



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΣΥΜΒΑΣΗ
μεταξύ Περιφέρειας Κρήτης, Πανεπιστημίου Κρήτης και
Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου για την εκτέλεση του ερευνητικού έργου:
«Δράσεις για τη βέλτιστη αξιοποίηση του δυναμικού της Χαρουπιάς στην
Περιφέρεια Κρήτης»

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο**

Παραδοτέο 2.1

**Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη Χαρουπιά
αναφορικά με την παραλλακτικότητα των Κρητικών φαινοτύπων, τον αγενή
πολλαπλασιασμό με μοσχεύματα και ιστοκαλλιέργεια και τις απαιτήσεις σε θρέψη**



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ
REGION OF CRETE



Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1

1. Βιβλιογραφική καταγραφή των φαινοτύπων χαρουπιάς στην Κρήτη	5
1.1. Γενικές πληροφορίες	5
1.2. Εκτάσεις και παραγωγικότητα της χαρουπιάς στην Ελλάδα και την Κρήτη	6
1.3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	7
1.3.1. Φύλλα	7
1.3.2. Ταξιανθίες και άνθη.....	8
1.3.3. Οι καρποί της χαρουπιάς.....	10
1.3.4. Σπόροι	11
1.3.5. Παραλλακτικότητα μεταξύ των φυτών της χαρουπιάς (αρσενικά-θηλυκά-ερμαφρόδιτα).....	12
1.3.6. Φαινοτυπικές και γενοτυπικές διαφοροποιήσεις.....	12
1.4. Πολλαπλασιασμός	13
1.5. Άλλες χρήσεις της χαρουπιάς	13
1.6. Διάφοροι φαινότυποι της Κρήτης	14
1.7. Πολλαπλασιασμός με μοσχεύματα	17
1.8. Πολλαπλασιασμός με εναέριες καταβολάδες	21
1.9. Συμπεράσματα.....	21

Κεφάλαιο 2

2. Βιβλιογραφική καταγραφή της in vitro καλλιέργειας της χαρουπιάς	24
2.1. Μικροπολλαπλασιασμός και ιστοκαλλιέργεια	24
2.2. Το φυτικό υλικό από όπου προκύπτουν τα έκφυτα.....	25
2.3. Επιφανειακή απολύμανση του φυτικού υλικού	25
2.4. Υπόστρωμα in-vitro καλλιέργειας	26
2.5. Προαγωγή της in-vitro βλαστογένεσης	26
2.6. Προαγωγή της in-vitro ριζογένεσης.....	27
2.7. Ο εγκλιματισμός των νεαρών φυτών extra vitrum	28
2.8. Η παραγωγή κάλου από ιστοκαλλιέργεια	28
2.9. Συμπεράσματα.....	32

Κεφάλαιο 3

3. Η άρδευση και η θρέψη της Χαρουπιάς – υδατικές απαιτήσεις και θρεπτικά στοιχεία 36

3.1. Περίληψη	36
3.2. Εισαγωγή.....	36
3.3. Η παραγωγή των χαρουπιών στις χώρες της Μεσογείου	38
3.4. Απαιτήσεις σε θερμοκρασία.....	40
3.5. Απαιτήσεις σε νερό – άρδευση της Χαρουπιάς	40
3.6. Εδαφικές και θρεπτικές απαιτήσεις της χαρουπιάς.....	42
3.6.1. Άζωτο [N]	42
3.6.2. Φώσφορος [P].....	45
3.6.3. Κάλιο [K].....	46
3.6.4. Ασβέστιο [Ca], μαγνήσιο [Mn] και μικροστοιχεία.....	47
3.7. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χαρουπιάς.....	48
3.8. Σύνοψη-Συμπεράσματα.....	50

Επιστημονική Ομάδα
της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση διεξήχθη στο πλαίσιο της Προγραμματικής Σύμβασης μεταξύ της Περιφέρειας Κρήτης, του Πανεπιστημίου Κρήτης και του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου για την εκτέλεση του ερευνητικού έργου: «Δράσεις για τη βέλτιστη αξιοποίηση του δυναμικού της Χαρουπιάς στην Περιφέρεια Κρήτης» και αποτελεί το Παραδοτέο 2.1, όπως περιγράφεται στην εν λόγω Προγραμματική Σύμβαση.

Για τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συνεργάστηκαν οι παρακάτω επιστήμονες (με αλφαβητική σειρά σε κάθε κατηγορία).

Μέλη ΔΕΠ του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου

1. Δραγασάκη Μαγδαληνή, Επίκουρη Καθηγήτρια, Φυσιολογία φυτών -Ιστοκαλλιέργεια
2. Νεκτάριος Παναγιώτης, Καθηγητής Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Κοσμήτορας Σχολής Γεωπονικών Επιστημών
3. Τζανακάκης Βασίλειος, Επίκουρος Καθηγητής Εδαφολογίας

Προπτυχιακοί φοιτητές

1. Μαυρέλλη Γεωργία, Μορφολογία φυτού χαρουπιάς και πολλαπλασιασμός του με μοσχεύματα.

Κεφάλαιο 1

1. Βιβλιογραφική καταγραφή των φαινοτύπων χαρουπιάς στην Κρήτη

1.1. Γενικές πληροφορίες

Ceratonia siliqua

Η βοτανική ονομασία *Ceratonia siliqua* L. [Fabaceae] προέρχεται από την αρχαιοελληνική λέξη κέρας ή κέρατο και τη λατινική *siliqua* «σκληρός» παραπέμποντας ευθέως στην σκληρή υφή και στο κερατοειδές σχήμα του καρπού. Η ονομασία χαρούπι προέρχεται από την εβραϊκή λέξη «kharun» και έχουν καταγραφεί αρκετοί φαινότυποι με ιδιαίτερο όνομα ανάλογα με την περιοχή προέλευσης τους (Zohary, 2002). Είναι μακρόβιο αειθαλές δέντρο της οικογένειας Fabaceae, με ύψος που δύναται να φθάσει έως τα 10 m και μαζί με την ελιά, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του μεσογειακού τοπίου, όπου καλλιεργούνται από την αρχαιότητα. Θεωρείται ενδημικό φυτό της Μέσης Ανατολής το οποίο διαδόθηκε κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου μέσω της μετεγκατάστασης των ανθρώπων και τη δημιουργία αποικιών.

Σήμερα η χαρουπιά (Εικ. 1.1) συναντάται και σε χώρες και περιοχές οι οποίες βρίσκονται εκτός της λεκάνης της Μεσογείου και χαρακτηρίζονται από παρόμοιες κλιματικές συνθήκες όπως, οι πολιτείες Καλιφόρνια και Αριζόνα των ΗΠΑ, το Μεξικό, η Χιλή και η Αργεντινή καθώς και σε περιοχές της Αυστραλίας και της Ινδίας (Εικ. 1.2., Batlle and Tous, 1997).



Εικόνα 1.1. *Ceratonia siliqua*

Είναι θερμόφιλο είδος, εξαιρετικά ανθεκτικό στην ξηρασία και τις υψηλές θερμοκρασίες και ευαίσθητο στο ψύχος, επομένως ευδοκιμεί σε μέρη με ήπιο, ξηρό αλλά και σε υποτροπικό κλίμα με αλκαλικά εδάφη μέσης σύστασης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο κατά της διάβρωσης του εδάφους.



Εικόνα 1.1. Χωρική κατανομή των περιοχών που ευδοκιμεί το γένος *Ceratonia siliqual*.
Η εικόνα προέρχεται από το άρθρο των Battle and Tours (1997).

1.2. Εκτάσεις και παραγωγικότητα της χαρουπιάς στην Ελλάδα και την Κρήτη

Από τα στοιχεία του του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO, 2011), η καλλιέργεια χαρουπιάς καταλαμβάνει 84.000 εκτάρια παγκοσμίως, η οποία αντιστοιχεί με 188.000 τόνους παραγωγής καρπού ετησίως. Η Ευρωπαϊκή Ένωση καταλαμβάνει το 75% του παγκόσμιου όγκου παραγωγής με την Ιταλία να καλύπτει το 23,8%, την Ισπανία το 20,4%, την Πορτογαλία το 16,6% την Ελλάδα το 11,2% και την Κύπρο το 5,6%. Από τις χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης, το Μαρόκο καλύπτει το 10,9% και η Τουρκία το 7,4%. Η χαρουπιά καλλιεργείται επίσης και σε άλλες χώρες με μικρότερο ποσοστό συμμετοχής στην παγκόσμια παραγωγή όπως είναι η Αίγυπτος, η Τυνησία, ο Λίβανος, η Αλγερία κ.α. (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2016).

Εικόνα 1.2. Καλλιέργεια Χαρουπιάς στην Κρήτη



Η καλλιέργεια της χαρουπιάς στην Ελλάδα αναπτύσσεται στη Νότια Πελοπόννησο και σε όλη την Κρήτη (Εικ. 1.3). Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το έτος 2018 σε όλη τη χώρα καλλιεργήθηκε συνολική έκταση 22.287 στρεμμάτων με συνολική απόδοση 9.869 τόνους καρπού. Το μεγαλύτερο μέρος προήλθε από την Κρήτη και συγκεκριμένα από τους νομούς Ηρακλείου με παραγωγή 3.100 t, Χανίων με 2.800 t, Ρεθύμνου με 1.900 t και Λασιθίου με 90 t (minagric.gr).

1.3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

1.3.1. Φύλλα

Τα φύλλα είναι δερματώδη, βαθυπράσινα κυματοειδούς σχήματος, σύνθετα πτερωτά κατ' εναλλαγή με 2-5 ζεύγη, αρτιόληκτα, στιλπνά στην πάνω πάνω επιφάνεια (Εικ. 1.4) και ωχρότερα στην κάτω (Εικ. 1.5).



Εικόνα 1.4. Άνω επιφάνεια φύλλων χαρουπιάς

Εικόνα 1.5. Κάτω επιφάνεια φύλλων χαρουπιάς



1.3.2. Ταξιανθίες και άνθη

Οι ανθοφόροι οφθαλμοί συναντώνται στο δέντρο μόνο πλάγια. Εκείνοι που βρίσκονται σε ξύλο παλαιότερου έτους, το φθινόπωρο θα δώσουν ταξιανθίες με ένα στέλεχος ενώ εκείνες σε ξύλο μεγάλης ηλικίας θα δώσουν ταξιανθίες με πολλά στελέχη. Η επικονίαση πραγματοποιείται με τον άνεμο και τα έντομα επομένως σε κάθε καλλιέργεια είναι απαραίτητο να υπάρχουν φυτά και των δύο φύλλων ώστε να επιτευχθεί η γονιμοποίηση. Η θεμιτή αναλογία θηλυκών και αρσενικών φυτών σε μια καλλιέργεια χαρουπιάς ορίζεται ως 10:1. Σε αρκετές περιπτώσεις συναντάται οι θέσεις των αρσενικών να έχουν αντικατασταθεί από ερμαφρόδιτα δένδρα, τα οποία συμβάλλουν ταυτοχρόνως στην επικονίαση και στην αύξηση της παραγωγής (Batlle and Tous, 1997).



Εικόνα 1.6. Αρσενικές ταξιανθίες χαρουπιάς **Εικόνα 1.7.** Θηλυκές ταξιανθίες χαρουπιάς

Τα άνθη είναι μικρού μεγέθους 6-12 χιλιοστά κόκκινου-πράσινου χρώματος και κατανέμονται σπειροειδώς σε ιουλόμορφες βοτρυοειδείς επικορμικές ταξιανθίες με ιδιαίτερα έντονη οσμή κυρίως στα αρσενικά. Δεν διαθέτουν πέταλα αλλά μόνο πέντε μικρά σέπαλα που τα περιβάλλουν. Το θηλυκό άνθος είναι μεγαλύτερο και αποτελείται από ένα βραχύσυλο ύπερο ενώ το αρσενικό από πέντε στήμονες. Τα ερμαφρόδιτα άνθη διαθέτουν από κοινού στήμονες και ύπερο. Από τα άνθη που σχηματίζονται στις ταξιανθίες, μόνο ένα μικρό ποσοστό παραμένει στο δένδρο, γονιμοποιείται και αποδίδει καρπούς (Εικ. 1.6-1.9).



Εικόνα 1.8. Επιμήκης μονήρης ταξιανθίες χαρουπιάς



Εικόνα 1.9. Ταξιανθίες κατά ομάδες

Η αρσενική ταξιανθία αποτελείται από επιμήκης στήμονες που παράγουν τη γύρη ώστε να επιτευχθεί η γονιμοποίηση. Ωστόσο κατά τη περίοδο της ανθοφορίας απελευθερώνουν μια δυσάρεστη οσμή που προσελκύει έντομα και κυρίως τις μέλισσες που μεταφέρουν την γύρη στα θηλυκά άνθη. Το μήκος της αρσενικής ταξιανθίας είναι μεγαλύτερο από ότι στη θηλυκή, επομένως στην αρσενική συναντάμε περισσότερα άνθη ανά ταξιανθία (Gharnit et al., 2004).

Οι ταξιανθίες της χαρουπιάς αναπτύσσονται επικορμικά απευθείας σε σκληρό ξύλο (Εικ. 1.10) και ο καρπός που δίνουν είναι ένας πεπλατυσμένος λοβός, γνωστός από τα αρχαία χρόνια για τη θρεπτική και φαρμακευτική του αξία, όπως αποδεικνύεται από τη χρήση του στην ιατρική της αρχαίας Αιγύπτου. Οι ταξιανθίες χρησιμοποιούνται τόσο για τη μορφολογική διάκριση μεταξύ του είδους του δένδρου της χαρουπιάς (αρσενικό-θηλυκό-ερμαφρόδιτο), όσο και για τη διάκριση μεταξύ διαφορετικών φαινοτύπων.



Εικόνα 1.10. Χαρουπιά σε πλήρη ανθοφορία

1.3.3. Οι καρποί της χαρουπιάς

Ο καρπός της χαρουπιάς είναι ένας εδώδιμος αδιάρρηκτος λοβός με στενώσεις. Έχει σκούρο καφέ χρωματισμό, είναι επίπεδα συμπιεσμένος, δερματώδης με στιλπνά σπέρματα και με έντονα γλυκιά γεύση (Εικ. 1.11 -1.12). Η ωρίμανση του έχει διάρκεια σχεδόν ένα χρόνο, καθώς η ανθοφορία αρχίζει το φθινόπωρο και οι καρποί ωριμάζουν περί τα τέλη Αυγούστου του επόμενου έτους.



Εικόνα 1.11. Σχηματισμός καρπού



Εικόνα 1.12. Ταυτόχρονη ύπαρξη ταξιανθίας και καρπού προηγούμενου χρόνου

Η εξαιρετικά γλυκιά γεύση του καρπού που τον κάνει ιδιαίτερα δημοφιλές, οφείλεται στην πληθώρα υδατανθράκων που περιλαμβάνονται στον καρπό και σε συνδυασμό με τις βιταμίνες, τα ιχνοστοιχεία, τις ταννίνες και φυτικές ίνες αποτελεί βασικό στοιχείο στη διατροφή ανθρώπου και ζώων. Επιπλέον, χάρη στην αντιοξειδωτική τους δράση, στην παραδοσιακή ιατρική οι καρποί της χαρουπιάς θεωρούνται αποτελεσματικοί στην πρόληψη και τη θεραπεία διάφορων παθήσεων και ασθενειών όπως γαστρίτιδα, αμυγδαλίτιδα, καρκίνος κ.α. (Gharnit et al., 2004).

Ο καρπός περιβάλλεται από ένα σκληρό δερματώδες περίβλημα που ονομάζεται περικάρπιο και ένα σαρκώδες μεσοκάρπιο. Σε κάθε καρπό περιέχονται 10-16 σκληρά σπέρματα. Σήμερα ο καρπός καταναλώνεται είτε αυτούσιος είτε δέχεται βιομηχανική επεξεργασία από όπου προέρχεται το χαρουπάλευρο που αντικαθιστά τα άλευρα σιτηρών σε είδη αρτοποιίας αλλά και το χαρουπόμελο που χρησιμοποιείται ως γλυκαντική ουσία. Επίσης, μια από τις σημαντικότερες χρήσεις του χαρουπιού είναι η προέλευση κόμμεως από το ενδοσπέρμιο, ένα σημαντικό συστατικό που χρησιμοποιείται κυρίως από τις βιομηχανίες φαρμάκων και τροφίμων ως σταθεροποιητής (Biner et al., 2007).

1.3.4. Σπόροι

Σε κάθε καρπό χαρουπιού περικλείονται 10-16 σκληροί σπόροι που περιβάλλονται από ένα αδιάρρηκτο περίβλημα. Η βλάστηση των σπόρων είναι εξαιρετικά δύσκολη, καθώς το περικάρπιο παρεμποδίζει την απορρόφησης της υγρασίας (Gubbuk et al., 2011). Τα φυτά που προέρχονται από σπόρο δεν δύναται να παρουσιάζουν κοινό γενότυπο και επομένως δεν μπορούν αποδώσουν καρπούς ίδιας ποιότητας σχήματος και μεγέθους, γεγονός που προκαλεί πρόβλημα στην προσπάθεια για ομοιόμορφη και σταθερή παραγωγή (Crane and Balerdi, 2008). Επιπλέον, τα σπορόφυτα είναι άγνωστο εάν θα δημιουργήσουν αρσενικά, θηλυκά ή ερμαφρόδιτα φυτά θέτοντας ακόμα περισσότερα προβλήματα στη δημιουργία ομοιόμορφων οπωρώνων χαρουπιάς.

