανότητα αποθήκευσης υδάτων συνεπάγεται καλλιέργεια σε έδαφος με χαμηλό υδατικό δυναμικό και κατά συνέπεια καλλιέργεια με περιορισμένη ανάπτυξη. Αντίστοιχα, η πυκνή φύτευση αυξάνει το συνολικό υδατικό δυναμικό των δέντρων (Ριζοπούλου και άλλοι, 2015).

Οι Chalmers et al. (1984) μελέτησαν και ανέπτυξαν τα πλεονεκτήματα της καλλιέργειας με ρυθμιζόμενη έλλειψη άρδευσης (RDI). Στόχος τους ήταν η εφαρμογή υδατικής καταπόνησης σε δένδρα ώστε να μειωθεί η βλαστική ανάπτυξη χωρίς ωστόσο να επηρεαστεί το παραγωγικό δυναμικό του φυτού. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε στην ποικιλία ροδακινιάς Golden Queen και έδειξε ότι μόνο το 25 με 30% της αύξησης των καρπών συνδέεται με την αύξηση των βλαστών του δέντρου.

Αυτό οφείλεται κυρίως στη μέθοδο ανάπτυξης των καρπών και του βλαστικού ιστού που λαμβάνει χώρα διαμέσου των κυττάρων των φυτών και βασίζεται στο υδατικό δυναμικό σπαργής. Το υδατικό δυναμικό σπαργής οφείλεται στην πίεση σπαργής η οποία προκαλείται από το τοίχωμα των κυττάρων και την δύναμη που ασκούν αυτά στα κύτταρα που διογκώνονται. Η αύξηση της πίεσης σπαργής αυξάνει το υδατικό δυναμικό. Η πίεση σπαργής είναι κατά βάση θετική όμως υπάρχει περίπτωση να εμφανιστούν αρνητικές τιμές. Σε αυτή την περίπτωση το υδατικό δυναμικό των κυττάρων του φυτού είναι χαμηλό και αναστέλλεται η ανάπτυξή του. Αντίθετα, την ίδια στιγμή η φωτοσύνθεση εξακολουθεί να λαμβάνει χώρα μειώνοντας περαιτέρω το νερό στα φύλλα και προκαλώντας τον μαρασμό τους κάτι όμως που δεν ισχύει με τους καρπούς των οποίων ο περιορισμός της ανάπτυξης είναι μικρότερος (Ριζοπούλου και άλλοι, 2015).

Χρησιμοποίηση νερού από τα καρποφόρα δέντρα

Το νερό προσλαμβάνεται από τα φυτά σε μεγάλες ποσότητες από το έδαφος μέσω του ριζικού συστήματος. Στις περιπτώσεις όπου η ποσότητα του νερού που προσλαμβάνεται δεν είναι ικανοποιητική ώστε να καλυφθούν οι απώλειες που δημιουργούνται με την διαπνοή, η υδατική κατάσταση του δέντρου μεταβάλλεται με αποτέλεσμα το υδατικό δυναμικό να μειώνεται. Αυτό έχει ως συνέπεια να αλλάζουν πολλές λειτουργίες και διαδικασίες που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη του φυτού. Οι λειτουργίες που επηρεάζονται από την έλλειψη του νερού είναι κυρίως η αύξηση του δέντρου, η καρποφορία και η ποιότητα των καρπών.

Τα δένδρα εμφανίζουν αυξημένες ανάγκες σε νερό κατά την αρχή της βλαστικής περιόδου, κατά την περίοδο που πραγματοποιείται η καρπόδεση, όταν σχηματίζονται οι ανθοφόροι οφθαλμοί και κατά την τελευταία φάση της αύξησης των καρπών πριν τη συγκομιδή. Κατά την ληθαργική περίοδο, τα δέντρα έχουν

περιορισμένες ανάγκες σε νερό. Ωστόσο οι ανάγκες τους σε νερό είναι ιδιαίτερα αυξημένες τόσο κατά την έκπτυξη των φύλλων όσο και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των καρπών. Επίσης, όταν η βλαστική περίοδος φτάσει στο τέλος της οι ανάγκες του δέντρου σε νερό μειώνονται (Ποντίκης, 1997).

Ρύθμιση της αύξησης των δέντρων με περιορισμό της παροχής νερού

Η αύξηση των βλαστών και των καρπών πραγματοποιείται σε αρκετά καρποφόρα δέντρα σε διάφορα χρονικά διαστήματα. Γενικά μπορεί να παρατηρηθεί ότι το υδατικό στρες, κατά την διάρκεια της βλαστικής αύξησης θα περιορίσει την αύξηση των βλαστών. Ειδικότερα στη μηλιά συνιστάται ελάττωση του ποτίσματος κατά την περίοδο όπου η βλαστική αύξηση είναι μεγάλη. Συγκεκριμένα, ο Gergely (1984) προτείνει καθυστέρηση στο πότισμα της μηλιάς έως ότου να ολοκληρωθεί η πρώτη περίοδος της αύξησης των βλαστών. Επίσης, ο Ποντίκης (1997) αναφέρει ότι τόσο ο σχηματισμός όσο και η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών στη μηλιά είναι απαραίτητη διαδικασία και το υδατικό στρες είναι πιθανόν να μειώσει την παραγωγή της επόμενης χρονιάς. Τέλος, στην έρευνα των Peretz et al.(1977), βρέθηκε ότι το υδατικό δυναμικό της μηλιάς και συγκεκριμένα των φύλλων, που ποτίζονταν με στάγδην σύστημα ήταν πιο μικρό από εκείνο των δέντρων που ποτίζονταν με τεχνητή βροχή, αλλά αυτά τα δένδρα είχαν αυξημένη παραγωγή.

Από την έρευνα των Chalmers et al. (1984) προέκυψε ότι η αύξηση της βλάστησης στη ροδακινιά ελαττώθηκε κατά 80% κατά την δεύτερη περίοδο της έρευνας, δηλαδή την περίοδο της καρποφορίας. Στην δεύτερη περίοδο η παροχή του νερού ήταν μειωμένη στο 12,5% της εξατμισοδιαπνοής, σε σχέση με την παροχή νερού στο πρώτο στάδιο της έρευνας. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα πως οι πρώιμες ποικιλίες ροδακινιάς εμφάνισαν ικανοποιητική αύξηση τόσο των βλαστών όσο και των

καρπών στην πρώτη φάση και μείωση κατά βάση της αύξησης του βλαστικού ιστού στη δεύτερη φάση. Σε περίπτωση όμως που η αύξηση των καρπών συνεχιζόταν και στην δεύτερη φάση (μη πρώιμες ποικιλίες) τότε η μείωση του νερού οδηγούσε και ελάττωση της αύξησης των καρπών.

Η παροχή νερού και η απόσταση φύτευσης επιδρούν μεταξύ τους όσον αφορά τη βλάστηση και κυρίως τη μείωση αυτής (Chalmers et al., 1984). Συγκεκριμένα η απόσταση που υπάρχει ανάμεσα στις σειρές, επηρεάζει την ζωνρότητα του δέντρου και αυτό οφείλεται στη μείωση του διαθέσιμου νερού που υπάρχει στο έδαφος και κατά συνέπεια μειώνεται και το υδατικό δυναμικό στο δέντρο.

5

Υδατική καταπόνηση και μηχανισμοί προσαρμογής

5.1 Καταπονήσεις φυτικών οργανισμών

Είναι γεγονός ότι οι διαμορφούμενες περιβαλλοντικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν το κλίμα της κάθε περιοχής επηρεάζουν βλαστικά και αναπαραγωγικά κάθε υπαίθρια καλλιέργεια ετήσια ή πολυετής, ποώδης ή δενδρώδης. Οι κλιματικές και γενικά οι περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες δρουν αρνητικά στην ανάπτυξη και αναπαραγωγή των ζωντανών οργανισμών συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία των αβιοτικών παραγόντων καταπόνησης(αβιοτικά στρες) και μπορούν να καταταχθούν στις κάτωθι κατηγορίες:

- Μη μεταδοτικές ασθένειες όπως είναι οι διάφορες τροφοπενίες, με πιο συνηθισμένες τις τροφοπενίες βορίου, καλίου, καθώς και αζώτου, φωσφόρου, μαγνησίου και ασβεστίου.
- Διάφορες τοξικότητες από ζιζανιοκτόνα και λιπάσματα.
- Ψύχος, άνεμος, ανοξεία, αλατότητα, ξηρασία, θερμική καταπόνηση από υψηλή θερμοκρασία, κοσμική ακτινοβολία, καθώς και οι νεότερες μορφές αβιοτικών καταπονήσεων που οξύνθηκαν μέσω της ανθρώπινης δραστηριότητας (υψηλή

συγκέντρωση όζοντος στα χαμηλά στρώματα ατμόσφαιρας, λέπτυνση της στοιβάδας του όζοντος στη στρατόσφαιρα και επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας, ρύποι από καύση ορυκτών υδρογονανθράκων κ.ά.).

Τις βιοτικές καταπονήσεις αποτελούν οι εχθροί (έντομα, ζιζάνια) και οι ασθένειες (ιοί, μύκητες, βακτήρια), που μπορούν να προσβάλλουν φυτικούς οργανισμούς σε μια περιοχή(Τζάμος, 2004). Η αρνητική επίδραση των αβιοτικών παραγόντων στη βιολογία των φυτικών οργανισμών είναι σημαντικότερη από εκείνη των βιοτικών, καθώς οι εχθροί και οι ασθένειες δείχνουν μια ευρύτερη ή στενότερη εξειδίκευση στη δράση τους ανάλογα του είδους. Επιπλέον, η εμφάνιση των εχθρών και των ασθενειών των καλλιεργειών και η εξέλιξη του πληθυσμού τους μπορεί να προβλεφθεί. Τέλος, για τις βιοτικές καταπονήσεις υπάρχουν μέτρα και τρόποι εξωγενούς παρέμβασης οι οποίες ελέγχουν με επιτυχία τον πληθυσμό τους και αμβλύνουν τις αρνητικές επιπτώσεις.

