



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Διάκριση των καλλιεργήσιμων φαινότυπων του είδους
Ceratonia siliqua (χαρουπιά) στη Κρήτη με βάση τα
μορφολογικά τους χαρακτηριστικά**

Γεώργιος Γαβαλάς

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
"Εφαρμοσμένη Επιστήμη και Τεχνολογία στη Γεωπονία"

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, 2023

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη, εντάσσεται στο πλαίσιο της Προγραμματικής Σύμβασης μεταξύ Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου και της Περιφέρειας Κρήτης, η οποία χρηματοδότησε τη διεξαγωγή έρευνας με τίτλο **«Δράσεις για τη βέλτιστη αξιοποίηση του δυναμικού της Χαρουπιάς»**.



REGION OF CRETE
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

Μέλη επιτροπής αξιολόγησης

1. ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

2. ΔΡΑΓΑΣΑΚΗ ΜΑΓΔΑΛΙΝΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

3. ΤΖΑΝΑΚΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

Η εργασία αυτή αφιερώνεται στην οικογένεια μου και σε όσους συνέβαλαν με κάθε τρόπο στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία διήρκησε 20 μήνες και πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Εφαρμοσμένης Επιστήμης και Τεχνολογίας στη Γεωπονία, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου. Οι δράσεις της, έλαβαν χώρα τόσο στην ύπαιθρο του νησιού ως έρευνα πεδίου, όσο και σε διάφορα εργαστήρια του ΕΛΜΕΠΑ.

Το έργο αυτό που αφορά τον εντοπισμό των καλλιεργήσιμων φαινότυπων της χαρουπιάς, χρηματοδοτήθηκε από τη Περιφέρεια Κρήτης στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «Δράσεις για τη βέλτιστη αξιοποίηση του δυναμικού της Χαρουπιάς». Με την αποπεράτωση του αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και πρώην Κοσμήτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών Δρ. Παναγιώτη Α., Νεκτάριο για την ευκαιρία που μου έδωσε να λάβω μέρος σε αυτό το ενδιαφέρον ερευνητικό πρόγραμμα που αφορά ένα σημαντικό για το περιβάλλον και την οικονομία της Κρήτης φυτικό είδος. Με τη συνεχή παρουσία, την καθοδήγηση και στήριξη του, ολοκληρώθηκε επιτυχώς ένα μεγάλο και δύσκολο ερευνητικό έργο. Με τις εύστοχες υποδείξεις του, συνέβαλε καθοριστικά τόσο στην απρόσκοπτη εξέλιξη της έρευνας, όσο και στην επίλυση των όποιων ζητημάτων προέκυψαν.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στους Επίκουρους Καθηγητές της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών Δρ Δραγασάκη Μαγδαληνή και Δρ Τζανακάκη Βασίλειο τόσο για την αγκαυτή συνεργασία στα πλαίσια του συγκεκριμένου έργου, όσο και για τη συμμετοχή τους στη κρίση και αξιολόγηση της παρούσας διατριβής. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους καλλιεργητές χαρουπιάς κύριους Δρακάκη Θεόδωρο, Ηλιάκη Εμμανουήλ, Καράτζη Κωνσταντίνο και Σγουρομάλη Πλαστήρα για τη διάθεση των κτημάτων τους και τη συμμετοχή τους στην ερευνητική διαδικασία.

Τέλος, καθοριστική συμβολή στην ολοκλήρωση του συγκεκριμένου έργου είχαν: Ο Γεωπόνος του Τμήματος Αγροτικής Ανάπτυξης και Ελέγχου Χανίων κύριος Κασαπάκης Ιωάννης, για τις χρήσιμες πληροφορίες του, ο μεταπτυχιακός φοιτητής Καλούδης Κωνσταντίνος και ο προπτυχιακός φοιτητής Τσαραμπουλίδης Απόστολος για την ενεργή συμμετοχή τους κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, καθώς και η Γεωπόνος Msc Καλαθάκη Σεβαστή για τη συνεργασία και παρότρυνση της καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, τους οποίους ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

1	Εισαγωγή.....	7
1.1	Προέλευση και εξάπλωση της χαρουπιάς	7
1.2	Ιστορικά στοιχεία για τη καλλιέργεια της χαρουπιά	11
1.3	Βοτανική ταξινόμηση	13
1.4	Οργανογραφία	15
1.4.1	Ρίζα	15
1.4.2	Κορμός – Βραχίονες – Βλαστοί	16
1.4.3	Φύλλα.....	16
1.4.4	Άνθη	17
1.4.5	Καρποί – Σπέρματα	19
1.5	Αρσενικά, θηλυκά, ερμαφρόδιτα και πολυγαμικά δένδρα.....	20
1.6	Επικονίαση, γονιμοποίηση και καρπόδεση χαρουπιάς.....	20
1.7	Αύξηση, ανάπτυξη και χαρακτηριστικά χαρουπιού	21
1.8	Καλλιέργεια χαρουπιάς.....	24
1.8.1	Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή	24
1.8.2	Γεωμορφολογία καλλιεργήσιμων εκτάσεων.	25
1.8.3	Σχεδιασμός και εγκατάσταση χαρουπιώνα	26
1.8.4	Επικονιαστές	27
1.8.5	Διαχείριση εδάφους.....	29
1.8.6	Κλάδεμα	30
1.8.7	Θρέψη - Λίπανση	30
1.8.8	Άρδευση	31
1.9	Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διατροφικές ιδιότητες του χαρουπιού	32

1.10	Ποικιλίες – φαινότυποι	36
1.10.1	Βλαστική ανάπτυξη.....	42
1.10.2	Ταξιανθίες & Ταξικαρπίες.....	43
1.10.3	Μορφολογική ποικιλομορφία χαρουπιού	45
1.10.4	Μορφολογική ποικιλομορφία σπόρων	46
1.11	Μεθοδολογίες πολλαπλασιασμού & Εμβολιασμού χαρουπιάς	46
1.12	Προοπτική καλλιέργειας χαρουπιάς.....	49
2	Στόχος της Έρευνας	51
3	Υλικά και μέθοδοι	52
3.1	Χωρικός προσδιορισμός φαινότυπων κρητικής χαρουπιάς.....	52
3.2	Φαινοτυπικός διαχωρισμός Κρητικών χαρουπιών.....	54
3.2.1	Σχήμα κόμης.....	56
3.2.2	Μήκος ράχης φύλλων – Αριθμός φυλλαρίων.....	57
3.2.3	Μήκος, πλάτος, σχέση Μ/Π και επιφάνεια φυλλαρίων.	57
3.2.4	Ταξιανθίες	59
3.2.5	Καρποί.....	60
3.2.6	Σπέρματα.....	65
3.3	Αποδόσεις	67
3.4	Στατιστική επεξεργασία δεδομένων	67
4	Αποτελέσματα.....	68
4.1	Διαχωρισμός φαινότυπων με βάση τα φαινολογικά στοιχεία	68
4.1.1	Σχήμα κόμης.....	68
4.1.1	Μήκος ράχης φύλλων – Αριθμός φυλλαρίων.....	69
4.1.2	Μήκος, πλάτος, σχέση μήκους / πλάτους και επιφάνεια φυλλαρίων	71
4.1.3	Μήκος Ταξιανθίας.....	75
4.1.4	Βάρος καρπών.....	76
4.1.5	Μήκος & πλάτος καρπών.....	78
4.1.6	Πάχος καρπών	80
4.1.7	Μήκος ποδίσκου καρπών	82

4.1.8	Μορφολογία χρώμα και άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των καρπών	83
4.1.9	Αριθμός σπερμάτων ανά καρπό	83
4.1.10	Συνολικό βάρος και απόδοση σπερμάτων	85
4.1.11	Χρώμα καρπών και άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά σπερμάτων	86
4.2	Αποδόσεις	87
5	Συζήτηση	88
6	Συμπεράσματα	90
	Βιβλιογραφία	92
	Παράρτημα Ι (Πίνακες)	101
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ (Εικόνες)	102

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ

Σύντμηση Επεξήγηση

Dw	Ξηρό βάρος
FAO	Food and Agriculture Organization
K	Κάλιο
Ka	Χιλιάδες χρόνια πριν από σήμερα
Kg	Κιλά
L	Λίτρα
LIG	Τελευταία Μεσοπαγετωνική Περίοδος
m	Μέτρα
m ³	Κυβικά μέτρα
Ma	Εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα
Mg	Μαγνήσιο
Mg	Χιλιοστά του γραμμαρίου
mm	Χιλιοστά
N	Άζωτο
P	Φώσφορος
RAD seq	Restriction-Site Associated DNA Sequencing
SSR	Simple Sequence Repeats
t	Τόνος ή Τόνοι
μm	Μικρόμετρο
MO	Μέσος Όρος
LBG	Locust Bean Gum
CCG	Clarified Carob Gum
eq	Ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα
CAGR	Compound Annual Growth Rate
IPGRI	International Plant Genetic Resources Institute

Περίληψη

Το φυτό *Ceratonia siliqua* (Χαρουπιά) είναι ένα ξηροθερμικό είδος που ανήκει στην οικογένεια Fabaceae (συνώνυμο Leguminosae). Αποτελεί ιθαγενές είδος της μεσογειακής χλωρίδας, καταλαμβάνοντας ένα σημαντικό μέρος της βλάστησης της. Στη Κρήτη συναντάται σε μεγάλη παραλλακτικότητα τόσο ως άγριο αυτοφύες φυτό, όσο και ως εμβολιασμένο καλλιεργήσιμο δέντρο. Παρότι στο παρελθόν έχουν γίνει προσπάθειες καταγραφής των φαινότυπων αυτών με την παρούσα εργασία εντοπίστηκαν αρκετοί νέοι. Με τη έρευνα αυτή επιχειρείται ο εντοπισμός, καταγραφή και περιγραφή των καλλιεργήσιμων αυτών φαινότυπων.

Για τον εντοπισμό των καλλιεργήσιμων φαινότυπων, προηγήθηκε αρχική πρωτόλεια έρευνα που περιλάμβανε τη συλλογή πληροφοριών με κάθε πρόσφορο μέσο όπως προφορικές μαρτυρίες, έρευνα πεδίου και βιβλιογραφική αναζήτηση. Αξιοποιώντας τις συλλεχθείσες πληροφορίες το έτος 2022 εντοπίστηκαν διάφοροι παραγωγικοί φαινότυποι σε όλο το νησί από τους οποίους οι 15 αξιολογήθηκε ότι έχουν καλλιεργητικό και ερευνητικό ενδιαφέρον. Οι φαινότυποι αυτοί κωδικοποιήθηκαν με το ακρωνύμιο HMU και ένα αριθμό από το 1 έως το 15.

Στη συνέχεια σε διάφορες χρονικές στιγμές κατά τα έτη 2022-23 ακολούθησε δειγματοληψία και μορφολογική διερεύνηση των χαρακτηριστικών της βλάστησης, της παραγωγής, των φύλλων, των ταξιανθιών και των καρπών των επιλεγμένων φαινότυπων. Στη βλάστηση διερευνήθηκε ο τύπος ανάπτυξης, ενώ στα φύλλα το μήκος της ράχης, και ο αριθμός των φυλλαρίων κάθε φαινότυπου. Στα φυλλάρια προσδιορίστηκε το μήκος, το πλάτος, η σχέση μήκους/πλάτους και η φυλλική τους επιφάνεια. Οι ταξιανθίες κατηγοριοποιήθηκαν με βάση το φύλο και το μήκος τους. Στους καρπούς προσδιορίστηκε το βάρος, το μήκος, το πλάτος, το πάχος και το μήκος του ποδίσκου. Τέλος στα σπέρματα προσδιορίστηκε ο αριθμός και το βάρος των σπερμάτων, καθώς και το σχήμα, το χρώμα και η υφή τους. Η διερεύνηση σε κάποιες περιπτώσεις πραγματοποιήθηκε με απευθείας μετρήσεις, ενώ σε κάποιες άλλες περιπτώσεις κατόπιν φωτογράφισης των δειγμάτων και χρήσης ειδικού λογισμικού ανάλυσης εικόνας. Οι μετρήσεις, καθώς και η κατηγοριοποίηση και περιγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών των φαινότυπων έγινε με βάση τη μεθοδολογία του IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) εντάσσοντας σε αυτή νεότερα βιβλιογραφικά δεδομένα.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προέκυψε η κατάταξη των 15 διερευνούμενων φαινότυπων σε 4 ομάδες. Η πρώτη ομάδα που ταυτίζεται με τα «Ημερα- Κρητικά» απαρτίζεται από τους φαινότυπους HMU-1, HMU-2 και HMU-3. Μία δεύτερη ομάδα απαρτίζεται από τους κυπριακούς φαινότυπους HMU-11, HMU-13 και HMU-15 οι οποίοι μάλλον αποτελούν παραλλαγές της κυπριακής ποικιλίας Τηλλυρίας. Μια τρίτη ομάδα αποτελείται από διάφορους φαινότυπους με ποικίλα χαρακτηριστικά. Στην ομάδα αυτή εντάσσονται μεταξύ άλλων ο φαινότυπος HMU-9, ο HMU-8, και ο ιδιαίτερα εντυπωσιακός HMU-10. Με το τελευταίο να αποτελεί ένα από τους μεγαλύτερους καρπούς χαρουπιάς που έχουν αναφερθεί έως σήμερα στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Τέλος, στη τέταρτη ομάδα εντάσσεται ο ερμαφρόδιτος φαινότυπος HMU-14 ο οποίος είναι και ο μοναδικός έως σήμερα αναφερόμενος ερμαφρόδιτος φαινότυπος στην Ελλάδα. Παράλληλα με τη μορφολογική διερεύνηση πραγματοποιήθηκε μια πρώτη προσπάθεια καταγραφής των αποδόσεων και της παραγωγής των παραπάνω φαινότυπων η οποία θα επαναληφθεί το 2023.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας σε συνδυασμό με τη περεταίρω διερεύνηση των αγρονομικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των διερευνούμενων φαινότυπων, αναμένεται να συμβάλουν στην βέλτιστη αξιοποίηση τους στα πλαίσια της ανάπτυξης τη χαρουποκαλλιέργειας στην Ελλάδα.

Abstract

The plant of *Ceratonia siliqua* (carob tree) is a xerothermic species of the Fabaceae (synonym: Leguminoceae) family. It is a native species of the Mediterranean flora, covering an important part of its vegetation. In Crete, there is a broad carob plant diversity either in wild specimens or as a grafted cultivated tree. Even though research efforts have been performed to provide a systematic record of existing phenotypes In the current study, phenotypes from the whole island of Crete have been identified and an effort was made to distinguish them based on morphological traits.

A preliminary research located the potential cultivated phenotypes, based on testimonies, field studies combined bibliographical research. Using all the collected information, various phenotypes were selected in year 2022 from the whole of Crete. From this selection, 15 phenotypes (named HMU-1 to HMU-15) were deemed as of interest for cultivation and research.

The study of morphological traits was based on vegetation, carob pod production, leaves and leaflets, inflorescences, and carob pod characteristics. The type of vegetation included tree growth type while in leaves, the rachis length and the number, shape and size of leaflets were determined. Inflorescences were distinguished based on their sex and length. The carob pods were the plant portion that were examined in a scrutinous way by determining several factors including weight, length, width, thickness and length of the pedicel, sperm number, weight, shape, color and texture.

Measurements were either director using image analysis software using photographic archives. Measurements, classification and description of the morphological characteristics of carob tree phenotypes, were based on the International Plant Genetic Resources Institute methodology, by adapting to contemporary literature references.

It was found that the selected 15 carob tree phenotypes fall into 4 groups. The first group, the "Tame-Cretan", consisted from the HMU-1, HMU-2 and HMU-3 phenotypes. A second group consisted of phenotypes ascending from Cyprus HMU-11, HMU-13 and HMU-15, which probably are variations of the Cypriot variety "Tillyria". A third group consisted of various phenotypes with diverse characteristics. In this group, the HMU-9 phenotype, HMU-8, and the particularly impressive HMU-10, being one of the biggest phenotypes recorded to date in the Greek and international bibliography. Finally, the fourth group consisted HMU-14 hermaphrodite phenotype, which is the only one to be described as such in Greece.

The agronomical and morphological characteristics of the identified phenotypes, are expected to enhance and support the dynamic growth of carob cultivation which is continually improving over the recent years.

1 Εισαγωγή

1.1 Προέλευση και εξάπλωση της χαρουπιάς

Η χαρουπιά *Ceratonia siliqua* είναι ένα αειθαλές δασικό, κηποτεχνικό και γεωργικό φυτό που ανήκει στην οικογένεια Fabaceae (συν. Leguminosae). Αποτελεί ιθαγενές είδος της μεσογειακής χλωρίδας όπου εκτός από την αυτοφυή βλάστηση συναντάται ως καλλιεργήσιμο δέντρο, τόσο σε ημιάγρια μορφή, όσο και σε διάφορες συστηματικές καλλιέργειες. Στον Ελλαδικό χώρο η χαρουπιά εντοπίζεται κυρίως στην Κρήτη, στη νότια και ανατολική Πελοπόννησο, στην Αττική, στη Μεγαρίδα, στα νησιά του Αιγαίου, Χίο, Σάμο, Ικαρία, στα Επτάνησα, στα Δωδεκάνησα και στην Κύπρο (Χατζηνικολάου, 1982).

Η επιστημονική ονομασία της χαρουπιάς (*Ceratonia siliqua* L.) προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη κέρας (κέρατο) και τη λατινική λέξη siliqua που σημαίνει φλούδα αλλά και λοβός, παραπέμποντας στο σχήμα, την υφή και τη σκληρότητα του λοβού του χαρουπιού. Το κοινό της όνομα προέρχεται από το εβραϊκό *kharun*. Από το *kharun* κατόπιν παραφθοράς έχουν προκύψει οι διάφορες ανά τη Μεσόγειο τοπικές ονομασίες της χαρουπιάς (Εικ. 1) (CAPTE, 2022). Έτσι, έχει προκύψει στα αραβικά το *kharrub* και αργότερα *algarrobo* ή *garrofero* στα ισπανικά, το *carrubo* στα ιταλικά, το *caroubier* στα γαλλικά, το *Karubenbaum* στα γερμανικά, το *χαρούπι* στα ελληνικά, το *charnup* στα τουρκικά, το *garrofer* ή *garrover* στα καταλανικά και το *alfarrobeira* στα πορτογαλικά (Batlle and Tous, 1997). Το ελληνικό όνομα ξυλοκερατιά, πιθανόν να προέρχεται από το σχήμα και την υφή του καρπού της ή από την ιδιότητα των ταξικαρπιών της, να εκφύονται από το κορμό, τους βραχίονες και τους κλάδους τους.



Εικόνα 1. Χάρτης με τα ονόματα της Χαρουπιάς στις διάφορες περιοχές της Μεσογείου. Πηγή εικόνας (CAPTE, 2022).

Με βάση παλαιοβοτανικά ευρήματα που έχουν βρεθεί σε διαφορετικές περιοχές της Μεσογείου, της κεντρο-ανατολικής Ευρώπης και της Τουρκίας (Εικ. 2), η παρουσία ειδών του γένους *Ceratonia* εντοπίζεται στις παραπάνω περιοχές 33,9 Ma (εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα), δηλαδή από την Ολιγόκαινο έως την ύστερη Πλειόκαινο (3-4 Ma). Η ευρύτερη εξάπλωση του γένους *Ceratonia* στις γεωλογικές εκείνες περιόδους σε σύγκριση με τη σημερινή κατάσταση, οφείλεται στη διαφορετική γεωμορφολογία και κλίμα της Τηθύος και Παρατηθύος θάλασσας, οι οποίες ήταν οι προϋπάρχουσες γεωλογικές μορφές της Μεσογείου.

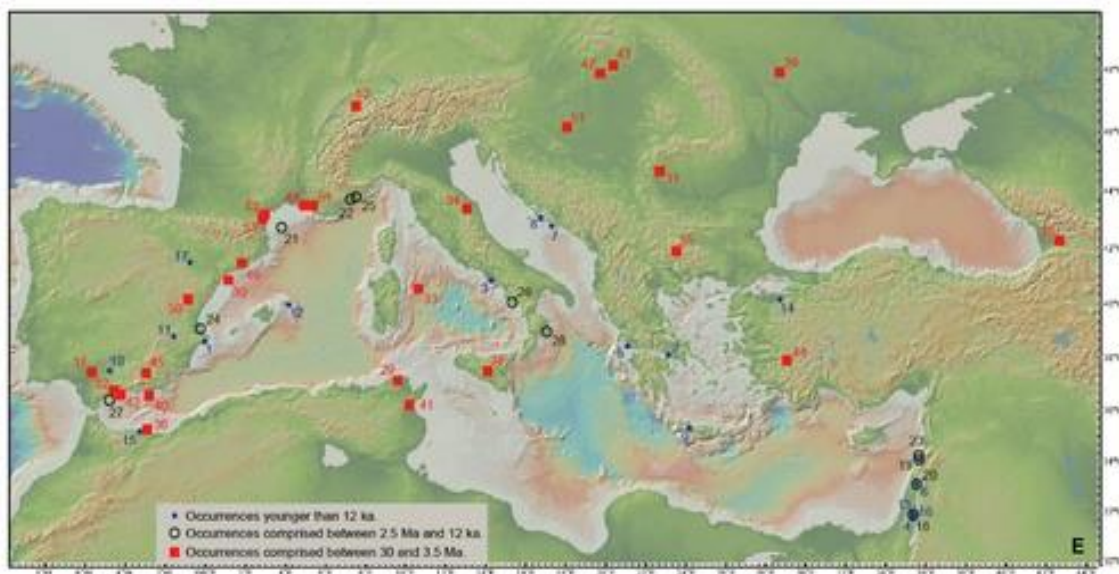
Τα παραπάνω δεδομένα σε συνδυασμό με τη φθινοπωρινή άνθιση της χαρουπιάς, η οποία χαρακτηρίζει συνήθως τα τροπικά φυτά, υποδεικνύει ότι οι πρόγονοι του γένους

Ceratonia είναι μάλλον κατάλοιπα μιας τροπικής παλαιο-μεσογειακής βλάστησης. Η παραπάνω θεωρία, ενισχύεται από την επιβίωση και ύπαρξη στη Μεσόγειο και άλλων τροπικών φυτών όπως, ο φοίνικας του Θεόφραστου (*Phoenix theophrastii*). Η σημερινή φυσιογεωγραφία της Μεσογείου επήλθε περίπου 3,6 Ma, περιορίζοντας τα νεότερα παλαιοβοτανικά ευρήματα κυρίως στα σημερινά παράλια της Μεσογείου (Viruel et al., 2020).

Για τα περισσότερα καλλιεργήσιμα φυτά της Μεσογείου, μεταξύ των οποίων και η χαρουπιά, είναι αποδεκτό ως γενικό πρότυπο, ότι εξημερώθηκαν στην ανατολική Μεσόγειο και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν διαμέσου του ανθρώπου προς τα δυτικά (Ramon-Laca and Mabberlay 2004; Zeder, 2008; Zohari and Horf, 2012). Αναφορικά με το είδος τη χαρουπιάς, η αρχική κατανομή του δεν είναι σαφής καθώς έχει υποστεί εκτεταμένη διάδοση μέσω της καλλιέργειας από τα αρχαία χρόνια (Batlle and Tous, 1997). Οι Hillcoat et al. (1980) πρότειναν ότι η αρχική φυσική εξάπλωση της χαρουπιάς, περιλάμβανε την Τουρκία, Κύπρο, Συρία, Λίβανο, Ισραήλ, νότια Ιορδανία, Αίγυπτο, Αραβία, Τυνησία και Λιβύη και ότι η εξάπλωση της δυτικότερα έγινε σε πρώιμο στάδιο. Αντίθετα, ο Renfrew (1996) θεωρεί ότι η χαρουπιά κατάγεται από την Αραβία και το Κέρας της Αφρικής στις οποίες υπήρχε ως αυτοφυές άγριο φυτό. Από τις περιοχές αυτές την περίοδο που ανακαλύφθηκε ο εμβολιασμός, μεταφέρθηκε μέσω της συμβιωτικής μετανάστευσης από τους σημιτικούς πληθυσμούς στη Μέση Ανατολή και από τους προκάτοχους των Αιγυπτίων στην κοιλάδα του Νείλου (Renfrew, 1996).

Μια διαφοροποιημένη άποψη σχετικά με την εξημέρωση και προέλευση της χαρουπιάς είναι ότι, αυτή έλαβε χώρα ταυτόχρονα σε πολλές περιοχές της Μεσογείου από τοπικούς άγριους πληθυσμούς (Viruel et al., 2020). Νεότερη έρευνα βασισμένη στις μοριακές μεθόδους SSR (Simple Sequence Repeats) και RADseq (Restriction-SiteAssociated DNA Sequencing), που συσχετίζει τα αποτελέσματα των ερευνητών με αρχαιοβοτανικά ευρήματα και ιστορικά στοιχεία, υποστηρίζει επίσης ένα μοντέλο καλλιέργειας τοπικά επιλεγμένων άγριων γονότυπων σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου, από τους οποίους προέρχονται οι σημερινές εξημερωμένες ποικιλίες (Baumel et al., 2022).

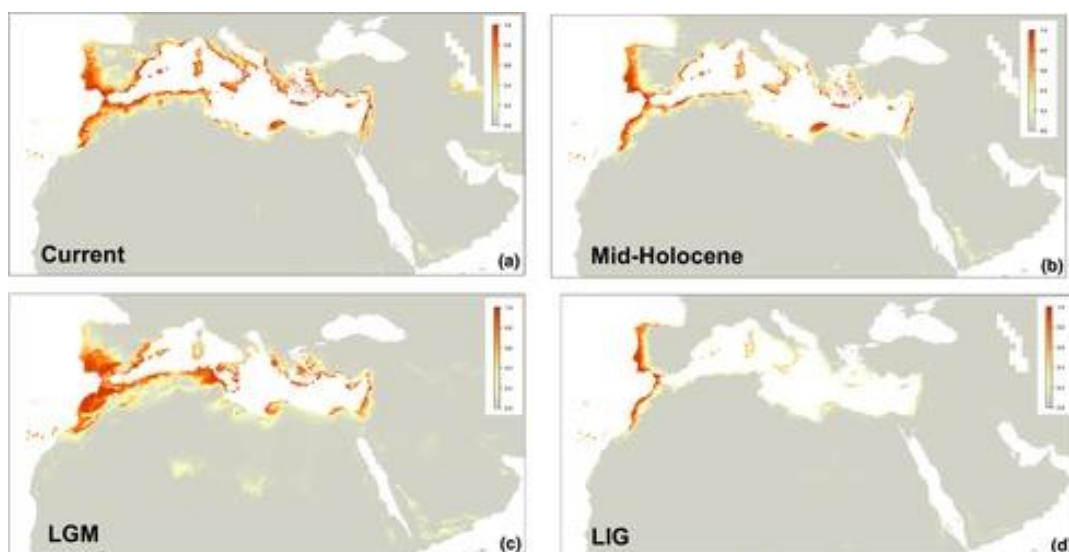
Οι παραπάνω γονότυποι προέρχονται από πληθυσμούς χαρουπιάς που σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα περιορίστηκαν κατά την τελευταία μεσοπαγετωνική περίοδο 130 Ka (χιλιάδες χρόνια πριν από σήμερα) σε περιοχές που διατήρησαν όλο αυτό το διάστημα κατάλληλο κλίμα. Οι περιοχές αυτές ήταν μια ζώνη στη δυτική πλευρά της Ιβηρικής χερσονήσου και του Μαρόκου και κάποιοι μικρότεροι δευτερεύοντες πυρήνες εντός της Μεσογείου (Εικ. 3).



Εικόνα 2. Τοποθεσίες της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου στις οποίες έχουν βρεθεί παλαιοβοτανικά ευρήματα χαρουπιάς. Πηγή εικόνας Viruel et al. (2020).

Από αυτούς τους πυρήνες η χαρουπιιά με τη πάροδο χιλιάδων χρόνων, εξαπλώθηκε σιγά – σιγά στη σημερινή της επικράτεια. Στη συνέχεια, στις διάφορες περιοχές της Μεσογείου από το 4.000 π.Χ. περίπου ξεκίνησε η γενετική διαφοροποίηση και εξημέρωση αυτών των άγριων γονότυπων, μέσω της ανθρώπινης επιλογής και καλλιέργειας (Meyer et al., 2021).

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα κλιματικά μοντέλα, η Κρήτη αποτελεί μια από τις περιοχές καταφύγια, όπου η χαρουπιιά θα μπορούσε να έχει συνεχή παρουσία από τη τελευταία μεσοπαγετωνική περίοδο έως σήμερα. Επιπλέον, παλαιοβοτανικά ευρήματα και συγκεκριμένα γυρεόκοκκοι ηλικίας 3.500 ετών που έχουν βρεθεί στη περιοχή του Κουρνά, επιβεβαιώνουν την παρουσία της χαρουπιιάς στο νησί, κατά τη διάρκεια των προϊστορικών χρόνων (Bottema and Sarpaki, 2003). Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνονται επίσης και από την ανακάλυψη υπολειμμάτων κάρβουνου προερχόμενου από ξύλο χαρουπιιάς ηλικίας 3.450 ετών σε αρχαιολογικές ανασκαφές στο Μοχλό (Sarpaki and Kanroulaki, 2019).



Εικόνα 3. Μοντελοποίηση κατανομής ειδών της χαρουπιιάς σε τέσσερις περιόδους **a)** Τρέχουσα, **b)** Μέση Ολόκαινο 6 ka, **c)** Τελευταία Παγετώδη Μέγιστο (LGM) 22 ka, **d)** Τελευταία Μεσοπαγετωνική Περίοδος (LIG) 130 ka. Πηγή εικόνας Viruel et al. (2020).

Επιπροσθέτως ακόμα και το ίδιο το όνομα της **Κρήτης**, πιθανόν να συσχετίζεται με τη παρουσία της χαρουπιιάς στο νησί από τα αρχαία χρόνια. Ο Στράβων στα Γεωγραφικά του, αναφέρει ότι το όνομα της πόλης **Κέρατος**, (το παλαιότερο όνομα της **Κνωσού**), προέρχεται από το ποταμό **Κέρατο**, στου οποίου την όχθη ήταν αυτή χτισμένη. «*Εκαλεῖτο δε η Κνωσσός Κέρατος πρότερον ομόνυμος του παραρρέοντι ποταμῷ.*» (Sas, 1707, σ. 730). Το όνομα του ποταμού Κεράτου με τη σειρά του, οφείλεται στις χαρουπιές, (αρχαία, Κερατέες), οι οποίες φύονται ακόμα και σήμερα, σε μεγάλους αριθμούς κατά μήκος της κοιλάδας του (Βασιλάκη, 2017; Χριστονίδης, 2018). Συνεπώς, αφού το όνομα του ποταμού Κεράτου προέρχεται από τις χαρουπιές, τότε από αυτές απορρέει και το παλαιότερο όνομα της Κνωσού.

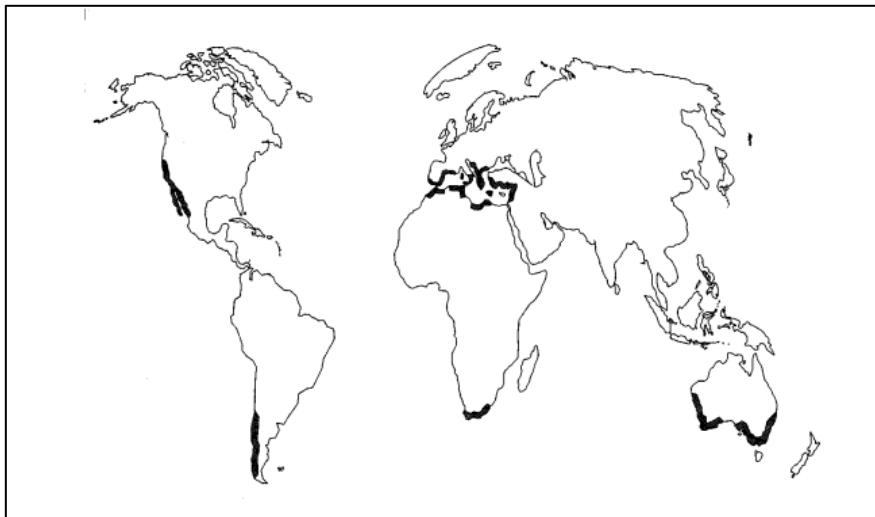
Πώς όμως το αρχαίο όνομα της Κνωσού, έφτασε να επικρατήσει ως το όνομα ολόκληρου του νησιού; Οι αρχαίοι Φοίνικες αποκαλούσαν την Κνωσό με τη λέξη **Karat**, (Ζώης, 2009). Η φοινικική λέξη Karat αποτελεί δάνειο και παραφθορά της ελληνικής λέξης Κέρατος (Κνωσός). Έχοντας συνδέσει οι φοίνικες και οι υπόλοιποι αρχαίοι λαοί, την Κρήτη με το μεγαλύτερο διοικητικό και θρησκευτικό της κέντρο την Karat (Κνωσό), κατέληξαν να συσχετίσουν ολόκληρο το νησί με το όνομα της. Στη συνέχεια, η λέξη Karat πέρασε στις γλώσσες των διαφόρων λαών ως δάνειο, έχοντας πλέον μετά τη παρακμή της Κνωσού, την αποκλειστική έννοια της Κρήτης. Έτσι και μετά τη σχετική παραφθορά, η λέξη **Karat** που μάλλον ακούγονταν περισσότερο ως Κάρτ, έγινε από τους Άραβες **Krit** كريت, και από τους Έλληνες στους οποίους επέστρεψε ως

αντιδάνειο **Κρήτη**. Τη συσχέτιση του Φοινικικού ονόματος της Κνωσού (το αναφέρει ως Κάρτ) με την ονομασία της Κρήτης, υποστηρίζει και ο Νικόλαος Σταυράκης, ο οποίος χαρακτηριστικά αναφέρει: «*Τινὲς ὅμως τῶν νεωτέρων φρονοῦσιν ὅτι τὸ ὄνομα Κρήτη παρήχθη ἐκ τῆς Φοινικικῆς λέξεως Κάρτ ἐξ ἧς ὠνομάσθηκαὶ ἡ πόλις Καίρατος ἢ μετέπειτα Κνωσός*» (Σταυράκης, 1890, σ. 14).

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω και με βάση τη θεωρία που προαναφέρθηκε, η εξέλιξη του ονόματος της Κρήτης πιθανώς να προήλθε τελικά μέσω της εξής διαδρομής: Κερατέα (Χαρουπιά) < Κέρατος (ποταμός) < Κέρατος(Κνωσός) < Karat (Κνωσός και Κρήτη στα φοινικικά) < Κρήτη. Η συσχέτιση της χαρουπιάς με την Κρήτη σε τέτοιο βαθμό που να συνδέεται ακόμα και με το όνομα της δεν είναι κάτι το παράδοξο. Και αυτό γιατί, το είδος *C. siliqua* απαντάται σε ιδιαίτερα μεγάλη αφθονία και ποικιλομορφία σε όλο το νησί. Σύμφωνα μάλιστα με τον Γάλλο περιηγητή Olivier (1801), στην Κρήτη υπήρχαν οι περισσότερες χαρουπιές από οποιοδήποτε άλλο μέρος του κόσμου.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία, σε συνδυασμό με την παρουσία μεγάλου αριθμού εξημερωμένων φαινότυπων οι οποίοι αντιστοιχούν σε παρόμοιους άγριους που φύονται στο νησί, υποδηλώνει ότι η Κρήτη, σύμφωνα και με τη θεωρία Baumel et al. (2022), πιθανώς να υπήρξε ένα από τα σημαντικότερα κέντρα εξημέρωσης της Χαρουπιάς.

Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια των ιστορικών χρόνων, με τη διάδοση του εμβολιασμού ως τρόπου πολλαπλασιασμού, πολλοί από τους εξημερωμένους φαινότυπους εξαπλώθηκαν από τα διάφορα κέντρα εξημέρωσης και σε άλλες περιοχές. Οι αρχαίοι Έλληνες, οι Ρωμαίοι και αργότερα οι Άραβες, πρωτοστάτησαν σε αυτή τη διάδοση καθορίζοντας σε σημαντικό βαθμό την εξάπλωση των διαφόρων φαινοτύπων στη λεκάνη της Μεσογείου (Batlle and Tous, 1997). Σήμερα, η γεωγραφική κατανομή της χαρουπιάς είναι μια δυναμική κατάσταση που εξελίσσεται διαρκώς μέσω της συνεχούς ανταλλαγής γενετικού υλικού και της διάδοσης της καλλιέργειας της και σε άλλες περιοχές του κόσμου εκτός της λεκάνης της Μεσογείου, όπως οι δυτικές ΗΠΑ, η νοτιοανατολική Ασία, η νότια Αμερική και Αφρική και η Αυστραλία (Εικ. 4).



Εικόνα 4. Η γεωγραφική εξάπλωση της χαρουπιάς σήμερα εκτός από τη Μεσόγειο περιλαμβάνει και άλλες περιοχές του κόσμου όπως, τις δυτικές ΗΠΑ, την νοτιοανατολική Ασία, τη νότια, Αμερική και Αφρική, την Αυστραλία και την νοτιοανατολική Ασία. Πηγή εικόνας, Batlle and Tous (1997).

1.2 Ιστορικά στοιχεία για τη καλλιέργεια της χαρουπιάς

Η μετάβαση του ανθρώπινου είδους από τροφοσυλλέκτη και κυνηγό σε γεωργό κατά τη νεολιθική επανάσταση ή πρώτη γεωργική επανάσταση, συνέβη ανεξάρτητα σε περισσότερες από δώδεκα φάσεις, σε διάφορες περιοχές του κόσμου, 12.000 έως 4.000 έτη πριν από σήμερα. Οι κλιματικές αλλαγές, οι πληθυσμιακές επεκτάσεις, οι πολιτιστικές πρακτικές και οι θρησκευτικές πεποιθήσεις, είναι κάποιοι από τους παράγοντες που πιθανώς συνέβαλαν σε αυτή τη σημαντική για το ανθρώπινο είδος μεταστροφή (Meyer et al., 2012). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές οι πρωϊμότερες ενδείξεις ανθρώπινης εκμετάλλευσης του είδους *C. siliqua* ανάγονται στα 10.000 Ka, ενώ οι πρώτες ενδείξεις εξημέρωσης στα 6.000 Ka, δηλαδή στο 4.000 π.Χ.

Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι στα ιερογλυφικά με το σχήμα του χαρουπιού συμβόλιζαν τη λέξη «γλυκό». Σε τοιχογραφίες του ναού του Mary nesut που ήταν αξιωματούχος της 5^{ης} δυναστείας (2.494-2.345 π.Χ) το χαρούπι αναφέρεται μεταξύ άλλων τροφών σε νεκρικές προσφορές. Το γεγονός ότι στη κουλτούρα όλων των αρχαίων λαών, τόσο τα κτερίσματα όσο και οι νεκρικές προσφορές τροφών, αποτελούσαν χρήσιμα και πολύτιμα είδη, τόσο για την επίγεια όσο και για τη μεταθανάτια ζωή, υποδεικνύει ότι για να συμπεριλαμβάνεται το χαρούπι στις νεκρικές προσφορές εκείνης της περιόδου, θα πρέπει να αποτελούσε σημαντική τροφή ή ακόμα και πολύτιμο είδος. Εκτός όμως από σημαντική τροφή και ζωοτροφή, τα χαρούπια και τα υποπροϊόντα τους χρησιμοποιούνταν στην αρχαία Αίγυπτο ως ρητίνη, υλικό μουμιοποίησης, αλκοολούχο ποτό και φάρμακο. Οι σημαντικοί πληθυσμοί φαίνεται αρχικά να χρησιμοποιούσαν τα χαρούπια ως ζωοτροφή αλλά από το 4^ο έως 2^ο π.Χ. αιώνα όπως αποτυπώνεται σε αρχαίες συνταγές άρχισε να αποτελεί και στοιχείο της ανθρώπινης διατροφής (Sarpaki and Kavroulaki, 2019).

Μια από τις πρώτες αναφορές στη χαρουπιά είναι αυτή του Θεόφραστου στην έρευνα του για τα φυτά, που πιθανόν γράφτηκε στη Βαβυλώνα το 310 π.Χ. Σε αυτή αναφέρει ένα δέντρο του οποίου ο καρπός αποκαλείται κεράτιον και το φυτό συκή η Αιγύπτια, το οποίο είναι πολύ πιθανόν να ήταν η χαρουπιά. Σύμφωνα με το Θεόφραστο, ο γεωγραφικός αυτός προσδιορισμός είναι λάθος γιατί το φυτό αυτό δεν υπήρχε στην Αίγυπτο, αλλά στη Συρία, την Ιωνία, τη Ρόδο και τη Κίνδο (Hort, 1968). Ο Έλληνας γεωγράφος Στράβων, αναφέρει επίσης για τη χαρουπιά ότι υπήρχε σε αφθονία στην Αιθιοπία (Jones and Sterett, 1967).

Παρότι η αξιοποίηση των άγριων χαρουπιών είναι προγενέστερη της εξημέρωσης της χαρουπιάς, η ιστορία της καλλιέργειας της, λόγω της δυσκολίας πολλαπλασιασμού με μοσχεύματα, οφείλει να συνδέεται στενά με την ανάπτυξη και διάδοση των μεθόδων εμβολιασμού (Meyer et al., 2012). Από βιβλιογραφικές πληροφορίες είναι γνωστό ότι, ο εμβολιασμός ως μέθοδος πολλαπλασιασμού των φυτών αναπτύχθηκε και διαδόθηκε κατά τους ιστορικούς χρόνους (1.100 – 31 π.Χ). Ο Αριστοτέλης στο έργο του «περί νεότητος και γήρας» που γράφτηκε το 350 π.Χ., αναφέρει στους τρόπους πολλαπλασιασμού των φυτών ως **ενφυτεία** (Hett, 1975) Ο Θεόφραστος στα έργα του «Περί φυτών αιτιών» και «Έρευνα περί φυτών» που γράφτηκαν περίπου το 310 π.Χ. αναφέρει επίσης τον εγκεντρισμό και τον εμβολιασμό κλάδων αμπέλου και διαφόρων άλλων δέντρων. (Hort, 1968 ; Einarson, 1976).

Στην Ιταλία, όπως φανερώνει ο Ελληνικός γεωγραφικός προσδιορισμός της λατινικής ονομασίας της (*Ceratonia graeca*), είναι πιθανό να εισήχθη από την Ελλάδα. Το 1^ο μ.Χ αιώνα, ο Διοσκουρίδης επίσης αποκαλεί τη χαρουπιά με το Ελληνικό της όνομα “Κερατέα”, γεγονός που συνδέει ακόμη περισσότερο τη διάδοση της χαρουπιάς στην Ευρωπαϊκή Μεσόγειο με την Ελλάδα. Οι εικόνες σε τοιχογραφίες, τα απομεινάρια ξύλου και τα θραύσματα λοβών χαρουπιάς (Εικ. 5) που έχουν βρεθεί στο Herculaneum και στην Πομπηία ενισχύουν τις μαρτυρίες παρουσίας και αξιοποίησης της χαρουπιάς σε περιοχές της νότιας Ιταλίας κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο (Sarpaki and Kavroulaki, 2019). Η επισήμανση του Πλίνιου του πρεσβύτερου, αναφορικά με το ότι το χαρούπι είναι ένα φρούτο παρόμοιο με το κάστανο έχοντας τη διαφορά ότι στην περίπτωση των χαρουπιών είναι βρώσιμος και ο φλοιός, υποδηλώνει ότι την περίοδο

εκείνη, το χαρούπι είχε ενταχθεί στην ανθρώπινη διατροφή και άρα είναι πολύ πιθανόν να καλλιεργούνταν συστηματικά για το σκοπό αυτό.



Εικόνα 5. Αρχαία κατάλυπα χαρουπιών ρωμαϊκής περιόδου. Μουσείο Νάπολης. Πηγή εικόνας SarpakiandKavroulaki(2019).

Μετά τη Ρωμαϊκή περίοδο, συνεχίζεται η αναφορά στην ύπαρξη χαρουπόδεντρων σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου. Ο Antonius Martyr, αναφέρει την ύπαρξη χαρουπιών τον 6^ο μ.Χ. αιώνα στην Ιεριχώ. Ο Επίσκοπος Δανιήλ της Ρωσίας κατέγραψε κατά τη διάρκεια του 12^{ου} αιώνα μ.Χ., την ύπαρξη μεγάλου αριθμού χαρουπιών γύρω από την Ιερουσαλήμ, στις πλαγιές της Χεβρώνας, στο όρος Θαβώρ και στη Ναμπλούς. Ο Άραβας περιηγητής Al – Idrisi τον 12^ο επίσης αιώνα μ.Χ., εντόπισε χαρουπιές στη βόρεια ακτογραμμή της Ιερουσαλήμ, από την Άκρα έως τη Τύρο, όπως και ο Jacques de Vitry το 13^ο αιώνα μ.Χ. στην Ιεριχώ (Laca and Mabberlay, 2004). Ο Abū l-Khayr (1990) σε ένα έργο που συγγράφηκε στη Σεβίλη του 11^{ου} – 12^{ου} αιώνα μ.Χ. αναφέρει ότι, οι χαρουπιές αναπτύσσονταν στην Alandalus (Ανδαλουσία, περιοχή της Ιβηρικής Χερσονήσου υπό την κυριαρχία των μουσουλμάνων) και ότι παρήγαγαν άφθονο παχύρρευστο μέλι το οποίο χρησιμοποιούσαν στην Αίγυπτο για παρασκευή γλυκών. Η σημερινή επικράτηση του κοινού αραβικού ονόματος Charroub και των παράγωγων του για το χαρούπι, υποδηλώνει την καθοριστική συμβολή των Αράβων κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα στη διάδοση της καλλιέργειας αυτής σε όλη την Ευρώπη (Laca and Mabberlay, 2004).

Η πρώτη ουσιαστικά αναφορά στη συστηματική καλλιέργεια της, προέρχεται από το Mishnah. Το Mishnah αποτελεί συλλογή εβραϊκών προφορικών παραδόσεων, οι οποίες καταγράφηκαν σε γραπτά κείμενα στις αρχές του 3^{ου} μ.Χ. αιώνα. Σε αυτό αναφέρεται ότι, τα άγρια χαρούπια που προορίζονταν για ζωτροφή δεν φορολογούνταν, σε αντίθεση με αυτά που προέρχονται από εμβολιασμένες χαρουπιές τα οποία υπόκεινται σε θρησκευτική φορολογία (Meyer et al., 2021).

Μια άλλη ένδειξη καλλιέργειας αποτελεί η αναφορά με διάφορα ονόματα σε ποικιλίες που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένα γνωρίσματα. Η ονοματοδοσία των διαφόρων ποικιλιών ενός φυτικού είδους είναι μια πρώτη ένδειξη εξημέρωσης και διαφοροποίησης. Ο Abū l-Khayr τον 11^ο – 12^ο μ.Χ αιώνα αναφέρεται σε εξημερωμένους φαινότυπους ως **burdjīn** που μάλλον προφερόταν *porchīn* και προοριζόταν για τροφή των χοίρων, στο φαινότυπο **sandalī** που παρήγαγε μέλι για την παρασκευή γλυκών και στο **sīnī**, δηλαδή τον Κινεζικό φαινότυπο (Laca and Mabberlay, 2004).

Στην Κρήτη, κατά την ενετική περίοδο όπως διατυπώνεται στο βιβλίο «Μοναστήρια της Ανατολικής Κρήτης στην Καταγραφή του 1635-1637» η χαρουπιά μαζί τα δημητριακά, τα όσπρια, τα αμπέλια και τις ελιές, αποτελούσαν τις βασικότερες μοναστηριακές καλλιέργειες τα προϊόντα των οποίων μάλλον υπόκεινταν σε φορολογία (Πέτροβα, 2021). Κατά την Οθωμανική περίοδο, όπως προκύπτει από την αναφορά του Γάλλου περιηγητή Olivier (1902), η χαρουπιά

συνεχίζει να αποτελεί μαζί με την ελιά τις κύριες δενδροκομικές καλλιέργειες του νησιού. Τα δέντρα φύονταν σε επικλινή και πετρώδη εδάφη και αναπτύσσονταν χωρίς καμία φροντίδα. Το μέγεθος των δέντρων ήταν μέτριο, οι καρποί είχαν καφέ χρωματισμό, τα άνθη ήταν μικρά και το ξύλο τους πολύ καλής ποιότητας. Οι καρποί τους εξάγονταν στην Κωνσταντινούπολη, τη Συρία και την Αίγυπτο (Olivier, 1801).

Τα νεότερα χρόνια η χαρουπιά μεταφέρθηκε από τους Ισπανούς στο Μεξικό και σε άλλες χώρες της νότιας Αμερικής και από τους Άγγλους στην Αυστραλία, τη νότια Αφρική και σε κάποιες χώρες της νοτιοανατολικής Ασίας (Genadios, 1902). Στις ΗΠΑ μεταφέρθηκε για πρώτη φορά, σύμφωνα με το γραφείο διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας των ΗΠΑ, από τους Ισπανούς το 1854. Στη δεκαετία του 1950, οι Rittenhouse και Coit προώθησαν τη καλλιέργεια της χαρουπιάς στις ΗΠΑ εισάγοντας βλαστούς εμβολιασμού επιλεγμένων φαινοτύπων από την Κύπρο, το Ισραήλ, Τυνησία, Ελλάδα, Κρήτη, Γιουγκοσλαβία, Πορτογαλία, Ιταλία και Ισπανία. Παράλληλα έγινε μια επιλογή μεταξύ των φυτών που είχαν φυτευτεί στην Καλιφόρνια και στην Αριζόνα για καλλωπιστικούς σκοπούς με βάση τα χαρακτηριστικά των καρπών και των ανθέων με απώτερο στόχο την καλλιέργεια τους (Batlle and Tous, 1997).

Στην Ελλάδα έγιναν κάποιες προσπάθειες εισαγωγής κυρίως Κυπριακών ποικιλιών στα τέλη της δεκαετίας του 1950, με απώτερο στόχο τον εμβολιασμό και βελτίωση των τοπικών χαρουπόδεντρων. Μια τέτοια προσπάθεια έγινε και από τη Δ/ση Γεωργίας του Νομού Ηρακλείου με την εισαγωγή και εγκατάσταση μέσω εμβολιασμού στον Προφήτη Ηλία της επαρχίας Τεμένους με την Κυπριακή ποικιλία Τηλλυρίας. Στη συνέχεια, με υλικό από αυτή τη μητρική φυτεία, εμβολιάστηκαν αρκετά χαρουπόδεντρα σε διάφορες περιοχές της Κρήτης (προφορική μαρτυρία Κ. Κάρατση, καλλιεργητής χαρουπιάς). Σήμερα, η συγκεκριμένη ποικιλία έχει εντοπιστεί να καλλιεργείται σε αγρόκτημα του Νομού Ηρακλείου με το όνομα «Κυπριακή» και στις περιοχές του Νομού Χανίων Πολλυρηνία, Σταυρό, Αφράτα, Κολυμπάρη και Κουντούρα με την ονομασία «Ζαχαροχάρουπα». Από τη δεκαετία του 1990, τόσο στην Κρήτη όσο και στην υπόλοιπη Ελλάδα, η χαρουπιά άρχισε να καλλιεργείται πιο συστηματικά σε οργανωμένες φυτείες. Σημαντική συμβολή σε αυτό, είχαν οι κανονισμοί δάσωσης 2080/92 & 1257/99 με τους οποίους στην Κρήτη φυτεύτηκαν 18.650,5 και στην Ελλάδα γενικότερα 320.268,9 νέα στρέμματα δάσους (Χονδροπούλου., 2010). Ένα μεγάλο ποσοστό από αυτά, ειδικά στην Κρήτη αναδασώθηκαν με χαρουπιές, πολλές από τις οποίες έχουν εμβολιαστεί πλέον με διάφορους βελτιωμένους φαινότυπους. Οι εκτάσεις αυτές αποτελούν σήμερα τους πρώτους πυρήνες συστηματικής χαρουποκαλλιέργειας. Την επόμενη δεκαετία, αυτά τα δέντρα βγαίνοντας στη παραγωγή αναμένεται να αυξήσουν τις συγκομιζόμενες ποσότητες επιφέροντας ανάκαμψη της καλλιέργειας του χαρουπιού στη χώρα μας.

1.3 Βοτανική ταξινόμηση

Η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*) ανήκει στο γένος *Ceratonia*, της οικογένειας Fabaceae (syn. Leguminosae) της τάξης Rosales (Πίν. 1). Η οικογένεια των κυαμωδών είναι μια πολυπληθής οικογένεια με 650 γένη και αρκετές χιλιάδες είδη φυτών. Το γένος *Ceratonia* εντάσσεται γενικά στη φυλή Cassieae αν και αρκετοί επιστήμονες δε συμφωνούν με την ένταξη της στην υποοικογένεια Caesalpinioideae (Irwin and Barneby, 1981; Tucker Tucker, 1992). Μια σημαντική απόκλιση του γένους *Ceratonia* από τα Cassieae, είναι ο αριθμός του διπλοειδούς αριθμού χρωμοσωμάτων, ο οποίος στο γένος *Ceratonia* είναι $2n = 24$, ενώ στα περισσότερα είδη της φυλής Cassieae είναι $2n = 48$ (Goldblatt, 1981).