1.3.5. Παραλλακτικότητα μεταξύ των φυτών της χαρουπιάς (αρσενικά-θηλυκά-ερμαφρόδιτα)

Βοτανικά η χαρουπιά χαρακτηρίζεται συνήθως ως δίοικο φυτό καθώς τα αρσενικά και τα θηλυκά άνθη βρίσκονται σε διαφορετικό δένδρο. Σπανίως όμως, απαντώνται ερμαφρόδιτα άνθη που μπορούν να το χαρακτηρίσουν και ωςμόνικο δένδρο. Άρα τα δένδρα της χαρουπιάς κατατάσσονται σε αρσενικά, θηλυκά και ερμαφρόδιτα.

Η ύπαρξης αρσενικών και θηλυκών φυτών αποτελεί κυρίαρχο πρόβλημα στην εγκατάσταση παραγωγικών οπωρώνων χαρουπιάς, καθότι τα φυτά εισέρχονται σε παραγωγική διαδικασία 6-8 έτη μετά το φύτευμα του σπόρου και ως εκ τούτου υπάρχει σημαντική καθυστέρηση στον προσδιορισμό του γένους του δένδρου ως αρσενικό, θηλυκό ή ερμαφρόδιτο.

1.3.6. Φαινοτυπικές και γενοτυπικές διαφοροποιήσεις

Εκτός της παραλλακτικότητας μεταξύ των δένδρων, έχει παρατηρηθεί υψηλή φαινοτυπική μεταβλητότητα, γεγονός που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην εγκατάσταση εμπορικών καλλιεργειών με συγκεκριμένα παραγωγικά χαρακτηριστικά, ενώ συχνά παρατηρούνται δίπλα σε καλλιεργούμενες ποικιλίες να φύονται αυτοφυής της κάθε περιοχής (Batlle and Tous, 1997). Σύμφωνα με έρευνα των Tetik et al. (2011) προκύπτει ότι το βάρος των καρπών εμβολιασμένων ποικιλιών είναι μεγαλύτερο από αυτό των άγριων φαινοτύπων με μέσο ποσοστό σπόρων 16,3% στους άγριους φαινότυπους και 8,8% σε εμβολιασμένα φυτά (Tetik et al., 2011).

Σε εξημερωμένες ποικιλίες οι σπόροι συμβάλουν σε ποσοστό 10% του συνολικού βάρους του καρπού, ενώ αντίθετα στους άγριους φαινότυπους, οι σπόροι συμβάλλουν στο συνολικό βάρος από 28% έως και 40% καθώς το ποσοστό επηρεάζεται και από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (de Carvalho, 1988). Ακόμη οι Zemouri et al. (2020) επισημαίνουν πως οι σπόροι των εμβολιασμένων ποικιλιών είναι μεγαλύτεροι σε μέγεθος και αρκετά σκουρότερου χρώματος σε σχέση με τους τύπους άγριων φαινοτύπων (Zemouri et al., 2020).

Η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά μελετήθηκε από τους Gubbuk et al. (2010) οι οποίοι ανέφεραν χαμηλότερες τιμές στους άγριους φαινότυπους. Ομοίως αναφέρεται ότι, οι άγριοι φαινότυποι έχουν χαμηλότερες τιμές pH από ότι οι καλλιεργούμενοι τύποι χαρουπιάς (Gubbuk et al., 2010).

1.4. Πολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός μπορεί να επιτευχθεί εγγενώς με σπόρο ή αγενώς με μοσχεύματα, εναέριες καταβολάδες και εμβολιασμό ή ενοφθαλμισμό. Στον πρωτογενή τομέα παραγωγής, ο πολλαπλασιασμός χαρουπιάς είναι ένας εξαιρετικά περιοριστικός παράγοντας καθώς γίνεται με διβάθμιο σύστημα όπου: Α) παράγονται φυτάρια αποκλειστικά με σπόρο προερχόμενο από επιλεγμένα μητρικά φυτά. Όμως τα σπορόφυτα δεν δύνανται να καλύψουν τις απαιτήσεις σε ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά καθώς δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια τόσο το γένος όσο και ο φαινότυπος καθώς οι σπόροι προέρχονται από σταυροεπικονίαση. Το πρόβλημα αυτό μεγεθύνεται καθώς η αναγνώριση του φύλλου είναι εφικτή μόνο μετά την πάροδο 6-8 χρόνων οπότεν τα φυτά υπεισέρχονται στην παραγωγική τους φάση. Β) Έτσι, μετά την παρέλευση 6-8 ετών εφαρμόζεται το δεύτερο επίπεδο, με χρήση της τεχνικής του ενοφθαλμισμού με οφθαλμούς που προέρχονται από τον επιθυμητό φαινότυπο θηλυκού ή ερμαφρόδιτου φυτού.

Η μέθοδος πολλαπλασιασμού με μοσχεύματα είναι αρκετά διαδεδομένη για διάφορα φυτικά είδη καθώς τα φυτά που προέρχονται παρουσιάζουν κοινό γενότυπο και φαινότυπο με τα μητρικά φυτά. Παρ όλα αυτά, η συγκεκριμένη μεθοδολογία δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως για αρκετά φυτικά είδη συμπεριλαμβανομένης και της χαρουπιάς η οποία φαίνεται να πολλαπλασιάζεται με δυσχέρεια με τη μέθοδο των μοσχευμάτων (Essahibi et al., 2016). Ως εκ τούτου, τμήμα της έρευνας για τη χαρουπιά αποσκοπεί στην προσπάθεια παραγωγής φυτών με αγενή πολλαπλασιασμό με μεθοδολογίες όπως είναι τα μοσχεύματα και η ιστοκαλλιέργεια.

1.5. Άλλες χρήσεις της χαρουπιάς

Εκτός των εφαρμογών πρωτογενούς παραγωγής βρώσιμων υλικών, λόγω των χαμηλών υδατικών και θρεπτικών απαιτήσεων, η Χαρουπιά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεμονωμένο καλλωπιστικό φυτό σε κήπους, πάρκα και αστικά κέντρα ή σε δεντροστοιχίες μεγάλων δρόμων και πεζοδρομίων, σε γήπεδα golf, σε παραθαλάσσια μέρη αλλά και ως φυτό αναδάσωσης (Janick and Paull, 2008).

Σε αρκετές από τις παραπάνω καλλωπιστικές εφαρμογές, γίνεται αντίθετη επιλογή αναφορικά με το γένος των δένδρων χαρουπιάς σε σύγκριση με τις παραγωγικές καλλιέργειες, καθώς προτιμώνται αρσενικά δένδρα τα οποία δεν έχουν τη δυνατότητα καρποφορίας και ως εκ τούτου δεν προκαλούν προβλήματα από τα υπολείμματα της καλλιέργειας.

Επιπλέον, λόγω της φθινοπωρινής ανθοφορίας της χαρουπιάς, κατατάσσεται σε ένα από τα κυρίαρχα μελισσοτροφικά φυτά καθώς την εποχή αυτή υπάρχουν περιορισμένα φυτά και άνθη τα οποία δύνανται να παρέχουν τροφή για τη μέλισσα.

1.6. Διάφοροι φαινότυποι της Κρήτης

Οι ακτές της Μεσογείου χαρακτηρίζονται από το εύκρατο μεσογειακό κλίμα που περιλαμβάνει ήπιους χειμώνες με υγρασία και ξηροθερμικά καλοκαίρια. Στην περιοχή αυτή περιλαμβάνεται και το νησί της Κρήτης που αποτελεί το νότιο σύνορο της Ελλάδος.

Στο νησί της Κρήτης υπάρχουν αυτοφυείς φαινότυποι της χαρουπιάς (Εικ. 1.13), ενώ έχουν εισαχθεί και ξενικές ποικιλίες που προέρχονται από την Κύπρο. Σύμφωνα με υπάρχουσες μελέτες στην Κρήτη έχουν καταγραφεί συνολικά 8 διαφορετικοί φαινότυποι διαχωρισμένοι σε αυτοφυείς άγριους φαινότυπους και σε εμβολιασμένους. Οι άγριοι φαινότυποι της Κρήτης που έχουν καταγραφεί έχουν παρουσιαστεί σε συνέδριο το έτος 1987 στο II International Carob Symposium (Valencia, Spain) και έχουν κωδικοποιηθεί ως u-1, u-2, u-3 και u-4 . Οι ήμεροι φαινότυποι έχουν κωδικοποιηθεί ως g-1, g-2, g-3 και g-4.



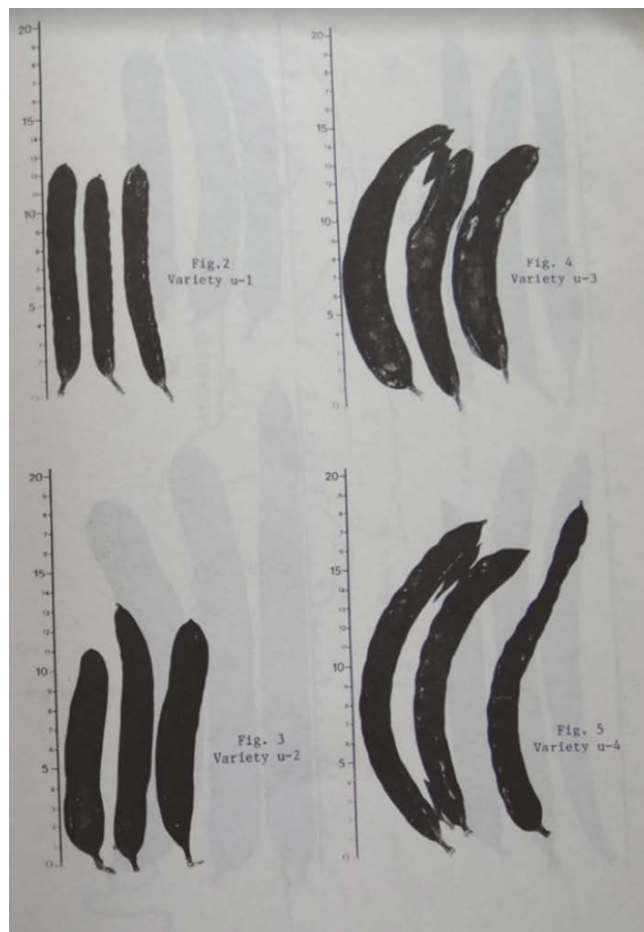
Εικόνα 1.13. Οι περιοχές της Κρήτης όπου υπάρχουν διακριτοί αυτοφυείς φαινότυποι χαρουπιάς. Το διάγραμμα προέρχεται από τους Kalaitzakis et al. (1987).

Φαινότυπος u-1 (Τυμπάκι): Ο φαινότυπος u-1 χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό άνθος που στη συνέχεια προκύπτει ένας μικρός καρπός 5 g .Επιπλέον η συμμετοχή του σπόρου στο βάρος του λοβού είναι πολύ μεγάλη καθώς φθάνει έως 29,82% του βάρους του. Είναι η πρώτη καταγραφή λοβού χαρουπιάς με τόσο μικρό βάρος.

Φαινότυπος u-2 (Μάταλα): Είναι ο πιο διαδεδομένος άγριος φαινότυπος της Κρήτης. Σε αυτό το φαινότυπο τα άνθη και οι λοβοί είναι μεσαίου μεγέθους και με μικρό βάρος έως 10 g.

Φαινότυπος u-3 (Ρέθυμνο- Τυμπάκι): Ο φαινότυπος αυτός διακρίνεται από τους πεπλατυσμένους λοβούς μικρού μήκους, μεσαίου βάρους 15,2 g.

Φαινότυπος u-4 (Τυμπάκι): Συναντάται μόνο στο Τυμπάκι με ιδιαίτερα επιμήκεις στενούς λοβούς με βάρος 15,2 g.



Εικόνα 1.143. Σύγκριση καρπών τεσσάρων αυτοφυών φαινοτύπων στην Κρήτη. Η φωτογραφία προέρχεται από το άρθρο των Kalaitzakis et al. (1987).

Οι φαινότυποι u-2, u-3 και u-4 παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά με άγριους φαινότυπους που απαντώνται και σε άλλες χώρες όπως στην Κύπρο, Τουρκία και Ισπανία χωρίς όμως να υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για τη προέλευση του γενετικού υλικού.

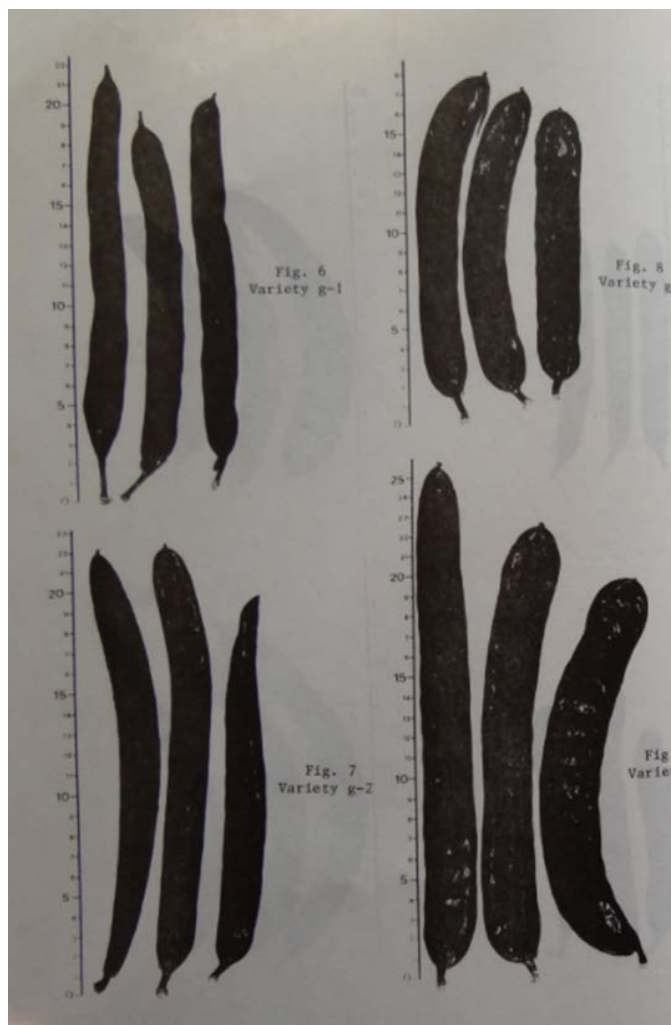
Φαινότυπος q-1 (Ρέθυμνο - Τυμπάκι):

Διαθέτει εξαιρετικά μεγάλα άνθη με στενό και επιμήκη λοβό και βάρος έως και 15,3g

Φαινότυπος q-2 (Ρέθυμνο): Σε αυτό το φαινότυπο έχουν καταγραφεί επιμήκης λοβοί μεγάλου μεγέθους και βάρος 21,7g

Φαινότυπος q-3: Αυτός ο φαινότυπος καλλιεργείται σε όλο το νησί της Κρήτης. Τα άνθη είναι μεσαίου μεγέθους και οι λοβοί είναι μέτριου μήκους, επιμήκεις και με μεγάλο βάρος έως 21,7g.

Φαινότυπος q-4 (Τυμπάκι): Πολύ μεγάλου μεγέθους άνθος και λοβοί και βάρους λοβοί 27,8g



Εικόνα 1.15. Σύγκριση σε κλίμακα των 4 εμβολιασμένων φαινοτύπων στην Κρήτη. Η φωτογραφία προέρχεται από το άρθρο των Kalaitzakis et al. (1987).

Οι λοβοί των τεσσάρων εμβολιασμένων φαινοτύπων που καταγράφηκαν στην Κρήτη, όπως και των φαινοτύπων Koumbote και Tylliria της Κύπρου αλλά και άλλες ποικιλίες της Ισπανίας έχουν μεγαλύτερο βάρος, υψηλότερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα, αλλά όμως έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε τανίνες και κυτταρίνη σε σύγκριση με τις αυτοφυείς (Kalaitzakis et al., 1987).

1.7. Πολλαπλασιασμός με μοσχεύματα

Η χαρουπιά ανήκει στις δενδρώδεις καλλιέργειες που έχουν τη δυνατότητα πολλαπλασιασμού τόσο εγγενώς όσο και αγενώς. Εγγενής είναι ο πολλαπλασιασμός από τον οποίο τα νέα φυτά προκύπτουν από σπόρο, ενώ στον αγενή προέρχονται από τμήμα ή όργανο του μητρικού φυτού.

Η εξαιρετική ανάγκη για ομοιόμορφο φυτικό υλικό κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας της χαρουπιάς είναι αυταπόδεικτη καθώς οι καλλιεργητές αναζητούν τη βέλτιστη λύση τόσο αναφορικά με την ποιότητα όσο και με την ποσότητα της παραγωγής. Με δεδομένο το μακρύ χρονικό διάστημα που απαιτείται για την έναρξη της παραγωγής (6-8 έτη) όσο και τη διάρκεια της καλλιέργειας η οποία ως δενδρώδης πολυετής υπερβαίνει τα 40 έτη, είναι αυτονόητη η ανάγκη των παραγωγών για την ορθολογική επιλογή του βέλτιστου φαινοτύπου κατά την εγκατάσταση της φυτείας.