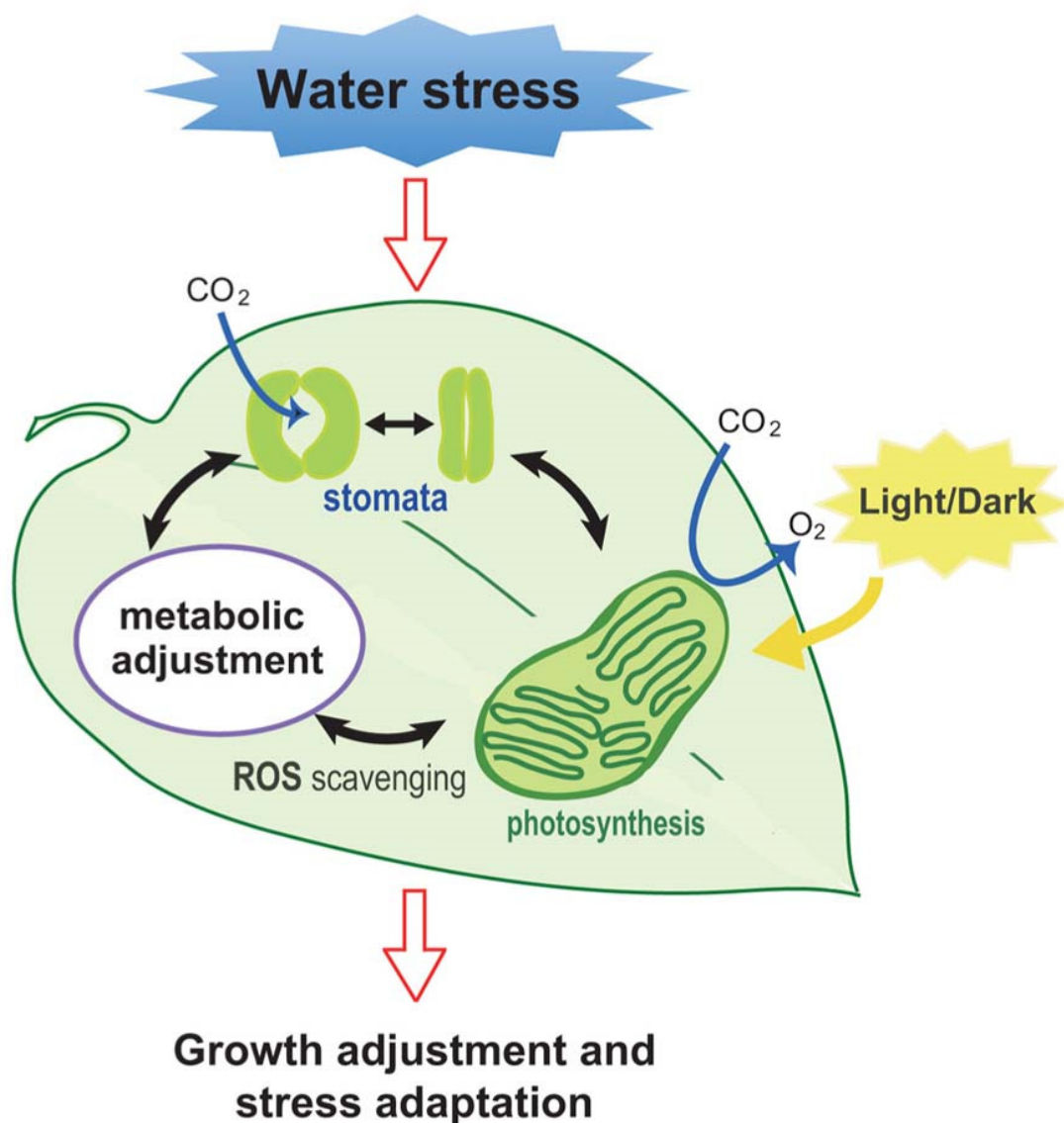
Αντίθετα ο κίνδυνος των δυσμενών κλιματικών - αβιοτικών παραγόντων υφίσταται οπουδήποτε στη γη και η αρνητική τους δράση είναι γενική σε όλες τις υπαίθριες καλλιέργειες. Οι αβιοτικοί παράγοντες δρουν είτε άμεσα (ξερίζωμα φυτών, σπάσιμο και πλάγιασμα) είτε έμμεσα στους ενδογενείς μηχανισμούς του φυτού αναστέλλοντας τις φυσιολογικές διεργασίες που είναι συνυφασμένες με την ανάπτυξη των φυτών (φωτοσύνθεση – διαπνοή – αναπνοή). Είναι επίσης γεγονός ότι συνεχίζει η αρνητική επίδραση των αβιοτικών καταπονήσεων και μετά τη λήξη τους (περίοδος ανακούφισης) όπου οι φυσιολογικές διεργασίες τείνουν να επανέλθουν στο φυσιολογικό. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι η αντιμετώπιση των αβιοτικών καταπονήσεων βασίζεται στην εξάλειψη του αρχικού αιτίου εμφάνισής τους. Συνεπώς, η μόνη ασφαλής προφύλαξη έναντι των αβιοτικών καταπονήσεων αποτελεί η γενετική εκδήλωση ανοχής ή ανθεκτικότητας.

5.2 Υδατική καταπόνηση

Η υδατική καταπόνηση ορίζεται ως εκείνη η κατάσταση κατά την οποία τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν αρκετό νερό ώστε να αντισταθμίσουν τις απώλειες από την διαπνοή (Rai και Takabe, 2006). Η ανικανότητα αναπλήρωσης του υδατικού ελλείμματος από τα φυτά μπορεί να οφείλεται σε έλλειψη νερού στο έδαφος, σε υψηλό ρυθμό διαπνοής, ή σε δυσχέρειες διακινήσεώς του (Reddy et al., 2004). Τα περισσότερα φυτά δεν είναι δυνατόν να απορροφήσουν νερό από το έδαφος, όταν το τελευταίο συγκρατεί το νερό με μυζητικές δυνάμεις των -15 bars και μικρότερες (μόνιμο σημείο μαρασμού). Η δυσχέρεια διακίνησης του νερού μπορεί να οφείλεται είτε στη διακοπή της συνέχειας της στήλης του νερού από τις ρίζες δια μέσου των αγγείων του ξύλου στα φύλλα, είτε λόγω στενώσεων στα αγγεία του ξύλου από παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών.

Η υδατική καταπόνηση προκαλεί χαρακτηριστική συμπτωματολογία με συγκεκριμένης αλληλουχίας συμπτώματα όπως το φύλλο σημαίας, ο μαρασμός, η επιναστία, η χλώρωση, το κιτρίνισμα, η ξήρανση των φύλλων, η φυλλόπτωση, η νέκρωση των ανθέων, η ανθόρροια, η αφυδάτωση και η συρρίκνωση των καρπών, η καρπόπτωση, ο νανισμός και τέλος ο μεταχρωματισμός αγγείων του ξύλου (Τζάμος, 2004). Πρέπει να αναφερθεί ότι από τον μαρασμό και κάτω, τα συμπτώματα της έλλειψης νερού αποκτούν όσο προχωρούν μονιμότερο χαρακτήρα. Εκτός όμως από τα εξωτερικά μορφολογικά συμπτώματα, η υδατική καταπόνηση προκαλεί και εκτροπή από το κανονικό των φυσιολογικών διεργασιών του φυτού. Σε κυτταρικό επίπεδο η έλλειψη νερού έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της σπαργής των κυττάρων και την ευδιάκριτη αποκόλληση της κυτταροπλασματικής μεμβράνης από το κυτταρικό τοίχωμα. Αυτή η συρρίκνωση του κυττάρου έχει ως συνέπεια την αύξηση της μυζητικής του ικανότητας (ώσμωση) (Bray, 1997).

Η υδατική καταπόνηση προκαλεί μείωση του δυναμικού του νερού των φύλλων και του στοματικού ανοίγματος, που οδηγεί στη μείωση της ρύθμισης των γονιδίων που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση και στη μείωση της διαθεσιμότητας του CO₂(Τζάμος, 2004).



Εικόνα 19: Μείωση της ρύθμισης των γονιδίων που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση λόγω υδατικής καταπόνησης

Η στοματική δραστηριότητα, η οποία επηρεάζεται από περιβαλλοντικές πιέσεις, μπορεί να επηρεάσει την απορρόφηση του CO₂ και έτσι να επηρεάσει τη

φωτοσύνθεση και την ανάπτυξη των φυτών. Σε απόκριση της καταπόνησης λόγω έλλειψης νερού, τα συστήματα μεταφοράς ιόντων και νερού μέσω των μεμβρανών λειτουργούν για τον έλεγχο των αλλαγών της πίεσης του στροφέα στα προστατευτικά κύτταρα και την τόνωση του στοματικού κλεισίματος. Το ενδογενές αμπισικό οξύ (ABA) παράγεται γρήγορα κατά τη διάρκεια της ξηρασίας, προκαλώντας μια σειρά από φυσιολογικές αντιδράσεις, συμπεριλαμβανομένου του στοματικού κλεισίματος, το οποίο ρυθμίζεται από ένα δίκτυο μεταγωγής σήματος. Η 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase 3 (NCED3) στην *Arabidopsis* καταλύει ένα βασικό βήμα στη βιοσύνθεση του ABA και η έκφραση NCED3 προκαλείται γρήγορα από την υδατική καταπόνηση με ειδικό τρόπο για τους αγγειακούς ιστούς (Bray, 1997).

Υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, τα ενζυματικά αντιοξειδωτικά που απομακρύνουν τις ελεύθερες ρίζες ROS, όπως η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η υπεροξειδάση (POD), η καταλάση (CAT), η γλουταθειόνη της αναγωγής (GR) και η ασκορβική υπεροξειδάση (APX) μπορούν να ενεργοποιηθούν για να μειώσουν τα αυξημένα επίπεδα ROS. Οι μεταβολές στις δραστηριότητες αυτών των ενζύμων είναι από τους κύριους μηχανισμούς στα φυτά για την ανεκτικότητα στην έλλειψη νερού (ElYamani et al., 2020).

Ένας άλλος μηχανισμός 'απόκρισης' των φυτών στην υδατική καταπόνηση είναι η βιοσύνθεση ή συσσώρευση μεταβολιτών με στόχο να διατηρήσουν το υδατικό δυναμικό τους χαμηλά. Με αυτόν τον τρόπο δύναται να δημιουργηθεί διαφορά οσμωτικού δυναμικού που να επιτρέπει την απορρόφηση του νερού από χαμηλά υδατικά δυναμικά στο έδαφος (Zhao et al., 2007) (Κεφάλαιο 6).

5.3 Μηχανισμοί προσαρμογής της ελιάς στην υδατική καταπόνηση

Τα φυτά που αναπτύσσονται σε μεσογειακό κλίμα, υπόκεινται σε υψηλή θερμοκρασία και ξηρασία κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τέτοιες συνθήκες επηρεάζουν την παραγωγικότητα και την ανάπτυξή τους. Η ελιά, προσαρμόζεται σχετικά εύκολα στην ξηρασία αναπτύσσοντας μηχανισμούς ανοχής με στόχο τη διατήρηση της υδατικής του ισορροπίας και συνεπώς της μεταβολικής του δραστηριότητας κατά την περίοδο των ζεστών περιόδων.

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα φυσιολογικών και μορφολογικών αποκρίσεων που συμβάλουν στην διατήρηση του νερού που υπάρχει στο εσωτερικό του δέντρου εναρμονίζοντας την πρόσληψη και την ζήτηση του νερού από το έδαφος. Ειδικότερα, τα φύλλα της ελιάς έχουν μικρό μέγεθος και παχύ στρώμα επιδερμίδας που βοηθούν το φυτό να προσαρμοστεί στις ξηρές συνθήκες. Συνεπώς τα φύλλα είναι πιο παχιά και τα στομάτιά τους είναι πυκνά και μικρά (ElYamani et al., 2020) ώστε να μπορούν να ελέγχουν την απώλεια νερού ρυθμίζοντας τη διαπνοή. Επιπλέον, τα φύλλα είναι ανθεκτικά σε εξαιρετικά χαμηλό υδατικό δυναμικό και μπορούν να χάσουν μέχρι και το 40% του νερού των ιστών τους χωρίς να υποστεί ζημιά η δυνατότητα ανάκτησης της σπαργής τους (Gioio et al., 1999). Από μορφολογικής απόψεως, με το μικρό τους μέγεθος επιτρέπουν ελάχιστη απορρόφηση ακτινοβολίας με μεγάλη ανταλλαγή θερμότητας (Connor, 2005).

Οι ποικιλίες ελιάς που είναι προσαρμοσμένες σε συνθήκες ξηρασίας έχουν αυξήσει τη σκληροφυτικότητά τους, αυξάνοντας τη συνεκτικότητα των ιστών των φύλλων, το πάχος της εφυμενίδας και τον αριθμό των τριχών (Bacelar et al., 2006). Κύριο χαρακτηριστικό των φύλλων της ελιάς που είναι προσαρμοσμένες σε ξηροφυτικές συνθήκες είναι ότι το πασσαλώδες παρέγχυμα βρίσκεται σε επαφή τόσο με την ανώτερη όσο και με την κατώτερη επιδερμίδα. Επιπλέον, το άνω πασσαλώδες

παρέγχυμα αποτελείται από τρία συμπαγή στρώματα επιμηκυμένων κυττάρων, ενώ το κάτω μόνο από ένα (Chartzoulakis et al., 1999). Επομένως, η συνεκτικότητα του μεσόφυλλου βοηθάει στη μείωση της απώλειας του νερού από τα κύτταρα, λόγω χαμηλής κυτταρικής αγωγιμότητας (Bacelar et al., 2004).