Γενικά το γένος *Ceratonia* θεωρείται από τα πιο αρχαία γένη των κυαμοειδών, απομεινάρει ενός απομονωμένου κλάδου των Fabaceae που σήμερα σχεδόν έχει εξαφανιστεί (Batlle and Tous, 1997). Παρότι έχουν εντοπιστεί παλαιοβοτανικά ευρήματα και άλλων ειδών του γένους *Ceratonia*, όπως το *C. emarginata* που χρονολογείται στα μέσα του Ύστερου Ολιγόκαινου (Palamarev, 1989), το γένος *Ceratonia* θεωρούνταν για αρκετά χρόνια μονοτυπικό.

Ένα δεύτερο είδος του γένους *Ceratonia*, το *C. oreothauma* αναφέρθηκε και περιγράφηκε από τους Hillcoat et al. (1980). Σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές, το συγκεκριμένο είδος διακρίνεται σε δύο υποείδη, το *oreothauma* ιθαγενές στο Ομάν της Αραβίας και το *somalensis* ιθαγενές της Βόρειας Σομαλίας. Παρότι τα είδη *siliqua* και *oreothauma* κατατάσσονται στο ίδιο γένος και έχουν ορισμένες ομοιότητες, διακρίνονται εύκολα μεταξύ τους (Εικ. 6). Παράλληλα παρουσιάζουν σημαντικές μικροσκοπικές μορφολογικές διαφορές όπως στο μέγεθος και στο σχήμα των γυρεόκοκκων. Στο *oreothauma*, οι γυρεόκοκκοι είναι μικρότεροι και τρικολπορικοί σε σχέση με το *siliqua* (χαρουπιά) που είναι μεγαλύτεροι και τετρακολπορικοί. Καθώς οι γυρεόκοκκοι της χαρουπιάς είναι πιο εξελιγμένοι, το είδος *C. oreothauma* έχει προταθεί ως ο πρόγονος του *C. siliqua* (Hilcoatetal., 1980). Οι Viruel et al. (2020) αξιοποιώντας μοριακές μεθόδους χρονολόγησης εκτιμούν ότι η διάσπαση μεταξύ των δύο ειδών επήλθε κατά την Ύστερο Μειόκαινο 6,4 Ma πριν από σήμερα.

Πίνακας 1. Βοτανική ταξινόμηση του είδους *Ceratonia siliqua*

Βασίλειο (Kingdom)	Φυτά	Plantae
Υποβασίλειο (Subkingdom)	Τραχειόφυτα	Tracheophyta
Υπερσυνομοταξία (SuperPhylum)	Σπερματοφύτα	Spermatophyta
Συνομοταξία (Phylum)	Αγγειόσπερμα	Magnoliophyta
Ομοταξία (Class)	Δικοτυλήδονα	Magnoliospida
Υφομοταξία (Subclassis)	Ροσίδες	Rosids
Τάξη (Order)	Κυαμώδη	Fabales
Οικογένεια (Family)	Κυαμοειδή	Fabaceae πρώην Leguminoceae
Υποοικογένεια (Subfamily)	Καισαλπινιοειδή	Caesalpinioideae
Γένος (Genous)	<i>Ceratonia</i>	
Είδος (Species)	<i>Siliqua</i>	
Διωνυμικό όνομα	<i>Ceratonia siliqua</i>	



Εικόνα 6. Τα δύο είδη του γένους *Ceratonia* παρότι παρουσιάζουν ορισμένες βοτανικές και μορφολογικές ομοιότητες διακρίνονται εύκολα μεταξύ τους **α)** *Ceratonia siliqua* (χαρουπιά), **β)** *Ceratonia oreothauma*. Πηγή τροποποιημένης εικόνας b Hillcoat et al. (1980).

1.4 Οργανογραφία

Η χαρουπιά είναι δέντρο αειθαλές, μέτριου έως μεγάλου μεγέθους, που μπορεί να ζήσει έως 200 περίπου χρόνια και να φτάσει τα 12 m ύψος. Χαρακτηρίζεται από πλαγιόκλαδη κυρίως βλάστηση, σφαιρική κόμη, δυνατούς βραχίονες και τραχύ φλοιό (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2016). Η μορφολογία και φυσιολογία της είναι προσαρμοσμένη στις ιδιαιτέρες εδαφοκτοματολογικές συνθήκες της Μεσογείου, της οποίας αποτελούν μαζί με την ελιά κύρια συστατικά της βλάστησής της. Παρακάτω ακολουθεί μορφολογική περιγραφή των φυτικών οργάνων της χαρουπιάς και συνοπτική παρουσίαση της φυσιολογίας αυτών.

1.4.1 Ρίζα

Το υπόγειο τμήμα του δέντρου της χαρουπιάς αποτελεί τη ρίζα, η οποία δημιουργείται από το ριζίδιο του εμβρύου στα σπορόφυτα και από επιγενείς ρίζες στα φυτά που προέρχονται από μοσχεύματα. Στη χαρουπιά η έκπτυξη επιγενών ριζών ακόμα και σε ειδικά ελεγχόμενες συνθήκες, είναι αρκετά δύσκολη και ως εκ τούτου ο αγενής της πολλαπλασιασμός με μοσχεύματα είναι πρακτικά ανεφάρμοστος (Lee et al., 1977; Hartman and Kester, 1983).

Η πρώτη ρίζα των σπορόφυτων της χαρουπιάς που σχηματίζεται από το **εμβρυικό ριζίδιο** ονομάζεται **πρωτογενής** ή **κύρια ρίζα**, οι πρώτες διακλαδώσεις αυτής **δευτερεύουσες**, οι αμέσως επόμενες διακλαδώσεις **τριτεύουσες** και ούτω καθ' εξής. Σε γενικές γραμμές το ριζικό σύστημα των οπωροφόρων δέντρων αποτελείται από τις χοντρές ρίζες που αποτελούν το σκελετό και το μέσο αγκύρωσης του δέντρου και τις λεπτές ρίζες, μέσω του οποίου γίνεται η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων και του νερού.

Το ριζικό σύστημα της χαρουπιάς είναι ισχυρό και μακρύ, μπορεί να φτάσει τα 7 με 10 m βάθος με το 60% των ριζών να βρίσκεται έως 2 m και το 40% έως 1-1,5 m (Χατζηνικολάου, 1980). Αρκετές από τις ρίζες του εκτείνονται μακριά από τον κορμό αναζητώντας νερό και θρεπτικά στοιχεία στην ευρύτερη περιοχή. Πολλές φορές έχουν εντοπιστεί ρίζες δένδρων χαρουπιάς, ιδιαίτερα σε πετρώδη και ρηχά εδάφη, οι οποίες επεκτείνονται σε μεγάλη απόσταση οριζόντια και έξω από το έδαφος, ενώ στη συνέχεια διεισδύουν εάν βρουν πρόσφορο έδαφος (Εικ. 7). Πιθανώς, το παραπάνω χαρακτηριστικό να έχει εδραιωθεί στη χαρουπιά προκειμένου να μπορεί να επιβιώσει σε βραχώδη και με έντονο ανάγλυφο εδάφη.



Εικόνα 7. Η χαρουπιά έχει ισχυρό και ευρύ ριζικό σύστημα που εκτείνεται πολλές φορές και εκτός εδάφους αναζητώντας σημεία με περισσότερο βάθος, θρεπτικά στοιχεία και νερό.

Πηγή εικόνας: Αρχείο Γ. Γαβαλά.

Το ριζικό σύστημα της χαρουπιάς αναπτύσσεται σε εδάφη που στραγγίζουν καλά με ελαφρώς όξινο (6,2) έως πολύ αλκαλικό (8,6) pH. Σε πειραματική υδροπονική καλλιέργεια χαρουπιάς, η έλλειψη N και P επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη των βλαστών και των ριζών. Στην ίδια έρευνα, η έλλειψη μαγνησίου (Mg), προκάλεσε τη δημιουργία επιμηκυμένου ριζικού συστήματος αλλά χωρίς επαρκή αριθμό διακλαδώσεων (Correia et al., 2003). Κατά τη διάρκεια της εμβρυογένεσης πριν από την ωρίμανση των σπερμάτων της χαρουπιάς, δημιουργούνται στην άκρη του εμβρυικού ριζιδίου στομάτια τα οποία στη συνέχεια εκφυλίζονται δημιουργώντας εκτεταμένα επιδερμικά ανοίγματα τα οποία συμβάλουν στην ανταλλαγή αερίων και την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα (Christodoulakis et al., 2002).

Πολλά φυτά κατά τη διάρκεια της εξέλιξης τους έχουν αναπτύξει επωφελείς συμβιωτικές σχέσεις με διάφορους ριζόβιους μικροοργανισμούς. Η βιολογική δέσμευση του ατμοσφαιρικού N (αζώτου) μέσω αζωτοβακτηρίων είναι μια από αυτές. Η συμβίωση με αζωτοβακτήρια είναι αρκετά κοινή μεταξύ των ειδών της οικογένειας Fabaceae, όμως μόνο το 5% των ειδών της υποοικογένειας Cesaipinoideae έχει αναπτύξει τέτοιο μηχανισμό συμβίωσης. Σύμφωνα με τους Malfa et al. (2010), η χαρουπιά είναι ένα είδος που δεν έχει τη δυνατότητα εδραίωσης συμβιωτικής σχέσης με ριζόβιους μικροοργανισμούς, οι οποίοι θα της επέτρεπαν τη δέσμευση και αξιοποίηση του ατμοσφαιρικού αζώτου. Αντίθετα, σύμφωνα με τους Essahibi et al. (2018) ο εμβολιασμός του ριζικού συστήματος της χαρουπιάς και η συμβίωση του με διάφορες μυκόριζες, είναι εφικτός και συμβάλει αποτελεσματικά στην ενίσχυση των μηχανισμών των φυτών, για την αντοχή της καταπόνησης από την ξηρασία.

1.4.2 Κορμός – Βραχίονες – Βλαστοί

Ο κεντρικός κορμός στα νεαρά δέντρα είναι κυλινδρικός, σχετικά λείος χρώματος γκρι, ενώ στα μεγαλύτερης ηλικίας δέντρα, ο φλοιός είναι περισσότερο τραχύς, ρυτιδωμένος και με καφέ χρωματισμό. Τα καλλιεργούμενα δέντρα συνήθως έχουν ένα ή δύο κορμούς σε αντίθεση με τα αυτοφυή άγρια που μπορεί να έχουν περισσότερους. Οι νεότεροι βραχίονες και οι νεαροί βλαστοί μπορεί να έχουν γκρι, γκριζοπράσινο ή κόκκινο χρώμα ανάλογα με το φαινότυπο και την ηλικία τους. Σύμφωνα με έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στη νότια Πορτογαλία διάρκειας 3 ετών, η ετήσια έκπτυξη των οφθαλμών ξεκινάει τον Απρίλιο - Μάιο ανάλογα με την περιοχή και τις καιρικές συνθήκες. Η ετήσια αύξηση των νεαρών βλαστών, έχει τη μορφή της σιγμοειδούς καμπύλης η οποία, αυξάνεται απότομα από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο και επιτεδοποιείται κατά το διάστημα από Αύγουστο έως Οκτώβριο. Ο ρυθμός και το μήκος αύξησης σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα επηρεάζεται από την περιοχή, το φύλλο του δένδρου και από την καρποφορία ή μη των κλάδων. Η ετήσια αύξηση των βλαστών και κλάδων που έφεραν καρπούς, κυμάνθηκε από 0 έως 93,9 mm, ενώ η ετήσια αύξηση των βλαστών που δεν έφεραν καρπούς ήταν μεγαλύτερη και κυμάνθηκε από 7 έως 168 mm. Το αντίστοιχο διάστημα, η ετήσια αύξηση των βλαστών των «αρσενικών δέντρων» κυμάνθηκε από 50 έως 78 mm (von Hasalberg, 2000).

1.4.3 Φύλλα

Τα φύλλα της χαρουπιάς είναι σύνθετα, αρτιόληκτα, πτεροειδή κατ' εναλλαγή με ή χωρίς τερματικό φυλλάριο. Η ραχίδα έχει μήκος από 10 έως 20 cm και πλαισιώνεται από 2 έως 6 ζεύγη φυλλαρίων (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2016). Το σχήμα των φυλλαρίων μπορεί να είναι ελλειπτικό, ωοειδές, αντρωειδές ή στρογγυλό, το μήκος τους 3 έως 7cm και το χρώμα τους από χαλκόχρωμο έως βαθύ πράσινο. Το χρώμα στην άνω επιφάνεια (προσαξονική) είναι σκουρότερο και πιο στιλπνό σε σχέση με την κάτω επιφάνεια (αποαξονική), που είναι πιο θαμπό και περισσότερο ανοικτόχρωμο. Τα φυλλάρια είναι δερματώδη, σκληρά και λεία, και καλύπτονται από μια παχιά κηρώδη επίστρωση που αποτρέπει την απώλεια υγρασίας. Η επιδερμίδα στην άνω επιφάνεια

διαμορφώνεται από μια μονή παχιά στοιβάδα, τα κύτταρα της οποίας στα μεγάλα κενοτόπια περιέχουν φαινολικές ενώσεις. Στομάτια εντοπίζονται μόνο στην κάτω επιφάνεια όπου είναι διατεταγμένα σε συστάδες. Τα φύλλα στη χαρουπιιά πέφτουν τον Ιούλιο κάθε δεύτερο έτος και ανανεώνονται μερικώς από Απρίλιο- Μάιο (Batlle and Tous, 1997). Τα φύλλα είναι σπειροειδώς διατεταγμένα κατ' εναλλαγή στον άξονα του βλαστού με αποτέλεσμα να υπάρχει πολύ μικρή επικάλυψη μεταξύ τους (κάθε 7-8 φύλλα). Κάθε χρόνο, σε κάθε ακραίο βλαστό φύονται 7-10 νέα φύλλα με το τελευταίο συνήθως να είναι μικρότερο και με λιγότερα ζεύγη φυλλαρίων (1-3). Το παραπάνω χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο στην υπόδειξη και διαχωρισμό των βλαστικών περιόδων.

1.4.4 Άνθη

Η περίοδος ανθοφορίας της χαρουπιιάς σύμφωνα με τους Batlle and Tous (1997) όπως στα περισσότερα τροπικά φυτά, λαμβάνει χώρα το φθινόπωρο (Σεπτέμβριο – Νοέμβριο). Ο Ποντίκης (1996) αναφέρει ότι η χαρουπιιά ανθίζει από τα τέλη Αυγούστου έως το Νοέμβριο. Όμως κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας, διαπιστώθηκε ότι η περίοδος ανθοφορίας στη Κρήτη είναι αρκετά μεγαλύτερη. Στα θηλυκά δέντρα κάποιων φαινότυπων, εκτείνεται από τα μέσα Ιουλίου έως αρχές Ιανουαρίου ενώ στα αρσενικά δέντρα περιορίζεται από τα μέσα Αυγούστου έως τις αρχές Νοεμβρίου. Αντίστοιχο ήταν και το χρονικό διάστημα της παρουσίας των ανθέρων στα άνθη των ερμαφρόδιτων φαινότυπων που εντοπίστηκαν στο νησί. Δηλαδή, ενώ τα ερμαφρόδιτα άνθη όπως και τα θηλυκά, είχαν μεγαλύτερο εύρος ανθοφορίας, η παρουσία των ανθέρων σε αυτά περιοριζόταν κυρίως στο διάστημα από αρχές Σεπτεμβρίου έως αρχές Νοεμβρίου.



Εικόνα 8. Από αριστερά προς τα δεξιά Αρσενικά, θηλυκά και ερμαφρόδιτα άνθη χαρουπιιάς. Πηγή επεξεργασμένης εικόνας: Bibilone (2011).

Τα άνθη της χαρουπιιάς έχουν κοντό μίσχο και δεν διαθέτουν πέταλα παρά μόνο 5 μικρά χνουδωτά σέπαλα. Ανάλογα με το φύλο τους διακρίνονται σε 3 βασικές κατηγορίες (Εικ. 8):
α) **Τα αρσενικά άνθη** (στημονοφόρα) που αποτελούνται από 5 στήμονες και ένα υποτυπώδες ύπερο. Οι γυρεόκοκκοι τους είναι σφαιροειδούς σχήματος, κίτρινου ή πορτοκαλί χρώματος και τετρακολλικοί. Η διάμετρος τους είναι 28-29 μm στους πόλους και 25-28 μm στον ισημερινό.
β) **Τα θηλυκά άνθη** (υπεροφόρα) που αποτελούνται από τον ύπερο (5-8,5 mm) και 5 υποτυπώδεις στήμονες. Ο ύπερος με τη σειρά του αποτελείται από το στίγμα και την ωοθήκη.

Το στίγμα έχει δύο λοβούς, ενώ η ωοθήκη είναι κυρτή και σχηματίζεται από δύο καρπόφυλλα μήκους 5-7 mm τα οποία περικλείουν εντός τους πολυάριθμα ωάρια.

γ) **Τα ερμαφρόδιτα άνθη** που διαθέτουν από κοινού στήμονες και ύπερο (Batlle and Tous, 1997).

Τα άνθη της χαρουπιάς κατανέμονται σπειροειδώς σε ιουλόμορφες βοτρυοειδείς επικορμικές ταξιανθίες. Οι ταξιανθίες αυτές προκύπτουν από κλώνους ηλικίας μεγαλύτερης του ενός έτους, συνήθως από 2 έως 15 ετών (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2016). Στους νεότερους κλώνους συνήθως είναι μονοστέλεχες, ενώ στα παλαιότερα κλαδιά και στο κορμό αποτελούνται από περισσότερα στελέχη. Κάποιες φορές αν και σπάνια, μπορεί να διακλαδίζονται σε δευτερεύουσες ταξιανθίες ή ακόμα και να φύονται από αυτές φύλλα και φυλλάρια. Ανάλογα με τα φέροντα άνθη οι ταξιανθίες κατατάσσονται σε 7 βασικές κατηγορίες:

1. Ταξιανθίες με αρσενικά άνθη, οι στήμονες των οποίων φέρουν κοντά νημάτια.
2. Ταξιανθίες με αρσενικά άνθη, οι στήμονες των οποίων φέρουν μακριά νημάτια.
3. Ταξιανθίες με αρσενικά άνθη, που έχουν κίτρινους ανθήρες.
4. Ταξιανθίες με αρσενικά άνθη, που έχουν πορτοκαλί ανθήρες.
5. Ταξιανθίες με θηλυκά άνθη.
6. Ταξιανθίες με ερμαφρόδιτα άνθη οι στήμονες των οποίων φέρουν κοντά νημάτια.
7. Ταξιανθίες με ερμαφρόδιτα άνθη οι στήμονες των οποίων φέρουν μακριά νημάτια.
8. Πολυγαμικές ταξιανθίες με ερμαφρόδιτα και αρσενικά ή θηλυκά άνθη.

Από το συνδυασμό των παραπάνω χαρακτηριστικών μπορούν να προκύψουν επιπλέον κατηγορίες αυξάνοντας σημαντικά την παρατηρούμενη ποικιλομορφία των ταξιανθιών.

Η φαινολογική ανάπτυξη των θηλυκών ταξιανθιών σύμφωνα με τους Haselberg (1988) διακρίνεται σε 6 στάδια, ενώ των αρσενικών σε 5 (Εικ. 9).

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του κάθε σταδίου στα θηλυκά άνθη είναι :

Στάδιο 0. Το άνθος έχει μήκος 1 mm, ο υποανάπτυκτος ύπερος καλύπτεται από τον κάλυκα που σχηματίζουν τα 5 σέπαλα, το συνολικό μήκος της ταξιανθίας σε αυτό το στάδιο έχει μήκος περίπου 2 cm.

Στάδιο 1. Αυξάνεται το μήκος του ύπερου έως 2 mm. Σε αυτό το στάδιο, η αμυδρή διάκριση του κιτρινοπράσινου χρώματος του ύπερου ανάμεσα στα κόκκινα σέπαλα επιτρέπει την ταυτοποίηση του φύλου του άνθους.

Στάδιο 2. Το μήκος του ύπερου αυξάνεται ακόμα περισσότερο φτάνοντας περίπου το 1 cm. Ο νεκταρικός δίσκος γίνεται ορατός.

Στάδιο 3. Ο ύπερος φτάνει στο μέγιστο μήκος του.

Στάδιο 4. Έκκριση νέκταρ.

Στάδιο 5-6. Το γονιμοποιημένο άνθος αυξάνει σε μέγεθος και γίνεται ποιο επίπεδο.

Στα αρσενικά άνθη οι μορφολογικές και λειτουργικές μεταβολές ανά στάδιο είναι:

Στάδιο 0. Το άνθος έχει μήκος περίπου 1 mm. Τα υποανάπτυκτα ανδρικά ανθικά μέρη καλύπτονται από τον κάλυκα που σχηματίζουν τα 5 σέπαλα.

Στάδιο 1. Τα σέπαλα ανοίγουν αποκαλύπτοντας τους ανθήρες.

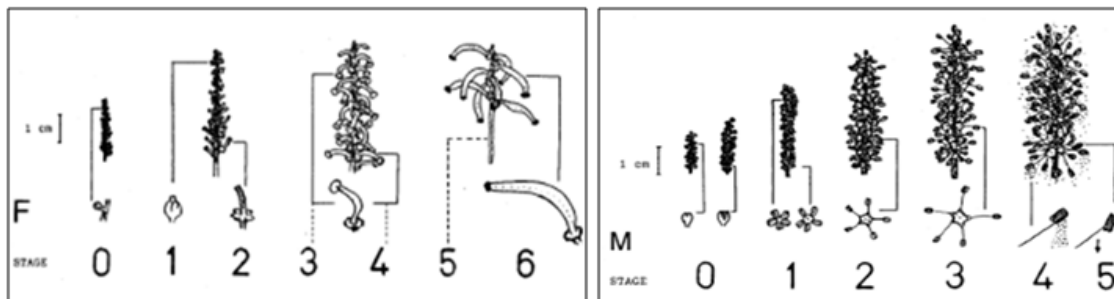
Στάδιο 2. Επιμήκυνση των νημάτων και μετατόπιση των ανθέρων προς τα πάνω.

Στάδιο 3. Έκκριση νέκταρ και κορύφωση της έκκρισης πτητικών προσελκυστικών ουσιών. Πλήρη ανάπτυξη των ανθέρων.

Στάδιο 4. Απελευθέρωση γύρης.

Στάδιο 5. Μάρανση και πτώση των ανθέρων.

Στα ερμαφρόδιτα άνθη, η φαινολογική εξέλιξη πραγματοποιείται σε 6 στάδια συνδυάζοντας τις μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές τόσο των θηλυκών όσο και των αρσενικών ανθέων (Custodio et al., 2004). Τα αρσενικά κυρίως άνθη αναδύουν μια έντονη και κάπως δυσάρεστη οσμή. Από τα άνθη που σχηματίζονται στις ταξιανθίες, μόνο ένα μικρό ποσοστό παραμένει, γονιμοποιείται και τελικά αποδίδει καρπούς.



Εικόνα 9. Φαινολογικά στάδια ανάπτυξης ταξιανθιών στη χαρουπιά. **F:** θηλυκές ταξιανθίες και **M:** αρσενικές ταξιανθίες. Πηγή επεξεργασμένης εικόνας: Haselberg (1988).

1.4.5 Καρποί – Σπέρματα

Το χαρούπι ως καρπός είναι ένας συμπιεσμένος, αδιάρρηκτος χέδρωπας το μήκος του οποίου είναι συνήθως 10-30 cm, το πλάτος του 1,5-3,5 cm και το πάχος του περίπου 1 cm. Δημιουργείται από την ένωση δύο καρπόφυλλων τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με τη κοιλιακή και ραχιαία ραφή. Στη μια του άκρη, έχει το ποδίσκο με τον οποίο συγκρατείται στον άξονα της ταξικαρπίας και στην άλλη το στίγμα. Η ωρίμανση του έχει διάρκεια σχεδόν ένα χρόνο, καθώς η ανθοφορία αρχίζει το φθινόπωρο και οι καρποί ωριμάζουν τον Αυγούστο του επόμενου έτους. Το σχήμα του ανάλογα με τη ποικιλία μπορεί να είναι ευθύ, κυρτό ή συστρεφόμενο με οξύληκτο ή πιο στρογγυλεμένο άκρο. Ο καρπός περιβάλλεται από ένα σκληρό δερματώδες καφέ χρώματος περίβλημα που ονομάζεται περικάρπιο και ένα σαρκώδες μεσοκάρπιο. Αποτελείται κατά 90% από πούλπα, πλούσια σε σακχαρόζη, γλυκόζη, κυτταρίνη και τανίνες (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2016). Περικλείει 10 έως 16 σκληρά συμπιεσμένα ωοειδή κεραμόχρωμα σπέρματα τα οποία είναι διατεταγμένα εγκάρσια κατά μήκος του λοβού.

Το μήκος των σπερμάτων είναι 8-10 mm, το πλάτος τους 7-8 mm και το πάχος τους 3-5 mm (Batlle and Tous, 1997). Τα σπέρματα αποτελούνται από το **περισπέρμιο**, το **ενδοσπέρμιο** και το **έμβρυο**. Η ποσοστιαία αναλογία του κάθε τμήματος στο συνολικό βάρος του σπέρματος είναι κατά προσέγγιση, περισπέρμιο (30-33%), ενδοσπέρμιο (42-46%) και έμβρυο (23-25%) (Batlle and Tous, 1997). Τα σπέρματα είναι τοποθετημένα εγκάρσια στο καρπό, όπου ενώνονται με το πλακούντα διαμέσου του ομφαλικού ιμάντα. Το σχετικά σταθερό βάρος τους (200 mg) έχει συσχετιστεί με το καράτι που είναι μονάδα μέτρησης πολύτιμων λίθων.

Από το σαρκώδες μέρος των καρπών παρασκευάζεται το χαρουπόμελο και το χαρουπάλευρο, το οποίο χρησιμοποιείται σε ανάμιξη με άλλα άλευρα στην αρτοποιία, στη ζαχαροπλαστική και στην παρασκευή ζυμαρικών. Από τους σπόρους εξάγεται το κόμμι του χαρουπιού, μια γαλακτομαννάνη που αποτελεί ένα φυσικό πρόσθετο (E410). Χρησιμοποιείται ως πηκτικός παράγοντας σε παγωτά κι ως σταθεροποιητής και γαλακτωματοποιητής στη ζαχαροπλαστική και στη παραγωγή σκόνης βρεφικού γάλακτος (Batlle and Tous 1997; Palaiogianni et al., 2022).

1.5 Αρσενικά, θηλυκά, ερμαφρόδιτα και πολυγαμικά δένδρα

Τα άνθη των φυτών της χαρουπιάς μπορεί να είναι τέλεια ή ατελή. Τα τέλεια άνθη αποτελούνται τόσο από αρσενικό (ανθήρας), όσο και από θηλυκό (ύπερος) ανθικό τμήμα. Αντίθετα, τα ατελή έχουν μόνο αρσενικά ή μόνο θηλυκά μέρη. Κατά την εξέταση του «φύλου» των διάφορων φαινότυπων της χαρουπιάς, τα δέντρα χαρακτηρίζονται, **αρσενικά** όταν έχουν ατελή άνθη μόνο με ανθήρες, **θηλυκά** όταν έχουν ατελή άνθη μόνο με ύπερο, **ερμαφρόδιτα** όταν έχουν τέλεια άνθη και **πολυγαμικά** όταν στην ίδια ταξιανθία συνυπάρχουν θηλυκά, αρσενικά και ερμαφρόδιτα άνθη.

Στη φύση σύμφωνα με τον Meikle (1977), η αναλογία θηλυκών προς αρσενικών δέντρων είναι 50:50, κάτι που δεν ισχύει για τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, στις οποίες κυριαρχούν τα θηλυκά και τα ερμαφρόδιτα δέντρα. Το έτερο είδος του γένους *Ceratonia*, το *C. oreoethauma* έχει μόνο αρσενικά ή θηλυκά άνθη με λεπτούς στείρους ανθήρες. Ως εκ τούτου σε αυτό το είδος δεν συναντώνται ερμαφρόδιτα δέντρα (Hilcoatetal, 1980). Η μορφή του ερμαφροδιτισμού και η διατήρηση του ανθικού τύπου των δέντρων της χαρουπιάς, έχει παρατηρηθεί ότι δεν είναι πάντα σταθερός. Εμφανίζεται με διαφορετική συχνότητα ανάλογα με την περιοχή (Batlle and Tous, 1997), την ηλικία των δέντρων, την εποχή της ανθοφορίας, και το είδος της ταξιανθίας (Schroeder, 1959).

1.6 Επικονίαση, γονιμοποίηση και καρπόδεση χαρουπιάς

Παρά το αυξημένο ερευνητικό ενδιαφέρον των τελευταίων χρόνων, η αναπαραγωγική διαδικασία της χαρουπιάς δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως. Ένα από τα αμφιλεγόμενα ζητήματα της είναι ο τρόπος επικονίασης. Από τη μία, ο περιορισμένος πληθυσμός εντόμων την περίοδο ανθοφορίας της χαρουπιάς που είναι το φθινόπωρο, τα απέταλα άνθη, οι μικροί γυρεόκοκκοι και κάποια άλλα χαρακτηριστικά υποδεικνύουν ανεμόφιλο είδος. Από την άλλη, η παρουσία εντομοελκυστικών πτητικών αρωματικών και φεροορμονομιμικών ουσιών στα άνθη της και η έκκριση νέκταρος παραπέμπουν σε εντομοφιλία.

Οι Retena et al. (1990) δε διάκριναν στη χαρουπιά επικονίαση με τον άνεμο, παρότι σύμφωνα με τους Waisel et al. (1997), το 27 % της αερομεταφερόμενης γύρης τον Οκτώβριο βρέθηκε να ανήκει στο είδος *C. siliqua*. Ωστόσο, αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η επικονίαση στη χαρουπιά πραγματοποιείται τόσο από τον άνεμο όσο και από τα έντομα. Ο Zohary (2002) υποστηρίζει ότι ο τρόπος επικονίασης εξαρτάται από το βιότοπο. Σε σχετική έρευνα του, το 15-30 % των γονιμοποιημένων ανθέων βρέθηκε ότι επικονιάστηκε με τον άνεμο και το 70-85% από διάφορα έντομα όπως μύγες, μέλισσες και σφήγκες. Σε άλλη έρευνα που διεξήχθη στο Ισραήλ αναφορικά με την επικονίαση της χαρουπιάς, διαπιστώθηκε η επικονίαση και γονιμοποίηση ανθέων που ήταν κλεισμένα εντός εντομοστεγών συσκευασιών αποδεικνύοντας με αυτό τον τρόπο τη συνεισφορά του ανέμου στην επικονίαση της. Στην ίδια έρευνα, άνθη χαρουπιάς εντοπίστηκαν να επισκέπτονται κατά την διάρκεια της ημέρας αρκετά είδη εντόμων όπως, *Apis mellifera*, *Vespula germanica*, *Vespa orientalis*, *Eristalinus taenipos*, *Musca domestica* κ.ά. Ενώ οι νυχτερινοί επισκέπτες ανήκαν κυρίως στις οικογένειες *Noctuidae*, *Geometridae*, και *Pyralidae* (Dafni et al., 2012). Τα παραπάνω στοιχεία υποδεικνύουν ότι η χαρουπιά είναι μάλλον ένα αμφοφιλικό είδος (Dafni, 2013), το οποίο μπορεί να επικονιάζεται αποτελεσματικά τόσο από τον άνεμο όσο και από πολλά ημερόβια και νυχτόβια έντομα, χωρίς να υπάρχει υποχρεωτική συμβιωτική σχέση με κάποιο από αυτά.

Ωστόσο το μεγαλύτερο ποσοστό προσεγγίσεων στα άνθη της χαρουπιάς, πραγματοποιείται από το είδος *Apis mellifera* (μέλισσα) το οποίο πραγματοποιεί το 70% των επισκέψεων σε άνθη και των δύο φύλλων (Dafni et al., 2012). Οι πιο αποτελεσματικές πτήσεις του σημαντικότερου εντόμου για την επικονίαση της χαρουπιάς, παρατηρούνται σε θερμοκρασίες μεταξύ 14-21°C. Όταν η θερμοκρασία από τα μέσα του φθινοπώρου μειωθεί πέρα από τους 10°C, οι πτήσεις περιορίζονται σημαντικά με αποτέλεσμα να μειώνεται η

συμβολή των μελισσών στην επικονίαση των ανθέων της χαρουπιάς. Παράλληλα, ο υγρός και βροχερός φθινοπωρινός καιρός περιορίζει επιπλέον τόσο τις πτήσεις όσο και την αερομεταφορά της γύρης.

Τα άνθη της χαρουπιάς είναι δεκτικά προς γονιμοποίηση για 11 ημέρες, ενώ η βλαστική ικανότητα των γυρεόκοκκων της στη φύση παραμένει ενεργή για 10 ημέρες (Dafni et al., 2012). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με τη μακρά περίοδο ανθοφορίας της χαρουπιάς βοηθάνε στο να αντιπαρέρχεται με επιτυχία τις αντίξοες συνθήκες του φθινοπώρου. Έτσι, διασφαλίζεται ότι έστω και ένας μικρός αριθμός ανθέων, θα βρεθεί σε συνθήκες που θα επιτρέπουν την επιτυχή επικονίαση κάποιων από αυτά.

Όταν ο γυρεόκοκκος διαμέσου του ανέμου ή των εντόμων έρθει σε επαφή στο στίγμα του υπέρου, αναπτύσσεται μία προεκβολή η οποία φτάνει στην ωοθήκη. Μέσα από την προεκβολή αυτή μεταφέρεται ο αρσενικός γαμέτης στη σπερματική βλάστη. Εκεί ενώνεται με το ωάριο, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται το ζυγωτό (γονιμοποίηση), το οποίο θα αναπτυχθεί σε φυτικό έμβρυο. Αμέσως μετά, η ωοθήκη αρχίζει να μεταβάλλεται σχηματίζοντας τον καρπό. Στον καρπό περικλείονται τα σπέρματα. Κάθε σπέρμα περικλείει το φυτικό έμβρυο, από το οποίο θα προκύψει το νέο φυτό. Στη χαρουπιά, αμέσως μετά την επικονίαση και γονιμοποίηση, το στίγμα μεταχρωματίζεται από κίτρινο ή ανοιχτό πράσινο σε μαύρο. Το παραπάνω χαρακτηριστικό σε συνδυασμό με τη διόγκωση των γονιμοποιημένων σπερμάτων μετά από 3 εβδομάδες, μαρτυρούν την επιτυχή επικονίαση του άνθους (Dafni, 2013).

Παρότι οι ταξιανθίες της χαρουπιάς φέρουν 17-20 άνθη, λίγες από αυτές θα καταφέρουν να δέσουν τελικά περισσότερους από 2 καρπούς (Batlle and Tous, 1997). Οι ερευνητές, συνοψίζοντας τα αποτελέσματα διάφορων ερευνών σχετικά τα ποσοστά καρπόδεσης αναφέρουν ότι, η παρατηρούμενη καρπόδεση κυμάνθηκε σε αυτές από 0,05 έως 11%. Πολλά από τα άνθη και τους νεαρούς καρπούς αποβάλλονται κατά τη διάρκεια της χρονιάς χωρίς ποτέ να καταφέρουν να ωριμάσουν. Το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβολών αυτών φαίνεται να πραγματοποιείται το διάστημα από Οκτώβριο έως Δεκέμβριο και σε μικρότερο ποσοστό από τον Ιούνιο έως τις αρχές του Αυγούστου (Batlle and Tous, 1997).

Η σωστή επικονίαση επηρεάζει το μέγεθος της παραγωγής και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και των σπερμάτων. Από άλλα φυτικά είδη, είναι γνωστά τα φαινόμενα της γυρεοστεριότητας και του ασυμβίβαστου, που μέσω της ανεπαρκούς γονιμοποίησης της προκαλούν μείωση της παραγωγής. Σε έρευνα που έγινε στην Ιορδανία αποδείχτηκε ότι, τα άνθη των ερμαφρόδιτων ταξιανθιών μπορούν να αυτοεπικονιαστούν και να γονιμοποιηθούν επιτυχώς, από γύρη που προέρχεται από ανθήρες της ίδιας ταξιανθίας. Γενικά, στις διάφορες διασταυρώσεις που εξετάστηκαν, δεν εντοπίστηκε κάποιου είδους ασυμβίβαστο και γυρεοστεριότητα, σε καμία από τους διερευνώμενους φαινότυπους. Επίσης, αποδείχτηκε ότι η αύξηση της ποσότητας της γύρης που επικονιάζει ένα άνθος αυξάνει τον αριθμό των σπερμάτων και ως εκ τούτου το μέγεθος και το βάρος των παραγόμενων καρπών. Τέλος, όσο μεγαλώνει η «συγγενική απόσταση» μεταξύ των διασταυρούμενων ανθέων, τόσο φαίνεται να βελτιώνονται διάφορα παραγωγικά χαρακτηριστικά, όπως το μήκος και το βάρος των καρπών και ο αριθμός και η βλαστική ικανότητα των σπερμάτων (Al-Ghzawi et al., 2014). Από όλα τα παραπάνω γίνεται ξεκάθαρο ότι η χαρουπιά παρότι είναι ένα εύκολα επικονιαζόμενο είδος, το περιβάλλον, ο αριθμός και η ποικιλία των φυτών που χρησιμοποιούνται ως επικονιαστές, μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά το μέγεθος της παραγωγής και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών.

1.7 Αύξηση, ανάπτυξη και χαρακτηριστικά χαρουπιού

Το χαρούπι ως καρπός είναι ένας συμπίεσμένος, αδιάρρηκτος χέδρωπας, το μήκος του οποίου είναι συνήθως 10-30 cm, το πλάτος του 1,5-3,5 cm και το πάχος του περίπου 1 cm. Δημιουργείται από την ένωση δύο καρπόφυλλων τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με τη

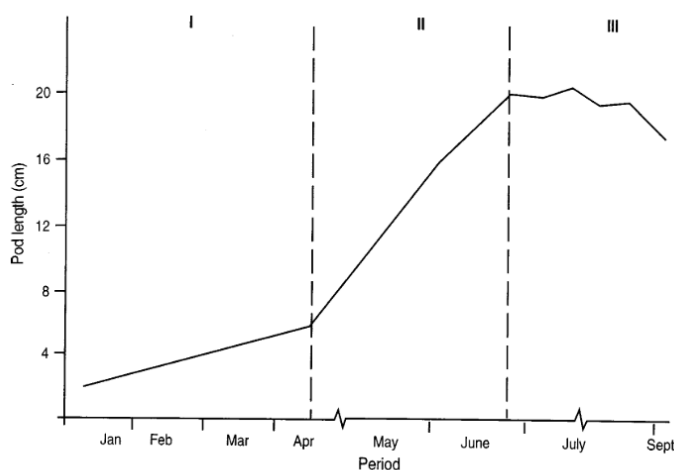
κοιλιακή και ραχιαία ραφή. Εξωτερικά περιβάλλεται από ένα σκληρό δερματώδες περίβλημα που ονομάζεται περικάρπιο και ένα σαρκώδες μεσοκάρπιο. Εντός του μεσοκαρπίου περιέχονται 10 με 16 σπέρματα τα οποία είναι τοποθετημένα εγκάρσια ως προς το μήκος καρπού. Τα σπέρματα αποτελούνται από ένα σκληρό περίβλημα γνωστό ως περισπέρμιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο.

Η κύκλος ζωής του χαρουπιού ξεκινάει το φθινόπωρο με την επικονίαση και ολοκληρώνεται μετά από 10-11 μήνες με την ωρίμανση του (Tous and Batlle, 2013). Η γύρη είναι μια σημαντική πηγή ορμονών που κινητοποιεί το μηχανισμό ανάπτυξης του καρπού. Η εναπόθεσή της στο στίγμα ξεκινά την ανάπτυξη των ωοθηκών που οδηγεί σε μεγαλύτερο βάρος λοβού. Οι σπόροι πιθανότατα ελέγχουν την ανάπτυξη των καρπών μέσω της κινητοποίησης των θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται τόσο για τη δική τους ανάπτυξη, όσο και για την ανάπτυξη των λοβών (Al-Ghzawi et al., 2014).

Η αύξηση του μεγέθους των χαρουπιών διακρίνεται σε τρία βασικά στάδια (Διάγρ. 1). Το **Στάδιο I** περιλαμβάνει το χρονικό διάστημα από την επικονίαση που λαμβάνει χώρα το φθινόπωρο, έως και το τέλος του χειμώνα. Στο διάστημα αυτό οι διαστάσεις και το βάρος του λοβού αυξάνονται ελάχιστα και με αργό ρυθμό.

Το **Στάδιο II**, διαρκεί από την αρχή της άνοιξης έως το τέλος Ιουνίου. Στο διάστημα αυτό ο λοβός αυξάνεται ταχέως αποκτώντας το μεγαλύτερο μέρος του βάρους και των διαστάσεων του.

Στάδιο III, το τελικό αυτό στάδιο διαρκεί από τον Ιούνιο έως το τέλος του Αυγούστου. Στο διάστημα αυτό επιβραδύνεται αρκετά ο ρυθμός αύξησης του λοβού ο οποίος αποκτάει το τελικό του μέγεθος, μειώνεται η υγρασία και το βάρος του, αλλάζει χρώμα, σκληραίνει και ωριμάζει (Ilahi and Vardar, 1976).

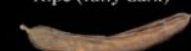
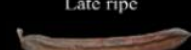


Διάγραμμα 1. Τα τρία (3) στάδια αύξησης του μεγέθους και της ανάπτυξης των χαρουπιών. **Στάδιο I**, αργή ανάπτυξη. **Στάδιο II**, ταχεία ανάπτυξη, **Στάδιο III**, σταθεροποίηση και ωρίμανση. Πηγή εικόνας: Ilahi and Vardar (1976).

Αμέσως μετά τη γονιμοποίηση το στίγμα σκουραίνει και μετά από 3 εβδομάδες αρχίζουν να αναπτύσσονται τα σπέρματα του καρπού. Το χρώμα των λοβών παραμένει πράσινο καθ' όλη τη διάρκεια των Σταδίων I και II αλλά από τα μέσα Ιουλίου αρχίζει σταδιακά να μεταχρωματίζεται σε καφέ. Για την πλήρη ωρίμανση των λοβών απαιτείται αυτοί να εκτεθούν τουλάχιστον για 5.000 έως 6.000 ώρες σε θερμοκρασίες άνω των 10 °C (Tous and Batlle, 2013). Σε αρκετούς φαινότυπους η αλλαγή χρώματος ξεκινάει από τα σημεία που βρίσκονται τα

σπέρματα, δημιουργώντας χαρακτηριστικά καφέ κηλίδες που μοιάζουν με κουμπιά κατά μήκος του καρπού. Το παραπάνω χαρακτηριστικό υποδηλώνει ότι ίσως υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ του σταδίου ωρίμανσης των σπερμάτων και του μηχανισμού αλλαγής χρώματος των καρπών. Οι Kyriacou et al. (2021) συσχέτισαν το μεταχρωματισμό των καρπών και των σπερμάτων, με 6 στάδια ωρίμανσης τα οποία όρισαν ως **RS1**, **RS2**, **RS3**, **RS4**, **RS5**, **RS6** (Εικ. 10). Η εμπορική ωρίμανση επέρχεται στο στάδιο **RS5** το οποίο συνήθως συμπίπτει με το μήνα Αύγουστο. Το στάδιο της εμπορικής ωρίμανσης κατά το οποίο συνήθως πραγματοποιείται και η συγκομιδή, υποδηλώνεται με την αλλαγή χρώματος του ποδίσκου του καρπού από πράσινο σε καφέ και με τη δημιουργία σε αυτό της ζώνης αποσπάσεως.

Το μέγιστο ποσοστό υγρασίας στους καρπούς που φτάνει στο 70%, συμπίπτει με το μέγιστο βάρος και εντοπίζεται τους μήνες Μάιο – Ιούνιο. Από τους μήνες αυτούς και μετά η υγρασία όπως και το βάρος, μειώνεται σταδιακά καταλήγοντας τον Αύγουστο οι ώριμοι πλέον καρποί να περιέχουν μόνο 12 με 18% υγρασία (Tous and Batlle, 2013).

Stage	Fruit appearance	Seed appearance
RS1	Green (fully developed) 	Fully green 
RS2	Dull green 	Dull green turning brown 
RS3	Breaker 	Half brown, half turning brown 
RS4	Green pedicel 	Brown 
RS5	Ripe (fully dark) 	Brown 
RS6	Late ripe 	Brown 

Εικόνα 10. Απεικόνιση της αντιστοιχίας του χρώματος των καρπών και των σπερμάτων του χαρουπιού, με τα 6 στάδια ωρίμανσης όπως αυτά έχουν καθοριστεί από τους Kyriacou et al. (2021).

Εκτός όμως από τις μεταβολές στο χρώμα και το ποσοστό της υγρασίας, η διαδικασία της ανάπτυξης και ωρίμανσης των καρπών σηματοδοτείται από σημαντικά μεταβολικά συμβάντα. Ο ρυθμός αναπνοής μειώνεται σημαντικά και το ίδιο συμβαίνει με τις φαινολικές ενώσεις και τις τανίνες. Τα συνολικά οξέα επίσης μειώνονται δραστικά κατά 50% από το στάδιο **RS1** στο **RS2** παρότι η αναλογία μηλικό: κιτρικό: οξαλικό παραμένει σχεδόν σταθερή στο 20:4:1 σε όλα τα στάδια ανάπτυξης και ωρίμανσης των καρπών. Η γλυκόζη μειώνεται κατά την ωρίμανση σημειώνοντας απότομη πτώση από το στάδιο **RS3** στο **RS4**. Μετά από αυτό, σταθεροποιείται στο 60% περίπου της αρχικής της συγκέντρωσης. Αντίθετα, η σακχαρόζη σημειώνει σχεδόν εξαπλάσια αύξηση από το στάδιο **RS1** έως το **RS6**, με την πιο απότομη αύξηση να σημειώνεται επίσης κατά τη μετάβαση από το στάδιο **RS3** στο στάδιο πράσινου μίσχου (**RS4**). Σε αυτά τα δύο στάδια παρατηρείται επίσης μεγάλη αύξηση στα ολικά σάκχαρα κατά 42,5% και 33,8%

αντίστοιχα, ενώ είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι η σακχαρόζη συνεχίζει κάποιες φορές να αυξάνεται ακόμα και μετά την απόπτωση του καρπού από το δέντρο (Kyriacou et al., 2021) .

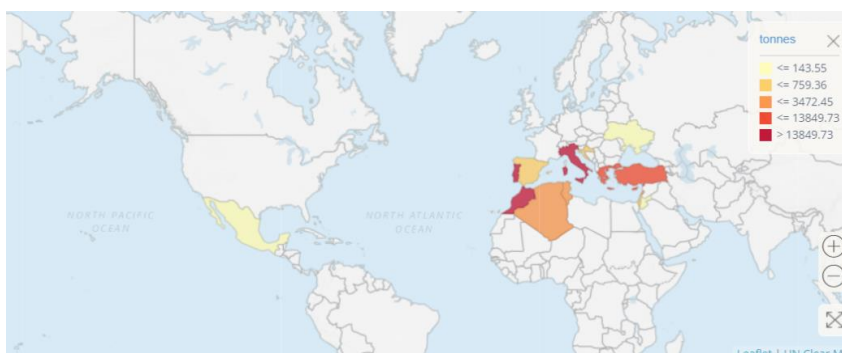
Το χαρούπι είναι ένα μη κλημακτηριακό φρούτο του οποίου η γνώση της ανάπτυξης και των μεταβολικών του αλλαγών από τη γονιμοποίηση έως τη συγκομιδή διαδραματίζει μεγάλη σημασία στη θρεπτική του αξία, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και την εμπορευσιμότητα του ως προϊόν. Σε γενικές γραμμές, οι μεταβολικές αλλαγές της ωρίμανσης με τη μείωση των φαινολικών ουσιών και των τανινών μειώνουν την αντιοξειδωτική ικανότητα του, κάτι που είναι αρνητικό. Από την άλλη όμως, ο επερχόμενος περιορισμός της στυφότητας που αυτές προκαλούν, σε συνδυασμό με την αύξηση των σακχάρων βελτιώνουν σημαντικά τη γεύση και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά.

1.8 Καλλιέργεια χαρουπιάς

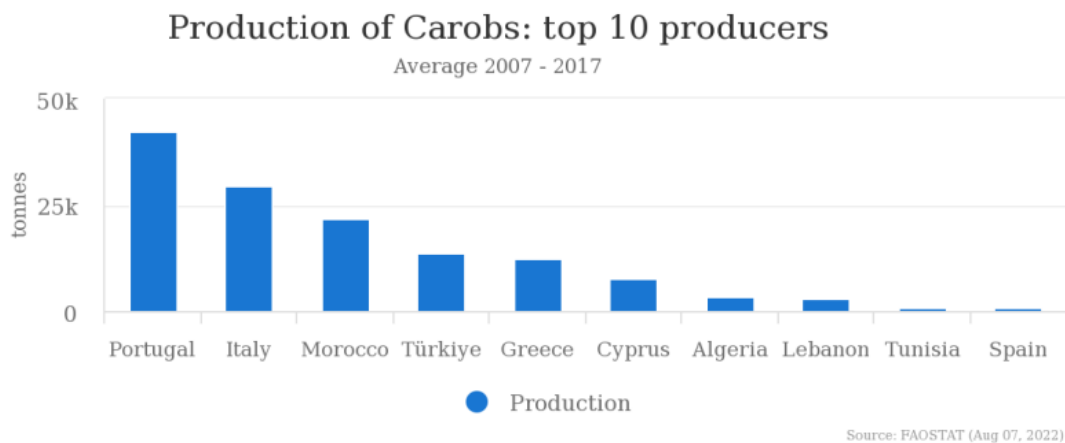
1.8.1 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή

Για πολλά χρόνια η καλλιέργεια και συγκομιδή των χαρουπιών ήταν μια σημαντική πρόσδοος για τους κατοίκους της υπαίθρου που σε χρόνια δύσκολα συμπλήρωναν με αυτή το οικογενειακό τους εισόδημα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τόσο στη χώρα μας όσο και στις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες να συγκομίζεται σχεδόν όλη η παραγόμενη ποσότητα. Το 1961 η εγχώρια παραγωγή χαρουπιών ανέρχονταν στους 39.295 t και η παγκόσμια στους 656.877 t.

Τις προηγούμενες δεκαετίες εξαιτίας της χαμηλής τιμής του προϊόντος και της αστυφιλίας που οδήγησε στην έλλειψη εργατικού δυναμικού, μειώθηκε δραματικά η συγκομιζόμενη ποσότητα χαρουπιών. Το 2017, η οποία είναι και η τελευταία χρονιά για την οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία στον FAO (*Food and Agriculture Organization*) για την Ελλάδα, η συνολική εγχώρια παραγωγή χαρουπιών σύμφωνα με το διεθνές αυτό οργανισμό ανήρθε στους 12.287 τόνους (FAO, 2017), ενώ η συνολική εγχώρια καλλιεργήσιμη έκταση ανήλθε στα 17.570 στρέμματα. Την ίδια χρονιά η παγκόσμια παραγωγή ήταν 138.680 t. και η παγκόσμια καλλιεργήσιμη έκταση 388.440 στρέμματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής προέρχεται κυρίως από τις ευρωπαϊκές και αφρικανικές χώρες (Εικ. 11). Οι 10 κυριότερες χώρες παραγωγής χαρουπιών τη δεκαετία 2007 - 2017 κατά σειρά παραγωγής ήταν η Πορτογαλία, Ιταλία, Μαρόκο, Τουρκία, Ελλάδα, Κύπρος, Αλγερία, Τυνησία, Λίβανος, Ισπανία (Διαγρ. 2), (FAO, 2017) .



Εικόνα 11. Χρωματική απεικόνιση των κύριων χαρουποπαραγωγών χωρών τη δεκαετία 2007 – 2017 με βάση το ύψος της παραγωγής τους.



Διάγραμμα 2. Οι δέκα κυριώτερες χαρουποπαραγωγές χώρες τη δεκαετία 2007-2017.
Πηγή εικόνας (FAO, 2017)

Η καλλιέργεια της χαρουπιάς στην Ελλάδα εντοπίζεται κυρίως στην Κρήτη, σε κάποια νησιά και στη Νότια Πελοπόννησο. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το έτος 2018 σε όλη τη χώρα καλλιεργήθηκαν συνολικά 22.287 στρέμματα με συνολική απόδοση 9.869 t 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 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2018). Τα τελευταία χρόνια η αύξηση της τιμής του χαρουπιού έχει παροτρύνει πολλούς αγρότες να εγκαταστήσουν στην Ελλάδα αρκετές χιλιάδες νέα χαρουπόδεντρα. Την επόμενη δεκαετία αυτά τα δέντρα βγαίνοντας στη παραγωγή αναμένεται να αυξήσουν την παραγωγή προκαλώντας συνολική ανάκαμψη της καλλιέργειας του χαρουπιού στη χώρα μας.

1.8.2 Γεωμορφολογία καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Η χαρουπιά είναι ένα θερμόφιλο είδος που ως αυτοφυές φυτό συναντάται στην υποζώνη της μεσογειακής βλάστησης που είναι γνωστή ως Oleo-ceratonion. Η ζώνη αυτή που χαρακτηρίζεται κυρίως από άγριες ελιές (*Olea europaea* var. *oleaster* ή *Olea europaea* var. *sylvestris*), χαρουπιές (*Ceratonia siliqua*) και φρύγανα, αντιπροσωπεύει τις πιο ξηρές περιοχές της Μεσογείου. Στην Ελλάδα, η ζώνη αυτή απαντάται συνήθως σε υψόμετρο έως 500 m στην Κρήτη, στα νησιά του νοτίου Αιγαίου, στη ΝΑ Πελοπόννησο και στην Αττική (Αθανασιάδης, 1986).