Η απαιτούμενη ομοιομορφία των δένδρων και κατ' επέκταση της παραγωγής καθώς ανάγκη πιστότητας των επιλεγμένων φαινοτύπων με τα μητρικά φυτά, οδηγούν στην επιλογή του αγενούς τρόπου πολλαπλασιασμού. Μέχρι σήμερα, η ενδεικνυόμενη μέθοδος είναι η χρήση ενοφθαλμισμού σε εγκατεστημένα σπορόφυτα κυρίως λόγω της δυσκολίας της χαρουπιάς να πολλαπλασιαστεί με μοσχεύματα.

Παρ' όλα αυτά, οι παραγωγοί φαίνεται να επιθυμούν την εύρεση τρόπων πολλαπλασιασμού της χαρουπιάς με μοσχεύματα καθώς ο ενοφθαλμισμός ενέχει σημαντικό ποσοστό αποτυχίας ενώ απαιτεί και αυξημένες εισροές τόσο σε οικονομικούς πόρους όσο και σε ανθρώπινους πόρους και ειδικότερα σε εξειδικευμένους τεχνίτες ενοφθαλμισμού.

Ένας από τους στόχους της παρούσας Προγραμματικής Σύμβασης είναι να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι εφικτό να επιτευχθεί πολλαπλασιασμός από μοσχεύματα και εάν ναι με ποια ακριβώς μεθοδολογία.

Η χαρουπιά λόγω του χαμηλού ποσοστού ριζοβολίας των μοσχευμάτων αναγνωρίζεται σαν είδος που ριζοβολεί ιδιαίτερα δύσκολα. (Lee et al., 1977; Hartman and Kester, 1983). Η μέθοδος των μοσχευμάτων δεν έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα έως σήμερα και φαίνεται να εξαρτάται από ενδογενείς παράγοντες του φυτού αλλά και από εξωγενείς

παράγοντες (Essahibi et al., 2016, 2017). Οι παράγοντες αυτοί περιλαμβάνουν τον γονότυπο του φυτού, την εποχή λήψης των μοσχευμάτων, τον τύπο του βλαστού, την ηλικία του δένδρου, τις περιβαλλοντικές συνθήκες αλλά και τις συγκεντρώσεις των εφαρμοζόμενων ρυθμιστών ανάπτυξης (Alorada et al., 1987). Σύμφωνα με τους Cabrita et al. (1988) καταγράφηκε επιτυχής ριζοβολία σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκηπίου, αλλά κατά τον εγκλιματισμό και τη μεταφύτευση στον αγρό, τα φυτά δεν κατάφεραν να επιβιώσουν. Από τα ποσοστά ριζοβολίας που καταγράφηκαν σε έρευνες προκύπτει πως η κατάλληλη εποχή λήψης μοσχευμάτων είναι η άνοιξη ιδιαίτερα τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο, ενώ έχουν καταγραφεί μικρότερα ποσοστά ριζοβολίας και κατά το μήνα Σεπτέμβριο.

Για τον πολλαπλασιασμό λαμβάνονται κυρίως ακραία μοσχεύματα μαλακού ξύλου με φύλλα τα οποία στη συνέχεια τραυματίζονται στο κάτω άκρο και εμβαπτίζονται σε ορμόνη ριζοβολίας. Η κύρια ορμόνη που χρησιμοποιείται ευρέως με επιτυχία στον πολλαπλασιασμό των μοσχευμάτων είναι το IBA αυτούσιο, είτε σε συνδυασμό με μικρότερη συγκέντρωση NAA.

Στην Ιορδανία, οι Al-Tury et al. (1999) διερεύνησαν τις επιδράσεις του χρόνου συλλογής και τις συγκεντρώσεις ινδόλ-βουτυρικού οξέος (IBA) στη ριζοβολία μοσχευμάτων χαρουπιού προερχόμενα από τα άκρα και τη βάση των βλαστών. Τα υπό μελέτη μοσχεύματα συλλέχθηκαν τους μήνες Φεβρουάριο, Μάιο και Οκτώβριο 1999 στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες επεμβάσεις. Οι συγκεντρώσεις IBA που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 2000, 4000, 6000 και 8000 ppm. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως τα μοσχεύματα που προήλθαν από ακραίους βλαστούς έδωσαν μεγαλύτερο ποσοστό ριζοβολίας (55%) σε συγκέντρωση IBA 8000 ppm τον Φεβρουάριο. Αντίθετα τον Οκτώβριο, η ριζοβολία δεν προέκυψε σε καμία συγκέντρωση (Al-Tury et al., 1999)

Σε παρόμοια έρευνα που διεξήχθη στην Αίγυπτο από τους Sheren and Aly (2011) πραγματοποιήθηκαν έρευνες αναφορικά με τον τύπο και το χρόνο κοπής των μοσχευμάτων και την επίδραση των ορμονών ριζοβολίας. Τα μοσχεύματα παραλήφθηκαν κατά τη διάρκεια όλων των μηνών του έτους είτε ως ακραία είτε ως μοσχεύματα βάσης. Οι συγκεντρώσεις IBA που εφαρμόστηκαν ήταν 3000, 6000, 9000 ppm και σε συνδυασμό με 100 ή 200 ppm NAA. Οι εφαρμογές IBA στα μοσχεύματα έγιναν με και χωρίς τομή τραυματισμού στο κάτω άκρο. Τα υπό μελέτη μοσχεύματα διατηρήθηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες σε θάλαμο υδρονέφωσης. Το

υψηλότερο ποσοστό ριζοβολίας που καταγράφηκε στην έρευνα αυτή ήταν 40,9% για μοσχεύματα που παραλήφθηκαν το μήνα Απρίλιο. Αντιθέτως κατά τους μήνες Αύγουστο έως Σεπτέμβριο το ποσοστό ριζοβολίας μειώθηκε σημαντικά, ενώ από τον Οκτώβριο έως το Μάρτιο δε προέκυψε ριζοβολία σε καμία από τις επεμβάσεις (Sheren and Aly, 2011).

Οι El Deen et al. (2014) επίσης στην Αίγυπτο διερεύνησαν την επίδραση του διαφορετικού χρόνου παραλαβής μοσχευμάτων τους μήνες Απρίλιο και Σεπτέμβριο σε συνδυασμό με τη χρήση των αυξινών IBA και NAA σε διαφορετικές συγκεντρώσεις στη ριζοβολία μοσχευμάτων χαρουπιού της Τούρκικης ποικιλίας “Kibrisi”. Στα μοσχεύματα εφαρμόστηκαν οι ορμόνες IBA και NAA σε συγκεντρώσεις IBA 6000 mg L⁻¹, IBA 8000 mg L⁻¹, 6000 mg L⁻¹+ NAA at 100 mg L⁻¹, και 8000 mg L⁻¹+ NAA at 100 mg L⁻¹. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε ότι η λήψη μοσχευμάτων τον μήνα Απρίλιο με εφαρμογή ορμονών ριζοβολίας σε συγκέντρωση 8000 mg L⁻¹ IBA σε συνδυασμό με 200 mg L⁻¹ NAA ήταν η βέλτιστη μεταχείριση ριζοβολίας μοσχευμάτων χαρουπιού (El Deen et al., 2014).

Στο Μαρόκο οι Essahibi et al. (2016) διερεύνησαν την επίδραση ορμονών ριζοβολίας σε ποώδεις βλαστούς μαροκινών ποικιλιών «Tighdouine» και «Tamellalet». Το μήνα Μάρτιο συλλέχθηκαν ακραία τμήματα σκληρού ξύλου αλλά και βλαστοί μαλακού ξύλου 1 έως 2 ετών μήκους 10-15 cm και διάμετρο 3-5 mm όπου διατηρήθηκαν τα δύο πρώτα ζεύγη φύλλων. Οι συγκεντρώσεις ορμόνης ριζοβολίας IBA που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας ήταν 0, 5000, 6000, 7000, 8000 ή 9000 mg L⁻¹ IBA σε χρόνο 10 s, 30 s ή 60 s. Τα μοσχεύματα τοποθετήθηκαν σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκηπίου υπό σύστημα ομίχλης και σε φυσικές συνθήκες φωτός/σκότους, με σχετική υγρασία 70-80% και θερμοκρασία 30±2 °C την ημέρα και 20±2 °C θερμοκρασία τη νύχτα. Ο προσδιορισμός του ποσοστού ριζοβολίας προσδιορίστηκε έπειτα από 2 μήνες. Για την ποικιλία “Tighdouine” το υψηλότερο ποσοστό ριζοβολίας σε μαλακό ξύλο καταγράφηκε στη συγκέντρωση 7000 mg L⁻¹ με χρόνο εμβάπτισης 60 s φθάνοντας το ποσοστό 85,2% σε μοσχεύματα μαλακού ξύλου και 65,7% σε μοσχεύματα σκληρού ξύλου. Αντίθετα στην ποικιλία “Tamellalet”, το υψηλότερο ποσοστό ριζοβολίας παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση 5000 mg L⁻¹ με εμβάπτιση 60 s φθάνοντας 55,6% και 45,7% σε μοσχεύματα μαλακού και σκληρού ξύλου, αντίστοιχα (Essahibi et al., 2016).

Πίνακας 1.1. Αναφορές της διεθνούς βιβλιογραφίας αναφορικά με τον πολλαπλασιασμό χαρουπιάς με μοσχεύματα.

Τύπος Μοσχευμάτων	Ορμόνες ριζοβολίας	Διάρκεια εμφάπτισης	Εποχή Λήψης	Γενότυπος	Καλύτερη απόδοση ριζοβολίας	Αναφορές
Ακραία μοσχεύματα	Συγκέντρωση 2000 mg L ⁻¹ , 4000 mg L ⁻¹ , 6000 mg L ⁻¹ και 8000 mg L ⁻¹ IBA	Αδιευκρίνιστο	Οκτωβριος, Μάιος, Φεβρουαριος		Φεβρουαριος 55% με IBA 8000 mg L ⁻¹ IBA με ακραία μοσχεύματα	Al-Tury et al., 1999
Ακραία μοσχεύματα και βάσης	Συγκέντρωση IBA 3000 mg L ⁻¹ , 6000 mg L ⁻¹ , 8000 mg L ⁻¹ σε συνδυασμό με 100 και 200 mg L ⁻¹ NAA	Αδιευκρίνιστο	Ολο το έτος		40,44% για τα ακραία μοσχεύματα και 40,90% για τα μοσχεύματα βάσης	Sheren and Aly, 2011
Αδιευκρίνιστο	IBA 6000 mg L ⁻¹ , IBA 8000 mg L ⁻¹ , 6000 mg L ⁻¹ + NAA at 100 mg L ⁻¹ , 8000 mg L ⁻¹ + NAA at 100 mg L ⁻¹	Αδιευκρίνιστο	Απρίλιο και Σεπτέμβριο	“Kibrisi”	Απρίλιος 8000 mg L ⁻¹ IBA + 200 mg L ⁻¹ NAA	El Deen et al., 2014
Βλαστοί σκληρού ξύλου και βλαστοί μαλακού ξύλου	5000, 6000, 7000, 8000 ή 9000 mg L ⁻¹ IBA	10, 30, 60 s	Μάρτιος	“Tighdouine” και “Tamellalet”	85,2% (Μαλακό Ξύλο) και 65,71% (Σκληρό Ξύλο) με 7000 mg L ⁻¹ IBA για 60 s για ποικιλία “Tighdouine” Για ποικιλία “Tamellate” 55,6% (Μαλακό Ξύλο) 45,7% (Σκληρό Ξύλο) με 5000 mg L ⁻¹ για 60 s	Essahibi et al., 2016

1.8. Πολλαπλασιασμός με εναέριες καταβολάδες

Ο πολλαπλασιασμός με εναέριες καταβολάδες είναι μια συνήθης μέθοδος αγενούς πολλαπλασιασμού που εφαρμόζεται ευρέως σε διάφορους τύπους δενδροκομικών καλλιεργειών όπως η ροδιά, η συκιά και τα πυρηνόκαρπα. Σε αυτή τη μέθοδο ο πολλαπλασιασμός εκτελείται απευθείας πάνω στο μητρικό φυτό και στη συνέχεια αποκόπτεται από αυτό, αφού πρώτα επιτελεστεί η ριζοβολία με σκοπό τη δημιουργία πανομοιότυπων φυτών διατηρώντας τα επιθυμητά χαρακτηριστικά και εξαλείφοντας τα προβλήματα των υποκειμένων.

Οι Gubbuk et al. (2011) διερεύνησαν τη μέθοδο αυτή στη χαρουπιά το Μάρτιο του 2009 στην Αττάλεια της Τουρκίας σε ποικιλία “Sisam” και σε ένα άγριο τύπο χαρουπιού. Για την έρευνα επιλέχθηκαν δένδρα καλά ανεπτυγμένα και υγιή από τα οποία επιλέχθηκαν ζωηροί βλαστοί στους οποίους σχηματίστηκαν δυο τομές ώστε αφαιρεθεί ένας δακτύλιος μήκους 2-3 εκ., απ’ όπου θα προκύψει η ριζοβολία. Για την ολοκλήρωση της επέμβασης, το σημείο τομής περιβλήθηκε από υγρό στραγγισμένο υπόστρωμα τύρφης και σφραγίστηκε σε πλαστικό πολυαιθυλενίου. Η διάρκεια της επέμβασης ορίζεται έως και 6 μήνες. Έπειτα από την επιτυχή ολοκλήρωση της μεθόδου, το τμήμα που ριζοβόλησε αποκόπηκε από το μητρικό φυτό και μεταφυτεύτηκε σε σάκους με μείγμα υποστρώματος τύρφης- περλίτη σε ελεγχόμενο ημισκιερό χώρο θερμοκηπίου για 1-2 μήνες. Μετά τη πάροδο της διαδικασίας ακολούθησε η φύτευση των νέων δενδρυλλίων στον αγρό. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως ο άγριος τύπος χαρουπιού παρουσίασε μεγαλύτερο ποσοστό ριζοβολίας (Gubbuk et al., 2011).

1.9. Συμπεράσματα

Οι υπάρχουσες έρευνες υποδεικνύουν σημαντική δυσκολία στον πολλαπλασιασμό της χαρουπιάς μέσω μοσχευμάτων. Όμως ακόμα και όταν η ριζοβολία είναι επιτυχής το ποσοστό επιτυχίας είναι μικρό. Επιπλέον, αρκετές ερευνητικές εργασίες αναφέρουν το ποσοστό ριζοβολίας ενώ αποφεύγουν να αναφέρουν το ποσοστό των βιώσιμων και εγκλιματισμένων φυτών.

Η αναμενόμενη δυσκολία πολλαπλασιασμού της χαρουπιάς μέσω μοσχευμάτων δυσχεραίνεται επιπλέον και από την επίδραση της εποχικότητας λήψης των μοσχευμάτων

δίνοντας μικρά χρονικά ανοίγματα για τη διεξαγωγή των ερευνητικών προσπαθειών. Από τα αποτελέσματα των ερευνών προκύπτει πως

1. η περίοδος Μαρτίου-Απριλίου φαίνεται να είναι πιο αποδοτική σε σχέση με τη περίοδο του φθινοπώρου,
2. τα μοσχεύματα προερχόμενα από νεαρά φυτά αποδίδουν καλύτερα στη ριζοβολία σε σχέση με τα φυτά μεγαλύτερης ηλικίας.
3. Οι ορμόνες που χορηγούνται για την επίτευξη της ριζογένεσης είναι IBA σε μεγάλες συγκεντρώσεις είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με NAA.
4. Υπάρχουν διαφορές στην απόκριση των διαφόρων φαινοτύπων στις εφαρμογές των ορμονών ριζοβολίας.

Βιβλιογραφία

- Alorada, M., Estodes, J., Galmes, J., and Medrano, H. 1987. Promotion of rooting in carob cuttings. *Gartenbauwissenschaft*, Germany 52(1): 31–34.
- Al-Tury, M.H., Omari, M.A., and Qaoud, H.A. 1999. Studies on the propagation of carob *Ceratonia siliqua* by stem cuttings. *Dirasat. Agric. Sci.* 26(2):161–167.
- Batlle, I. and Tous, J. 1999. Carob tree, *Ceratonia siliqua* L. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 92, Italy pp.7-50
- Biner, B., Gubbuk, H., Karhan, M., Aksu, M., and Pekmezci, M. 2007. Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chemistry*, 1000:1453-1455.
- Brito de Carvalho, J. 1988. Criteria for evaluation of carob varieties. *Proceedings of the II International Carob Symposium*, Valencia, Spain, September 29–October pp. 558-566.
- Cabrita, R., Graça, J.M., Schwab, L., and Martins-Loução, M.A. 1988. Evaluation of parameters affecting the rooting of hardwood cuttings in *Ceratonia siliqua* L. *II International Carob Symposium* (Valencia, Spain).
- El-Deen, E.M.Z., Sayed, O.M., Sayed, A.R.I., Hegazi, G.A.M. 2014. *Studies on Carob (Ceratonia siliqua L.). Propagation Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*. 7(5), pp. 31-40.
- Essahibi, A., Benhiba, M.O., Fouad, M.A., Babram, M.A., Ghoulam, C., Qaddoury, A. 2016. Initial nutritional status and exogenous IBA enhanced the rooting capacity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cuttings under mist system. *J. Mater. Environ. Sci.* 7(11):4144-4150.
- Essahibi, A., Benhiba, L., Oussouf, F.M., Babram, M.A., Ghoulam, C., Qaddoury, A. 2017. Improved rooting capacity and hardening efficiency of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cuttings using arbuscular mycorrhizal fungi. *Arch Biol Sci.* <http://www.serbiosoc.org.rs/arch/index.php/abs/article/view/298>
- Gharnit, N., El Mtili, N., Ennabili, A. and Sayah, F. 2004. Floral characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from the province of Chefchaouen (NW of Morocco). *Moroccan J. Biol.*, 1:1 -51.