Όσον αφορά το ριζικό σύστημα της ελιάς έχει παρατηρηθεί ότι στα ξηρικά ελαιόδενδρα είναι περισσότερο ενεργό το χειμώνα και την άνοιξη, όπου υπάρχει μεγαλύτερη διαθέσιμη εδαφική υγρασία και ανενεργό κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, δηλαδή καλοκαίρι και φθινόπωρο (Connor, 2005). Επιπλέον, τα αγγεία του ξύλου της ελιάς έχουν την ικανότητα να ανθίστανται σε υδατικό δυναμικό (Ψ_x , υδατικό δυναμικό αγγείων του ξύλου) από -5 έως -8 MPa λόγω οσμωτικής και κυτταρικής προσαρμογής (Moriani et al., 2002; Rousseaux et al., 2007) και σε συνδυασμό με το εκτεταμένο ριζικό της σύστημα αυξάνεται η ικανότητα αντοχής της στη ξηρασία.

Πολλοί επιστήμονες έχουν μελετήσει και συσχετίσει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Έχει βρεθεί ότι η ξηρασία και οι υψηλές θερμοκρασίες είναι οι σπουδαιότεροι παράγοντες καταπόνησης και αναστολής της ανάπτυξης των φυτών (Giorio et al., 1999). Στις μεσογειακές περιοχές τα ελαιόδενδρα επιδεικνύουν χαμηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα και ρυθμούς διαπνοής κατά την περίοδο της ξηρασίας (Ahmed et al., 2007).

Αναφέρεται ότι η πρώτη αντίδραση της ελιάς στην έλλειψη νερού είναι το κλείσιμο των στοματίων της (Angelopoulos et al., 1996; Giorio et al., 1999; Ahmed et al., 2007), το οποίο εμφανίζεται πιο έντονο στα νεαρά κυρίως φύλλα (Fernández et al., 1997), παρεμποδίζοντας τη διαπνοή αλλά και τον εφοδιασμό του φυτού με διοξείδιο του άνθρακα. Η αντίδραση αυτή έχει ως στόχο την εξοικονόμηση νερού όταν επικρατούν συνθήκες έλλειψης αυτού και κατά συνέπεια την προστασία των φυτικών κυττάρων από την αφυδάτωση. Το κλείσιμο όμως των στοματίων προκαλεί μείωση της

συγκέντρωσης του ενδοκυττάριου CO₂ των φύλλων που τελικά οδηγεί στη μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού (Diaz-Espejo et al., 2007).

Το κλείσιμο των στοματίων έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει εναλλακτικός μηχανισμός αλληλουχίας των ηλεκτρονίων στη φωτόλυση του νερού, επομένως υπάρχει ο κίνδυνος η περίσσεια της ενέργειας (υπό μορφή ηλεκτρονίων) να διαταράξει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού. Αυτό το φαινόμενο λέγεται φωτοπαρεμπόδιση και για τα ελαιόδενδρα είναι ζωτικής σημασίας κυρίως στα μεσογειακά κλίματα, όπου η φωτοσύνθεση παρεμποδίζεται όταν παρατηρείται υψηλή ακτινοβολία, σε συνδυασμό με ξηρασία τους καλοκαιρινούς μήνες και χαμηλές θερμοκρασίες τους χειμερινούς μήνες (Connor, 2005).

Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές (Giorio et al., 1999) το κλείσιμο των στοματίων επηρεάζεται από το διαθέσιμο εδαφικό νερό και το έλλειμα κορεσμού της ατμόσφαιρας (VPD). Επίσης, βρέθηκε ότι η στοματική αγωγιμότητα σχετίζεται θετικά με το υδατικό δυναμικό του φύλλου. Βέβαια, στα ελαιόδενδρα τα οποία υπόκεινται σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, η στοματική αγωγιμότητα επηρεάζεται κυρίως από την εδαφική υγρασία.

Μετά όμως από σημαντική υδατική καταπόνηση, η άρδευση των ελαιοδένδρων προκαλεί μια άμεση επαναφορά του υδατικού δυναμικού στην αρχική φυσιολογική κατάσταση, αλλά δεν συνοδεύεται από άμεση αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας (gs) (Giorio et al., 1999). Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει στην περίπτωση που έχουμε μέτρια καταπόνηση (Fernández et al., 1997) ή κάποιο άλλο φυτικό είδος όπως για παράδειγμα το ακτινίδιο (Giorio et al., 1999). Συνεπώς, γίνεται κατανοητό ότι το υδατικό δυναμικό του μεσοφύλλου (Ψ) δεν ελέγχει εξ' ολοκλήρου τη στοματική αγωγιμότητα και επιπλέον η εδαφική υγρασία δεν είναι ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει τη συμπεριφορά των στοματίων μετά από συνθήκες έντονης ξηρασίας.

Επίσης, η μείωση στην αφομοίωση του CO₂ στα υδατικά καταπονημένα φυτά προκαλεί μείωση στη μεταφορά ηλεκτρονίων στα φωτοσυστήματα που συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση. Η παραπάνω κατάσταση έχει ως αποτέλεσμα η παραγόμενη από τα φωτόνια ενέργεια να συμμετέχει σε αντιδράσεις που ευνοούν την παραγωγή ενεργών ριζών οξυγόνου (ROS). Βέβαια τα φυτά είναι εφοδιασμένα με διάφορους αντιοξειδωτικούς μηχανισμούς που τα βοηθούν να ανταπεξέλθουν σε τέτοιες καταστάσεις. Σε συνθήκες όμως έλλειψης νερού η παραγωγή ενεργών ριζών (ROS) είναι μεγάλη με αποτέλεσμα ο αντιοξειδωτικός μηχανισμός των φυτών να μην επαρκεί και να λαμβάνει χώρα καταστροφή των φωτοσυνθετικών χρωστικών, οξείδωση των κυτταρικών λιπιδίων και πρωτεϊνών καθώς και αδρανοποίηση των ενζύμων που συμμετέχουν στη φωτοσυνθετική διαδικασία (Bacelar et al., 2007).

Συνεπώς, τόσο τα φωτοανασταλτικά φαινόμενα, όσο και η μείωση του φθορισμού της χλωροφύλλης έχουν ως στόχο την αποφυγή της υπερδιέγερσης του κέντρου των αντιδράσεων του φωτοσυστήματος PSII, μειώνοντας την απορρόφηση της ακτινοβολίας ή αυξάνοντας τη διάχυση της διεγερμένης ενέργειας με τη μορφή θερμότητας, με τη συμμετοχή ή όχι του κύκλου της ξανθοφύλλης. Η διάχυση αυτή της ενέργειας σχετίζεται με τη ρύθμιση της φωτοσύνθεσης και αποτελεί ένα μηχανισμό προστασίας αυτής και των φωτοσυστημάτων (Angelopoulos et al., 1996).

Ένας άλλος μηχανισμός προσαρμογής της ελιάς στην έλλειψη νερού είναι τα σάκχαρα. Τα σάκχαρα είναι οι κύριες ουσίες που είναι υπεύθυνες για την οσμωρύθμιση στα φύλλα της ελιάς (Ennajeh et al., 2006), αλλά και στις ρίζες της, έτσι ώστε τα φυτά να αυξάνουν την ικανότητά τους να απορροφούν νερό ακόμα και από το σχετικά ξηρό έδαφος (Bacelar et al., 2006). Στην ελιά τα σάκχαρα που συναντάμε ως επί το πλείστον είναι η γλυκόζη, η μαννιτόλη, η σακχαρόζη, η ραφφινόζη, η σταχυόζη κ.α. (Denaxa et al., 2012). Ειδικότερα, η γλυκόζη και η μαννιτόλη, αντιπροσωπεύουν το 90% των διαλυτών υδατανθράκων και βοηθούν να μειωθεί σημαντικά το οσμωτικό δυναμικό

των ελαιοδένδρων (Dichio et al., 2003; Chartzoulakis et al., 2006), χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι και τα υπόλοιπα σάκχαρα δεν συμμετέχουν στην οσμωτική προσαρμογή του φυτού (Dichio et al., 2003).

5.4 Μηχανισμοί προσαρμογής της ροδακινιάς στην υδατική καταπόνηση

Η ροδακινιά λόγω του ότι είναι εγγενής σε υγρές και εύκρατες περιοχές, είναι ευαίσθητη στην υδατική καταπόνηση κατά τη διάρκεια αρκετών περιόδων. Η εφαρμογή άρδευσης από τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των καρπών μέχρι το τέλος της ανάπτυξης του βλαστού επηρεάζει ελαφρώς το μέγεθος και τον αριθμό των καρπών. (C. D. Mellisho, 2011)

Επιπλέον, η ροδακινιά αποτελεί ένα δέντρο που απαιτεί πολύ νερό ειδικότερα κατά την άνθησή του και κατά τις περιόδους της καρπόδεσης, της αύξησης των βλαστών καθώς και την περίοδο της ανάπτυξης καρπού. Ως εκ τούτου, επειδή η μεγαλύτερη απαίτηση νερού εμφανίζεται τους μήνες του καλοκαιριού, οι οποίοι μήνες συμπίπτουν με την αναπτυξιακή περίοδο του καρπού της ροδακινιάς η υδατική καταπόνηση είναι απαραίτητη σε αυτά τα διαστήματα, διότι σε αντίθετη περίπτωση η καλλιέργειά της είναι αδύνατη (Βασιλακάκης, 2009). Αξίζει να αναφερθεί ότι στην Μεσόγειο, κατά τους μήνες του καλοκαιριού η περίοδος ξηρασίας είναι αρκετά μεγάλη, οπότε όταν το διαθέσιμο αρδευτικό νερό μειώνεται συνεχόμενα, τότε ξεκινάει να είναι απαγορευτική η καλλιέργεια των ροδακινιών. (Πλιακώνα, 2010)

Ως ένας μηχανισμός προσαρμογής της ροδακινιάς στην υδατική καταπόνηση, μπορεί να θεωρηθεί η εγκατάσταση και η εφαρμογή ενός συστήματος για άρδευση με κλειστούς αγωγούς και με χρήση πίεσης χαμηλού ρυθμού. Επίσης, κατά τον ακολουθούμενο μηχανισμό θα πρέπει να μην δημιουργούνται συνθήκες για ανάπτυξη

ασθενειών, που μπορεί να προσβληθεί ο κορμός του δέντρου και το ριζικό σύστημα, από τις ακτίνες διαβροχής και τις ποσότητες του νερού που λαμβάνονται. Διότι, υπάρχει η πιθανότητα διασποράς διάφορων παθογόνων οργανισμών και ανάπτυξης ασθένειας με την κατάκλιση ως μέθοδο για άρδευση και την διαβροχή των κορμών και των λαιμών των ροδακινιών. (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, 2013)

5.5 Μηχανισμοί προσαρμογής της μηλιάς στην υδατική καταπόνηση

Η μηλιά είναι σχετικά ευαίσθητη στην υδατική καταπόνηση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η καλλιέργειά της να περιορίζεται λόγω ξηρασίας (Zhang et al., 2013). Η καταπόνηση που προκαλείται από την ξηρασία είναι άμεσο αποτέλεσμα των πολύ υψηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με την έλλειψη νερού. Όταν η καλλιέργεια βρίσκεται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, μπορεί να προκληθούν αρκετές επιζήμιες επιδράσεις, από τις ROS, όπως είναι η ελάττωση της πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων με άμεσο επακόλουθο τη μείωση της φωτοσυνθετικής τους ικανότητας (Nemeskéri et al., 2009), καθώς και καταστροφές στις κυτταρικές μεμβράνες. Οι ROS επίσης προκαλούν με τη σειρά τους οξειδωτική καταπόνηση, το οποίο βλάπτει τις κυτταρικές μεμβράνες καταστρέφοντας τις χλωροφύλλες (Aras and Kales, 2019).