Επιπλέον, η χαρουπιά μπορεί να καλλιεργηθεί και σε άλλες περιοχές που χαρακτηρίζονται από υποτροπικό μεσογειακό τύπο κλίματος. Τέτοιες περιοχές είναι αυτές με ήπιο χειμώνα και ζεστό ξηρό καλοκαίρι. Οι θερμοκρασίες στις περιοχές αυτές πρέπει να κυμαίνονται από 7 έως 45°C για το βόριο ημισφαίριο και από 7 έως 40 °C για το νότιο ημισφαίριο. Θερμοκρασίες χαμηλότερες από 5°C μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στις ταξιανθίες και στα νεαρά φυτά (Tous and Batle, 1990). Η χαρουπιά θεωρείται ανθεκτικότερο φυτό στο παγετό από την πορτοκαλιά, αλλά πιο ευαίσθητο από την ελιά. Οι καρποί της ζημιώνονται στους -4 με -5 °C, ενώ οι βλαστοί στους -6,7 έως -7,8 °C (Ποντίκης, 1996). Οι ισχυροί άνεμοι και οι παρατεταμένες φθινοπωρινές βροχοπτώσεις μπορεί να επηρεάσουν δυσμενώς στην επικονίαση. Οι πρωινές ανοιξιάτικες υγρασίες ευνοούν το ωίδιο (*Oidium ceratoniae*), την κερκοσπορίαση (*Pseudocercospora ceratoniae*) και άλλες μυκητολογικές ασθένειες (Tous and Batle, 2013). Τέλος, αναφορικά με τον προσανατολισμό των προς φύτευση εκτάσεων, ο πλέον ενδεδειγμένος είναι ο νότιος ή νοτιοανατολικός

προσανατολισμός με τον οποίο διασφαλίζεται αρκετή ηλιοφάνεια, ενώ παράλληλα η καλλιέργεια προστατεύεται από τους κρύους βόρειους άνεμους (Χατζηνικολάου, 1982).

Η χαρουπιά είναι δέντρο περιορισμένων εδαφικών απαιτήσεων. Μπορεί να ευδοκιμήσει σε μια μεγάλη ποικιλία εδαφών, από γόνιμα πεδινά έως επικλινή, βραχώδη και φτωχά ορεινά εδάφη. Εξαιρέση αποτελούν τα πολύ αργιλώδη και τα εδάφη που νεροκρατούν και δεν στραγγίζουν καλά. Προτιμάει ελαφρώς όξινα ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη με pH από 6,2 έως 8,6 που περιέχουν αρκετό ασβέστιο (Tous and Batlle, 1990). Σε αβαθείς και βραχώδεις εκτάσεις προσαρμόζεται και επιβιώνει, αλλά έχει περιορισμένη ανάπτυξη και παραγωγή. Τέλος όσων αφορά τα εδαφικά χαρακτηριστικά, ανέχεται σχετικά καλά τα αλατούχα εδάφη με περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο έως 3% (Winer, 1980).

1.8.3 Σχεδιασμός και εγκατάσταση χαρουπώνων

Οι παραδοσιακοί χαρουπώνες στο μεσογειακό τοπίο αποτελούνται από διάσπαρτα δέντρα μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται πολλές φορές και άλλα φυτικά είδη, όπως ελιές αμυγδαλιές, συκιές κ.ά. Ακόμα όμως και στις εκτάσεις που καλύπτονται αμιγώς από χαρουπιές, η πυκνότητα τους είναι αρκετά μικρή. Οι Tous and Batlle (1990) αναφέρουν ότι σε τέτοιου είδους παραδοσιακούς χαρουπώνες συνήθως υπάρχουν 25 με 40 χαρουπιές ανά εκτάριο. Στην Ελλάδα με τους κανονισμούς δάσωσης 2080/92 και 1257/99 δημιουργήθηκαν αρκετές συστηματικές καλλιέργειες χαρουπιάς. Παράλληλα το αυξημένο ενδιαφέρον για το χαρούπι σε συνδυασμό με τις καλές τιμές που απολαμβάνει το προϊόν τα τελευταία χρόνια έχει επανακαθορίσει τον τρόπο και τις μεθόδους καλλιέργειας του.

Ένας σύγχρονος χαρουπώνας πρέπει να διασφαλίζει την υγεία, την αποτελεσματική επικονίαση, την παραγωγικότητα και πρωιμότητα των φυτών, επιτρέποντας παράλληλα την εκμηχάνιση των εργασιών και την εύκολη συγκομιδή. Πρώτο και σημαντικότερο βήμα είναι η προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας με βάση το υψόμετρο, την καταλληλότητα του εδάφους του κλίματος και της μορφολογίας της περιοχής. Για το κλίμα και το έδαφος πρέπει να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Αναφορικά με το υψόμετρο που μπορεί να ευδοκιμήσει η χαρουπιά, αυτό εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το γεωγραφικό πλάτος και τη μορφολογία της περιοχής. Οι Essahibi et al. (2016) έχουν αναφέρει την παρουσία χαρουπιών στις περιοχές Tigdouine και Tamellalet του Μαρόκου σε υψόμετρο 843 και 1.470 m, αντίστοιχα. Όμως στη συγκεκριμένες περιοχές, παρά το μεγάλο υψόμετρο, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία σπάνια κατεβαίνει κάτω από τους 3 °C. Παράλληλα υπάρχουν αρκετές περιοχές, όπου παρά το χαμηλό τους υψόμετρο η θερμοκρασία πέφτει αρκετές φορές κάτω από τους 0 °C, πράγμα που τις καθιστά ακατάλληλες για την καλλιέργεια της χαρουπιάς. Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι, το υψόμετρο από μόνο του δεν μπορεί να είναι ένα ασφαλές κριτήριο για την καταλληλότητα ή όχι μιας περιοχής. Πάντα πρέπει να συνεκτιμώνται και άλλοι παράγοντες όπως η απόσταση από τη θάλασσα και οι ελάχιστες θερμοκρασίες, τα οποία επηρεάζουν επιπλέον και την πρωιμότητα ή όχι της παραγωγής. Σε γενικές γραμμές για τα δεδομένα της χώρας μας, μπορεί να οριστεί ως μέγιστο υψόμετρο τα 600 m (Ποντίκης, 1996) και ως ενδεδειγμένα τα υψόμετρα έως τα 200 m (Χατζηνικολάου, 1982). Πέρα από το υψόμετρο και τις υπόλοιπες παραμέτρους, ο ασφαλέστερος δείκτης για την καταλληλότητα ή μη μιας έκτασης, είναι η παρουσία στη περιοχή αυτοφυών χαρουπιών ή άλλων φυτών της Oleo-ceratonion ζώνης.

Αμέσως μετά την επιλογή της τοποθεσίας πρέπει να καθοριστεί το σχήμα φύτευσης, ο προσανατολισμός των γραμμών η ποικιλία, οι αποστάσεις και οι επικονιαστές. Υπάρχουν διάφορα σχήματα φύτευσης οπωρώνων, όπως **κατά τετράγωνα, σε ρόμβους, κατά γραμμές, κατά ισοϋψείς καμπύλες** κ.ά. Το ποιο σχήμα θα επιλεγεί εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωμετρία του κτήματος και σχετίζεται με τον αριθμό των φυτών που μπορεί να φυτευτεί στο κάθε σχήμα και με τη διευκόλυνση των καλλιεργητικών εργασιών (Υφούλης, 1954). Σε γενικές γραμμές, το σχήμα σε ρόμβους προσφέρει καλύτερο αερισμό και φωτισμό στα φυτά της

καλλιέργειας. Από την άλλη το σχήμα σε τετράγωνα επιτρέπει μεγαλύτερη ευχέρεια στην εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών με γεωργικό ελκυστήρα, ενώ παράλληλα διευκολύνει το στρώσιμο και το τράβηγμα των διχτύων κατά τη διάρκεια της συγκομιδής που είναι και η πιο επίπονη και χρονοβόρα εργασία στη καλλιέργεια της χαρουπιάς (σύμφωνα με τις δια ζώσης συνεντεύξεις των χαρουποκαλλιεργητών).

Ο προσανατολισμός των γραμμών φύτευσης όταν το επιτρέπει η γεωμορφολογία του εδάφους είναι προτιμότερο να έχει κατεύθυνση βορρά – νότου. Ο παραπάνω προσανατολισμός αποτρέπει τη σκίαση μεταξύ των φυτών επιτρέποντας παράλληλα τον καλύτερο αερισμό της καλλιέργειας. Εντούτοις το παραπάνω κριτήριο δεν πρέπει να είναι απόλυτο. Για την κατεύθυνση των γραμμών φύτευσης, πρέπει να συνεκτιμώνται και άλλοι παράγοντες όπως το ανάγλυφο με τις ισοϋψείς, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομοιόμορφη άρδευση και η διευκόλυνση των εργασιών.

Υπάρχουν δύο βασικά συστήματα φύτευσης χαρουπιών αναφορικά με τις αποστάσεις, το μόνιμο και το προσωρινώς πυκνό σύστημα. Για το σύστημα της μόνιμης φύτευσης, ο Ποντίκης (1996) προτείνει αποστάσεις 8 έως 10 m για την καλλιέργεια της χαρουπιάς. Οι Tous and Batlle (1990) για ξηρές και άγονες εκτάσεις προτείνουν τη φύτευση 10 έως 20 δέντρων ανά στρέμμα σε αποστάσεις που κυμαίνονται από 9 X 10 m και 6 X 8 m, αντίστοιχα. Τέλος ο Χατζηνικολάου (1982) προτείνει τα 5 m ως την ελάχιστη και τα 15 m ως τη μέγιστη απόσταση φύτευσης μεταξύ των δέντρων της χαρουπιάς.

Τα προσωρινώς πυκνά συστήματα φύτευσης προτιμώνται συνήθως σε επίπεδα και γόνιμα εδάφη. Για τα δεδομένα της Καλιφόρνιας ο Coit (1951) προτείνει τη φύτευση σε αποστάσεις 9 X 4,5 m και την αφαίρεση ενός παρά ενός φυτού, μετά από κάποια χρόνια που θα έχουν αναπτυχθεί αρκετά, έτσι ώστε να διαμορφωθεί τελικά ένα σύστημα αποστάσεων 9 X 9 m. Σε κάποιες περιπτώσεις η μετάβαση από ένα προσωρινώς πυκνό σύστημα, σε κάποιο μόνιμο σύστημα φύτευσης, μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις. Έτσι μια αρχική πυκνή φύτευση με αποστάσεις 6 X 4, το οποίο με την αφαίρεση κάποιων δέντρων μετά από 10 – 12 χρόνια μετατρέπεται σε 6 X 8, για να καταλήξει σε 12 X 8 μέτρα με την εκ νέου αφαίρεση κάποιων ακόμα δέντρων στην ηλικία των 20 ετών (Brito de Carvalho, 1988a). Τα προσωρινά συστήματα πυκνής φύτευσης, προτιμώνται για τις αυξημένες στρεμματικές αποδόσεις των πρώτων χρόνων της καλλιέργειας τους. Σε κάθε περίπτωση η πυκνότητα φύτευσης στο τελικό στάδιο, δε πρέπει να υπερβαίνει τα 15 με 20 δέντρα ανά στρέμμα, προκειμένου να διασφαλίζεται ο ελάχιστος ζωτικός χώρος κάθε φυτού και η άνετη εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών.

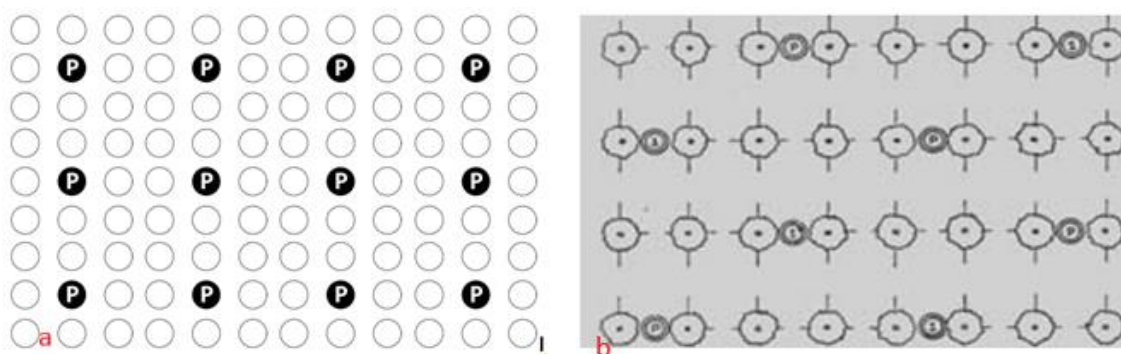
1.8.4 Επικονιαστές

Μία ακόμα σημαντική παράμετρος για την επιτυχία της καλλιέργειας είναι η επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών για επικονίαση και η τοποθέτηση τους στον ενδεδειγμένο αριθμό και στη κατάλληλη διάταξη. Η χαρουπιά είναι είδος αμφόφιλο που επικονιάζεται τόσο με τον αέρα όσο και με μία μεγάλη ποικιλία εντόμων. Κυρίαρχο ρόλο στην διαμέσου των εντόμων επικονίαση έχει η μέλισσα (*Apis mellifera*). Μεγάλο μέρος των καλλιεργητών έχει άγνοια για την επίδραση των επικονιαστών στο μέγεθος και στη ποιότητα της παραγωγής. Η ανεπαρκής επικονίαση στους χαρουπώνες της Κρήτης προκαλεί σημαντική μείωση της παραγωγής και υπό αξιοποίηση της καλλιέργειας (Sfakiotakis, 1978). Επιπλέον η ανεπαρκής επικονίαση και η μη γονιμοποίηση όλων των ωαρίων του λοβού έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των σπερμάτων, τη παραμόρφωση και το μικρό μέγεθος του καρπού (Orphanos, 1969). Από όλα τα παραπάνω προκύπτει η σημαντικότητα της συνεισφοράς των επικονιαστών στην αύξηση των αποδόσεων και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών.

Στη φύση η αναλογία 50:50 αρσενικών προς θηλυκά δένδρα διασφαλίζει τον επαρκή αριθμό επικονιαστών για αποτελεσματική επικονίαση. Στις περισσότερες καλλιέργειες η επικονίαση πραγματοποιείται από «αρσενικά δέντρα». Επειδή τα αρσενικά δέντρα δεν

καρποφορούν και άρα δεν αποδίδουν, πρέπει σε κάθε καλλιέργεια να υφίσταται ο ελάχιστος αριθμός τους, που αφενός θα διασφαλίζει την επαρκή επικονίαση και αφετέρου θα περιορίζει στο ελάχιστο την απώλεια της παραγωγής. Κατά καιρούς από αρκετούς συγγραφείς έχουν προταθεί διάφορα ποσοστά επικονιαστών που κυμαίνονται από 4% (Coit, 1949) έως 20% (Merwin, 1981). Ο Ποντίκης (1996) προτείνει ως συνιστώμενη την αναλογία 1 αρσενικού για κάθε 10 θηλυκά δέντρα. Οι Tous and Batlle (1990) θεωρούν ότι ένα ποσοστό επικονιαστών 12% είναι αρκετό και προτείνουν τη φύτευση 1 επικονιαστή για κάθε 8 περίπου θηλυκά δέντρα. Το σχέδιο που προτείνουν ως μοτίβο επανάληψης, περιλαμβάνει την εναλλάξ τοποθέτηση μια σειράς που περιέχει επικονιαστές με δύο σειρές θηλυκών. Έτσι στη σειρά με τους επικονιαστές προτείνουν να φυτεύεται ένα αρσενικό ή ερμαφρόδιτο φυτό κάθε δύο θηλυκά (Εικόνα 12a). Η Χατζήνα (2007) επικαλούμενη την πρακτική των συλλεκτριών μελισσών να επισκέπτονται για ένα μεγάλο διάστημα μόνο ένα είδος φυτού και της παρατηρούμενης συνήθειάς τους να κινούνται σταθερά επί της ίδιας γραμμής φύτευσης ενός οπωρώνα για αρκετές ημέρες, επισημάνει την ανάγκη ύπαρξης επικονιαστών σε όλες τις γραμμές (Εικόνα 12b).

Εκτός όμως από τα παραπάνω μοτίβα και αναλογίες υπάρχουν και εναλλακτικές πρακτικές, όπως είναι η ύπαρξη σε όλα τα θηλυκά δέντρα ενός «αρσενικού κλαδιού». Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με την άφηση ενός βλαστού του υποκειμένου να αναπτυχθεί όταν αυτό είναι αρσενικό ή με τον εμβολιασμό ενός κλαδιού με οφθαλμούς από αρσενικό ή ερμαφρόδιτο δέντρο. Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας παρατηρήθηκε ότι η συνύπαρξη (τυχαία τις περισσότερες φορές) αρσενικών και θηλυκών κλαδιών στο ίδιο δέντρο έδινε εντυπωσιακές αποδόσεις. Μάλιστα η μεγαλύτερη καταγραφή παραγωγής (180,64 kg) της εργασίας αυτής προήλθε από ένα τέτοιο δέντρο. Μια άλλη πρακτική είναι η ύπαρξη αυτοφυών δένδρων κάποια εκ των οποίων είναι αρσενικά, περιμετρικά της καλλιέργειας ή η φύτευση ενός εξωτερικού φράκτη με αρσενικά δέντρα. Η τελευταία πρακτική φαίνεται να δίνει πολύ καλά αποτελέσματα στα περιμετρικά θηλυκά δέντρα του κτήματος σε αντίθεση με τα εσωτερικά, που χαρακτηρίζονταν από πολύ μικρές αποδόσεις (προσωπικές εμπειρικές παρατηρήσεις). Το παραπάνω φαινόμενο πιθανώς ερμηνεύεται από τον τρόπο εργασίας των μελισσών. Οι συλλέκτριες κινούνται πάντα μεθοδικά από άνθος σε άνθος του ίδιου κλαδιού, ενώ όταν τελειώσουν με ένα δέντρο πάνε στο ακριβώς διπλανό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεσολαβούν αρκετές ημέρες από την επίσκεψη ενός αρσενικού δέντρου στην περιφέρεια του κτήματος έως την επίσκεψη ενός θηλυκού στο κέντρο του, πράγμα που για αυτά τα δέντρα σημαίνει περιορισμένη επικονίαση και παραγωγή (Χατζήνα, 2007).



Εικόνα 11. Δύο διαφορετικά σχέδια διάταξης επικονιαστών: α) κάθε 3 σειρές (Tous and Batlle, 1990). β) Σε όλες τις σειρές (Χατζήνα, 2007).

Όπως προαναφέρθηκε στην ενότητα της επικονίασης, τα άνθη των ερμαφρόδιτων ταξιανθιών μπορούν να αυτοεπικονιαστούν και γονιμοποιηθούν επιτυχώς, από γύρη που προέρχεται από ανθήρες της ίδιας ταξιανθίας. Η γύρη των ερμαφρόδιτων ανθέων δύναται να

γονιμοποιεί επίσης και τα θηλυκά άνθη άλλων δέντρων. Γενικά στις διάφορες διασταυρώσεις που έχουν εξεταστεί έως σήμερα, δεν έχει εντοπιστεί κάποιου είδους ασυμβίβαστο μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών που έχουν μελετηθεί (Al-Ghzawi et al., 2014). Αυτό σημαίνει ότι ως επικονιαστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιοδήποτε αρσενικά ή ερμαφρόδιτα δέντρα. Η χρησιμοποίηση ερμαφρόδιτων δέντρων, τα οποία είναι επικονιαστές και παράλληλα παράγουν, φαίνεται να είναι μια καλή πρακτική. Όμως, επειδή οι Custódio et al. (2004) βρήκαν ότι τα αμιγώς αρσενικά άνθη παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα και ποικιλία πτητικών προσελκυστικών ουσιών, από ότι τα αρσενικά άνθη των ερμαφρόδιτων ταξιανθιών θεωρούν ότι τα αρσενικά δέντρα μάλλον είναι αποτελεσματικότεροι επικονιαστές και ως εκ τούτου πρέπει να προτιμούνται έναντι των ερμαφρόδιτων. Επιπλέον, οι ανθήρες στα ερμαφρόδιτα άνθη φαίνεται να διατηρούνται μικρότερο διάστημα από ότι η συνολική ανθοφορία τους. Όπως μικρότερο διάστημα διαρκεί γενικότερα η ανθοφορία των αρσενικών δέντρων έναντι των θηλυκών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όταν χρησιμοποιούμε μία μόνο ποικιλία επικονιαστή πολλά θηλυκά άνθη που βρίσκονται εκτός του εύρους ανθοφορίας της να μην επικονιάζονται ποτέ. Εάν τώρα στο διάστημα αυτό συμπέσει να έχει κακοκαιρία και βροχοπτώσεις, ενδέχεται η επικονίαση και η παραγωγή τη χρονιά αυτή να είναι αρκετά χαμηλή. Επιπροσθέτως σε έρευνες που έχουν γίνει, έχει προκύψει ότι όσο μεγαλώνει η «συγγενική απόσταση» μεταξύ των διασταυρούμενων δέντρων, φαίνεται να βελτιώνονται διάφορα παραγωγικά χαρακτηριστικά, όπως το μήκος και το βάρος των καρπών και ο αριθμός και η βλαστική ικανότητα των σπερμάτων (Al-Ghzawi et al., 2014).

Οι παραπάνω διαπιστώσεις, σε συνδυασμό με την φθινοπωρινή άνθιση της χαρουπιάς, επιβάλουν την ανάπτυξη περεταίρω έρευνας για τον εντοπισμό των ενδεδειγμένων συνδυασμών επικονιαστών, που θα καλύπτουν όλη τη διάρκεια της ανθοφορίας των θηλυκών δέντρων, δίνοντας έτσι μεγαλύτερες αποδόσεις και ποιοτικότερους καρπούς.

1.8.5 Διαχείριση εδάφους

Η καλλιέργεια του εδάφους ενός χαρουπώνα και οι χειρισμοί επ' αυτού, αποσκοπούν στη διασφάλιση των συνθηκών εκείνων, που επιτρέπουν την ομαλή και φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών, καθώς και την απρόσκοπτη εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών. Κυριότερο στόχο έχουν την αποτροπή ανάπτυξης των ζιζανίων, έτσι ώστε το έδαφος να διατηρείται πάντα καθαρό, να μειώνεται ο ανταγωνισμός καθώς και οι απώλειες εδαφικής υγρασίας. Επιπροσθέτως, στοχεύουν στη μείωση της επιφανειακή απορροή και τη βελτιστοποίηση της διήθησης μεγαλύτερο ποσοστού ύδατος από τις όψιμες ανοιξιάτικες βροχές. Η ελαχιστοποίηση των ζιζανίων και αυτοφυών φυτών στον υποόροφο των καλλιεργούμενων χαρουπιών, είναι σημαντική γιατί επιπλέον χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων κριτηρίων από τη δασική υπηρεσία, για το χαρακτηρισμό μια έκτασης ως καλλιεργήσιμης ή δασικής. Για όλους τους παραπάνω λόγους η εδαφική επιφάνεια σε ένα χαρουπώνα πρέπει να διατηρείται πάντα ελεύθερη ζιζανίων.

Η καλλιέργεια του εδάφους στην Ισπανία πραγματοποιείται στις αρχές και στο τέλος της άνοιξης. Τα καλλιεργητικά μέσα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η σβάρνα και ο καλλιεργητής. Το βάθος καλλιέργειας συνιστάται να μην υπερβαίνει τα 15-20 cm, έτσι ώστε να μην καταστρέφεται το ενεργό μέρος του ριζικού συστήματος το οποίο εκμεταλλεύεται το γόνιμο επιφανειακό έδαφος (Tous and Batlle, 2013). Προς αυτή την κατεύθυνση είναι προτιμότερη η χρήση καταστροφέα. Ως εναλλακτικές μέθοδοι για τον έλεγχο των ζιζανίων εφαρμόζονται και οι παρακάτω πρακτικές:

- Διατήρηση χλοοτάπητα στους διαδρόμους σε εναλλαγή με μια ζώνη κατά μήκος της γραμμής φύτευσης η οποία διατηρείται καθαρή με τη χρήση ζιζανιοκτόνων.
- Καταστροφή των ζιζανίων με θαμνοκοπτικά μηχανήματα.
- Ελεγχόμενη βόσκηση ιπποειδών και αιγοπροβάτων.

Στην Καταλονία ως ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούν τις δραστικές ουσίες **oxyfluorfen** (προφυτρωτικά - μεταφυτρωτικά) και **glyphosate** (μεταφυτρωτικά). Οι εν λόγω δραστικές ουσίες δεν έχουν πάρει έγκριση για την χαρουπιιά στην Ελλάδα και επιπλέον καλό είναι να μην χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες μικρότερες των 4 ετών.

1.8.6 Κλάδεμα

Η χαρουπιιά είναι ένα δέντρο όπου μετά τη διαμόρφωση του βασικού σχήματος του, απαιτεί μόνο ελαφρύ κλάδεμα. Για το σωστό κλάδεμα της πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής:

- Καρποφορεί σε ξύλο ηλικίας μεγαλύτερης των 2 ετών.
- Είναι είδος που παρουσιάζει παρενιαυτοφορία.
- Έχει την τάση να διαμορφώνεται σε δέντρο με κεντρικό κορμό και έντονη πλαγιόκλαδη βλάστηση.
- Το ξύλο της στις μεγάλες τομές επουλώνεται δύσκολα (TousandBatlle, 2013).

Το σχήμα διαμόρφωσης της χαρουπιιάς εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο συγκομιδής (μηχανικός ή χειρωνακτικός) και την πυκνότητα των δέντρων. Στους παραδοσιακούς χαρουπώνες τα δέντρα συνήθως είναι ψηλά (10-12 m με μεγάλο κορμό ύψους 1-1,5 m). Στους συγχρόνους χαρουπώνες, όταν η συγκομιδή πραγματοποιείται χειρωνακτικά, το σχήμα διαμορφώνεται σε **ελεύθερο κύπελλο**, με ύψος κορμού περίπου 0,5 έως 0,7 m όταν η καταστροφή των ζιζανίων γίνεται με φορητά μέσα και 0,8 έως 1 m όταν γίνεται με γεωργικό ελκυστήρα. Η διαμόρφωση πραγματοποιείται τα πρώτα χρόνια της ζωής του φυτού και συνιστάται αρχικά για 2-3 χρόνια μόνο στην αφαίρεση των λαίμαργων βλαστών στη βάση του φυτού. Κατόπιν αμέσως μετά την πρώτη καρποφορία αφήνονται 3-4 βραχίονες, έτσι ώστε το δέντρο να αποκτήσει ένα συμμετρικό ανοικτό σχήμα. Το επιδιωκόμενο τελικό ύψος ανέρχεται στα 4 με 6 m ενώ το εύρος της κόμης πρέπει να διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε τα δέντρα να μην έρχονται ποτέ σε επαφή μεταξύ τους.

Τα δέντρα που συγκομίζονται με μηχανικά μέσα (δόνηση του κορμού), συνήθως διαμορφώνονται σε σχήμα **διευρυμένης ατράκτου**. Τα πρώτα χρόνια αφαιρούνται μόνο οι λαίμαργοι βλαστοί από τη βάση του φυτού. Στη συνέχεια αφήνεται ένας κεντρικός κορμός με 4-5 πλευρικούς βραχίονες. Ο πρώτος βραχίονας αφήνεται σε ύψος 0,9 – 1 m από έδαφος, ενώ οι υπόλοιποι κατανέμονται ομοιόμορφα στο κορμό, έτσι ώστε να διαμορφωθεί ένα ισορροπημένο συμμετρικό σχήμα. Οι επιπλέον βλαστοί, που δεν είναι απαραίτητοι στη διαμόρφωση του σκελετού του δέντρου, τα πρώτα χρόνια αντί να αφαιρούνται μπορούν να συντέμνονται έτσι ώστε να συνεισφέρουν στη φωτοσύνθεση και στην αποθήκευση θρεπτικών στοιχείων. Με αυτό το τρόπο διαμόρφωσης, το εμβαδόν της κόμης του δέντρου και το ύψος του κορμού επιτρέπουν τη μηχανοποιημένη συγκομιδή (Tous and Batlle, 2013).

Μετά την διαμόρφωση του σχήματος και την ενηλικίωση τους, τα δέντρα πρέπει να κλαδεύονται πλέον ελαφριά και κάθε 3-4 χρόνια. Το κλάδεμα αυτό πρέπει να λαμβάνει χώρα στις αρχές του φθινοπώρου. Πραγματοποιείται συνήθως τη χρονιά που αναμένεται αυξημένη παραγωγή, έτσι ώστε να μετριάζεται η ολιγοκαρπία της επόμενης περιόδου από την παρενιαυτοφορία των δέντρων. Κατά το κλάδεμα αυτό αφαιρούνται τα λεπτά (< 5-6 cm διάμετρο), τα ξερά και τα τέμνοντα κλαδιά. Επίσης, αφαιρούνται οι λαίμαργοι και συντέμνοντες ακραίοι βλαστοί, έτσι ώστε η ετήσια τρέχουσα βλάστηση να μην υπερβαίνει τα 30 cm. Σε παραμελημένα δέντρα που απαιτείται κλάδεμα επαναφοράς, θα πρέπει να τοποθετείται ειδική πάστα σε όλες τις μεγάλες τομές έτσι ώστε να αποτρέπεται η μόλυνση και σήψη του ξύλου.

1.8.7 Θρέψη - Λίπανση

Η καλλιέργεια της χαρουπιιάς στις περισσότερες μεσογειακές χώρες υφίσταται σε εκτατική μορφή. Τα περισσότερα δέντρα δε λιπαίνονται καθόλου και γενικά δε δέχονται ιδιαίτερη φροντίδα. Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και η

μεταστροφή τους σε περισσότερο εντατική μορφή, έχει αναδείξει την ανάγκη διερεύνησης των αναγκών θρέψης και λίπανσης της χαρουπιάς.

Από διάφορες έρευνες που έχουν γίνει, διαφαίνεται ότι η χαρουπιά αντιδρά θετικά στην προσθήκη αζώτου (N), αυξάνοντας την ανάπτυξη και την παραγωγή χαρουπιών (Lloveras and Tous, 1992; Correia and Martins- Louçã, 1993). Αναφορικά με το φώσφορο (P) στις διάφορες αναλύσεις των καρπών και των φύλλων που έχουν γίνει δεν έχουν παρατηρηθεί σημαντικές ελλείψεις. Οι καρποί και τα φύλλα της χαρουπιάς ειδικά την περίοδο της ταχείας ανάπτυξης των καρπών (Απρίλιο – Ιούνιο) και της ωρίμανσης τους (Ιούλιο – Αύγουστο) φαίνεται να έχει μεγάλη ανάγκη καλίου (K) (Correia, 2007). Για τις ανάγκες της χαρουπιάς σε διάφορα άλλα μακροστοιχεία (Ca, Mg, S) και ιχνοστοιχεία, η σχετική έρευνα είναι αρκετά περιορισμένη (Correia, 2007). Από τα λίγα στοιχεία που υπάρχουν διαθέσιμα φαίνεται ότι η έλλειψη Mg να προκαλεί την επιμήκυνση, αλλά με περιορισμένο αριθμό διακλαδώσεων του ριζικού συστήματος (Correia et al., 2003).

Για τον προσδιορισμό του σωστού τύπου και τις ποσότητες των αναγκαίων λιπασμάτων που απαιτούνται για την αποτελεσματική θρέψη των φυτών, πρέπει να διενεργούνται συστηματικές αναλύσεις εδάφους, φύλλων και καρπών. Για τις φυλλικές αναλύσεις τα δείγματα πρέπει να λαμβάνονται τους μήνες Δεκέμβριο - Ιανουάριο κατά τους οποίους τα φύλλα είναι ώριμα. Η φυσιολογική συγκέντρωση N-P-K επί τις εκατό ξηρού βάρους (% dw) στα φύλλα είναι 2,20–2,70% για το N, 0,10–0,15% για το P και 0,9–1,30% για το K (Correia, 2007).

Σε παραδοσιακούς χαρουπώνες με πυκνότητα 50 περίπου δέντρα ανά εκτάριο συνιστάται να εφαρμόζονται 5 κιλά N / στρέμμα. Από αυτή την ποσότητα, το 1 κιλό μπορεί να εφαρμόζεται μαζί με το K και το P το Φθινόπωρο μετά τη συγκομιδή και το υπόλοιπο το Φεβρουάριο. Επίσης μπορεί σε αρδευόμενους χαρουπώνες, το άζωτο και το κάλιο να εφαρμόζονται αργότερα κατά τους μήνες Μάιο- Ιούνιο. Σε έρευνα πεδίου που διενεργήθηκε σε καλλιέργεια με ώριμα δέντρα, η εφαρμογή 0,9 kg N / δένδρο / έτος σε μορφή NH_4NO_3 (νιτρικής αμμωνίας) για 4 έτη αύξανε κάθε χρόνο και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών. Η αποτελεσματική θρέψη με τη συγκεκριμένη ποσότητα αζώτου στο συγκεκριμένο πείραμα, αποτυπώθηκε και από την ικανοποιητική περιεκτικότητα των φύλλων στο στοιχείο αυτό (2,50% dw) (Correia et al., 2002). Τέλος, αναφορικά με τη μορφή του αζώτου, η εφαρμογή του σε ασβεστόχα εδάφη, τόσο σε μορφή νιτρικής αμμωνίας, όσο και ουρίας, φάνηκε να δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα (Correia 2007). Κατά τα πρώτα 4 χρόνια της καλλιέργειας, τα εφαρμοζόμενα λιπάσματα πρέπει να έχουν αναλογία 2:1:1 σε $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$. Από την 5^η χρονιά και έπειτα, λόγω της αύξησης των αναγκών σε K που προκαλεί η είσοδος στη παραγωγή, η παραπάνω αναλογία μετατρέπεται σε 2:1:2 (Correia 2007).

Το κάλιο στην από εδάφους βασική λίπανση, μπορεί να έχει τη μορφή θεικού ή χλωριούχου καλίου, ενώ στη διαφυλλική μπορεί να εφαρμοστεί ως νιτρικό κάλιο. Στις εντατικές καλλιέργειες εκτός από το νιτρικό κάλιο για διαφυλλική λίπανση μπορεί να εφαρμοστεί και ουρία σε αραίωση 4% στο ψεκαστικό διάλειμμα. Παράλληλα με την ανόργανη λίπανση πρέπει κάθε 3-4 χρόνια να εφαρμόζεται και οργανική λίπανση με τη προσθήκη 30-40 kg χωνεμένης κοπριάς ανά δέντρο. Η εργασία αυτή, είναι σκόπιμο να πραγματοποιείται μετά τη συγκομιδή και να συνδυάζεται με φθινοπωρινή καλλιέργεια. Τέλος, η συγκαλλιέργεια με διάφορα ψυχανθή, καθώς και εφαρμογή σκευασμάτων με μυκόριζες εμπλουτίζουν το έδαφος σε άζωτο και αυξάνουν παράλληλα την πρόσληψη του από τα δέντρα (Cruz et al., 2004).

1.8.8 Άρδευση

Το νερό είναι ένα απαραίτητο στοιχείο, γιατί συμβάλει στη μεταφορά των θρεπτικών συστατικών, στη διαπνοή, στη ρύθμιση της θερμοκρασίας καθώς και σε άλλες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών. Η έλλειψη του μπορεί να προκαλέσει αναστολή της ανάπτυξης, περιορισμό της παραγωγής και σε ακραίες μορφές τη μάρανση τους. Η χαρουπιά ωστόσο είναι

ένα ξηροθερμικό είδος, προορισμένο να επιβιώνει άριστα στις άνυδρες συνθήκες των θερμών και ξηρών κλιμάτων που συνήθως φύτεται (Ποντίκης, 1996). Ως εκ τούτου, οι ανάγκες της σε άρδευση είναι περιορισμένες και υφίστανται κυρίως στις περιοχές όπου το ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων, είναι μικρότερο από 400 mm βροχής (Batlle, 1990). Ο NAS (1979) αναφέρει ότι τα 500 mm είναι το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης που απαιτείται για μια ικανοποιητική παραγωγή, ενώ ο Ποντίκης (1996) αναφέρει ότι στις πολύ ξηρές περιοχές συνιστάται να εφαρμόζονται ετησίως 2 με 3 ποτίσματα.

Παρότι η χαρουπιά είναι ξηροθερμικό είδος, τα δύο πρώτα έτη της ζωής τους τα δενδρύλλια θα πρέπει να αρδεύονται 5-6 φορές / έτος , προκειμένου να διασφαλιστεί η επιβίωση και η ικανοποιητική τους ανάπτυξη (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2016). Για νεαρά δενδρύλλια ηλικίας 2–3 ετών, ο Correia (2007) με βάση τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής Algarve της Πορτογαλίας, προτείνει τη παροχή 360 L νερού / έτος για κάθε δέντρο, κατανεμημένο στο χρονικό διάστημα μεταξύ Απριλίου και Σεπτεμβρίου.

Μετά την ωρίμανση τους και κατά την είσοδο τους στη παραγωγή, στις περιοχές με περιορισμένες βροχοπτώσεις (< 400 mm/έτος), τα δέντρα θα πρέπει να συνεχίσουν να αρδεύονται κανονικά. Οι αρδεύσεις τους θα πρέπει να κατανέμονται την άνοιξη, στις αρχές του καλοκαιριού και το φθινόπωρο, για να καλύπτουν τις αυξημένες ανάγκες σε βλάστηση και παραγωγή των περιόδων αυτών. Στάγδην άρδευση με 100 mm νερού ανά έτος (100 m³ κυβικά μέτρα/στρέμμα) κατανεμημένο στο χρονικό διάστημα μεταξύ Απριλίου – Αυγούστου, με 1-2 εφαρμογές/μήνα έχει εμφανή θετικά αποτελέσματα στην αύξηση της παραγωγής (Tous and Batlle, 1990).

Συνοψίζοντας, η χαρουπιά είναι ένα είδος που προσαρμόζεται ικανοποιητικά σε περιοχές με βροχοπτώσεις από 250 έως 500 mm (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2016). Όμως, επειδή η ξηρασία επιδρά δυσμενώς στη παραγωγή της, σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι μικρότερη των 400 mm, θα πρέπει τα δέντρα που βρίσκονται σε παραγωγικό στάδιο να αρδεύονται. Η άρδευση επιπλέον επιτρέπει την καλύτερη αξιοποίηση των λιπασμάτων και την εντατικοποίηση της καλλιέργειας, προκειμένου οι παραγωγικές δυνατότητες των ποικιλιών να αξιοποιούνται στο μέγιστο βαθμό (Υφούλης, 1988).

1.9 Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διατροφικές ιδιότητες του χαρουπιού

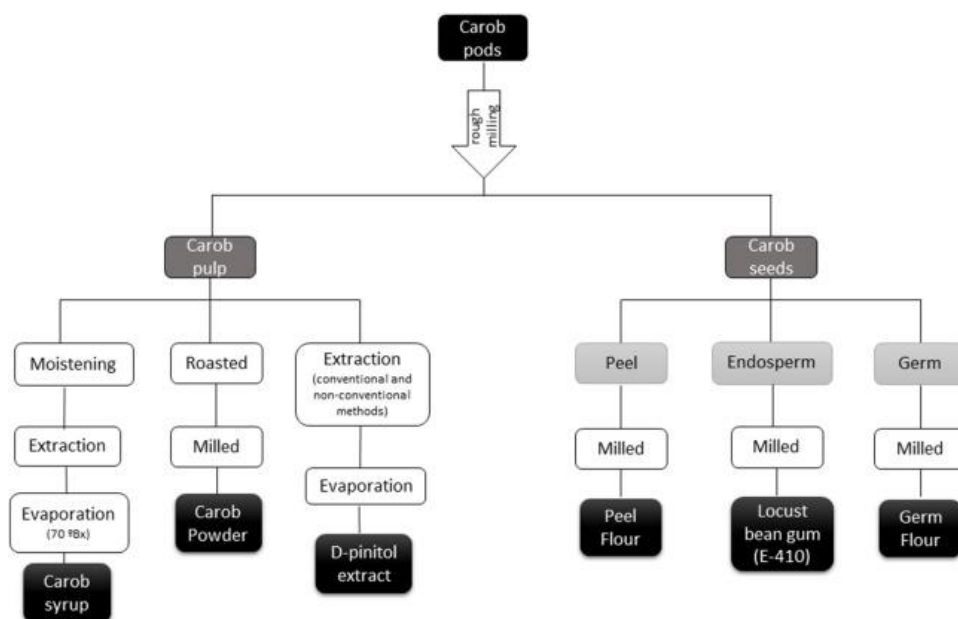
Η χαρουπιά καλλιεργείται για το ξύλο, τα φύλλα και κυρίως για τους καρπούς της. Οι καρποί αποτελούνται από το ενδοκάρπιο (πούλπα) και τα σπέρματα. Τα σπέρματα με τη σειρά τους αποτελούνται από το περικάρπιο (φλοιό), το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο (φύτρο). Κάθε ένα από τα παραπάνω συστατικά μέρη μετά από κατάλληλη επεξεργασία μας αποδίδει διαφορετικά υποπροϊόντα (Εικ. 11) (Brassesco et al.; 2021).

Από το ενδοκάρπιο (πούλπα) κατόπιν τεμαχισμού προκύπτουν αλέσματα με διαφορετική κοκκομετρία. Τα μεγαλύτερα τεμάχια κατευθύνονται κυρίως στις βιομηχανίες ζωοτροφών, ενώ τα μικρότερης κοκκομετρίας που είναι γνωστά και ως **χαρουπόσκη** (Carob powder) αξιοποιούνται στην αρτοποιία, τη βιομηχανία τροφίμων και τη ζαχαροπλαστική. Η χαρουπόσκη έχει καφέ χρώμα και μοιάζει με κακάο. Από αυτήν παρασκευάζονται ψωμιά, tsips, κέικ, πραλίνα, κακάο, καφές χαρουπιού και άλλα τρόφιμα. Επιπλέον από τη πούλπα παράγονται κατόπιν ειδικής επεξεργασίας το **χαρουπόμελο** (Carob syrup) και η **Δ-πινιτόλη** (D' pinitol). Η πούλπα του χαρουπιού είναι πλούσια, σε σάκχαρα (κυρίως σακχαρόζη), πολυφαινόλες (τανίνες, φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα), Δ-πινιτόλη και σε αρκετά ιχνοστοιχεία όπως K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn και Zn (Batlle and Tous, 1997; Palaiogianni et al., 2022).

Από τα σπέρματα κατόπιν διαχωρισμού προκύπτουν το **άλευρο του φλοιού** (Peel flour) το **άλευρο του φύτρου** (Germ flour) και το **άλευρο του κόμμεος** LBG (Locust Bean Gum ή

συνώνυμο Carob Bean Gum) το οποίο επιτρέπεται να περιέχει υλικά από κυτταρικά τοιχώματα και περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έως 12-13%. Ενώ από το κόμμι, κατόπιν περεταίρω επεξεργασίας προκύπτει το **διαυγασμένο κόμμι** CCG (Clarified Carob Gum) γνωστό και ως E-410 το οποίο δεν επιτρέπεται να περιέχει υλικά από κυτταρικά τοιχώματα, ενώ η περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1%. (EFSA, 2017). Το άλευρο φύτρου περιέχει την πρωτεΐνη Καρουβίνη, η οποία έχει παρόμοιες ρεολογικές ιδιότητες με τη γλουτένη. Ως εκ τούτου, μπορεί να διαδραματίσει στην αρτοποιία τον ίδιο λειτουργικό ρόλο προσδίδοντας την επιζητούμενη δομή και την υφή στα παραγόμενα προϊόντα. Το άλευρο φύτρου χρησιμοποιείται στην παρασκευή ψωμιού, ζυμαρικών, μπισκότων, συμπληρωμάτων διατροφής και άλλων προϊόντων. Είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, πολυφαινόλες και στα στοιχεία K, Ca, Mg, Na, P, Cu, Fe, Mn και Zn. Το ενδοσπέρμιο του χαρουπιού περιέχει 30-40% κατά βάρος γαλακτομαννάνη (LBG), που είναι ένα μόριο πολυσακχαρίτη που αποτελείται από μόρια μαννόζης και γαλακτόζης σε μία αναλογία 3,9:1 αντίστοιχα (Φραγκιαδάκης κ.α 2022).

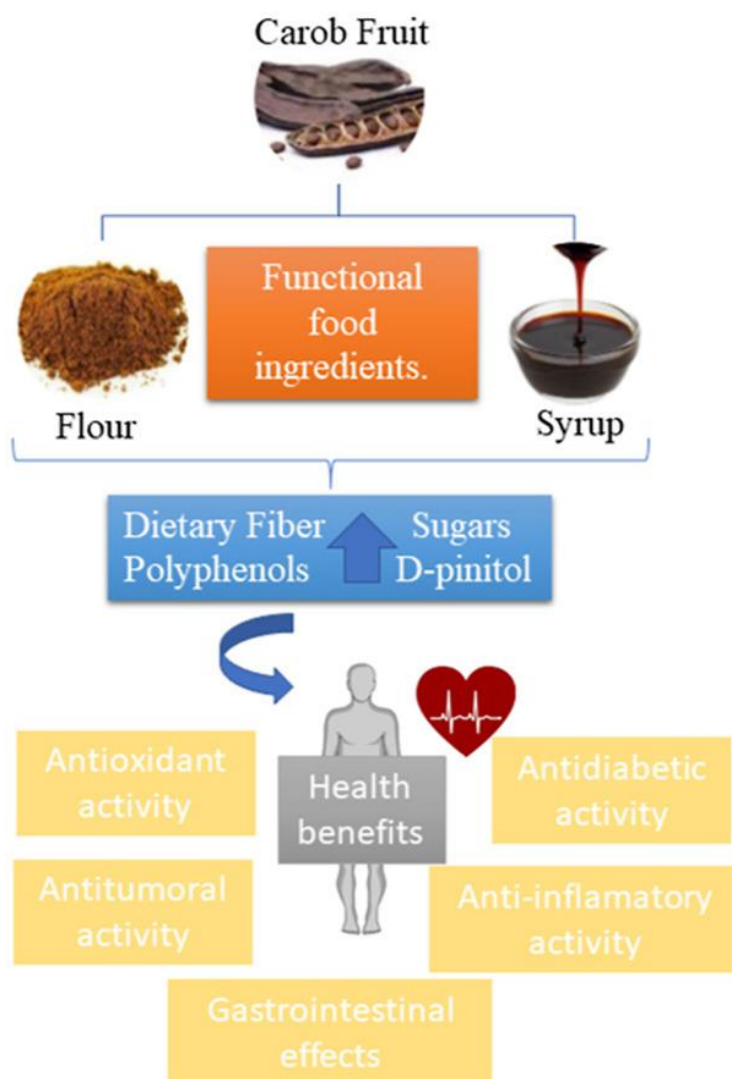
Το κόμμι χαρουπιού χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη γκάμα βιομηχανικών εφαρμογών όπως την κλωστοϋφαντουργία, την κοσμητική, τη φαρμακοβιομηχανία και την αεροναυπηγική. Στην τεχνολογία τροφίμων χρησιμοποιείται ως πυκνωτικό μέσο, σταθεροποιητής, γαλακτωματοποιητής και ως φιλμ επικάλυψης τροφίμων. Ως συστατικό στοιχείο συμμετέχει στην παρασκευή παγωτών, βρεφικών τροφών, ζελέ, μαρμελάδων και πολλών άλλων τροφίμων. Εκτός από την υψηλή περιεκτικότητα σε γαλακτομαννάνη, το κόμμι χαρουπιού είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες και πρωτεΐνες (Batlle and Tous 1997; Palaiogianni et al., 2022).



Εικόνα 11. Σχεδιάγραμμα της παραγωγικής διαδικασίας των κύριων υποπροϊόντων του χαρουπιού. Πηγή εικόνας: Brassesco et al. (2021).

Σήμερα, περισσότερο από κάθε άλλη φορά υπάρχει η ανάγκη για εναλλακτικά τρόφιμα οι ευεργετικές ιδιότητες των οποίων θα εξισορροπούν τις δυσμενείς επιπτώσεις του σύγχρονου τρόπου ζωής. Το χαρούπι είναι ένα από τα τρόφιμα αυτά, που φαίνεται να πληρεί τα σύγχρονα κριτήρια υγείας των καταναλωτών για τρόφιμα με λιγότερες θερμίδες, χαμηλό γλυκεμικό δείκτη, χωρίς γλουτένη, χωρίς καφεΐνη (Papaefstathiou et al., 2018). Η σύσταση των προϊόντων χαρουπιού και η παρουσία σε αυτά ουσιών όπως η Δ' πινιτόλη, οι πολυφαινόλες και οι φυτικές

ίνες έχει βρεθεί ότι ασκούν αξιοσημείωτη ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία (Εικ. 12).



Εικόνα 12. Η περιεκτικότητα των προϊόντων χαρουπιού σε πολυφαινόλες, Δ'πινιτόλη, φυτικές ίνες και άλλες ουσίες τους προσδίδουν αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές, γαστροπροστατευτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντιδιαβητικές ιδιότητες. Πηγή εικόνας: (Brassesco et al 2021).

Ειδικότερα έχουν αναφερθεί από διάφορους ερευνητές μεταξύ άλλων τα εξής οφέλη:

Αντιδιαβητικές ιδιότητες. Το κύριο σάκχαρο του χαρουπιού είναι η σακχαρόζη η οποία ως πολυσακχαρίτης έχει χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη. Τα τρόφιμα με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη είναι πολύ σημαντικά γιατί δεν ανεβάζουν το ζάχαρο σε άτομα που πάσχουν από διαβήτη. Επιπλέον, οι φαινόλες του χαρουπιού φαίνεται να αναστέλλουν τη δράση των ενζύμων α-αμυλάση και α-γλυκοσιδάση με αποτέλεσμα τη μειωμένη απορρόφηση γλυκόζης κάτι που αποτελεί μέρος της θεραπευτικής στρατηγικής για την καταπολέμηση του διαβήτη τύπου 2. Τέλος αναφέρεται ότι η Δ-πινιτόλη έχει επίσης πιθανή θεραπευτική δράση στο διαβήτη,

διαμέσου του ρόλου της στην οδό σηματοδότησης της ινσουλίνης (Lopez-Gambero et al., 2020).

Κοιλιοκάκη - δυσανεξία γλουτένης. Η κοιλιοκάκη (celiac disease) είναι μια συχνή νόσος που αφορά το 0.3-1% του δυτικού πληθυσμού που χαρακτηρίζεται από παθολογικό βλεννογόνο στο λεπτό έντερο. Η πάθηση αυτή προκαλείτε από την κατανάλωση προϊόντων που περιέχουν γλουτένη όπως τα αρτοσκευάσματα από αλεύρι σίτου. Η κατανάλωση αρτοσκευασμάτων και άλλο προϊόντων παρασκευασμένων από αλεύρι χαρουπιού, λόγω του ότι δε περιέχουν γλουτένη συμβάλουν σημαντικά στη βελτίωση της κλινικής εικόνας και στην αναστολή εμφάνισης των συμπτωμάτων των ασθενών (Φραγκιαδάκης κ.α. 2022)

Πρόληψη Καρδιαγγειακών νοσημάτων. Τα καρδιαγγειακά νοσήματα οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην υψηλή συγκέντρωση LDL (Χαμηλής Πυκνότητας Χοληστερόλη). Η κατανάλωση προϊόντων που περιέχουν εκχύλισμα χαρουπιών φαίνεται να μειώνει τα επίπεδα LDL, και να ασκεί θετική επίδραση στο σωματικό βάρος και τη βελτίωση του μεταβολισμού των λιπιδίων συμβάλλοντας έτσι στην πιθανή μείωση των καρδιαγγειακών νοσημάτων (Abu Hafsa et al., 2017).

Αντιοξειδωτική - αντικαρκινική δράση. Το οξειδωτικό στρες ή οξειδωτική καταπόνηση αντιπροσωπεύει μια διαταραχή της ισορροπίας μεταξύ της παραγωγής δραστικών μορφών οξυγόνου ROS (Reactive Oxygen Species,) και της ικανότητας ενός βιολογικού συστήματος να αδρανοποιεί τα τοξικά αυτά μόρια και να επισκευάζει τις βλάβες που προκαλούν. Οι δραστικές μορφές οξυγόνου βλάπτουν όλα τα συστατικά του κυττάρου, συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και του DNA. Από έρευνες που έχουν γίνει, φαίνεται ότι οι πολυφαινόλες του χαρουπιού σε in vitro δοκιμασίες σε συγκέντρωση 19.2% να έχει αντιοξειδωτική δράση μειώνοντας τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου. Με αυτό τον τρόπο, η κατανάλωση προϊόντων παρασκευασμένων από χαρούπια σε κάποιο βαθμό προλαμβάνει τη πρόωρη βιολογική γήρανση, την εκδήλωση εκφυλιστικών νόσων και του καρκίνου (Kumazawa et al., 2002).