- Gubbuk, H., Gunes, E., Ayala Silva, T., and Ercisli, S. 2011. Rapid vegetative propagation method for carob. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1):251-254.
<https://doi.org/10.15835/nbha3916074>
- Gubbuk, H., Kafkas, E., Guven, D., and Gunes, E. 2010. Physical and phytochemical profile of wild and domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) genotypes. *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Spanish Journal of Agricultural Research* pp.1129-1136.
- Lee, C.L., Paul, J.L., and Hackett, W.P. 1977. Promoting of rooting stem cutting of several ornamental plants by pretreatment with acid or base. *HortScience* 12(1):41-42.
- Mitrakos, K. 1988. The botany of *Ceratonia*. Paper presented at: II International Carob Symposium (Valencia, Spain) pp. 291-301.
- Nedim, T., Irfan, T., Oziyici, H.R., Gubbuk, H., Karhana, M., Ercisli, S. 2011. Physical and chemical characterization of *Ceratonia siliqua* L. germplasm in Turkey. *Scientia Horticulturae* 129(4):583-589.
- Romano, H., Barros, S. and Martins-Loucao, M. 2002. Micropropagation of Mediterranean tree *Ceratonia siliqua* L. *Plant Cell Tissue Organ, Tissue and Organ Culture* 68:35–41, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Sheren, A.S., and Aly, A.A. 2011. Comparative studies on some factors affecting rooting ability of carob stem cuttings. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 7(8):285–301.
- Zohary, D. 2002 Domestication of the carob (*Ceratonia siliqua* L.), *Israel Journal of Plant Sciences*, 50 sup1:141-145, DOI: 10.1560/BW6B-4M9P-U2UA-C6NN
- Zemouri, Z., Djabeur A., Frimehdi, N., Khelil, O., Kaid-Harche, M. 2020. The seed diversity of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) and the relationship between seeds color and coat dormancy. *Scientia Horticulturae* 274, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109679>
- Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος Τμήμα Γεωργίας Κύπρου. 2016. Η καλλιέργεια της χαρουπιάς. Έκδοση 8/2016 Λευκωσία-ΚΥΠΡΟΣ
[http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/784605E98EBF0B6EC225805D0047C8C4/\\$file/%CE%97%20%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%B9%CE%AC%CF%82.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/784605E98EBF0B6EC225805D0047C8C4/$file/%CE%97%20%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%B9%CE%AC%CF%82.pdf?OpenElement) (τελευταία επίσκεψη 18.11.2021).
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων Ελλάδα. 2018.
<http://www.minagric.gr/index.php/el/pinakas-3-dendrodeis-monimes-kalliergeies/> (Πίνακας σε Φύλλο εργασίας [Excel] τελευταία επίσκεψη 18.11.2021).

Κεφάλαιο 2

2. Βιβλιογραφική καταγραφή της *in vitro* καλλιέργειας της χαρουπιάς

2.1. Μικροπολλαπλασιασμός και ιστοκαλλιέργεια

Σε όλη την περιοχή της Μεσογείου υπάρχουν πολλοί φαινότυποι, συχνά μικρής εξάπλωσης, ή φαινότυποι με διαφορετικά ονόματα σε διαφορετικές περιοχές (Zohary 2002). Η παρουσία αυτοφύων δέντρων χαρουπιάς τα οποία αναπτύσσονται δίπλα σε καλλιεργούμενους φαινότυπους χαρουπιάς στην ελληνική ύπαιθρο, καθώς και οι μεγάλες διαφοροποιήσεις στις διάφορες «ποικιλίες»-φαινότυπους χαρουπιού, που στην ανατολική Κρήτη λέγονται και χαρακτηρίζονται συλλήβδην ως «Ήμερη», οδηγεί σε μεγάλη ποικιλομορφία στα φυτά που προέρχονται από σπορόφυτα. Υπάρχουν αρσενικά, θηλυκά, αλλά και ερμαφρόδιτα άτομα, και αυτή η κατάσταση προκαλεί μεγάλη μεταβλητότητα εντός του είδους και μεγάλο αριθμό φαινοτύπων τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες μεσογειακές περιοχές (Mittrakos, 1987; Ramón-Laca and Mabberley, 2004). Η υψηλή φαινοτυπική μεταβλητότητα εντός και μεταξύ φυτών χαρουπιάς, δημιουργεί προβλήματα στην εγκατάσταση νέων φυτειών με φαινοτύπους οι οποίοι να διαθέτουν συγκεκριμένα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της παραγωγής (Batlle and Tous, 1997).

Ο παραδοσιακός τρόπος πολλαπλασιασμού της χαρουπιάς είναι ο εμβολιασμός δενδρυλλίων προερχόμενων από σπόρο, με οφθαλμούς επιλεγμένων θηλυκών παραγωγικών δέντρων (Batlle and Tous, 1997; Omran and Hassan, 2019). Όμως, αυτή η παραδοσιακή μέθοδος πολλαπλασιασμού δεν μπορεί να καλύψει τη ζήτηση για νέο, επιλεγμένο φυτικό υλικό. Έτσι, η χρήση άλλων μέσων αγενούς αναπαραγωγής έχουν γίνει αντικείμενο έρευνας ήδη από την δεκαετία του '80 (Martins-Loução and Rodriguez-Barrueco, 1981). Η μέθοδος των μοσχευμάτων έχει δώσει μέτρια αποτελέσματα εξαρτώμενα μεταξύ άλλων από τον τύπο του μοσχεύματος και την προέλευσή του (El-Soda et al., 2016; Essahibi et al., 2016, 2017), όπως και των εναέριων καταβολάδων (Gubbuk et al., 2011), και μάλιστα οι Hartmann et al. (1997) θεωρούν τη χαρουπιά από τα δυσκολότερα είδη για αγενή αναπαραγωγή. Οπότε η διερεύνηση τεχνικών

μικροπολλαπλασιασμού ίσως αποδειχθεί χρήσιμη στην προσπάθεια παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού χαρουπιάς με σταθερά ποιοτικά και ποσοστικά χαρακτηριστικά παραγωγής.

Από το 1980 έως σήμερα, έχουν ανακοινωθεί λίγες δεκάδες ερευνητικών εργασιών που αφορούν την *in vitro* καλλιέργεια της χαρουπιάς είτε αυτή είναι καλλιέργεια ιστών όπως τμήματα φύλλων, κοτυληδόνων, υποκοτυλίων είτε ως καλλιέργεια οργανωμένων μορφών όπως, οφθαλμών, ακραίων μεριστωμάτων ή άλλων οργάνων.

2.2. Το φυτικό υλικό από όπου προκύπτουν τα έκφυτα

Στην πλειοψηφία του το φυτικό υλικό (τα έκφυτα) της *in vitro* καλλιέργειας προέρχονται από σπέρματα, ώριμα ή ανώριμα, ή από νεαρά σπορόφυτα που αναπτύχθηκαν *in vitro* σε ασηπτικές συνθήκες. Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι κυριότεροι τύποι εκφύτων που έχουν αναφερθεί σε πρόσφατες δημοσιεύσεις.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης εκφύτων από σπέρματα ή νεαρά σπορόφυτα που έχουν αναπτυχθεί ασηπτικά *in vitro*, είναι αφ' ενός η εύκολη επιφανειακή απολύμανση των λείων σπερμάτων της χαρουπιάς και η επακόλουθη ανάπτυξη στείρων σπορόφυτων που θα δώσουν υλικό για περεταίρω καλλιέργεια, αφ' ετέρου παρέχει νεανικό φυτικό υλικό το οποίο είναι περισσότερο δεκτικό στην *in vitro* αναγέννηση. Δυστυχώς όμως, τα σπορόφυτα έχουν περιορισμένη χρησιμότητα αναφορικά με την αξιοποίησή τους για την παραγωγή φυτών κλώνων κάποιου ενήλικου φυτού. Για το λόγο αυτό η χρήση εκφύτων από ενήλικα δέντρα είναι πολύ χρήσιμη αλλά και δυσκολότερη τόσο στην απολύμανση όσο και στην *in vitro* οργανογένεση.

2.3. Επιφανειακή απολύμανση του φυτικού υλικού

Η συνήθης μέθοδος απολύμανσης των ιστών είναι η διαβροχή τμημάτων του φυτού σε γνωστή συγκέντρωση υποχλωριώδους νατρίου (συνήθως αραιωμένο εμπορικό λευκαντικό). Διάλυμα εμπορικού σκευάσματος υποχλωριώδους νατρίου 5%, για χρονική διάρκεια 10 min μετά από επιφανειακή αποστείρωση σε 50% αιθανόλη για 1 min, είχε ως αποτέλεσμα την

εμφάνιση μόλυνσης σε ποσοστό 5% και 40% των εκφύτων που προήλθαν από σπορόφυτα και ώριμα δέντρα, αντίστοιχα (Sebastian και McComb, 1986), ενώ οι Naghmouchi et al. (2008) αναφέρουν ότι η χρήση 70% ethanol για 5 min και κατόπιν 20% υποχλωριώδους νατρίου για 20 min, αποδείχθηκε να προσφέρει επαρκή προστασία έναντι των μολύνσεων.

Οι περισσότεροι ερευνητές όμως χρησιμοποιούν διαδοχικά διαφορετικά απολυμαντικά επιπλέον ή σε αντικατάσταση της χλωρίνης όπως:

- HgCl_2 σε συνδυασμό με NaOCl (El-Shafey et al., 1998; Osorio et al., 2012)
- HgCl_2 σε συνδυασμό με $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (Bouzdoudi et al. 2017; Zouari and El Mtili, 2020)
- HgCl_2 και $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ και NaOCl διαδοχικά (Romano et al, 2002)
- ή μόνο HgCl_2 (Sayed, et al., 2020).

Οι συνήθεις συγκεντρώσεις για το HgCl_2 είναι 0,1% έως 0,5% για 5 έως 10 min και για το $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 7% έως 20% για 10-20 min. Σε όλες τις περιπτώσεις το υλικό ξεπλένεται με αποστειρωμένο απιονισμένο νερό τρεις έως 5 φορές.

2.4. Υπόστρωμα in-vitro καλλιέργειας

Οι περισσότεροι ερευνητές χρησιμοποιούν το υπόστρωμα MS που περιγράφουν οι Murashige and Skoog (1962) αν και οι Hsina and El Mtili (2012) και οι Bouzdoudi et al. (2017) το συγκρίνουν με το υπόστρωμα Woody Plant Medium, με αντικρουόμενα μεταξύ τους αποτελέσματα.

2.5. Προαγωγή της in-vitro βλαστογένεσης

Οι ορμόνες που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον in-vitro πολλαπλασιασμό της χαρουπιάς ανήκουν κυρίως στις κυτοκινίνες και τις αυξίνες. Για την παραγωγή βλαστών δοκιμάστηκαν είτε κυτοκινίνες μόνο, είτε κυτοκινίνες σε συνδυασμό με μία αυξίνη σε μικρότερη ποσότητα, ενώ για τη ριζοβολία δοκιμάστηκαν διαφορετικοί τύποι αυξινών (Πίνακας 1).

Ειδικότερα για την in vitro βλαστογένεση χρησιμοποιήθηκαν και γιββερελλίνες (GA), για βλαστούς καλύτερους για ανακαλλιέργεια (El-Shafey et al., 1998; Zouari and El Mtili, 2020). Επίσης κάποιοι ερευνητές αναφέρουν προβλήματα έκπτυξης των οφθαλμών λόγω έκκρισης

φαινολικών ουσιών από τα έκφυτα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποίησαν αντιοξειδωτικές ουσίες πριν την εμφύτευση και συγκεκριμένα ασκορβικό οξύ σε συγκέντρωση 100 mg L^{-1} (Romano et al., 2002) ή και σε συνδυασμό με τρυγικό οξύ σε συγκέντρωση 150 mg L^{-1} (El-Shafey et al., 1998). Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι εφάρμοσαν, για τον ίδιο λόγο, σκοτάδι την πρώτη εβδομάδα της καλλιέργειας και μείωση στο μισό της συγκέντρωσης MS του υποστρώματος ενώ οι Naghmouchi et al. (2008) χρησιμοποίησαν 1 mg L^{-1} ενεργού άνθρακα στο υπόστρωμα, για τον ίδιο λόγο.

Η Άνοιξη σαν εποχή λήψης των εκφύτων θεωρήθηκε σημαντική για την επιτυχία της βλαστογένεσης, σε αντίθεση με το Φθινόπωρο (Romano et al., 2002; Naghmouchi et al., 2008; Hhina and EL Mtili, 2012), ενώ αναφέρονται διαφορές ανάμεσα στις ποικιλίες (Romano et al., 2002).

2.6. Προαγωγή της in-vitro ριζογένεσης

Η ριζογένεση των βλαστών που αναπτύχθηκαν in vitro, αναφέρεται ως περιορισμένη έως ανύπαρκτη από κάποιους ερευνητές όπως οι Martins-Loucao et al. (1981) και οι Nia et al. (2021), ενώ άλλοι ερευνητές αναφέρουν μικρά ποσοστά 23% και μόνο από έκφυτα προερχόμενα από νεαρά φυτά και καθόλου από ενήλικα δέντρα (Zouari and El Mtili, 2020), και άλλοι ερευνητές αναφέρουν μεγάλα ποσοστά ριζοβολίας 60-90% όπως οι Custódio et al. (2004), και οι Sebastian and McComb (1986) οι οποίοι αναφέρουν ποσοστό ριζοβολίας 93%.

Γενικά προτείνονται δύο τρόποι ριζογένεσης: α) Εμβάπτιση των βλαστών για λίγα λεπτά σε ορμόνες ριζοβολίας (βλέπε Πίνακα 2.1) και εμφύτευση σε υπόστρωμα $\frac{1}{2}$ MS χωρίς ορμόνες στο σκοτάδι, ή β) προσθήκη ορμονών στο υπόστρωμα, πάλι $\frac{1}{2}$ MS στο σκοτάδι (Romano et al., 2002; Naghmouchi et al., 2008; Hsina and EL Mtili, 2012; Zouari and El Mtili, 2020). Οι Custódio et al. (2004), αναφέρουν την υψηλή συγκέντρωση σακχαρόζης (50 mg L^{-1}) στο υπόστρωμα ριζοβολίας, ως παράγοντα επιτυχίας της ριζοβολίας αλλά αποτυχίας της επακόλουθης σκληραγώγησης των εκφύτων.

2.7. Ο εγκλιματισμός των νεαρών φυτών *extra vitrum*

Ο εγκλιματισμός των νεαρών φυτών είναι εφικτός σε ποσοστά έως σχεδόν 85 % σε υπόστρωμα τύρφης-βερμικουλίτη 1/3, σε θάλαμο ανάπτυξης με υψηλή σχετική υγρασία που μειώνεται σταδιακά (από 95% προς 70% σχετική υγρασία) για 5-6 εβδομάδες, και αραιή λίπανση 2 φορές την εβδομάδα (Romano et al., 2002; Custodio et al., 2004; Osorio et al., 2012) .

2.8. Η παραγωγή κάλου από ιστοκαλλιέργεια

Η επαγωγή καλογένεσης από φύλλα ενήλικων δέντρων χαρουπιάς αναφέρεται ως ικανοποιητική σε ένα άρθρο (Bouzdoudi et al., 2017b), καλύτερη σε υπόστρωμα WPM (woody plant medium) σε σύγκριση με το MS ή σε υποστρώματα πλούσια σε άζωτο, ιδίως αμμωνία. Η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών αυξινών σε συνδυασμό με BAP για την καλλιέργεια ιστών, δείχνει ότι το NAA είναι το καταλληλότερο για την ανάπτυξη των κάλου. Η αποτελεσματικότητα του NAA στην καλογένεση ήταν 1 mg L⁻¹ NAA και 2 mg L⁻¹ BAP . Όμως περαιτέρω εξέλιξη του παραγόμενου κάλου, δεν αναφέρεται. Αντίθετα, η οργανογένεση και η εμβρυογένεση σε κάλο που προήλθε από έκφυτα εμβρύων ή νεαρών σπορόφυτων *in vitro* αναφέρεται σε πολλές εργασίες (βλέπε Πίνακα 2.2).