Αξίζει να αναφερθεί ότι τα μήλα έχουν καλή απόδοση σε ημίξηρες περιοχές λόγω της προσαρμοστικότητάς τους σε εδαφοκλιματικές συνθήκες. Για μια αποτελεσματική άρδευση σε ημίξηρες περιοχές, είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητή η σχέση νερού των φυτών και των αλληλεπιδράσεών τους με άλλες φυσιολογικές διεργασίες. Συνεπώς, η παρακολούθηση του νερού στα μήλα μέσω φυσιολογικών και βιοχημικών χαρακτηριστικών έχει αποδειχθεί ένας καλός δείκτης της ανταπόκρισης των φυτών σε στέρηση νερού. Ειδικότερα, η ανοχή στην ξηρασία, όταν οι απαιτήσεις

νερού είναι υψηλές, επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση του μηχανισμού της φωτοσύνθεσης και απώλειας νερού από τα στόματα. Εκτός από τον έλεγχο των στομάτων, ο έλεγχος της απώλειας ύδατος πραγματοποιείται με μείωση της επιφάνειας των φύλλων, δηλαδή με πτώση κάποιων εξ αυτών, καθώς και με αναδίπλωση των εκτεθειμένων φύλλων που παράλληλα μειώνει την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. (Cíntia Patrícia Martins de Oliveira, 2020)

Παράλληλα έχει βρεθεί ότι αυξάνεται η ενεργότητα του ριζικού συστήματος ως απάντηση στην αυξημένη διαπνοή (ArasandKales, 2019). Επίσης, η ανοχή της μηλιάς στην περιορισμένη διαθεσιμότητα ύδατος, συνοδεύεται από έντονη οσμωτική προσαρμογή στα ώριμα φύλλα, παρόλο που στις άκρες του βλαστού παρατηρείται μικρή οσμωτική προσαρμογή. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι αποτελεσματικοί κυρίως λόγω της αργής φυσιολογικής γήρανσης των φύλλων της μηλιάς.

6

Στρατηγικές αντιμετώπισης της υδατικής καταπόνησης

Η έλλειψη νερού ή ο περιορισμός του νερού για άρδευση αποτελεί μια δεδομένη κατάσταση για τις επόμενες δεκαετίες (Ashraf and Foolad, 2007) τόσο για την καλλιέργεια της ελιάς όσο και για τις περισσότερες από τις υπόλοιπες δενδρώδεις καλλιέργειες. Μέχρι την ολοκλήρωση της εύρεσης και διάδοσης ποικιλιών που να αποδίδουν ικανοποιητικά σε συνθήκες έλλειψης νερού, η καλλιέργεια δένδρων θα συνεχίσει με τις υπάρχουσες εγκλιματισμένες σε κάθε περιοχή ποικιλίες, σε συνδυασμό με σχεδιασμένα προγράμματα άρδευσης, όπου υπάρχει η δυνατότητα άρδευσης. Επιπλέον, η εφαρμογή στα δέντρα διαφόρων καλλιεργητικών τεχνικών – προληπτικά και θεραπευτικά – βοηθούν στην καλύτερη διαχείριση της υδατικής καταπόνησης.

Τα προληπτικά μέτρα αντιμετώπισης της υδατικής καταπόνησης σε ότι αφορά τις δενδρώδεις καλλιέργειες είναι κυρίως δύο: α) η κατεργασία του εδάφους και β) το επιλεγόμενο σύστημα διάταξης και μόρφωσης των φυτών. Τα θεραπευτικά μέτρα αντιμετώπισης της υδατικής καταπόνησης είναι τα μέτρα που λαμβάνονται κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης με σκοπό να μετριάσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις και μετά το τέλος της υδατικής καταπόνησης, ώστε να επιτευχθεί η ταχύτερη ανάκαμψη των φυτών στη κανονική φυσιολογική τους κατάσταση (ανακούφιση). Η σκίαση των φυτών, η αύξηση των δυνάμεων απορρόφησης και συγκράτησης του νερού

από τα κύτταρα, καθώς και η ενίσχυση των αντιοξειδωτικών μηχανισμών των φυτών αποτελούν τις κύριες κατευθύνσεις για την ανακούφιση και διαχείριση της υδατικής καταπόνησης.

Ειδικότερα, με την σκίαση των φυτών επιτυγχάνεται η μείωση της θερμοκρασίας της φυλλικής επιφάνειας, η μείωση της φωτοδιέγερσης των χρωστικών των PSI και ταυτόχρονα μείωση της φωτοσύνθεσης. Σε συνθήκες έλλειψης εδαφικής υγρασίας η σκίαση προκαλεί μείωση της διαπνοής, τα στομάτια κλείνουν αργότερα, ενώ το κλείσιμο των στοματίων συνοδεύεται με ηπιότερη οξειδωτική καταπόνηση η οποία είναι ευκολότερα αντιμετωπίσιμη από τους υπάρχοντες ενδογενείς αντιοξειδωτικούς μηχανισμούς. Η σκίαση των φυτών μπορεί να επιτευχθεί είτε με την κάλυψη των φυτών κάτω από επιφάνειες που ανακλούν το φως, είτε με την αύξηση της ανακλαστικής ικανότητας της φυλλικής τους επιφάνειας. Η πρώτη επιλογή είναι ανεφάρμοστη σε φυτά υψηλά και μεγάλου όγκου. Η δεύτερη τεχνική απαιτεί υλικά που καλύπτουν επαρκώς και για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα τα φύλλα, ενισχύουν αποτελεσματικά την ανακλαστική ικανότητα των φύλλων, επιτρέπουν τις φυσιολογικές διεργασίες και δεν είναι επιβλαβή για τα φυτά(π.χ. σωματίδια καολινίτη).

Η απορρόφηση και η συγκράτηση του νερού από τα κύτταρα ελέγχεται κατεξοχήν από την συγκέντρωση και το είδος των ενδογενών ωσμωρυθμιστών και των αντιδιαπνευστικών ουσιών κάλυψης των φύλλων. Πολλά φυτά όταν υφίστανται καταστάσεις υδατικής καταπόνησης βιοσυνθέτουν ή συσσωρεύουν μεταβολίτες με στόχο να διατηρήσουν το υδατικό δυναμικό τους χαμηλά. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται διαφορά ωσμωτικού δυναμικού που επιτρέπει την απορρόφηση του νερού από χαμηλά υδατικά δυναμικά στο έδαφος (Yoshida et al., 1997).

Πρόκειται για ουσίες μικρού μοριακού βάρους, με μεγάλη διαλυτότητα οι οποίες είναι μη τοξικές για τα κύτταρα και κατά συνέπεια για τα φυτά ακόμα και σε υψηλές ενδοκυτταρικές συγκεντρώσεις. Η βιοσύνθεση τους γίνεται εντός του

κυτοπλάσματος έτσι ώστε να διατηρηθεί η κατάλληλη υδατική ισορροπία μεταξύ του κυτοπλάσματος, του χυμοτοπίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος των κυττάρων (Halperin and Flores, 1997). Οι μεταβολίτες αυτοί λειτουργούν ως οσμωρυθμιστές και έχουν την ικανότητα να ρυθμίζουν το υδατικό δυναμικό στα κύτταρα, βοηθούν στη σταθεροποίηση της πρωτεΐνης των μεμβρανών και τελικά αυξάνουν την αντοχή των φυτών στην έλλειψη νερού (Ashraf και Foolad, 2007). Ως αποτέλεσμα, τα φυτά αποκτούν τη δυνατότητα να αντέχουν για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα στην υδατική καταπόνηση. Οι ουσίες αυτές περιλαμβάνουν τη βεταΐνη της γλυκίνης (glycine betaine, GB) και παρόμοιες με αυτή ενώσεις, πολυόλες και σάκχαρα όπως μαννιτόλη, σορβιτόλη και τρεχαλόζη, αμινοξέα όπως η προλίνη, ασπαραγίνη κ.α. (Chen και Norio, 2002) και τέλος K^+ (Ma et al., 2006).

Τέλος, η ενίσχυση των αντιοξειδωτικών μηχανισμών του κυττάρου επιτυγχάνεται είτε προστατεύοντας ή ρυθμίζοντας τη βιοσύνθεση των αντιοξειδωτικών ενώσεων, είτε προωθώντας τη δράση και τη βιοσύνθεση των αντιοξειδωτικών ενζύμων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εξωγενή εφαρμογή ουσιών όπως το ασκορβικό οξύ, το σαλικυλικό οξύ, το γιασμονικό οξύ και άλλες ενώσεις, καθώς και διάφορα συνθετικά αντιοξειδωτικά όπως το σκεύασμα Ambiol, που είτε μπορούν να οξειδωθούν οι ίδιες ή να ενισχύσουν τη δράση των ενζυμικών και μη ενζυμικών αντιοξειδωτικών μηχανισμών.

6.1 Εφαρμογή σκευασμάτων ως παράγοντες άμβλυνσης της υδατικής καταπόνησης

6.1.1 Γλυκίνη της βεταΐνης(GB)

Η γλυκίνη της βεταΐνης (GlycineBetaine - GB) είναι ένας από τους σημαντικότερους οσμωλύτες που χρησιμοποιείται στις καλλιέργειες ώστε να αμβλύνει

συνέπειες στα φυτά που προέρχονται από περιβαλλοντικές πιέσεις. Οι περιβαλλοντικές πιέσεις είναι πιέσεις που δέχονται τα φυτά εξαιτίας των συνθηκών του περιβάλλοντος. Οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές πιέσεις που επηρεάζουν τις καλλιέργειες είναι η ξηρασία, η αλατότητα, οι ακραίες θερμοκρασίες (χαμηλές και υψηλές), η υπερϊώδης ακτινοβολία και τα βαρέα μέταλλα (Ashraf και Foolad, 2007).

Η GB παράγεται από τα φυτά με στόχο τη μείωση των καταπονήσεων στα φυτά επιδρώντας στις κυτταρικές μεμβράνες και τα ένζυμα. Η επίδραση της στοχεύει στην μεταβολή των συνθηκών ώσμωσης στα φυτά όταν αυτά βρίσκονται υπό κάποια καταπόνηση ώστε να βελτιωθεί η ενυδάτωση των βλαστών, των φύλλων και των καρπών και να περιοριστούν οι συνέπειες της καταπόνησης. Συνεπώς, η GB προκαλεί αλλαγές στο ωσμωτικό ισοζύγιο του φυτού έτσι ώστε να ελαττωθεί το υδατικό δυναμικό του και να περιοριστούν οι απώλειες νερού από το φυτό μέσω εξάτμισης και διαπνοής (Ashraf και Foolad, 2007, Giri, 2011).

Σε αρκετά φυτά όμως η συσσώρευση GB που πραγματοποιείται φυσικά, δεν επαρκεί για να βελτιώσει τις διάφορες δυσμενείς επιπτώσεις της αφυδάτωσης (Wyn Jones και Storey, 1981; Yancey, 1994, Subbarao et al., 2001). Για αυτό τον λόγο συχνά χρειάζεται η προσθήκη επιπλέον ποσότητας υπό την μορφή διάφορων σκευασμάτων στην καλλιέργεια ώστε να αυξηθεί η αντοχή των φυτών στο στρες αφυδάτωσης. Σε αρκετές ερευνητικές μελέτες έχει παρατηρηθεί θετική συσχέτιση της εξωγενούς προσθήκης GB στα φυτά και της αντοχής τους στις συνθήκες ξηρασίας και κατά συνέπεια τον περιορισμό της μείωσης της απόδοσής τους στις συγκεκριμένες συνθήκες (Agboma et al., 1997a, Agboma et al., 1997b, Agboma et al., 1997c, Makela et al., 1998a).

Η GB εφαρμόζεται είτε σε υγρή μορφή με ψεκασμό στο φύλλωμα των φυτών είτε ως πρόσθετο εδάφους (Agboma et al., 1997b, Agboma et al., 1997c). Η χρήση της σε υγρή μορφή έχει ως αποτέλεσμα την γρήγορη διείσδυσή της στο φυτό και την

μεταφορά της από τα φύλλα στους βλαστούς και τα άνθη οδηγώντας σε άμεση απόκριση του φυτού στην υδατική καταπόνηση στην οποία ευρίσκεται. Ωστόσο, δεν έχει καθοριστεί ακόμα το καταλληλότερο στάδιο εφαρμογής της σε υγρή μορφή στα φυτά. Αντιθέτως, μελέτες έχουν δείξει πως η GB μπορεί να εφαρμοστεί στο φύλλωμα σε διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας (Makela et al., 1998a; Yang and Lu, 2005).