Θρεπτική αξία. Τα προϊόντα που παράγονται από χαρούπι έχουν υψηλή θρεπτική αξία. Περιέχουν σάκχαρο (50%) από το οποίο το 30% είναι σακχαρόζη, 10% πρωτεΐνη και μόλις 6% λίπος. Επιπλέον περιέχουν βιταμίνες A, B1, B2, D αλλά και ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, φώσφορο, κάλιο, πυρίτιο τανίνες, καθώς και ινώδεις ουσίες. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με την απουσία γλουτένης και καφεΐνης καθιστούν τα παράγωγα του χαρουπιού μια πλούσια και υγιεινή τροφή (Φραγκιαδάκης κ.α. 2022)

Αντιμικροβιακή – ανθελμινθική δράση. Εκτός όμως από τα οφέλη στην ανθρώπινη υγεία το χαρούπι ως συστατικό των ζωοτροφών φαίνεται επίσης να ασκεί θετική επίδραση στην υγεία των ζώων. Οι Mahmoudi et al. (2022) βρήκαν ότι η συμμετοχή σκόνης χαρουπιού σε ποσοστό 3 έως 7% στο σιτηρέσιο κοτόπουλων πάχυνσης μείωσε το λίπος, και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα στο σφάγιο. Παράλληλα επίδρασε θετικά στη μικροχλωρίδα αυξάνοντας τα ωφέλιμα βακτήρια έναντι των παθογόνων κάτι που υποθέτουν ότι θα έχει θετική επίδραση στην ευζωία και στη μείωση της θνησιμότητάς τους. Σε έρευνα που διεξήχθη στην Κρήτη σε αρνιά φυλής Σφακίων, η χορήγηση συμπυκνωμένων τανινών χαρουπιού, φάνηκε να έχει ανθελμινθική δράση στα ενδοπαράσιτα *H. contortus* και *T. colubriformis* (Saratsi et al., 2020).

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι τα παράγωγα χαρουπιού ασκούν μια πολυεπίπεδη ευεργετική δράση σε όλους τους ζωικούς οργανισμούς. Για όλους τους παραπάνω λόγους, η βιομηχανία τροφίμων τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιεί τα υποπροϊόντα χαρουπιού ολοένα και περισσότερο για την ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος συμπληρωμάτων και προϊόντων υγιεινής διατροφής.

1.10 Ποικιλίες – φαινότυποι

Η καλλιέργεια της χαρουπιάς αποτελεί μια παραδοσιακή αλλά και συνάμα μια αναπτυσσόμενη καλλιέργεια με μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον. Για τον ονομαστικό προσδιορισμό των ποικιλιών και φαινοτύπων της, χρησιμοποιούνται πολλές φορές διαφορετικές κατά τόπους ονομασίες. Οι παραδοσιακές ονομασίες συνήθως απορρέουν από κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των καρπών ή από τη περιοχή προέλευσης τους. Πολλές φορές κάποιες ποικιλίες συναντιούνται με διαφορετικά συνώνυμα ονόματα. Έτσι, ο ίδιος φαινότυπος ανάλογα με το τόπο, μπορεί να αποκαλείται Τηλλυρία, Σαρακίνα, Βάκλες καθώς και διάφορες άλλες ονομασίες. Οι επιστήμονες που μελετάνε τα τελευταία χρόνια τη χαρουπιά, κωδικοποιούν τις ποικιλίες που μελετούν με δικό τους τρόπο. Και αυτό γιατί τις περισσότερες φορές, δε πρόκειται για ποικιλίες με την αυστηρή έννοια του όρου, αλλά για πληθυσμούς και φαινότυπους. Επίσης με αυτό τον τρόπο αποφεύγουν τις παρερμηνείες που απορρέουν από τα πολλά συνώνυμα και ομώνυμα ονόματα τους.

Σήμερα υπάρχουν σε εξέλιξη αρκετές ερευνητικές εργασίες αναφορικά με τη μορφολογική διερεύνηση των διαφόρων πληθυσμών της χαρουπιάς. Τα επόμενα χρόνια με την πρόοδο και τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων των παραπάνω εργασιών, αναμένεται να ανακτηθεί η χαμένη γνώση και να προκύψουν καινούργια στοιχεία σχετικά με τη ταυτοποίηση και περιγραφή των διαφόρων ποικιλιών και φαινοτύπων της. Παρακάτω ακολουθεί αναφορά και συνοπτική περιγραφή, των περισσότερο διαδεδομένων ποικιλιών και φαινοτύπων με βάση την προέλευσή τους.

Ελληνικές ποικιλίες

Τα στοιχεία που υπάρχουν για τους ελληνικούς φαινότυπους της χαρουπιάς είναι σχετικά περιορισμένα. Από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται οι εξής ποικιλίες-φαινότυποι: Μαντούρια, Πασσαδικά, Λιάπικα, Μαυράκια, Κονδυλάτα, Κατσουνωτά Χανιώτικα, Ζαχαροχάρουπα, Ξανθοχάρουπα και Πλάτσες στη περιοχή της Κρήτης (Χατζηνικολάου, 1982). Επίσης, στην περιοχή της Κρήτης έχουν αναφερθεί οι κωδικοποιημένοι φαινότυποι U1, U2, U3, U4, και G1, G2, G3, G4 από τους Kalaitzakis et al. (1988), οι φαινότυποι Άγρια, Κρητικά (Κονδυλάτα, Μπαντούρια, Ξανθά), Χιώτικα, Σαμιώτικα από τον Ποντίκη (1996) και παρομοίως από τους Tous and Batlle (2013) οι οποίοι αναφέρουν Hemera, syn Kritika.

Από τις προαναφερθέντες ποικιλίες και φαινότυπους έχουν περιγραφεί επαρκώς 4 άγριοι και 4 ήμεροι φαινότυποι, οι οποίοι έχουν κωδικοποιηθεί ως u-1, u-2, u-3, u-4 οι άγριοι (Εικ. 13a) και ως g-1, g-2, g-3, g-4 οι εμβολιασμένοι (Εικ. 13 b). Τα κύρια χαρακτηριστικά των παραπάνω φαινοτύπων σύμφωνα με τους Kalaitzakis et al. (1988) είναι τα εξής:

Φαινότυπος U-1 (Τυμπάκι): Άγριος φαινότυπος με πολύ μικρά άνθη και καρπούς βάρους μόλις 5 g. Το ποσοστό του βάρους των σπερμάτων επί του συνολικού βάρους του καρπού είναι 29,82%.

Φαινότυπος U-2 (Μάταλα): Άγριος φαινότυπος με μικρές ταξιανθίες. Βάρος καρπών 10 g. Αποτελεί τον περισσότερο διαδεδομένο άγριο φαινότυπο στο νησί της Κρήτης.

Φαινότυπος U-3 (Ρέθυμνο – Τυμπάκι): Άγριος φαινότυπος που χαρακτηρίζεται από σχετικά κοντούς και πλατιούς καρπούς με βάρος 15,2 g.

Φαινότυπος U-4 (Τυμπάκι): Άγριος φαινότυπος με μακρύ και στενούς καρπούς βάρους 15,2 g.

Φαινότυπος G-1 (Ρέθυμνο – Τυμπάκι): Ήμερος φαινότυπος με μεγάλα άνθη. Οι καρποί του είναι στενοί και επιμήκεις με βάρος έως 15,3 g.

Φαινότυπος G-2 (Ρέθυμνο): Ήμερος φαινότυπος που χαρακτηρίζεται από μεγάλους καρπούς βάρους 21,70 g.

Φαινότυπος G-3: Ο πιο διαδεδομένος ήμερος φαινότυπος στο νησί. Έχει μεσαίου μήκους καρπούς με βάρος έως 27,30 g.

Φαινότυπος G-4 (Τυμπάκι): Ήμερος φαινότυπος με μεγάλα άνθη και καρπούς βάρους 27,80 g.



Εικόνα 13. Καρποί από ανεμβολίαστους «άγριους» (a) και εμβολιασμένους (b) φαινότυπους χαρουπιάς στη Κρήτη. Πηγή εικόνας: Kalaitzakis et al. (1988).

Κυπριακές ποικιλίες

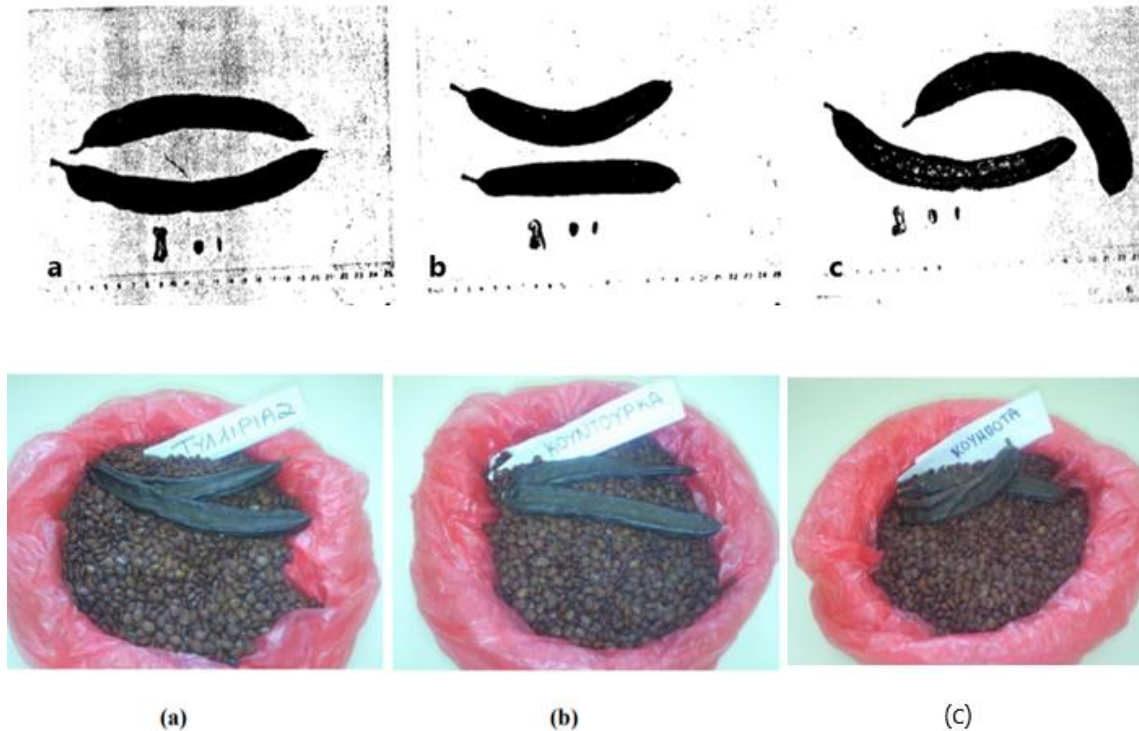
Οι ποικιλίες στη Κύπρο διακρίνονται στις άγριες, στις Αποστολικές και στις ήμερες (εμβολιασμένες). Οι άγριες και οι Αποστολικές είναι γενικές κατηγορίες που περιλαμβάνουν διαφορετικούς φαινότυπους με μεγάλη ποικιλομορφία στα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Οι “ήμερες” ποικιλίες είναι η Τηλλυρίας, τα Κουντούρκα και τα Κουμποτά (Εικ. 14).

Τηλλυρίας. Θηλυκή ποικιλία. Είναι η πιο διαδεδομένη ποικιλία στην Κύπρο με εξαγωγή και εγκατάσταση και σε άλλες χώρες όπως η Ελλάδα, το Ισραήλ και οι USA. Είναι γνωστή και ως Σαρακίνικα και Βάκλες. Το δέντρο παρουσιάζει ορθόκλαδη ανάπτυξη, έχει μεγάλα φύλλα και φυλλάρια. Οι ταξιανθίες της είναι μακριές και αρκετά συχνά κυρτές. Οι καρποί είναι σχετικά μεγάλου μήκους (15- 17 cm), πλάτους (2-2,5 cm) και πάχους (1-1,2 cm). Το χρώμα τους είναι σκούρο καφέ, είναι σχετικά λείοι και έχουν έντονη ακμή κατά μήκος της κοιλιακής ραφής. Η περιεκτικότητα των καρπών σε σάκχαρα είναι 51% και σε σπέρματα 8%. Τα σπέρματα έχουν ανοιχτό καφέ χρώμα είναι πεπλατυσμένα και σχετικά λεία. Είναι μεσοπρώιμη έως όψιμη ποικιλία. Οι καρποί αποσπώνται δύσκολα και για το λόγο αυτό παραμένουν για μεγάλο διάστημα πάνω στο δέντρο (Orphanos and Paraconstantinou, 1969; Batlle and Tous, 1997).

Κουντούρκα. Θηλυκή ποικιλία. Εντοπίζεται κυρίως στη χερσόνησο της Καρπασίας. Το δέντρο είναι μεσαίου μεγέθους με κρεμοκλαδές σχήμα. Οι νεαροί βλαστοί και τα φύλλα έχουν ερυθρό χρώμα. Οι καρποί είναι μικροί με μήκος 13 cm, πλάτος 2,09 cm και μέγιστο πάχος 0,96 cm. Είναι ίσιοι και έχουν σκούρο καφέ χρώμα, η περιεκτικότητα σε σάκχαρα είναι 50% και σε σπέρματα 14-15%. Η κοιλιακή τους ραφή συνήθως έχει μεγαλύτερο πάχος σε σχέση με τη ραχιαία. Είναι ποικιλία πρώιμης ωρίμανσης, με εύκολη απόσπαση

των καρπών από το δέντρο. Τα σπέρματα είναι τριγωνικά και παχύτερα από αυτά της Τηλλυρίας (Orphanos and Paraconstantinou, 1969; Batlle and Tous 1997).

Κουμποτά. Θηλυκή ποικιλία. Εντοπίζεται κυρίως στη χερσόνησο της Καρπασίας. Οι νεαροί βλαστοί και τα φύλλα έχουν χρώμα ανοικτό ερυθρό. Καρποί σκούρου καφέ χρώματος, μήκους 20 cm, πλάτους 2,40 cm και μέγιστου πάχους 1,05 cm. Συνήθως κυρτώνουν προς την πλευρά της κοιλιακής ραφής. Η περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα είναι 53%. Τα σπέρματα είναι ανομοιόμορφα και πεπλατισμένα, η περιεκτικότητά τους σε κόμμι είναι 53%. Είναι φαινότυπος πρώιμης ωρίμανσης (Orphanos and Paraconstantinou, 1969; Batlle and Tous 1997).



Εικόνα 14. Καρποί κυπριακών ποικιλιών χαρουπιάς α) Τηλλυρίας, b) Κουντούρκα, c) Κουμποτά. Πηγές επεξεργασμένης εικόνας : άνω (Orphanos and Paraconstantinou, 1969) , κάτω (Αλεξιάδου και Αλεξιάδου, 2013).

Ιταλικές ποικιλίες

Gibiliana. Θηλυκή ποικιλία. Καλλιεργείται κυρίως στις περιοχές Ragusa και Siracusa της Σικελίας. Συνώνυμες ονομασίες «Latinissima» και «Cypriana». Δέντρο με ανοιχτή και κρεμοκλαδή ανάπτυξη κόμης. Φυλλάρια μετρίου μεγέθους. Καρποί σκούρου καφέ χρώματος, κυρτοί, με τραχιά επιφάνεια. Το μήκος τους είναι 16 cm, το πλάτος 2,5 cm, και το πάχος 1 cm. Η περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα είναι 38-40%. Το ποσοστό του βάρους των σπερμάτων αποτελεί το 8-10% του συνολικού βάρους του καρπού. Παραγωγική ποικιλία με περιορισμένη παρενιαυτοφορία και μέτρια ευαισθησία στο ωίδιο (Crescimanno et al., 1988; Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Amele di Bari. Θηλυκή ποικιλία γνωστή και ως Mele. Προέρχεται από το Bari της Απουλίας. Δέντρο με ζωηρή ορθόκλαδη ανάπτυξη, πυκνή κόμη, με έντονη διακλάδωση και μικρά φυλλάρια. Καρπός ίσιος, σκούρου καφέ χρώματος με ανοιχτόχρωμη σάρκα και τραχιά επιφάνεια. Έχει μήκος 15-19 cm, πλάτος 2,3 cm και πάχος 1 cm. Χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα (53-54%) και χαμηλή σε σπέρματα (8-9%). Ποικιλία ανθεκτική στο ωίδιο αλλά με έντονη παρενιαυτοφορία (Crescimanno et al., 1988; Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Saccarata. Θηλυκή ποικιλία γνωστή και ως 'Latina', 'Fimminedda' και 'Milara'. Προέρχεται από την περιοχή της Σικελίας. Δέντρο με ορθόκλαδη ανάπτυξη πυκνή κόμη και μικρά φυλλάρια. Οι καρποί της είναι μεσαίου μεγέθους, με μήκος 15-16 cm, πλάτος 2,6 cm και πάχος 0,8 cm. Η περιεκτικότητα της σε σπέρματα είναι χαμηλή (8%). (Crescimanno et al., 1988; Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Tantillo. Ερμαφρόδιτη ποικιλία με προέλευση από την ανατολική Σικελία. Δέντρο με ορθόκλαδη ανάπτυξη και μεσαίου μεγέθους φυλλάρια. Ο καρπός συνήθως είναι ίσιος σκούρου καφέ χρώματος, μήκους 13-15 cm και πλάτους 2 cm με καλή γεύση. Η περιεκτικότητα σε σπέρματα είναι αρκετά χαμηλή (6%). Οι καρποί των νεαρών δέντρων ωριμάζουν όψιμα (Σεπτέμβριο – Οκτώβριο).

Bonifacio. Ερμαφρόδιτη ποικιλία που καλλιεργείται στο Agrigento της Σικελίας. Δέντρο με ανοιχτή ανάπτυξη και μικρά φυλλάρια. Καρπός σκούρου καφέ χρώματος με μέτρια περιεκτικότητα σε σπέρματα (12%) (Crescimanno, 1982; Crescimanno et al., 1988; Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Πορτογαλικές ποικιλίες

Mulata. Θηλυκή ποικιλία που καλλιεργείται στη περιοχή Algarve της Πορτογαλίας. Δέντρο με ανοιχτή ανάπτυξη και μεγάλα σκούρα πράσινα φυλλάρια. Ο καρπός έχει σκούρο καφέ χρώμα είναι ίσιος (Εικ. 15), με μήκος 14 – 17 cm, πλάτος 2 cm και πάχος 0,9 cm. Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα (40-50%) και μέτρια σε σπέρματα (12-14%). Είναι παραγωγική και πρώιμη ποικιλία με μέτρια ευαισθησία στο ωίδιο. (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).



Εικόνα 15. Καρποί και σπέρματα πορτογαλικών ποικιλιών χαρουπιάς, πάνω Galhosa, κάτω Mulata
Πηγή εικόνας (Batlle and Tous, 1997)

Galhosa. Θηλυκή ποικιλία που προέρχεται και αυτή από τη περιοχή Algarve. Δέντρο με ζωνηρή ανοιχτή ανάπτυξη και ανοιχτού πράσινου χρώματος φυλλάρια. Οι καρποί είναι ίσιοι, κόκκινου προς καφέ χρώματος (Εικ. 15) με μήκος 14-17 cm και υψηλή περιεκτικότητα σε σπέρματα (14-17%). Τα σπέρματα έχουν 48% περιεκτικότητα σε κόμμι κάτι που σε συνδυασμό με το σχετικά μεγάλο ποσοστό σπερμάτων την εντάσσουν στις

ποικιλίες με μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον. Έχει μικρή ευαισθησία στο ωίδιο αλλά καθυστερεί να εισέλθει στην παραγωγή (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle 2013).

Ισπανικές ποικιλίες

Matalafera. Θηλυκή ποικιλία που κυρίως καλλιεργείται στις περιοχές Valencia και Alicante. Είναι γνωστή και ως Matalafam. Δέντρο μέτριας ζωηρότητας με ανοιχτή αραιή κόμη, λεία κλαδιά και μεγάλα φυλλάρια. Οι καρποί είναι κάπως κυρτοί (Εικ. 15a), λείοι και σκούρου καφέ χρώματος, το μήκος τους είναι 16-18 cm, το πλάτος τους 2,3 cm και το πάχος τους περίπου 1 cm. Έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε ενδοκάρπιο (πούλπα) και μέτρια σε σπέρματα (11-12%). Παραγωγική ποικιλία που παρουσιάζει ανθεκτικότητα στο ωίδιο και μειωμένη παρεννιαυτοφορία, ειδικά όταν καλλιεργείται σε γόνιμα εδάφη (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Rojal. Θηλυκή ποικιλία με προέλευση από τις περιοχές Vilaseca, Salou και Cambrils. Είναι γνωστή και ως Roja που στα Καταλανικά σημαίνει κόκκινο και σχετίζεται με το χαρακτηριστικό κοκκινωπό χρώμα των καρπών της. Δέντρο με ορθόκλαδη ανάπτυξη, πολλά λεία κλαδιά, και πυκνή κόμη με σκούρα πράσινα φύλλα. Οι καρποί είναι κοκκινωποί, ελαφρώς κυρτοί (Εικ. 15b), με μήκος 17-20 cm, πλάτος 2 cm και πάχος 0,9 cm. Η περιεκτικότητα σε σπέρματα είναι υψηλή (13-16%) και η απόσπαση των καρπών εύκολη. Είναι πρώιμη παραγωγική και σταθερή ποικιλία. Παρουσιάζει σχετικά καλή ανθεκτικότητα στο ωίδιο και στο παγετό (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

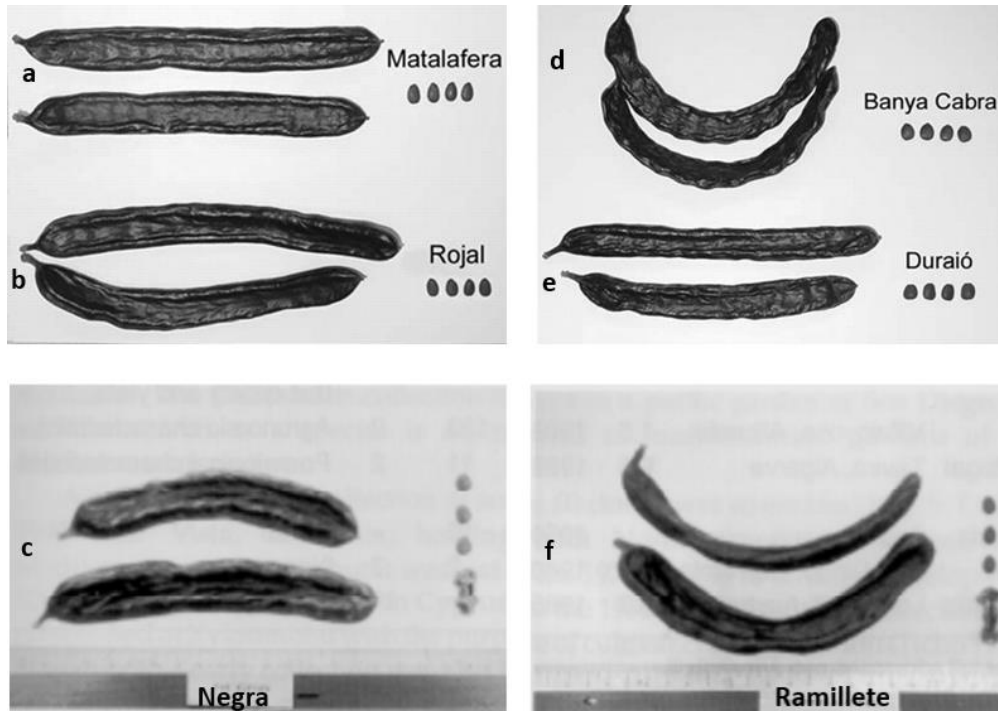
Negra. Θηλυκή ποικιλία που είναι γνωστή και ως 'Negreta', 'Negral' και 'Del país'. Καλλιεργείται στις περιοχές Barcelona, Tarragona καθώς και βόρεια από το Castellón. Δέντρο με μέτριας ζωηρότητας ανάπτυξη και ανοιχτό σχήμα κόμης. Η ποικιλία έχει πάρει το όνομα της από το χαρακτηριστικό μαύρο χρώμα των καρπών της. Ο καρπός της είναι ίσιος, με τραχεία επιφάνεια (Εικ. 15 c), έχει μήκος περίπου 13-16 cm, πλάτος περίπου 2,5 cm και πάχος 1 cm. Η σάρκα των καρπών είναι καλής ποιότητας με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Η περιεκτικότητα σε σπέρματα είναι 7-9%. Οι καρποί ωριμάζουν όψιμα και αποσπώνται δύσκολα από το δένδρο. Είναι ευαίσθητη στο ωίδιο και στις προσβολές από το έντομο *Zeuzera*. Θεωρείται η πιο διαδεδομένη ισπανική ποικιλία (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Banya de Cabra. Θηλυκή ποικιλία που προέρχεται από την περιοχή Garraf και τη Βαρκελώνη. Δέντρο με ζωηρή ανάπτυξη και ανοιχτή προς κρεμοκλαδής κόμη, Παρουσιάζει μέτριο βαθμό διακλαδώσεων, έχει μεγάλα φυλλάρια και μακριές ταξιανθίες μήκους 10-11 cm. Οι καρποί είναι καφέ χρώματος συστρεφόμενοι (Εικ. 15d), και με αρκετά τραχεία επιφάνεια. Έχουν μήκος 18-20 cm, πλάτος 2 cm, και πλάτος 0,7 cm. Έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε πούλπα και σχετικά υψηλή (13-14%) σε σπέρματα. Είναι αρκετά παραγωγική ποικιλία αν και έχει τάσεις παρεννιαυτοφορίας, με μέτρια ανθεκτικότητα στο ωίδιο και σχετικά εύκολη αποκοπή καρπού. Είναι η πιο ανθεκτική στους παγετούς ισπανική ποικιλία (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle 2013).

Duraió. Θηλυκή ποικιλία που καλλιεργείται στις περιοχές Santa María, Consell, Alaro στη Majorca και στην Ibiza της Ισπανίας. Στην Ίμπιζα είναι γνωστή και με τα συνώνυμα 'De Durayo', 'Duraiona' και 'Uraiona'. Δέντρο μέτρια ζωηρό, με κρεμοκλαδή κόμη και πολλά κλαδιά τα οποία είναι λεία σε νεαρό στάδιο. Τα φυλλάρια της είναι μεγάλα και έχουν ανοιχτό πράσινο χρώμα. Οι καρποί είναι ελαφρώς κυρτοί, έχουν τραχεία επιφάνεια και κόκκινο-καφέ χρώμα (Εικ. 15e). Έχουν μήκος 15-17 cm, πλάτος 2 cm και πάχος συνήθως μικρότερο από 1 cm. Χαρακτηρίζονται από μακρύ ποδίσκο καρπού και μεγάλη περιεκτικότητα σε σπέρματα (15-16%). Μπαίνει γρήγορα στη παραγωγή, είναι μέτρια ανθεκτική στο ωίδιο, ευαίσθητη στους παγετούς και για το λόγο αυτό προτιμάται σε ηλιόλουστες πλαγιές.

Ramillete. Ερμαφρόδιτη ποικιλία που κατάγεται από τη Murcia της Ισπανίας. Καλλιεργείται νότια της Alicante και στη Murcia. Δέντρο μέτριας ζωηρότητας με

κρεμοκλαδή και αραιή σε κλαδιά κόμη. Οι ταξικαρπίες κρατάνε αρκετούς καρπούς με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πάνω στο δέντρο σαν “τσαμπιά”. Οι καρποί είναι καφέ χρώματος, κυρτοί (Εικ. 15f), με τραχεία επιφάνεια. Έχουν μήκος 15-20 cm, πλάτος 2,3 cm, υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και σχετικά χαμηλή σε σπέρματα 7-10%. Αναπτύσσεται και εισέρχεται γρήγορα σε παραγωγικό στάδιο. Αν και παρουσιάζει παρενυαυτοφορία είναι παραγωγική ποικιλία με πρώιμη συγκομιδή (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).



Εικόνα 15. Καρποί και σπέρματα Ισπανικών ποικιλιών χαρουπιού. a) Matalafera b) Rojal c) Nigra d) Banya Cabra e) Duraio f) Ramillete. Πηγές επεξεργασμένης εικόνας: (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Τυνησιακές ποικιλίες

Sfax. Θηλυκή ποικιλία που προέρχεται από τις περιοχές Menzel bon Zelfa ή Sfax. Καλλιεργείται σε πάρα πολλές περιοχές της Τυνησίας. Σφριγηλό δέντρο με ανοιχτή ανάπτυξη κόμης, κόκκινα κλαδάκια και μεγάλα φυλλάρια. Οι καρποί είναι ελαφρώς κυρτοί, το χρώμα τους είναι κόκκινο προς καφέ και έχουν τραχεία επιφάνεια. Το μήκος τους είναι 15 cm, το πλάτος 2 cm και το πάχος μέσης 0,6 cm. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα είναι 45-56% και σε σπέρματα 10-12%. Είναι πρώιμης ωρίμανσης ποικιλία με ωραία γεύση και εύκολη απόσπαση καρπού (Batlle and Tous, 1997).

Αμερικάνικες (USA) ποικιλίες

Ουσιαστικά πρόκειται για ποικιλίες που εισήχθησαν στην Αμερική από τους Ισπανούς το 1854 καθώς και από τους S.W. Rittenhouse και J.E. Coit τη δεκαετία του 1950 από διάφορες μεσογειακές χώρες (Batlle and Tous, 1997).

Santa Fe. Ερμαφρόδιτη ποικιλία που προέρχεται από την ομώνυμη περιοχή της Καλιφόρνιας στην οποία και καλλιεργείται συστηματικά. Δέντρο με ανοιχτή ανάπτυξη, κοκκινωπούς νεαρούς βλαστούς και πολλά φυλλάρια ανά φύλλο (8-10). Οι καρποί έχουν λεία επιφάνεια, με ανοιχτό καφέ χρώμα και είναι ελαφρώς κυρτοί και αρκετά συχνά συστρεφόμενοι. Το μήκος τους είναι 17-20 cm, το πλάτος 2 cm και η περιεκτικότητα σε σάκχαρα και σπέρματα είναι 47% και 8–10%, αντίστοιχα. Τα σπέρματα έχουν περιεκτικότητα σε ενδοσπέρμιο 51,5%. Παραγωγική ποικιλία με εύκολη αποκοπή του καρπού. Ευαίσθητη στο ωίδιο (Brooks and Olmo, 1972; Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Clifford. Ερμαφρόδιτη ποικιλία με προέλευση από τη περιοχή Corona της Καλιφόρνιας. Δέντρο με ορθόκλαδη ανάπτυξη, συμπαγή κόμη και 7-10 φυλλάρια ανά φύλλο. Οι καρποί της είναι ελαφρώς κυρτοί, λείοι, με ανοιχτό καφέ χρώμα. Το μήκος τους είναι 13-16 cm και το πλάτος τους 2 cm. Έχουν σάρκα με 52% περιεκτικότητα σε σάκχαρα και ωραία γεύση. Τα σπέρματα είναι ελλειπτικά. Πρώιμη ποικιλία με σταθερή και αξιόλογη παραγωγή (Brooks and Olmo 1972; Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Bolser. Ερμαφρόδιτη ποικιλία από την περιοχή Origin Rialto της Καλιφόρνιας. Είναι γνωστή και με τα συνώνυμα 'Horn' και 'Nichols'. Οι καρποί είναι κοντοί (12-15 cm) και παχιοί με σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα (42%). Θεωρείται αρκετά ανθεκτική ποικιλία (Brooks and Olmo 1972; Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle, 2013).

Grantham. Αρσενική ποικιλία με καταγωγή από το Bari της Ιταλίας. Στις ακτές της Αδριατικής είναι γνωστή με διάφορα άλλα τοπικά συνώνυμα. Χρησιμοποιείται ως επικονιαστής λόγω της άφθονης ανθοφορίας της. Η όψιμη άνθηση της, τη καθιστά ακατάλληλη για την επικονίαση των πρώιμων Καλιφορνέζικων ποικιλιών (Batlle and Tous, 1997; Tous and Batlle 2013).

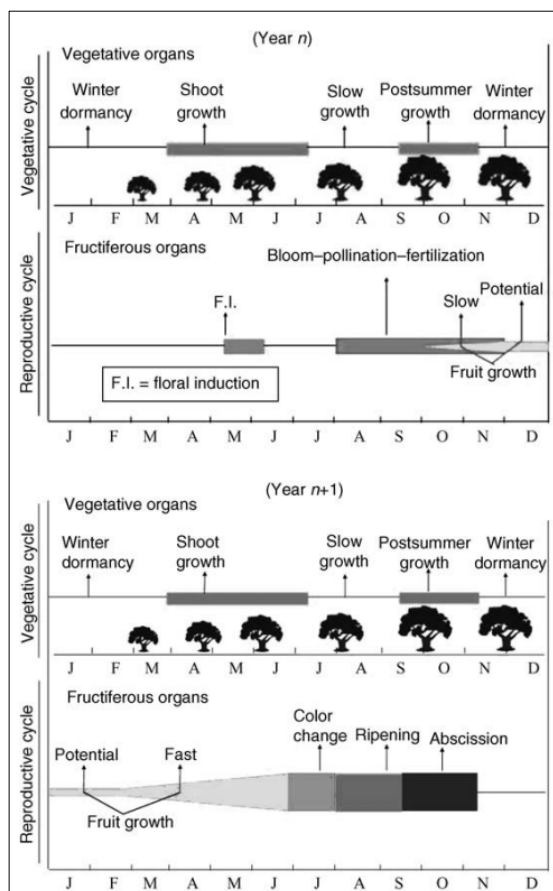
1.10.1 Βλαστική ανάπτυξη

Ο βλαστός είναι ένα επιμήκες, συνήθως κυλινδρικό όργανο, που φέρει τους οφθαλμούς, τα φύλλα, τα άνθη και τους καρπούς των φυτών. Αποτελεί τον κύριο αγωγό μεταφοράς θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα προς τα φύλλα και τους καρπούς καθώς και των προϊόντων της φωτοσύνθεσης προς τη ρίζα και τα υπόλοιπα μέρη του φυτού. Ο πρωτογενής βλαστός των δικοτυλήδων φυτών από έξω προς τα μέσα αποτελείται από την επιδερμίδα, το φλοιό με τα παρεγχυματικά κύτταρα, τις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες που δημιουργούνται από το πρωτογενές φλοιώμα και το πρωτογενές ξύλωμα, και την εντεριώνη που συντίθεται από παρεγχυματικά κύτταρα (Ποντίκης 1997; Μαυρομάτης και Παπαχατζής, 2009)

Η ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος των φυτών πραγματοποιείται με τις μιτωτικές διαιρέσεις και την αύξηση του μεγέθους των κυττάρων, που λαμβάνουν χώρα στο μεριστωματικό ιστό των βλαστών. Στην δεντροκομία η έννοια του βλαστού περιορίζεται στα τμήματα του φυτού που φέρουν φύλλα και οφθαλμούς και έχουν ηλικία 1-2 ετών (Μαυρομάτης κ.ά., 2009). Με την πάροδο του χρόνου οι πρωτογενείς βλαστοί μετατρέπονται σταδιακά σε δευτερογενείς βλαστούς, σε κλάδους, σε βραχίονες και σε κορμούς, με διαφοροποιημένη ανατομία και μορφολογία για κάθε στάδιο.

Στη χαρουπιά, οι πρωτογενείς βλαστοί βρίσκονται κυρίως στην περιφέρεια της κόμης του δέντρου. Έχουν τη μορφή λεπτών, λείων και εύκαμπτων κλαδιών που φέρουν τα φύλλα και τους οφθαλμούς της τρέχουσας βλαστικής περιόδου. Οι ταξιανθίες εκφύονται από βλαστούς ηλικίας μεγαλύτερης του ενός έτους. Το χρώμα των νεαρών βλαστών στη χαρουπιά ποικίλει ανάλογα με το φαινότυπο από κιτρινοπράσινο, πράσινο ανοιχτό, πράσινο σκούρο έως κόκκινο (Rima, 2021). Στις περισσότερες ποικιλίες όπως η Κουντούρκα και η Sfax οι νεαροί

βλαστοί έχουν κόκκινο χρώμα, άλλες όπως οι Πλάτσες έχουν ροζ και κάποιες άλλες όπως η Τηλλυριάς έχουν πράσινο χρωματισμό.



Εικόνα 16. Στο βλαστικό κύκλο ανάπτυξης της χαρουπιάς, εναλλάσσονται δύο περίοδοι έντονης ανάπτυξης (άνοιξη, φθινόπωρο), με δύο περιόδους αργής ανάπτυξης και λήθαργου (καλοκαίρι και χειμώνας). Πηγή εικόνας: Tous and Batlle (1990).

κλάδους και μετέπειτα σε βραχίονες και σε κορμούς. Οι κλάδοι και οι βραχίονες έχουν μεγαλύτερη διάμετρο, είναι πιο οριζόντιοι και στρεβλοί και έχουν συνήθως γκρι χρώμα. Ο κορμός είναι συνήθως κάθετος, με μεγάλη περίμετρο που μπορεί να φτάσει τα 3 m, έχει σκούρο καφέ χρώμα και είναι ρυτιδωμένος (Rima, 2021). Τόσο τα κλαδιά και οι βραχίονες όσο και ο κορμός, μπορούν φέρουν ταξιανθίες και καρπούς. Ανάλογα με τη ζωηρότητα της βλάστησης, οι χαρουπιές χαρακτηρίζονται ως χαμηλού, μεσαίου, υψηλού και πολύ υψηλού σθένους. Ανάλογα με το τύπο ανάπτυξης κατατάσσονται ως ορθόκλαδες, ανοιχτής ανάπτυξης και κρεμοκλαδείς. Τέλος, ανάλογα με την πυκνότητα του φυλλώματος και τον αριθμό των διακλαδώσεων κατηγοριοποιούνται σε μέτρια πυκνές, πυκνές και αρκετά πυκνές (Batlle and Tous, 1997).

1.10.2 Ταξιανθίες & Ταξικαρπίες

Τα άνθη της χαρουπιάς κατανέμονται σπειροειδώς σε ιουλόμορφες βοτρυοειδείς επικορμικές ταξιανθίες. Ανάλογα με τα φέροντα άνθη, οι ταξιανθίες κατατάσσονται σε 8 βασικές κατηγορίες. Από το συνδυασμό των ανθικών μορφολογικών χαρακτηριστικών,

Σύμφωνα με το Hasalberg (2000) η ετήσια αύξηση των νεαρών βλαστών της χαρουπιάς, έχει τη μορφή σιγμοειδούς καμπύλης, η οποία αυξάνεται απότομα από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο και επιπεδοποιείται από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο. Ο ρυθμός και το μήκος αύξησης σύμφωνα με τον παραπάνω ερευνητή, επηρεάζεται από την περιοχή, το φύλλο και από την καρποφορία ή μη των κλαδιών. Σύμφωνα με τους Tous and Batlle (1990), στο βλαστικό κύκλο ανάπτυξης της χαρουπιάς, εναλλάσσονται δύο περίοδοι έντονης ανάπτυξης (άνοιξη και φθινόπωρο), με δύο περιόδους αργής ανάπτυξης και λήθαργου (καλοκαίρι και χειμώνας) (Εικ. 16). Ωστόσο στην Κρήτη κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας, παρατηρήθηκε η συνεχής αύξηση των βλαστών και η έκπτυξη νέων φύλλων κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε συμφωνία με τους Liphshitz and Lev-Yadun (1988) οι οποίοι αναφέρουν ότι σε κάποιες θερμές περιοχές οι βλαστοί της χαρουπιάς συνεχίζουν να αυξάνονται κανονικά όλες τις εποχές καθώς και με τον Fahn (1953) ο οποίος υποστηρίζει ότι το κάμβιο της χαρουπιάς μπορεί να είναι ενεργό όλο το χρόνο. Οι πρωτεύοντες βλαστοί μετά από περίπου ένα χρόνο, μετατρέπονται σε δευτερεύοντες οι οποίοι είναι μεγαλύτεροι, λιγότερο όρθιοι, έχουν γκρι ή πράσινο χρώμα και φέρουν το σημαντικότερο μέρος της παραγωγής. Με την πάροδο του χρόνου, οι δευτερεύοντες βλαστοί μετατρέπονται σε

μπορούν να προκύψουν επιπλέον κατηγορίες, αυξάνοντας σημαντικά την παρατηρούμενη ποικιλομορφία των ταξιανθιών.

Από πολλούς συγγραφείς αναφέρεται ότι η διοικία δεν είναι συνήθης μεταξύ των Leguminosae. Με εξελικτικούς όρους η μονοφυλοφιλία θεωρείται γενικά ως ιδιότητα, ότι προέρχεται από μία αμφιφυλοφιλική προγονική κατάσταση. Όλα τα άνθη αρχικά είναι αμφιφυλόφιλα, αλλά συνήθως κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τους καταστέλλεται η ανάπτυξη των οργάνων ενός εκ των δύο φύλλων (Tucker, 1992). Ο ακριβής μηχανισμός με τον οποίο αυτό πραγματοποιείται δεν είναι γνωστός επαρκώς. Στη χαρουπιιά φαίνεται να καθορίζεται σε κάποιο βαθμό από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Batlle and Tous, 1997) αλλά και από ορμονικούς παράγοντες (Caruso et al., 2008). Το αιθυλένιο είναι μια ορμόνη που μπορεί να επηρεάσει τη σεξουαλική έκφραση και να προκαλέσει την αντιστροφή του φύλλου. Παρότι θεωρείται γενικά ότι στα φυτά ασκεί θηλυκόμορφη δράση, στη χαρουπιιά φαίνεται να ισχύει το αντίθετο (Caruso et al., 2008).

Οι ταξιανθίες και τα άνθη της χαρουπιιάς γενικά εμφανίζουν μεγάλη φαινοτυπική πλαστικότητα. Έτσι παρότι γενικά ισχύει ο κανόνας της πενταμερούς σύστασης, αρκετές φορές συναντούνται άνθη με περισσότερα ή λιγότερα σέπαλα και στήμονες. Όπως και άνθη με 2 ή περισσότερους ύπερους. Επίσης, παρότι οι ταξιανθίες έχουν κατά βάση ακροπετάλια ανάπτυξη χωρίς τερματικά άνθη και χωρίς πέταλα, κάποιες φορές εμφανίζουν βασιπετάλια ανάπτυξη, έχουν τερματικά άνθη καθώς και άνθη που μπορεί να φέρουν κάποια ατροφικά σα νημάτια πέταλα (Tucker, 1992). Τέλος περιστασιακά εμφανίζονται ταξιανθίες με διακλαδώσεις, καθώς και ταξιανθίες με μικρά φύλλα.

Ο αριθμός ανθέων/ταξιανθία διαφοροποιείται ανάλογα με το φύλο και τη ποικιλία. Οι Crescimanno et al. (1988) αναφέρουν ότι οι αρσενικές ποικιλίες φέρουν περισσότερα άνθη από τις ερμαφρόδιτες και τις θηλυκές. Κάτι που επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της έρευνας των Retana and Ramoneda (1994) η οποία έδειξε ότι ο αριθμός ανθέων/ταξιανθία ήταν μεγαλύτερος στις αρσενικές (25,7-43,5), ενδιάμεσος στην ερμαφρόδιτη (20,8) και μικρότερος στις θηλυκές ποικιλίες (17,0). Από τη σύνοψη αποτελεσμάτων διαφόρων εργασιών προκύπτει ότι, ο αριθμός ανθέων καθορίζεται και από τη ποικιλία. Η ποικιλία 'Galhosa' φέρει 46.4 ± 2.4 , η 'Mulata' 39.8 ± 6.0 , ενώ τα 'Roja' και 'Negret' φέρουν 17.0 ± 7.4 άνθη/ταξιανθία. Η πυκνότητα των ανθέων πάνω στη ταξιανθία σύμφωνα με την παραπάνω σύνοψη κυμαίνεται από 6.1 – 8,9 άνθη / cm ταξιανθίας. Το μήκος της ταξιανθίας κυμαίνεται από 5.1 ± 0.02 cm στην 'Mulata' έως 10.3 ± 0.3 cm στην ιταλική ποικιλία 'Pasta' (Crescimanno et al., 1988).

Η περίοδος ανθοφορίας των θηλυκών και ερμαφρόδιτων ποικιλιών διαρκεί 1,5 έως 2 μήνες περισσότερο από αυτή των αρσενικών. Η διάρκεια του κύκλου ζωής των ανθέων, με βάση τη διερεύνηση 5 ποικιλιών ('Yellow' male, 'Red' male, 'Rojar' female, 'Negret' female και 'Remei' hermaphrodite) στη Tarragona της Ισπανίας, είναι κατά προσέγγιση 58 ημέρες στις αρσενικές, 60 – 74 ημέρες στις θηλυκές και 79 ημέρες στην ερμαφρόδιτη ποικιλία. Σε αυτές δεν συμπεριλαμβάνεται το στάδιο 0 σύμφωνα με την περιγραφή των φαινολογικών σταδίων κατά Haselberg (1988) ή το στάδιο 1 κατά τους Retana and Ramoneda (1994) το οποίο διαρκεί αρκετούς μήνες.

Στα θηλυκά και ερμαφρόδιτα δέντρα, ειδικά στο μέσο της περιόδου ανθοφορίας (Σεπτέμβριο – Οκτώβριο), μπορεί να συνυπάρχουν ταξιανθίες όλων των φαινολογικών σταδίων στο ίδιο δέντρο, ενώ στα αρσενικά δέντρα μπορεί να συνυπάρχουν ταξιανθίες έως 4 σταδίων. Το στάδιο ωρίμανσης των ανθέων είναι το 5^ο φαινολογικό στάδιο στα θηλυκά και το 6^ο στάδιο στα αρσενικά και ερμαφρόδιτα άνθη. Το στάδιο αυτό διαρκεί 7-8 ημέρες στα αρσενικά και 9-10 ημέρες στα θηλυκά και ερμαφρόδιτα άνθη. Κατά τη διάρκεια του, τα θηλυκά άνθη είναι δεκτικά στη γονιμοποίηση και τα αρσενικά διαρρηγνύουν τους ανθήρες τους εξαπολύοντας τη

γύρη τους προς επικονίαση. Η ωρίμανση των ανθέων εντός της ίδιας ταξιανθίας σε όλες τις διερευνούμενες ποικιλίες είναι αρκετά συγχρονισμένη, με ταυτόχρονη ωρίμανση του 90,7 έως 98,7% των ανθέων της ταξιανθίας. Εξαιρέση αποτελεί η ποικιλία 'Red' male η οποία παρουσιάζει προοδευτική ακροπεταλική ωρίμανση με μόνο το 59% των ανθέων της να ωριμάζει ταυτόχρονα (Retana and Ramoneda, 1994).

Ένα μεγάλο ανθέων που είναι χαμηλότερο στις αρσενικές (3,5-6,1%) και υψηλότερο στις θηλυκές και ερμαφρόδιτες ποικιλίες (17,9 -33,1%) απορρίπτονται πριν τη γονιμοποίηση με αποτέλεσμα να μη φτάνουν ποτέ στην ωρίμανση (Retana and Ramoneda, 1994). Ακόμα και μετά τη γονιμοποίηση απορρίπτεται το μεγαλύτερο ποσοστό των καρπιδίων αφήνοντας μόνο το 0,05 έως 11% να φτάνει τελικά στην ωρίμανση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα λίγες ταξικαρπίες κατά τη περίοδο της συγκομιδής να φέρουν περισσότερους από 2-3 καρπούς (Batlle and Tous, 1997). Η ανεπαρκής θρέψη, η κακή επικονίαση, οι προσβολές από διάφορους εχθρούς και η γενετική προδιάθεση είναι οι σημαντικότεροι λόγοι ανθόρροιας, καρπόρροιας και παραμορφωμένων καρπών στη χαρουπιιά. Ορισμένες ποικιλίες όπως η 'Ramillete' (Batlle and Tous, 1997) και οι 'Πλάτσες' (προσωπική παρατήρηση) φαίνεται να έχουν την ιδιότητα να κρατάνε περισσότερους καρπούς με αποτέλεσμα οι ταξικαρπίες τους να σχηματίζουν τα χαρακτηριστικά για αυτές τις ποικιλίες μεγάλα τσαμπιά. Σχετικά πλούσιες ταξικαρπίες σχηματίζουν και οι ποικιλίες των οποίων οι καρποί αποσπώνται δύσκολα όπως η 'Τηλλυρίας' και τα 'Μπαντούρια'.

1.10.3 Μορφολογική ποικιλομορφία χαρουπιού

Σε παγκόσμιο επίπεδο είναι καταγεγραμμένες 110 περίπου ποικιλίες – φαινότυποι – πληθυσμοί «ήμερων» χαρουπιών (Gharnit and Ennabili, 2016). Πέρα από αυτές, υπάρχει και ένας τεράστιος αριθμός άγριων και ημιάγριων φαινότυπων που αυξάνουν εντυπωσιακά τη παραλλακτικότητα και την ποικιλομορφία της χαρουπιιάς αλλά και του χαρουπιού. Η διαφοροποίηση τους συνιστάται ως προς τα μορφολογικά, βιοχημικά, γενετικά και αγρονομικά τους χαρακτηριστικά, με τη μορφολογική διαφοροποίηση να αποτελεί τον πιο κοινό τρόπο διάκρισης των διαφόρων ποικιλιών και φαινότυπων.

Το χρώμα και το μέγεθος των καρπών είναι δύο βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που χρησιμοποιούνται στη διάκριση των καρπών. Το χρώμα των ώριμων καρπών ποικίλει από το κοκκινωπό της ποικιλίας *Rojal* και το ανοιχτό καφέ της *Santa fe* έως το σκούρο καφέ της *Matalafera* και το μαύρο της *Negra* (Batlle and Tous, 1997).

Το μέγεθος των καρπών καθορίζεται από το μήκος, το πλάτος, και το πάχος τους. Οι καρποί που έχουν μήκος μικρότερο από 14 cm χαρακτηρίζονται ως κοντοί ή μικροί, αυτοί που έχουν μήκος 14–18 cm ως ενδιάμεσοι και οι καρποί που έχουν μήκος μεγαλύτερο των 18 cm ως μεγάλοι. Μικρόκαρπες χαρακτηρίζονται οι ποικιλίες *Κουντούρκα* και *Bolsa*, μεσόκαρπες οι ποικιλίες *Negra*, *Sfax* και μεγαλόκαρπες οι ποικιλίες *Rojal* και *Santa Fe* (Orphanos and Paraconstantinou, 1969; Batlle and Tous, 1997).

Με βάση το πλάτος οι καρποί χαρακτηρίζονται στενοί όταν το πλάτος τους είναι μικρότερο από 18,5 mm, ενδιάμεσοι όταν το πλάτος τους είναι 18,5–22,5 mm, και πλατείς όταν το πλάτος τους είναι μεγαλύτερο από 22,5 mm. Στενούς καρπούς συναντάμε κυρίως στους άγριους φαινότυπους όπως ο *u-1*, ενδιάμεσου πλάτους καρπούς έχουν οι ποικιλίες *Duraio* και *Κουντούρκα* και πλατείς οι ποικιλίες *Negre* και *Πλάτσες* (Orphanos and Paraconstantinou, 1969; Kalaitzakis et al., 1988; Batlle and Tous, 1997).

Οι άγριοι πληθυσμοί χαρουπιιάς διακρίνονται μεταξύ άλλων από το πολύ λεπτό πάχος τους. Το αυξημένο πάχος είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των καλλιεργήσιμων «εξημερωμένων» φαινότυπων. Με βάση το πάχος τους οι καρποί χαρακτηρίζονται λεπτοί όταν το πάχος τους είναι μικρότερα από 7,5 mm, ενδιάμεσοι όταν το πάχος τους είναι από 7,5 - 9,5 mm, και παχείς όταν το πάχος τους είναι μεγαλύτερο από 9,5 mm. Καρπούς με μεγάλο πάχος

παράγουν οι ποικιλίες *Bolser* και *Τηλλυρίας* και λεπτούς η ποικιλία *Banya de Cabra*, αλλά και πολλοί άγριοι φαινότυποι (Orphanos and Paraconstantinou, 1969; Batlle and Tous 1997).

Πέρα από τα παραπάνω, η μορφολογική ποικιλομορφία των καρπών διευρύνεται από τη διαφοροποίηση διαφόρων γνωρισμάτων όπως η υφή, το μήκος του ποδίσκου και του στίγματος και παρουσία ακμής στη κοιλιακή ραφή (πολύ έντονη στις ποικιλίες Μπαντούρια και Τηλλυρίας). Τέλος, ένα μεγάλος μέρος της παραλλακτικότητας των καρπών οφείλεται στη διαφοροποίηση του σχήματος τους το οποίο μπορεί να είναι ίσιο, κυρτό ή συστρεφόμενο.

1.10.4 Μορφολογική ποικιλομορφία σπόρων

Τα σπέρματα του χαρουπιού λόγω της σταθερότητας της μάζας τους χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν ως μονάδα μέτρησης πολύτιμων λίθων. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού η μονάδα μέτρησης τους ονομάστηκε *carat*, λέξη η οποία προέρχεται από τα σπέρματα του φυτού *Ceratonia siliqua* (Daniel, 1972). Η συσχέτιση της μάζας των σπερμάτων του χαρουπιού με το βάρος των 200 mg με το οποίο ισούται το καράτι, επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα έρευνας σύμφωνα με τα οποία, το μέσο βάρος των σπερμάτων που προέρχονταν από καρπούς θηλυκών δέντρων ήταν $200,5 \pm 2,47$ mg. Οστόσο σύμφωνα με την ίδια έρευνα το βάρος των σπερμάτων ερμαφρόδιτων ποικιλιών ήταν ελαφρώς μικρότερο ($175,8 \pm 7,1$ mg) ενώ υπήρχαν σημαντικές διακυμάνσεις τόσο μεταξύ μεμονωμένων δέντρων όσο και μεταξύ των καρπών. Η μεταβλητότητα σύμφωνα με την ίδια έρευνα φαίνεται να μειώνεται όσο αυξάνεται η μάζα των σπερμάτων, ενώ το ανθρώπινο μάτι φαίνεται να έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται ακόμα και μικρές διαφορές της τάξης του 5% μεταξύ της μάζας διαφορετικών σπερμάτων (Turnbull et al., 2006).

Ως προς τα υπόλοιπα μορφολογικά γνωρίσματα, το χρώμα των σπερμάτων ποικίλει από κοκκινωπό και ανοιχτό καφέ έως σκούρο καφέ. Το σχήμα τους μπορεί να είναι στρογγυλό, οβάλ, ελλειπτικό, με λεία, τραχεία ή πολύ τραχεία επιφάνεια. Οι διαστάσεις τους ως προς το μήκος τους κυμαίνονται από λιγότερο από 8,5 mm στα κοντά έως μεγαλύτερο από 9,5 mm στα μακριά σπέρματα. Το πλάτος μπορεί να είναι μικρό (<6,75 mm), ενδιάμεσο (6,75 - 7,25 mm) ή μεγάλο (>7,5 mm), ενώ το πάχος τους συνήθως είναι μικρότερο από 3,8 mm στα λεπτά και μεγαλύτερο από 4,5 mm στα παχιά σπέρματα.

1.11 Μεθοδολογίες πολλαπλασιασμού & Εμβολιασμού χαρουπιάς

Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες πολλαπλασιασμού των φυτών, ο εγγενής και ο αγενής πολλαπλασιασμός. Ο εγγενής περιλαμβάνει το πολλαπλασιασμό με σπέρματα, ενώ ο αγενής περιλαμβάνει το πολλαπλασιασμό με φυτικά τμήματα όπως μοσχεύματα, εμβολιασμό, εναέριες καταβολάδες και το μεριστωματικό πολλαπλασιασμό (ιστοκαλλιέργεια). Τα φυτά που προέρχονται από σπέρματα (εγγενής πολλαπλασιασμός) διαφοροποιούνται μιας και το γενετικό υλικό προέρχεται και από τους δύο γονείς. Ως εκ τούτου τα παραγόμενα σπορόφυτα αποτελούν ένα συνονθύλευμα των ιδιοτήτων και των μορφολογικών χαρακτηριστικών και των δύο γονέων. Αντιθέτως, τα φυτά που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό αποτελούν ακριβή αντίγραφα (κλώνους) των μητρικών φυτών, με ελάχιστες έως καθόλου διαφοροποιήσεις από αυτά. Στην καλλιέργεια της χαρουπιάς αλλά και στη δενδροκομία γενικότερα, ο αγενής πολλαπλασιασμός με μοσχεύματα και έκφυτα ιστοκαλλιέργειας είναι σημαντικός γιατί σε μικρό χρονικό διάστημα παράγεται ένας μεγάλος αριθμός πανομοιότυπων φυτών. Παράλληλα τα φυτά είναι γνωστού φύλλου, έχουν μικρότερο στάδιο νεανικότητας, και δε χρειάζονται εμβολιασμό. Έτσι, με τον αγενή πολλαπλασιασμό διασφαλίζονται οι αποδόσεις, το χαμηλό κόστος και η γρήγορη είσοδος των φυτών στη παραγωγή.

Ο Ποντίκης (1996) αναφέρει ότι, η χαρουπιά πολλαπλασιάζεται σχετικά εύκολα με ξυλοποιημένα μοσχεύματα και πολύ εύκολα με φυλλοφόρα μοσχεύματα από νεαρά φυτά που βρίσκονται στο στάδιο της νεανικότητας, μετά από χειρισμό με ινδολιβοβουτυρικό οξύ (IBA 500 ppm). Κάτι που πρακτικά δεν έχει μεγάλη χρησιμότητα, μιας και για τα φυτά που βρίσκονται

στο στάδιο της νεανικότητας μας είναι άγνωστα τόσο το φύλλο όσο και οι παραγωγικές τους ιδιότητες. Αντίθετα, από τις ερευνητικές προσπάθειες για τον αγενή πολλαπλασιασμό ώριμων δέντρων με χρήση μοσχευμάτων και ιστοκαλλιέργειας, έως τώρα δεν έχει προκύψει κάποια μέθοδος η οποία να δίνει ικανοποιητικά και πρακτικώς εφαρμόσιμα αποτελέσματα (Hakim et al., 2010; El-Soda, 2016; Γερακιανάκη, 2022). Τα καλύτερα αποτελέσματα ριζοβολίας μοσχευμάτων από τις έως τώρα έρευνες φαίνεται να δίνει η εμφάνιση ξυλωδών και ποωδών βλαστών για 60 s σε ορμονικό διάλυμα περιεκτικότητας 7.000 mg L⁻¹ IBA (Essahibi et al., 2016).

Μια άλλη μέθοδος αγενούς πολλαπλασιασμού είναι οι εναέριες καταβολάδες. Ο πολλαπλασιασμός με εναέριες καταβολάδες είναι μια μέθοδος που παρά τις δυσχέρειες που εμπεριέχει φαίνεται να μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία στη χαρουπιιά. Καλά αποτελέσματα ριζοβολίας (98,3%) έχει δώσει η εφαρμογή διαλύματος IBA 8000 ppm σε εναέριες καταβολάδες ερευνητικής εργασίας που έχει πραγματοποιηθεί στην Αίγυπτο. Από την ίδια εργασία έχει προκύψει ότι, ο καταλληλότερος μήνας για τον πολλαπλασιασμό της χαρουπιιάς με καταβολάδες (για τις συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής) φαίνεται να είναι ο Μάιος (El-Soda, 2016). Όμως, ο πολλαπλασιασμός με καταβολάδες δίνει μικρό αριθμό φυτών ανά μητρικό δέντρο και επιπλέον οι εργασίες πάνω στο δέντρο είναι επίπονες και χρονοβόρες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο πολλαπλασιασμός με καταβολάδες να μην εφαρμόζεται για επιχειρηματικούς σκοπούς.

Έτσι, λόγω των περιοριστικών αναπαραγωγικών ιδιοτήτων της χαρουπιιάς, ακόμα και σήμερα, ο επικρατέστερος τρόπος πολλαπλασιασμού της εξακολουθεί να είναι ο παραδοσιακός. Δηλαδή η παραγωγή υποκειμένων από σπόρους και κατόπιν ο εμβολιασμός τους με την επιθυμητή ποικιλία (Ποντίκης, 1996; Batlle and Tous, 1997). Παρότι υπάρχουν αναφορές από φυτωριούχους για την ύπαρξη κάποιων δέντρων, οι σπόροι των οποίων φυτρώνουν εύκολα, η βλάστηση των σπερμάτων της χαρουπιιάς θεωρείται αργή και δύσκολη διαδικασία (Ποντίκης, 1996). Για τη βελτίωση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων, χρησιμοποιούνται διάφορες ενέργειες που αποσκοπούν κυρίως στη μηχανική ή χημική διάρρηξη του φλοιού των σπερμάτων, έτσι ώστε το νερό να μπορεί να εισέλθει ευκολότερα στο ενδοσπέρμιο επιταχύνοντας με αυτό το τρόπο το φύτρωμα τους.

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού αναφέρονται διάφορες τεχνικές με τις οποίες μπορεί να βελτιωθεί η φυτρωτική ικανότητα των σπερμάτων της χαρουπιιάς.

Από τον Ποντίκη (1996) προτείνονται 3 εναλλακτικοί χειρισμοί.

- α) Εμβάπτιση σε ζεστό νερό θερμοκρασίας 75 για 2 έως 5 λεπτά.
- β) Εμβάπτιση σε διάλυμα θειικού οξέος (45%) για 3 ώρες.
- γ) Αφαίρεση των σπερματικών περιβλημάτων.

Οι Batlle and Tous (1997), επίσης αναφέρουν ότι στο IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries) της Καταλονίας επετεύχθησαν καλά ποσοστά βλάστησης με όλους τους παρακάτω χειρισμούς:

- α) Εμβάπτιση σε νερό για 15 ημέρες.
- β) Εμβάπτιση σε ζεστό νερό, καλή ανάδευση για 10 λεπτά και κατόπιν παραμονή σε κρύο νερό για 24 ώρες.
- γ) Εμβάπτιση σε πυκνό θειικό οξύ (H₂SO₄) για 1 ώρα και κατόπιν καλό ξέπλυμα με νερό βρύσης.
- δ) Εμβάπτιση σε Γιββερελλικό οξύ (GA₃).

Μετά από δοκιμές βρέθηκε ότι η βέλτιστη συγκέντρωση θειικού οξέος (H₂SO₄) για βλάστηση των σπερμάτων είναι 80% για 30' min. Με τη συγκέντρωση αυτή και μετά από εμβάπτιση στο νερό για 24 ώρες και τοποθέτηση στους 23°C επιτεύχθηκε 99,1% βλάστηση των σπόρων (Frutos, 1988).

Μετά τους χειρισμούς βελτίωσης της φυτρωτικότητας, τα σπέρματα σπέρνονται σε δίσκους σποράς με θέσεις φύτευσης διαστάσεων 7 X 7 X 7 cm και τοποθετούνται σε ειδικούς πάγκους σε θερμοκρασία 20-30°C. Εναλλακτικά, μπορούν να σπαρθούν απευθείας σε γλάστρες διαμέτρου 12-15 cm και βάθους 35-40 cm και να τοποθετηθούν σε διχτυοκήπιο. Τα

σπέρματα πρέπει να συλλέγονται από ώριμους καρπούς. Η συνήθης εποχή σποράς είναι η άνοιξη (Μάρτιος – Απρίλιος). Το εδαφικό μίγμα που χρησιμοποιείται είναι μίγμα τύρφης, compost , περλίτη και άμμου σε διάφορες αναλογίες. Η βέλτιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 25°C. Είναι πολύ σημαντικό το εδαφικό μίγμα να στραγγίζει καλά και τα χρησιμοποιούμενα μέσα φύτευσης να είναι απολυμασμένα και καθαρά (Batlle and Tous, 1997).

Στις παραπάνω συνθήκες τα σπορόφυτα φυτρώνουν μετά από 15-20 ημέρες, ενώ 6 μήνες μετά τη σπορά έχουν ύψος 25 cm και διάμετρο βλαστού 1 cm. Αποκτώντας αυτό το μέγεθος μπορούν πλέον να εμβολιαστούν. Η καλύτερη εποχή εμβολιασμού θεωρείται η άνοιξη (Απρίλιος – Ιούνιος). Ο εμβολιασμός μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στο φυτώριο είτε στον αγρό (Batlle and Tous, 1997).

Για τον εμβολιασμό της χαρουπιάς, ανάλογα με την ηλικία και το μέγεθος του βλαστού χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές. Στα φυτώρια για υποκείμενα ηλικίας έως 1 έτους και διάμετρο βλαστού περίπου 1 cm εφαρμόζεται ο αγγλικός εμβολιασμός με σχισμή ή εμβολιασμός με γλωσσίδα ή επιτραπέζιος εμβολιασμός. Επίσης εφαρμόζεται σε μικρότερο βαθμό και ο έφιππος εμβολιασμός. Σε έρευνα που έγινε για τη σύγκριση 4 παραλλαγών των παραπάνω τεχνικών προέκυψε ότι ο εμβολιασμός με σχισμή και εμβόλια με μόνο μασχαλιαίους οφθαλμούς καθώς επίσης και ο εμβολιασμός με σχισμή και εμβόλια που συνυπάρχουν μασχαλιαίοι και επάκριοι οφθαλμοί (Εικ. 17) δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα και ενδείκνυνται ως τεχνικές για τον εμβολιασμό νεαρών φυτών χαρουπιάς (Omran and Hassan, 2019).

Σε φυτά με διάμετρο κορμού 1-2 cm συνήθως εφαρμόζεται ο ασπιδωτός ενοφθαλμισμός (όρθιο T). Τα εμβόλια στην τεχνική αυτή δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνουν ξύλο, παρά μόνο το φλοιό μετά του οφθαλμού του. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί ο ασπιδωτός ενοφθαλμισμός με ξύλο ή μαγιόρκιος όπως αλλιώς ονομάζεται. Το όρθιο T είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος εμβολιασμού της χαρουπιάς, και αποφέρει πολύ καλά αποτελέσματα όταν εφαρμόζεται τους μήνες Απρίλιο – Μάιο σε θερμοκρασίες περίπου 25°C. Ο μαγιόρκιος προτιμάται συνήθως τους μήνες Μάρτιο και Ιούνιο και γενικά στις περιπτώσεις όπου ο φλοιός του υποκειμένου δεν αποκολλάται εύκολα. Τέλος, σε υποκείμενα με διάμετρο μεγαλύτερη από 2-3 cm μπορεί να εφαρμοστεί και ο πλακίτης εμβολιασμός (Batlle and Tous, 1997; Ποντίκης, 1996)

Η συνήθης πρακτική έως πρόσφατα στην Κρήτη και στην Ελλάδα γενικότερα, ήταν η φύτευση στο χωράφι ανεμβολιάστων φυτών και μετά από 5 έως 7 χρόνια που θα έχει εκδηλωθεί το φύλο τους, ο εμβολιασμός των αρσενικών δέντρων. Τα τελευταία χρόνια διαδίδεται ο εμβολιασμός όλων των δέντρων με καλύτερες ποικιλίες και σιγά σιγά και η διάθεση από τα φυτώρια έτοιμων εμβολιασμένων φυτών. Παράλληλα, η επέκταση της έρευνας σε νέες τεχνικές εμβολιασμού της χαρουπιάς όπως είναι ο μικροεμβολιασμός (Hsina and Mtili, 2009) μπορεί να βοηθήσει την επιχειρηματική χαρουποκαλλιέργεια να αντιπαρέλθει τις δυσκολίες που παρουσιάζει η αναπαραγωγή φυτών διαμέσου των μοσχευμάτων και της ιστοκαλλιέργειας.



Εικόνα 17. Απο αριστερά προς τα δεξιά: α) εμβολιασμός χαρουπιάς με σχισμή με εμβόλια επάκριων και μασχαλαίων οφθαλμών, β) εμβολιασμός σχισμής με εμβόλια μόνο επάκριων οφθαλμών, γ) έφιππος εμβολιασμός με εμβόλια επάκριων και μασχαλαίων οφθαλμών, δ) έφιππος εμβολιασμός με εμβόλια μόνο μασχαλαίων οφθαλμών. Από τις παραπάνω τεχνικές οι δύο πρώτες παραλλαγές του εμβολιασμού με σχισμή δίνουν αρκετά καλά αποτελέσματα σε δενδρύλλια χαρουπιάς ενός έτους. Πηγή εικόνας: Omran and Hassan (2019).

1.12 Προοπτική καλλιέργειας χαρουπιάς

Από τα προϊστορικά χρόνια έως σχετικά πρόσφατα η χαρουπιά καλλιεργείτο κυρίως για τον καρπό και το ξύλο της. Ο καρπός χρησιμοποιούνταν ως ζωοτροφή αλλά και ως ανθρώπινη τροφή, ιδιαίτερα σε κρίσιμες περιόδους έλλειψης τροφίμων. Από το ξύλο της παράγονται ξυλάνθρακας καθώς και άριστης ποιότητας έπιπλα, αλλά και διάφορα ξύλινα αντικείμενα και δομικά μέλη (Batlle and Tous, 1997).

Τον προηγούμενο αιώνα οι φυσικές και βιοχημικές ιδιότητες του κόμμεος του χαρουπιού το έκαναν περιζήτητο αναλώσιμο σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Παρά τον ανταγωνισμό που δέχεται από το φτηνότερο κόμμι που παράγεται από το φυτό Guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), η καλύτερη συνεργατική δράση με άλλους πολυσακχαρίτες στο σχηματισμό ζελέ, η ενεργοποίηση της δράσης της σε υψηλές θερμοκρασίες (85°C), η άριστη υφή που προσδίδει στα κρεμώδη προϊόντα, και η θετική επίδραση στη γεύση, συνεχίζουν να το καθιστούν αναντικατάστατο υλικό στη βιομηχανία τροφίμων. Επιπρόσθετως, το μίγμα κόμμεος χαρουπιού και Guar, θεωρείται ότι έχει βελτιωμένες ιδιότητες σε σχέση με το μεμονωμένο κόμμι και των δύο ειδών, γεγονός που αποτρέπει τον ολοκληρωτικό παραμερισμό στο μέλλον ενός εκ των δύο συστατικών (Fallourd and Viscione, 2009). Πέρα όμως από τη τεχνολογία τροφίμων, το LBG συνεχίζει να είναι απαραίτητο σε μια μεγάλη γκάμα βιομηχανικών εφαρμογών όπως την κλωστοϋφαντουργία, την κοσμητική, τη φαρμακοβιομηχανία κ.ά. (Batlle and Tous, 1997).

Τα τελευταία χρόνια η ανάδειξη των ευεργετικών ιδιοτήτων του χαρουπιού στην υγεία έχει επαναπροσδιορίσει τη θέση του στην ανθρώπινη διατροφή. Έτσι πλέον, τα προϊόντα από χαρούπι από μια αναγκαστική επιλογή σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, έχουν μετατραπεί σε υψηλής βιολογικής αξίας τρόφιμα, με τα οποία αντιμετωπίζονται πολλά διατροφικά ζητήματα όπως η δυσανεξία στη γλουτένη και ο διαβήτης (Brassesso et al., 2021).

Εκτός όμως από τις παραδοσιακές βιομηχανικές χρήσεις των παράγωγων του χαρουπιού, η χαρουπιά είναι ένα φυτό που μπορεί να συμβάλει μαζί με άλλα φυτικά είδη, στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και στη βελτίωση των δασικών οικοσυστημάτων. Τα επόμενα χρόνια η φυσική κλιματική μεταβλητότητα, αναμένεται να αυξήσει σημαντικά τη θερμοκρασία της Γης (Milanković, 1941). Η αύξηση αυτή σύμφωνα με κάποια κλιματικά μοντέλα αναμένεται να

κυμανθεί στο τέλος του αιώνα από 0,3 έως 4,8°C (Dankers and Feyen, 2008). Πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι το CO₂ και τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, επιδεινώνουν το πρόβλημα αυτό ακόμη περισσότερο (Anderson et al., 2016) και προτείνουν τόσο τον περιορισμό των εκπομπών, όσο και τη μείωση του ατμοσφαιρικού κλάσματος του CO₂ (Ραδόγλου, και Κορακάκη, 2012; De Angelis, 2000).

Για τον περιορισμό της αύξησης του CO₂ και της παγκόσμιας θερμοκρασίας, τα κράτη μέλη της Σύμβασης-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος καθιέρωσαν το 1997 το πρωτόκολλο του Κιότο. Στο άρθρο 2 του πρωτοκόλλου, τα κράτη μέλη δεσμεύονται μεταξύ άλλων για προστασία και ενίσχυση των καταβολών (βιο-αποθηκών) CO₂ μέσω της αειφόρου διαχείρισης των δασών, της δάσωσης, της αναδάσωσης και της προώθησης των αειφόρων μορφών γεωργίας (Πρωτόκολλο Κιότο, 1997).

Στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του Κιότο και της απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, αναμένεται τα επόμενα χρόνια μέσω του κανονισμού 2080/92 του συμβουλίου της ΕΕ, να προκηρυχθούν νέα προγράμματα που θα δίνουν οικονομικά κίνητρα δημιουργίας και διατήρησης δασικών εκτάσεων. Οι εκτάσεις αυτές αποσκοπούν στη μείωση του ατμοσφαιρικού CO₂ δεσμεύοντας το μέσω της φωτοσύνθεσης στη βιομάζα τους. Στη συνέχεια το δεσμευμένο CO₂ θα υπολογίζεται μέσω ειδικών ψηφιακών εργαλείων όπως αυτό [εδώ](#), πιστώνοντας επιχειρήσεις και οργανισμούς μέσω ενός λογιστικού συστήματος διαχείρισης ρύπων με τα ανάλογα μόρια. Με τα μόρια αυτά θα μπορούν να αντισταθμίζουν τους εκλυόμενους από τη λειτουργία τους ρύπους. Έτσι, με τη φύτευση και διατήρηση νέων δασών, οι διάφοροι οργανισμοί, βιομηχανίες και επιχειρήσεις θα εξασφαλίζουν τις προϋποθέσεις ισοζυγίου του άνθρακα που θα απαιτούνται για την δανειοδότηση, χρηματοδότηση και λειτουργία τους (Ραδόγλου και Κορακάκη, 2012).

Εκτός όμως από τις ανθρακοδεσμευτικές φυτεύσεις, η παγκόσμια εκστρατεία για το κλίμα και το περιβάλλον, αναμένεται να οδηγήσει τα επόμενα χρόνια στη δάσωση αρκετών νέων εκτάσεων, μέσω των οποίων κράτη και επιχειρήσεις θα στοχεύουν στην ανάδειξη του φιλιοπεριβαλλοντικού τους προφίλ. Μέσα σε αυτό το υπό διαμόρφωση πλαίσιο της αγοράς άνθρακα, της προσπάθειας μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος, η χαρουπιά είναι ένα φυτό που μπορεί να έχει πρωταγωνιστικό ρόλο.

Από αποτελέσματα έρευνας που έγινε στην περιοχή Algarve της Πορτογαλίας αναφέρεται ότι από ένα φυτό χαρουπιάς ηλικίας περίπου 30 ετών, μπορούν να δεσμευτούν 7,92 kg CO₂/έτος. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε 668,8 kg CO₂ eq/ha/έτος (ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα) και είναι κατά μια τάξη μεγέθους μικρότερη σε σχέση με το πεύκο (17,4 kg CO₂/έτος). Η διαφορά αυτή σύμφωνα με τους ερευνητές πιθανών να οφείλεται στον αργό ρυθμό ανάπτυξης της χαρουπιάς και στις συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής (Geraldo et al., 2010). Από άλλη εργασία έχει προκύψει ότι η συνολική περιεκτικότητα της βιομάζας της χαρουπιάς σε άνθρακα (46,48 kg/δέντρο) είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτή των ειδών *Quercus* (27,9 kg/δέντρο και 41,1 κιλά /δέντρο για φελλοφόρο βελανιδιά) (Palacios-Rodríguez et al., 2022). Ταυτόχρονα, η συνολική δέσμευση ενισχύεται επιπλέον από το δεσμευμένο στη βιομάζα του εδάφους άνθρακα, ο οποίος στις καλλιέργειες χαρουπιάς ανέρχεται στα 45,81 Mg/ha (Mega gram = 10⁶ g) καταδεικνύοντας έτσι το σημαντικό ρόλο των δασωμένων εκτάσεων ως αποθήκες άνθρακα στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Palacios-Rodríguez et al., 2022).

Η χαρουπιά θεωρείται μεταξύ διάφορων φυτικών ειδών ως ένα από τα φυτά που θα προτιμάται στο μέλλον ολοένα και περισσότερο στα προγράμματα δάσωσης, αναδάσωσης και αειφορικής γεωργίας. Η λειψυδρία, ειδικά στις παραμεσόγειες περιοχές που αναμένεται μείωση των βροχοπτώσεων τα επόμενα χρόνια, θεωρείται ότι θα είναι στο μέλλον ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας στη δάσωση νέων εκτάσεων. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, θα επιλέγονται ολοένα και περισσότερο ξηροθερμικά δασικά είδη, όπως το πεύκο (*Pinus halepensis*) και η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*) (Geraldo et al., 2010). Πέρα από τη λειψυδρία, η ανθεκτικότητα στις πυρκαγιές, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν τα επόμενα χρόνια, θα είναι ένα ακόμα σημαντικό κριτήριο επιλογής. Η καταστροφή ενός δάσους

από πυρκαγιά, αφενός ζημιώνει την επένδυση μιας επιχείρησης και αφετέρου αυξάνει τις εκλυόμενες στην ατμόσφαιρα ποσότητες CO₂. Για το λόγο αυτό για στις νέες δασώσεις αναμένεται να προτιμούνται δύσφλεκτα φυτά όπως η χαρουπιά, η οποία σε αντίθεση με το πεύκο παρουσιάζει αξιοσημείωτη ανθεκτικότητα και αντίσταση στις δασικές πυρκαγιές (Geraldo et al., 2010; Kauf et al., 2015; Srečec et al., 2017).

Επιπρόσθετως, η χαρουπιά είναι ένα παραγωγικό φυτό που συμβάλει μέσω των καρπών της στη βιοποικιλότητα της πανίδας των δασικών οικοσυστημάτων και στην επισιτιστική ασφάλεια και οικονομική πρόσοδο των ανθρώπων που την καλλιεργούν. Ως καλλιέργεια έχει χαμηλές εισροές, ενώ ως αυτοφύες συγκομιζόμενο φυτό μηδαμινές. Τα χαρακτηριστικά αυτά την καθιστούν ιδανική επιλογή στην προωθούμενη από την ΕΕ ανθρακοδεσμευτική γεωργία, η οποία αναμένεται στο μέλλον να ενθαρρύνεται μέσω σημαντικών οικονομικών ενισχύσεων. Τέλος, τα τελευταία χρόνια λόγω των περιορισμένων της αναγκών σε άρδευση, της προσαρμοστικότητας της σε φτωχά και άγονα εδάφη και της ιδιαίτερης καλλωπιστικής της αξίας, χρησιμοποιείται συστηματικά ως καλλωπιστικό φυτό στις υπηρεσίες διαμόρφωσης τοπίου και στην κηποτεχνία.

Η διαχρονική εξάρτηση ενός μεγάλου εύρους βιομηχανικών εφαρμογών από τα παράγωγα του χαρουπιού, σε συνδυασμό με την ανάδειξη των ευεργετικών ιδιοτήτων τους στην υγεία ανθρώπων και ζώων που προαναφέρθηκε, αυξάνουν ολοένα και περισσότερο τον αριθμό των προϊόντων στα οποία συμμετέχει ως συστατικό το χαρούπι. Μόνο στις ΗΠΑ, ο αριθμός αυτός ξεπερνάει τα 12.000 προϊόντα, προκαλώντας σημαντική αύξηση στη ζήτηση χαρουπιού. Η περιορισμένη και ασταθής προσφορά χαρουπιών σε συνδυασμό με την αύξηση της ζήτησής τους έχει αυξήσει τα τελευταία χρόνια κατακόρυφα την τιμή του CCG (Clarified Carob Gum) η οποία το 2022 έφτασε τα 60 δολάρια/kg (Watson, 2021). Ανάλογη αύξηση παρατηρείται και στην τιμή των καρπών, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει σταθεροποιηθεί πάνω από τα 0,70 ευρώ/ kg φτάνοντας το 2022 στη Κρήτη τα 0,80 έως 1,30 ευρώ στα συμβατικά και 1,50 ευρώ/kg στα βιολογικά χαρούπια.

Με βάση έρευνες που έχουν γίνει, η παγκόσμια αγορά κόμμεος χαρουπιού είτε ως LBG, είτε ως CCG, αναμένεται τη περίοδο 2023-26 και με βάση το ετήσιο δείκτη CAGR, (Compound Annual Growth Rate) να έχει ανάπτυξη 5,8% φτάνοντας σε αξία το 2026 τα 68 δισεκατομμύρια δολάρια (Expert Market Research, 2018). Ακόμη μεγαλύτερη αναμένεται να είναι η ανάπτυξη της παγκόσμιας αγοράς χαρουπάλευρου η οποία με ρυθμό 6,8% προβλέπεται από 54,9 δισεκατομμύρια το 2022-23 να φτάσει τα 105,9 δισεκατομμύρια δολάρια το 2032 (FACT.MR, 2022).

Σε αυτό το υπό διαμόρφωση περιβάλλον είναι σημαντικό τα επόμενα χρόνια να δημιουργηθούν νέες καλλιέργειες οι οποίες θα καλύψουν την αυξημένη ζήτηση και θα εξορθολογήσουν τις τιμές. Η αναμενόμενη δημιουργία νέων ανθρακοδεσμευτικών φυτειών χαρουπιάς στα πλαίσια της προσπάθειας για μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται να λειτουργήσει θετικά προς αυτή τη κατεύθυνση. Λόγω όμως του γεγονότος ότι η χαρουπιά είναι ένα φυτικό είδος που καθυστερεί να μπει στη παραγωγή και στη συνέχεια φθάνει προοδευτικά σε υψηλές αποδόσεις (στα 15 έτη περίπου), οι παραγόμενες ποσότητες τα επόμενα χρόνια δεν αναμένεται να αυξηθούν σημαντικά (Watson, 2021). Ως εκ τούτου η ολοένα και περισσότερο αυξανόμενη ζήτηση αναμένεται τα επόμενα χρόνια να ανεβάσει ακόμα περισσότερο τις τιμές των καρπών και των παραγώγων του χαρουπιού.

2 Στόχος της Έρευνας

Η σταυροεπικοινωνία, η μακράιωνη καλλιέργεια και η εισαγωγή διαφόρων ποικιλιών χαρουπιάς από άλλες περιοχές, έχουν συμβάλει στη μεγάλη παραλλακτικότητα και στη δημιουργία πολλών διαφορετικών φαινοτύπων στο νησί. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φαινοτύπων αυτών έως τώρα δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς, με αποτέλεσμα η περιγραφή και διάκριση τους να είναι αρκετά δύσκολη.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός όσο γίνεται περισσότερων «ήμερων» παραγωγικών (Θηλυκών & ερμαφρόδιτων) φαινότυπων χαρουπιάς που καλλιεργούνται ή είναι εμβολιασμένοι σε διάσπαρτα δέντρα στο νησί της Κρήτης. Απώτερος στόχος είναι η διερεύνηση των μορφολογικών και παραγωγικών χαρακτηριστικών των φαινότυπων αυτών, έτσι ώστε να μπορούν να αναγνωριστούν περιγραφούν και διακριθούν με βάση τα ιδιαίτερα γνωρίσματα τους.

Στη συνέχεια τα αποτελέσματα αυτά σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών που θα αφορούν τη καλλιέργεια και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών τους μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάπτυξη της χαρουποκαλλιέργειας στο νησί. Για το σκοπό αυτό μπορεί να αξιοποιηθούν δράσεις ενημέρωσης του παρατηρητηρίου της περιφέρειας Κρήτης.

Οι δράσεις αυτές θα καθοδηγούν τους παραγωγούς στην επιλογή και καλλιέργεια του κατάλληλου φαινότυπου. Έτσι ο κάθε παραγωγός με βάση τη περιοχή, τη στόχευση και τις απαιτήσεις του εμπορίου, θα μπορεί να επιλέγει τον φαινότυπο εκείνο που θα του παρέχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ως προς τη πρωιμότητα, την ευκολία συγκομιδής, τα σάκχαρα, την απόδοση σε σπόρους, πούλπα καθώς κ.α. ποιοτικών χαρακτηριστικών.

3 Υλικά και μέθοδοι

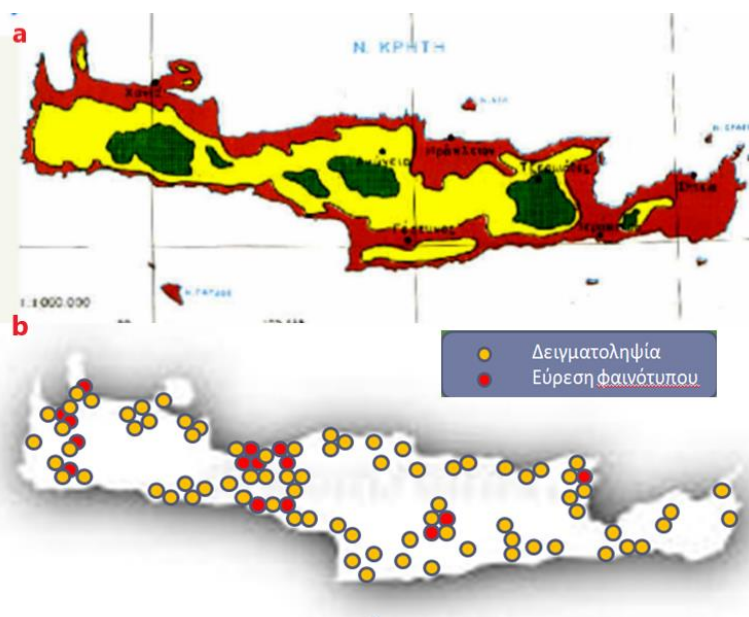
3.1 Χωρικός προσδιορισμός φαινότυπων κρητικής χαρουπιάς

Για τον εντοπισμό των φαινότυπων της χαρουπιάς στη Κρήτη, μελετήθηκε αρχικώς η υπάρχουσα βιβλιογραφία καθώς και όλα τα διαθέσιμα άρθρα και πρακτικά συνεδρίων. Από τη βιβλιογραφική έρευνα προέκυψε αναφορά στους κρητικούς φαινότυπους από τους Χατζηνικολάου (1982), Kalaitzakis et al. (1988), Ποντίκης (1996) και Tous and Batlle (2013). Ο Χατζηνικολάου αναφέρει ένα φαινότυπο με το γεωγραφικό προσδιορισμό *Χανιώτικα* χωρίς όμως να προσδιορίζει με περισσότερες λεπτομέρειες την περιοχή στην οποία εντοπίζεται. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη χωρική κατανομή παρέχονται από τους Kalaitzakis et al. (1988) παραθέτοντας ένα χάρτη με τις περιοχές που διερεύνησαν αναφέροντας παράλληλα και τα χωρία στα οποία εντόπισαν τον κάθε φαινότυπο.

Μετά τη βιβλιογραφική έρευνα, αναζητήθηκαν δια ζώσης αλλά και μέσω διαδικτύου, πληροφορίες και στοιχεία επικοινωνίας για φορείς, συλλόγους, καλλιεργητές, έμπορους, μεταποιητές και γεωτεχνικούς που έχουν ασχοληθεί με το χαρούπι. Στη συνέχεια το φθινόπωρο του 2021, αξιοποιώντας τις συλλεχθείσες πληροφορίες πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις σε διάφορες τοποθεσίες και αγροκτήματα στα οποία εντοπίστηκαν διάφοροι φαινότυποι. Παράλληλα την ίδια περίοδο αξιοποιώντας δεδομένα από βιοκλιματικό χάρτη (Εικ. 18a) που αποτυπώνει την oleo-ceratonion ζώνη στη Κρήτη (Μαυρομάτης, 1980), κλιματικούς άτλαντες της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY), και τοπογραφικούς χάρτες στους οποίους

αποτυπώνεται το υψόμετρο, προσδιορίστηκαν οι περιοχές του νησιού στις οποίες ήταν πιθανό να φύεται η χαρουπιά. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε στοχευμένη έρευνα πεδίου στις εν λόγω περιοχές, από την οποία προέκυψαν κάποιοι επιπλέον «ήμεροι» φαινότυποι που φαίνεται να έχουν καλλιεργητικό ενδιαφέρον. Το υλικό που συλλέχτηκε από τις παραπάνω δράσεις (ώριμοι καρποί, ταξιανθίες και φύλλα) διατηρήθηκε σε θερμοκρασία 4-5°C έως ότου μεταφερθεί στο ΕΛΜΕΠΑ για πρωτόλειες μετρήσεις, φωτογράφιση και αξιολόγηση. Στη συνέχεια στις 8, 10 και 12 Απριλίου 2022, πραγματοποιήθηκε εκ νέου επίσκεψη στις παραπάνω περιοχές, για συλλογή ανώριμων καρπών και φωτογράφιση τους στις 14 Απριλίου 2022 σε ειδικό θάλαμο στις εγκαταστάσεις του ΕΛΜΕΠΑ.

Κατά τη διαδικασία της αναζήτησης που συνεχίστηκε και καθ' όλη τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού του 2022, πραγματοποιήθηκαν συνολικά 96 ερευνητικές επισκέψεις σε όλους τους νομούς του νησιού (Εικ. 18b). Από τους νέους φαινότυπους που προέκυψαν αλλά και από αυτούς που είχαν εντοπιστεί κατά τη διάρκεια του 2021 συλλέχτηκαν από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο του 2022 εκ νέου δείγματα ώριμων καρπών, ταξιανθιών και φύλλων πάνω στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι τελικές μετρήσεις. Από τις μετρήσεις αυτές προέκυψαν 15 διαφορετικοί φαινότυποι. Οι φαινότυποι αυτοί που κωδικοποιήθηκαν με τους κωδικούς ΗΜU-1 έως ΗΜU-15 εντοπίστηκαν στις εξής περιοχές : 5 στο νομό Χανίων (Σαρακίνα, Στροβλές, Πολλυρήνια 2, Αφράτα), 7 στο νομό Ρεθύμνης (Καλονύχτι, Γεράνι, Γάλλου, Αγαλιανού, Ατσιπόπουλο, Πρασές, Μύρθιος) , 2 στο Μελιδοχώρι του νομού Ηρακλείου και 1 στο χωριό Άνω Πινές του νομού Λασιθίου. Στη συνέχεια, οι περισσότεροι από τους φαινότυπους αυτούς εντοπίστηκαν και σε άλλες περιοχές.



Εικόνα 18. α) Βιοκλιματικός χάρτης Κρήτης. Με κόκκινο χρώμα αποτυπώνεται η oleo-ceratonion ζώνη βλάστησης στην οποία ευδοκμεί η χαρουπιά. Πηγή εικόνας : (Μαυρομάτης, 1980). β) Χάρτης διερευνούμενων περιοχών. Με κίτρινο χρώμα αποτυπώνονται οι περιοχές στις οποίες πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία και με κόκκινο οι περιοχές στις οποίες εντοπίστηκαν οι 15 φαινότυποι.

Οι περιοχές στις οποίες έχουν εντοπιστεί έως τώρα οι διερευνούμενοι φαινότυποι είναι οι εξής :

- H MU-1 Πινές, Ελούντα, Λακωνία νομού Λασιθίου.
- H MU -2 Μελιδοχώρι, & Ζαρός νομού Ηρακλείου.
- H MU-3 Ρέθυμνο, ανατολικές περιοχές νομού Χανίων & δυτικές νομού Ηρακλείου.
- H MU-4 Σαρακίνα νομού Χανίων.
- H MU-5 Νομός Ρεθύμνου & ανατολικές περιοχές νομού Ηρακλείου.
- H MU-6 Σε όλη τη κεντρική Κρήτη.
- H MU-7 Πρασές νομού Ρεθύμνου.
- H MU-8 Πολλυρήνια & Μηλιές νομού Χανίων.
- H MU-9 Αφράτα νομού Χανίων.
- H MU-10 Στροβλές νομού Χανίων.
- H MU-11 Καλονύχτι νομού Ρεθύμνου
- H MU-12 Μύρθιος νομού Ρεθύμνης.
- H MU-13 Μελιδοχώρι & προφήτης Ηλίας νομού Ηρακλείου.
- H MU-14 Γάλλος νομού Ρεθύμνης.
- H MU-15 Πολλυρήνια, Σταυρός, Κολυμπάρι, Αφράτα & Παλαιόχωρα νομού Χανίων.

Ο H MU-3 φαίνεται να είναι ο περισσότερο διαδεδομένος φαινότυπος στο νησί και πιθανόν να αντιστοιχεί στα «Ήμερα» που οι Tous and Batlle (2013) αναφέρουν ότι καταλαμβάνει το 80% των εκτάσεων της χαρουπιάς στη Κρήτη. Επίσης πολύ μεγάλη εξάπλωση έχουν και οι φαινότυποι H MU-1, H MU-5, H MU-6 και H MU-13. Η ευρεία εξάπλωση κάποιων φαινότυπων έχει ως αποτέλεσμα την αλληλοεπικάλυψη τους και τον εντοπισμό σε πολλές περιπτώσεις αρκετών φαινότυπων στην ίδια περιοχή. Ως εκ τούτου, παρότι 2-3 φαινότυποι έχουν περιορισμένη τοπική εξάπλωση, δεν υπάρχουν μεγάλες περιοχές που να καταλαμβάνονται αποκλειστικά από ένα και μόνο φαινότυπο. Στις περισσότερες εκτάσεις υπάρχει ένα συνονθύλευμα από άγριους και ήμερους φαινότυπους με έναν εξ' αυτών συνήθως να κυριαρχεί καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο ποσοστό της βλάστησης.

3.2 Φαινοτυπικός διαχωρισμός Κρητικών χαρουπιών

Ως φαινότυπος ορίζεται το σύνολο των μορφολογικών, παραγωγικών, ηθολογικών και λοιπών χαρακτηριστικών που εμφανίζει ένας οργανισμός σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Ο φαινότυπος καθορίζεται από το γονότυπο, το περιβάλλον, την αλληλεπίδραση τους και από τυχαία διαφοροποίηση. Οι περισσότεροι πληθυσμοί που διερευνούνται στη παρούσα εργασία αποτελούν άτυπα κλώνους φυτών που παρουσιάζουν επιθυμητές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές μεταδίδονται σταθερά μέσω του αγενούς τρόπου πολλαπλασιασμού που διασφαλίζει ο εμβολιασμός. Έτσι, σε κάποιες περιοχές εντοπίζονται πληθυσμοί χαρουπιάς με παρεμφερή χαρακτηριστικά τα οποία όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μεταδίδονται σταθερά στους απογόνους, όταν τα άτομα αυτά πολλαπλασιάζονται εγγενώς με σπέρματα. Επίσης, είναι άγνωστο εάν υπάρχουν συγγενικά αρσενικά άτομα χαρουπιάς η διασταύρωση με τα οποία θα μπορούσε να διασφαλίσει τη σταθερή κληροδότηση κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, τα οποία θα μπορούσαν να διαφοροποιήσουν και να χαρακτηρίσουν το συγκεκριμένο πληθυσμό ως ποικιλία.

Για τη διερεύνηση και μετρήσεις των μορφολογικών χαρακτηριστικών των φαινότυπων της χαρουπιάς στη Κρήτη χρησιμοποιήθηκε με κάποιες προσαρμογές η μεθοδολογία του IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute, Batlle and Tous, 1997). Σε αυτή καθορίζονται τόσο τα σημεία των μετρήσεων όσο και η περιγραφή και κατηγοριοποίηση των διαφόρων χαρακτηριστικών με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Τη μεθοδολογία αυτή με κάποιες

επίσης μικρές τροποποιήσεις έχουν ακολουθήσει αρκετοί ερευνητές όπως οι Barracosa et al. (2007) και οι Naghmouchi et al. (2009), οι οποίοι διερεύνησαν την παραλλακτικότητα των καρπών και των σπερμάτων χαρουπιάς στην Πορτογαλία και την Τυνησία, αντίστοιχα.

Μετά τον εντοπισμό τους οι φαινότυποι κωδικοποιήθηκαν με τους κοινούς για όλους χαρακτήρες **HMU** και με ένα αριθμό από το **1** έως το **15**. Στη συνέχεια με βάση τις πρωτόλειες μετρήσεις, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τις υπάρχουσες για τη προέλευση τους πληροφορίες κατατάχτηκαν σε 4 βασικές κατηγορίες.

1. Παραλλαγές ήμερου Κρητικού φαινότυπου: HMU-1, HMU-2, HMU-3, HMU-4
2. Διάφοροι φαινότυποι: HMU-5, HMU-6, HMU-7, HMU-8, HMU-9, HMU-10
3. Φαινότυποι πιθανώς προερχόμενοι από Κύπρο: HMU-11, HMU-12, HMU-13, HMU-15
4. Ερμαφρόδιτος φαινότυπος: HMU-14

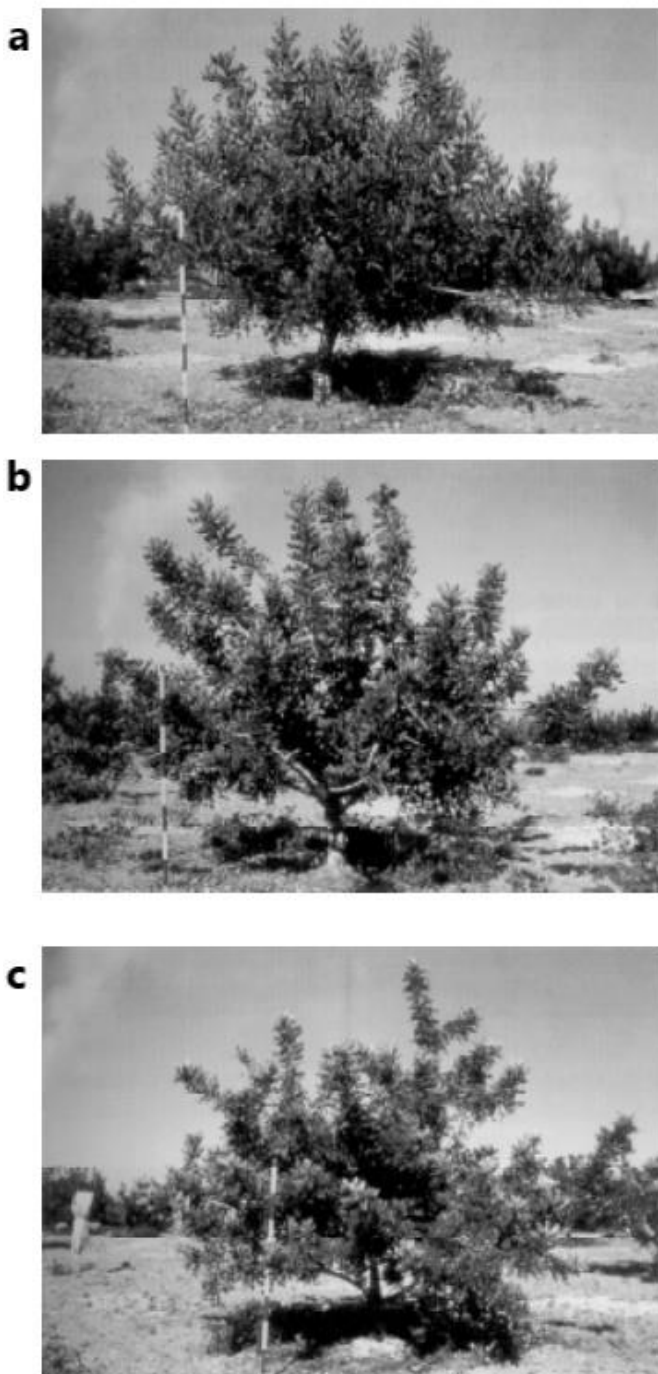
Καθορισμός δείγματος. Μετά τον προσδιορισμό των φαινοτύπων για τις ανάγκες της έρευνας επιλέχτηκαν συγκεκριμένα δέντρα τα οποία σημάνθηκαν και από τα οποία ελήφθησαν τα δείγματα των φύλλων, των ταξιανθιών και των καρπών. Από τους 6 φαινότυπους που καλλιεργούνται σε μεγάλο αριθμό σε διάφορα κτήματα επιλέχτηκαν 10 δέντρα/φαινότυπο. Από τους υπόλοιπους 9 φαινότυπους βρέθηκαν λιγότερα από 10 δέντρα. Οι φαινότυποι αυτοί και ο αριθμός των δέντρων που εντοπίστηκαν για το κάθε ένα είναι : HMU-4 (6 δένδρα), HMU-5 (3 δένδρα), HMU-6 (3 δένδρα), HMU-7 (1 δένδρο), HMU-9 (1 δένδρο), HMU-10 (2 δένδρα), HMU-12 (1 δένδρο) HMU-14 (2 δένδρα). Οι περισσότεροι από αυτούς τους φαινότυπους βρίσκονταν εμβολιασμένοι σε διάσπαρτα άγρια δέντρα κάτι που δυσκολεύει την ανεύρεση επιπλέον φυτών. Παρόμοιο ζήτημα αντιμετώπισαν οι Kalaitzakis et al., (1988) οι οποίοι επισημαίνουν ότι οι φαινότυποι g1, g3, g4 βρέθηκαν στη Κρήτη σε περιορισμένο αριθμό και οι Orphanos and Paraconstantinou (1969), οι οποίοι αναφέρουν για κάποιους Κυπριακούς φαινότυπους, την εύρεση μόνο 3-4 δέντρων από αυτούς. Τέλος, παρόμοιο ζήτημα φαίνεται να αντιμετώπισαν πρόσφατα και οι Kassout et al. (2022) οι οποίοι κατάφεραν να εντοπίσουν μόνο 3-4 δέντρα για κάποιους εκ των πληθυσμών χαρουπιάς που μελέτησαν στο Μαρόκο. Παρά τις δυσκολίες που παρουσιάζει η αναζήτηση ήμερων εμβολιασμένων δέντρων σε δασικές εκτάσεις, κατά την εξέλιξη της παρούσας έρευνας εντοπίστηκαν από τους φαινότυπους HMU-5, HMU-9, HMU-14 κάποια επιπλέον δέντρα τα οποία όμως λόγω της προχωρημένης εποχής δεν είχαν πολλούς καρπούς και ως εκ τούτου δεν συμπεριλήφθηκαν σε αυτή.

Στη συνέχεια, τα δέντρα που επιλέχθηκαν αριθμήθηκαν σημάνθηκαν και καταγράφηκαν με συσκευή GPS. Ως βασικά κριτήρια για την επιλογή των συγκεκριμένων δέντρων ελήφθησαν το μέγεθος, η υγεία, το παραγωγικό στάδιο (ωριμότητα), και η ευκολία πρόσβασης σε αυτά. Ως προς το μέγεθος επιλέχτηκαν όπου υπήρχαν διαθέσιμα, ανεπτυγμένα δέντρα ύψους τουλάχιστον 3 μέτρων. Η υγεία και η φυσική κατάσταση των δέντρων ήταν επίσης ένα σημαντικό κριτήριο μιας και οι προσβολές από διάφορους εχθρούς, η βόσκηση και διάφοροι άλλοι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών. Η ωριμότητα των δέντρων είναι απαραίτητη για τον έλεγχο των ταξιανθιών και των καρπών και για το λόγο αυτό επιλέχτηκαν μόνο ώριμα δέντρα που βρίσκονταν σε παραγωγικό στάδιο. Τέλος, ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια ήταν η προσβασιμότητα των φυτών. Για την ολοκλήρωση της έρευνας απαιτούνταν πολλές επισκέψεις σε ένα τεράστιας έκτασης πεδίο. Και επειδή πολλά δέντρα βρίσκονταν σε απομακρυσμένες από το δρόμο, απόκρημνες και πολλές φορές περιφραγμένες περιοχές, η εύκολη και απρόσκοπτη πρόσβαση σε αυτά ήταν ένα ακόμη σημαντικό κριτήριο επιλογής.

Τέλος, λόγω των πολλών παραμέτρων (διαφορετικό υψόμετρο, ηλικία δέντρων, τρόπος καλλιέργειας, κ.ά.) που πιθανώς να επηρεάζουν τα διερευνούμενα μορφολογικά χαρακτηριστικά και για να επιτευχθούν όσο γίνεται πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, έγινε προσπάθεια συλλογής όσο γίνεται μεγαλύτερου αριθμού δειγμάτων φύλλων, ταξιανθιών και καρπών.

3.2.1 Σχήμα κόμης

Σύμφωνα με το IPGRI (Battle and Tous, 1997) το σχήμα της κόμης της χαρουπιάς κατατάσσεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σε ορθόκλαδο, ανοιχτό και κρεμοκλαδές (Εικ. 19).



Εικόνα 19. Σύμφωνα με το IPGRI η κόμη της χαρουπιάς ανάλογα με το σχήμα της κατατάσσεται σε a) ορθόκλαδη b) ανοιχτή c) κρεμοκλαδές. Πηγή εικόνας: (Battle and Tous,1997)

Το **ορθόκλαδο** σχήμα παρουσιάζει κάθετη ανάπτυξη των κλαδιών και πυκνότερη συνήθως κόμη ιδιαίτερα στο μεσαίο τμήμα του φυτού. Γνωστές ποικιλίες με ορθόκλαδο σχήμα κόμης είναι η *Τυλληρίας* και η *Rojal*.

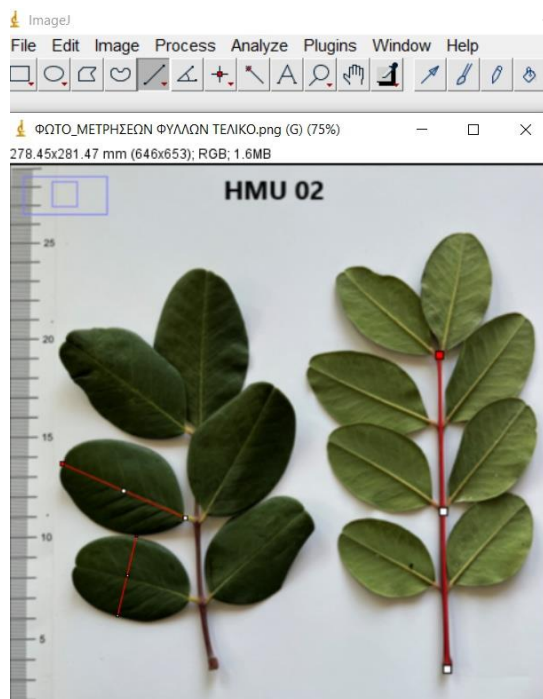
Το **ανοιχτό** σχήμα κόμης παρουσιάζει περισσότερο πλάγια ανάπτυξη των κλαδιών τα οποία σχηματίζουν μεγαλύτερη γωνία ως προς το κεντρικό κορμό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κόμη των δέντρων αυτών να είναι ποιο ανοιχτή ανομοιογενής και με διακοπτόμενη συνέχεια μεταξύ των κλαδιών που τη διαμορφώνουν. Γνωστές ποικιλίες με ανοιχτό σχήμα κόμης είναι η *Matalafera*, τα *Mulata* και η *Sfax*.

Το **κρεμοκλαδές** σχήμα χαρακτηρίζεται επίσης από τη πλάγια ανάπτυξη των κλαδιών, τα οποία επιπλέον κυρτώνουν προς τα κάτω δίνοντας της αυτό το χαρακτηριστικό σχήμα. Επίσης παρουσιάζει ακόμα μεγαλύτερη ανομοιομορφία ως προς τη συνέχεια και τη πυκνότητα της. Γνωστές ποικιλίες με κρεμοκλαδές σχήμα κόμης είναι η *Duraio* και η *Ramillete* (Battle and Tous, 1997; Tous and Battle, 2013).

Ως κριτήρια για την ένταξη της κόμης των εξεταζόμενων φαινότυπων σε μια από τις παραπάνω κατηγορίες χρησιμοποιήθηκαν τα παραπάνω χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν. Επιπλέον αξιοποιήθηκαν εικόνες ποικιλιών με προσδιορισμένο και γνωστό σχήμα κόμης η οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως πρότυπα σύγκρισης βάση των οποίων η κόμη των φαινότυπων χαρακτηρίστηκε ορθόκλαδη, ανοιχτή ή κρεμοκλαδής.

3.2.2 Μήκος ράχης φύλλων – Αριθμός φυλλαρίων

Το μήκος της ράχης των φύλλων και ο αριθμός των φυλλαρίων/φύλλο είναι μορφολογικά γνωρίσματα που διαφοροποιούνται ανάλογα με το φαινότυπο. Τα φύλλα με ράχη μικρότερη από 11 cm χαρακτηρίζονται μικρά, από 11 έως 14 cm ενδιάμεσα και με ράχη μεγαλύτερη από 14 cm μεγάλα. Τα φύλλα θεωρείται ότι έχουν λίγα φυλλάρια όταν έχουν λιγότερα από 8, ενδιάμεσα όταν έχουν 8 και πολλά όταν έχουν περισσότερα από 8 φυλλάρια/φύλλο (Batlle and Tous, 1997).



Εικόνα 20. Τρόπος μέτρησης του μήκους της ράχης των φύλλων (δεξιά) και μήκους και πλάτους φυλλαρίων (αριστερά) μέσω του λογισμικού ανάλυσης εικόνας ImageJ. Πηγή εικόνας : Αρχείο Γ. Γαβαλά.

Για τη διερεύνηση του μήκους της ράχης των φύλλων συλλέχθηκαν 100 ώριμα φύλλα/φαινότυπο. Η λήψη έγινε από ενδιάμεσο ύψος και από όλες τις πλευρές της εξωτερικής επιφάνειας της κόμης των δέντρων. Σε όσους φαινότυπους εντοπίστηκαν αρκετά δέντρα, ελήφθησαν 10 φύλλα ανά δέντρο από συνολικά 10 δέντρα. Αντίθετα, σε αυτούς που εντοπίστηκαν λιγότερα δέντρα, τα 100 φύλλα πάρθηκαν ισάριθμα, από όλα τα διαθέσιμα δέντρα. Η ίδια τακτική όσων αφορά τον αριθμό των δέντρων από τα οποία πάρθηκαν τα δείγματα ακολουθήθηκε και στη διερεύνηση των καρπών και των ταξιανθιών.

Μετά τη συλλογή τους τα φύλλα μεταφέρθηκαν με ειδικό κουτί που περιείχε παγοκύστες και διατηρήθηκαν στο χώρο των μετρήσεων σε θάλαμο θερμοκρασίας 4-5°C έως ότου μετρηθούν. Η μέτρηση του μήκους τους έγινε μέσω του λογισμικού ανάλυσης εικόνας [ImageJ](#) (Rasband, 2018). Για το σκοπό αυτό τα φύλλα πρώτα φωτογραφήθηκαν και στη συνέχεια μέσω του παραπάνω λογισμικού πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Η φωτογράφιση πραγματοποιήθηκε από σταθερό ύψος για όλες τις φωτογραφίες και

πάνω σε ειδικό φύλλο χαρτιού το οποίο περιείχε κλίμακα, έτσι ώστε να μπορεί να βαθμονομηθεί το λογισμικό. Το τμήμα που μετρήθηκε ήταν το συνολικό μήκος της ράχης των φύλλων (συμπεριλαμβανομένου και του μίσχου) από τη βάση έως την άκρη τους στο σημείο που εκφύονται τα τελευταία φυλλάρια (Εικ. 20).

Οι μετρήσεις αποδόθηκαν σε χιλιοστά (mm) με ακρίβεια 2 δεκαδικών και καταγράφηκαν σε φύλλο excel. Η διερεύνηση του αριθμού των φυλλαρίων/φύλλο πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας τα ίδια δείγματα φύλλων που χρησιμοποιήθηκαν και για τον προσδιορισμό του μήκους των φύλλων, μετά τη φωτογράφιση και τη μέτρησή τους.

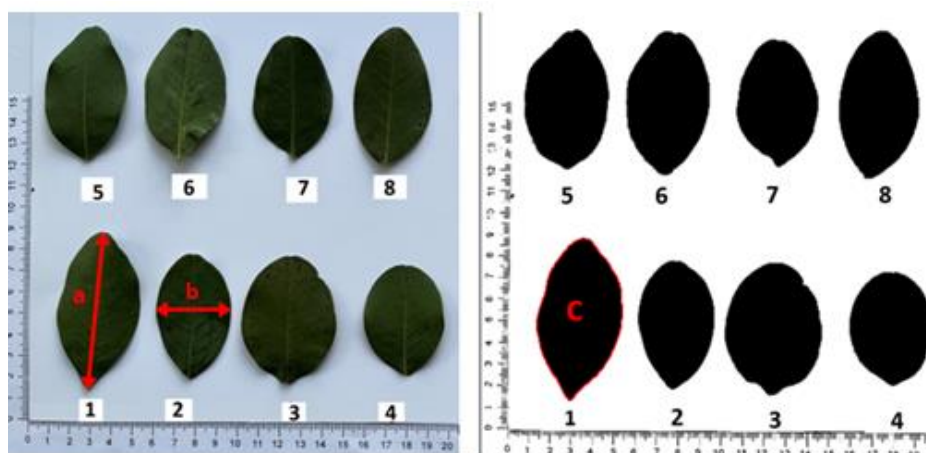
3.2.3 Μήκος, πλάτος, σχέση Μ/Π και επιφάνεια φυλλαρίων.

Για τις ανάγκες προσδιορισμού και αξιολόγησης του μήκους, πλάτους και της επιφάνειας των φυλλαρίων αξιοποιήθηκαν τα φυλλάρια από τα δείγματα των φύλλων που χρησιμοποιήθηκαν στον προσδιορισμό του μήκους των φύλλων και του αριθμού των φυλλαρίων. Για το σκοπό αυτό αποκόπηκαν 100 ακέραια φυλλάρια χωρίς φθορές και παραμορφώσεις από τα φύλλα του κάθε φαινότυπου. Επιλέχθηκαν φυλλάρια από τα ζεύγη που είναι στη μέση του φύλλου αποκλείοντας αυτά που είναι στη βάση και επάκρεια, τα οποία ορισμένες φορές αποκλίνουν από τα τυπικά φύλλα του φαινότυπου. Τα φυλλάρια αυτά

τοποθετήθηκαν για 48 ώρες υπό πίεση ανάμεσα σε φύλλα σκληρού χαρτονιού για να ισιώσουν, ενώ επιπλέον πριν τη φωτογράφιση τοποθετήθηκε από πάνω τους μια καθαρή υάλινη πλάκα προκειμένου κατά τη φωτογράφιση να είναι απολύτως επίπεδα.

Στη συνέχεια φωτογραφήθηκαν από σταθερό ύψος σε ειδικά διαμορφωμένο αριθμημένο φύλλο χαρτιού που περιείχε το κωδικό του φαινότυπου και κλίμακα για τη βαθμονόμηση του λογισμικού. Ακολούθως η συλλογή των φωτογραφιών αρχειοθετήθηκε ανά φαινότυπο σε φακέλους για την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού ανάλυσης εικόνας [ImageJ](#) (Rasband, 2018) το οποίο έχει επίσης χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για το προσδιορισμό της φυλλικής επιφάνειας φυλλαρίων χαρουπιάς από τους Jadrane et al. (2021). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για το κάθε μορφολογικό χαρακτηριστικό ήταν η εξής:

- Για το μήκος των φυλλαρίων μετρήθηκε το τμήμα από τη βάση έως τη κορυφή τους χωρίς το μίσχο του ο οποίος είχε προηγουμένως αφαιρεθεί (Εικ. 21a).
- Το πλάτος μετρήθηκε στη μέση ανάμεσα στις δύο πλαϊνές πλευρές του ελάσματος, όπου εντοπίζεται το πλατύτερο τμήμα του φυλλαρίου (Εικ. 21b). Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χειροκίνητα τοποθετώντας και σύροντας τον κέρσορα ανάμεσα στα σημεία μέτρησης. Μετά τον ορισμό του τμήματος πρέπει να μετρηθεί πατιέται το πλήκτρο **M** και η μέτρηση μεταφέρετε αυτόματα σε ένα πίνακα που εμφανίζεται στη δεξιά πλευρά της οθόνης.
- Στη συνέχεια από τη διαίρεση του μήκους με το πλάτος προέκυψε υπολογιστικά η σχέση Μ/Π του κάθε φυλλαρίου. Όσο περισσότερο πλησιάζει προς τη μονάδα αυτό το νούμερο τόσο πιο στρογγυλό είναι το φύλλο.



Εικόνα 21. Τρόπος μέτρησης: α) μήκους, β) πλάτους και γ) επιφάνειας φυλλαρίων χαρουπιάς. Πηγή εικόνας : Αρχείο Γ. Γαβαλά.

Για τη μέτρηση του εμβαδού της επιφάνειας του κάθε φυλλαρίου στο ίδιο λογισμικό ακολουθήθηκε η εξής διαδρομή: Set scale > Analyzes > Set measurement > Image > Type > 8 bit > Image > Threshold > Apply > Analyze > Tools > Roi manager και στο τέλος επιλογή και μέτρηση της επιφάνειας του κάθε φυλλαρίου ξεχωριστά με το πλήκτρο Wand (Πολιουδάκη, 2016; Kuzmenko, 2021). Μετά την επιλογή η περίμετρος του επιλεγμένου φυλλαρίου χρωματίζεται κόκκινη (Εικ. 21c) ενώ μετά τη μέτρηση πάνω στο μετρημένο φυλλάριο εισάγεται ένας αύξον αριθμός ο οποίος υποδηλώνει ότι αυτό το φυλλάριο έχει μετρηθεί. Όταν επιλέγεται το Roi manager στη δεξιά πλευρά της οθόνης εμφανίζεται ένας πίνακας μετρήσεων, στον οποίο ο αριθμός του κάθε φυλλαρίου αντιστοιχεί στο εμβαδόν του εκφρασμένο σε mm².

3.2.4 Ταξιανθίες

Για τις ανάγκες εξέτασης του μήκους των ταξιανθιών των εντοπιζόμενων φαινότυπων συλλέχθηκαν το φθινόπωρο του 2022 και συγκεκριμένα από 1/9 έως 31/10, 100 ταξιανθίες/φαινότυπο από τα δέντρα που είχαν σημειωθεί για το σκοπό αυτό. Οι ταξιανθίες συλλέχθηκαν από βλαστούς και βραχίονες όλων των ηλικιών ομοιόμορφα από όλη τη κόμη του δέντρου. Το φαινολογικό στάδιο στο οποίο βρίσκονταν ήταν το 3^ο και 4^ο στάδιο κατά το οποίο έχει ολοκληρωθεί η ανάπτυξη του μήκους τους.

Μετά τη συλλογή τους τοποθετήθηκαν σε πλαστικά κουτιά που είχαν σημειωθεί με το κωδικό του κάθε φαινότυπου και διατηρήθηκαν σε ψυκτικό θάλαμο σε θερμοκρασία 4-5 °C έως ότου αναλυθούν. Για τη μέτρηση τους πρώτα φωτογραφήθηκαν σε λευκά αριθμημένα χαρτόνια ανά 20 έως 40 τεμάχια ανάλογα με το μέγεθος τους. Τα χαρτόνια αυτά πέρα από την αρίθμηση περιείχαν τον κωδικό του κάθε φαινότυπου και κλίμακα για τη βαθμονόμηση του λογισμικού.

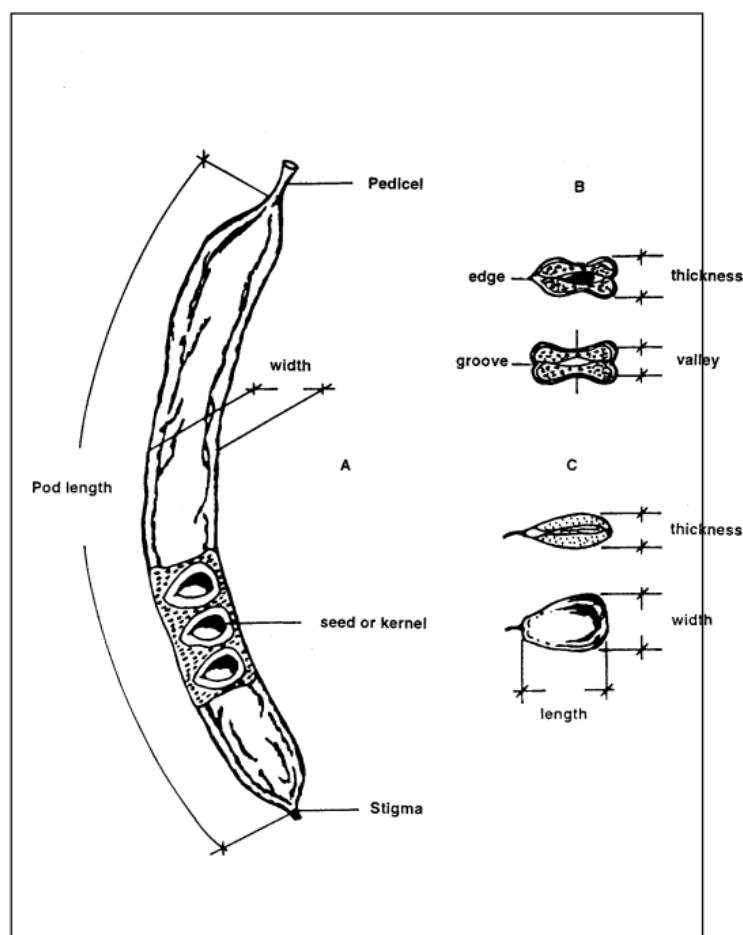
Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν φάκελοι με τις φωτογραφίες των ταξιανθιών του κάθε φαινότυπου η οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση τους με την αξιοποίηση του λογισμικού [ImageJ](#) (Rasband, 2018). Το τμήμα των ταξιανθιών που μετρήθηκε ήταν ο άξονας της ταξιανθίας από τη βάση έως την άκρη του χωρίς να προσμετρούνται τα άνθη που προεξείχαν από εκεί και πάνω (Εικ. 22).



Εικόνα 22. Διάστημα μέτρησης μήκους ταξιανθιών. Πηγή εικόνας: Αρχείο Γ. Γαβαλά.

3.2.5 Καρποί

Οι καρποί αποτελούν τα πιο σημαντικά μορφολογικά χαρακτηριστικά για τη ταυτοποίηση και περιγραφή των φαινότυπων της χαρουπιάς. Για την περιγραφή των καρπών στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία του IPGRI με κάποιες τροποποιήσεις (Battle and Tous, 1997) (Εικ. 23). Οι Kalaitzakis et al. (1988) στην περιγραφή των Κρητικών ποικιλιών περιλαμβάνουν τη μέτρηση του πάχους των καρπών σε 2 σημεία όπως προτείνεται από τους Marakis et al. (1988), το οποίο είναι σύμφωνο και με τη μεθοδολογία του IPGRI. Αντίθετα, οι Orphanos and Paraconstantinou (1969), κατά την περιγραφή των κυπριακών ποικιλιών το προσδιόρισαν το πάχος των καρπών σε 3 σημεία. Επειδή στη παρούσα εργασία υπάρχουν δύο φαινότυποι που επιβεβαιωμένα προέρχονται από τη Κύπρο καθώς και ένας ακόμα που λόγω της ονομασίας του (Κυπρέϊκα) πιθανά παραπέμπει στην ίδια προέλευση, αποφασίστηκε η μέτρηση του πάχους των καρπών να διεξαχθεί σε 3 σημεία. Με τον τρόπο αυτό τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δύνανται να συγκριθούν τόσο με τα υπάρχοντα δεδομένα που αφορούν τις κρητικές και τις κυπριακές ποικιλίες.



Εικόνα 23. Σημεία μέτρησης καρπών και σπερμάτων χαρουπιάς με βάση τη μεθοδολογία του IPGRI (Battle and Tous, 1997).

Τα χαρακτηριστικά των καρπών που διερευνούνται στη παρούσα εργασία είναι το βάρος, το μήκος, το πλάτος, το πάχος της μέσης – κοιλιακής – ραχιαίας ραφής, το μήκος του

ποδίσκου και ο αριθμός των σπερμάτων ανά λοβό. Για τη μέτρηση τους συλλέχτηκαν το φθινόπωρο του 2022, 100 καρποί ανά φαινότυπο με εξαίρεση το φαινότυπο ΗΜU-10 από τα δύο δέντρα του οποίου συλλέχτηκαν μόνο 60 ακέραιοι καρποί λόγω των εκτεταμένων ζημιών από τρωκτικά. Οι καρποί που συλλέχτηκαν διαχωρίστηκαν ανά δέντρο poly-bag στο οποίο αναγραφόταν ο κωδικός του φαινότυπου, ο αριθμός του δέντρου και ο αριθμός του καρπού. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του ΕΛΜΕΠΑ και αποθηκεύτηκαν σε ψυκτικό θάλαμο θερμοκρασίας 4-5 °C έως την ολοκλήρωση των μετρήσεων τους. Για τη μέτρηση όλων των διερευνούμενων μορφολογικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια δείγματα καρπών.

3.2.5.1 Βάρος καρπών

Το βάρος των καρπών είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο διακρίνει σε σημαντικό βαθμό τους ήμερους και βελτιωμένους από τους άγριους φαινότυπους χαρουπιού. Τα τελευταία χρόνια ολοένα και περισσότεροι ερευνητές όπως οι Barracosa (2007); Omgan (2018); Boublenza (2019) και ο Nazan (2020) έχουν συμπεριλάβει το νωπό βάρος των καρπών του χαρουπιού στις έρευνες τους, με αποτέλεσμα να διαμορφώνεται χρόνο με το χρόνο μια ολοένα και πληρέστερη εικόνα για το βάρος των χαρουπιών των διαφόρων φαινότυπων στις μεσογειακές χώρες.

Για τη μέτρηση του νωπού βάρους των ώριμων καρπών του χαρουπιού χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας (KERN ewj) 2 δεκαδικών ψηφίων. Οι αριθμημένοι καρποί τοποθετήθηκαν μονήρεις στο ζυγό και ακολούθως καταγράφηκε το βάρος τους. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε το μέσο συνολικό βάρος των καρπών / φαινότυπο.

Σε μεταγενέστερο χρόνο και μετά την αφαίρεση των σπερμάτων, το υπόλοιπο μέρος του καρπού τοποθετήθηκε σε ξεχωριστό αριθμημένο και κωδικοποιημένο σύμφωνα με το καρπό που περιείχε σακουλάκι τύπου poly-bag. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα σπέρματα



Εικόνα 24. Ζύγιση καρπού σε ζυγό ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων. Πηγή εικόνας: Αρχείο Γ. Γαβαλά.

τα οποία τοποθετήθηκαν και αυτά ανά καρπό προέλευσης σε ξεχωριστά αριθμημένα και κωδικοποιημένα σακουλάκια. Στη συνέχεια τα σπέρματα ζυγιστήκαν χωρίς το σακουλάκι και ακολούθησε η αφαίρεση του βάρους τους, από το βάρος ολόκληρου του καρπού από τον οποίο προέρχονταν. Με αυτό τον τρόπο και κατόπιν στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων προέκυψε το μέσο καθαρό βάρος των καρπών/ φαινότυπο.

3.2.5.2 Μήκος και πλάτος καρπών

Μετά τη μέτρηση του βάρους των καρπών ακολούθησε η διερεύνηση του μήκους και του πλάτους τους μέσω αξιοποίησης ειδικού λογισμικού. Για το σκοπό αυτό 100 καρποί από κάθε φαινότυπο, με εξαίρεση τον ΗΜU-10 που χρησιμοποιήθηκαν 60 καρποί, τοποθετήθηκαν ανά 10 με τη σειρά που ήταν αριθμημένοι πάνω σε λευκά χαρτόνια (Εικ. 25). Στη συνέχεια ακολούθησε η φωτογράφιση τους σε φωτογραφικό θάλαμο από σταθερή για όλες τις φωτογραφίες απόσταση. Κατόπιν δημιουργήθηκαν φάκελοι με τις φωτογραφίες του κάθε φαινότυπου και ακολούθησε η μέτρηση τους με το ειδικό λογισμικό ανάλυσης εικόνας [ImageJ](#) (Rasband, 2018).



Εικόνα 25. Τρόπος φωτογράφισης καρπών για τη μέτρηση τους με το ειδικό λογισμικό ανάλυσης εικόνας ImageJ . Πηγή εικόνας : Αρχείο Γ. Γαβαλά.

Για τη μέτρηση του μήκους των καρπών μετρήθηκε το τμήμα από τη βάση έως τη κορυφή τους εξαιρουμένου του στίγματος και του ποδίσκου (Εικ. 26a). Για τη μέτρηση του πλάτους, μετρήθηκε στο μέσο του καρπού στο τμήμα ανάμεσα στη ραχιαία και κοιλιακή ραφή (Εικ. 26b).



Εικόνα 26. Σημεία και διαστήματα μέτρησης α) του μήκους, b) του πλάτους και c) του μήκους του ποδίσκου των καρπών. Πηγή εικόνας : Αρχείο Γ. Γαβαλά.

3.2.5.3 Μήκος ποδίσκου καρπών

Η μέτρηση του μήκους του ποδίσκου αποτελεί μέρος της μεθοδολογίας περιγραφής του IPGRI (Batlle and Tous 1997). Ωστόσο, ως μορφολογικό γνώρισμα έχει μελετηθεί λιγότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των καρπών. Στην έρευνα των κρητικών φαινότυπων οι Kalaitzakis et al. (1988) το έχουν συμπεριλάβει στη μεθοδολογία τους. Το ίδιο έχουν πράξει και οι Orphanos and Papaconstantinou (1969) στη μελέτη που αφορά τις κυπριακές ποικιλίες. Από τις πρωτόλειες μετρήσεις είχε διαφανεί ότι το μήκος του ποδίσκου των λοβών μάλλον αποτελεί σταθερό μορφολογικό γνώρισμα των καρπών του κάθε φαινότυπου. Ως εκ τούτου η διερεύνηση του και η συσχέτιση των αποτελεσμάτων με αυτά άλλων εργασιών φαίνεται να έχει ενδιαφέρον. Για το λόγο αυτό η διερεύνηση του μήκους του ποδίσκου συμπεριλήφθηκε στη μεθοδολογία της παρούσας εργασίας.

Για τη μέτρηση του αξιοποιήθηκαν οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν στη διερεύνηση του μήκους και του πλάτους των καρπών και αναλύθηκαν με το λογισμικό ανάλυσης εικόνας [ImageJ](#) (Rasband, 2018). Το διάστημα μέτρησης του ποδίσκου ορίζεται σε mm και μετριέται από το σημείο αποκοπής έως το σημείο που ενώνεται η κοιλιακή με τη ραχιαία ραφή στη βάση του καρπού (Εικ. 26c).

Οι ποδίσκοι ορισμένων καρπών ορθώνονται προς τα πάνω σχηματίζοντας ορθή γωνία και κάνοντας δύσκολη τη μέτρηση του μήκους τους με το παραπάνω λογισμικό. Για το λόγο αυτό οι συγκεκριμένοι καρποί μετρήθηκαν ξεχωριστά με τη χρήση ψηφιακού παχύμετρου 2 δεκαδικών.

3.2.5.4 Πάχος καρπών

Για τη μέτρηση του πάχους των λοβών του χαρουπιού υπάρχουν διαφορετικές μεθοδολογίες. Σε κάποιες έρευνες πραγματοποιείται σε 1 σημείο (Korkmaz et al., 2020) σε κάποιες σε 2 (Kalaitzakis et al., 1988) και σε κάποιες άλλες σε 3 διαφορετικά σημεία (Orphanos and Paraconstantinou, 1969). Σε όλες τις περιπτώσεις οι μετρήσεις αυτές σύμφωνα με τη μεθοδολογία του IPGRI (Battle and Tous, 1997) πρέπει να πραγματοποιούνται στο μέσο του συνολικού μήκους του καρπού. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη παρούσα εργασία είναι η μέτρηση σε 3 σημεία. Ποιο συγκεκριμένα μετρήθηκε το πάχος της κοιλιακής ραφής, το πάχος της μέσης και το πάχος της ραχιαίας ραφής (Εικ. 27).



Εικόνα 27. Σημεία μέτρησης πάχους: a) κοιλιακής ραφής, b) μέσης και c) ραχιαίας ραφής σε καρπούς χαρουπιού. Πηγή εικόνας : Αρχείο Γ. Γαβαλά.

Η κοιλιακή ραφή βρίσκεται στη πλευρά του καρπού που είναι συνδεδεμένο το σπέρμα διαμέσου του ομφαλικού ιμάντα με τον πλακούντα. Για τη διάκριση της κοιλιακής από τη ραχιαία ραφή δεν υπάρχει κάποια προσδιορισμένη έως τώρα μεθοδολογία. Όμως μετά από διερεύνηση του συγκεκριμένου ζητήματος κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν κάποια κριτήρια διάκρισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα και με ασφάλεια για το σκοπό αυτό. Ορισμένα από αυτά είναι τα παρακάτω:

- Η χαρακτηριστική για κάποιους φαινότυπους όπως ο Τηλλυρίας και ο ΗΜΥ-9 ακμή κατά μήκος της κοιλιακής ραφής.
- Ο εντοπισμός στη πλευρά της κοιλιακής ραφής των εξογκωμάτων που δημιουργούν τα σπέρματα και τα οποία είναι αρκετά έντονα σε φαινότυπους με μεγάλο πλάτος όπως ο ΗΜΥ-8 (Πλάτσες).
- Ευρεία εφαρμογή σε όλους τους φαινότυπους, βρίσκει ο εντοπισμός της κοιλιακής ραφής, διαμέσου των χαρακτηριστικών εγκολπώσεων που δημιουργεί στους καρπούς η έλλειψη ή ατροφία κάποιων σπερμάτων και οι οποίες είναι πολύ πιο έντονες στη πλευρά της κοιλιακής ραφής (Εικ. 28).
- Τέλος στο μεγαλύτερο ποσοστό των κυρτωμένων καρπών, η κοιλιακή ραφή εντοπίζεται στη πλευρά προς την οποία υπάρχει η κύρτωση.



Εικόνα28. Με τα βέλη υποδεικνύονται οι χαρακτηριστικές εγκολπώσεις που προσδιορίζουν την πλευρά της κοιλιακής ραφής των καρπών του χαρουπιού. Πηγή εικόνας : Αρχείο Γ. Γαβαλά.

Οι παραπάνω πληροφορίες είναι χρήσιμες κυρίως στις περιπτώσεις που η μέτρηση του πάχους προϋποθέτει για κάποιους λόγους τη μη καταστροφή των καρπού. Μετά τη δρέψη του καρπού, ο προσανατολισμός των σπερμάτων και ο ομφαλικός ιμάντας υποδεικνύουν με ακρίβεια την πλευρά που βρίσκεται η κοιλιακή και η ραχιαία ραφή.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό παχύμετρο ακρίβειας δύο δεκαδικών. Αρχικά μετρήθηκε το πάχος της κοιλιακής ραφής, κατόπιν της ραχιαίας και στο τέλος μετά από τομή του καρπού το πάχος της μέσης.

3.2.5.5 *Μορφολογία, χρώμα και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καρπού*

Εκτός από τα παραπάνω ποσοτικά-μετρήσιμα χαρακτηριστικά, οι καρποί του χαρουπιού περιγράφονται με μια σειρά κατά βάση μη μετρήσιμων ποιοτικών μορφολογικών χαρακτηριστικών. Στη μεθοδολογία περιγραφής του IPGRI (Battle and Tous, 1997) αναφέρονται το σχήμα το οποίο μπορεί να είναι **ίσιο, συστρεφόμενο ή κυρτό**. Η υφή η οποία μπορεί να είναι **λεία, τραχεία ή πολύ τραχεία** και το χρώμα το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από **ανοιχτό καφέ** έως **μαύρο**. Τέλος, γίνεται αναφορά στο μήκος του στίγματος όπως κάνουν και οι Ogrhanos and Papaconstantinou (1969) και Kalaitzakis et al. (1988) με τη διαφορά ότι στη παρούσα εργασία το στίγμα κατατάσσεται σε 3 κατηγορίες μήκους (**μικρό, μέτριο, μεγάλο**) χωρίς να πραγματοποιηθούν μετρήσεις αλλά μόνο με βάση την οπτική παρατήρηση.

Η συστηματική διερεύνηση των παραπάνω «ποιοτικών» μορφολογικών γνωρισμάτων δεν ήταν κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Για την απόδοση και περιγραφή τους χρησιμοποιήθηκαν η οπτική εξέταση και η αφή, χωρίς να γίνουν μετρήσεις και χωρίς να τεθούν αντικειμενικά κριτήρια κατάταξης. Εξάιρεση αποτελεί η εξέταση του χρώματος η οποία πραγματοποιήθηκε με χρωματόμετρο αλλά η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής αποτελούν αντικείμενο ξεχωριστής εργασίας. Ως εκ τούτου όλα τα αποτελέσματα που θα αναφερθούν για το σχήμα, το χρώμα, την υφή και το στίγμα των καρπών, παρότι βασίστηκαν στην εξέταση ενός μεγάλου αριθμού δειγμάτων, είναι αποτέλεσμα πρωτόλειας έρευνας και πιθανών χρήζουν περεταίρω διερεύνησης.

3.2.6 *Σπέρματα*

Από τα σπέρματα παράγεται το κόμμι, που θεωρείται το πολυτιμότερο συστατικό των χαρουπιών. Για το λόγο αυτό η περιεκτικότητα των καρπών σε σπέρματα αποτελεί σημαντικό αγρονομικό χαρακτηριστικό του κάθε φαινότυπου. Επιπλέον, τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των σπερμάτων, αποτελούν χρήσιμα κριτήρια για την ταυτοποίηση και περιγραφή των διαφόρων ποικιλιών και φαινότυπων (Battle and Tous, 1997).

Η μεθοδολογία μετρήσεων και περιγραφής των σπερμάτων περιγράφεται τόσο από το Russo (1996) όσο και από το IPGRI (Battle and Tous, 1997). Τα χαρακτηριστικά τα οποία συνήθως διερευνούνται είναι ο αριθμός / καρπό, το μήκος, το πλάτος, το πάχος και το βάρος

των σπερμάτων. Επιπλέον καταγράφεται το σχήμα, η υφή και το χρώμα. Με τη διερεύνηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των σπερμάτων διαφόρων ποικιλιών και φαινότυπων έχουν ασχοληθεί κατά καιρούς διάφοροι ερευνητές όπως οι Orphanos and Paraconstantinou (1969), οι Kalaitzakis et al. (1988), οι Korkmaz et al. (2020) και άλλοι. Οι δύο πρώτες εργασίες έχουν διερευνήσει και τη χημική σύσταση των σπερμάτων των φαινότυπων που εξετάζουν.

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκαν συστηματικά ο μέσος συνολικός αριθμός σπερμάτων/καρπό και το μέσο βάρος σπερμάτων/καρπό. Καταγράφηκαν επίσης για μελλοντική διερεύνηση οι προσβολές των καρπών και ο αριθμός και το βάρος των ελαττωματικών σπερμάτων.

3.2.6.1 Αριθμός σπερμάτων /καρπό

Ο προσδιορισμός του αριθμού των σπερμάτων, διενεργήθηκε στα ίδια δείγματα καρπών μετά από τεμαχισμό του καρπού. Για τη μέτρηση αρχικά τεμαχίστηκε ο καρπός μέσα σε τετράγωνο λευκό πλαστικό σκεύος και στη συνέχεια ακολούθησε ο διαχωρισμός των σπερμάτων. Ο προσδιορισμός των σπερμάτων πραγματοποιήθηκε για κάθε ένα καρπό ξεχωριστά. Κατόπιν αυτού όλα τα σπέρματα συμπεριλαμβανομένων και των υπανάπτυχτων μη φυσιολογικών σπερμάτων, μετρήθηκαν και τοποθετήθηκαν σε σακουλάκια poly-bag τα οποία ήταν κωδικοποιημένα με τον αριθμό και το φαινότυπο του κάθε καρπού. Τα υπόλοιπα τμήματα του καρπού τοποθετήθηκαν σε διακριτά σακουλάκια.

3.2.6.2 Συνολικό βάρος σπερμάτων / καρπό

Μετά το προσδιορισμό του συνολικού αριθμού των σπερμάτων διερευνήθηκε το μέσο βάρος τους ανά φαινότυπο. Η διερεύνηση του βάρους των σπερμάτων και το ποσοστό συμμετοχή τους στο συνολικό βάρος των καρπών έχουν διερευνηθεί με διάφορους τρόπους. Οι Orphanos and Paraconstantinou, (1969) καθώς επίσης και Kalaitzakis et al. (1988) το αναφέρουν ως ποσοστό επί του συνολικού βάρους του καρπού. Οι Sidina et al. (2009) καθώς και οι Korkmaz et al. (2020) στη διερεύνηση του βάρους των σπερμάτων μαροκινών και τουρκικών φαινότυπων, αντίστοιχα αναφέρουν τόσο το μέσο βάρος όσο και το ποσοστό επί % του συνολικού βάρους του καρπού.

Για το προσδιορισμό του βάρους των σπερμάτων, χρησιμοποιήθηκαν τα σπέρματα που προέκυψαν από τη διερεύνηση του αριθμού των σπερμάτων. Για τον προσδιορισμό του μέσου βάρους/καρπό για το κάθε φαινότυπο το σύνολο των σπερμάτων του κάθε καρπού ζυγίστηκε χωρίς το σακουλάκι σε ζυγό ακρίβειας δύο δεκαδικών του γραμμαρίου. Κατόπιν ζυγίστηκαν ξεχωριστά τα ελαττωματικά σπέρματα σε ζυγό ακρίβειας τριών δεκαδικών του γραμμαρίου.

3.2.6.3 Χρώμα και άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά των σπερμάτων.

Εκτός από τον αριθμό και το βάρος των σπερμάτων, προσδιορίστηκαν και το σχήμα, το χρώμα και η υφή της επιφάνειάς τους. Το σχήμα τους μπορεί να είναι τριγωνικό, ωοειδές, ή στρογγυλό. Το χρώμα τους ανοιχτό καφέ, κόκκινο-καφέ (κεραμιδί) ή σκούρο καφέ. Η επιφάνεια τους ομαλή, τραχεία ή πολύ τραχεία.

Η εξέταση των παραπάνω μορφολογικών γνωρισμάτων έγινε μέσω οπτικής παρατήρησης. Κατόπιν και με βάση τη σύγκριση των παρατηρήσεων με τα χαρακτηριστικά σπερμάτων διαφόρων μελετημένων φαινότυπων, αποδόθηκαν οι ανάλογοι χαρακτηρισμοί. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και εικόνες από διάφορες εργασίες όπως αυτές των Orphanos and Parakonstantinou (1968), Batlle and Tous (1997) και Tous and Batlle (2013). Τα αποτελέσματα της εξέτασης του σχήματος, χρώματος και της υφής των σπερμάτων προέρχονται από πρωτόλεια έρευνα. Σε αυτή την εργασία παραθέτονται ως απλές παρατηρήσεις που πιθανώς χρήζουν περεταίρω διερεύνησης.

3.3 Αποδόσεις

Για τη διερεύνηση της παραγωγής των κρητικών φαινότυπων χαρουπιάς μετρήθηκε η παραγωγή της χρονιάς 2022. Η συγκομιδή και μέτρηση της παραγωγής έλαβε χώρα τους μήνες Αύγουστο – Σεπτέμβριο. Ο ακριβής χρόνος ωρίμανσης εξαρτάται από το φαινότυπο, το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα. Οι φαινότυποι ΗΜU-8, ΗΜU-3 και ΗΜU-15 ωρίμασαν πρώιμα (μέσα προς τέλος Αυγούστου). Αντίθετα, οι φαινότυποι ΗΜU-13 και ΗΜU-10 ωρίμασαν όψιμα με το τελευταίο να ωριμάζει τέλος Σεπτεμβρίου-αρχές Οκτωβρίου. Η παραγωγή καταγράφηκε ξεχωριστά για κάθε δέντρο με ψηφιακό ζυγό 3 δεκαδικών ψηφίων. Εξαίρεση αποτέλεσε ο φαινότυπος ΗΜU-10, του οποίου τα 2 μοναδικά δέντρα ήταν πολύ κοντά μεταξύ τους με αποτέλεσμα να έχουν σε μεγάλο βαθμό ενιαία κόμη, κάτι που καθιστούσε δύσκολη τη ξεχωριστή μέτρηση.

3.4 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων όλων των φαινότυπων τα δεδομένα μεταφέρθηκαν σε υπολογιστικό φύλλο excel και στη συνέχεια στο λογισμικό Statgraphics για στατιστική επεξεργασία.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$ έλεγχος κανονικής κατανομής των δεδομένων χρησιμοποιώντας το Shapiro-Wilk test. Στη συνέχεια με το Grubbs test και σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$ προσδιορίστηκαν και εξαλείφθηκαν οι ακραίες τιμές. Ακολούθησε έλεγχος ANOVA για το προσδιορισμό της σημαντικότητας των στατιστικών διαφορών και χρησιμοποίηση του Fisher's protected test με επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$ για τη σύγκριση των μέσων τιμών σε κάθε μετρήσιμο χαρακτηριστικό μεταξύ των φαινότυπων.

Κατόπιν τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας μεταφέρθηκαν εκ νέου σε υπολογιστικό φύλλο excel για την απεικόνισή τους με τη μορφή γραφημάτων. Για κάθε ένα διερευνώμενο χαρακτηριστικό δημιουργήθηκε ξεχωριστό γράφημα σε μορφή ραβδογράμματος. Στο κάθετο άξονα των γραφημάτων τοποθετήθηκαν το διερευνώμενο χαρακτηριστικό και τα αποτελέσματα των μετρήσεων του και στον οριζόντιο οι φαινότυποι ομαδοποιημένοι με βάση την ομοιότητα ή διαφορά τους στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Τα διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου σε κάθε ράβδο υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινότυπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4 Αποτελέσματα

4.1 Διαχωρισμός φαινότυπων με βάση τα φαινολογικά στοιχεία

4.1.1 Σχήμα κόμης

Μετά την εξέταση των δέντρων με βάση τη μεθοδολογία IPGRI (Battle and Tous, 1997) που περιγράφηκε στην ενότητα «Υλικά μέθοδοι», καταγράφηκε το σχήμα της κόμης για κάθε φαινότυπο. Διαπιστώθηκε ότι από τους 15 διερευνούμενους φαινότυπους σε 7 η κόμη είχε σχήμα κρεμοκλαδές, σε 6 είχε σχήμα ανοιχτό, ενώ σε 2 είχε ορθόκλαδο (Πίν. 2)

Πίνακας 2. Κατάταξη των φαινότυπων δένδρων χαρουπιιάς στην Κρήτη με βάση το σχήμα της κόμης τους.

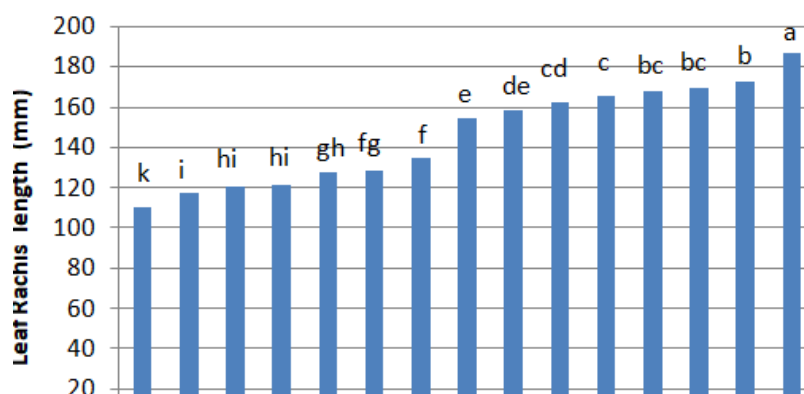
Φαινότυπος	Σχήμα Κόμης
ΗΜΥ-1	Κρεμοκλαδές
ΗΜΥ-2	Κρεμοκλαδές
ΗΜΥ-3	Κρεμοκλαδές
ΗΜΥ-4	Ανοιχτό
ΗΜΥ-5	Ανοιχτό
ΗΜΥ-6	Κρεμοκλαδές
ΗΜΥ-7	Κρεμοκλαδές
ΗΜΥ-8	Ανοιχτό
ΗΜΥ-9	Ανοιχτό
ΗΜΥ-10	Ανοιχτό
ΗΜΥ-11	Ορθόκλαδο
ΗΜΥ-12	Κρεμοκλαδές
ΗΜΥ-13	Ανοιχτό
ΗΜΥ-14	Κρεμοκλαδές
ΗΜΥ-15	Ορθόκλαδο

4.1.1 Μήκος ράχης φύλλων – Αριθμός φυλλαρίων

Τα φύλλα με βάση το μήκος τους χαρακτηρίζονται «μικρά» όταν είναι έως 11 cm, «ενδιάμεσα» όταν είναι 11 με 14 cm και «μεγάλα» όταν είναι μεγαλύτερα από 14 cm IPGRI (Battle and Tous, 1997). Το μήκος της ράχης των φύλλων στους διερευνούμενους φαινότυπους με βάση τα αποτελέσματα κυμάνθηκε από 110,4 mm στο φαινότυπο ΗΜU-14 έως 186,6 mm στο φαινότυπο ΗΜU-13. Από αυτούς 7 είχαν ενδιάμεσο μήκος φύλλου, 8 μεγάλο, ενώ δε βρέθηκε κανένας με μικρά φύλλα (Πίνακας 3). Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το μήκος τους απεικονίζεται και στο Διάγραμμα 3.

Πίνακας 3. Χαρακτηρισμός φύλλων διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το μήκος της ράχης τους ακολουθώντας το πρότυπο IPGRI.

Φαινότυπος	Μήκος ράχης φύλλου (mm)	Χαρακτηρισμός
ΗΜU-14	110,4	Ενδιάμεσο
ΗΜU-6	117,6	Ενδιάμεσο
ΗΜU-3	120,6	Ενδιάμεσο
ΗΜU-1	121,5	Ενδιάμεσο
ΗΜU-2	127,4	Ενδιάμεσο
ΗΜU-8	128,3	Ενδιάμεσο
ΗΜU-7	134,9	Ενδιάμεσο
ΗΜU-5	154,3	Μεγάλο
ΗΜU-12	158,0	Μεγάλο
ΗΜU-10	162,5	Μεγάλο
ΗΜU-4	165,2	Μεγάλο
ΗΜU-15	167,4	Μεγάλο
ΗΜU-9	168,9	Μεγάλο
ΗΜU-11	172,8	Μεγάλο
ΗΜU-13	186,6	Μεγάλο

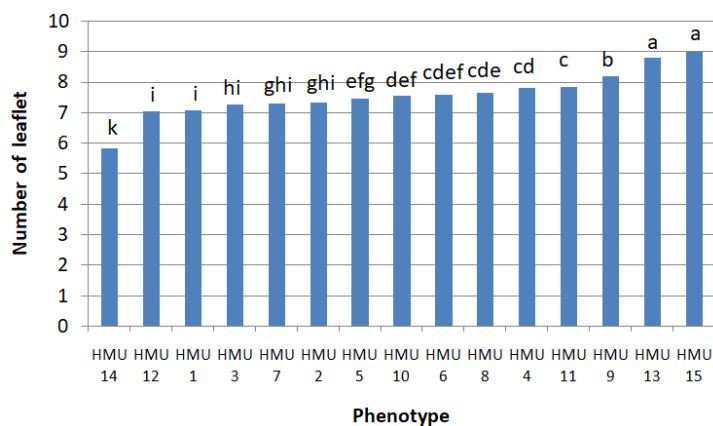


Διάγραμμα 3. Κατάταξη των φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το μήκος της ραχίδος των φύλλων τους. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινότυπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Αριθμός φυλλαρίων. Ο αριθμός των φυλλαρίων που έχει το κάθε φύλλο, λαμβάνει τον ποσοτικό προσδιορισμό «λίγα» όταν έχει λιγότερα από 8 φυλλάκια, «ενδιάμεσο αριθμό» όταν έχει 8 με 10 φυλλάκια και «πολλά» όταν έχει περισσότερα από 10 φυλλάκια ανά φύλλο, σύμφωνα με το πρότυπο IPGRI (Battle and Tous, 1997). Το πλήθος των φυλλαρίων/φύλλο στους διερευνούμενους φαινότυπους κυμάνθηκε από 5,83 έως 8,99 φυλλάκια. Τα φύλλα 12 εκ των διερευνούμενων φαινότυπων είχαν «λίγα» φυλλάκια, 3 είχαν «ενδιάμεσο αριθμό» φυλλαρίων ενώ κανένας δε βρέθηκε να έχει «πολλά». (Πίν. 4). Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το μήκος τους απεικονίζεται και στο Διάγραμμα 4.

Πίνακας 4. Χαρακτηρισμός φυλλαρίων διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση τον αριθμό / φύλλο.

Φαινότυπος	Αριθμός Φυλλαρίων/φύλλο	Χαρακτηρισμός
HMU-14	5,83	Λίγα
HMU-12	7,02	Λίγα
HMU-1	7,07	Λίγα
HMU-3	7,26	Λίγα
HMU-7	7,30	Λίγα
HMU-2	7,31	Λίγα
HMU-5	7,46	Λίγα
HMU-10	7,55	Λίγα
HMU-6	7,56	Λίγα
HMU-8	7,65	Λίγα
HMU-4	7,80	Λίγα
HMU-11	7,84	Λίγα
HMU-9	8,18	Ενδιάμεσος αριθμός
HMU-13	8,80	Ενδιάμεσος αριθμός
HMU-15	8,99	Ενδιάμεσος αριθμός



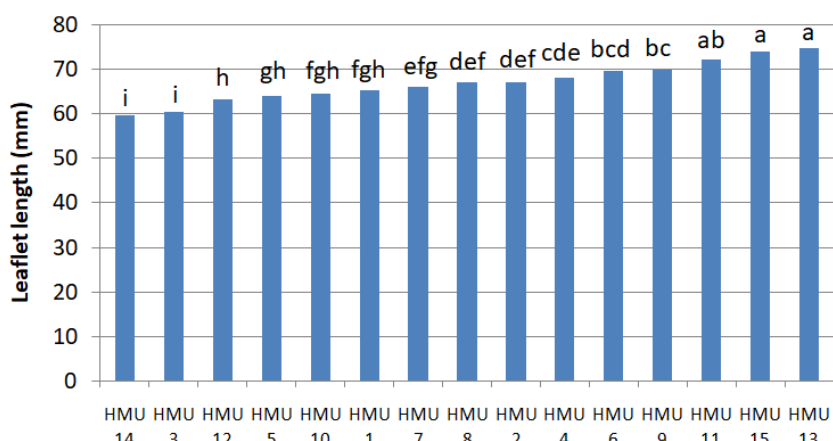
Διάγραμμα 4. Κατάταξη των φαινότυπων χαρουπιάς με βάση τον αριθμό των φυλλαρίων / φύλλο. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.2 Μήκος, πλάτος, σχέση μήκους / πλάτους και επιφάνεια φυλλαρίων

Μήκος. Το μήκος των φυλλαρίων στους διερευνούμενους φαινότυπους κυμάνθηκε από 59,60 mm έως 74,67 mm. Για το μήκος των φυλλαρίων από το IPGRI δεν προδιορίζονται κάποιοι χαρακτηρισμοί. Στην παρούσα εργασία για το μήκος του φυλλαρίου καθορίστηκε ο χαρακτηρισμός «κοντό» όταν το μήκος του είναι μικρότερο από 64 mm, «ενδιάμεσου μήκους» όταν έχει μήκος 65 με 70 mm και «μακρύ» όταν το μήκος του είναι μεγαλύτερο από 70 mm. Με βάση τη παραπάνω παραδοχή εντοπίστηκαν 5 φαινότυποι με μικρά φυλλάκια, 7 μέτριου μήκους και 3 με μεγάλα φυλλάκια (Πίν. 5). Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το μήκος τους απεικονίζεται και στο Διάγραμμα 5.

Πίνακας 5. Χαρακτηρισμός φυλλαρίων διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το μήκος τους.

Φαινότυπος	Μήκος φυλλαρίων (mm)	Χαρακτηρισμός
HMU-14	59,6	Κοντό
HMU-3	60,4	Κοντό
HMU-12	63,1	Κοντό
HMU-5	64,0	Κοντό
HMU-10	64,5	Κοντό
HMU-1	65,1	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-7	65,9	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-8	66,9	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-2	67,0	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-4	67,9	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-6	69,6	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-9	69,7	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-11	72,1	Μακρύ
HMU-15	73,9	Μακρύ
HMU-13	74,7	Μακρύ

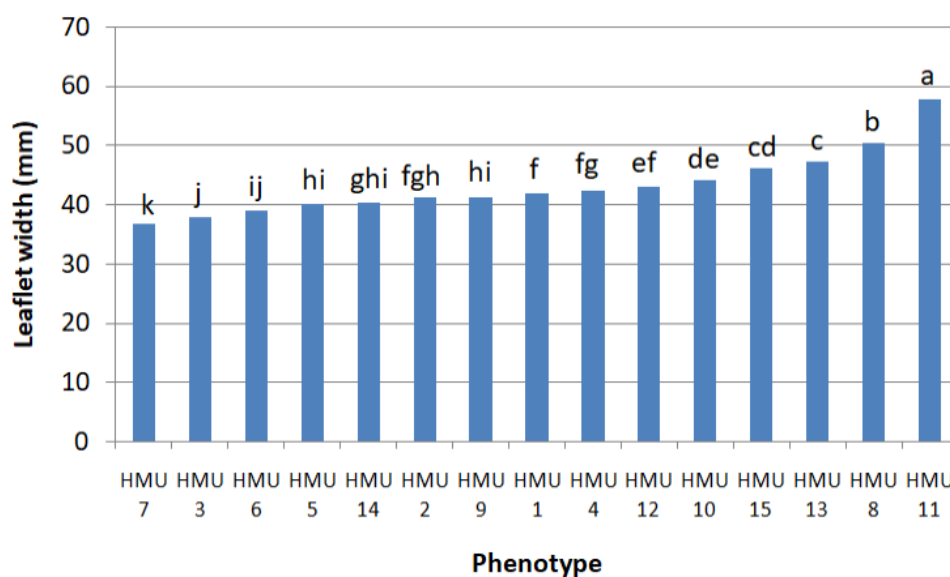


Διάγραμμα 5. Κατάταξη των φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το μήκος των φυλλαρίων. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Πλάτος φυλλαρίων. Το πλάτος των φυλλαρίων στους διερευνούμενους φαινότυπους κυμάνθηκε από 36,67 mm έως 57,78 mm. Για το πλάτος των φυλλαρίων από το IPGRI δεν ορίζονται κάποιοι χαρακτηρισμοί. Στη παρούσα εργασία για το πλάτος του φυλλαρίου καθορίστηκε ο χαρακτηρισμός «στενό» όταν το πλάτος του είναι μικρότερο από 40 mm, «μέτριου πλάτους» όταν έχει πλάτος 40 με 50 mm και «πλατύ» όταν το πλάτος του είναι μεγαλύτερο από 50 mm. Με βάση την παραπάνω παραδοχή εντοπίστηκαν 3 φαινότυποι με στενά φυλλάρια, 10 με ενδιάμεσου πλάτους και 3 με πλατιά φυλλάρια (Πίν. 6). Η κατάταξη των παραπάνω φαινότυπων με βάση το πλάτος τους απεικονίζεται και στο Διάγραμμα 6.

Πίνακας 6. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το πλάτος των φυλλαρίων.

Φαινότυπος	Πλάτος φυλλαρίου (mm)	Χαρακτηρισμός
HMU-7	36,7	Στενό
HMU-3	37,9	Στενό
HMU-6	38,9	Στενό
HMU-5	40,1	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-14	40,2	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-2	41,0	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-9	41,1	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-1	41,8	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-4	42,2	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-12	43,0	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-10	44,0	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-15	46,0	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-13	47,1	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-8	50,3	Πλατύ
HMU-11	57,8	Πλατύ

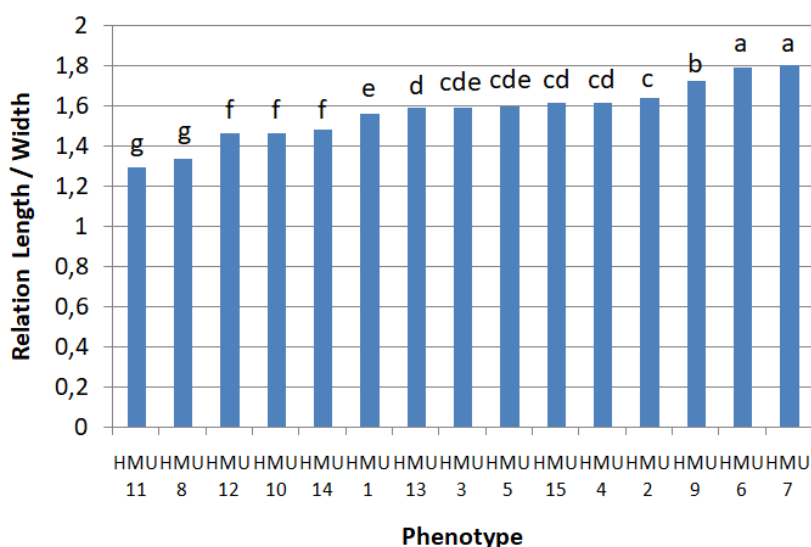


Διάγραμμα 6. Κατάταξη των φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το πλάτος των φυλλαρίων. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Λόγος Μήκους/Πλάτους φυλλαρίων. Ο λόγος μήκους/πλάτους των φυλλαρίων είναι ένα σημαντικό μορφολογικό χαρακτηριστικό που συμβάλει στη διάκριση των φαινότυπων. Η σχέση αυτή είναι μεγαλύτερη από το 1, ενώ όσο μικρότερη είναι τόσο περισσότερο στρογγυλεμένο είναι το φύλλο. Η σχέση αυτή στους διερευνούμενους φαινότυπους κυμάνθηκε από 1.2998 έως 1.8039 (Πίν. 7). Για το πλάτος των φυλλαρίων από το IPGRI ορίζονται οι χαρακτηρισμοί «μακρύ», «κοντό», «στενό» χωρίς ωστόσο στις εργασίες των Batlle and Tous (1997) και Tous and Batlle (2013) που περιέχουν το συγκεκριμένο πρωτόκολλο περιγραφής να αναφέρουν τα όρια διαχωρισμού των παραπάνω χαρακτηρισμών. Οι φαινότυποι με βάση το λόγο Μήκους/Πλάτους των φυλλαρίων κατατάχθηκαν σε 9 ομάδες (Διαγρ. 7).

Πίνακας 7. Κατηγοριοποίηση διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το λόγο Μήκους / Πλάτους φυλλαρίων

Φαινότυπος	Σχέση Μήκους / Πλάτους
HMU-11	1,30
HMU-8	1,34
HMU-12	1,47
HMU-10	1,47
HMU-14	1,49
HMU-1	1,57
HMU-13	1,59
HMU-3	1,60
HMU-5	1,60
HMU-15	1,62
HMU-4	1,62
HMU-2	1,64
HMU-9	1,73
HMU-6	1,79
HMU-7	1,80

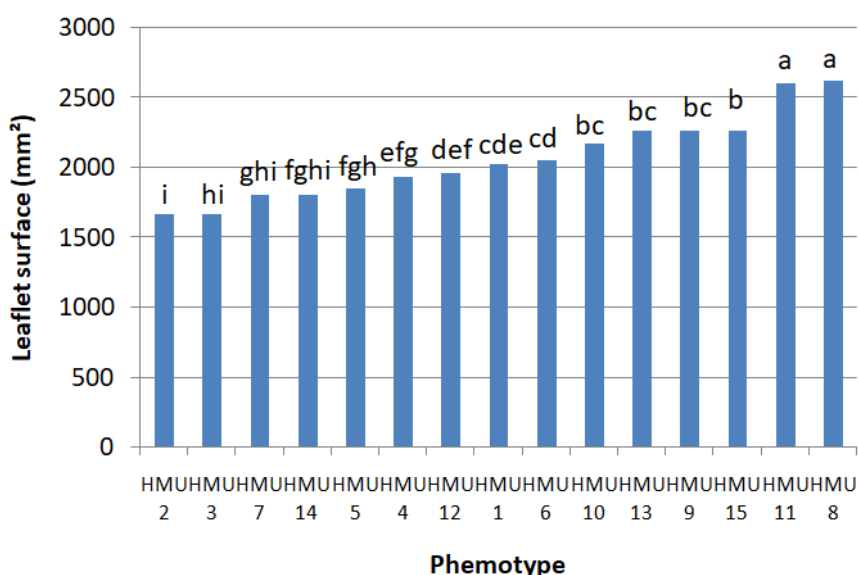


Διάγραμμα 7. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το λόγο μήκος/πλάτος των φυλλαρίων. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Επιφάνεια φυλλαρίων. Η επιφάνεια των φυλλαρίων στους διερευνούμενους φαινότυπους κυμάνθηκε από 1.669,52 mm² έως 2.620,85 mm² (Πίν. 8). Για την επιφάνεια των φυλλαρίων από το IPGRI ορίζονται οι χαρακτηρισμοί «Μικρή» όταν το εμβαδόν της είναι μικρότερο από 10 cm², «ενδιάμεσου εμβαδού», όταν είναι 10 - 15 cm² και «μεγάλη» όταν το εμβαδόν της είναι μεγαλύτερο από 15 cm². Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση, τα φυλλάρια όλων των διερευνούμενων φαινότυπων χαρακτηρίζονται ως μεγάλης φυλλικής επιφάνειας. Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το εμβαδόν της επιφάνειας των φυλλαρίων απεικονίζεται στο Διάγραμμα 8.

Πίνακας 8. Χαρακτηρισμός φυλλαρίων διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση την επιφάνεια των φυλλαρίων.

Φαινότυπος	Επιφάνεια (mm ²)	Χαρακτηρισμός
HMU-2	1.669,5	Μεγάλη
HMU-3	1.670,7	Μεγάλη
HMU-7	1.803,0	Μεγάλη
HMU-14	1.809,4	Μεγάλη
HMU-5	1.857,5	Μεγάλη
HMU-4	1.931,7	Μεγάλη
HMU-12	1.963,3	Μεγάλη
HMU-1	2.028,6	Μεγάλη
HMU-6	2.054,1	Μεγάλη
HMU-10	2.169,8	Μεγάλη
HMU-13	2.262,6	Μεγάλη
HMU-9	2.266,1	Μεγάλη
HMU-15	2.267,8	Μεγάλη
HMU-11	2.606,2	Μεγάλη
HMU-8	2.620,9	Μεγάλη



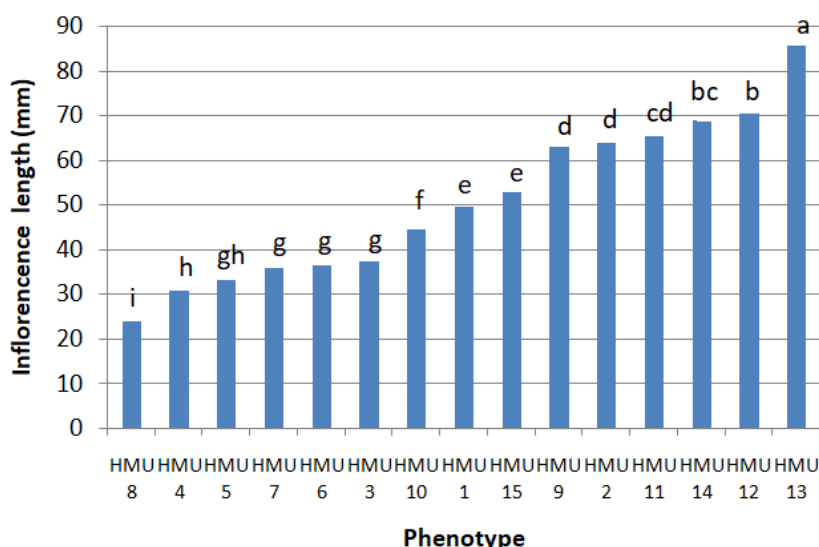
Διάγραμμα 8. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το εμβαδό της επιφάνειας φυλλαρίων. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.3 Μήκος Ταξιανθίας

Τα αποτελέσματα μέτρησης του ταξιανθίων κυμάνθηκαν από 23,9 mm έως 85,5 mm (Πίν. 4.8). Για το μήκος της ταξιανθίας ορίζονται από το IPGRI οι χαρακτηρισμοί «Κοντή» όταν το μήκος της είναι μικρότερο από 6 cm, «ενδιάμεσου μήκους» όταν είναι 8 - 10 cm και «Μακριά» όταν το μήκος της είναι μεγαλύτερο από 8 cm. Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση οι ταξιανθίες 9 φαινότυπων χαρακτηρίζονται ως «Κοντές», 5 ως «Ενδιάμεσου μήκους» και 1 ως «Μακριά» (Πίν. 9). Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το μήκος της ταξιανθίας τους απεικονίζεται στο Διάγραμμα 9.

Πίνακας 9. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το μήκος των ταξιανθιών τους.

Φαινότυπος	Μήκος mm	Χαρακτηρισμός
HMU-8	23,9	Κοντή
HMU-4	30,9	Κοντή
HMU-5	33,1	Κοντή
HMU-7	35,8	Κοντή
HMU-6	36,3	Κοντή
HMU-3	37,4	Κοντή
HMU-10	44,6	Κοντή
HMU-1	49,7	Κοντή
HMU-15	52,8	Κοντή
HMU-9	63,0	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-2	64,1	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-11	65,4	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-14	68,8	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-12	70,5	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-13	85,5	Μακριά



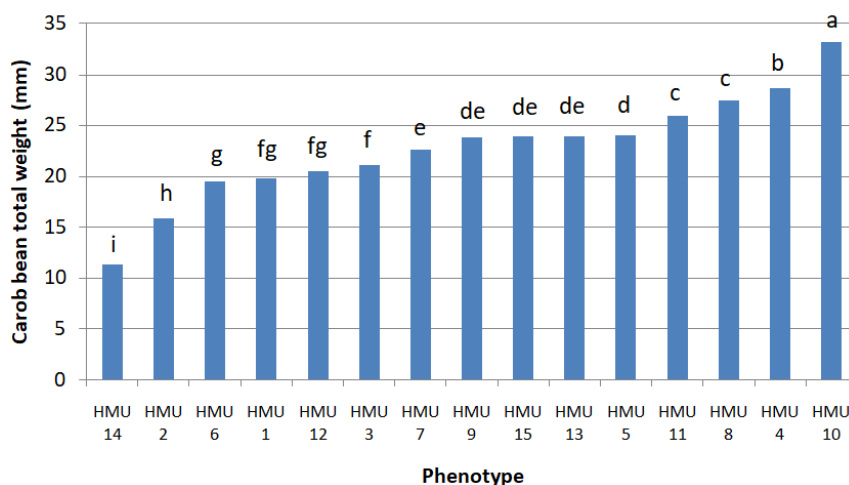
Διάγραμμα 9. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το μήκος των ταξιανθιών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.4 Βάρος καρπών

Συνολικό βάρος. Τα αποτελέσματα μέτρησης του βάρους ολόκληρων των καρπών κυμάνθηκαν από 11,42 έως 33,20 g. Για το βάρος των καρπών προσδιορίζονται από το IPGRI ο χαρακτηρισμός «Μικρό» όταν το βάρος είναι μικρότερο από 12 g, «Μέτριο» όταν είναι 12 - 17 g και «Μεγάλο» όταν το βάρος τους είναι μεγαλύτερο από 17 g. Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση 1 από τους διερευνούμενους φαινότυπος χαρακτηρίζεται ως «Μικρού βάρους», 1 ως «Μέτριου» και 13 ως «Μεγάλου βάρους» (Πίν. 10). Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το βάρος τους απεικονίζεται στο Διάγραμμα 10.

Πίνακας 10. Χαρακτηρισμός διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το βάρος των καρπών

Φαινότυπος	Βάρος (g)	Χαρακτηρισμός
HMU-14	11,42	Μικρό
HMU-2	15,96	Μέτριο
HMU-6	19,56	Μεγάλο
HMU-1	19,86	Μεγάλο
HMU-12	20,59	Μεγάλο
HMU-3	21,14	Μεγάλο
HMU-7	22,64	Μεγάλο
HMU-9	23,90	Μεγάλο
HMU-15	23,96	Μεγάλο
HMU-13	23,97	Μεγάλο
HMU-5	24,14	Μεγάλο
HMU-11	25,98	Μεγάλο
HMU-8	27,58	Μεγάλο
HMU-4	28,73	Μεγάλο
HMU-10	33,20	Μεγάλο

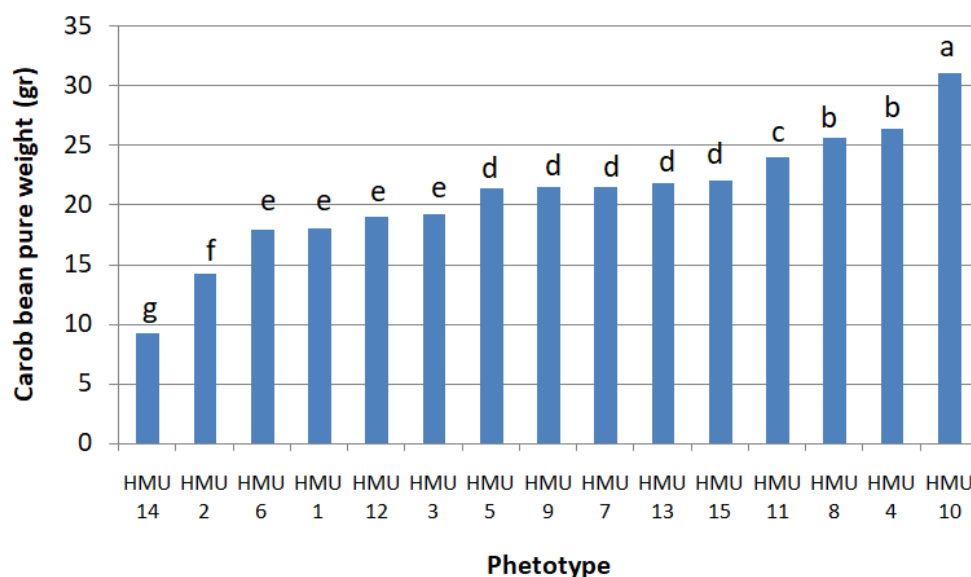


Διάγραμμα 10. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το βάρος των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Καθαρό βάρος σάρκας καρπών. Το καθαρό βάρος της σάρκας των καρπών προκύπτει μετά την αφαίρεση του βάρους των σπερμάτων από το συνολικό βάρος ολόκληρου του καρπού. Τα αποτελέσματα μέτρησης του καθαρού βάρους κυμάνθηκαν από 9,25 έως 31,12 g (Πίν. 11). Για το καθαρό βάρος των καρπών, από το IPGRI δεν ορίζονται κάποιοι χαρακτηρισμοί. Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το καθαρό βάρος τους απεικονίζεται στο Διάγραμμα 11.

Πίνακας 11. Κατηγοριοποίηση των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το καθαρό βάρος των καρπών τους.

Φαινότυπος	Καθαρό βάρος (g)
HMU-14	9,25
HMU-2	14,20
HMU-6	17,96
HMU-1	18,01
HMU-12	18,99
HMU-3	19,20
HMU-5	21,40
HMU-9	21,52
HMU-7	21,56
HMU-13	21,87
HMU-15	22,07
HMU-11	23,99
HMU-8	25,61
HMU-4	26,38
HMU-10	31,12



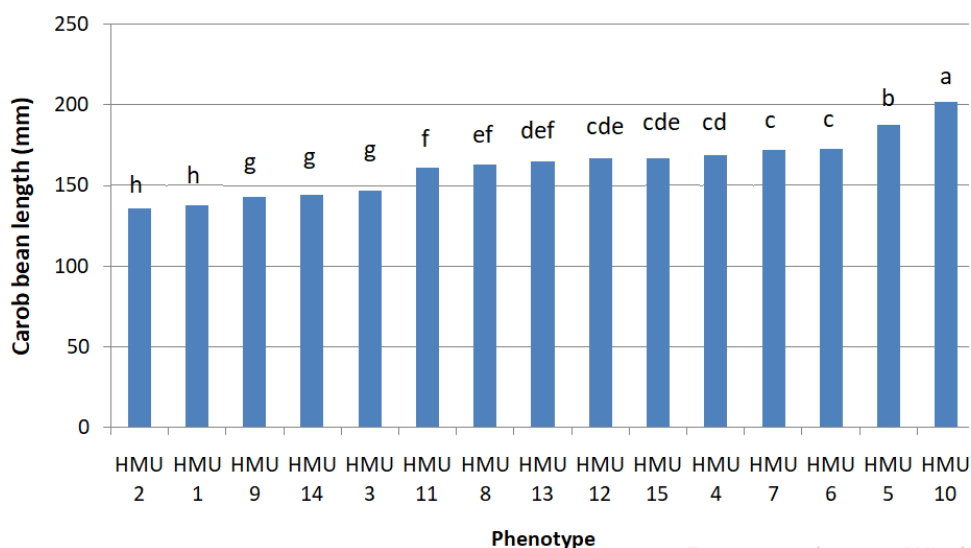
Διάγραμμα 11. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το καθαρό βάρος των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.5 Μήκος & πλάτος καρπών

Μήκος καρπών. Τα αποτελέσματα μέτρησης του μήκους των καρπών κυμάνθηκαν από 136,6 έως 202,1 mm. Για το μέσο μήκος των καρπών ορίζεται από το IPGRI ως «Κοντό» όταν το μήκος είναι μικρότερο από 14 cm, «Μέτριου μήκους» όταν είναι 14 - 18 cm και «Μακρύ» όταν το μήκος τους είναι μεγαλύτερο από 18 cm. Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση οι καρποί 2 από τους διερευνούμενους φαινότυπους χαρακτηρίζονται ως «Κοντοί», 11 ως «Ενδιάμεσου Μήκους» και 2 ως «Μακροί» (Πίν. 12). Η κατάταξη και ομαδοποίηση των παραπάνω φαινότυπων με βάση το βάρος τους απεικονίζεται στο Διάγραμμα 12.

Πίνακας 12. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το μήκος των καρπών.

Φαινότυπος	Μήκος (mm)	Χαρακτηρισμός
HMU-2	136,6	Κοντό
HMU-1	138,3	Κοντό
HMU-9	143,6	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-14	145,0	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-3	147,5	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-11	162,0	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-8	163,8	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-13	165,3	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-12	167,3	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-15	167,8	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-4	169,5	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-7	172,2	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-6	172,6	Ενδιάμεσου μήκους
HMU-5	187,9	Μακρύ
HMU-10	202,1	Μακρύ

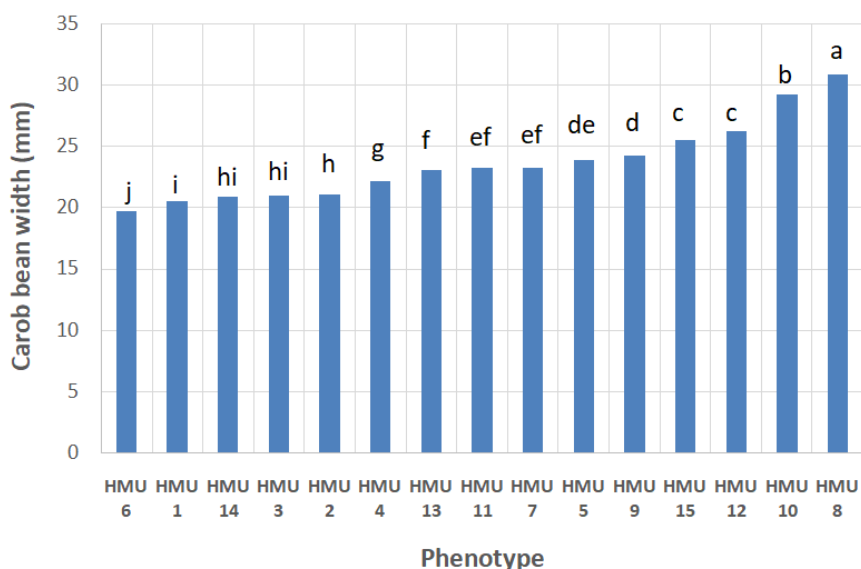


Διάγραμμα 12. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το μήκος των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Πλάτος καρπών. Το πλάτος των καρπών κυμάνθηκε από 136,6 έως 202,1 mm. Για το μέσο μήκος των καρπών ορίζεται από το IPGRI ο χαρακτηρισμός «Στενό» όταν το πλάτος τους είναι μικρότερο από 18,5 mm , «Ενδιάμεσο πλάτος» όταν είναι 18.5 - 22.5 mm και «Πλατύ» όταν το πλάτος τους είναι μεγαλύτερο από 22.5 mm. Με βάση τη παραπάνω κατηγοριοποίηση 6 από τους διερευνούμενους φαινότυπους χαρακτηρίζονται ως «Ενδιάμεσου πλάτους», 11 ως «Πλατείς», ενώ κανένας δεν εντάσσεται στους «Στενούς» (Πίν. 13). Η κατάταξη και των παραπάνω φαινότυπων με βάση το πλάτος τους απεικονίζεται στο Διάγραμμα 13.

Πίνακας 13. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το πλάτος των καρπών.

Φαινότυπος	Πλάτος (mm)	Χαρακτηρισμός
HMU-6	19,6	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-1	20,5	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-14	20,8	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-3	20,9	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-2	21,0	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-4	22,1	Ενδιάμεσου πλάτους
HMU-13	23,1	Πλατύ
HMU-11	23,2	Πλατύ
HMU-7	23,2	Πλατύ
HMU-5	23,8	Πλατύ
HMU-9	24,3	Πλατύ
HMU-15	25,5	Πλατύ
HMU-12	26,2	Πλατύ
HMU-10	29,2	Πλατύ
HMU-8	30,9	Πλατύ



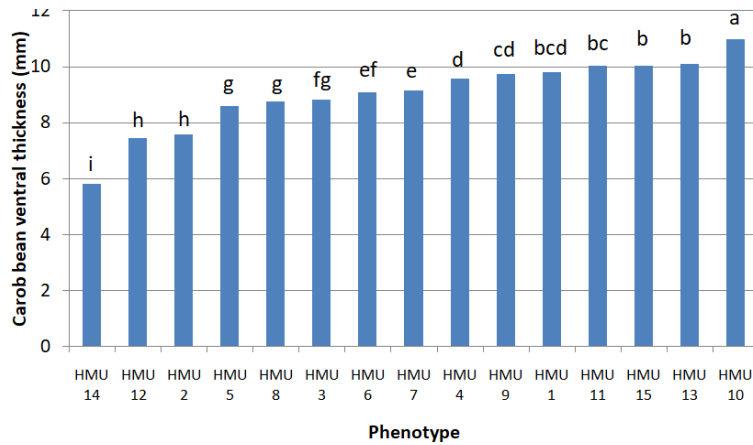
Διάγραμμα 13. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το πλάτος των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.6 Πάχος καρπών

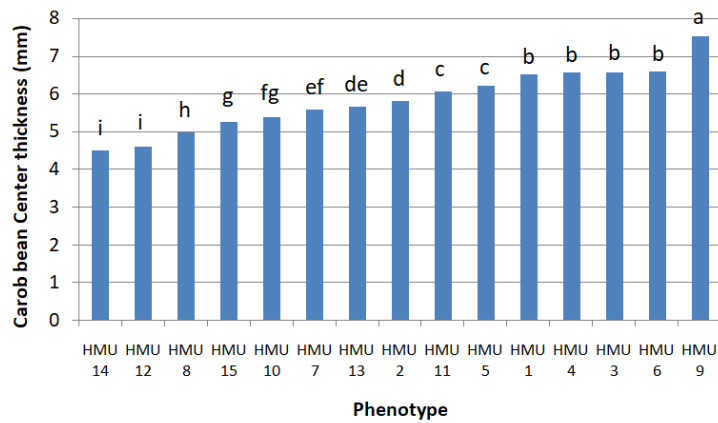
Το πάχος των καρπών μετρήθηκε σε τρία σημεία. Τα αποτελέσματα μέτρησης του πάχους της κοιλιακής ραφής των καρπών κυμάνθηκαν από 5,8 - 11,0 mm, της μέσης από 4,5 - 7,5 mm και της ραχιαίας ραφής από 5,8 - 10,7 mm. Για το πάχος των καρπών ορίζετε από το IPGRI ο χαρακτηρισμός «Λεπτό» όταν το πάχος τους είναι μικρότερο από 7,5 mm , «Ενδιάμεσου πάχους» όταν είναι από 7,5 - 9,5 mm και «Παχύ» όταν το πάχος τους είναι μεγαλύτερο από 9,5 mm. Σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία για το χαρακτηρισμό του πάχους των καρπών του χαρουπιού λαμβάνεται υπόψη η μοναδική μέτρηση που αφορά το παχύτερο τμήμα του καρπού χωρίς να διερευνάται εάν αυτό βρίσκεται στη κοιλιακή, στη μέση ή στη ραχιαία ραφή. Για το λόγο αυτό η κατηγοριοποίηση και ο χαρακτηρισμός του πάχους στη παρούσα εργασία, λαμβάνει υπόψη της τη μεγαλύτερη από τις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη διερεύνηση του πάχους του καρπού. Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση από τους διερευνούμενους φαινότυπους 2 χαρακτηρίζονται ως «Λεπτοί», 5 ως «Ενδιάμεσου πάχους» και 8 ως «Παχείς» (Πίν. 14). Η κατάταξη και ομαδοποίηση των φαινότυπων με βάση το πάχος της κοιλιακής ραφής απεικονίζεται στο Διάγραμμα 14, της μέσης στο διάγραμμα 15 και της ραχιαίας ραφής στο διάγραμμα 16.

Πίνακας 14. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το πάχος της κοιλιακής, της μέσης και της ραχιαίας ραφής των καρπών.

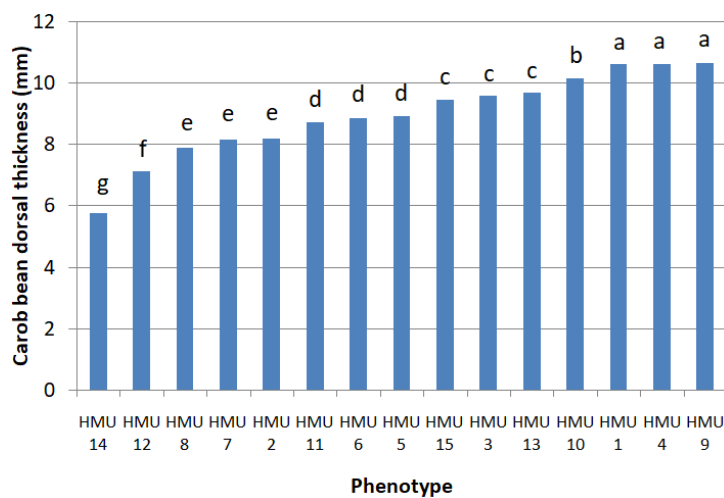
Φαινότυπος	Πάχος Κοιλιακής ραφής	Πάχος Μέσης ραφής	Πάχος Ραχιαίας ραφής	Χαρακτηρισμός
	-----mm-----			
HMU-1	9,8	6,5	10,6	Παχύς
HMU-2	7,6	5,8	8,2	Ενδιάμεσου πάχους
HMU-3	8,8	6,6	9,6	Παχύς
HMU-4	9,6	6,5	10,6	Παχύς
HMU-5	8,6	6,2	8,9	Ενδιάμεσου πάχους
HMU-6	8,6	6,6	8,9	Ενδιάμεσου πάχους
HMU-7	9,2	5,6	8,2	Ενδιάμεσου πάχους
HMU-8	8,8	5,0	7,9	Ενδιάμεσου πάχους
HMU-9	9,8	7,5	10,7	Παχύς
HMU-10	10,1	5,4	10,2	Παχύς
HMU-11	10,1	6,0	8,8	Παχύς
HMU-12	7,5	4,6	7,1	Λεπτός
HMU-13	10,1	5,7	9,7	Παχύς
HMU-14	5,8	4,5	5,8	Λεπτός
HMU-15	10,1	5,3	9,5	Παχύς



Διάγραμμα 14. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το πάχος της κοιλιακής ραφής των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.



Διάγραμμα 15. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το πάχος της μέσης ραφής των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.



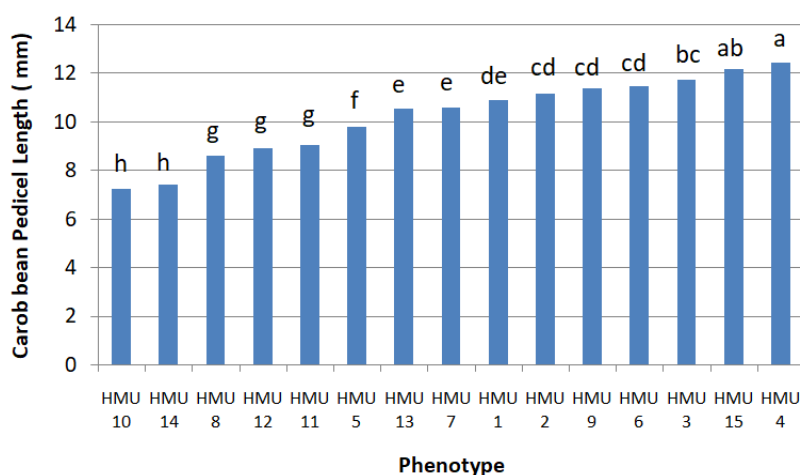
Διάγραμμα 16. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το πάχος της ραχιαίας ραφής των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.7 Μήκος ποδίσκου καρπών

Τα αποτελέσματα μέτρησης του μήκους ποδίσκου των καρπών κυμάνθηκαν από 7,2 έως 12,4 mm. Για το μήκος των καρπών ορίζεται από το IPGRI ως «Μικρός», «Μέτριος» και «Μεγάλος» χωρίς να ορίζονται τα όρια διαχωρισμού. Στη μεθοδολογία της παρούσας εργασίας διαχωρίσαμε το εύρος των μετρήσεων σε 3 τμήματα ορίζοντας ως «Μικρούς» τους ποδίσκους που είναι μικρότεροι από 9 mm, «Μέτριους» τους ποδίσκους που έχουν μήκος από 9 - 11 mm και «Μεγάλους» όσους έχουν μήκος μεγαλύτερο από 11 mm. Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση, οι ποδίσκοι των καρπών 4 από τους διερευνούμενους φαινότυπους χαρακτηρίζονται ως «Μικροί», 5 ως «Μέτριοι» και 2 ως «Μεγάλοι» (Πίν. 15). Η κατάταξη των φαινότυπων με βάση το βάρος τους απεικονίζεται στο Διάγραμμα 17.

Πίνακας 15. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το μήκος του ποδίσκου των καρπών.

Φαινότυπος	Μήκος ποδίσκου καρπού (mm)	Χαρακτηρισμός
HMU-10	7,2	Μικρός
HMU-14	7,4	Μικρός
HMU-8	8,6	Μικρός
HMU-12	8,9	Μικρός
HMU-11	9,1	Μέτριος
HMU-5	9,8	Μέτριος
HMU-13	10,5	Μέτριος
HMU-7	10,6	Μέτριος
HMU-1	10,9	Μέτριος
HMU-2	11,2	Μεγάλος
HMU-9	11,4	Μεγάλος
HMU-6	11,5	Μεγάλος
HMU-3	11,7	Μεγάλος
HMU-15	12,2	Μεγάλος
HMU-4	12,4	Μεγάλος



Διάγραμμα 17. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το μήκος του ποδίσκου των καρπών. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.8 Μορφολογία χρώμα και άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των καρπών

Εκτός από τα μετρήσιμα χαρακτηριστικά στη μεθοδολογία του IPGRI, οι Batlle and Tous (1997) αναφέρουν ως επιπλέον μορφολογικά γνωρίσματα των καρπών το «σχήμα», την «υφή» και το «χρώμα» τους. Στα παραπάνω χαρακτηριστικά στη παρούσα εργασία προστέθηκε και η καταγραφή του μεγέθους του στίγματος. Ο χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων με βάση τα εν λόγω μορφολογικά γνωρίσματα (Πίν.16) αποδόθηκε με βάση την οπτική παρατήρηση.

Πίνακας 16. Περιγραφή των ιδιαίτερων μορφολογικών χαρακτηριστικών των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς.

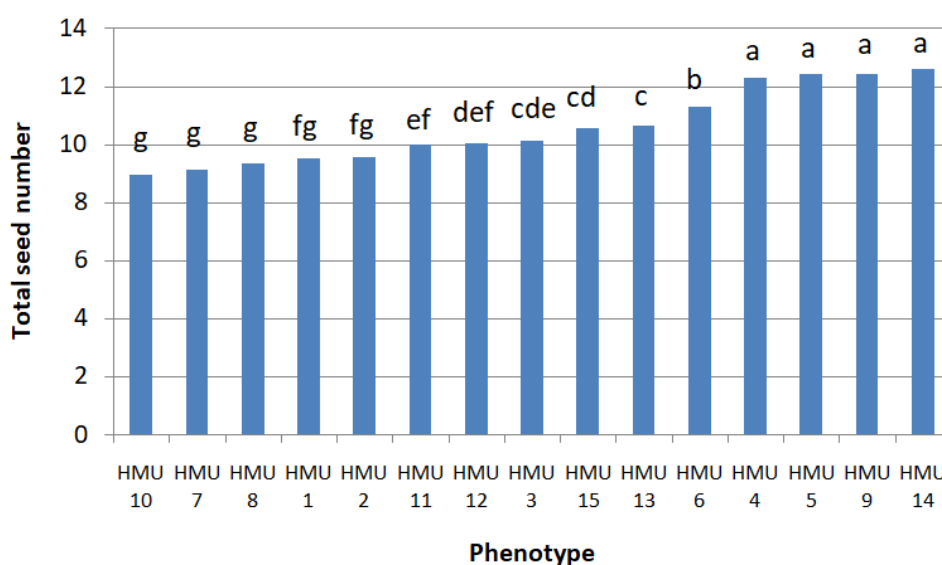
Φαινότυπος	Σχήμα καρπού	Υφή καρπού	Χρώμα καρπού	Μέγεθος στίγματος
HMU-1	Ίσιο	Λεία	Σκούρο καφέ	Μεγάλο
HMU-2	Ίσιο	Λεία	Καφέ	Μέτριο
HMU-3	Ίσιο	Λεία	Σκούρο καφέ	Μέτριο
HMU-4	Ίσιο	Λεία	Σκούρο καφέ	Μέτριο
HMU-5	Συστρεφόμενο	Τραχιά	Σκούρο καφέ	Μέτριο
HMU-6	Ίσιο	Λεία	Μαύρο	Μέτριο
HMU-7	Κυρτό	Λεία	Μαύρο	Μέτριο
HMU-8	Ίσιο	Τραχιά	Ανοιχτό καφέ	Μικρό
HMU-9	Ίσιο	Λεία	Σκούρο καφέ	Μέτριο πεπλ/νο
HMU-10	Κυρτό	Λεία	Σκούρο καφέ-Μαύρο	Μικρό
HMU-11	Ίσιο με μέτρια Κύρτωση	Λεία	Σκούρο καφέ	Μεγάλο
HMU-12	Κυρτό	Πολύ Τραχιά	Ανοιχτό καφέ	Μέτριο
HMU-13	Ίσιο με μέτρια συστροφή	Λεία	Καφέ	Μεγάλο
HMU-14	Ίσιο με μέτρια συστροφή και κύρτωση	Λεία	Ανοιχτό καφέ	Μέτριο
HMU-15	Ίσιο με μέτρια συστροφή και κύρτωση	Λεία	καφέ	Μέτριο πεπλ/νο

4.1.9 Αριθμός σπερμάτων ανά καρπό

Τα αποτελέσματα μέτρησης του μέσου αριθμού σπερμάτων/καρπό κυμάνθηκαν από 8,96 έως 12,59. Για τον αριθμό σπερμάτων/καρπό ορίζεται από το IPGRI ο χαρακτηρισμός «Μικρός» όταν είναι λιγότερα από 8, «Ενδιάμεσος» όταν είναι 8,5 - 10,5 και «Μεγάλος» όταν ο αριθμός τους είναι μεγαλύτερος από 10,5. Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση 8 από τους διερευνούμενους φαινότυπους είχαν «Ενδιάμεσο αριθμό» σπερμάτων και 8 είχαν «μεγάλο», ενώ δε βρέθηκε κανένας φαινότυπος με μικρό αριθμό (Πίν. 17). Η κατάταξη των παραπάνω φαινότυπων με βάση τον αριθμό των σπερμάτων ανά καρπό απεικονίζεται στο Διάγραμμα 18.

Πίνακας 17. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση τον αριθμό των σπερμάτων / καρπό.

Φαινότυπος	Αριθμός σπερμάτων ανά καρπό	Χαρακτηρισμός
HMU-10	9,0	Ενδιάμεσος
HMU-7	9,2	Ενδιάμεσος
HMU-8	9,4	Ενδιάμεσος
HMU-1	9,6	Ενδιάμεσος
HMU-2	9,6	Ενδιάμεσος
HMU-11	10,0	Ενδιάμεσος
HMU-12	10,1	Ενδιάμεσος
HMU-3	10,2	Ενδιάμεσος
HMU-15	10,6	Μεγάλος
HMU-13	10,7	Μεγάλος
HMU-6	11,4	Μεγάλος
HMU-4	12,4	Μεγάλος
HMU-5	12,4	Μεγάλος
HMU-9	12,5	Μεγάλος
HMU-14	12,6	Μεγάλος



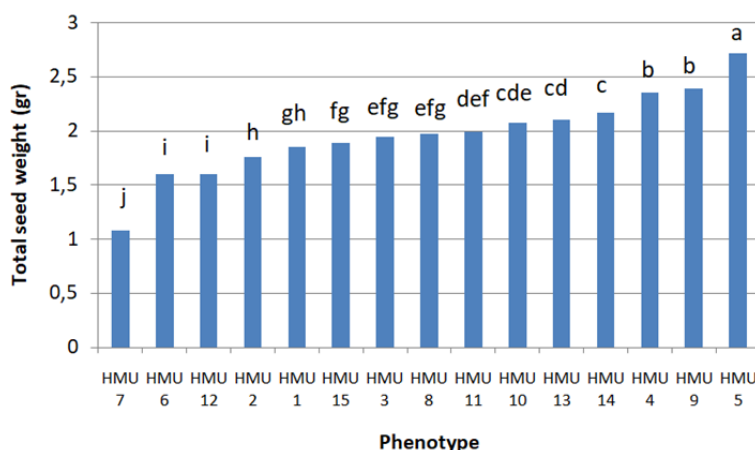
Διάγραμμα 18. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση τον αριθμό των σπερμάτων /καρπό. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.10 Συνολικό βάρος και απόδοση σπερμάτων

Τα αποτελέσματα μέτρησης του μέσου βάρους σπερμάτων/καρπό κυμάνθηκαν από 1,08 έως 2,71 g. Για το βάρος σπερμάτων / καρπό δεν ορίζονται από το IPGRI κάποια όρια ή χαρακτηρισμοί. Στην παρούσα εργασία για τον προσδιορισμό της απόδοσης, το βάρος των σπερμάτων ανά καρπό και φαινότυπο, υπολογίστηκε ως ποσοστό επί του συνολικού βάρους των καρπών. Με αυτό τον τρόπο προέκυψε η απόδοση των καρπών σε σπέρματα. Η απόδοση σε σπέρματα ορίζεται από το IPGRI ως «χαμηλή» όταν είναι μικρότερη από 10%, «μέτρια» όταν είναι 10 - 15% και υψηλή όταν είναι πάνω από 15%. Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση 12 από τους διερευνούμενους φαινότυπους είχαν «χαμηλή» απόδοση σε σπέρματα, 2 είχαν «μέτρια» και 1 είχε «υψηλή» (Πίν. 18). Η κατάταξη των φαινότυπων με βάση το βάρος των σπερμάτων / καρπό απεικονίζεται στο Διάγραμμα 19.

Πίνακας 18. Χαρακτηρισμός των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιάς με βάση το βάρος των σπερμάτων /καρπό.

Φαινότυπος	Βάρος σπερμάτων/Καρπό	Βάρος καρπών	Απόδοση (%)	Χαρακτηρισμός
HMU-7	1,08	22,64	4,77	Χαμηλή
HMU-6	1,60	19,56	8,16	Χαμηλή
HMU-1	1,60	19,86	8,06	Χαμηλή
HMU-2	1,75	15,96	10,98	Μέτρια
HMU-12	1,84	20,59	8,95	Χαμηλή
HMU-15	1,89	23,96	7,88	Χαμηλή
HMU-3	1,94	21,14	9,17	Χαμηλή
HMU-8	1,97	27,58	7,13	Χαμηλή
HMU-11	1,99	25,98	7,64	Χαμηλή
HMU-10	2,07	33,20	6,24	Χαμηλή
HMU-13	2,10	23,97	8,76	Χαμηλή
HMU-14	2,17	11,42	18,97	Υψηλή
HMU-4	2,35	28,73	8,18	Χαμηλή
HMU-9	2,38	23,90	9,96	Χαμηλή
HMU-5	2,71	24,14	11,21	Μέτρια



Διάγραμμα 19. Κατάταξη των φαινοτύπων της χαρουπιάς με βάση το βάρος των σπερμάτων / καρπό. Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των φαινοτύπων σύμφωνα με την προστατευόμενη ελάχιστη σημαντική διαφορά Fisher's σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4.1.11 Χρώμα καρπών και άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά σπερμάτων

Η διερεύνηση του χρώματος, του σχήματος και της υφής των σπερμάτων έγινε με βάση την οπτική παρατήρηση. Το χρώμα σύμφωνα με το IPGRI μπορεί να είναι κόκκινο (κεραμιδί), καφέ ή μαύρο. Το σχήμα δύναται να είναι «τριγωνικό», «ωοειδές», ή «κυκλικό» και η επιφάνεια «ομαλή», «τραχεία» ή «πολύ τραχεία». Τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων μορφολογικών χαρακτηριστικών (Πιν. 19) είναι αποτέλεσμα πρωτόλειας έρευνας και χρήζουν περεταίρω διερεύνησης.

Πίνακας 19. Αποτελέσματα πρωτόλειας διερεύνησης του χρώματος, του σχήματος και της επιφάνειας των σπερμάτων των διερευνούμενων φαινότυπων της Κρητικής χαρουπιάς.

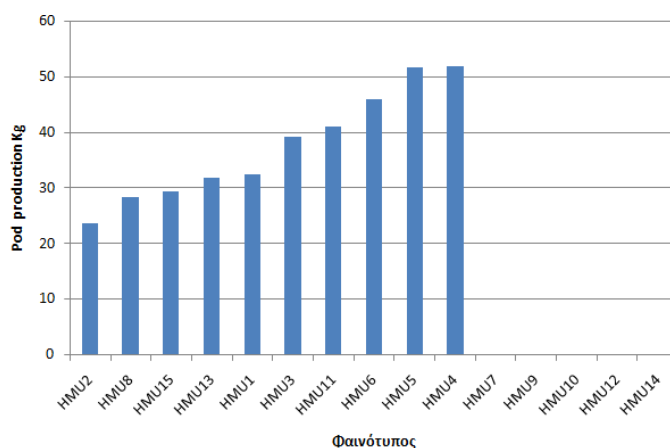
Φαινότυπος	Χρώμα	Σχήμα	Επιφάνεια
HMU-1	Σκούρο καφέ	Τριγωνικό	Ομαλή
HMU-2	Ανοιχτό καφέ	Τριγωνικό	Ομαλή
HMU-3	Σκούρο καφέ- μαύρο	Τριγωνικό	Ομαλή
HMU-4	Σκούρο καφέ -μαύρο	Τριγωνικό	Ομαλή
HMU-5	Καφέ	Ωοειδές	Ομαλή
HMU-6	Ανοιχτό καφέ	Ωοειδές	Ομαλή
HMU-7	Σκούρο καφέ	Κυκλικό	Ομαλή
HMU-8	Ανοιχτό καφέ	Κυκλικό	Ομαλή
HMU-9	Καφέ	Ωοειδές	Τραχεία
HMU-10	Καφέ	Κυκλικό	Τραχεία
HMU-11	Ανοιχτό καφέ	Κυκλικό	Ομαλή
HMU-12	Καφέ	Κυκλικό	Τραχεία
HMU-13	Καφέ	Κυκλικό	Ομαλή
HMU-14	Ανοιχτό καφέ	Κυκλικό	Ομαλή
HMU-15	Καφέ	Κυκλικό	Ομαλή

4.2 Αποδόσεις

Μετά από τη μέτρηση της παραγωγής οι αποδόσεις για το 2022 βρέθηκε να κυμαίνονται ανάλογα με το φαινότυπο από 23,85 έως 51,96 Kg (Πίν. 19). Επειδή η χαρουπιιά παρουσιάζει παρενιαυτοφορία, για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της παραγωγής του κάθε φαινότυπου απαιτείται πολυετή έρευνα. Οπότε τα στοιχεία που παρατίθενται στη παρούσα ενότητα στο διάγραμ. 20 και που αναφέρονται στο ύψος παραγωγής, είναι ενδεικτικά και χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

Πίνακας 19. Απόδοση παραγωγής σε κιλά των διερευνούμενων φαινότυπων χαρουπιιάς τη χρονιά 2022.

Φαινότυπος	Απόδοση καρπών kg
HMU2	23,85
HMU8	28,54
HMU15	29,41
HMU13	31,85
HMU1	32,60
HMU3	39,27
HMU11	41,07
HMU6	46,17
HMU5	51,81
HMU4	51,96
HMU7	-
HMU9	-
HMU10	-
HMU12	-
HMU14	-



Διάγραμμα 20. Η μέση παραγωγή σε κιλά ανά φαινότυπο το έτος 2022

5 Συζήτηση

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η διάκριση και περιγραφή των εμβολιασμένων και καλλιεργήσιμων φαινότυπων χαρουπιάς στη Κρήτη με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Ο γονιδιακός έλεγχος των διερευνούμενων μορφολογικών χαρακτηριστικών καθώς και οι επιδράσεις του περιβάλλοντος σε αυτά, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία της ταυτοποίησης των διαφόρων φαινότυπων και ποικιλιών χαρουπιάς με βάση τα μορφολογικά τους γνωρίσματα.

Οι Gharnitl et al. (2006) θεωρούν ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες θα μπορούσαν να επηρεάσουν κάποιους μορφομετρικούς χαρακτήρες του χαρουπιού όπως το πλάτος, το μήκος, το βάρος λοβού, το βάρος της σάρκας και το βάρος των σπόρων. Οι Boublenza et al. (2019) που διερεύνουν την παραλλακτικότητα διάφορων πληθυσμών χαρουπιάς στην Αλγερία, θεωρούν επίσης ότι οι διακυμάνσεις στα μορφολογικά χαρακτηριστικά της χαρουπιάς, επηρεάζονται από το περιβάλλον και τις γεωγραφικές τοποθεσίες. Αντίθετα, κάποιοι άλλοι ερευνητές, θεωρούν ότι αν και φαίνεται να υπάρχει κάποια επίδραση του περιβάλλοντος, η γενετική επίδραση στη μεταβλητότητα των εξεταζόμενων μορφολογικών γνωρισμάτων είναι πολύ σημαντική (Mahmoudetal., 2009). Ενώ οι Kyrtzis et al. (2021) υποστηρίζουν ότι τα μορφολογικά γνωρίσματα είναι κατά κύριο λόγο υπό γενετικό έλεγχο, σε αντίθεση με τη σύσταση των καρπών η οποία επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από το περιβάλλον και τις συνθήκες της καλλιέργειας. Έτσι με βάση τη διαφανόμενη επίδραση του γονιδιόματος στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των της χαρουπιάς, θεωρείται ότι η διάκριση και ταυτοποίηση των διαφόρων φαινότυπων διαμέσου αυτών, μπορεί να είναι μια εφικτή και ασφαλής πρακτική.

Από τη πρωτόλεια έρευνα της παρούσας εργασίας για τον εντοπισμό των ποικιλιών της Κρητικής χαρουπιάς διαφάνηκε η ύπαρξη στο νησί μιας ομάδας παρόμοιων φαινότυπων με μεγάλη διάδοση, μιας δεύτερης ομάδας κυπριακών ποικιλιών, ενός ερμαφρόδιτου φαινότυπου, καθώς επίσης και 8 ακόμα φαινότυπων με διάφορες τοπικές ονομασίες και ποικίλα χαρακτηριστικά.

Με βάση τα αποτελέσματα η ομάδα με την εκτεταμένη διάδοση απαρτίζεται από τους φαινότυπους ΗΜU-1, ΗΜU-2, ΗΜU-3. Οι συγκεκριμένοι φαινότυποι παρότι έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αρκετά μορφολογικά γνωρίσματα όπως το Βάρος των καρπών, το πάχος της κοιλιακής ραφής και το μήκος της ταξιανθίας, σε κάποια άλλα έχουν ομοιότητες που είναι ικανές να τους κατατάξουν σε κάποια κοινή ομάδα. Ποιο συγκεκριμένα και οι 3 φαινότυποι με βάση τη μεθοδολογία περιγραφής του IPGRI (Battle and Tous, 1997) έχουν κρεμοκλαδές σχήμα κόμης, ενώ ομοιότητες παρουσιάζουν επίσης στο μήκος των φύλλων, το οποίο κυμαίνεται σε όλες από από 120,6 έως 127,4 mm, στον αριθμό των φυλλαρίων, ο οποίος είναι σε όλες μικρός (<8), στο σχήμα και την επιφάνεια των σπερμάτων, καθώς και σε κάποια ακόμα χαρακτηριστικά.

Η ομάδα των φαινότυπων ΗΜU-1, ΗΜU-2 και ΗΜU-3, φαίνεται να σχετίζονται με το φαινότυπο g3 της έρευνας των Kalaitzakis et al. (1987) για τους Κρητικούς φαινότυπους. Ο φαινότυπος g3 με μήκος $139,2 \pm 1$ mm και πλάτος $20,2 \pm 0,2$ mm έχει παρόμοιες διαστάσεις με τον ΗΜU-1 ο οποίος έχει μήκος 138,3 και πλάτος 20,5mm αντίστοιχα. Σημαντική ομοιότητα μεταξύ των δύο αυτών φαινότυπων υπάρχει και ως προς το μήκος του ποδίσκου. Το μήκος του ποδίσκου του φαινότυπου ΗΜU-1στη παρούσα εργασία βρέθηκε να είναι 10,9 mm, ενώ του g3 ήταν $10,1 \pm 0,4$ mm (Kalaitzakis et al., 1987). Παράλληλα ο φαινότυπος g3 με μέσο βάρος καρπών $21,7 \pm 0,6$ g εμφανίζει σημαντική ομοιότητα ως προς το χαρακτηριστικό αυτό με το φαινότυπο ΗΜU-3, όπου το βάρος των καρπών του είναι 21,4 g. Η ομοιότητα υφίσταται και ως προς τον αριθμό των σπερμάτων/καρπό ο οποίος ανέρχεται στους 10,8 στον g3 και 10,2 στο ΗΜU-3 αντίστοιχα. Τέλος, εκτός από τις διαστάσεις, η μεγάλη ομοιότητα μεταξύ των ΗΜU-1, ΗΜU-2, ΗΜU-3 και g3 στο σχήμα στο στίγμα καθώς και σε άλλα μορφολογικά γνωρίσματα

υποδεικνύουν τη πιθανή ένταξη των τεσσάρων αυτών διαφορετικών φαινότυπων στην ίδια ομάδα.

Πέρα από την ομάδα των ΗΜU-1, ΗΜU-2, ΗΜU-3, κατά τη προκαταρκτική έρευνα εντοπίστηκε ένα ακόμα σύνολο από παρόμοιους φαινότυπους οι οποίοι είναι οι ΗΜU-11, ΗΜU-13 και ΗΜU-15. Από τους φαινότυπους αυτούς ο ΗΜU-11 που καλλιεργείται στο Ρέθυμνο έχει εισαχθεί από τον ιδιοκτήτη της καλλιέργειας ως εμβόλιο από τη Κύπρο. Από τους άλλους δύο φαινότυπους, ο ΗΜU-13 καλλιεργείται στο Μελιδοχώρι Ηρακλείου όπου αποκαλείται από τον ιδιοκτήτη της Καλλιέργειας ως «Κύπρου», ενώ ο τρίτος φαινότυπος (ΗΜU-15) εντοπίζεται με διάφορες τοπικές ονομασίες στο νομό Χανίων.

Όλοι οι παραπάνω φαινότυποι εμφανίζουν σημαντικές ομοιότητες με τη κυπριακή ποικιλία Τηλλυρίας. Και οι 3 παρουσιάζουν ορθόκλαδη ανάπτυξη κόμης, έχουν μακριά φύλλα με μήκος ράχης 72.10 mm ο ΗΜU-11, 74.70 mm ο ΗΜU-13 και 73.9 mm ο ΗΜU-15 προσεγγίζοντας σε σημαντικό βαθμό το μέσο μήκος των φύλλων της Τηλλυρίας, το οποίο σύμφωνα με τους Orphanos and Paraconstantinou (1969) είναι $69 \pm 10,7$ mm. Εκτός από το μήκος της ράχης των φύλλων, οι 3 φαινότυποι φαίνεται να προσομοιάζουν αρκετά με τη Τηλλυρία ως προς το μήκος και πλάτος των φυλλαρίων, με τον ΗΜU-11 με πλάτος φυλλαρίων 57,8 mm αποκλίνει σε αυτό το μορφολογικό χαρακτηριστικό. Στα υπόλοιπα μορφολογικά γνωρίσματα της βλάστησης και οι 3 διερευνούμενοι φαινότυποι χαρακτηρίζονται από κυρτή πράσινη ράχη φύλλων και ανοιχτού πράσινου χρώματος φυλλάρια, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 7,84 στον ΗΜU-11 έως 8,99 στον ΗΜU-15. Παρόμοιο αριθμό φυλλαρίων με το 60% των φύλλων να έχει 8 φυλλάρια έχει και η ποικιλία Τηλλυρίας (Orphanos and Paraconstantinou, 1969).

Για το μήκος της ταξιανθίας της ποικιλίας Τηλλυρίας δεν βρέθηκαν διαθέσιμα στοιχεία. Όμως από φωτογραφίες της εργασίας των Orphanos and Paraconstantinou (1969) παρατηρείται ότι οι ταξιανθίες της Τηλλυρίας έχουν κυρτό σχήμα. Το χαρακτηριστικό αυτό παρατηρείται και στους φαινότυπους ΗΜU-11, ΗΜU-13 και ΗΜU-15 που καλλιεργούνται στη Κρήτη, με τις ταξιανθίες της ΗΜU-11 να διαφοροποιείται και σε αυτό το χαρακτηριστικό έχοντας λιγότερο κυρτές ταξιανθίες. Παρότι η Τηλλυρία θεωρείται κατά βάση «θηλυκή» ποικιλία σε ορισμένες περιοχές της Κύπρου εντοπίζονται κάποια δέντρα με ερμαφρόδιτα άνθη (Orphanos and Paraconstantinou, 1969). Δέντρα Τηλλυρίας με ερμαφρόδιτα άνθη έχουν εντοπιστεί και στο Ισραήλ, χωρίς όμως οι στήμονες τους να φέρουν βιώσιμη γύρη (Ticho, 1958). Ερμαφρόδιτα άνθη με κίτρινους στήμονες εντοπίστηκαν επίσης να φέρουν 2 από τα διερευνούμενα δέντρα του φαινότυπου ΗΜU-13 στη Κρήτη. Αντιθέτως οι φαινότυποι ΗΜU-11 και ΗΜU-13 φέρουν τις τυπικές θηλυκές ταξιανθίες δημιουργώντας ερωτήματα στο κατά πόσο μπορούν οι 3 αυτοί φαινότυποι να ταυτιστούν απόλυτα.

Ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των καρπών των φαινότυπων ΗΜU-11, ΗΜU-13 και ΗΜU-15 το μήκος τους που είναι 162, 165,3 και 167,8 mm, αντίστοιχα, είναι παρόμοιο με το μήκος (168 mm) των καρπών της Τηλλυρίας (Orphanos and Paraconstantinou, 1969). Παρόμοιο είναι επίσης και το πάχος της κοιλιακής και ραχιαίας ραφής των φαινότυπων ΗΜU-13 και ΗΜU-15 οι οποίοι εντάσσονται στις ίδιες ομάδες με το πάχος της κοιλιακής τους ραφής όπως συμβαίνει και στους καρπούς της Τηλλυρίας να είναι μεγαλύτερο από αυτό της ραχιαίας ραφής.

Πέρα όμως από τα παραπάνω, οι καρποί των φαινότυπων ΗΜU-13 και ΗΜU-15 και σε μικρότερο βαθμό οι καρποί του φαινότυπου ΗΜU-11 φέρουν στην κοιλιακή ραφή τη χαρακτηριστική ακμή που φέρει και η ποικιλία Τηλλυρίας. Ταυτόχρονα, παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα και στο σχήμα και χρώμα των σπερμάτων τα οποία τόσο στους διερευνούμενους φαινότυπους όσο και στην Τηλλυρία είναι κυκλικά πεπλατυσμένα και καφέ. Τέλος, η συσχέτιση των φαινότυπων ΗΜU-13 και ΗΜU-15 με την ποικιλία Τηλλυρίας πιστοποιείται από τις 2 επιμήκεις αύλακες που δημιουργεί κατά μήκος των πλευρών του καρπού τους η μεγάλη διαφορά πάχους μεταξύ των ραφών και της μέσης, καθώς επίσης και από τις διαγώνιες προεκβολές των παχύτερων πλευρών οι οποίες εκτεινόμενες εγκάρσια ενώνουν σε κάποια

σημεία σαν διογκωμένες γραμμές τις δύο ραφές. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά που εντοπίζεται περισσότερο στους φαινότυπους ΗΜU-13 και ΗΜU-15 και σε μικρότερο βαθμό στον ΗΜU-11 αποτελούν σύμφωνα με το Coit (1967) χαρακτηριστικά γνωρίσματα των καρπών της Τηλλυρίας.

Κάποια αποτελέσματα από τις μετρήσεις των μορφολογικών χαρακτηριστικών του φαινότυπου ΗΜU-9, όπως το μήκος της ράχης των φύλλων, το μήκος και η επιφάνεια των φυλλαρίων και το βάρος των καρπών φαίνεται να συγκλίνουν με αυτά των φαινότυπων ΗΜU-11, ΗΜU-13 και ΗΜU-15. Ομοιότητα εντοπίζεται επίσης και ως προς την ύπαρξη ακμής και τη δυσκολία δρέψης των καρπών τους. Όμως η διαφοροποίηση του σε αρκετά μορφολογικά γνωρίσματα όπως η κρεμοκλαδή ανάπτυξη της κόμης του, το κόκκινο χρώμα της ράχης των φύλλων, το μικρότερο μήκος των καρπών και το διαφορετικό σχήμα των σπερμάτων του απομακρύνει τη πιθανότητα να συσχετίζεται με τους παραπάνω φαινότυπους.

Ένας άλλος φαινότυπος που λόγο ονόματος μπορεί να συνδέεται με τις Κυπριακές ποικιλίες είναι ο φαινότυπος ΗΜU-12 ο οποίος αποκαλείται στη περιοχή που εντοπίστηκε «Κυπρέϊκα». Ο φαινότυπος αυτός φαίνεται με βάση την περιγραφή των Orphanos and Paraconstantinou (1969) να παρουσιάζει κάποιες ομοιότητες με την κυπριακή ποικιλία «Κουμποτά». Ποιο συγκεκριμένα αμφότερες έχουν κρεμοκλαδές σχήμα κόμης με κόκκινους νεαρούς βλαστούς, παρόμοιο μήκος φυλλαρίων (ΗΜU-12=63,10 mm, Κουμποτά = 58±5,2mm), παρόμοιο πλάτος φυλλαρίων (ΗΜU-12= 43,0mm , Κουμποτά= 40±4.1 mm) και κυρτούς καφέ χρώματος καρπούς. Εντούτοις, οι σημαντικές τους διαφορές στο μήκος των καρπών που είναι 167,3 mm για τον ΗΜU-12 και 197±8,4 mm για τη Κουμποτά, στο πάχος των καρπών καθώς και στο μήκος του ποδίσκου και του στίγματος, μάλλον απομακρύνουν το ενδεχόμενο να ταυτίζονται οι δύο αυτές ποικιλίες.

Από τους υπόλοιπους διερευνούμενους φαινότυπους ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται να έχουν ο ΗΜU-5 για το σχετικά μεγάλο μέγεθος καρπού και αριθμού σπερμάτων, ο ερμαφρόδιτος φαινότυπος ΗΜU-14, καθώς και οι ιδιαίτεροι και εντυπωσιακοί φαινότυποι ΗΜU-8 και ΗΜU-10. Ο φαινότυπος ΗΜU-14 είναι ο πρώτος ερμαφρόδιτος φαινότυπος που αναφέρεται να εντοπίζεται στην Ελλάδα. Το μικρό βάρος και πάχος των καρπών του τον κατατάσσουν μάλλον στους άγριους πληθυσμούς. Παρόλα αυτά, η μεγάλη του παραγωγή (68kg/δέντρο), η μεγάλη του απόδοση σε σπέρματα (18,97%), η εύκολη αποκοπή των καρπών, και η παραγωγή γύρης, υποδεικνύουν την ανάγκη περαιτέρω διερεύνηση του.

Ο φαινότυπος ΗΜU-8 λόγω των αρκετά πλατιών καρπών του (30,9mm) αποτελεί ένα επίσης ενδιαφέρον φαινότυπο. Η ύπαρξη του φαινότυπου αυτού στη Κρήτη και η επισημάνση του μεγάλου πλάτους της, αναφέρεται από το Χατζηνικολάου (1982) χωρίς ωστόσο να δίνονται περισσότερα στοιχεία για τις περιοχές καλλιέργειας και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Πιθανότατα πρόκειται για τον πλατύτερο φαινότυπο που έχει εντοπιστεί έως σήμερα. Η μοναδική ποικιλία με παρόμοιο πλάτος (30,1 mm) και εμφάνιση που αναφέρεται στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία είναι η αλγερινή ποικιλία «Clef» (Boublenza, 2019).

Ακόμα ποιο εντυπωσιακός ως προς το μέγεθος του είναι ο φαινότυπος ΗΜU-10 ο οποίος με μέσο βάρος καρπών 33,20 g και μήκος 202,1 mm αποτελεί το βαρύτερο και ένα από τους μεγαλύτερους φαινότυπους που έχουν καταγραφεί έως σήμερα. Το μεγάλο μέγεθος των καρπών του παραπέμπει στους επίσης μεγάλους καρπούς του φαινότυπου g4 της έρευνας των Kalaitzakis et al., (1987) από τους οποίους όμως διακρίνεται εύκολα λόγω του μεγαλύτερου πλάτους, του μικρότερου ποδίσκου και του επίσης μικρότερου στίγματος του.

6 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω από τη παρούσα έρευνα εντοπίστηκε μια ομάδα 3 διαφορετικών αλλά με κάποια κοινά χαρακτηριστικά φαινότυπων (ΗΜU-1, ΗΜU-2, ΗΜU-3),

μια δεύτερη ομάδα (HMU-11, HMU-13 και HMU-15) που πιθανών σχετίζεται με τη Κύπρο, 8 φαινότυποι με ποικίλα χαρακτηριστικά και 1 ερμαφρόδιτος φαινότυπος. Η πρώτη ομάδα φαίνεται να συσχετίζεται με τα «Ημερα συν. Κρητικά» που αναφέρεται από τους συγγραφείς Kalaitzakis et al.(1988) και Tous and Batlle, (2013). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας η ομάδα αυτή, δεν αποτελεί μία ενιαία ποικιλία όπως αναφέρεται από τους εν λόγω ερευνητές, αλλά μια ομάδα από διακριτούς μεταξύ τους φαινότυπους, στην οποία εκτός από τους HMU-1, HMU-2, HMU-3 φαίνεται να εντάσσονται τόσο ο φαινότυπος g3 της έρευνας των Kalaitzakis et al. (1988), όσο και η ποικιλία Kandia (= Ηράκλειο και Κρήτη στα Λατινικά) που μάλλον έχει εισαχθεί στην Ισπανία από τη Κρήτη (Tous, 1985). Ο Ποντίκης, (1996) παραθέτει σωστά τα «Κρητικά» ως μία γενική ομάδα που περιλαμβάνει περισσότερους από έναν φαινότυπους. Όμως στην ομάδα αυτή εντάσσει και φαινότυπους όπως ο (HMU-9) κάτι που σύμφωνα με τα στοιχεία της παρούσας εργασίας δεν ισχύει, μιας και ο συγκεκριμένος φαινότυπος αποκλίνει σημαντικά από τα μορφολογικά γνωρίσματα της ομάδας των «Ημερων-Κρητικών».

Όσον αφορά την ομάδα των κυπριακών φαινότυπων, σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας των Orphanos and Paraconstantinou (1969) φαίνεται στην Κύπρο ανάλογα με τη περιοχή να υπάρχουν διαφορετικές παραλλαγές της «Τηλλυρίας». Οι φαινότυποι αυτοί παρότι σε αρκετές περιπτώσεις έχουν μεταξύ τους σημαντικές διαφορές, περιγράφονται όπως γίνεται και για τα «Ημερα» στη Κρήτη ως μια ποικιλία. Έτσι για παράδειγμα, στην περιοχή Σούνι οι καρποί φαίνεται να έχουν μικρότερο στίγμα σε σχέση με αυτούς της Πανάγρας, στη περιοχή Σκαρινού μικρότερο μήκος καρπών από ότι στη περιοχή Πύργος που είναι αρκετά μεγαλύτεροι, ενώ στο Κόμα του γιαλού εντοπίζονται δέντρα ακόμα και με ερμαφρόδιτα άνθη (Orphanos and Paraconstantinou, 1969). Παρόμοιες διαπιστώσεις σχετικά με τη ύπαρξη αρκετών φαινότυπων με μεγάλη μορφολογική παραλλακτικότητα που συσχετίζονται γενετικά με τη Τυλλυρίας στη Κύπρο έχουν κάνει και οι Kyratzis et al (2021).

Αυτή η παραλλακτικότητα της Τηλλυρίας στη Κύπρο ίσως ερμηνεύει τις διαφορές μεταξύ των κυπριακών φαινότυπων που καλλιεργούνται στην Κρήτη. Ο φαινότυπος HMU-13 για παράδειγμα, φέρει σε αρκετά δέντρα ερμαφρόδιτες ταξιανθίες, έχει μικρότερο πλάτος αλλά μεγαλύτερο στίγμα σε σχέση με τον HMU15 ο οποίος φέρει μόνο θηλυκές ταξιανθίες και καρπούς με μικρότερο και πιο πεπλατυσμένο στίγμα. Η απόκλιση του φαινότυπου HMU-11 με την περιορισμένη εμφάνιση της χαρακτηριστικής ακμής στους καρπούς και τα στενότερα φυλλάρια είναι ακόμα μεγαλύτερη.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, οι επιμέρους μορφολογικές διαφορές των Κυπριακών φαινότυπων που καλλιεργούνται στη Κρήτη μπορούν να αποδοθούν στην εισαγωγή τους από διαφορετικές περιοχές της Κύπρου. Έτσι ο φαινότυπος HMU-15 φαίνεται να μην αποτελεί ένα κρητικό φαινότυπο όπως αναφέρεται από τον Χατζηνικολάου, (1982) αλλά μια παραλλαγή της κυπριακής «Τηλλυρίας».

Σε γενικές γραμμές οι περισσότεροι φαινότυποι που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας στο νησί φαίνεται να έχουν επιστημονικό και καλλιεργητικό ενδιαφέρον. Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων, επιχειρήθηκε η διερεύνηση της προέλευσης τους, καθώς και μια πρώτη περιγραφή και αξιολόγηση τους. Από τα αποτελέσματα προκύπτουν για κάθε φαινότυπο ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά ικανά να τους διακρίνουν σε σημαντικό βαθμό από άλλους φαινότυπους.

Τα χαρακτηριστικά αυτά θα μπορούν στο μέλλον σε συνδυασμό με βιοχημικές και μοριακές μεθόδους, να προσδιορίζουν και ταυτοποιούν με ακρίβεια τον κάθε φαινότυπο. Τέλος κρίνεται αρκετά σημαντικό στα πλαίσια της διαφαινόμενης ανάπτυξης της χαρουποκαλλιέργειας, οι φαινότυποι αυτοί να διερευνηθούν περεταίρω ως προς τα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών τους, έτσι ώστε στο μέλλον να μπορούν να αξιοποιηθούν με το καλύτερο δυνατό τρόπο.

Βιβλιογραφία

- Abu Hafsa, S. H., Ibrahim, S. A., and Hassan, A. A. 2017. Carobpods (*Ceratonia siliqua* L.) improve growth performance, antioxidant status and caecal characteristics ingrowing rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(6):1307–1315
- Al-Ghzawi, A. A. M., Zaitoun, S. and Alwedyan, M. 2014. Pollination requirement of carob trees *Ceratonia Siliqua* grown under semiarid conditions. *Advances in Environmental Biology*, 8(22) :131–137.
- Anderson, T. R., Hawkins, E., and Jones, P. D. 2016. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*, 40(3): 178-187.
- Barracosa, P., Osorio, J., and Cravador, A. 2007. Evaluation of fruit and seed diversity and characterization of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cultivars in Algarve region. *Scientia Horticulturae*, 114(4): 250-257 Διαθέσιμο στο : <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.06.024> [Πρόσβαση στις 10 φεβρουαρίου 2023]
- Batlle, I. and Tous, J. 1997. *Carob tree Ceratonia siliqua* L.
- Baumel, A. et al. 2022. Genome-wide footprints in the carob tree (*Ceratonia siliqua*) unveil a new domestication pattern of a fruit tree in the Mediterranean. *Molecular Ecology*, (Thompson 2020). doi: 10.1111/mec.16563.
- Bibilone, J. 2011. *Ceratonia siliqua*, the fodder of Lapland reindeers. Mudani-garden. [blogspot] Διαθέσιμο στο : <http://mundani-garden.blogspot.com/2011/06/> [Πρόσβαση στις 24 Ιανουαρίου 2023]
- Bottema, S. and Sarpaki, A. 2003. Environmental change in Crete: A 9000-year record of Holocene vegetation history and the effect of the Santorini eruption. *Holocene*, 13(5): 733–749. doi: 10.1191/0959683603hl659rp.
- Boublenza, I., Ghezlaoui, S., Mahdad, M., Vasai, F., and Chemat, F. 2019. Algerian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations. Morphological and chemical variability of their fruits and seeds. *Scientia Horticulturae*, 256, 108537. Διαθέσιμο στο : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819304200> [Πρόσβαση στις 12 Φεβρουαρίου 2023]
- Brassesso, M. E., Brandão, T. R., Silva, C. L., & Pintado, M. (2021). Carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): A new perspective for functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 114: 310-322.
- Brito de Carvalho, J.H. 1988a. Criteria for evaluation of carob varieties. pp. 558-566 in *Proceedings of the II International Carob Symposium* (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain.
- Brooks, R.M. and H.P. Olmo. 1972. *Register of New Fruit and Nut Varieties*, pp. 180-181. 2nd edition. University of California
- CAPTE, 2022. [website] Caroubier et symbioses: une histoire méditerranéenne ancienne revisitée. Διαθέσιμο στο : <https://capte.io/caroubier-et-symbioses-une-histoire-mediterranee-ancienne-revisitee/amp/> [Πρόσβαση στις 18 Δεκεμβρίου 2022]
- Caruso, M., Distefano, G., Ye, X., La Malfa, S., Gentile, A., Tribulato, E., & Roose, M. L. 2008. Generation of expressed sequence tags from carob (*Ceratonia siliqua* L.) flowers for gene identification and marker development. *Tree Genetics & Genomes*, 4 : 869-879.
- Christodoulakis, N. S., Menti, J. and Galatis, B. 2002. Structure and development of stomata on the primary root of *Ceratonia siliqua* L., *Annals of Botany*, 89(1), 23–29. doi: 10.1093/aob/mcf002.

- Coit, J.E. 1949. Carob culture in the semi-arid southwest. Ed. W. Rittenhouse, San Diego, California.
- Coit, J.E. 1951. Carob or St. John's Bread. *Econ. Bot.* 5:82-85.
- Coit, J. E. 1967. Carob varieties for the semi-arid southwest. *Fruit Varieties and Horticultural Digest*, January 1967.
- Correia, P.J. and M.A. Martins-Loução. 1993. Effect of N-nutrition and irrigation on fruit production of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Physiol. Plantarum*, 89:669-672.
- Correia, P.J., I. Anastacio, M.F. Candeiras, and M.A. Martins-Loução. 2002. Nutritional diagnosis in carob-tree (*Ceratonia siliqua*, L.) relationships between yield and leaf mineral concentration. *Crop Sci*, 42:1577–1583.
- Correia, P.J. 2007. Irrigation and fertilization of carob-tree (*Ceratonia siliqua*, L.) some guidelines. *NucisNewslett*, 14, 26–29.
- Correia, P. J., Pestana, M. and Martins-Loução, M. A. 2003. Nutrient deficiencies in carob (*Ceratonia siliqua* L.) grown in solution culture', *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(6), 847–852. doi: 10.1080/14620316.2003.11511708.
- Crescimanno, F.G., A. De Michele, R. Di Lorenzo, G. Occorso and A. Raimondo. 1988. Aspetti morfologici e carpologici di cultivar di carrubo (*Ceratonia siliqua* L.). Pp. 169-181 in *Proceedings of the II International Carob Symposium* (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain
- Christou, C., Agapiou, A., and Kokkinofa, R. 2018. Use of FTIR spectroscopy and chemometrics for the classification of carobs origin. *Journal of Advanced Research*, 10, 1-8.
- Cruz, C., J.J. Green, C.A. Watson, F. Wilson, and M.A. Martins-Loucao. 2004. Functional aspects of root architecture and mycorrhizal inoculation with respect to nutrient uptake capacity. *Mycorrhiza* 14(3):177–184.
- Custódio, L., Nogueira, J. M. F. and Romano, A. 2004. Sex and developmental stage of carob flowers affects composition of volatiles. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(5), 689–692. doi: 10.1080/14620316.2004.11511827.
- Dafni, A., Marom-Levy, T., Jürgens, A., Dötterl, S., Shimrat, Y., Dorchin, A., ... and Witt, T. 2012. Ambophily and “super generalism” in *Ceratonia siliqua* (Fabaceae) pollination. *Evolution of Plant-Pollinator Relationships* :326-355.
- Dafni, A. 2013. *Ceratonia* paper. Διαθέσιμο στο : <https://www.researchgate.net/publication/237100851>
- Dankers, R. and Feyen, L. 2008. Climate change impact of on flood hazard in Europe : an assessment based on high resolution climate simulations *journal of geophysical research* Wiley online library. Διαθέσιμο στο : <https://doi.org/10.1029/2007JD009719> [Πρόσβαση στις 28 Δεκεμβρίου 2022]
- Daniel, P. 1972. The carat—its origin as a unit of weight for diamond. *Phys. Educ.*;7:454–455. Διαθέσιμο στο : doi:10.1088/0031-9120/7/7/317
- De Angelis, P., K.S. Chigwerewe, and G.E.S. Mugnossa. 2000. Litter quality and decomposition in a CO2 enriched Mediterranean forest ecosystem. *Plant and Soil* 224:31-41.
- EFSA Panel on Food Additives Nutrient Sources added to Food (ANS), Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Frutos, M. J. and Dusemund, B. 2017. Re-evaluation of locust bean gum (E 410) as a food additive. *Efsa Journal*, 15(1), e04646.
- Einarson, B. 1976. *Theophrastus, De causis plantarum 1*. Edited and translated into English by Einarson B, Link GKK Cambridge, MA: Harvard University Press, London: Heinemann.
- El-Soda, A. S., Elhusseiny, A. M., Hammad, A. A., and El-Arabi, N. I. 2016. Using different methods to produce vegetative carob seedlings. *Egypt J Hort*, 43(2): 241-257.
- 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. et al. 2017. Improved rooting capacity and hardening efficiency of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cuttings using arbuscular mycorrhizal fungi'. Archives of Biological Sciences, 69(2): 291–298. doi: 10.2298/ABS160307100E.
- Expert Market Research. 2018. Global Carob Bean Gum Market (2018-2028). Διαθέσιμο στο: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/carob-bean-gum-market/toc> [Πρόσβαση στις 27 Μαρτίου 2023]
- FACT. MR . 2022. Carob Powder Market Outlook (2022 - 2032). Διαθέσιμη στο: <https://www.factmr.com/report/carob-powder-market> [Πρόσβαση στις 28 Μαρτίου 2023]
- Fahn, A. 1953. Annual wood ring development in maquis trees of Israel. Palest. J. Bot., Jerusalem Ser. 6:1–26.
- FAO.2017.Crops Statistics. Διαθέσιμο στο: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> [Πρόσβαση στις 16 Νοεμβρίου 2022].
- Fallourd, M. J., and Viscione, L.2009. Ingredient selection for stabilisation and texture optimisation of functional beverages and the inclusion of dietary fibre. In Functional and speciality beverage technology (pp. 3-38). Woodhead Publishing.
- Genadios., F. 1902. The carob tree. Printed at the Government printing office, Nicosia, Cyprus.
- Geraldo, D. A. N. I. E. L., Correia, P. J., Filipe, J. O. S. É., and Nunes, L. U. Í. S. 2010. Carob-tree as CO2 sink in the carbon market. Advances in Climate Changes, Global Warming, Biological Problems and Natural Hazards, 119-122.
- 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 : 41-51.
- Gharnitl, N., El Mtile, N., Ennabili, A., and Sayah, F. 2006. Pomological characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from the province of Chefchaouen (NW of Morocco).
- Gharnit, N., and Ennabili, A. 2016. Categories of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from morocco. International Journal of Fruit Science, 16(3): 259-274.
- Goldblatt, P. 1981. Cytology and the phylogeny of the Leguminosae. Advances in Legume Systematics. Vol. 2: 427-464 (R.M. Polhill and P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, England.
- Hakim, L., Islam, M., Mamun, A., Ahmed, G., and Khan, R. 2010. Clonal propagation of Carob *Ceratonia siliqua* L., Fabaceae). Bangladesh Journal of Botany, 39(1) : 15–19.
- Haselberg, C. von. 1988. A contribution to the classification and characterisation of female and male varieties of *Ceratonia siliqua* L. 137-151 in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.).Valencia, Spain.
- Hasalberg, C.von D. 2000. Vegetative Growth and Flower and Fruit Development in Carob Tree (*Ceratonia siliqua* L.) with Special Emphasis on Environmental Conditions at Marginal Production Sites in South Portugal', (January 2000). doi: 10.13140/2.1.3414.3048.
- Hartmann, H.T. and D.E. Kester. 1983. Plant Propagation. Principles and Practices. 4th edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hett, W. S. 1975. Aristotel. On the Soul, Parva Naturalia on Breath: With an English Transl. by WS Hett. Harvard University Press.
- Hillcoat, D., G. Lewis and B. Verdcourt. 1980. A new species of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinoideae) from Arabia and the Somali Republic. Kew Bull. 35(2):261-271.
- Hort, A. 1968. Theophrastus, Enquiry into plants 1. Edited and translated into English by Hort, A. Cambridge, MA: Harvard University Press, London: Heinemann.
- Hsina, T., and Mtili, N. E. 2009. In vitro micrografting of mature carob tree (*Ceratonia siliqua* L.). The Open Horticulture Journal, 2(1).
- Ilahi, I. and Vardar, Y. 1976. *Ceratonia siliqua*. 108:105–108.

- Irwin, H.S. and R.C. Barneby. 1981. Cassieae. Pp. 97-106 in *Advances in Legume Systematics*. Vol. 1 (R.M. Polhill and P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, England.
- Jadrane, I., Dounas, H., Kouisni, L., Aziz, F., and Ouahmane, L. 2021. Inoculation with selected indigenous mycorrhizal complex improves *Ceratonia siliqua*'s growth and response to drought stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1): 825-832.
- Jones, H. L. and Sterrett, J. R. S. 1967. *The Geography of Strabo*. W. Heinemann (Half-title: The Loeb classical library. [Greek authors]). Διαθέσιμο στο: <https://books.google.gr/books?id=2FCEAAAAIAAJ>.
- Kalaitzakis, J., Mitrakos, K., and Marakis, S. 1988. Carob tree varieties from Cret (Greece). In *Proceedings of the III International Carob Symposium* (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain., 291-301).
- Kassout, J., Hmimsa, Y., El Fatehi, S., El Ouahrani, A., Kadaoui, K., Chakkour, S., ... and Ater, M. 2022. Image analysis of Moroccan carob seeds (*Ceratonia siliqua* L.) revealed substantial intraspecific variations depending on climate and geographic origin. *Ecological Processes*, 11(1): 1-14.
- Kauf, Z., Fangmeier, A., Rosavec, R., and Španjol, Ž. 2015. Seasonal and local differences in leaf litter flammability of six Mediterranean tree species. *Environmental management*, 55: 687-701.
- Kokkinofta, R., Yiannopoulos, S., Stylianou, M. A., And Agapiou, A. 2020. Use of chemometrics for correlating carobs nutritional compositional values with geographic origin. *Metabolites*, 10(2):62.
- Korkmaz, N., Akin, M., Koc, A., EYDURAN, S., İlhan, G., SAĞBAŞ, H., and Ercişli, S. 2020. Morphological and biochemical diversity among wild-grown carob trees (*Ceratonia siliqua* L.). *Folia Horticulturae*, 32(1). Διαθέσιμο στο : <https://sciendo.com/abstract/journals/fhort/32/1/article-p69.xml> . [Πρόσβαση στις 26 Μαρτίου 2023]
- Kumazawa S., Taniguchi M., Suzuki Y., Shimura M., Kwon M .S., and Nakayama T. 2002. Antioxidant Activity of Polyphenols in Carob Pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:373-377
- Kuzmenko, M. 2021. How To Measure Leaf Area With ImageJ. www.petiolepro.com [Website]. Διαθέσιμο στο: <https://www.petiolepro.com/blog/how-to-measure-leaf-area-with-imagej/> . [Πρόσβαση στις 6 Σεπτεμβρίου 2022]
- Kyrtziz, A. C., Antoniou, C., Papayiannis, L. C., Graziani, G., Roupheal, Y., and Kyriacou, M. C. 2021. Pod morphology, primary and secondary metabolite profiles in non-grafted and grafted carob germplasm are configured by agro-environmental zone, genotype, and growing season. *Frontiers in Plant Science*, 11, 612376.
- Kyriacou, M. C. et al. 2021. Mapping the primary and secondary metabolomes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) fruit and its postharvest antioxidant potential at critical stages of ripening', *Antioxidants*, 10(1):1–21. doi: 10.3390/antiox10010057.
- Lee, C.L., J.L. Paul and W.P. Hackett. 1977. Promoting of rooting in stem cuttings of several ornamental plants by pretreatment with acid or base. *HortScience* 12(1):41-42.
- Liphschitz, N., and S. Lev-Yadun. 1988. Cambial activity of evergreen and seasonal dimorphics around the Mediterranean. *Iowa Bull.* 7 (2):145–153.
- Lloveras, J. and J. Tous. 1992. Response of carob tree to nitrogen fertilization. *HortScience* 27(7):849.
- L'opez-Gambero, A. J., Sanjuan, C., Serrano-Castro, P. J., Su'arez, J., & Rodríguez de Fonseca, F. 2020. The biomedical uses of Inositols : A nutraceutical approach to metabolic dysfunction in aging and neurodegenerative diseases. *Biomedicine*. 8 (295): 1–40.
- Mahfoud, H., Ameen, T., Kazngi, F., and Nasser, S. 2018. Morphological and genetic variability of natural Syrian carob (*Ceratonia Silique* L.). *International Journal of Agriculture & Environmental Science*., 5(2): 70-76.

- Mahmoudi, S., Mahmoudi, N., Benamirouche, K., Estévez, M., Abou Mustapha, M., Bougoutaia, K., & Djoudi, N. E. H. B. 2022. Effect of feeding carob (*Ceratonia siliqua* L.) pulp powder to broiler chicken on growth performance, intestinal microbiota, carcass traits, and meat quality. *Poultry Science*, 101(12) : 102186.
- Malfa SL, Tribulato E, Gentile A, Ventura M, Gioacchini P, Tagliavini M. 2010. 15N natural abundance technique does not reveal the presence of nitrogen from biological fixation in field grown carob (*Ceratonia siliqua* L.) trees. *Acta Horticulturae* (868): 191-196. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.868.22>
- Meikle, R.D. 1977. *Flora of Cyprus I* :589-591. Royal Botanic Gardens Kew, England.
- Merwin, M.L. 1981. The culture of carob (*Ceratonia siliqua*) for food, fodder and fuel in semi-arid environments. International Tree Crops Institute USA Inc., California.
- Meyer, R. S., Duval, A. E. and Jensen, H. R. 2012. Patterns and processes in crop domestication: An historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist*, 196(1): 29–48. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04253.x.
- Milankovitch, M. M. 1941. Canon of insolation and the ice-age problem: Koniglich Serbische Akademie, Beograd. English translation by the Israel program for scientific translation, published for the US Department of Commerce and the National Science Foundation, Washington, DC.
- Naghmouchi, S., Khouja, M. L., Romero, A., Tous, J., and Boussaid, M. 2009. Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of pods and kernel. *Scientia Horticulturae*, 121(2): 125-130.
- NAS (National Academy of Science). 1979. Tropical legumes: Resources for the future. Washington DC :109–116.
- Nazan, K., Meleksen, A., Aysen, K., Peral, E. S., Gulce, I., Ibrahim, S. H., and Sezai, E. 2020. Morphological and biochemical diversity among wild-grown carob trees (*Ceratonia siliqua* L.).
- OLIVIER, G.A. 1801. TRAVELS IN THE OTTOMAN EMPIRE, EGYPT, AND PERSIA , UNDERTAKEN BY ORDER OF THE GOVERNMENT OF FRANCE, DURING THE FIRST SIX YEARS OF THE REPUBLIC, LONDON: PRINTED FOR T. N. LONGMAN AND O. REES, PATERNOSTER -ROW, pages [e-book] 1-575, Διαθέσιμο στο : <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.hn3f5a&view=1up&seq=234> [Πρόσβαση στις 10 Δεκεμβρίου 2023]
- Omran, M. A., Hassan, A. Z., and Mohamed, H. N. 2018. MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL GENETIC IDENTIFICATION OF THREE FEMALE EGYPTIAN CAROB (*Ceratonia siliqua* L.) STRAINS. *Egyptian Journal of Agricultural Sciences*, 69(4) : 387-401
- Omran, M. A., and Hassan, A. Z. 2019. Effect of Some Factors Affecting Selected Carob Strain (*Ceratonia siliqua* L.) Propagation by Grafting. *Journal of Plant Production*, 10(11): 903-910.
- Orphanos, P.I. and J. Papaconstantinou. 1969. The carob varieties of Cyprus. Tech. Bull. 5. Cyprus Agricultural Research Institute. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Nicosia.
- Palacios-Rodríguez, G., Quinto, L., Lara-Gómez, M.A., Pérez-Romero, J., Recio, J.M., Álvarez-Romero, M., Cachinero-Vivar, A.M., Hernández-Navarro, S. and Navarro-Cerrillo, R.M. 2022. Carbon Sequestration in Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Plantations under the EU Afforestation Program in Southern Spain Using Low-Density Aerial Laser Scanning (ALS) Data. *Forests* 2022, 13, 285. Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.3390/f13020285> [Πρόσβαση στις 16 φεβρουαρίου 2023]
- Palamarev, E. 1989. Paleobotanical evidences of the Tertiary history and origin of the Mediterranean sclerophyll dendroflora', *Plant Systematics and Evolution*, 162(1–4):93–107. doi: 10.1007/BF00936912.
- Palaiogianni, A., Stylianou, M., Sarris, D., Agapiou, A. 2022. Carob-Agro-Industrial Waste and Potential Uses in the Circular Economy. In: Ramadan, M.F., Farag, M.A. (eds)

- Mediterranean Fruits Bio-wastes. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3_33
- Papaefstathiou, E., Agapiou, A., Giannopoulos, S., & Kokkinofa, R. 2018. Nutritional characterization of carobs and traditional carob products. Food science & nutrition, 6(8):2151-2161.
- Ramón-Laca, L. and Mabberley, D. J. 2004. The ecological status of the carob-tree (*Ceratonia siliqua* , Leguminosae) in the Mediterranean. Botanical Journal of the Linnean Society, 144:431–436. Διαθέσιμο στο : <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2003.00254.x> [Πρόσβαση στις 24 Φεβρουαρίου 2023]
- Rasband WS (2018) ImageJ. U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. <http://imagej.nih.gov/ij/>
- Renfrew, C. 1996. Language families and the spread of farming. In Harris D, ed. The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia. London: UCL Press, 70–92.
- Retana, J., Ramoneda, J. . and Garcia del Pino, F. 1990 ‘Importancia de los insectos en la polinización del algarrobo’, *Bol. San. Veg. Plagas*, 16: 143–150.
- Retana, J., Ramoneda, J., Garcia del Pino, F., & Bosch, J. 1994. Flowering phenology of carob, *Ceratonia siliqua* L.(Cesalpiniaceae). Journal of horticultural science, 69(1) : 97-103.
- Rima, K. 2021. Morpho-ecological and phytochemical characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in Algeria (Doctoral dissertation, MINISTRY OF HIGHER EDUCATION).
- Russo, G., and Polignano, G. B. 1996. Variation of seed and fruit characters in *Ceratonia siliqua* L. cultivars. Genetic Resources and Crop Evolution, 43: 525-531.
- Sarpaki, A. and Kavroulaki, M. 2019. The carob through the ages and its use in Greece. CAROB TREE: The Coming Back. CONGRESS. 1st Mediterranean Conference, 19-21 April, 2019. Heraklion & Panormo, Crete, Greece, Διαθέσιμο στο: <http://carobmediteranet.gr/wpcontent/uploads/2020/06/carob-sarpaki-kavroulaki.pdf> [Πρόσβαση στις 11 Νοεμβρίου 2022]
- Saratsi, K., Hoste, H., Voutzourakis, N., Tzanidakis, N., Stefanakis, A., Thamsborg, S. M., ... & Sotiraki, S. 2020. Feeding of carob (*Ceratonia siliqua*) to sheep infected with gastrointestinal nematodes reduces faecal egg counts and worm fecundity. Veterinary Parasitology, 284, 109200.
- Sas, P. 1707StrabonosGeographikonbibloi17.[e-book]Strabonis Rerum geographicarum libri 17. Accedunt huic editioni, ad Casaubonianam 3. expressae, notae integrae G. Xylandri, Is. Casauboni, F. Morellii, Jac. Palmerii, selectae vero ex scriptis P. Merulae, J. Meursii, Ph.σ730 .Διαθέσιμο στο : <https://books.google.gr/books?id=VVZ9SFmWYQC>. [Πρόσβαση στις 19 Νοεμβρίου 2022]
- Schroeder, C.C. 1959. The floral situation of the carob in California. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 74:248-251
- Sfakiotakis, E.M. 1978. Germination in vitro of carob (*Ceratonia siliqua* L.) pollen. Z. Pflanzenphysiol. 89:443-447.
- Sidina, M. M., El Hansali, M., Wahid, N., Ouattmane, A., Boulli, A., and Haddioui, A. 2009. Fruit and seed diversity of domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) in Morocco. Scientia horticulturae, 123(1): 110-116.
- Srećec, S., Kremer, D., Karlović, K., Purgar, D. D., and Erhatic, R. 2017. Possible role of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in fire protection of agro-forest systems of Croatian south Adriatic islands regarding the similarities with other Mediterranean countries. 17th International Multidisciplinary Geoconference SGEM, 2017
- Ticho, R. J. 1958. Report to the Government of Cyprus on carob production. F.A.O. Report No. 974, Rome.
- Tous, J. 1985. Comercialización y variedades de algarrobo. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones de Extensión Agraria, núm. 1/85. H.D.
- Tous, J., and I. Batlle. 1990. El algarrobo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

- Tous, J., and Batlle, I. 2013 . The Carob tree: Botany, horticulture, and genetic resources. Horticultural Reviews Volume 41:385-456.
- Tucker, S. C. 1992 the Developmental Basis for Sexual Expression in *Ceratonia Siliqua* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae). American Journal of Botany, 79(3):318–327. doi: 10.1002/j.1537-2197.1992.tb14555.x.
- Turnbull, LA., Santamaria, L., Martorell, T., Rallo J and Hector A. 2006. Seed size variability: from carob to carats. Biol Lett. Sep 22;2(3):397-400. doi: 10.1098/rsbl.2006.0476. PMID: 17148413; PMCID: PMC1686184
- Viruel, J. et al. 2020. A strong east–west Mediterranean divergence supports a new phylogeographic history of the carob tree (*Ceratonia siliqua*, Leguminosae) and multiple domestications from native populations', Journal of Biogeography, 47(2) : 460–471. doi: 10.1111/jbi.13726.
- Waisel, Y. et al. 1997. Seasonal distribution of airborne pollen in the coastal plain of Israel', Aerobiologia, 13(2) :127–134. doi: 10.1016/S0393-5965(97)00222-9.
- Winer, N. 1980. The potential of the carob tree (*Ceratonia siliqua*) Intl. Tree Crops J. 1:15–26
- Watson, E. 2021. FoodNavigator. The situation is now at a tipping point for customers...' CP Kelco weighs in on soaring locust bean gum prices. Διαθέσιμο στο : <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2021/06/30/The-situation-is-now-at-a-tipping-point-for-customers-CP-Kelco-weighs-in-on-soaring-locust-bean-gum-prices> [Πρόσβαση στις 28 Μαρτίου 2023]
- Zeder, M. A. (2008) 'Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact', Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105(33) : 11597–11604. doi: 10.1073/pnas.0801317105.
- Zohary., D. 2002. Domestication of the carob. (*Ceratonia siliqua* L.). Israel Journal of Plant Sciences , 50 (sup1):141-145.
- Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. 2012. Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. OxfordUniversityPress.
- Αθανασιάδης, ΗΡ.Ν. 1986. Δασική φυτοκοινωνιολογία. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γαπούλη.
- Αλεξιάδου, Α. και Αλεξιάδου, Ε. 2013. Διατροφική αξία αλεύρων από φύτρο χαρουπιού, μελέτη της χημικής σύστασης τριών ποικιλιών της Κύπρου. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων.
- Αριστοτέλους, 1912. Περινεότητος και γήρως και ζωής και Θανάτου. ΚεφαλαιονΑ'.Μετάφραση Π.Γρατσιαίου. Αθήνα: Εκδόσεις Φέξη.
- Βασιλάκη, Ε. 2017. e-storieskritis.gr [website]Διαθέσιμοστο: https://www.e-storieskritis.gr/2017/04/blog-post_15.html[Πρόσβασηστις 20 Φεβρουαρίου 2023]
- Γερακιανάκη, Δ. 2022. IN VITRO ΡΙΖΟΒΟΛΙΑ ΚΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΦΑΙΝΟΤΥΠΩΝ ΧΑΡΟΥΠΙΑΣ (*CERATONIA SILIQUA* L.) . Πτυχιακή Διατριβή. ΕΛΜΕΠΑ.
- Ζώης, Α. 2009. Κνωσός, το εκστατικό όραμα. Ηράκλειο. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτη.
- Μαυρομάτης Γ. (1980). Το βιοκλίμα της Ελλάδος. Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλαστήσεως. Βιοκλιματικοί χάρτες. Δασική έρευνα 1: 1-63.
- Μαυρομάτης., Ε., και Παπαχατζής. Α. 2009. Καλλιέργεια δεντροκομικών φυτών. Λάρισα. Εκδόσεις Γραμμικό.
- Πέτροβα, Χ. 2021. Χάρτης των Μοναστηριών της Ανατολικής Κρήτης κατά την Ύστερη Ενετοκρατία (Καταγραφή του 1635-1637). ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΤΟΜΕΑΣΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ, ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ, σελίδες51, Διαθέσιμο στο: http://ikee.lib.auth.gr/record/332655/files/Diplomatiki_Petrova.pdf [Πρόσβαση στις 5 Ιανουαρίου 2023]

- Πολιουδάκη, Ε. 2016. Η επίδραση της αντιδιαπνευστικής ουσίας SNP στην διατηρησιμότητα μερικώς αφυδατωμένων δρεπτών τριαντάφυλλων. Πτυχιακή διατριβή. Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων. Ηράκλειο. Διαθέσιμο στο : <https://apothesis.lib.hmu.gr/bitstream/handle/20.500.12688/7651/PoliodakiEleni2016.pdf?sequence=1> [Πρόσβαση στις 10 Σεπτεμβρίου 2022]
- Ποντίκης, Κ. 1996. Ειδική δένδροκομία Ακρόδρυα-Πυρηνόκαρπα-Λουπά Καρποφόρα. Εκδόσεις Σταμούλης. Αθήνα – Πειραιάς 1996
- Πρωτόκολλο Κιότο. 1997. Άρθρο 2. Διαθέσιμο στο : <https://el.wikisource.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%9A%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%BF> [Πρόσβαση στις 26 Φεβρουαρίου 2023]
- Ραδόγλου, Κ. και Κορακάκη, Ε. 2012. Οι λειτουργίες των δασών στη γη: υδατικό στρες και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σ 61-76. Α.Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Καρέτσος και Γ. Κατσαδωράκης (επιμ. έκδοσης). Το δάσος: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση. WWF Ελλάς, Αθήνα.
- Σταυράκης, Ν. 1890. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ μετά διαφόρων γεωγραφικών ιστορικών αρχαιολογικών εκκλησιαστικών κτλ ειδήσεων περί της νήσου. [e-book]: Αθήνα. τυπογραφείον παλιγγενεσία Ιω. Αγγελόπουλου. Διαθέσιμο στο: <https://books.google.gr/books?id=0Kg0AQAAAMAJ&dq=%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%82%20%CE%BA%CE%AD%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82%20%CE%9A%CE%B1%CE%AF%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82&lr&hl=el&pg=PA1#v=onepage&q=%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%82%20%CE%BA%CE%AD%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82%20%CE%9A%CE%B1%CE%AF%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82&f=false> [Πρόσβαση στις: 21 Φεβρουαρίου 2023]
- Υ.Α.Α&Τ Ελλάδας. 2018. Πίνακας 3 Δενδρώδεις καλλιέργειες. Διαθέσιμο στο: <http://www.minagric.gr/index.php/el/pinakas-3-dendrodeis-monimes-kalliergeies> (Πίνακας σε Φύλλο εργασίας Excel). [Πρόσβαση στις 25 Ιανουαρίου 2023].
- Υ.Γ.Α.Α.&Π. Τμήμα Γεωργίας Κύπρου. 2016. Η καλλιέργεια της χαρουπιάς. Έκδοση 8/2016 Λευκωσία-ΚΥΠΡΟΣ Διαθέσιμο στο : [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?Open+Element](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?Open+Element) [Πρόσβαση στις: 28 Δεκεμβρίου 2022]
- Υφούλης, Α. 1988. Φυτική παραγωγή. Αθήνα. Εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Φραγκιαδάκης, Γ.Α., Ψαρουδάκη, Α. και Μουρατίδου, Θ. 2022. Παραδοτέο 5.1. ΕΛΜΕΠΑ. Διατροφική αξιοποίηση του χαρουπιού. Παραδοτέο στα πλαίσια της προγραμματικής σύμβασης «Δράσεις για την βέλτιστη αξιοποίηση του δυναμικού της χαρουπιάς στη περιφέρεια της Κρήτης». Διαθέσιμο στο : <file:///C:/Users/PC/Desktop/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B4%CE%BF%CF%84%CE%AD%CE%BF%20CAROB-5.1.pdf> [Πρόσβαση στις 2 Μαρτίου 2023]
- Χατζήνα, Φ. 2007. ΕΠΙΚΟΝΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ Ενότητα 1 η : Η προσφορά των μελισσών στην αγροτική οικονομία και στη διατήρηση του οικοσυστήματος μέσω της επικονίασης. Ινστιτούτο Μελισσοκομίας, Ε.Λ.Γ.Ο Δήμητρα. Διαθέσιμο στο : https://www.hellenic-beerresearch.gr/wpcontent/uploads/2015/01/POLLINATION_EPIKONIASI-II-2007.pdf [Πρόσβαση στις 10 Νοεμβρίου 22].
- Χατζηνικολάου, Φ. 1982. Η καλλιέργεια της ξυλοκερατιάς στο νομό Ρεθύμνης, Τεχνολογική επεξεργασία των καρπών και προοπτικές επεκτάσεως της καλλιέργειας. Πτυχιακή μελέτη υποβληθείσα στη Γεωπονική σχολή Αθηνών.

- Χονδροπούλου, Μ. 2010. Αξιολογήση του γεωργοπεριβαλλοντικού μέτρου της πολιτικής της ευρωπαϊκής ένωσης για τη « δάσωση γεωργικών γαιών ». Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Γεωπονική σχολή. Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών Ειδίκευση «αγροτική οικονομία». Διαθέσιμο στο: <http://ikee.lib.auth.gr/record/123094/files/pdfdiatribi.pdf> [Πρόσβαση στις 9 Σεπτεμβρίου 2022]
- Χριστονίδης, Ν. 2018. www.iby.gr [website] Διαθέσιμο στο: <https://ipy.gr/2018/03/21/%CE%B7-%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CE%BA%CE%B1%CF%81%CF%85%CE%B4%CE%AC%CE%BA%CE%B9-%CE%BC%CE%AD%CF%83%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%B3/> [Πρόσβαση στις 10 Φεβρουαρίου 2023]

Παράρτημα Ι (Πίνακες)

Πίνακας Ι 1. Μεθοδολογία περιγραφής μορφολογικών χαρακτηριστικών χαρουπιάς IPGRI (Batlle and Tous, 1997).

Χαρακτηριστικά	Κατηγορία - κατάταξη
Δέντρου	
Φύλο	Αρσενικό, θηλυκό, ερμαφρόδιτο
Σθένος	Πολύ υψηλό, υψηλό, μεσαίο, χαμηλό
Τύπος ανάπτυξης	Όρθοκλαδος, ανοιχτός, κρεμοκλαδής
Πυκνότητα φυλλώματος	Αρκετά πυκνό, πυκνό, μέτρια πυκνό
Διακλάδωση	Έντονη, ενδιάμεση, αραιή
Φύλλων	
Μήκος Ράχης (cm)	Μικρό (<11), ενδιάμεσο (11–14), μεγάλο (>14)
Αριθμόςφυλλαρίων	Πολλά (>10), ενδιάμεσο αριθμό (8–9), λίγα (<8)
Σχήμα φύλλου	Ελλειπτικό, οβάλ (ωοειδές), στρογγυλό
Επιφάνεια φυλλαρίου (cm ²)	Μικρή (<10), ενδιάμεση (10–15), μεγάλη (>15)
Σχέση μήκους/πλάτους (Μ/Π)	Κοντό, μακρύ, στενό
Χρώμα φύλλου	Ανοιχτό πράσινο, πράσινο, σκούρο πράσινο
Άνθων - Ταξιανθίας	
Μήκος ταξιανθίας (cm)	Κοντό (<6), ενδιάμεσο (6–8), μακρύ (>8)
Άνθη ανά ταξιανθία	Πολλά (>30), ενδιάμεσο αριθμό (15–30), λίγα (<15)
Χρώμα άξονα	Πράσινο, κίτρινο, κόκκινο
Οζώδης (Nodosity) εισαγωγή	ναι, όχι
Καρπού	
Σχήμα	ίσιο, κυρτό, συστρεφόμενο
Υφή επιφάνειας	Λεία, τραχιά, πολύ τραχιά
Χρώμα	Μαύρο, καφέ, κοκκινωπό
Μήκος καρπού (cm)	Κοντό (<14), ενδιάμεσο (14–18), μακρύ (>18)
Πλάτος (mm)	Μικρό(<18,5), ενδιάμεσο (18,5–22,5), πλατύ (>22,5)
Πλάτος κοιλότητας (mm)	Μικρό (<5,1), ενδιάμεσο (5,1–6,6), πλατύ (>6,6)
Πάχος (mm)	Λεπτό (<7,5), ενδιάμεσο (7,5–9,5), παχύ (>9,5)
Μήκος ποδίσκου	Μικρό, μέτριο, μεγάλο
Βάρος (g)	Μικρό (<12), μέτριο (12–17), μεγάλο(>17)
Αριθμός σπόρων ανάλοβό	Μεγάλος (>10,5), ενδιάμεσος (8,5–10,5), μικρός (<8,5)
Απόδοση σπόρων (%)	Χαμηλή (<10), μέτρια (10–15), υψηλή (>15)
Περιεκτικότητα σεζάχαρη (%)	Χαμηλή (<40), μέτρια (40–50), υψηλή (>50)
Σπέρματος - πυρήνα	
Σχήμα	Στρογγυλό, οβάλ, ελλειπτικό
Υφή επιφάνειας	Λεία, τραχιά, πολύ τραχιά
Χρώμα	Κόκκινο, καφέ, μαύρο
Μήκος (L) (mm)	Κοντό (<8,5), μεσαίο (8,5–9,5), μακρύ (>9,5)
Πλάτος (Π) (mm)	Μικρό (<6,75), ενδ/σο (6,75–7,25), μεγάλο (>7,5)
Πάχος (Τ) (mm)	Λεπτό (<3,8), ενδιάμεσο (3,8–4,5), παχύ (>4,5)
Σχέση L/W	Χαμηλή (<1,2), ενδιάμεση (1,2–1,4), Υψηλή (>1,4)
Βάρος σπόρου g (ΜΟ 100 σπόρων)	Μικρό(<0,17), ενδιάμεσο (0,17– 0,2), υψηλό(>0,2)
Περιεκτικότητα κόμμεος (% ξηρό κατά βάρος ενδοσπέρμιο)	Χαμηλή (<48), μέτρια (48–52), υψηλή (>52)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ (Εικόνες)

Κόμη φαινότυπων ΗΜΥ1 έως ΗΜΥ 15



ΗΜΥ 1



ΗΜΥ 2



ΗΜΥ 3



ΗΜΥ 4



ΗΜΥ 5



ΗΜΥ 6



ΗΜΥ 7



ΗΜΥ 8



ΗΜΥ 9



HMU 10



HMU 11



HMU 12



HMU 13



HMU 14



HMU 15

Καρποί φαινότυπων ΗΜU1 – ΗΜU15