Πίνακας 2.1. Αναφορές καλλιέργειας in vitro οφθαλμών (μικροπολλαπλασιασμός) από ενήλικα θηλυκά δέντρα χαρουπιάς (*Ceratonia siliqua*)

Φυτικό υλικό	Είδος εκφύτων	Υπόστρωμα	Ορμόνες Βλαστογένεσης	Καλύτερη απόδοση βλαστών	Ορμόνες ριζοβολίας	Καλύτερη απόδοση ριζών	Αναφορές
Νεανικοί λαίμαργοι βλαστοί ενήλικου δέντρου	Κόμβοι με οφθαλμό και κορυφές	MS	BAP, KIN, IBA, NAA σε συγκεντρώσεις 0, 0,5 1mg/L σε όλους τους συνδυασμούς	BAP 0,5 mg/L + IBA 0,5 mg/L και KIN 1 mg/L + IBA 1 mg/L			El-Shafey et al. (1998)
Νεανικοί λαίμαργοι βλαστοί ενήλικου δέντρου	Κόμβοι με οφθαλμό και κορυφές	MS/WP M	0,5 -1mg/L BAP σε συνδυασμό με 0.1 mg/l IBA	BA 0,5 mg/l	Εμβάπτιση ή στο υπόστρωμα 1 ή 2 mg/L IBA ,NAA 1/2 MS	2 mg/L IBA	Hsina and EL Mtili. (2012)
Βλαστοί κόμης ενήλικου δέντρου	Μερίστωμα	MS	2,4 D σε συγκέντρωση 0,5 mg/L, 1 mg/L και 2 mg/L με BAP 0, 0,5,1,2,4 mg/L	Ο μεγαλύτερος αριθμός βλαστών: 2 mg/L 6-BA και 2 mg/L 2,4-D	1,2, 4 mg/L IBA, IBA, NAA	4 mg/L NAA	Naghmouchi et al. (2008)
Βλαστοί Λαίμαργοι και νεαρού δέντρου	Κόμβοι με οφθαλμό		BAP, Zeatin, GA3, TDZ	0,5mg/L BAP			Nia et al. (2021)
Βλαστοί κόμης ενήλικου δέντρου		MS	0,5mg/L BA		1 mg/L IBA		Osório et al. (2012)
Βλαστοί κόμης ενήλικου δέντρου	Κόμβοι με οφθαλμό	MS	Βενζιλαδερίνη, Κινετίνη, Ζεατίνη, 2ip σε συγκεντρώσεις 0,5 mg/L, 1 mg/L σε συνδυασμό με 0.1 mg/L BAP, IBA, NAA	Καλύτερη απόδοση βλαστών: 0,5 mg/L BA ή 0,5 Ζεατίνη mg/L	1 ή 2 mg/L IBA IAA NAA	1 mg/L IBA	Romano et al. (2002)

Νεανικοί λαίμαργοι βλαστοί ενήλικου δέντρου	Κόμβοι με οφθαλμό	MS	BA, KIN, TDZ σε συγκεντρώσεις 0, 0,5, 1 και 1,5 mg/l κάθε ένα σε συνδυασμό με NAA 0,2 mg/l.	BA μόνο χωρίς NAA			Sayed et al. (2020)
Βλαστοί κόμης ενήλικου και νεαρού δέντρου	Κόμβοι με οφθαλμό και κορυφές	MS	0, 0,5 -1, 1,5 , 2 mg/l BA σε συνδυασμό με 0, 0,1 ή 0,2 mg/l IBA	0,5 mg/l BA σε συνδυασμό με 0,2 mg/l IBA	1 ή 2 mg/l IBA NAA	2 mg/l IBA	Zouari and El Mtili (2020)

BA: benzyladenine,
BAP: 6- Benzylaminopurine
ZEA: Zeatin
KIN: Kinetin
2iP: 2-Isopentyl Adenine,
TDZ: Thidiazuron
GA₃: Gibberelic acid,

IAA: Indol- acetic acid
IBA: Indol-3-butyric acid
NAA: α-Naphthalenacetic Acid,
2,4 D: dichlopo phenoxy acetic acid
MS: Murashige and Skoog (1962)
NaClO: Hypochlorite sodium
HgCl₂: Mercuric chloride?

Πίνακας 2.2: Αναφορές καλλιέργειας in vitro τμημάτων ανώριμων ή ώριμων σπερμάτων (μικροπολλαπλασιασμός) από ενήλικα θηλυκά δέντρα χαρουπιάς (*Ceratonia siliqua*).

Έκφυτα	Υπόστρωμα	Ορμόνες	Οργανογένεση	Αναφορές
Κοτυληδόνες ανώριμων σπερμάτων	MS	2.22 μM BAP	---	Bousdoudi et al. (2017a)
Κοτυληδόνες ανώριμων σπερμάτων	MS	4,4 μM BA και 0,5μM IBA	Εμβρυογένεση	Canhoto et al. (2006)
Κοτυληδόνες Υποκοτύλιο	WPM	0,5 έως 1mg/L BA και 0,5έως 1mg/L KIN και 0,5mg/L NAA	10% βλαστογένεση από κοτυληδόνες	Çürük et al. (2019)
Κόμβοι από σπορόφυτα in vitro, από ώριμα σπέρματα	MS	0,4 mg/L NAA και 2mg/L BAP	Βλαστογένεση	El-Deen et al. (2014)
Τμήματα ανώριμων σπερμάτων	MS	5μM BAP	Βλαστογένεση και εμβρυογένεση	Georgiou et al. (2017)
Κόμβοι από σπορόφυτα in vitro, από ώριμα σπέρματα	MS	1,5 mg/L BAP και 0,5 mg/L GA	Βλαστογένεση	Hakim et al. (2010)
Ανώριμα σπέρματα		9 μM 2,4D	70 ημέρες μετά, εμβρυογένεση	Ksia et al. (2020)
Κόμβοι από σπορόφυτα in vitro, από ώριμα σπέρματα	Υγρό υπόστρωμα	---	Βλαστογένεση /ριζογένεση	Lozzi et al. (2019)
Κόμβοι από σπορόφυτα in vitro, από ώριμα σπέρματα	MS	1mg/L BAP	Βλαστογένεση	Mohamed et al. (2009)
Κόμβοι από σπορόφυτα in vitro	MS	1,5 BA και 0,5 IBA και 0,5 mg/L GA	Βλαστογένεση	Radi et al. (2013)
Κόμβοι από σπορόφυτα in vitro από ώριμα σπέρματα	MS	0,5 mg/L BAP μόνο/ή και με IBA	Οργανογένεση / καλογένεση	Saidi et al. (2019)

BA: benzyladenine,
BAP: 6- Benzylaminopurine

GA₃ : Gibberelic acid,
IBA: Indol-3-butyric acid

KIN: Kinetin
2,4 D: dichlopo phenoxy acetic acid

2.9. Συμπεράσματα

Ο μικροπολλαπλασιασμός της χαρουπιάς από οφθαλμούς ενήλικων δέντρων είναι εφικτός, ενώ η ριζοβολία των βλαστών, σύμφωνα με τους περισσότερους ερευνητές, είναι εφικτή αλλά σε μικρά ποσοστά. Η επιτυχία και η αποτελεσματικότητα του μικροπολλαπλασιασμού της χαρουπιάς, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι συνοψίζονται παρακάτω:

1. Η μικρή ηλικία του μητρικού φυτού είναι θετικός παράγοντας, καθώς και η νεανικότητα του βλαστού από όπου λαμβάνονται τα έκφυτα, με τους λαίμαργους να είναι οι πιο παραγωγικοί τόσο για βλαστογένεση όσο και για ριζοβολία.
2. Η εποχή λήψης των εκφύτων φαίνεται να έχει σημασία τόσο στη βλαστογένεση όσο και στη ριζοβολία. Στις αναφορές, η εποχή από Φεβρουάριο έως Μάιο, φαίνεται να είναι αποδοτικότερη σε σχέση με το φθινόπωρο, ενώ το καλοκαίρι αντενδείκνυται για παραλαβή εκφύτων.
3. Οι ορμόνες που χρησιμοποιούνται με καλύτερα αποτελέσματα για βλαστογένεση είναι οι κυτοκινίνες BAP / BA σε συγκεντρώσεις 1 έως 4 mg L⁻¹, μόνες ή σε συνδυασμό με μικρή ποσότητα αυξινών (0,1 έως 0,4 mg L⁻¹ NAA ή IBA). Προτείνεται επίσης η προσθήκη επιπλέον 0,5 mg L⁻¹ GA₃.
4. Για τη ριζοβολία, η χρήση 1 ή 2 mg L⁻¹ IBA σε εμβάπτιση ή στο υπόστρωμα και η εφαρμογή σκότους για λίγες μέρες συνιστάται από πολλούς ερευνητές.
5. Η μεγάλη διακύμανση στα ποσοστά επιτυχίας ανάμεσα στους ερευνητές ίσως οφείλεται και στη χρήση διαφορετικών φαινοτύπων.
6. Η παραγωγή κάλου από ιστούς ενήλικου φυτού αναφέρεται μεν, αλλά δεν αναφέρεται οργανογένεση ή εμβρυογένεση, σε αντίθεση με την καλλιέργεια τμημάτων ώριμων ή ανώριμων σπερμάτων.
7. Ο εγκλιματισμός των φυτών extra vitrum, είναι επιτυχής σε αρκετά μεγάλα ποσοστά και για τουλάχιστον 5 εβδομάδες, εφόσον χρησιμοποιηθούν θάλαμοι ανάπτυξης με υψηλή υγρασία η οποία μειώνεται σταδιακά.

Βιβλιογραφία

- Aguinaz, H., Qaddoury, A., & Anjarne, M. (2020). Control of in vitro shoot tip necrosis in Carob *Ceratonia siliqua* L., *Israel Journal of Plant Sciences*, 67(3-4), 212-218. doi: <https://doi.org/10.1163/22238980-20201046>
- Batlle I, Tous J. (1997). Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.; 92.
- Bouzdoudi, B., Saïdi, R., El Ansari, Z., El Kbiach, M., Martin, P., Badoc, A. and Lamarti, A. (2017a) Micropropagation of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) through Adventitious Buds of Immature Embryonic Cotyledons. *American Journal of Plant Sciences*, 8, 2180-2195. doi: 10.4236/ajps.2017.89146.
- Bouzdoudi, B., Saïdi, R., Ansari, Z. N., Bouras, M., Badoc, A., & Lamarti, A. (2017b). Callus Induction from Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Seedlings and Leaves of Mature Tree. *Annual Research & Review in Biology*, 19(2), 1-13. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/37037>
- Canhoto, J.M., Rama, S.C. & Cruz, G.S. (2006) Somatic embryogenesis and plant regeneration in carob (*Ceratonia siliqua* L.). *In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant* 42, 514–519. <https://doi.org/10.1079/IVP2006819>
- Çürük, P., İzgü, T., Şimşek, Özhan, Çömlekçioğlu, S., & Mendi, Y. Y. (2019). The effects of different explants, basal media and growth regulators on regeneration of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Applied Biological Sciences*, 11(3), 10-19. <http://www.jabsonline.org/index.php/jabs/article/view/544>
- Custódio, L., Martins-Loução, M. & Romano, A. (2004). Influence of Sugars on in vitro Rooting and Acclimatization of Carob Tree. *Biologia Plantarum* 48, 469–472. <https://doi.org/10.1023/B:BIOP.0000041107.23191.8c>
- El-Deen EMZ, Sayed OM, Sayed ARI, Hegazi GAM. (2014). Studies on Carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Propagation Journal of Agriculture and Veterinary Science* (IOSR-JAVS). Volume 7, Issue 5 Ver. II, PP 31-40 .
- El-Shafey Y.H., Elshihy O.M., , Youssef E.M. and Mervat M. Gad. (1998). Production of *Ceratonia siliqua* Female Plantlets through Tissue Culture Technique. *Arab Journal of Biotechnology*, Vol 1. No (1), 77-85.
- Essahibi A, Benhiba L, Oussouf FM, Babram MA, Ghoulam C, Qaddoury A. (2016). Initial nutritional status and exogenous IBA enhanced the rooting capacity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cuttings under mist system. *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (11) (2016) 4144-4150 ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESC
- Essahibi A, Benhiba L, Oussouf FM, Babram MA, Ghoulam C, Qaddoury A. (2017) Improved rooting capacity and hardening efficiency of carob (*Ceratonia siliqua*.) cuttings using arbuscular mycorrhizal fungi. *Arch Biol Sci* [Internet]. <http://www.serbiosoc.org.rs/arch/index.php/abs/article/view/298>
- Georgiou, V., Chimona C., Rhizopoulou S. (2017). "Micropropagation of Carob Tree (*Ceratonia siliqua*): Somatic Embryogenesis from Immature Seeds." *World Journal of Research and Review*, vol. 5, no. 2.

- Gubbuk, H., Gunes, E., Ayala Silva, T., Ercisli, S. (2011). Rapid vegetative propagation method for carob. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 251-254. <https://doi.org/10.15835/nbha3916074>
- Hakim, L., Islam, M., Mamun, A., Ahmed, G., & Khan, R. (2010). Clonal propagation of Carob *Ceratonia siliqua* L., Fabaceae). *Bangladesh Journal of Botany*, 39(1), 15–19. <https://doi.org/10.3329/bjb.v39i1.5520>
- Hartmann HT, Kester DE, Davies FT, Geneve RL. (1997). Plant propagation: principles and practices. 6th ed. New Jersey: Prentice-Hall;. 770 p.
- Hsina T.& EL Mtili N. (2012). Micropropagation of the female tree *Ceratonia siliqua* Cahiers UAE, 6-7: 7-12
- Ksia E., Harzallah-Skhiri F., JVerdeil. L., Gouta H., Alemanno L. & Bouzid S. (2008). Somatic embryo production from immature seeds of carob (*Ceratonia siliqua* L.): histological evidence, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83:4, 401-406, DOI: 10.1080/14620316.2008.11512398
- Lozzi, A., Abdelwahd, R., Mentag, R. et al. (2019). Development of a new culture medium and efficient protocol for in vitro micropropagation of *Ceratonia siliqua* L.. *In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant* 55, 615–624. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-09990-6>
- Martins-Loucao, M.A. and Rodriguez-Barrueco, C., (1981). Establishment of proliferating callus from roots, cotyledons and hypocotyls of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seedlings. *Z. Pflanzenphysiol.*, 103: 297--303. No 7. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, Volume 103, Issue 4, Pages 297-303, ISSN 0044-328X, [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(81\)80127-4](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(81)80127-4)
- Mitrakos K. (1987). The botany of *Ceratonia*. *Proceedings of the 2nd International Carob Symposium*, Valencia,;209-218.
- Mohamed, A.I., Elnour, E.G. and Mahfouz, S.A. (2009). Production of multiple shoots from carob tree (*Ceratonia siliqua*) using tissue culture technique. *Acta Hortic.* 812, 211-216 DOI: 10.17660/actahortic.2009.812.26 <https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.812.26>
- Murashige, T., and F. Skoog. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473–497
- Naghmouchi S., Laarbi Khoudja M., Romero A. & Boussaid M. (2012). Micropropagation of carob, *Ceratonia siliqua* L., by apex culture, *Acta Botanica Gallica*, 159:3, 357-361, DOI: 10.1080/12538078.2012.737124
- Naghmouchi S., Laarbi Khoudja M., Romero A. & Boussaid M. (2008). Effect of growth regulators and explant origin on *in vitro* propagation of *Ceratonia siliqua* L. via cuttings. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12(3), 251-258
- Nia, S., Abid, M., & Belkoura, I. (2021). Carob tree micropropagation essays (*Ceratonia siliqua* L.). Les Ulis: EDP Sciences. doi:http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202129803004
- Omran, M., Hassan, A. (2019). Effect of Some Factors Affecting Selected Carob Strain (*Ceratonia siliqua* L.) Propagation by Grafting. *Journal of Plant Production*, 10(11), 903-910. doi: 10.21608/jpp.2019.68545
- Osório, M L; Osório, J; Gonçalves, S; David, M M; Correia, M J; et al. (2012). Carob trees (*Ceratonia siliqua* L.) regenerated in vitro can acclimatize successfully to match the field

- performance of seed-derived plants. *Trees*; Heidelberg Vol. 26, Iss. 6, : 1837-1846. DOI:10.1007/s00468-012-0753-0
- Radi A, Echchgadda G, Ibijbijen J, and Rochd M,. (2013). *In vitro propagation of Moroccan carob (Ceratonia siliqua L.)*. Journal of Food, Agriculture and Environment, Vol. 11 (1), PP. 1103-1107, 2013.
- Ramón-Laca L., Mabberley D. J., (2004). The ecological status of the carob-tree (*Ceratonia siliqua*, Leguminosae); *Mediterranean, Botanical Journal of the Linnean Society*, Volume 144, Issue 4, Pages 431–436, <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2003.00254.x>
- Romano, A., Barros, S. & Martins-Loução, M. (2002). Micropropagation of the Mediterranean tree *Ceratonia siliqua*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68, 35–41. <https://doi.org/10.1023/A:1012912504288>
- Saïdi, R. ; Rahmouni, S. ; El-Ansari, Z. N. ; Maouni, A. ; Badoc, A. ; Lamarti, A. (2019). Effect of cytokinins on the micropropagation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) through shoot tip culture. *American Journal of Plant Sciences* Vol.10 No.9 pp.1469-1481 ref.34
- Sayed, S.S., Gabr, A.M.M., Amin, M.A. (2020). Biochemical characterization of micropropagated *Ceratonia siliqua* L. under effect of growth regulators and light quality. *Bull Natl Res Cent* 44, 26 (). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-0282-8>
- Sebastian K.T., McComb J.A., (1986), A micropropagation system for carob (*Ceratonia siliqua* L.), *Scientia Horticulturae*, Volume 28, Issues 1–2, Pages 127-131, [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(86\)90132-9](https://doi.org/10.1016/0304-4238(86)90132-9).
- Zohary D. (2002) Domestication of the carob (*Ceratonia siliqua* L.), *Israel Journal of Plant Sciences*, 50:sup1, 141-145, DOI: [10.1560/BW6B-4M9P-U2UA-C6NN](https://doi.org/10.1560/BW6B-4M9P-U2UA-C6NN)
- Zouari, N. and El Mtili, N. (2020) In Vitro Propagation of Mature Carob Trees (*Ceratonia siliqua* L.) from the Axillary Buds. *American Journal of Plant Sciences*, 11, 1369-1382. doi: 10.4236/ajps.2020.119098.