Η άμεση απορρόφησή της από τα φύλλα οδηγεί στην πολύ γρήγορη βελτίωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και στην ανάπτυξη του φυλλώματος (Agboma et al., 1997a, 1997b and 1997c). Ταυτόχρονα, περιορίζει την διαπνοή διαμέσου των φύλλων καθώς ελαττώνει το άνοιγμα των στοματίων τους περιορίζοντας τη απώλεια νερού από το φυτό. Ειδικότερα έχει βρεθεί ότι η εφαρμογή GB μειώνει το ρυθμό διαπνοής των φυτών υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης στο 85%. Για αυτό τον λόγο η GB μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένας παράγοντας για τον περιορισμό της άρδευσης μιας καλλιέργειας (Agboma et al., 1997a, Agboma et al., 1997b, Agboma et al., 1997c, Makela et al., 1998a).

Επίσης, η εξωγενής εφαρμογή της GB μπορεί να αυξήσει την ξηρά ουσία, την περιεκτικότητα της ελεύθερης προλίνης, την περιεκτικότητα της ενδογενούς GB καθώς και τη συγκέντρωση των διαλυτών σακχάρων. Η εφαρμογή της στις ρίζες μηλιάς αύξησε σημαντικά τα επίπεδα της ελεύθερης προλίνης και της ενδογενούς GB (Makela et al., 1998). Συνεπώς, η οσμωρύθμιση είναι ένας από τους κύριους μηχανισμούς δράσης της εξωγενούς GB για τη μείωση των επιζήμιων επιδράσεων της ξηρασίας. Ωστόσο η αποτελεσματικότητα της ενδέχεται να διαφέρει ανάλογα με το είδος του φυτού, το χρόνο εφαρμογής αλλά και τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες βρίσκονται τα φυτά (Ashraf και Foolad, 2007). Τέλος, η GB βοηθάει στη διατήρηση της ακεραιότητας των κυτταρικών μεμβρανών (Zhang et al, 2013).

Το σκεύασμα GB που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το Bluestim της εταιρείας Verdera το οποίο έχει περιεκτικότητα σε GB 97%. Είναι ένα φυσικό προϊόν χωρίς χημικά πρόσθετα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην βιολογική γεωργία. Κυκλοφορεί ως υδατοδιαλυτή σκόνη χρώματος καφέ και εφαρμόζεται με ψεκασμό. Εφαρμόζεται κατά την διάρκεια της άνοιξης. Στις ελιές προτείνεται ως δοσολογία 300 – 500 γραμμάρια ανά στρέμμα και εφαρμογή νωρίς της άνοιξη ενώ στις μηλιές και τις ροδακινιές προτείνεται ως δοσολογία 500 – 700 γραμμάρια ανά στρέμμα και εφαρμογή κατά το μέσο της άνθησης.

Το σκεύασμα αυτό λειτουργεί ως ωσμωλύτης ελέγχοντας την ισορροπία στο εσωτερικό των κυττάρων και των ιστών των φυτών. Επίσης, βοηθά το φυτό να διατηρήσει το φωτοσυνθετικό ρυθμό του, καθώς προστατεύει τις χλωροφύλλες από πιθανή οξείδωση. Είναι αποδοτικότερο όταν εφαρμόζεται στα φυτά μαζί με ειδικούς προσκολλητικούς παράγοντες ώστε να μένει μεγαλύτερη ποσότητα στα φύλλα και να υπάρχει εν τέλει καλύτερη απορρόφηση.

Σύμφωνα με τους Denaxa et al. (2010, 2012 και 2020) η εξωγενής εφαρμογή του σκευάσματος BlueStimWP σε φυτά ελιάς της ποικιλίας ‘Κορωνέϊκη’ κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης βοήθησε τα δένδρα να διατηρήσουν το φωτοσυνθετικό τους ρυθμό, προστάτευσε τις χλωροφύλλες από πιθανή οξείδωση και βελτίωσε την ικανότητα ωσμωρύθμισης των φυτών. Επίσης στο ίδιο πείραμα στις ποικιλίες ‘Χονδρολιά Χαλκιδικής’ και ‘Κορωνέϊκη’ η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStimWP προκάλεσε πρωίμηση της ανθοφορίας και της έκπτυξης των ξυλοφόρων οφθαλμών, καθώς επίσης αύξησε και την παραγωγή. Βρέθηκε επίσης, ότι η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStimWP κατά την περίοδο της ανακούφισης (άρδευσης των φυτών), επιτάχυνε την επαναφορά του φωτοσυνθετικού μηχανισμού και στις δύο παραπάνω μελετώμενες ποικιλίες. Τέλος, από τα παραπάνω πειράματα φάνηκε ότι η χρήση σκευασμάτων με οσμωρυθμιστικό ρόλο είναι ωφέλιμη καθώς προστατεύουν το

φυτό και τους μηχανισμούς του ώστε να ανταποκριθεί όσο το δυνατόν καλύτερα στην υδατική καταπόνηση.

Επιπλέον, κατά τον Θεοδωρακόπουλο (2018), τα φυτά ελιάς ποικιλίας 'Κορωνέϊκη', που ψεκάστηκαν με το σκεύασμα BluestimWP, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων και ειδικότερα φλαβονοειδών σε σχέση με τη χρήση άλλων σκευασμάτων, ενώ η συγκέντρωση του υπεροξειδίου του υδρογόνου ήταν χαμηλότερη. Επιπλέον, στην ποικιλία 'Μαυρελιά' η εφαρμογή BluestimWP είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών.

6.2 Προλίνη

Η προλίνη είναι ένα αμινοξύ που υπάρχει συνήθως σε όλα τα φυτά. Είναι ένας σημαντικός μηχανισμός που χρησιμοποιείται όταν τα φυτά υφίσταται ωσμωτικό στρες και συσσωρεύεται σε μεγάλες ποσότητες ως απόκριση στις διάφορες περιβαλλοντικές πιέσεις (Ashraf και Foolad, 2007). Η παρουσία προλίνης σε αρκετά είδη φυτών έχει συνδυαστεί με την αντοχή στο στρες και η συγκέντρωσή της έχει φανεί ότι είναι υψηλότερη στα ανθεκτικά φυτά σε σχέση με τα ευαίσθητα (Ashraf και Foolad, 2007).

Εκτός από τον ρόλο της στη σύνθεση πρωτεϊνών και την ανταπόκριση των φυτικών κυττάρων σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις, φαίνεται ότι η προλίνη μπορεί επίσης να παίζει σημαντικό ρόλο στην ανθοφορία και την ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο, δεν έχουν ακόμα καθοριστεί οι μοριακοί και γενετικοί μηχανισμοί που πιθανόν να εμπλέκεται η προλίνη (Holmström et al., 2000).

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει τη συσσώρευση προλίνης στα αναπαραγωγικά όργανα και φαίνεται να αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο φαινόμενο μεταξύ των φυτικών ειδών. Ωστόσο η λειτουργική της σημασία εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο συζήτησης. Κατά τους Ashraf και Foolad (2007), μια προφανής λειτουργία

της προλίνης είναι η προστασία των αναπτυσσόμενων κυττάρων από οσμωτικές βλάβες, ειδικά στην ανάπτυξη της γύρης και στην εμβρυογένεση, διαδικασίες κατά τις οποίες οι ιστοί είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην αφυδάτωση.

6.3 Εφαρμογή GB και Προλίνης

Αρκετά είδη φυτών είναι ικανά να συσσωρεύσουν ποσότητες προλίνης αλλά πολλά είδη δεν μπορούν να αποθηκεύσουν GB λόγω της έλλειψης ενζύμων που συμβάλουν στη βιοσύνθεση της βεταΐνης (Holmström et al., 2000). Η προλίνη και η GB, μπορούν να προσφέρουν προστασία από το ωσμωτικό στρες, είτε ρυθμίζοντας και τροποποιώντας την ωσμωτική πίεση (Pollard και WynJones, 1979), είτε σταθεροποιώντας αρκετές λειτουργίες των μεμβρανών και των ενζύμων (McNeil et al., 2000). Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις τους δεν είναι πάντα υψηλές και αρκετές έτσι ώστε να μπορούν να ρυθμίσουν το ωσμωτικό δυναμικό σε μερικά φυτά που βρίσκονται υπό συνθήκες καταπόνησης.

Οι Ashraf και Foolad(2007), στη μελέτη τους παρατήρησαν ότι η εξωγενής εφαρμογή GB και προλίνης σε φυτά, τόσο πριν αλλά και κατά τη διάρκεια που υπέστησαν υδατική καταπόνηση, οδήγησε σε αύξηση των ενδογενών συγκεντρώσεων των παραπάνω ενώσεων. Επίσης η εφαρμογή GB αλλά και προλίνης βοήθησαν στην ανάπτυξη των φυτών και στην τελική απόδοση της καλλιέργειας υπό συνθήκες καταπόνησης. Η εξωγενής εφαρμογή προλίνης συμβάλει στην ανάπτυξη των κυττάρων (McNeil et al., 2000) των φυτών (Holmström et al., 2000) και βελτιώνει τον μεταβολισμό υπό συνθήκες στρες.

Ωστόσο, η απόκριση των διαφορετικών φυτικών ειδών στην εφαρμογή GB και προλίνης εμφανίζει μεγάλη παραλλακτικότητα. Έχει βρεθεί ότι δεν ανταποκρίνονται όλα τα είδη φυτών στην εξωγενή εφαρμογή αυτών των σκευασμάτων και η

ανταπόκρισή τους διαφοροποιείται αναλόγως του σταδίου ανάπτυξης του φυτού (Ashraf και Foolad, 2007). Σύμφωνα με τους Ashraf και Foolad (2007), οι υψηλές συγκεντρώσεις προλίνης ενδέχεται να είναι επιζήμιες για τα φυτά καθώς επιδρά αρνητικά στον κυτταρικό μεταβολισμό και στις διάφορες πρωτεϊνικές λειτουργίες, με αποτέλεσμα την αναστολή της ανάπτυξης ή την ελάττωση της απόδοσης αυτών. Συμπερασματικά, για την αποτελεσματική εφαρμογή αλλά και την εμπορική χρήση εξωγενούς GB και προλίνης ως παράγοντες προστασίας των φυτών από την υδατική καταπόνηση είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν πρώτα οι βέλτιστες συγκεντρώσεις και τα κατάλληλα στάδια ανάπτυξης των φυτών για την εφαρμογή αυτών.

6.4 Ο αντιοξειδωτικός παράγοντας Ambiol

Η δραστική ουσία είναι ένα παράγωγο της ουσίας 5-hydroxybenzimidazole (1-methyl-4-dimethylaminomethyl-5-hydroxybenzimidazole dihydrochloride) με υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα (Kirillova et al., 2003; Rajasekaran et al., 2005).

Το Ambiol θεωρείται ότι δρα ως αντιδιαπνευστικός, αντιοξειδωτικός και “ανακουφιστικός” παράγοντας σε συνθήκες καταπόνησης (Rajasekaran et al., 1999; Islam et al., 2003). Επίσης, βοηθάει στη σταθεροποίηση και διατήρηση της ακεραιότητας των κυτταρικών μεμβρανών και μεταβάλλει την ορμονική ισορροπία, κάτι που προκαλεί αλλαγές στο ρυθμό ανάπτυξης και στη μορφογένεση ορισμένων φυτών, πχ. πατάτα (Kirillova et al., 2003).

Επιπλέον, προάγει τις διαδικασίες που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση, βελτιώνει την αποτελεσματική χρήση του νερού και αναστέλλει τη βιοσύνθεση του αιθυλενίου αναβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο τις αντιδράσεις γήρανσης στα φυτά που υπόκεινται σε έλλειψη νερού (Rajasekaran et al., 2005). Τέλος, βοηθάει στην ανάπτυξη

των βλαστών και στη ριζική βιομάζα των φυτών που αναπτύσσονται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Islam et al., 2003).