Κεφάλαιο 3

3. Η άρδευση και η θρέψη της Χαρουπιάς – απαιτήσεις σε υδατικές απαιτήσεις και θρεπτικά στοιχεία

3.1. Περίληψη: Λιγοστή είναι η βιβλιογραφία σχετικά με την θρέψη-άρδευση της χαρουπιάς προερχόμενη κυρίως από εργασίες που έχουν γίνει σε χώρες της μεσογειακής λεκάνης, όπως η Πορτογαλία και η Ισπανία. Το παρόν Κεφάλαιο πραγματοποιεί βιβλιογραφική ανασκόπηση σε θέματα που αφορούν την άρδευση και τη λίπανση της Χαρουπιάς, καταγράφοντας και αναλύοντας την υφιστάμενη εμπειρία. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στη δυναμική της καλλιέργειας στις συνθήκες της Ελλάδας και της Κρήτης. Προκύπτει ότι η χαρουπιά μπορεί να αναπτυχθεί σε περιοχές με χαμηλή βροχόπτωση (<300 mm) ακόμη και με απουσία άρδευσης. Μολονότι η χαρουπιά επιβιώνει και αναπτύσσεται χωρίς λίπανση, προσθήκη βασικών στοιχείων όπως το άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K), σε λελογισμένες ποσότητες (<1 κιλό ανά δένδρο ετησίως), μπορούν μακροπρόθεσμα να υποστηρίξουν καλύτερα την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα του δέντρου που μπορεί να φτάσει έως τα 50 κιλά καρπού ανά δένδρο. Η χαρουπιά εκτός από την οικονομική σημασία λόγω παραγωγής καρπών και σπόρων, χαρακτηρίζεται από ικανοποιητικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα άνθρακα λόγω της υψηλής δέσμευσης του από τα δένδρα συγκριτικά με άλλες καλλιέργειες. Συνολικά, η χαρουπιά μπορεί να θεωρηθεί καλλιέργεια χαμηλών εισροών γεγονός που την καθιστά ελκυστική για τους αγρότες στις περιοχές της Μεσογείου, δεδομένης και της ανερχόμενης αξίας του καρπού, ιδιαίτερα σε ξηρικές ή ημι-ξηρικές περιοχές με μεγαλύτερη ευαισθησία στην κλιματική αλλαγή.

3.2. Εισαγωγή

Η χαρουπιά θεωρείται ως ένα φυτικό είδος με καλή προσαρμογή στις οικολογικές συνθήκες της περιοχής της Μεσογείου, κυρίως στις ζώνες χαμηλού υψομέτρου, οφειλόμενο κυρίως στους μηχανισμούς στοματικής προσαρμογής και της δομής-ανατομίας των επιμέρους

φυτικών οργάνων (κυρίως φύλλα και ρίζες) (Nunes et al., 1989; Salleo and Gullo, 1989; Correia and Martins-Louçã, 1995), ή ακόμη και στην μεταβολή του τρόπου μετακίνησης των θρεπτικών συστατικών στους φυτικούς ιστούς (Correia and Martins-Louçã, 1997). Ως αποτέλεσμα, το δένδρο της χαρουπιάς μπορεί να επιβιώσει και να αναπτυχθεί ομαλά ακόμη και σε μεγάλες περιόδους ξηρασίας. Κύριες περίοδοι ανάπτυξης της χαρουπιάς είναι η άνοιξη και το φθινόπωρο όπως στα περισσότερα μεσογειακά δέντρα. Ωστόσο, σε ζεστές περιοχές, όπως η Κρήτη, η χαρουπιά δύναται να αναπτυχθεί, με βραδύτερους όμως ρυθμούς, το χειμώνα ή και το καλοκαίρι (Liphschitz and Lev-Yadun, 1986). Η χαρουπιά αναπτύσσει με την πάροδο του χρόνου ένα εκτεταμένο ριζικό σύστημα προς την επιφάνεια αλλά κυρίως προς τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα, γεγονός που επιτρέπει την πρόσβαση σε βαθύτερες «υπεδάφειες» περιοχές, εκεί όπου υπάρχει διαθέσιμο νερό (Nunes et al., 1989).

Λιγοστή είναι η βιβλιογραφία σχετικά με τη θρέψη-άρδευση της χαρουπιάς προερχόμενη κυρίως από εργασίες που έχουν γίνει στην Πορτογαλία και την Ισπανία (Correia and Martins-Louçã, 1995; Correia and Martins-Louçã, 1997; Correia and Martins-Louçã, 2005). Ακόμα λιγότερα είναι γνωστά σχετικά με το περιβαλλοντικό και κλιματικό αποτύπωμα της χαρουπιάς, γεγονός που καθιστά την καλλιέργεια ως ένα δυναμικό πεδίο έρευνας, λαμβάνοντας υπόψη και τις επιδόσεις της ως ένα αρκετά ανθεκτικό είδος στις ξηροθερμικές συνθήκες της Μεσογείου. Στο Κεφάλαιο αυτό, γίνεται προσπάθεια συλλογής της διαθέσιμης πληροφορίας μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης σε θέματα αναφορικά με την άρδευση και τη λίπανση της Χαρουπιάς, δίνοντας έμφαση στη δυναμική της καλλιέργειας στις συνθήκες της Ελλάδας και της Κρήτης. Μεγαλύτερο μέγεθος της βιβλιογραφίας προέρχεται από την Πορτογαλία αναδεικνύοντας την αξιοσημείωτη προσαρμοστικότητα της σε συνθήκες χαμηλών εισροών γεγονός που εκτιμάται ότι θα έχει μεγάλη επίδραση στην επέκταση της καλλιέργειας στη λεκάνη της Μεσογείου και ιδιαίτερα σε περιοχές με ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο και ευαισθησία στην κλιματική αλλαγή.

3.3. Η παραγωγή των χαρουπιών στις χώρες της Μεσογείου

Συνήθως ή χαρουπιά απαντάται είτε ως καθαρή καλλιέργεια είτε ως μικτή συνυπάρχοντας με άλλα δένδρα. Η απόσταση των δένδρων των χαρουπιών σε καλλιεργητικές διατάξεις είναι περίπου 10x10 μέτρα, ωστόσο υπάρχουν διακυμάνσεις λόγω της παρουσίας άλλων δένδρων στους μικτούς οπωρώνες. Στη μεσογειακή κλιματική ζώνη, χώρες όπως η Πορτογαλία έχει αναφερθεί συνολική παραγωγή της τάξης των 35.000 τόνων ετησίως (μέσος όρος 10 ετών, 2000-2009), ωστόσο ο σπόρος θεωρούνταν ως το σημαντικότερο υποπροϊόν (Correia et al., 2017). Σε πρόσφατη εργασία στη ίδια χώρα, με μέση έκταση οπωρώνα τα 0,55 εκτάρια και πυκνότητα φύτευσης 45 δέντρα ανά εκτάριο, η παραγωγή κυμάνθηκε μεταξύ 7,7-10,6 κιλά ανά δένδρο, δηλαδή 350 έως 500 κιλά ανά εκτάριο (10 στρέμματα) (Correia et al., 2017). Στην Ισπανία, νωρίτερα έχουν αναφερθεί πυκνότητα φύτευσης 50 δένδρων ανά εκτάριο, ενώ σε πειραματικούς οπωρώνες με 139 δέντρα ανά εκτάριο (φύτευση 8x9) και απόδοση έως 30 κιλά ανά δένδρο (ισοδυναμεί σε παραγωγή έως και 4.000 κιλά περίπου ανά εκτάριο, για την περίοδο 2002-2005), ανάλογα στην ποικιλία (Tous et al., 2008). Στην τελευταία εργασία έχει αναφερθεί αντίστοιχη παραγωγή στην Ιταλία και την Πορτογαλία, έως 5.400 (39 κιλά ανά δένδρο) και 6.700 (49 κιλά ανά δένδρο) κιλά ανά εκτάριο, αντίστοιχα (Tous et al., 2008). Συνολικά, παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση της παραγωγής ανά χώρα και ανά ποικιλία χαρουπιάς.

Πίνακας 3.1. Η επίδραση της λίπανσης στην παραγωγή καρπών χαρουπιάς (κιλά ανά δένδρο) [C: Μάρτυρας, N: Αζωτούχος λίπανση 0,80 κιλά N ανά δέντρο, K: 0,83 κιλά K ανά δέντρο και NK: 0,80 κιλά N + 0,83 κιλά K δέντρο]. Ο πίνακας προέρχεται από το άρθρο των Correia et al. (2008).

Treatments	1997	1998	1999
C	16.7 ± 9.5 a	24.8 ± 9.7 a	39.9 ± 14.3 a
N	15.1 ± 6.1 a	31.9 ± 9.8 a	41.2 ± 12.9 a
K	22.2 ± 11.2 a	32.0 ± 11.4 a	40.2 ± 13.6 a
NK	21.8 ± 24.8 a	28.6 ± 22.7 a	40.7 ± 13.0 a
Year effect		**	

Notes: In each column, means ($\pm$ standard deviation; n = 6) followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ as estimated using DMRT. Year effect was analysed by one-way ANOVA, combining all treatments,

**Significant at $p < 0.01$.

Πίνακας 3.2. Ακαθάριστο εισόδημα αγροτών ανά δέντρο και ανά εκτάριο (σε ευρώ) που προέρχονται από την παραγωγή καρπού και το απόθεμα CO₂. Η μέγιστη τιμή (maximum 2002-2003) προκύπτει από την υπόθεση ότι όλα τα δέντρα θα μπορούσαν να επιτύχουν μέγιστη απόδοση (98 kg). Ο πίνακας προέρχεται από το άρθρο των Correia et al. (2017).

Ecosystem services	Pure orchards		Mixed orchards	
Income (Euros)	Tree	ha	Tree	ha
From fruits: 2002	2.3	104	6.5	215
2003	3.2	144	8.6	284
Maximum (2002–2003)	29.4	1323	30.9	1082
From CO ₂ e stock:		301		265

Means of fruit production are those indicated in Table 1. Maximum values were chosen within the 2 years. One kg of fresh pods = 0.30 Euros; 1 Mg of CO₂e = 4.07 Euros

Εκτός από την ποικιλία, τα επίπεδα της άρδευσης και λίπανσης φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή των δένδρων. Για παράδειγμα, διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (0%, 50% και 100%, με βάση τις καθημερινές τυπικές τιμές εξάτμισης) σε συνδυασμό με δύο διαφορετικές προσθήκες N (21 και 63 kg N ha⁻¹ έτος⁻¹) (πειραματισμός μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου 1993), η παραγωγή αυξήθηκε ανάλογα της υγρασία και την λίπανση φτάνοντας αρχικά τα 1.250 κιλά ανά εκτάριο (Correia and Martins-Loução, 1993) και περίπου τα 2.500 κιλά ανά εκτάριο (Correia and Martins-Loução, 1995). Τέλος, σε 3-ετή εργασία στην Πορτογαλία (1997-1999), με αζωτούχο και καλιούχο λίπανση: 0,80 κιλά N ανά δέντρο, 0,83 κιλά K ανά δέντρο και 0,80 κιλά N + 0,83 κιλά K δέντρο (μέση βροχόπτωση τα 250 mm), δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση στην παραγωγή καρπών, που έφτασε στο τέλος του πειραματισμού τα 41 κιλά ανά δένδρο περίπου (Πίν. 3.1) (Correia et al., 2008). Σε πρόσφατη εργασία έχει εκτιμηθεί η οικονομία της χαρουπιάς, με τα έσοδα να φτάνουν τα 30 ευρώ ανά δένδρο ή 1.400 ευρώ ανά εκτάριο (Πίνακας 3.2) (Correia et al., 2017).

3.4. Απαιτήσεις σε θερμοκρασία

Η χαρουπιά, όπως προαναφέρθηκε θεωρείται ένα θερμόφιλο είδος καλά προσαρμοσμένο στο υποτροπικό μεσογειακό κλίμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από ήπιους δροσερούς χειμώνες, και ζεστά έως ξηρά καλοκαίρια. Στις περιοχές αυτές, οι θερμοκρασίες μπορούν φτάσουν έως τους 40 ή 45°C, χωρίς να προκαλούν σημαντικό πρόβλημα στην ανάπτυξη των δένδρων (Tous et al., 2013).

Αντίθετα, το χειμώνα σε θερμοκρασίες κάτω των 4°C οι νεαρές χαρουπιές δύναται να συρρικνωθούν και να αποβάλλουν τα άνθη τους. Τα ενήλικα δέντρα εμφανίζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και μπορούν να αντέξουν χειμερινές θερμοκρασίες της τάξης των 7°C έως 10°C (Tous et al., 2013).

Εκτός από τη θερμοκρασία, η ανάπτυξη της χαρουπιάς μπορεί να επηρεαστεί από την παρουσία ισχυρών ανέμων, οι οποίοι δύναται να βλάψουν ολοκληρωτικά τα νεαρά δέντρα και να προκαλέσουν αποκόλληση των κλάδων των ενήλικων δέντρων (Tous et al., 2013).

3.5. Απαιτήσεις σε νερό – άρδευση της Χαρουπιάς

Το χαρούπι, έχει προσαρμοστεί σε ξηρά περιβάλλοντα (Nunes et al., 1989; Salleo and Gullo, 1989), και μπορεί να αναπτύσσεται σε περιοχές με μέση ετήσια βροχόπτωση μεταξύ 250 και 500 mm (ύψος βροχόπτωσης το οποίο απαντάται κυρίως στην κεντρική και ανατολική Κρήτη). Ως εκ τούτου, επιβιώνει και σε εδάφη στα οποία δεν εφαρμόζεται άρδευση. Μολονότι, τα 350 χιλιοστά ετήσιας βροχόπτωσης θεωρούνται ικανά για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των δένδρων της χαρουπιάς (Marques et al., 1970), υψηλότερα ποσά ετήσιας βροχόπτωσης (περίπου 500-550 mm) θεωρείται ότι συμβάλλουν στη βελτίωση της παραγωγής (Batlle, 1997, Tous et al., 2013). Ωστόσο, υψηλή βροχόπτωση κυρίως το φθινόπωρο μπορεί να επηρεάσει την επικονίαση και το σχηματισμό των καρπών. Επιπλέον, υψηλή υγρασία κατά την περίοδο της άνοιξης, ενέχεται να προάγει τη μόλυνση με το μύκητα *Oidium* στα φύλλα και στους νεαρούς καρπούς. Σε κάθε περίπτωση, η χαρουπιά θεωρείται ένα δένδρο με καλές επιδόσεις σε σχέση με την προσαρμογή σε ξηροθερμικά κλίματα (Correia and Martins-Louçã, 2005), καθώς και με το αποτύπωμα του CO₂ (Correia et al., 2017), καθιστώντας το ως μία αξιόλογη επιλογή

έναντι της κλιματικής αλλαγής. Ανά τον κόσμο (Ισραήλ, Μεξικό και αλλού), εξαιτίας της οικονομικής σημασίας της και της ανθεκτικότητας της στην ξηρασία, η χαρουπιιά έχει δοκιμαστεί σε διαφορετικές συνθήκες, χρησιμοποιώντας ποικίλες πηγές νερού όπως νερό απορροής (Merwin, 1980, Herwitz et al., 1988). Στην Αυστραλία, σε παλαιότερη εργασία, το χαρούπι θεωρήθηκε ως μια δυναμική καλλιέργεια, ιδιαίτερα σε περιοχές με χαμηλό ύψος βροχόπτωσης (<500 mm ετησίως) (Race et al., 1999).

Παρά την προσαρμοστικότητά της, η χαρουπιιά φαίνεται ότι επηρεάζεται σημαντικά από το επίπεδο του διαθέσιμου νερού. Σε παλαιότερη εργασία, διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (0%, 50% και 100%, με βάση τις καθημερινές τυπικές τιμές εξάτμισης) σε συνδυασμό με δύο διαφορετικές προσθήκες N (21 και 63 kg N ha⁻¹ έτος⁻¹) (πειραματισμός μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου 1993) επηρέασαν θετικά την ανάπτυξη των δένδρων (Correia and Martins-Louçã, 1995). Σημειώνεται ωστόσο, ότι υπό συνθήκες 50% αρκούν για να διασφαλιστεί μια λογική βλαστική ανάπτυξη και παραγωγή (Correia and Martins-Louçã, 1995). Η εργασία συνεχίστηκε σε μακροχρόνια βάση (4ετής πειραματισμός) και οι συγγραφείς αναφέρουν έλλειψη επίδρασης του επιπέδου άρδευσης, στη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, ωστόσο σημειώθηκε καθυστέρηση στο μοτίβο απόρριψης των φύλλων κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής ξηρασίας (Correia and Martins-Louçã, 1997). Σε άλλη εργασία (Correia and Martins-Louçã 1996), χρησιμοποιώντας την τεχνολογία των ισοτόπων για τον έλεγχο πιθανών πηγών νερού, διαπιστώθηκε ότι, 1 χρόνο μετά το τέλος εφαρμογής άρδευσης και λίπανσης σε χαρουπιές, τα δένδρα συνέχισαν να χρησιμοποιούν μια σταθερά διαθέσιμη πηγή νερού που πιθανότητα ήταν είτε στην κορεσμένη ζώνη είτε στην ελαφρώς πιο ρηχή ζώνη. Αυτός ο πόρος των βαθέων υδάτων εξαρτήθηκε, προφανώς, από το μοτίβο των βροχοπτώσεων. Βροχοπτώσεις κάτω των 120 mm κατά τη διάρκεια Οκτωβρίου–Μαρτίου κατέστειλαν εντελώς την ανάπτυξη των βλαστών σε ώριμα δέντρα, παρά την εμφάνιση φυσιολογικών επιπέδων βροχόπτωσης μετά το Μάρτιο.