6.5 Καολινίτης

Ο καολινίτης είναι αργιλικό ορυκτό, το οποίο μετά από κονιορτοποίηση, λαμβάνει μορφή λευκής πούδρας η οποία αποτελείται από σωματίδια με μέγεθος μικρότερο των 2μm. Τα σωματίδια του καολινίτη με κατάλληλη επεξεργασία αποκτούν υδρόφιλο χαρακτήρα, ώστε αναμιγνύόμενα με νερό να δίνουν ένα γαλακτώδες εναιώρημα. Με το ψεκασμό του εναιωρήματος στα φυτά επιτυγχάνεται η κάλυψή τους με καολινίτη. Συγκεκριμένα μετά τον ψεκασμό και την εξάτμιση του νερού του εναιωρήματος, δημιουργείται λευκή επίστρωση αλευρώδους υφής πάνω στα φυτά (Saour, 2006).

Ο καολινίτης έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές καλλιέργειες και αποτελεί ένα σημαντικό σκεύασμα με αρκετά πλεονεκτήματα. Μία από τις κυριότερες λειτουργίες του είναι η προστασία που προσφέρει στην καλλιέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία. Η παρεμπόδιση της απευθείας έκθεσης των φύλλων στο ηλιακό φώς και η αύξηση της ποσότητας της ανακλώμενης ακτινοβολίας δημιουργεί κατά κάποιο τρόπο συνθήκες σκίασης, με αποτέλεσμα να αποφεύγονται τα ηλιακά εγκαύματα αλλά και οι θερμικές καταπονήσεις ή αλλιώς το θερμικό στρες. Η ικανότητα αυτή επιτυγχάνεται με τη δημιουργία μιας λευκής στρώσης στην επιφάνεια του δέντρου, όπου είναι αρκετά ανακλαστική και με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του δέντρου που είναι εκτεθειμένη (Maletsikaki και Nanos, 2015). Παράλληλα προκαλείται μείωση της απορρόφησης της υπεριώδους ακτινοβολίας, αποτελεσματικότερη χρήση του νερού και συνέχιση της αφομοίωσης

του CO₂, σε συνθήκες υπό τις οποίες αναστέλλεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των ακόλυπτων φύλλων (Saour, 2006).

Το εμπορικό σκεύασμα είναι το SurroundWP του οποίου η πλήρης ονομασία είναι SurroundWPCropProtectant. Αποτελείται από 95% καολίνη, είναι φυσικό σκεύασμα χωρίς κανένα πρόσθετο και είναι εγκεκριμένο προϊόν για βιολογικές καλλιέργειες. Κυκλοφορεί σε μορφή βρέξιμης σκόνης χρώματος λευκού και εφαρμόζεται με ψεκασμό. Λειτουργεί ως προστατευτικό ηλιοκαυμάτων προερχόμενων από το υπέρυθρο και το υπεριώδες φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας και ως απωθητικό εντόμων. Η δοσολογία ψεκασμού του είναι 3 κιλά ανά στρέμμα και δεν πρέπει να γίνονται περισσότερες από τέσσερις επαναλήψεις ανά καλλιεργητική περίοδο.

Οι βιβλιογραφικές αναφορές όσον αφορά τη χρήση των σωματιδίων καολινίτη για την αντιμετώπιση των επιδράσεων της υδατικής καταπόνησης και της υψηλής θερμοκρασίας είναι αρκετές. Η εξωγενής εφαρμογή SurroundWP στην ποικιλία 'Κορωνέϊκη' που αναπτυσσόταν υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, φάνηκε ότι ωφέλησε στο να διατηρηθεί η περιεκτικότητα του νερού στα φύλλα (Denaxa et al., 2010 και 2012). Αντίστοιχα, στην ποικιλία 'Χονδρολιά Χαλκιδικής', διατηρήθηκε επίσης η περιεκτικότητα του νερού στα φύλλα αλλά παρέμεινε σταθερός και ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης. Τέλος, προστατεύθηκαν οι χλωροφύλλες από την οξείδωση.

Επίσης, σε φυτώριο με νεαρά σπορόφυτα ελιάς, η κάλυψη με καολινίτη αύξησε τα ποσοστά επιβίωσης και την ποιότητα των παραγόμενων σποροφύτων (Saour, 2006), βελτιώνοντας την υδατική οικονομία και το φωτοσυνθετικό ρυθμό των δέντρων. Σε φυτά μηλιάς, καρυδιάς και αμυγδαλιάς η χρήση καολινίτη ευνόησε την ανάπτυξη, την παραγωγή και την αντοχή των φυτών σε συνθήκες υψηλής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και υδατικής καταπόνησης σε σχέση με τα μη ψεκασμένα φυτά (Glenn et al., 2003),.

Οι Saour και Makee (2003) ερεύνησαν την επίδραση του καολινίτη σε ελαιόδεντρα και διαπίστωσαν ότι τα δέντρα στα οποία έγινε εφαρμογή είχαν περισσότερη ποσότητα σε ξηρά ουσία, περιεκτικότητα σε λάδι αλλά και καλύτερη απόδοση σε καρπούς σε σχέση με τα αντέκαστα δένδρα. Επίσης, σύμφωνα με τους Glenn et al. (2003), η εφαρμογή καολινίτη σε δένδρα ελιάς επιδρά θετικά στο δυναμικό ανάπτυξης αλλά και στην απόδοση σε καρπούς. Επιπροσθέτως, οι Jifon και Syvertsen (2003) διαπίστωσαν ότι η φωτοσύνθεση κατά τις μεσημβρινές ώρες ήταν πιο χαμηλή κατά 30% στα φύλλα ελιάς που είχε εφαρμοστεί ψεκασμός με καολινίτη σε σχέση με τα αντέκαστα δένδρα.

Όσον αφορά την μηλιά, η χρήση καολινίτη είναι ιδιαίτερα ελπιδοφόρα για την καλλιέργειά της. Συγκεκριμένα, το Surrounda αποτελεί ένα εργαλείο ευρέως φάσματος και αποτελεσματικό έναντι των περισσότερων κύριων παράσιτων του μήλου (Michael R. Bush, 2002). Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι η εφαρμογή καολινίτη σε μηλιές με μειωμένα επίπεδα άρδευσης βελτίωσε τα χαρακτηριστικά της βλαστικής της ανάπτυξης, όπως είναι το μήκος του βλαστού και η διάμετρος του στελέχους. Ακόμη, με την εφαρμογή καολινίτη πραγματοποιείται αντανάκλαση έντονου φωτός και μειώνεται η θερμοκρασία της επιφάνειας του φυτού, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης στις μηλιές. Επιπρόσθετα, σε μηλιές που ψεκάζονται με καολινίτη, η συχνότητα εμφάνισης μούχλας μειώνεται, τα φρούτα έχουν υψηλότερη σφριγηλότητα και περιεκτικότητα σε ασβέστιο ενώ μειώνονται οι διαταραχές αποθήκευσης όπως ο πικρός λάκκος και ο πυρήνας του νερού. (Somayeh Faghieh, 2021)

Όπως και στις μηλιές, έτσι και στις ροδακινιές τα οφέλη του καολινίτη είναι το ίδιο αποτελεσματικά. Έτσι, πολλά από αυτά τα οφέλη των σωματιδίων καολινίτη σχετίζονται με την επίδραση της επίστρωσης στη φωτοσύνθεση. Οι θερμοκρασίες θόλου είναι χαμηλότερες σε δέντρα ροδακινιών που έχουν υποστεί κατεργασία με καολινίτη, λόγω της αύξησης της απόδοσης υπέρυθρης ακτινοβολίας. Άλλα

αναφερόμενα οφέλη, όπως και στην μηλιά έτσι και εδώ, είναι η αύξηση της απόδοσης, του χρωματισμού, του μεγέθους του καρπού και των διαλυτών στερεών. (Norman Lalancette, 2005)

6.6 Ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος είναι ένα πορώδες ορυκτό που η βασική του ικανότητα είναι η ιοντοανταλλαγή. Έχει δηλαδή τη δυνατότητα να λαμβάνει και να αποθηκεύει νερό όταν υπάρχει αυξημένο υδατικό δυναμικό στο έδαφος και να το απελευθερώνει σταδιακά όταν είναι χαμηλό το υδατικό δυναμικό του εδάφους. Χρησιμοποιείται τόσο στη συμβατική γεωργία όσο και στη βιολογική, και ένας από τους κύριους ρόλους του είναι η προστασία των φυτών και των εδαφών αλλά και η βελτίωση τους (Δαουτόπουλος, 2016).

Ειδικότερα, όσον αφορά τα φυτά, η χρήση του ζεόλιθου τα προστατεύει από ασθένειες του εδάφους όπως οι σηψιρριζίες καθώς απορροφάει νερό από το έδαφος βοηθώντας στην αποστράγγισή τους και οι νηματώδεις γιατί καταπολεμάει τους εχθρούς των φυτών που βρίσκονται στο έδαφος. Ο ζεόλιθος επιπλέον μπορεί να εφαρμοστεί με ψεκασμό στους βλαστούς και τα φύλλα προστατεύοντας από τον περονόσπορο και το ωίδιο. Επιπλέον βελτιώνει την ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών, καθώς αυξάνει τα διαθέσιμα προς απορρόφηση στοιχεία του εδάφους και ειδικά το φώσφορο και δευτερευόντως το κάλιο, ενώ παράλληλα βοηθάει στην καλύτερη αξιοποίηση της λίπανσης από τα δέντρα (Polat et al, 2004).

Η εφαρμογή του με ψεκασμό στα φυτά δημιουργεί μια λεπτή μεμβράνη στην επιφάνεια των φύλλων που προστατεύει από το θερμικό στρες και έτσι αποφεύγεται η υδατική καταπόνηση (Polat et al., 2004). Επίσης, η ικανότητα του ζεόλιθου να απορροφάει αρκετή ποσότητα εδαφικής υγρασίας και να την απελευθερώνει σύμφωνα

με τις ανάγκες του φυτού, έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση νερού και κατά συνέπεια την αποφυγή της υδατικής καταπόνησης σε συνθήκες ξηρασίας (Milosevic και Milosevic, 2009).

7

Συμπεράσματα

Η υδατική καταπόνηση προκαλεί μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων και κατά συνέπεια κλείσιμο των στοματίων, που οδηγεί σε μείωση της διαθεσιμότητας

του CO₂ και μειωμένο φωτοσυνθετικό ρυθμό των δένδρων. Τα αντιοξειδωτικά ένζυμα όπως η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η υπεροξειδάση (POD), η καταλάση (CAT), η γλουταθειόνη της αναγωγάσης (GR) και η ασκορβική υπεροξειδάση (APX) μπορούν να ενεργοποιηθούν για να μειώσουν τα αυξημένα επίπεδα ROS που παράγονται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Οι μεταβολές στις δραστηριότητες αυτών των ενζύμων είναι από τους κύριους μηχανισμούς στα φυτά για την ανεκτικότητα στην έλλειψη νερού. Επίσης, τα φυτά “αντιδρούν” στην έλλειψη νερού, βιοσυνθέτοντας ή συσσωρεύοντας μεταβολίτες όπως σάκχαρα, άμυλο και προλίνη με στόχο να διατηρήσουν το υδατικό δυναμικό τους χαμηλό.