Συνολικά, συμπεραίνεται ότι εφόσον υπάρχει αξιόπιστη πηγή νερού όλες τις εποχές η άρδευση είναι λιγότερο σημαντική και δεν είναι προαπαιτούμενη για την ομαλή ανάπτυξη των δέντρων. Ωστόσο, σημειώνεται ότι η χαρουπιιά εμφανίζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης

του νερού (water use efficiency-WUE), εκφραζόμενη ως η αναλογία μεταξύ της παραγωγής φρούτων ανά μονάδα διαθέσιμου νερού, ιδιαίτερα την περίοδο άνοιξης/καλοκαιριού σε μη αρδευόμενα δέντρα (Correia and Martins-Loução, 1993). Επίσης, έχει βρεθεί ότι οι χαρουπιές διατηρήσουν υψηλούς ρυθμούς φωτοσύνθεσης ακόμη και σε χαμηλές ποσότητες διαθέσιμου νερού στο έδαφος (Nunes et al., 1992), παρουσιάζοντας παράλληλα και άλλους μηχανισμούς αντοχής ενάντια στην ξηρασία όπως είναι η αποβολή φύλλων και κλαδιών (Correia and Martins-Loução, 2005).

3.6. Εδαφικές και θρεπτικές απαιτήσεις της χαρουπιάς

Η χαρουπιά μπορεί να καλλιεργηθεί σε ένα ευρύ φάσμα από διαφορετικούς τύπους εδαφών, από φτωχά αβαθή-αμμώδη εδάφη έως βαθύτερα αργιώδη εδάφη, μολονότι στα πρώτα προκαλείται συνήθως μείωση της παραγωγικότητας των δένδρων. Προτιμητέα εδάφη για την ομαλή ανάπτυξη της χαρουπιάς και τη βέλτιστη παραγωγή θεωρούνται τα εδάφη μέσης σύστασης (π.χ. αμμοπηλώδη) με καλή στράγγιση του νερού και αερισμό, και εδάφη υψηλή σχετικά περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο με ουδέτερο έως αλκαλικό pH. Η χαρουπιά μπορεί να ανεχθεί έως και 3% χλωριούχο νάτριο στο έδαφος (Winer, 1980)

Η περίοδος μεταξύ του τέλους άνοιξης και της αρχής του καλοκαιριού θεωρείται πολύ σημαντική για τη χαρουπιά, οπότε και απαιτούνται πόροι για τη βλαστική ανάπτυξη, πιθανώς για την επαγωγή της ανθοφορίας, και τη μεγέθυνση των καρπών. Για το λόγο αυτό, υπάρχει σαφής ζήτηση θρεπτικών συστατικών αυτή την περίοδο. Η εφαρμογή του N λίγο πριν το τέλος της άνοιξης μπορεί να καλύψει αυτή τη ζήτηση, εφόσον προκύψει βροχόπτωση και μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα της χρήσης νερού. Σημαντική είναι και η παρουσία οργανικής ύλης στο έδαφος καθώς και το κατάλληλο pH (Correia and Martins-Loução 2005), στο προαναφερόμενο εύρος τιμών.

3.6.1. Άζωτο [N]: Προηγούμενη ερευνητική εμπειρία αναδεικνύει τη θετική επίδραση της προσθήκης N σε ώριμους οπωρώνες χαρουπιάς (Correia and Martins-Loução, 1993). Σε παλαιότερη εργασία, σε οπωρώνα με τα δέντρα ηλικίας 10 ετών, ο οποίος εγκαταστάθηκε σε

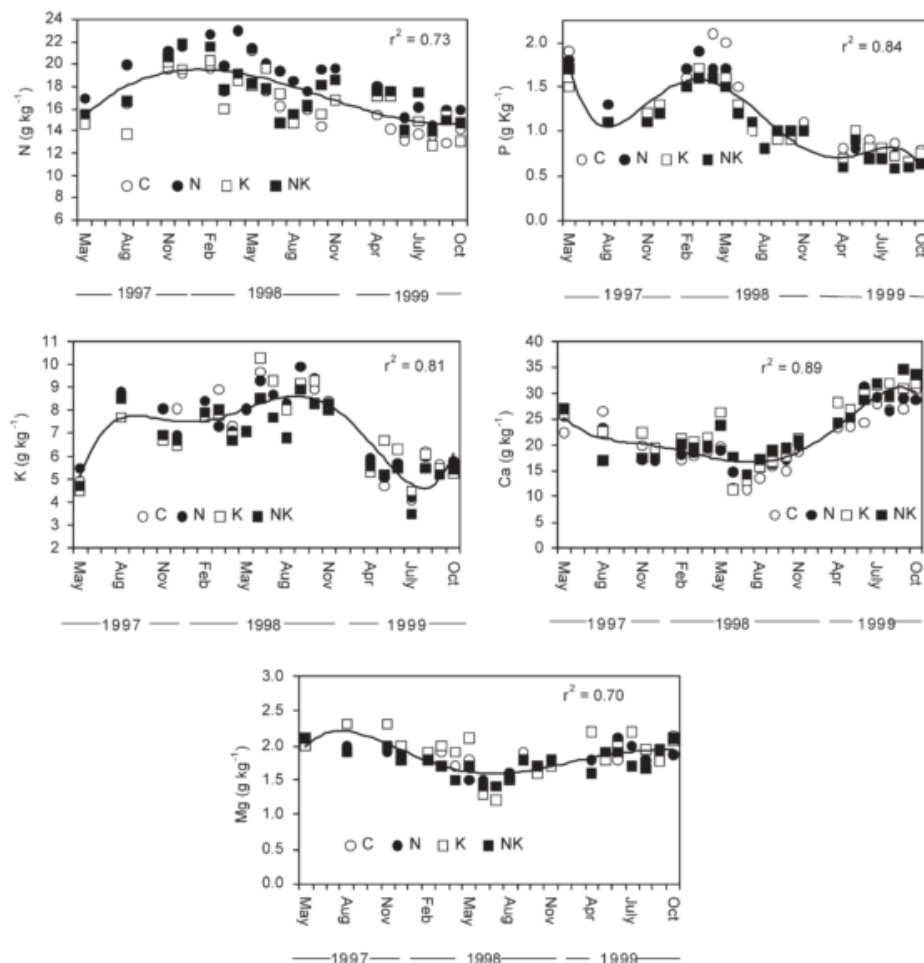
ασβεστολιθικό έδαφος (συνολικό ανθρακικό ασβέστιο: 65,2 %, ενεργός ασβέστιο: 17,5 %) δοκιμάστηκαν τέσσερα επίπεδα ανόργανης λίπανσης ως εξής: Μάρτυρας (χωρίς λίπασμα), προσθήκη 0,8 Kg N ανά δέντρο, προσθήκη 1 Kg K₂O ανά δένδρο, και προσθήκη 0.8 Kg N ανά δένδρο + 1 Kg K₂O ανά δένδρο (Correia et al., 1999). Με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας, η εφαρμογή K ή N μεμονωμένα οδήγησε σε σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των φυτικών ιστών σε N (προσθήκη N), του αριθμού των ταξιανθιών και υψηλότερη παραγωγή, ενώ η παράλληλη εφαρμογή και των δύο θρεπτικών δεν είχε αντίστοιχο αποτέλεσμα. Σε άλλη δημοσιευμένη 3-ετή εργασία που πραγματοποιήθηκε στην Πορτογαλία, δοκιμάστηκαν τέσσερις επεμβάσεις, η καθεμία με 12 δέντρα κατανεμημένα σε ένα πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο επειδή το έδαφος ήταν ομοιογενές και πλούσιο σε ανθρακικό ασβέστιο (José Correia et al., 2008). Οι επεμβάσεις ήταν παρόμοιες με την προηγούμενη εργασία και περιλάμβαναν: απουσία λίπανσης (μάρτυρας), ή 0,80 Kg N ανά δέντρο, ή 0,83 Kg K ανά δέντρο ή 0,80 Kg N + 0,83 Kg K ανά δέντρο. Σημειώνεται ότι στη διάρκεια του υδρολογικού κύκλου για τα πρώτα 2 έτη η βροχόπτωση ήταν 250 mm. Τα αποτελέσματα έδειξαν θετική επίδραση στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων των καρπών μόνο το τρίτο έτος και μόνο για το N και το K, ενώ δεν υπήρξε καμία επίδραση στο P και τα υπόλοιπα θρεπτικά ιχνοστοιχεία. Στα φύλλα, το N είχε θετική επίδραση, ενώ αξιοσημείωτη ήταν η εποχιακή διακύμανση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων (Εικ. 3.1).

Σε προαναφερθείσα εργασία στο παρόν κείμενο, διαφορετικές προσθήκες N (21 και 63 κιλά N ανά εκτάριο ανά έτος) είχαν θετική επίδραση στην ανάπτυξη και παραγωγή της χαρουπιάς (Correia and Martins-Loução, 1995). Σε μακροχρόνια μελέτη (4ετής πειραματισμός), οι συγγραφείς αναφέρουν επίσης ότι τα παραπάνω επίπεδα λίπανσης δεν είχαν καμία επίδραση στη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μετατόπιση αζώτου από τα φύλλα προς τους καρπούς, στο υψηλό επίπεδο λίπανσης με N σε σχέση με τα δέντρα με τη χαμηλή προσθήκη N, ενώ η μετατόπιση φωσφόρου ήταν ανεξάρτητη από την άρδευση και τη λίπανση (Correia and Martins-Loução, 1997). Προηγουμένως σε διετή πειραματισμό σε ώριμα δένδρα ηλικίας 20–30 ετών, με τα παραπάνω επίπεδα λίπανσης

διαπιστώθηκε θετική επίδραση της προσθήκης N στην παραγωγή (έως 1.250 kg ha⁻¹) (Correia and Martins-Loução, 1993).

Σε ανάλογους πειραματισμούς σε μη γόνιμο έδαφος, έχουν αναφερθεί μέγιστες αποδόσεις της τάξης των 38-39 kg ανά δένδρο (2.600-2.700 kg ha⁻¹), παράλληλα με υψηλές συγκεντρώσεις N στα φύλλα (μεταξύ 21,0 και 25,0 g N ανά ξηρό βάρος φύλλων), με εφαρμογή καλοκαιρινής άρδευσης (Correia et al., 2002). Από την άλλη πλευρά, σε γόνιμο έδαφος, επιτυγχάνονται υψηλότερες αποδόσεις και συγκεντρώσεις N στα φύλλα, γεγονός που αποδίδεται στην εξάρτηση της χαρουπιάς στο διαθέσιμο ανόργανο N του εδάφους. Η χαρουπιά μολονότι ανήκει στην οικογένεια Fabaceae (Leguminous) δεν εξαρτάται από τη βιολογική δέσμευση του N (Martins-Louçao, 1990).

Μολονότι δεν αποδεικνύεται η συσχέτιση μεταξύ της εφαρμογής N στο έδαφος και της συγκέντρωσης του θρεπτικού αυτού στοιχείου στα φύλλα, εκτιμάται ότι η προσθήκη N αυξάνει το απόθεμα του εδάφους, το οποίο αποδίδεται σταδιακά ευνοώντας μακροπρόθεσμα την ανάπτυξη και παραγωγή των δένδρων (Correia and Martins-Loução, 2005). Επιπρόσθετα, η υψηλή προσθήκη N μέσω της λίπανσης (0.9 έναντι των 0.3 Kg ανά δένδρο) είναι δυνατόν να βοηθήσει τα δένδρα να ανταπεξέλθουν σε συνθήκες ξηρασίας την άνοιξη ή το φθινόπωρο, πιθανότατα, όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, λόγω των μετατοπίσεων του θρεπτικού στοιχείου μεταξύ των φυτικών ιστών (Correia and Martins-Loução, 1993).



Εικόνα 3.1. Η εποχιακή διακύμανση των μακρο-θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα χαρουπιάς μετά από λίπανση με N και K [C:Μάρτυρας, N: Αζωτούχος λίπανση 0,80 Kg N ανά δέντρο, K: 0,83 Kg K ανά δέντρο και NK: 0,80 Kg N + 0,83 Kg K δέντρο]. Η εικόνα προέρχεται από το άρθρο των José Correia et al. (2008).

3.6.2. Φώσφορος [P]: Η δυναμική του P στην χαρουπιά φαίνεται να ακολουθεί ένα μοτίβο που μπορεί να βρεθεί και σε άλλες ξηρικές καλλιέργειες, εμφανίζοντας χαμηλές συγκεντρώσεις του P στα φύλλα (Turner, 1994). Ωστόσο, η εφαρμογή P μπορεί οδηγήσει σε υψηλότερες συγκεντρώσεις P στα φύλλα. Γενικά, οι συγκεντρώσεις P των φύλλων χαρουπιού εμφανίζουν

μεγάλες διακυμάνσεις, με ένα εύρος από 0,8–1,1 g ανά kg ξηρού βάρους φύλλου P σε φτωχά εδάφη χαμηλής γονιμότητας και υψηλότερες τιμές (μεταξύ 1,1 και 1,3 g ανά kg ξηρού βάρους φύλλου P σε ασβεστώδη, αλκαλικά εδάφη (Correia and Martins-Loução, 1997; Correia et al., 1999). Και στα εδάφη τα οποία κυριαρχούν στη λεκάνη της Μεσογείου, παρατηρούνται γενικότερα σχετικά χαμηλά επίπεδα διαθέσιμου P. Μολαταύτα, ακόμη και σε χαμηλές τιμές περιεκτικότητας P οι χαρουπιές μπορούν να απορροφήσουν αποτελεσματικά το P και η απόδοση των δένδρων να είναι ικανοποιητική (Correia et al., 1999). Έχει βρεθεί ότι αυτή η ικανότητα της χαρουπιάς να προσλαμβάνει αποτελεσματικά P, μπορεί να σχετίζεται με την παρουσία μυκόρριζων, ανεξάρτητα από τα εδαφοκλιματικά χαρακτηριστικά της θέσης στην οποία αναπτύσσονται ή την ηλικία των δένδρων (Correia and Martins-Loução, 2005) αλλά και από την δυνατότητα μετακίνησης του P μεταξύ των φύλλων ιδιαίτερα τις ξηρές περιόδους (Correia and Martins-Loução, 1997). Συνολικά, με βάση την έως τώρα ερευνητική εμπειρία, συμπεραίνεται ότι η χαρουπιά, ανεξάρτητα από τη διαθεσιμότητα του P στο έδαφος, μπορεί να επιτύχει ικανοποιητική πρόσληψη P και να επιτύχει αντίστοιχες αποδόσεις σε παραγωγή χαρουπιών, γεγονός που πιθανόν να υποστηρίξει την υπόθεση της μυκόρριζας (Correia and Martins-Loução, 2005). Σε κάθε περίπτωση είναι αξιοσημείωτο ότι ακόμη δεν υπάρχουν δεδομένα σχετικά με την επίδραση της προσθήκης P σε χαρουπόδενδρα και μόνο πρακτικές συστάσεις υπάρχουν, όπως τα 0.3 kg P ανά δένδρο (Correia and Martins-Loução, 2005).

3.6.3. Κάλιο [K]: Δεν υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία σχετικά με τις απαιτήσεις K από τα δένδρα της Χαρουπιάς. Έχει βρεθεί ότι σε μη γόνιμα εδάφη αλλά υπό συνθήκες άρδευσης, οι συγκεντρώσεις K των φύλλων περίπου προσέγγισαν τα 12,5 g ανά kg ξηρού βάρους (1,25%) και αύξησαν την παραγωγή σε χαρούπια (Correia et al., 2002). Σε μη αρδευόμενες καλλιέργειες, η θετική αυτή συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης του δένδρου και της περιεκτικότητας του φύλλου σε K μπορεί να μην επιβεβαιώνεται ακόμη και σε εδάφη κατάλληλα για την καλλιέργεια της Χαρουπιάς (Correia and Martins-Loução, 2005) η οποία οφείλεται πιθανόν στη μετακίνηση του K προς τους αναπτυσσόμενους καρπούς (Correia et al., 1999). Σημειώνεται σε ανάλογο πειραματισμό στην Πορτογαλία, σε μη αρδευόμενες καλλιέργειες Χαρουπιάς η εφαρμογή K σε

ποσότητα 0,8 kg ανά δέντρο δεν ευνόησε την ανάπτυξη και την παραγωγή των δένδρων (Correia and Martins-Loução, 2005). Όμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε άλλη μία προαναφερθείσα εργασία στην Πορτογαλία όπου η λίπανση με κάλιο αύξησε την περιεκτικότητα των καρπών μόνο στο τρίτο έτος πειραματισμού, ενώ δεν είχε σημαντική επίδραση στη συγκεντρώσεις K στα φύλλα (Correia et al., 2008). Γενικότερα, από την προηγούμενη εμπειρία, η εφαρμογή λιπασμάτων K (π.χ. 1,2 kg ανά δέντρο), είναι πιθανόν να μην προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στη θρέψη των δένδρων (José Correia et al., 2008), αλλά μπορεί να ενισχύσει τη συνολική παραγωγή, ακόμη και αν το έδαφος περιέχει K σε υψηλή συγκέντρωση (Correia and Martins-Loução, 2005).

3.6.4. Ασβέστιο [Ca], μαγνήσιο [Mg] και μικροστοιχεία: Δεν υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με την επίδραση της λίπανσης και τη θρέψη της χαρουπιάς, γεγονός που καθιστά το πεδίο σχετικά «παρθένο» με ευκαιρίες νέων ανακαλύψεων. Ενδεικτικά αναφέρουμε προαναφερθείσα 3-ετή εργασία στην Πορτογαλία, με τέσσερις επεμβάσεις: απουσία λίπανσης (μάρτυρας), 0,80 Kg N ανά δέντρο, 0,83 Kg K ανά δέντρο και 0,80 Kg N + 0,83 Kg K δέντρο (Correia et al., 2008). Με βάση τα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη επίδραση στις συγκεντρώσεων Ca, Mg και άλλων μικροστοιχείων στα φύλλα και τους καρπούς (Πίν. 3.3). Προφανώς χρειάζεται μεγαλύτερη μελέτη και σε βάθος χρόνου ώστε να μπορέσουμε να διαπιστώσουμε το δυναμικό της χαρουπιάς σε σχέση με την πρόσληψη και αξιοποίηση των ιχνοστοιχείων.

Πίνακας 3.3. Επίδραση της αζωτούχου και καλιούχου λίπανσης στη συγκέντρωση των μακρο και μικρο-στοιχείων στους καρπούς της χαρουπιάς. [C: Μάρτυρας, N: Αζωτούχος λίπανση 0,80 κιλά N ανά δέντρο, K: 0,83 κιλά K ανά δέντρο και NK: 0,80 κιλά N + 0,83 κιλά K δέντρο]. Ο πίνακας προέρχεται από το άρθρο των Correia et al. (2008).

Element	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
June 1997								
C	15.5 a	1.6 a	12.3 a	4.7 a	0.8 a	18.3 ab	20.0 a	13.0 a
N	16.3 a	1.5 a	12.5 a	5.0 a	0.8 a	21.7 ab	19.7 a	14.7 a
K	15.4 a	1.5 a	13.1 a	6.2 a	0.9 a	33.3 a	19.7 a	14.0 a
NK	15.8 a	1.5 a	12.0 a	4.9 a	0.8 a	10.0 b	14.3 b	14.0 a
April 1998								
C	14.5 a	1.5 a	14.0 a	3.6 a	0.8 a	17.7 a	11.3 a	12.0 a
N	17.2 a	1.6 a	13.7 a	3.5 a	0.8 a	18.0 a	17.3 a	12.7 a
K	16.9 a	1.6 a	13.9 a	3.2 a	0.8 a	15.0 a	12.3 a	14.0 a
NK	15.5 a	1.6 a	12.7 a	3.6 a	0.7 a	14.7 a	13.3 a	12.7 a
June 1999								
C	13.0 b	1.2 a	13.6 ab	7.0 a	0.8 a	35.7 a	20.7 a	13.7 a
N	15.7 a	1.2 a	12.3 b	9.6 a	0.8 a	25.0 b	20.7 a	13.3 a
K	12.7 b	1.2 a	14.0 a	7.2 a	0.7 a	26.7 ab	20.3 a	11.7 a
NK	14.9 a	1.2 a	13.5 ab	6.7 a	0.8 a	28.0 a	20.3 a	13.3 a
Year effect	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns

Notes: For each year, column means followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ as estimated using DMRT, $n = 3$. Year effect was analyzed by one-way ANOVA, combining all treatments.

**Significant at $P < 0.01$; ns: nonsignificant.

3.7. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χαρουπιάς

Η χαρουπιά μολονότι αναπτύσσεται σχετικά αργά, αναγνωρίζεται ως μία από τις καλλιέργειες που μπορεί να συσσωρεύουν περισσότερο C, σε σχέση με τα ταχέως αναπτυσσόμενα δέντρα (Ramachandran Nair et al., 2009). Σημειώνεται ότι οι τιμές του C που ελήφθησαν από την τελευταία προαναφερόμενη εργασία είναι συγκριτικά χαμηλότερες από αυτές που προέρχονται από τροπικά αγρο-δασικά συστήματα (Bravo et al., 2008; Somarriba et al., 2013), ωστόσο οι διαφορές συνδέονται με την πυκνότητα των δέντρων και όχι με την ικανότητα που έχει το κάθε αυτόνομο δένδρο, υποδεικνύοντας τη σημαντικά υψηλότερη συσσώρευση C από τα δένδρα χαρουπιάς. Εξ αιτίας αυτής της οικολογικής υπηρεσίας της χαρουπιάς, δηλαδή της δέσμευσης του άνθρακα, η καλλιέργεια θα μπορούσε να αποζημιώσει

περαιτέρω τους παραγωγούς, αυξάνοντας το συνολικό εισόδημα και την εμπορική δυναμική της καλλιέργειας.

Συνολικά, λιγοστές πληροφορίες υπάρχουν στη βιβλιογραφία σχετικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χαρουπιάς. Σε σχετικά πρόσφατη εργασία από την Πορτογαλία, αναδεικνύεται αρχικά η σημασία της δέσμευσης του άνθρακα χρησιμοποιώντας τον ως μια προσέγγιση για την αξιολόγηση των οφελών (οικονομικά και οικολογικά) που μπορούν να αποκομίσουν οι αγρότες από την καλλιέργεια της χαρουπιάς (Correia et al., 2017). Η εργασία χρησιμοποιεί τη σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων διαχείρισης της χαρουπιάς, δηλαδή αμιγών οπωρώνων (10 ετών) και μικτών παραδοσιακών οπωρώνων (επίσης 10 ετών) χαρουπιάς με σκοπό την αξιολόγηση της παραγωγής καρπών και της ικανότητας δέσμευσης άνθρακα από τους οπωρώνες. Τα δεδομένα αναδεικνύουν τις βέλτιστες δυνατές πρακτικές διαχείρισης της χαρουπιάς από τους νέους αγρότες καλλιεργητές και εκτιμάται το ακαθάριστο και καθαρό εισόδημα ανά εκτάριο, το οποίο παρέχεται από την παραγωγή καρπών (Πίν. 3.4). Επίσης, εκτιμάται το αποτύπωμα του άνθρακα (ως CO₂) ως μίας από τις υπηρεσίες του οικοσυστήματος της καλλιέργειας της χαρουπιάς. Η ανάλυση αναδεικνύει το δυναμικό της εκμετάλλευσης της καλλιέργειας της χαρουπιάς σε ξηροθερμικές συνθήκες σε περιθωριακές περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου ως πιθανή πηγή συμπληρωματικού εισοδήματος για τους παραγωγούς, παράλληλα, με το επιθυμητό αποτύπωμα για το περιβάλλον (Πίν. 3.4).

Προφανώς θα πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες σχετικά με το αποτύπωμα της χαρουπιάς ως μία δυναμικά ανερχόμενη καλλιέργεια.

Πίνακας 3.4. Η δέσμευση του CO₂ ανά δένδρο αμιγών και μικτών οπωρώνων χαρουπιάς. Ο πίνακας προέρχεται από το άρθρο των Correia et al. (2017).

	Pure orchards	Mixed orchards
Trunk diameter (cm) ^a	45.1 ± 8.9	49.9 ± 8.1
Maximum (cm)	115.8	101.6
Minimum (cm)	9.8	14.1
Carbon (kg) ^a	445.7 ± 27.4	537.9 ± 23.3
Maximum (kg)	2686.2	2083.1
Minimum (kg)	31.6	57.2
per ha (Mg)	20.0	17.8
CO ₂ e per tree (Mg)	1.6	1.9
per ha (Mg)	74	65

Carbon values were calculated for each tree based on model (1). CO₂ equivalent (CO₂e) was calculated as C × 3.67

3.8. Σύνοψη-Συμπεράσματα

1. Η περίοδος μεταξύ τέλους άνοιξης και αρχής καλοκαιριού είναι σημαντική για τη χαρουπιά, οπότε και απαιτούνται πόροι (νερό και θρεπτικά στοιχεία) για τη βλαστική ανάπτυξη, πιθανώς την επαγωγή της ανθοφορίας, και τη μεγέθυνση των καρπών.
2. Εφόσον υπάρχει αξιόπιστη πηγή νερού όλες τις εποχές, η άρδευση είναι λιγότερο σημαντική και δεν είναι προαπαιτούμενη για την ομαλή ανάπτυξη των δέντρων. Τα 350 mm ετήσιας βροχόπτωσης θεωρούνται ικανά για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των δένδρων της χαρουπιάς, ωστόσο υψηλότερα ποσά ετήσιας βροχόπτωσης (περίπου 500-550 mm) θεωρείται ότι συμβάλλουν στη βελτίωση της παραγωγής.
3. Η χαρουπιά εμφανίζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού (water use efficiency-WUE), εκφραζόμενη ως η αναλογία μεταξύ της παραγωγής καρπών ανά μονάδα διαθέσιμου νερού, ιδιαίτερα την περίοδο άνοιξης/καλοκαιριού σε μη αρδευόμενα δέντρα.

4. Το N είναι πολύ σημαντικό στοιχείο για την χαρουπιά και η πρόσληψή του από τα φυτά της χαρουπιάς την άνοιξη μπορεί να καλύψει τις ανάγκες τις περιόδου. Η εφαρμογή του N λίγο πριν την το τέλος της άνοιξης μπορεί να καλύψει αυτή τη ζήτηση, εφόσον προκύψει βροχόπτωση και μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα της χρήσης νερού.
5. Η λίπανση με N μπορεί να θεωρηθεί μια πιθανή λύση για τη διατήρηση και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των δένδρων χαρουπιάς τουλάχιστον σε περιοχές με βροχόπτωση μεγαλύτερη από 300 mm και χειμερινές θερμοκρασίες υψηλότερες από 10 °C
6. Ποσότητες N από 0,8 έως και 1 kg ανά δέντρο ετησίως μπορεί να θεωρηθούν ως βάση για την ορθή λίπανση της χαρουπιάς. Ωστόσο απαιτείται ανάλυση εδάφους για τις προυπάρχουσες διαθεσιμότητες στο έδαφος του N και της οργανικής ουσίας. Σημαντικό είναι και το κατάλληλο pH (ουδέτερο έως αλκαλικό). Επίσης, θα πρέπει αποτραπούν οι απώλειες N είτε μέσω έκπλυσης των νιτρικών ιόντων ή υπό αέρια μορφή εξαιτίας της απονιτροποίησης (πχ NO_2) ή πτητικοποίησης ως NH_3 .
7. Δεν έχει μελετηθεί επαρκώς η επίδραση της λίπανσης με P στη θρέψη, ανάπτυξη και την παραγωγή της χαρουπιάς. Υπάρχουν μόνο πρακτικές συστάσεις για ποσότητα της τάξης των 0,3 kg ανά δένδρο. Σε κάθε περίπτωση, ακόμη και σε χαμηλές τιμές περιεκτικότητας P φαίνεται ότι οι χαρουπιές μπορούν να απορροφήσουν αποτελεσματικά το P και να επιτύχουν ικανοποιητική απόδοση; Εκτιμάται ότι αυτό επιτυγχάνεται από την ευεργετική επίδραση των μυκορριζών, χωρίς αυτό να επιβεβαιώνεται έως τώρα.
8. Η χαρουπιά μπορεί να θεωρηθεί καλλιέργεια χαμηλών εισροών γεγονός που την καθιστά ελκυστική για τους αγρότες στις περιοχές της Μεσογείου, δεδομένης και της ανερχόμενης αξίας του καρπού, ιδιαίτερα σε ξηρικές ή ημι-ξηρικές περιοχές με μεγαλύτερη ευαισθησία στην κλιματική αλλαγή.
9. Απαιτείται μελέτη της επίδρασης των εδαφοκλιματικών συνθηκών στην ανάπτυξη, θρέψη και παραγωγή της χαρουπιάς σε βάθος χρόνου κυρίως λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.

Βιβλιογραφία

- Battle, I. 1997. Carob tree: *Ceratonia siliqua* L.-Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Bioversity International.
- Bravo, F., A. Bravo-Oviedo, and L. Diaz-Balteiro. 2008. Carbon sequestration in Spanish Mediterranean forests under two management alternatives: a modeling approach. *European Journal of Forest Research* 127:225-234.
- Correia, P., and M. Martins-Loução. 1996. Effect of N fertilisation and irrigation on the development of carob-tree (*Ceratonia siliqua* L. cv. Mulata). Page 22 *in* Proceedings of the 3rd international carob symposium.
- Correia, P. J., I. Anastácio, M. da Fé Candeias, and M. A. Martins-Loução. 2002. Nutritional Diagnosis in Carob-Tree. *Crop Science* 42:1577-1583.
- Correia, P. J., I. Anastácio, and M. A. Martins-Loução. 1999. The effect of NK fertilization on growth patterns and leaf nutrient concentration of carob-trees (*Ceratonia siliqua* L.). Pages 31-34 *in* D. Anac and P. Martin-Prével, editors. *Improved Crop Quality by Nutrient Management*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Correia, P. J., J. F. Guerreiro, M. Pestana, and M. A. Martins-Loução. 2017. Management of carob tree orchards in Mediterranean ecosystems: strategies for a carbon economy implementation. *Agroforestry Systems* 91:295-306.
- Correia, P. J., and M. A. Martins-Loução. 1995. Seasonal variations of leaf water potential and growth in fertigated carob-trees (*Ceratonia siliqua* L.). *Plant and Soil* 172:199-206.
- Correia, P. J., and M. A. Martins-Loução. 1993. Effect of N-nutrition and irrigation on fruit production of carob (*Ceratonia siliqua*). *Physiologia Plantarum* 89:669-672.
- Correia, P. J., and M. A. Martins-Loução. 1997. Leaf nutrient variation in mature carob (*Ceratonia siliqua*) trees in response to irrigation and fertilization. *Tree Physiology* 17:813-819.
- Correia, P. J., and M. A. Martins-Loução. 2005. The use of macronutrients and water in marginal Mediterranean areas: the case of carob-tree. *Field Crops Research* 91:1-6.
- Herwitz, S. R., A. Yair, and M. Shachak. 1988. Water use patterns of introduced carob trees (*Ceratonia siliqua* L.) on rocky hillslopes in the Negev Desert. *Journal of Arid Environments* 14:83-92.
- José Correia, P., M. Pestana, I. Domingos, and M. Amélia Martins- Loução. 2008. Nutritional Evaluation of Nitrogen and Potassium Fertilization of Carob Tree under Dry-Farming Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39:652-666.
- Liphschitz, N., and S. Lev-Yadun. 1986. Cambial activity of evergreen and seasonal dimorphics around the Mediterranean. *IAWA journal* 7:145-153.
- Marques, P., L. Ferreira, O. Correia, and M. Martins-Loução. 1970. Tree shelters influence growth and survival of carob (*Ceratonia siliqua* L.) and cork oak (*Quercus suber* L.) plants on degraded Mediterranean sites. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 46.
- Martins-Loução, M. 1990. Carob (*Ceratonia siliqua* L.). Pages 658-675 *Legumes and Oilseed Crops* I. Springer.

- Merwin, M. L. 1980. The culture of carob (*Ceratonia siliqua* L.) for food, fodder and fuel in semi-arid environments. The culture of carob (*Ceratonia siliqua* L.) for food, fodder and fuel in semi-arid environments.
- Nunes, M., F. Catarino, and E. Pinto. 1989. Seasonal drought acclimation strategies in *Ceratonia siliqua* leaves. *Physiol. Plant* 77:150-156.
- Nunes, M. A., J. D. Cochicho Ramalho, and P. d. Silva Rijo. 1992. Seasonal changes in some photosynthetic properties of *Ceratonia siliqua* (carob tree) leaves under natural conditions. *Physiologia Plantarum* 86:381-387.
- Race, D., A. Curtis, and W. Booth. 1999. Carob agroforestry industry: an assessment of its potential for the low-medium rainfall Murray Valley region. *Australian journal of experimental agriculture* 39:325-334.
- Ramachandran Nair, P., B. Mohan Kumar, and V. D. Nair. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172:10-23.
- Salleo, S., and M. L. Gullo. 1989. Different aspects of cavitation resistance in *Ceratonia siliqua*, a drought-avoiding Mediterranean tree. *Annals of Botany* 64:325-336.
- Somarriba, E., R. Cerda, L. Orozco, M. Cifuentes, H. Dávila, T. Espin, H. Mavisoy, G. Ávila, E. Alvarado, and V. Poveda. 2013. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 173:46-57.
- Tous, J., A. Romero, and I. Batlle. 2013. The Carob Tree: Botany, Horticulture, and Genetic Resources. Pages 385-456 *Horticultural Reviews* Volume 41.
- Tous, J., A. Romero, J. F. Hermoso, A. Ninot, and J. Plana. 2008. Fruiting and Kernel Production Characteristics of Ten Mediterranean Carob Cultivars Grown in Northeastern Spain. *Journal of the American Pomological Society* 62:144-150.
- Turner, I. 1994. Sclerophylly: primarily protective? *Functional Ecology* 8:669-675.
- Winer, N. 1980. The potential of the carob (*Ceratonia siliqua*). *International Tree Crops Journal* 1:15-26.