Η εφαρμογή διαφόρων σκευασμάτων αποτελεί την κύρια και πιο οικονομική στρατηγική αντιμετώπισης της υδατικής καταπόνησης στα δένδρα. Ορισμένες από αυτές τις ουσίες που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη περιλαμβάνουν τη βεταΐνη της γλυκίνης (glycine betaine, GB) και παρόμοιες με αυτή ενώσεις όπως η προλίνη, ο αντιοξειδωτικός παράγοντας Ambiol, ο καολινίτης και ο ζεόλιθος. Ειδικότερα:

1. Το σκεύασμα GB που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το Bluestim της εταιρείας Verdera το οποίο έχει περιεκτικότητα σε GB 97%. Είναι ένα φυσικό προϊόν χωρίς χημικά πρόσθετα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην βιολογική γεωργία. Κυκλοφορεί ως υδατοδιαλυτή σκόνη χρώματος καφέ και εφαρμόζεται με ψεκασμό. Εφαρμόζεται κατά την διάρκεια της άνοιξης. Στις ελιές προτείνεται ως δοσολογία 300 – 500 γραμμάρια ανά στρέμμα και εφαρμογή νωρίς της άνοιξη ενώ στις μηλιές και τις ροδακινιές προτείνεται ως δοσολογία 500 – 700 γραμμάρια ανά στρέμμα και εφαρμογή κατά το μέσο της άνθησης.

Το σκεύασμα αυτό λειτουργεί ως ωσμωλότητας ελέγχοντας την ισορροπία στο εσωτερικό των κυττάρων και των ιστών των φυτών. Επίσης, βοηθά το φυτό να διατηρήσει το φωτοσυνθετικό ρυθμό του, καθώς προστατεύει τις χλωροφύλλες από πιθανή οξείδωση. Είναι αποδοτικότερο όταν εφαρμόζεται στα φυτά μαζί με ειδικούς

προσκολλητικούς παράγοντες ώστε να μένει μεγαλύτερη ποσότητα στα φύλλα και να υπάρχει εν τέλει καλύτερη απορρόφηση.

2. Το Ambiol δρα ως αντιδιαπνευστικός, αντιοξειδωτικός και “ανακουφιστικός” παράγοντας σε συνθήκες καταπόνησης, βοηθώντας στη σταθεροποίηση και διατήρηση της ακεραιότητας των κυτταρικών μεμβρανών. Επιπλέον, προάγει τις διαδικασίες που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση, βελτιώνει την αποτελεσματική χρήση του νερού και αναστέλλει τη βιοσύνθεση του αιθυλενίου αναβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο τις αντιδράσεις γήρανσης στα φυτά που υπόκεινται σε έλλειψη νερού. Τέλος, βοηθάει στην ανάπτυξη των βλαστών και της ρίζας των φυτών που αναπτύσσονται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

3. Ο καολινίτης είναι αργιλικό ορυκτό, σε μορφή λευκής πούδρας η οποία αποτελείται από σωματίδια με μέγεθος μικρότερο των 2μm. Το εμπορικό σκεύασμα είναι το Surround WP Crop Protectant (95% καολίνης). Κυκλοφορεί σε μορφή βρέξιμης σκόνης χρώματος λευκού και εφαρμόζεται με ψεκασμό.

Τα σωματίδια του καολινίτη έχουν υδρόφιλο χαρακτήρα, ώστε αναμιγνύόμενα με νερό να δίνουν ένα γαλακτώδες εναιώρημα, δημιουργώντας μια λευκή επίστρωση αλευρώδους υφής πάνω στα φυτά. Μία από τις κυριότερες λειτουργίες του είναι η προστασία που προσφέρει από την ηλιακή ακτινοβολία. Η παρεμπόδιση της απευθείας έκθεσης των φύλλων στο ηλιακό φως και η αύξηση της ποσότητας της ανακλώμενης ακτινοβολίας δημιουργεί συνθήκες σκίασης, με αποτέλεσμα να αποφεύγονται τα ηλιακά εγκαύματα αλλά και το θερμικό στρες. Παράλληλα προκαλείται μείωση της απορρόφησης της υπεριώδους ακτινοβολίας, αποτελεσματικότερη χρήση του νερού και συνέχιση της αφομοίωσης του CO₂, σε συνθήκες υπό τις οποίες αναστέλλεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των ακάλυπτων φύλλων.

Η εφαρμογή καολινίτη στην ελιά αύξησε την ξηρά ουσία, την βλαστική ανάπτυξη των δένδρων, την περιεκτικότητα σε λάδι και την απόδοση σε καρπούς σε σχέση με τα αφέκαστα δένδρα. Στην μηλιά και στη ροδακινιά η εφαρμογή καολινίτη υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, βελτίωσε την βλαστική ανάπτυξη (μήκος βλαστού και διάμετρο στελέχους), αύξησε την απόδοση σε καρπούς, τον χρωματισμό και το μέγεθος των καρπών και την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά.

4. Ο ζεόλιθος είναι ένα πορώδες ορυκτό που η βασική του ικανότητα είναι η ιοντοανταλλαγή. Χρησιμοποιείται τόσο στη συμβατική γεωργία όσο και στη βιολογική, και ένας από τους κύριους ρόλους του είναι η προστασία των φυτών και των εδαφών αλλά και η βελτίωση τους. Ειδικότερα, βελτιώνει την ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών, καθώς αυξάνει τα διαθέσιμα προς απορρόφηση στοιχεία του εδάφους και ειδικά το φώσφορο και δευτερευόντως το κάλιο, ενώ παράλληλα βοηθάει στην καλύτερη αξιοποίηση της λίπανσης από τα δέντρα. Η εφαρμογή του με ψεκασμό στα φυτά δημιουργεί μια λεπτή μεμβράνη στην επιφάνεια των φύλλων που προστατεύει από το θερμικό στρες και έτσι αποφεύγεται η υδατική καταπόνηση. Τέλος, η ικανότητα του ζεόλιθου να απορροφάει αρκετή ποσότητα εδαφικής υγρασίας και να την απελευθερώνει σύμφωνα με τις ανάγκες του φυτού, έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση νερού και κατά συνέπεια την αποφυγή της υδατικής καταπόνησης σε συνθήκες ξηρασίας.

Συνεπώς, παρατηρούμε ότι τα διάφορα εμπορικά σκευάσματα που είναι διαθέσιμα προστατεύουν κάποιους συγκεκριμένους μηχανισμούς των δένδρων, και η δράση τους μπορεί να ποικίλει αναλόγως του φυτικού είδους ή/και της ποικιλίας. Βέβαια χρειάζεται περαιτέρω και πιο εκτεταμένη μελέτη των ιδιοτήτων και των μηχανισμών δράσης των παραπάνω σκευασμάτων. Ίσως η συνδυασμένη ή η διαδοχική εφαρμογή κάποιων εκ των σκευασμάτων να έχει ως αποτέλεσμα την πληρέστερη

προστασία των φυτών από την υδατική καταπόνηση, λόγω πιθανής συνεργιστικής ή συμπληρωματικής δράσης αυτών.

8

Βιβλιογραφία

1. Agboma, P.C., Singlair, T.R., Jokinen, K., Peltonen-Sainio, P., Pehu, E., 1997, «An Evaluation of the Effect of Exogenous Glucinebetaine on the Growth and Yield of Soybean: Timing of Application, Watering Regimes and Cultivars», *Field Crops Research*, Vol.54, pp 51-64.
2. Ahmed C.B., Rouina B.B. and Boukhris M. (2007). Effects of water deficit on olive tress cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 13, 267-277.
3. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., & Raghavan, V. G. (2007). Dielectric properties of butter in the MW frequency range as affected by salt and temperature. *Journal of Food Engineering*, 82(3), 351-358.
4. Angelopoulos, K., Dichio, B. and Xiloyannis, C. (1996). Inhibition of photosynthesis in olive tress (*Olea europea* L.) during water stress and rewatering. *Journal of Experimental Botany*, 47(301), 1093-1100.
5. Aras, S., Keles, H., 2019, «Responses of Apple Plants to Drought Stress», *Journal of Agricultural Studies*, Vol. 7(3), pp 154-160.
6. Ashraf, M., Foolad, M.R, 2007,«Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance», *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 59(2), pp 206-216.

7. Bacelar, E.A., Santos, D.L., Moutinho-Pereira, J.M., Lopes, J. I., Gonçalves, B.C., Ferreira, T.C. and Correia, C.M. (2007). Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. *Plant Soil*, 292, 1-12.
8. Bray, A., 1997, «Plant Responses to Water Deficit», Trends in Plant Science, Vol. 2, pp1-7.
9. Chalmers, D. J., Mitchell, P. D., & Jerie, P. H. (1984, July). The relation between irrigation, growth and productivity of peach trees. In International Conference on Peach Growing 173 (pp. 283-288).
10. Chartzoulakis, K., Patakas, A. and Bosabalidis, A.M. (1999). Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 42, 113-120.
11. Chen, T. H.H., Norio, N. 2002. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, 5, 250-257.
12. Cíntia Patrícia Martins de Oliveira, W. L. (2020). Physiological and biochemical responses of apple trees to irrigation water depth in a semiarid region of Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*.
13. Connor, D., 2005. Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, **56**, 1181-1189.
14. Connor, D.J., 2005, «Adaption of Olive (*Olea Europaea* L.) to Water-Limited Environments», *Australian Journal of Agricultural Research*, Vol.56, pp 1181-1189.
15. Denaxa, N.-K., Damvakaris, T., Peter, A.R., 2020, «Antioxidant Defense System in Young Olive Plants Against Drought Stress and Mitigation of

- Adverse Effects Through External Application of Alleviating Products», *Scientia Horticulturae*, Vol. 259, 108812.
16. Denaxa, N.-K., Roussos, P.A., Damvakaris, Th., Stournaras, V., 2012, «Comparative Effects of Exogenous Glycine Betaine, Kaolin Clay Particles and Ambiol on Photosynthesis, Leaf Sclerophylly Indexes and Heat Load of Olive cv Chondrolia Chalkidikis Under Drought», *Scientia Horticulturae*, Vol. 137, pp 87-94.
 17. Diaz-Espejo, A., Nicolás, E. and Fernández, J.E. 2007. Seasonal evolution of diffusional limitations and photosynthetic capacity in olive under drought. *Plant, Cell and Environment*, **30**, 922-933.
 18. Dichio, B., Xiloyannis, C., Angelopoulos, K., Nuzzo, V., Bufo, S. A., & Celano, G. 2003. Drought-induced variations of water relations parameters in *Olea europaea*. *Plant and Soil*, 257(2), 381-389.
 19. Dichio, B., Xiloyannis, C., Angelopoulos, K., Nuzzo, V., Bufo, S.A. and Celano, G. 2003. Drought-induced variations of water parameters in *Olea europea*. *Plant and Soil*, **257**, 381-389.
 20. El-Yamani, M., El Hassan, S., Boussakouran, A., Rharrabti, Y., 2020, «Leaf Water Status, Physiological Behavior, and Biochemical Mechanism Involved in Young Olive Plants Under Water Deficit», *Scientia Horticulturae*, Vol.261, 108906.
 21. Ennajeh, M., Vadel, A.M., Khemira, H., Mimoun, M.B. and Hellali, R. (2006). Defense mechanisms against water deficit in two olive (*Olea europea* L.) cultivars 'Meski' and 'Chemlali'. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81 (1), 99-104.
 22. Fernández, J.E., Moreno, F., Girón, I.F. and Blázquez, O.M. (1997). Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil*, 190, 179-192.

23. Gergely, P., Erdődi, F., & Bot, G. 1984. Heparin inhibits the activity of protein phosphatase-1. *FEBS letters*, 169(1), 45-48.
24. Giorio, P., Sorrentino, G. and D' Andria, R. (1999). Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 42, 95-104.
25. Giri, J., 2011, «Glycinebetaine and Abiotic Stress Tolerance in Plants», *Plant Signaling & Behavior*, Vol. 6(11), pp 1746-1751.
26. Girona, J., Mata, M., Arbones, A., Alegre, S., Rufat, J., Marsal, J., 2003, «Peach Tree Response to Single and Combined Regulated Deficit Irrigation Regimes Under Shallow Soils». *Journal of The American Society for Horticultural Science*. Vol. 128(3). PP 432-440.
27. Glenn, D. M. 2016. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple productivity and quality. *Scientia Horticulturae*, 201, 101-108.
28. Halperin, S. and Flores, H. (1997). Hyoscyamine and proline accumulation in water-stressed *Hyoscyamus muticus* 'Hairy root' cultures. *In Vitro Cellular and Development Biology-Plant*, 33, 240-244.
29. Holmström, K. O., Somersalo, S., Mandal, A., Palva, T. E., & Welin, B. 2000. Improved tolerance to salinity and low temperature in transgenic tobacco producing glycine betaine. *Journal of experimental botany*, 51(343), 177-185.
30. Hsissou, D., & Bouharmont, J. 1994. In vitro selection and characterization of drought-tolerant plants of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Agronomie*, 14(2), 65-70.
31. Hoekstra, F. A., Golovina, E. A., & Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in plant science*, 6(9), 431-438.

32. Islam, M.A., Blake, T.J., Kocacinar, F. and Rajasekaran, L. (2003). Ambiol, spermine and aminoethoxyvinylglycine prevent water stress and protect membranes in *Pinus strobes* L under drought. *Trees*, 17, 278-284.
33. Kirillova, I.G., Evsyunina, A.S., Puzina, T.I. and Korableva, N.P. (2003). Effects of Ambiol and 2-chlorethylphosphonic acid on the content of phytohormones in potato leaves and tubers. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 39 (2), 210-214.
34. Lada, R. R., Stiles, A., & Blake, T. J. 2005. The effects of natural and synthetic seed preconditioning agents (SPAs) in hastening seedling emergence and enhancing yield and quality of processing carrots. *Scientia horticulturae*, 106(1), 25-37.
35. Larcher, W. A. L. T. E. R. 1981. Effects of low temperature stress and frost injury on plant productivity. *Physiological processes limiting plant productivity*, 253-269.
36. Mäkelä, P., Jokinen, K., Kontturi, M., Peltonen-Sainio, P., Pehu, E., & Somersalo, S. 1998. Foliar application of glycinebetaine—a novel product from sugar beet—as an approach to increase tomato yield. *Industrial Crops and Products*, 7(2-3), 139-148.
37. Maletsika, P. A., Nanos, G. D., & Stavroulakis, G. G. 2015. Peach leaf responses to soil and cement dust pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15952-15960.
38. Maletsika, P.A., Nanos, G.D., 2015, «Leaf and Fruit Responses to Kaolin Particle Film Applied onto Mature Olive Trees», Vol. 5(7), pp 17-27.
39. McNeil, S. D., Rhodes, D., Russell, B. L., Nuccio, M. L., Shachar-Hill, Y., & Hanson, A. D. 2000. Metabolic modeling identifies key constraints on an

- engineered glycine betaine synthesis pathway in tobacco. *Plant physiology*, 124(1), 153-162.
40. Mellisho C. D., Z. N. (2011). Mechanisms for drought resistance in early maturing cvar Flordastar peach trees. *The Journal of Agricultural Science* .
41. Michael R. Bush, M. K. (2002). *Protecting Backyard Apple Trees from Apple Maggot*. Washington: Washington State University.
42. Milosevic, T., Milosevic,N., 2009, «The Effect of Zeolite, Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Chemical Properties, Growth and Biomass Yield of Apple Trees», *Plant, Soil and Environment*, Vol. 55 (12), pp 528-535.
43. Moriana, A., Villalobos, F.J. and Fereres, E. (2002). Stomatal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant, Cell and Environment*, 25, 395-405.
44. Nemeskéri, E., Sárdi, É., Kovács-Nagy, E., Stefanovits-Bányai, É., Nagy, J., Nyéki, J., & Szabó, T. (2009). Studies on the drought responses of apple trees (*Malus domestica* Borkh.) grafted on different rootstocks. *International Journal of Horticultural Science*, 15(1-2), 29-36.
45. Norman Lalancette, R. D. (2005). Evaluation of hydrophobic and hydrophilic kaolin particle films for peach crop, arthropod and disease management. *Pest Management Science* , σσ. 25-39.
46. Pretorius, J. J., & Wand, S. J. 2003. Late-season stomatal sensitivity to microclimate is influenced by sink strength and soil moisture stress in ‘Braestar’ apple trees in South Africa. *Scientia Horticulturae*, 98(2), 157-171.
47. Pollard, A., & Jones, R. W. (1979). Enzyme activities in concentrated solutions of glycinebetaine and other solutes. *Planta*, 144(3), 291-298.

48. Polat, E., Karaca, M., Demir, H., Onus, A.N., 2004, «Use of Natural Zeolite (Clinoptilolite) in Agriculture», *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, Vol.12, pp 183-189.
49. Prengaman, K., 2018,«Peach Rootstock Trial Tests Options for Size Control», Internet Article, GoodFruit Grower, Received from <https://www.goodfruit.com/peach-rootstock-trial-tests-options-for-size-control/> (06/03/2021).
50. Rai, A.K.,Takabe, T.,2006,«Abiotic Stress Tolerance in Plants Toward the Improvement of Global Environment and Food», Springer Editions, The Netherlands.
51. Rajasekaran, L.R., Stiles, A. and Blake, T.J. (2005).The effects of natural and synthetic preconditioning agents (SPAs) in hastening seedling emergence and enhancing yield and quality of processing carrots. *Scientia Horticulturae*, 106, 25-37.
52. Rajashekar, C.B, Zhou, H., Marcum, K.B. and Prakash, O. (1999). Glycine betaine accumulation and induction of cold tolerance in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) plants. *Plant Science*, 148, 175-183.
53. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V.,Vivekanandan, M., 2004, «Drought-Induced Responses of Photosynthesis and Antioxidant Metabolism in Higher Plants», *Journal of Plant Biology*, Vol. 161, pp 1189-1202.
54. Rousseaux, M.C., Benedetti, J.P. and Searles, P.S. (2008). Leaf-level responses of olive trees (*Olea europea*) to the suspension of irrigation during the winter in an arid region of Argentina. *Scientia Horticulturae*, 115 (2), 135-141.
55. Roussos, P.A., Denaxa, N.-K., Damvakaris, Th., Stournaras, V., Argyrokastritis, I., 2010,«Effect of Alleviating Products with Different Mode

- of Action on Physiology and Yield of Olive Under Drought», *Scientia Horticulturae*, Vol. 125, pp700-711.
56. Saour, G., Ismail, H., & Hashem, A. (2010). Impact of kaolin particle film, spiroadiclofen acaricide, harpin protein, and an organic biostimulant on pear psylla *Cacopsylla pyri* (Hemiptera: Psyllidae). *International Journal of Pest Management*, 56(1), 75-79.
57. Sánchez-Blanco, M. J., Ferrández, T., Morales, M. A., Morte, A., & Alarcón, J. J. (2004). Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. *Journal of Plant Physiology*, 161(6), 675-682.
58. Sanyal, D., & Bangerth, F. (1998). Stress induced ethylene evolution and its possible relationship to auxin-transport, cytokinin levels, and flower bud induction in shoots of apple seedlings and bearing apple trees. *Plant Growth Regulation*, 24(2), 127-134.
59. Šircelj, H., Tausz, M., Grill, D., & Batič, F. (2005). Biochemical responses in leaves of two apple tree cultivars subjected to progressing drought. *Journal of plant physiology*, 162(12), 1308-1318.
60. Somayeh Faghieh, Z. Z. (2021). Influence of kaolin application on most important fruit and leaf characteristics of two apple cultivars under sustained deficit irrigation. *Biological Research* .
61. Veihmeyer, F.J., Hendrickson, A.H., 1928, «Soil Moisture at Permanent Wilting of Plants», *Plant Physiology*, Vol. 3, pp 355–358.
62. Wang, Z., & Stutte, G. W. 1992. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(5), 816-823.

63. Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Nakashima, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. 1997. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant and Cell Physiology*, 38(10), 1095-1102.
64. Zhang, L., Gao, M., Zhang, L., Li, B., Han, M., Alva, A.K., Ashraf, M., 2013, «Role of Exogenous Glycinebetaine and Humic Acid in Mitigating Drought Stress-Induced Adverse Effects in Malus Robusta Seedlings», *Turkish Journal of Botany*, Vol.37, pp 920-929.
65. Zhao, X.-X., Ma, Q.-Q., Liang, C., Fang, Y., Wang, Y.-Q. and Wang, W. 2007. Effect of glycinebetaine on function of thylakoid membranes in wheat flag leaves under drought stress. *Biologia Plantarum*, 51 (3),584-588.
66. Βασιλακάκης, Μ. 2009. *Γενική και Ειδική Δενδροκομία*. Θεσσαλονίκη: Γαρταγάνη.
67. Δαουτόπουλος, Α., 2016, «Ο Ζεόλιθος στην Καλλιέργεια της Ελιάς», Διαδικτυακό Άρθρο. Πρόσβαση: www.daoutop.gr/αειφορική-γεωργία/2-89 (27/02/2021)
68. Δεναξιά, Ν-Κ, 2008, «Επίδραση “Ανακουφιστικών” Παραγόντων στην Ανάπτυξη και Φωτοσυνθετική Δραστηριότητα Ποικιλιών Ελιάς υπό Υδατική Καταπόνηση», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εργαστήριο Δενδροκομίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
69. ΕΛΣΤΑΤ, 2020, «Ετήσια Γεωργική Στατιστική Έρευνα 2018», Ελληνική Στατιστική Αρχή, Πρόσβαση: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/> (06/03/2021).
70. Θεοδωρακόπουλος, Σ., 2018, «Μελέτη Ανθεκτικότητας Τεσσάρων Ποικιλιών Ελιάς στο Ψύχος και Επεμβάσεις Άμβλυσης της Καταπόνησης» Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

71. Καράτσιου, Ε., Κάλφας, Η., 2018, «Ελιά», Εκδόσεις Αμερικάνικης Γεωργικής Σχολής, Θεσσαλονίκη.
72. Κωστελενος, Γ., 2019, «Η Καταγωγή και η Εξημέρωση της Ελιάς», Άρθρο Δημοσιευμένο στο Περιοδικό “Ελιά & Ελαιόλαδο”, Τεύχος 85. Πρόσβαση: www.gargalianoionline.gr/h-καταγωγή-και-η-εξημέρωση-της-ελιάς/ (02/03/2020).
73. Μπαλατσούρας, Γ. 1986. Ελαιόλαδο-Σπορέλαια-Λίπη. Εκδόσεις Καραμπερόπουλος ΑΕ Ακαδημίας, 77.
74. Πετροπούλου – Καραγιαννοπούλου, Σ., 2019, «Γενική Δενδροκομία», Σημειώσεις Θεωρίας, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Καλαμάτα.
75. Πλιακώνη, Ε. Δ. 2010. *Επίδραση καταπονήσεων στην ποιότητα και συντηρησιμότητα καρπών ροδακινιάς και ελιάς*. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
76. Ποντίκης, Κ.Α., 1996, «Ειδική Δενδροκομία», Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
77. Ποντίκης, Κ.Α., 1997, «Γενική Δενδροκομία», Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
78. Ποντίκης, Κ.Α., 2003, «Ειδική Δενδροκομία: Μηλεοειδή», Τόμος Γ, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
79. Ριζοπούλου, Σ., Γεωργίου, Κ., Θάνος, Κ., Μελετίου – Χρήστου, Μ.-Σ., Ρούσσης, Α., 2015, «Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσιολογίας Φυτών», Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, Εκδόσεις Κάλλιππος, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
80. Τσελιου, Ε., 2018, «Μελέτη των Προοδευτικών Επιπτώσεων Ικκής Προσβολής σε Φωτοσυνθετικές Παραμέτρους του Είδους *Capsicum Annuum* Κάτω από Σταθερούς ή Μεταβαλλόμενους Περιβαλλοντικούς Παράγοντες», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Ειδίκευσης στην

Βιολογική Τεχνολογία, Τομέας Βιολογίας Φυτών, Τμήμα Βιολογίας,
Πανεπιστήμιο Πατρών.

81. Τζάμος, Ε. Κ. 2004. Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Α. Σταμούλης. Αθήνα.
82. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής. 2013. *Οδηγίες Ολοκληρωμένης Φυτοπροστασίας για την Καλλιέργεια της Ροδακινιάς και Νεκταρινιάς*. Αθήνα: Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής.