ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Π.Μ.Σ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

Μεταπτυχιακή διατριβή

Μελέτη της φωτοσυνθετικής ικανότητας, των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και της θρεπτικής κατάστασης τριών ποικιλιών ροδιάς

ΤΣΟΓΚΑ Ε. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων: Ρούσσος Πέτρος

ΑΘΗΝΑ 2019

Μεταπτυχιακή διατριβή

Μελέτη της φωτοσυνθετικής ικανότητας, των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και της θρεπτικής κατάστασης τριών ποικιλιών ροδιάς

Study of photosynthetic ability, fruit quality characteristics and foliar analysis in three varieties of pomegranate

ΤΣΟΓΚΑ Ε. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων: Ρούσσος Πέτρος

Εξεταστική επιτροπή:

Ρούσσος Πέτρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Τζουτζούκου Χρυσούλα, Λέκτορας

Μπινιάρη Αικατερίνη, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ 2019

Ευχαριστίες

Η πραγμάτωση της παρούσας εργασίας δε θα ήταν δυνατή δίχως την υποστήριξη ορισμένων ανθρώπων, τους οποίους θέλω να ευχαριστήσω.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Πέτρο Ρούσσο και επιβλέποντα της μεταπτυχιακής μου διατριβής, για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστούμε, την καθοδήγησή του και κυρίως για την υπομονή του στα συνεχή ερωτήματά μου.

Οφείλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Σταύρο Βέμμο, για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη που μου προσέφερε, τις στιγμές που βρέθηκα σε αδιέξοδο.

Ευχαριστώ θερμά τη Λέκτορα κ. Χρυσούλα Τζουτζούκου και την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Αικατερίνη Μπινιάρη, που με τίμησαν με τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή της μεταπτυχιακής μου διατριβής. Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Φασσέα, τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ιωάννη Παπαδάκη και τον κ. Στυλιανό Δάλα, ΕΤΕΠ, για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Σε μια πράξη αναγνώρισης της συνεισφοράς του στην περάτωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον υποψήφιο διδάκτορα Ευστάθιο Ντάνο, για την ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφερε. Επιπλέον ένα ξεχωριστό ευχαριστώ οφείλω στους φίλους και υποψήφιους διδάκτορες Ιωάννη Δασκαλάκη και Αθανασία Καραντζή, για την συνεχή παρότρυνσή τους στην προσπάθειά μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόψυχα και να αφιερώσω τη διατριβή μου στην πολυαγαπημένη μου μητέρα, τον φάρο της ζωής μου, που πάντα με καθοδηγεί.

Περίληψη

Στην Ελλάδα δεν παρατηρείται ιδιαίτερα έντονη ανοδική καταναλωτική τάση του καρπού της ροδιάς, ωστόσο στις αγορές του εξωτερικού εμφανίζεται αυξημένη ζήτηση. Γεγονός που οφείλεται στη στροφή διεθνώς προς τις υπερτροφές (super-foods) και ειδικότερα στις ευεργετικές ιδιότητες του ροδιού, όπως η μεγάλη περιεκτικότητά του σε φαινόλες και αντιοξειδωτικά συστατικά. Εντούτοις τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών διαφοροποιούνται ανάμεσα στις ποικιλίες και για το λόγο αυτό στην παρούσα πειραματική εργασία έγινε σύγκριση μεταξύ τριών ποικιλιών ροδιάς.

Από τον οπωρώνα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΓΠΑ) επιλέχθησαν τέσσερα δέντρα ηλικίας περίπου εννέα ετών, από τις ξένες και ευρέως καλλιεργούμενες ποικιλίες ‘’Acco’’ και ‘’Wonderful’’ και από την ελληνική ποικιλία ‘’Περσεφόνη’’. Κατά την καλλιεργητική περίοδο εφαρμόστηκε πρόγραμμα φυτοπροστασίας και λίπανσης, και 2 εβδομάδες μετά την καρπόδεση επιλέχθησαν 12 καρποί ανά δέντρο, έγινε σήμανση αυτών και κάθε 10 ημέρες παίρνονταν μετρήσεις διαμέτρου και ύψους των καρπών για τον υπολογισμό της καμπύλης ανάπτυξης των καρπών της ροδιάς. Στα φύλλα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της φωτοσυνθετικής τους ικανότητας, του αριθμού των στοματίων, καθώς και μετρήσεις συγκέντρωσης χλωροφύλλης, καροτενίων, και προσδιορισμός της θρεπτικής κατάστασής τους. Η συγκομιδή των καρπών έγινε με κριτήριο συγκομιδής το αντιπροσωπευτικό χρώμα του φλοιού των καρπών της κάθε ποικιλίας, συνυπολογιζόμενο με τα επιθυμητά επίπεδα ολικών διαλυτών στερεών συστατικών (^{o}brix). Στους καρπούς μετρήθηκαν το βάρος αυτών, καθώς και των επιμέρους τμημάτων τους, του φλοιού και των καρπιδίων, η διάμετρός τους, το μήκος τους με τον κάλυκα και χωρίς, και το χρώμα τους. Ακολούθησε η χυμοποίηση των καρπιδίων, για τις αναλύσεις των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών, της ολικής ογκομετρούμενης οξύτητας, του pH και της ανάλυσης των σακχάρων, τη μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας και την περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ενώσεις.

Από τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος φάνηκε ότι η ποικιλία Wonderful είχε σημαντικά μεγαλύτερες διαστάσεις, καθώς και μέσο βάρος καρπού και φλοιού, από τις άλλες δύο ποικιλίες. Ωστόσο και οι τρεις ποικιλίες παρουσίασαν το ίδιο ποσοστό χυμού ανά καρπό.

Όσον αφορά το σύνολο των σακχάρων του χυμού, το δείκτη γλυκύτητας, αλλά και τις συγκεντρώσεις της γλυκόζης και της φρουκτόζης, η ποικιλία Acco παρουσίασε, συγκριτικά με τις άλλες δύο ποικιλίες, τις μικρότερες τιμές.

Σημαντικές διαφορές, μεταξύ των τριών ποικιλιών, παρουσιάστηκαν στις τιμές του pH και στον λόγο ολικών διαλυτών στερεών συστατικών προς την ογκομετρούμενη οξύτητα, γεγονός αναμενόμενο εξαιτίας των γευστικών χαρακτηριστικών της εκάστοτε ποικιλίας.

Αυξημένος αριθμός στοματίων παρατηρήθηκε στα φύλλα της ποικιλίας Acco, χωρίς ωστόσο να σημειώνονται διαφορές στη στοματική αγωγιμότητα, την εσωτερική συγκέντρωση και το ρυθμό διαπνοής, μεταξύ των τριών ποικιλιών. Η φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων των καρποφόρων βλαστών δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, σε αντίθεση με αυτή των μη καρποφόρων βλαστών. Αξιζει να σημειωθεί πως διαφορές παρουσιάστηκαν στο ρυθμό της φωτοσύνθεσης, μεταξύ καρποφόρων και μη καρποφόρων βλαστών, με σημαντικά μικρότερη αυτή των καρποφόρων βλαστών.

Διαφορές, μεταξύ των τριών ποικιλιών, δεν παρατηρήθηκαν στις μετρήσεις των φωτοσυνθετικών χρωστικών των φύλλων των μη καρποφόρων βλαστών. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b στα φύλλα καρποφόρων βλαστών της ποικιλίας Acco, η οποία αύξησε το σύνολο των χλωροφυλλών σημαντικά, εν αντιθέσει με τη μικρότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b και του συνόλου των χλωροφυλλών που παρουσίασε η ποικιλία Περσεφόνη.

Τέλος, αναφορικά με τη φυλλοδιαγνωστική, φάνηκε πως δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των ποικιλιών, με εξαίρεση τη μικρότερη συγκέντρωση K που παρουσίασε η ποικιλία Περσεφόνη και τη σημαντικά αυξημένη συγκέντρωση N που παρουσίασε η ποικιλία Acco.

Λέξεις κλειδιά: Ροδιά, Wonderful, Acco, Περσεφόνη, Φυλλοδιαγνωστική, Φωτοσύνθεση.

Abstract

Study of photosynthetic ability, fruit quality characteristics and foliar analysis in three varieties of pomegranate

In Greece, there is no particularly strong upward trend in the consumption of pomegranate fruit, but there is an increasing demand in foreign markets. A fact that is due to the international shift towards super-foods and especially to the beneficial properties of the pomegranate, such as its high content of phenols and antioxidant ingredients. However, the qualitative characteristics of the fruits vary between varieties and for this reason in the present experimental work a comparison was made between three varieties of pomegranate.

From the orchard of the Agricultural University of Athens (AUA) four trees of about nine years old were selected from the foreign and widely cultivated varieties "Acco" and "Wonderful" and from the Greek variety "Persephone". During the growing season, a plant protection and fertilization program was implemented, and 2 weeks after fruit set 12 fruits were selected per tree, these were marked and every 10 days measurements of the diameter and height of the fruits were taken to calculate the pomegranate growth curve. The leaves were measured for their photosynthetic ability, number of stomata, and chlorophyll concentration, carotene concentration measurements, and determination of their nutritional status. Time of harvest determined by the representative color of the fruit cortex of each variety, taking into account the desired levels of total soluble solids (^{o} brix). The fruit measurements conclude the weight of these, as well as their individual parts, the skin and the arils, their diameter, their length with the calyx and without, and their color. Fruit juice analyzed for total soluble solids, total titratable acidity, pH, individual sugars, antioxidant capacity and total phenolic compounds content.

From the results of this experiment it appeared that Wonderful variety had significantly larger dimensions, as well as average weight of fruit and skin, than the other two varieties. However, all three varieties showed the same percentage of fruit juice.

Total sugars, sweetness index, and the concentration of glucose and fructose, of Acco variety, has the lowest values.

Abstract

Significant differences between the three varieties were shown in pH values and in the ratio between total soluble solids and titratable acidity, which is expected due to the flavor characteristics of the different varieties. The high number of stomata was observed in leaves of Acco variety, but there were no differences in stomatal conductance, intercellular CO_2 concentration and in the transpiration rate, among the three varieties. Photosynthetic ability of leaves of reproductive shoots did not show significant differences between varieties, as opposed to vegetative shoots. It is noteworthy that differences occurred in photosynthetic rate, between vegetative and reproductive shoots, with significantly lesser that in reproductive shoots.

Differences between the three varieties were not observed in the photosynthetic pigment concentration of leaves of vegetative shoots. However, a high concentration of chlorophyll b was observed in the leaves of reproductive shoots of Acco variety, which increased total chlorophylls significantly, as opposed to the lower chlorophyll b concentration and the total chlorophylls present in Persephone variety.

Finally, with regard to foliar analysis, there appeared to be no significant differences in the nutrient concentrations between the varieties, with the exception of the lower K concentration presented by Persephone variety and the significantly increased N concentration presented by Acco variety.

Key words: Pomegranate, Wonderful, Acco, Persephone, Foliar analysis, Photosynthesis.

Περιεχόμενα

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1 ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ 1

1.2 ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ 1

1.3 ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ 2

1.4 ΧΡΗΣΕΙΣ ΡΟΔΙΟΥ 3

1.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΡΟΔΙΑΣ 3

1.6 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ 5

1.7 ΒΑΣΙΚΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ 5

1.7.1 Ρίζα και κορμός 5

1.7.2 Οφθαλμοί 6

1.7.3 Φύλλωμα 6

1.7.4 Άνθος 6

1.7.5 Άνθιση 7

1.7.6 Επικονίαση 8

1.7.7 Καρπός 8

1.8 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ 9

1.8.1 Έδαφος 9

1.8.2 Άρδευση 9

1.8.3 Θερμοκρασία 10

1.8.4 Λίπανση 10

1.9 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ-ΠΟΙΟΤΗΤΑ 11

2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ 13

2.1 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ 13

2.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ 14

2.2.1. Βάρος 15

2.2.2. Ύψος-πλάτος 15

2.2.3. Καμπύλη ανάπτυξης 16

2.2.4. Χρώμα 16

2.2.5. Ποσοστό χυμοποίησης 16

2.2.6. pH-brix-Οξύτητα 16

2.2.7. Σάκχαρα 17

2.2.8. Αντιοξειδωτικά 17

2.2.9. Φαινολικά 17

2.2.10. Φωτοσύνθεση 18

2.2.11. Στομάτια-Στοματική αγωγιμότητα 18

2.2.12. Χλωροφύλλες 18

3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 19

3.1 ΤΟΠΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ 19

3.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ 19

3.3 ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΡΟΔΙΑΣ 19

3.4 ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΡΠΩΝ 19

3.4.1. Βάρος και διαστάσεις καρπών 20

3.4.2. Χρώμα καρπών 20

3.4.3. Χυμοποίηση 21

3.4.4. pH 21

3.4.5. Ολικά διαλυτά στερεά 21

3.4.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα 21

3.4.7. Σάκχαρα 21

3.4.8. Ολικά φαινολικά 22

3.4.9. DPPH 22

3.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΥΛΛΩΝ 22

3.5.1. Φωτοσύνθεση 22

3.5.2. Στομάτια 23

3.5.3. Μέτρηση χλωροφύλλης και καροτενίων 23

3.5.4. Θρεπτικά στοιχεία 23

3.6 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 24

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 25

4.1 ΚΑΡΠΟΙ 25

4.1.1. Καμπύλες ανάπτυξης καρπών ανά ύψος και διάμετρο 25

4.1.2. Μέσο βάρος μερών καρπού 27

4.1.3. Διαστάσεις καρπού 28

4.1.4. Παράμετροι χρώματος 29

4.1.5. Ποσοστό χυμού 30

4.1.6. Ποιοτικά χαρακτηριστικά 31

4.1.7. Σάκχαρα 32

4.1.8. Ολικά φαινολικά και αντιοξειδωτική ικανότητα 33

4.2 ΦΥΛΛΑ 34

4.2.1. Χλωροφύλλες και καροτένια φύλλων καρποφόρων βλαστών 34

4.2.2. Χλωροφύλλες και καροτένια φύλλων μη καρποφόρων βλαστών 35

4.2.3. Φωτοσυνθετική ικανότητα φύλλων καρποφόρων βλαστών 36

4.2.4. Φωτοσυνθετική ικανότητα φύλλων μη καρποφόρων βλαστών 37

4.2.5. Φυλλοδιαγνωστική 38

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ 39

5.1 ΚΑΡΠΟΙ 39

5.2 ΦΥΛΛΑ 43

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 45

1 Εισαγωγή

1.1 Ονομασία και εξάπλωση της καλλιέργειας

Από την Ομηρική εποχή η ροδιά είναι γνωστή στον Ελλαδικό χώρο ως ροϊά, ροά, ροϊδιά, σίδη και σίδα, ενώ στην Κύπρο αναφέρεται ως ρωβιά. Στην αγγλική γλώσσα, η κοινή ονομασία της ροδιάς (Pomegranate) σημαίνει ‘’το μήλο που φέρει πολλά σπέρματα’’. Στα κράτη της Μέσης Ανατολής, της Κεντρικής Ασίας και στην Ινδία η ροδιά αναφέρεται με την ονομασία ‘’Anar’’ (Mars, 2000). Το αραβικό και το εβραϊκό όνομα για τη ροδιά, ‘’rumman’’ και ‘’rimmon’’ αντίστοιχα, σημαίνει ‘’φρούτο του παραδείσου’’ (Stover et al., 2007). Ανεξάρτητα τις διάφορες κοινές ονομασίες του ροδιού αυτό συγκαταλέγεται στους καρπούς με πλείστο ενδιαφέρον.

Η καλλιέργεια της ροδιάς πρωτοσυναντάται στην περιοχή της Περσίας, γύρω στο 3.000 π.Χ. και έπειτα από χίλια χρόνια ξεκινά η διάδοσή της από τον αρχαίο λαό των Φοινίκων, μέσω του εμπορίου, στις μεσογειακές χώρες. Η εξάπλωση της καλλιέργειας της ροδιάς συνεχίζεται, μέσω των εδαφικών κατακτήσεων της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και ολοκληρώνεται στις αρχές του 1700 φθάνοντας στη δυτική ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών, μέσω των ισπανών αποίκων (Stover et al., 2007).

1.2 Αναφορές και συμβολισμοί

Για το ρόδι και τους συμβολισμούς του υπάρχει πληθώρα ιστορικών αναφορών σε διάφορους πολιτισμούς και το εντυπωσιακό είναι πως οι περισσότερες αναφορές έχουν περίπου τις ίδιες έννοιες. Το ρόδι είναι σύμβολο γονιμότητας, αφθονίας και καλοτυχίας, από την αρχαιότητα έως σήμερα, στην Ελλάδα, στη Ρώμη αλλά και στην Κίνα, γι’ αυτό είναι έντονη η παρουσία του στους γάμους. Οι Chandra et al. (2010) αναφέρουν πως οι Βαβυλώνιοι πίστευαν πως η βρώση ροδιού πριν τη μάχη τους κάνει αήττητους, ενώ οι αρχαίοι Αιγύπτιοι έθαβαν τους νεκρούς τους με ρόδια, πιθανά ως σύμβολο αναγέννησης.

Αναφορές για το ρόδι υπάρχουν και σε αρκετές θρησκείες. Στον Ζωροαστρισμό το ρόδι είναι σύμβολο γονιμότητας, αθανασίας και ευημερίας, όπως αναφέρουν οι Stover and Mercure (2007). Ο αριθμός των καρπιδίων του ροδιού σύμφωνα με τον Ιουδαϊσμό είναι 613 και αντιστοιχούν στους νόμους-εντολές της Τορά, στον Βουδισμό το ρόδι είναι ένα από τα τρία

ευλογημένα δέντρα, ενώ το ρόδι αναφέρεται και στον Ισλαμικό παράδεισο σύμφωνα με τους Chandra et al. (2010). Τέλος στον Ελληνορθόδοξο Χριστιανισμό το ρόδι είναι σύμβολο καλοτυχίας, αφθονίας και ελπίδας.

1.3 Ευεργετικές ιδιότητες και θρεπτική αξία

Η κατανάλωση του ροδιού τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί λόγω των διαφόρων ερευνών που επικεντρώνονται στην υψηλή του θρεπτική αξία και τις ευεργετικές του ιδιότητες.

Σύμφωνα με τους Basu and Penugonda (2009) ο χυμός του ροδιού έχει ισχυρές αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις επιδράσεις στον άνθρωπο και έχει δείξει πως βοηθά στην επιβράδυνση της εξέλιξης της αθηροσκλήρωσης και στην αντιμετώπιση της υπέρτασης. Οι Viuda-Martos et al. (2010) αναφέρουν πως η κατανάλωση χυμού ροδιού συνεισφέρει στην πρόληψη αλλά και την βελτίωση της κλινικής εικόνας ασθενών με διαβήτη και καρδιαγγειακά νοσήματα, ενώ οι Bookheimer et al. (2013) ότι βοηθά στην μνήμη. Οι Menezes et al. (2006) αναφέρουν πως το εκχύλισμα ροδιού θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία της οδοντικής πλάκας. Τα ρόδια σύμφωνα με τους Basu et al. (2018) είναι ανάμεσα στους καρπούς που παρέχουν προστασία έναντι της αρθρίτιδας. Έρευνες έχουν δείξει πως το ρόδι, και συγκεκριμένα ο φλοιός του, περιέχει συστατικά ικανά να καταστείλλουν ορισμένα καρκινικά κύτταρα (Lansky et al., 2007). Επιπλέον οι Khwairakpam et al. (2018) υποστηρίζουν πως αντικαρκινικές ιδιότητες έχουν και τα μη εδώδιμα μέρη του φυτού, όπως τα φύλλα τα άνθη και οι βλαστοί, καθώς είναι πλούσια σε πολυφαινολικές ενώσεις.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα των καρπών ροδιάς σε διάφορα θρεπτικά συστατικά οι Elfalleh et al. (2009), ερευνώντας 6 τυνησιακούς βιότυπους ροδιάς, βρήκαν πως η περιεκτικότητά τους σε P, Na και K ήταν 9,46 mg/100g, 7,25 mg/100g και 271,94 mg/100g, αντίστοιχα. Επίσης οι Fadavi et al. (2005) που μελέτησαν 10 ιρανικές ποικιλίες ροδιάς, αναφέρουν πως η περιεκτικότητα τους σε θρεπτικά ήταν ως ακολούθως K=80-160,6 mg/100g, Na=11,3-54,5 mg/100g, Ca=13,05-30,60 mg/100g, Mg=2,75-5,20 mg/100g, Mn=0,012-0,021 mg/100g, Cu=0,013-0,081 mg/100g, Fe=0,03-0,21 mg/100g, Zn=0,037-0,084 mg/100g. Σύμφωνα με τους Mirdehghan and Rahemi (2007) η περιεκτικότητα της ποικιλίας Malas Yazdi σε μικροστοιχεία έχει ως εξής B=22,2 mg/Kg, Fe=14,5 mg/Kg, Zn=11,75 mg/Kg, Cu=8 mg/Kg

και Mn=6 mg/Kg. Επιπλέον, το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA) αναφέρει πως ο καρπός της ροδιάς περιέχει βιταμίνη C=10,2 mg/100g, βιταμίνη B6=0,075 mg/100g, βιταμίνη E=0,6 mg/100g και βιταμίνη B9=38 μg/100g.

1.4 Χρήσεις ροδιού

Ο καρπός της ροδιάς καταναλώνεται νωπός ή μεταποιημένος. Τα καρπίδια του ροδιού εμπλουτίζουν τόσο θρεπτικά, όσο και αισθητικά αρκετά φαγητά, σαλάτες και γλυκά. Από το ρόδι φτιάχνονται χυμοί, μαρμελάδες και σιρόπια όπως η γρεναδίνη, το γνωστότερο γλυκαντικό των αλκοολούχων ποτών. Επίσης παράγεται υψηλής θρεπτικής αξίας κρασί, και αυτό επιβεβαιώνεται και από τους Lantzouraki et al. (2015). Ο Μακρυνίτσας (2017) επισημαίνει πως η συνοινοποίησή του με χυμό σταφυλιού βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του οίνου και αυξάνει την αντιοξειδωτική του ικανότητα. Ενώ οι Samah et al. (2017) έδειξαν πως το εκχύλισμα φλοιού ροδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συντηρητικό κατσικίσιου τυριού, πλούσιο σε λιπαρά, ενώ οι Safiullah et al. (2018) απέδειξαν πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως συντηρητικό κρεάτων.

Ωστόσο η χρήση των προϊόντων του ροδιού δεν περιορίζεται στη μαγειρική και στην ζαχαροπλαστική. Το ρόδι μπορεί να εμπεριέχεται σε καλλυντικά, όπως σαμπουάν, καθώς σύμφωνα με τους Dario et al. (2013) προστατεύει από την UVA ακτινοβολία, αλλά και σε αντιγηραντικές και ενυδατικές κρέμες, λόγω των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων του. Ο Carvalho (1904) υποστηρίζει πως από τον φλοιό του ροδιού παραγόταν μελάνι κατάλληλο για γραφή. Επιπλέον σύμφωνα με τους Stover and Mercure (2007) σκόνη προερχόμενη από αποξηραμένους καρπούς ροδιάς χρησιμοποιείται ως βαφή κατά την επεξεργασία του μαροκινού δέρματος, αλλά και διαφόρων άλλων υφασμάτων.

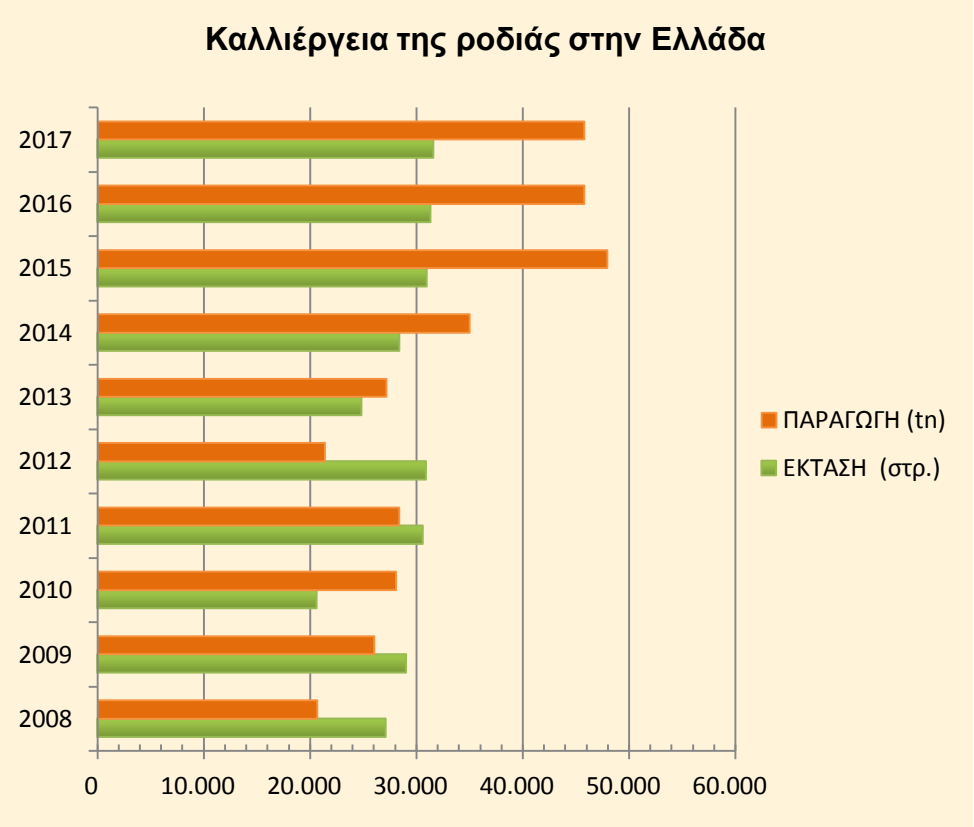
1.5 Οικονομική σημασία της ροδιάς

Οι αποδόσεις της καλλιέργειας της ροδιάς κυμαίνονται μεταξύ 40-50 Kg ανά δένδρο και 2.500-3.000Kg ανά στρέμμα (Δρογούδη κ.ά., 2007), ενώ κατά άλλους (Σ.Ο.Π., 2018) γύρω στους 4.000-4.500Kg ανά στρέμμα. Σύμφωνα με

τους Τζουραμάνη κ.ά., (2008) το έτος 2008 το κόστος εγκατάστασης ενός στρέμματος καλλιέργειας ροδιάς ανέρχοταν στα 1.330,00€.

Η Ινδία και το Ιράν είναι οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή ροδιού. Ωστόσο, οι κύριες χώρες εισαγωγής ροδιού της Ευρωπαϊκής ένωσης είναι η Τουρκία με 31.000 τόνους και ακολουθεί το Ισραήλ με 15.000 τόνους. Επιπλέον, το Περού, η Κολομβία και η Νότια Αφρική προμηθεύουν την Ε.Ε. με 5-6.000 τόνους ροδιού, έκαστη. Στην Ευρώπη, η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή ροδιού είναι η Ισπανία, η οποία το 2014 παρήγαγε 36.000 τόνους (CBI, 2015).

Στο σχεδιάγραμμα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται η έκταση (στρ.) και η παραγωγή (tn) της καλλιέργειας της ροδιάς στην Ελλάδα κατά την τελευταία δεκαετία. Όπως παρατηρείται παρότι η καλλιεργούμενη έκταση δεν μεταβάλλεται αισθητά, παρουσιάζεται μια αύξηση της απόδοσης, πιθανά λόγω της βελτίωσης των καλλιεργητικών φροντίδων.



Σχεδιάγραμμα 1: Η καλλιεργούμενη έκταση (στρ.) και η παραγωγή (tn) της ροδιάς στην Ελλάδα για τα έτη 2008-2017. Πηγή:ΥπΑΑΤ

1.6 Βοτανική ταξινόμηση

Η οικογένεια στην οποία ανήκει η ροδιά μέχρι πρόσφατα θεωρούταν η Punicaceae, η οποία περιλαμβάνει μόνο το γένος *Punica* και δύο είδη τα *P. granatum* και *P. protopunica.* Στο πρώτο είδος ανήκει η γνωστή ροδιά, ενώ το δεύτερο είδος απαντάται μόνο σε ένα νησί της Υεμένης, τη Σοκότρα. Συχνά αναφέρεται σαν τρίτο είδος της οικογένειας Punicaceae, η καλλωπιστική ροδιά που από την επιστημονική ονομασία της και μόνο, *Punica granatum var. Nana,* διακρίνεται πως είναι ποικιλία του είδους *P. granatum*. (Fateh et al., 2013) και (Naik and Chand, 2011).

Αξίζει να σημειωθεί πως τελευταίες έρευνες, σύμφωνα με τους Yuan et al. (2018), κατατάσσουν τη ροδιά στην οικογένεια Lythraceae, λόγω των μορφολογικών και μοριακών δομών της.

Η ροδιά είναι διπλοειδής οργανισμός. Το είδος *P. granatum* αποτελείται από 8 ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, ενώ το είδος *P. protopunica* από 7, γι' αυτό και το τελευταίο είδος θεωρείται πρόδρομος του πρώτου (Chandra et al., 2010).

Το είδος *P. granatum* διαχωρίζεται σε 2 υποείδη τα *Chlorocarpa*, που κυρίως βρίσκονται στη ευρύτερη περιοχή της Υπερκαυκασίας, και τα *Porphyrocarpa*, που βρίσκονται στην Κεντρική Ασία (Khare, 2015) , όμως ο διαχωρισμός των δύο υποειδών δεν βασίζεται στην περιοχή όπου και φύονται, αλλά στο χρώμα των ωοθηκών (Hiwale, 2009) όπως υποδηλώνεται από τις ονομασίες τους.

1.7 Βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυτού

1.7.1 Ρίζα και κορμός

Το ριζικό σύστημα της ροδιάς ποικίλει ανάλογα τη δομή και την υφή του εδάφους, όπου και καλλιεργείται, αλλά και τη μέθοδο πολλαπλασιασμού του φυτού (Hiwale et al., 2011). Τα σπορόφυτα, σύμφωνα με τους Rawat et al. (2010), σχηματίζουν βαθύ ριζικό σύστημα, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή, γι'αυτό και προτιμούνται.

Η ροδιά τείνει να αναπτύσσει, στο σημείο του λαιμού, πολλές παραφυάδες, οι οποίες αν αφεθούν δίνουν στο φυτό τη μορφή θάμνου. Οι παραφυάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον πολλαπλασιασμό του είδους ή για προστασία του φυτού, σε κρύες περιοχές.

Ο κορμός περιβάλλεται από καφέ φλοιό, ο οποίος στη συνέχεια παίρνει γκρι χρώμα (Shah et al., 2011). Τα κλαδιά είναι δύσκαμπτα και ακανθώδη.

1.7.2 Οφθαλμοί

Η ροδιά έχει δύο ειδών οφθαλμούς, τους ξυλοφόρους και τους μικτούς. Μορφολογικά, οι ξυλοφόροι είναι μικρότερου μεγέθους από τους μικτούς και περιβάλλονται από τέσσερα οξύληκτα λέπια. Αντίθετα οι μικτοί οφθαλμοί είναι ογκωδέστεροι από τους προαναφερθέντες, με ισάριθμα λέπια, των οποίων οι κορυφές είναι κυρτές (Rajaei and Yazdanpanah, 2015).

Αρχικά εκπτύσσονται οι ξυλοφόροι, δίνοντας μόνο βλάστηση και έπειτα ακολουθούν οι μικτοί, δίνοντας βραχεία βλάστηση, με άνθη.

1.7.3 Φύλλωμα

Το φυτό της ροδιάς περιγράφεται ως ένας μεγάλος θάμνος ή ως ένα μικρό δέντρο, που σε ανάπτυξη φτάνει τα 4-5 μέτρα και σε μερικές περιπτώσεις τα 9 μέτρα (Δρογούδη κ.ά., 2012). Στη χώρα μας η ροδιά είναι φυλλοβόλο φυτό, όμως σύμφωνα με τον Babu (2010) σε τροπικές περιοχές υπάρχουν και αειθαλή φυτά του είδους. Επίσης έχει παρατηρηθεί πως η ροδιά μετατρέπεται σε αειθαλές όταν καλλιεργείται σε θερμοκήπια.

Τα νεαρά φύλλα τείνουν να κοκκινίζουν και καθώς ωριμάζουν παίρνουν πράσινο χρώμα. Η ροδιά παρουσιάζει το φαινόμενο της ετεροφυλλίας, καθώς υπάρχουν δύο σχήματα φύλλων, σύμφωνα με τους Rajaei and Yazdanpanah (2015), με ίδια ανατομική δομή.

1.7.4 Άνθος

Τα άνθη της ροδιάς είναι μονήρη ή φύονται σε ομάδες σχηματίζοντας ταξιανθίες μέχρι 5 μαζί. Με βάση τη θέση των ανθέων η ταξιανθία συγκαταλέγεται στα διχάσια (Levin, 2006).

Η ροδιά είναι μονόοικο είδος, και αναπτύσσει καμπανοειδούς σχήματος ερμαφρόδιτα άνθη, και αρσενικά άνθη, σε σχήμα αγγείου. Τα πρώτα έχουν πλήρως ανεπτυγμένα τα θηλυκά και αρσενικά μέρη τους, ενώ τα δεύτερα έχουν ανεπτυγμένο μόνο το αρσενικό μέρος, χωρίς να απουσιάζει το θηλυκό μέρος. Ο Babu (2010), αναφέρει πως υπάρχει και τρίτο είδος άνθους, σωληνοειδούς σχήματος, το οποίο πέφτει συνήθως πριν την καρπόδεση ή παράγει παραμορφωμένους καρπούς. Αυτό το είδος συχνά αναφέρεται ως ενδιάμεσος τύπος άνθους, καθώς έχει κοντό στύλο και ανεπτυγμένη ωοθήκη,

που μερικές φορές είναι γόνιμη (Bhantana and Lazarovitch, 2010). Τα αρσενικά άνθη συνήθως πέφτουν, σύμφωνα με τον Babu (2010), γι'αυτό και η παραγωγή είναι ανάλογη του ποσοστού επί του συνόλου των ερμαφρόδιτων ανθέων, το οποίο με τη σειρά του εξαρτάται από την ποικιλία. Ωστόσο, όπως επισημαίνουν οι Wetzstein et al. (2011), διάφοροι περιβαλλοντικοί και φυσιολογικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν ή μη το σχηματισμό ερμαφρόδιτων ανθέων.

Μορφολογικά τα άνθη είναι μεγάλα και ακτινόμορφα. Ανατομικά, στο άνθος της ροδιάς ο κάλυκας φέρει 5-8 σέπαλα, η στεφάνη ισάριθμα πέταλα, ενώ οι στήμονες αριθμούνται σε μερικές εκατοντάδες και καλύπτουν ολόκληρο το εσωτερικό μέρος του υπανθίου. Η ωοθήκη είναι υποφυής και συνεπώς τα άνθη επίγυνα. Κάθε άνθος, σύμφωνα με τον Levin (2006), έχει μεγάλο αριθμό σπερματικών βλαστών, ο οποίες μορφολογικά χαρακτηρίζονται ως ανάτροπες. Ο αριθμός των σπερματικών βλαστών εξαρτάται από το μέγεθος του άνθους και τη θέση του στο βλαστό, και σε μερικές περιπτώσεις φθάνει τις 3.000 (Wetzstein et al., 2013).

1.7.5 Άνθιση

Η ροδιά, αντίθετα από τα άλλα πολυετή φυτά, χαρακτηρίζεται από μικρής χρονικής διάρκειας νεανικότητα. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Babu (2010), η περίοδος της νεανικότητας της ροδιάς διαρκεί 1 έως 2 χρόνια, ανεξάρτητα τον τρόπο πολλαπλασιασμού της. Επίσης σε μικρή διάρκεια νεανικότητας και άνθη από τον πρώτο χρόνο, αναφέρονται οι Terakami et al. (2007), για την καλλωπιστική ποικιλία της ροδιάς *Punica granatum var. Nana.*

Σύμφωνα με τους Rana et al. (2010) η άνθιση στα υποτροπικά κλίματα είναι μια φορά το χρόνο ή ακόμα και τρεις, όπως συμβαίνει στην δυτική και κεντρική Ινδία, ενώ στα τροπικά κλίματα η ροδιά ανθίζει όλο το χρόνο.

Στη χώρα μας η άνθιση της ροδιάς διαρκεί γύρω στους 2 μήνες, ξεκινώντας από τα τέλη Μαΐου, ενώ έχει παρατηρηθεί πως νεαρής ηλικίας φυτά συνεχίζουν να ανθίζουν όλο το καλοκαίρι (Δρογούδη κ.ά., 2012).

Στα ανάκτορα των Βερσαλιών, σύμφωνα με την επίσημη σελίδα τους, υπάρχουν ροδιές των οποίων η ηλικία ξεπερνά τα 200 χρόνια, χωρίς όμως να βρίσκονται σε παραγωγή. Η παραγωγική ζωή της ροδιάς κυμαίνεται γύρω στα 15 χρόνια, Rodrigues et al. (2018), ενώ κατά άλλους διαρκεί 40 έως 50 (Δρογούδη κ.ά., 2012).

1.7.6 Επικονίαση

Η ροδιά είναι και αυτογόνιμο αλλά και σταυρογόνιμο φυτό (Holland et al., 2009). Η επικονίαση με τη βοήθεια του ανέμου δεν επαρκεί, καθώς η περιεκτικότητα της γύρης στην ατμόσφαιρα είναι μικρή (Nath and Randhawa, 1959). Η επικονίαση γίνεται με έντομα και κυρίως μέλισσες (Derin and Eti, 2001) και (Shah et al., 2011). Σύμφωνα με τους Nath and Randhawa (1959), στην επικονίαση συμβάλλουν τα έντομα *Camponotus* spp., *Apis* spp. και *Papilio demoleus*, ενώ σύμφωνα με τους Stover and Mercure (2007), η επικονίαση της ροδιάς στην Καλιφόρνια γίνεται κυρίως από έντομα ή από πτηνά της οικογένειας Trochilidae. Οι Tao et al. (2010) υποστηρίζουν πως το είδος της ασιατικής μέλισσας *Apis cerana* αύξησε την καρπόδεση κατά 12% και το βάρος των φρούτων, συγκριτικά με τα αυτογόνιμα άνθη. Στην αύξηση της καρπόδεσης και της βελτίωσης των καρπών συμφωνούν και οι Derin and Eti (2001), γι' αυτό και συνιστούν 2 τουλάχιστον ποικιλίες εντός του οπωρώνα.

1.7.7 Καρπός

Ο καρπός της ροδιάς συγκαταλέγεται στους σύνθετους ψευδείς καρπούς και συγκεκριμένα είναι σίδιο (Καραμπέτσος, 2005).

Αποτελείται εξωτερικά από δερματώδες εξωκάρπιο, το χρώμα του οποίου σύμφωνα με τους Ben-Simhon et al. (2015) ποικίλει από κιτρινωπό, πράσινο, ροζ, κόκκινο έως βαθύ μωβ και είναι χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας. Εσωτερικά υπάρχει σαρκώδες μεσοκάρπιο, που περικλείει τα καρπίδια, και αποκαλείται albedo. Σύμφωνα με τους Στυλιανίδης κ.ά. (2009) κάθε καρπός έχει 7-8 ή και περισσότερες μεμβράνες, που χωρίζουν τον αριθμό των καρπιδίων σε μικρότερες ομάδες. Τα καρπίδια ή αλλιώς σπέρματα είναι καλυμμένα με χυμώδες περίβλημα και το χρώμα τους, ανάλογα την ποικιλία, είναι λευκό έως βαθύ κόκκινο. Ο αριθμός των καρπιδίων, σύμφωνα με τον Levin (2006), μπορεί να φτάσει τα 1.200 έως 1.300 σε μεγάλου μεγέθους καρπούς και δεν έχουν ενδοσπέρμιο, αλλά μεγάλες κοτυληδόνες.

Οι καρποί της ροδιάς διαχωρίζονται, ανάλογα τη γεύση τους σε ξινές, μέτριας γλυκύτητας και γλυκές ποικιλίες.

1.8 Καλλιεργητικές απαιτήσεις

1.8.1 Έδαφος

Σύμφωνα με τους Badenes and Byrne (2012), η ροδιά μπορεί να προσαρμοστεί σε ποικίλα εδάφη. Όπως αναφέρουν οι Sheets et al. (1994), οι βέλτιστες εδαφικές συνθήκες για την ανάπτυξη της ροδιάς είναι τα βαθιά, σχετικά βαριά εδάφη με pH 5,5 έως 7,0, ενώ σε αμμώδη εδάφη έχει παρατηρηθεί πως η παραγωγή είναι μειωμένη, σε αργιλώδη εδάφη δεν αναπτύσσεται πλήρως το χρώμα του καρπού, ενώ σε αλκαλικά εδάφη η ανάπτυξη του φυτού δεν είναι καλή.

Οι Marathe et al. (2016) αναφέρουν πως τα καλύτερα για την ροδιά είναι τα ελαφράς υφής εδάφη, όσον αφορά τη ριζική ανάπτυξη και δραστηριότητα. Ειδικότερα, όπως υποστηρίζουν οι Δρογούδη κ.ά. (2012), η ροδιά προτιμά τα καλά στραγγιζόμενα εδάφη, διότι οι μακρές περίοδοι με υπερβολική εδαφική υγρασία φέρουν μείωση της παραγωγής και της ποιότητας των καρπών .

1.8.2 Άρδευση

Η ροδιά σύμφωνα με τους Aseri et al. (2008), είναι ανεκτική στην ξηρασία και μπορεί να ευδοκιμήσει ακόμα και σε συνθήκες ερήμου. Αυτό επιβεβαιώνεται από τους Rodríguez et al. (2012), καθώς, όπως υποστηρίζουν, τα φυτά της ροδιάς σε συνθήκες έλλειψης νερού ενεργοποιούν μηχανισμούς ελέγχου της υδατικής κατάστασης των φύλλων ρυθμίζοντας το ωσμωτικό δυναμικό και μειώνοντας την στοματική αγωγιμότητα των φύλλων. Ωστόσο η ελλειμματική άρδευση οδηγεί σε αλλαγές στο χρώμα των καρπών και σε διάφορα χημικά χαρακτηριστικά αυτών, σύμφωνα με τους Mellisho et al. (2012).

Η άρδευση με σταγόνες, σε σύγκριση με αυτή σε λεκάνες, διατηρεί τα φυτά πιο σθεναρά, και όπως παρατήρησαν οι Prasad et al. (2003), επηρεάζει θετικά την ποιότητα των καρπών, όσον αφορά το βάρος, το μέγεθος και την περιεκτικότητα σε χυμό.

Σύμφωνα με τους Badenes and Byrne (2012) η ροδιά έχει υψηλή αντοχή στην αλατότητα, ενώ σύμφωνα με τους Δρογούδη κ.ά. (2012) μπορεί να ανεχθεί άρδευση με περιεκτικότητα αλάτων 2.000-2.500 ppm.

1.8.3 Θερμοκρασία

Σύμφωνα με τους Badenes and Byrne (2012) η ροδιά προσαρμόζεται σε περιοχές με ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες, όπως οι περιοχές της Μεσογείου, αλλά υφίσταται ζημιές όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους -11° C. Ωστόσο, όπως αναφέρουν οι Melgarejo et al. (1997), υπάρχουν καλλιέργειες ροδιάς, στην περιοχή της κεντρικής Ασίας, που επιβιώνουν στις θερμοκρασίες των -25 ή -30 ^{o}C. Σημαντική κρίνεται η θερμοκρασία στο εκάστοτε στάδιο της ανάπτυξης του φυτού, με την μεγαλύτερη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες να παρατηρείται στο στάδιο του ληθάργου. Ωστόσο ανάμεσα στις ποικιλίες και τους γενότυπους υπάρχουν διαφορές ως προς την αντοχή των χαμηλών θερμοκρασιών (Δρογούδη, 2009).

Όσον αφορά τις υψηλές θερμοκρασίες σύμφωνα με τους Hiwale et al. (2011) υπάρχουν περιοχές, όπου καλλιεργείται η ροδιά, που η μέση μέγιστη θερμοκρασία φτάνει τους 44 ^{o}C, ενώ η μέση ελάχιστη τους 10 ^{o}C. Η Κώστα (2013) αναφέρει πως οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού ευνοούν τη γεύση, τον χρωματισμό και την ωρίμανση των καρπών. Ωστόσο, οι Ghanbarpour et al. (2018) επισημαίνουν πως οι υψηλές θερμοκρασίες είναι ένας λόγος που συμβάλλει στο σχίσιμο των καρπών.

1.8.4 Λίπανση

Όπως συμβαίνει σε όλα τα οπωροφόρα, η λίπανση της ροδιάς πρέπει να βασίζεται σε εδαφική ανάλυση και σε φυλλοδιαγνωστική, αλλά επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ηλικία του φυτού και οι αποστάσεις φύτεψης.

Σε γενικές γραμμές, μαζί με την ενσωμάτωση χωνεμένης κοπριάς η βασική λίπανση, σύμφωνα με τον Μπαρτσώκας (2016), γίνεται με 500 γραμμάρια ανά δέντρο υπερφωσφορικού λιπάσματος και 300 γραμμάρια θειίκού καλίου, ανά δέντρο.

Τα τρία πρώτα χρόνια η ροδιά πρέπει να λιπαίνεται με 100-150 γραμμάρια αζώτου το χρόνο, ανά φυτό, σε τρεις δόσεις, από Μάϊο μέχρι Ιούλιο.

Από τον τέταρτο χρόνο και μετά, η λίπανση γίνεται σε τέσσερεις δόσεις, ξεκινώντας από αρχές Μαρτίου έως αρχές Ιουνίου, με ποσότητα 300-400 γραμμάρια αζώτου, 200 γραμμάρια φωσφόρου και 200 γραμμάρια καλίου το χρόνο, ανά δέντρο (Δρούσκα, χ.χ.).

Οι διαφυλλικές λιπάνσεις μπορούν να συμπληρώσουν τις ανάγκες θρέψης, για ανάπτυξη και παραγωγή, αλλά και να αντιμετωπίσουν το βασικό πρόβλημα της ροδιάς, το σχίσιμο των καρπών. Σύμφωνα με τους Davarpanah et al. (2018) οι διαφυλλικές λιπάνσεις με Ca συμβάλλουν στη μείωση του προβλήματος, ενώ παρόμοια αποτελέσματα λαμβάνονται με διαφυλλικές λιπάνσεις με βάση Zn, Mg ή K όπως υποστηρίζουν οι Chater and Garner (2018).

Η λίπανση της ροδιάς πρέπει να υπολογίζεται προσδιορίζοντας την υπάρχουσα θρεπτική κατάσταση του φυτού. Τα επίπεδα επάρκειας των θρεπτικών στοιχείων παρουσιάζονται στον πίνακα 1, σύμφωνα με τους Δρογούδη et al. (2012).

Πίνακας 1: Επίπεδα επάρκειας ανόργανων θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα ροδιάς.

Στοιχείο	Συγκέντρωση (% ξηρό βάρος)
N	1,99
P	0,22
K	1,07
Ca	2,97
Mg	0,25
Na	0,02
Cl	0,76
B	23 ppm
Fe	75 ppm
Cu	11 ppm
Mn	33 ppm

1.9 Συγκομιδή-Ποιότητα

Η περίοδος συγκομιδής του ροδιού για το βόρειο ημισφαίριο είναι από τον Σεπτέμβριο έως τον Φεβρουάριο, ενώ στο νότιο ημισφαίριο τα ρόδια συγκομίζονται από τον Μάρτιο έως τον Μάιο (CBI, 2015). Στη χώρα μας τα ρόδια ωριμάζουν από τα μέσα Αυγούστου, όσον αφορά τις πρώιμες ποικιλίες όπως η ποικιλία Grenada (Αγρότυπος, 2018), έως τον Νοέμβριο και η συγκομιδή γίνεται σε 2-3 χέρια (Δρογούδη et al., 2007).

Τα ρόδια μετά την συγκομιδή τους δεν έχουν την δυνατότητα να ολοκληρώσουν την διαδικασία ωρίμανσής τους και γι' αυτό τα κριτήρια συγκομιδής είναι σημαντικά.

Τα κριτήρια ωρίμανσης των καρπών ροδιάς είναι η απόκτηση της ελάχιστης συγκέντρωσης ολικών διαλυτών στερεών (^{0}brix) και του τυπικού χρώματος της εκάστοτε ποικιλίας (Fawole and Opara, 2013) .

Σύμφωνα με τους Lina and Ron (2014) οι ξινές ποικιλίες, όπως η Wonderful, είναι έτοιμες για συγκομιδή, όταν τα ολικά διαλυτά στερεά φθάσουν το 15% ή ακόμα καλύτερα όταν ξεπεράσουν το 17% (w/v) και όταν η ογκομετρούμενη οξύτητα είναι μικρότερη από 1,85% (w/v). Οι Δρογούδη κ.ά. (2012) συνιστούν η συγκομιδή να πραγματοποιείται όταν τα ολικά διαλυτά στερεά φθάσουν σε περιεκτικότητα το 16% και η οξύτητα κυμανθεί στο 2%.

Οι καρποί ροδιάς που διακινούνται από και προς την Ευρωπαϊκή Ένωση, με βάση τους κανονισμούς αυτής, πρέπει να διαθέτουν συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Βασικές προϋποθέσεις των καρπών είναι να είναι ακέραιοι και υγιείς, απαλαγμένοι από υπολείμματα φυτοφαρμάκων, οσμές, σκασίματα, μώλωπες, αλλοιώσεις λόγω υψηλών ή χαμηλών θερμοκρασιών και παράσιτα, καθώς και από προσβολές αυτών. Τα ρόδια διαχωρίζονται, με ανοχή μόνο στο σχήμα, το χρώμα και τις εσχαρώσεις του φλοιού, στις κατηγορίες Extra, I και II. Επιπλέον οι καρποί της ροδιάς κατατάσσονται με βάση τη διάμετρο ή το βάρος τους σε διάφορες κατηγορίες, όπως φαίνεται και στον πίνακα 2 που ακολουθεί (http://www.fao.org).

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση καρπών ροδιάς σε μεγέθη-κωδικούς με βάση τη διάμετρο και το βάρος

Μέγεθος/κωδικός	Διάμετρος (mm)	Βάρος (g)
1A	≥81	≥501
2B	71-80	401-500
3C	61-70	301-400
4D	51-60	201-300
5E	40-50	125-200

Πηγή: http://www.fao.org

2 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Ποικιλίες

Οι ποικιλίες της ροδιάς είναι πολυάριθμες. Οι Stover and Mercure (2007) αναφέρουν πως υπάρχουν περισσότερες από 500 ποικιλίες, στις οποίες έχει δοθεί ονομασία, ωστόσο επισημαίνουν πως σε πολλές χώρες πιθανά να καλλιεργείται η ίδια ποικιλία, αλλά με εντελώς διαφορετικό όνομα, λόγω μη συσχέτισης γενετικού υλικού. Από τις 500 ποικιλίες οι Verma et al., (2010) τονίζουν πως μόνο οι 50 καλλιεργούνται για εμπορικούς σκοπούς.

Εκτός των ποικιλιών υπάρχουν και αναρίθμητοι γενότυποι ροδιάς. Στην έρευνά τους οι Verma et al., (2010) υποδεικνύουν ότι μόνο στην περιοχή του Ιράν υπάρχουν 700 γενότυποι.

Ορισμένες ποικιλίες και γενότυποι που καλλιεργούνται σε διάφορες χώρες είναι:

Η.Π.Α.: Early Foothill, Wonderful, Early Wonderful, Granada (Ashton et al. 2006), Cloud, Fleshman, Crab, Green Globe, Home, King (Holland et al. 2009).

Ινδία: Alandi, Muskat, Kabul Yellow (Verma et al. 2010), Ganesh, Mridula, Bhagwa (Holland et al. 2009), Patha (Ashton et al. 2006).

Ιράν: Shahvar (Ashton et al. 2006), Shirin Shahvare Yazd, Gorche Shahvar Yazdi, Vahshe Kane Tehran, Mesri Torshe Kazeron (Alighourchi et al. 2008), Malas Save, Malas Yazdi, Lili Post Koloft (Tehranifar et al. 2010).

Ισπανία: Mollar de Elche, Valenciana, M.Leon1, M.Leon.2, VSN (Mena et al. 2011), Borde de Albatera, Pinon Tierno de Ojos, Casta del Reino de Ojos (Holland et al. 2009).

Ισραήλ: Asmar, Ras-el-Baghil, Red Lufani, Malissi (Ashton et al. 2006), Rosh Hapered (Holland et al. 2009), Herskovitz, Acco (Usanmaz et al. 2014).

Κίνα: Echen, Cin-kwen e-liu, Cin-pehin e-liu (Ashton et al. 2006), Dabaitian, Teipitian, Tongpi ((Holland et al. 2009), Juzimi, Manao, Mapitian, Yushizi (Verma et al. 2010).

Ρωσία: Gul Shah Red (Holland et al. 2009), Afganski, Apseronski, Kzake, Salavatski, Kunduzski (Parvaresh et al. 2012).

Τουρκία: Hicaznar, Ak-anar, Kizil-anar (Ashton et al. 2006), Hicaznar, Silifke asısı, Katırbası, Cevlik, Fellahyemez, İzmir 26, 33N34, Beynary (Gundogdu and Yilmaz 2012).

Όσον αφορά τις εγχώριες ποικιλίες και γενότυπους ενδεικτικά αναφέρονται οι ακόλουθες: Γλυκιά Πατρών, Ξινή Πατρών (Ashton et al. 2006), 11002, 11011, 11041 (Drogoudi et al. 2005), Θηριόπετρα, Πολύκαρπη, Χρυσή, Μεγαπλάτανος, Άψαλος (Pitsiouni et al. 2010), Χίου, Τανάγρας, Αταλάντης (Ζωγράφου, 2016), Ερμιόνης, Περσεφόνη, Ανδρομάχη, 11010, 11015 (Βέμμος, χ.χ.). Από τις προαναφερόμενες ποικιλίες στην Ελλάδα καλλιεργούνται σε ευρεία εμπορική κλίμακα η Ερμιόνη και οι ξένες Wonderful, Acco, Hicaznar και Mollar de Elche.

2.2 Διάκριση ποικιλιών

Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά των ποικιλιών, βάση των οποίων δύναται να γίνει ο διαχωρισμός τους. Από τον χρόνο ωρίμανσης των καρπών διαχωρίζονται σε πρώιμες, μεσοπρώιμες και όψιμες, και από τον τρόπο κατανάλωσής τους σε επιτραπέζιες και μεταποιήσιμες. Επιπλέον, διαχωρισμός μπορεί να γίνει με βάση το χρώμα του φλοιού των καρπών ή ακόμα και με το βαθμό σκληρότητας των σπερμάτων (Mars, 2000).

Ο πιο συχνός τρόπος διαχωρισμού των ποικιλιών γίνεται με βάση τη γεύση των καρπιδίων. Όμως τα κριτήρια για αυτή την κατηγοριοποίηση διίστανται. Σύμφωνα με τους Δρογούδη (2009) και Βαχαμίδης and Βέμμος (2009) οι ποικιλίες της ροδιάς χαρακτηρίζονται με βάση την οξύτητα του χυμού τους ως εξής:

- Γλυκές <0,9% οξέα
- Ημίγλυκες 0,9-1,8% οξέα
- Ξινές >1,8% οξέα

Ενώ οι Martinez et al. (2006) αναφέρουν πως οι ισπανικές ποικιλίες ροδιάς κατατάσσονται ανάλογα την τιμή του λόγου διαλυτών στερεών/οξύτητα (TSS/TA), τον οποίο ονομάζουν M.I. (Maturity Index), ως εξής:

- Γλυκές MI=31-98
- Ημίγλυκες MI=17-24
- Ξινές MI=5-7

Οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών εντοπίζονται τόσο στα μορφολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όσο και στο γενικότερο επίπεδο του φυτού. Ειδικότερα τέτοιες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις ποικιλίες μπορεί να αφορούν τα εξής:

2.2.1. Βάρος

Αναφορικά με το βάρος των καρπών οι El-Nemr et al. (1990), μελετώντας καρπούς ροδιάς από αγορά της Αιγύπτου, υποστήριξαν πως το μέσο βάρος των καρπών κυμαίνεται από 175 g έως 290 g. Με την προαναφερθείσα έρευνα συμφωνούν και οι Lina and Ron (2014), καθώς βρήκαν ότι οι ποικιλίες ροδιάς Acco και Shani-Yonay φτάνουν σε βάρος σχεδόν τα 270 g. Ενώ σε έρευνα των Pantelidis et al. (2014) οι καρποί της ποικιλίας Acco είχαν μέσο βάρος 273,6 g, ενώ της ποικιλίας Wonderful 474,2 g. Επιπλέον οι Usanmaz et al. (2014), που μελέτησαν τις ποικιλίες Wonderful, Acco και Herskovitz, που καλλιεργούνται στην Κύπρο, αναφέρουν πως το μέσο βάρος των καρπών φτάνει στα 461,72 g, 336,23 g και 412,15 g αντίστοιχα, σε ηλικίας 4 ετών δέντρα και αυξάνεται στα 481,12 g, 350,31 g και 431,04 g αντίστοιχα σε ηλικίας 5 ετών δέντρα.

Όσον αφορά τα καρπίδια, οι Ramezanian et al. (2009) στην ιρανική ποικιλία Malase-Yazdi βρήκαν πως το μέσο βάρος των 100 καρπιδίων είναι 34,75 γραμμάρια. Ενώ οι Hasnaoui et al. (2011) οι οποίοι μελέτησαν 30 τυνησιακές ποικιλίες ροδιάς, αναφέρουν πως το βάρος των 100 καρπιδίων κυμαίνεται από 34,8 έως 70,3 γραμμάρια.

2.2.2. Ύψος-πλάτος

Σύμφωνα με τους Gadže et al. (2013) το μέσο ύψος των καρπών των ποικιλιών Ciparski, Konjski και Pastrum φτάνει στα 75,8 mm, 73,3 mm και 83,1 mm αντίστοιχα, σε ηλικίας 7 ετών δέντρα, ενώ το μέσο πλάτος ανέρχεται στα 84,6 mm, 79,1 mm και 95,3 mm αντίστοιχα. Ενώ σύμφωνα με τους Usanmaz et al. (2014), σε ηλικίας 4 ετών δέντρα το μέσο ύψος των καρπών των ποικιλιών Wonderful, Acco και Herskovitz φτάνει στα 90,92 mm, 66,82 mm και 82,37 mm αντίστοιχα, ενώ σε ηλικίας 5 ετών δέντρα το μέσο ύψος φτάνει στα 93,90 mm, 68,38 mm και 83,81 mm αντίστοιχα. Όσον αφορά το μέσο πλάτος των καρπών των ποικιλιών Wonderful, Acco και Herskovitz φτάνει στα 104,91 mm, 80,04 mm και 95,59 mm αντίστοιχα σε ηλικίας 4 ετών δέντρα, ενώ σε ηλικίας 5 ετών δέντρα το μέσο πλάτος φτάνει στα 107,12 mm, 81,60 mm και 97,03 mm αντίστοιχα.

2.2.3. Καμπύλη ανάπτυξης

Η αύξηση των καρπών της ροδιάς, σύμφωνα με τους Gozlekci and Kaynak (2000) και Varasteh et al. (2006), οι οποίοι μελέτησαν τις ποικιλίες Hicaznar και Malas-e-Torsh-e-Saveh, αντίστοιχα, χαρακτηρίζεται από απλή σιγμοειδή καμπύλη. Επιπλέον οι Shulman et al. (1984), παρατήρησαν πως η καμπύλη ανάπτυξης των καρπών της ποικιλίας Mule's head ακολουθεί απλή σιγμοειδή πορεία, αλλά επισημαίνουν πως η αύξηση των καρπών της ποικιλίας Wonderful είναι περισσότερο γραμμική.

2.2.4. Χρώμα

Σε τέσσερις ποικιλίες ροδιάς, στην περιοχή του Σουλτανάτου του Ομάν, το εύρος των τιμών του χρώματος L, a και b ήταν 55,72-87,35, 10,16-35,57 και 4,41-35,31 αντίστοιχα (Al-Said et al., 2009). Ενώ σύμφωνα με τους Gadže et al. (2013) στις ποικιλίες Ciparski, Konjski zub και Pastrum οι τιμές L, a και b βρέθηκαν να κυμαίνονται 46,6-69,7, 10,5-17,0 και 24,3-25,7 αντίστοιχα.

2.2.5. Ποσοστό χυμοποίησης

Σύμφωνα με τους El-Nemr et al. (1990) το εδώδιμο τμήμα των καρπών ροδιάς κυμαίνεται από 45% έως 61% του συνολικού βάρους, ενώ από το εκατοστιαίο σύνολο αυτού του ποσοστού το 78% είναι χυμός και το 22% σπέρματα. Με αυτή την έρευνα συμφωνούν και οι Poyrazoğlu et al. (2002) που μελέτησαν 13 ποικιλίες ροδιάς και αναφέρουν πως το ποσοστό χυμού αντιστοιχεί σε 45% με 65% του συνολικού βάρους. Όμως σε μικρότερα ποσοστά κυμάνθηκαν οι καρποί των ποικιλιών Wonderful, Acco και Herskovitz, σε ηλικίας 5 ετών δέντρα, οι οποίες έφτασαν στα 35,60%, 40,22% και 29,42% αντίστοιχα (Usanmaz et al., 2014).

2.2.6. pH-brix-Οξύτητα

Η μέτρηση του pH, σε 6 τυνησιακούς βιότυπους ροδιάς, βρέθηκε πως κυμαίνονταν από 2,64 έως 4,54 (Elfalleh et al. 2009). Στα ίδια επίπεδα κυμάνθηκε το pH εννέα ισπανικών ποικιλιών, γλυκών, ημίγλυκων και ξινών, σύμφωνα με τους (Calín-Sánchez et al. 2011), οι οποίοι βρήκαν τιμές από 2,83 έως 4,26.

Οι Mohammad et al. (2018) αναφέρουν πως η τιτλοδοτούμενη οξύτητα 10 ιρακινών βιότυπων ροδιάς κυμάνθηκε από 1,8% έως 2,2%. Ωστόσο, καρποί ροδιάς 3 κροατικών ποικιλιών (Ciparski, Konjski zub και Pastum)

σύμφωνα με τους Gadže et al. (2013) παρουσίασαν τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας 0,4%, 0,6% και 1,8% αντίστοιχα.

Τέλος, αναφορικά με την περιεκτικότητα των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών (^{0}brix) οι Usanmaz et al. (2014), μελετώντας τις ποικιλίες ροδιάς Wonderful, Acco και Herskovitz, βρήκαν τιμές 21,45, 17,29 και 16 σε ηλικίας 5 ετών δέντρα. Ενώ οι Li et al. (2015) αναφέρουν πως τα ολικά διαλυτά στερεά στο χυμό 10 κινέζικων ποικιλιών κυμαίνονταν από 13,97 έως 16,30.

2.2.7. Σάκχαρα

Τα δύο κύρια σάκχαρα του χυμού του ροδιού είναι η φρουκτόζη και η γλυκόζη με 53,9% και 43,3% επί του συνόλου των σακχάρων, αντίστοιχα, σύμφωνα με τους Hasnaoui et al. (2011). Σε έρευνα των Melgarejo et al. (2000) τα ολικά σάκχαρα 40 ισπανικών ποικιλιών κυμαίνονταν από 11,43 g/100g έως 13,5 g/100g και αναλυτικότερα ανιχνεύτηκαν η γλυκόζη (Μ.Ο.=6,14 g/100g), η φρουκτόζη (Μ.Ο.=6,58 g/100g), η σακχαρόζη (Μ.Ο.=0,01 g/100g) και η μαλτόζη, η οποία δεν ήταν εύκολο να ποσοτικοποιηθεί. Αντίθετα σε εμπορικούς χυμούς ροδιού, χωρίς πρόσθετα, τα μοναδικά σάκχαρα που ανιχνεύτηκαν ήταν η γλυκόζη (3,98-6,91 g/100ml) και η φρουκτόζη (4,55-9,36 g/100ml) σύμφωνα με τους Tezcan et al. (2009).

2.2.8. Αντιοξειδωτικά

Από 6 γενότυπους ροδιάς στην Τυνησία ο μέσος όρος αντιοξειδωτικής ικανότητας με την μέθοδο DPPH στον χυμό ήταν 18,93 IC_{50} μg/ml, ενώ στον φλοιό ήταν 3,58 IC_{50} μg/ml (Elfalleh et al. 2009). Σε έρευνα των Çam et al. (2009) βρέθηκε πως η αντιοξειδωτική ικανότητα, οκτώ τουρκικών ποικιλιών ροδιάς, κυμαίνεται από 73 έως 91,8%. Ενώ σύμφωνα με τους Tezcan et al. (2009) η αντιοξειδωτική ικανότητα επτά εμπορικών χυμών ροδιού κυμάνθηκε από 10,37 έως 67,46 %.

2.2.9. Φαινολικά

Οι Mousavinejad et al. (2009) βρήκαν πως τα ολικά φαινολικά σε οκτώ ιρανικές ποικιλίες ροδιού κυμαίνονταν από 238 έως 930 mg/100ml (TEAC). Ενώ σε οκτώ τουρκικές ποικιλίες ροδιάς τα ολικά φαινολικά κυμάνθηκαν από 221,2 έως 418,3 mg/100ml (TEAC) (Çam et al. 2009).

2.2.10. Φωτοσύνθεση

Σχετικά με τον ρυθμό της φωτοσυνθετικής ικανότητας, σε έρευνα των Abdallah et al. (2006) φυτά ροδιάς στην Τυνησία, παρουσίασαν τιμή 14,5 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$. Στις ίδιες τιμές κυμάνθηκαν και οι Intrigliolo et al. (2011), που μελέτησαν φυτά ροδιάς ποικιλίας Mollar de Elche, σημειώνοντας πως ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης ανήλθε στα 13,5 μmol $m^{-2}s^{-1}$. Ωστόσο οι Maity et al. (2014) παρατήρησαν ότι ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης, σε ροδιές στην Ινδία, ήταν μόλις 6,17 μmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$.

2.2.11. Στομάτια-Στοματική αγωγιμότητα

Οι Meena et al. (2011) μελετώντας τα μορφολογικά χαρακτηριστικά 24 ποικιλιών ροδιάς, της Ινδίας, βρήκαν πως ο αριθμός στοματίων κυμαίνονταν από 66/mm^2 έως 130/mm^2. Σε αυτό το εύρος κυμάνθηκαν και οι μετρήσεις των Drogoudi et al. (2012), που μελέτησαν 4 γενότυπους ροδιάς στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, και αναφέρουν πως ο αριθμός των στοματίων κυμάνθηκε από 68/mm^2 έως 149/mm^2. Επιπλέον οι Soloklui et al. (2017), σε 20 ιρανικές ποικιλίες ροδιάς, υπολόγισαν πως ο αριθμός των στοματίων κυμαινόταν από 46/mm^2 έως 108/mm^2. Ωστόσο οι Larcher et al. (2015) αναφέρουν πως ο αριθμός των στοματίων στη ροδιά είναι κατά μέσο όρο στα 404/mm^2, δίχως όμως να κατονομάζουν την ποικιλία που μελετήθηκε.

Όσον αφορά την στοματική αγωγιμότητα οι Intrigliolo et al. (2011) παρατήρησαν πως η ποικιλία Mollar de Elche είχε τιμές 193 mmol $m^{-2}s^{-1}$. Αντίθετα οι Maity et al. (2014) υπολόγισαν τη στοματική αγωγιμότητα, φυτών ροδιάς στην Ινδία, μόλις στα 0,095 mol H_2O m^{-2} s^{-1}, και τον ρυθμό διαπνοής στα 3,37 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}.

2.2.12. Χλωροφύλλες

Σχετικά με τις χλωροφύλλες, οι Aseri et al. (2008), σε φυτά ροδιάς πέντε ετών, που καλλιεργούνται στην έρημο Ταρ της Ινδίας, τις υπολόγισαν στα 5,45 mg/g φρέσκου δείγματος. Σε ελαφρώς αυξημένες τιμές, της προαναφερθείσας μελέτης, αναφέρονται οι Έλληνες ερευνητές Sarafi et al. (2017), οι οποίοι παραθέτουν τις τιμές ολικής χλωροφύλλης σε 5,9 και 8,8 mg/g για την Ερμιόνη και την Wonderful αντίστοιχα.

3 Υλικά και μέθοδοι

3.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος και φυτικό υλικό

Η παρούσα πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο χώρο του δενδροκομείου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΓΠΑ), τη χρονική περίοδο από αρχές Φεβρουαρίου 2017 έως τέλος Δεκεμβρίου 2018.

Από τον οπωρώνα επιλέχθησαν τέσσερα δέντρα ηλικίας περίπου εννέα ετών από τρεις ποικιλίες ροδιάς, την ελληνική ποικιλία ‘’Περσεφόνη’’ και τις ξένες ποικιλίες ‘’Acco’’ και ‘’Wonderful’’.

3.2 Καλλιεργητικές φροντίδες

Από τον Απρίλιο ξεκίνησε η φυτοπροστασία των δέντρων, εφαρμόζοντας Confidor για την καταπολέμηση των αφίδων, και το ίδιο χρονικό διάστημα έγινε αφαίρεση των παραφυάδων των δέντρων. Τον μήνα Μάϊο συνεχίστηκε η καταπολέμηση των αφίδων, με έναν ψεκασμό με Decis.

Οι λιπάνσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- αρχές Μαρτίου με Entec (14-7-7) με δόση 1 Kg/δέντρο
- τέλη Απριλίου με Entec (14-7-7) με δόση 1 Kg/δέντρο
- τέλη Ιουνίου με Novatec (40-0-0) με δόση 250 gr/δέντρο

3.3 Καμπύλη ανάπτυξης της ροδιάς

Για τον υπολογισμό της καμπύλης ανάπτυξης των καρπών της ροδιάς επιλέχθησαν 12 καρποί ανά δέντρο και έγινε σήμανση αυτών. Κάθε 10 ημέρες παίρνονταν μετρήσεις διαμέτρου και ύψους των καρπών. Η ημερομηνία έναρξης των μετρήσεων ήταν 21/6/17 και η λήξη 30/8/17, ένα μήνα πριν την ημέρα της συγκομιδής. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε παχύμετρο ακριβείας δεύτερου δεκαδικού mm.

3.4 Μελέτη χαρακτηριστικών καρπών

Κατά την ωρίμανση των καρπών της κάθε ποικιλίας, συλλέγονταν 12 υγιείς καρποί ανά ποικιλία, με κριτήριο συγκομιδής το αντιπροσωπευτικό χρώμα του φλοιού των καρπών της κάθε ποικιλίας, συνυπολογιζόμενο με τα επιθυμητά επίπεδα ολικών διαλυτών στερεών συστατικών (^{o}brix). Οι καρποί τοποθετούνταν σε φορητό ψυγείο και μεταφέρονταν στο εργαστήριο Δενδροκομίας για την λήψη των απαραίτητων μετρήσεων.

Οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα αμέσως μετά την συγκομιδή αφορούσαν βιομετρικά χαρακτηριστικά και ήταν οι εξής:

- Το βάρος του καρπού, του φλοιού και των καρπιδίων
- Η διάμετρος του καρπού
- Το μήκος του καρπού με τον κάλυκα και χωρίς
- Το χρώμα του καρπού

Όταν ολοκληρώθηκαν οι μετρήσεις των φαινολογικών χαρακτηριστικών των καρπών ακολούθησε η χυμοποίηση των καρπιδίων, ώστε να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες αναλύσεις:

- Τα ολικά διαλυτά στερεά
- Η ολική ογκομετρούμενη οξύτητα
- Το pH
- Η ανάλυση των σακχάρων (HPLC)

Από κάθε δείγμα χυμού παρασκευάσθηκε διάλυμα σύστασης 5 ml χυμού και 20 ml μεθανόλης, ώστε να επιτευχθεί αραίωση 1/5, τοποθετήθηκε σε falcon των 50 ml και καταψύχθηκε, με σκοπό την πραγματοποίηση των ακόλουθων αναλύσεων:

- Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας
- Περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ενώσεις

3.4.1. Βάρος και διαστάσεις καρπών

Για τον προσδιορισμό του βάρους των καρπών χρησιμοποιήθηκε βαθμονομημένος ζυγός (Kern 470, Kern and Sohn, GmbH).

Οι διαστάσεις των καρπών μετρήθηκαν με παχύμετρο ακριβείας δεύτερου δεκαδικού mm.

3.4.2. Χρώμα καρπών

Για την μέτρηση του χρώματος των καρπών χρησιμοποιήθηκε διαφορικό χρωματόμετρο ανάκλασης (Minolta, Osaka, Japan). Για κάθε καρπό λαμβάνονταν δύο μετρήσεις, διαμετρικά αντίθετες.

3.4.3. Χυμοποίηση

Για το ποσοστό χυμοποίησης ζυγίζονταν 100 γραμμάρια καρπιδίων και χυμοποιούνταν με τη χρήση εργαστηριακού μπλέντερ. Έπειτα ο χυμός φιλτραριζόταν και ζυγιζόταν.

3.4.4. pH

Για τη μέτρηση του pH μεταφέρθηκαν 10 ml δείγματος σε σε ένα ποτήρι ζέσεως όπου και πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του pH με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού πεχάμετρου Consort C5010.

3.4.5. Ολικά διαλυτά στερεά

Η διαδικασία ανάλυσης των διαλυτών στερεών πραγματοποιήθηκε με το διαθλασίμετρο HI 96801 Refractometer. Από κάθε δείγμα μεταφέρθηκε χυμός με μια πιπέτα 100 μl στην ειδική υποδοχή του διαθλασίμετρου και ακολούθησε η ανάγνωση του αποτελέσματος. Από κάθε δείγμα έγινε μια μέτρηση η οποία και καταγράφηκε σε ειδική φόρμα.

3.4.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα

Για τον προσδιορισμό της πραγματοποιήθηκε τιτλοδότηση με διάλυμα 0.1N NaOH. Η τιτλοδότηση έγινε στο δείγμα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του pH. Στο διάλυμα αυτό έγινε ογκομέτρηση έως ότου το pH να γίνει 8,1 και καταγράφηκε ο απαιτούμενος όγκος διαλύματος NaOH.

Η ογκομετρούμενη οξύτητα εκφράστηκε σε γραμμάρια (g) κιτρικού οξέος ανά 100g νωπού καρπού (Mohammad et al., 2018).

3.4.7. Σάκχαρα

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των σακχάρων χρησιμοποιήθηκε η υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε αντλία Waters (model 510), στήλη Hamilton Ca^{2+} ρυθμισμένη σε θερμοκρασία 80°C και ανιχνευτής RI (HP1047A), ενώ η κινητή φάση ήταν νερό με ροή 0,6 ml/min.

Από κάθε δείγμα χρησιμοποιήθηκε 1ml χυμού και νερό HPLC, σε αραίωση 1/40. Τα σάκχαρα των οποίων προσδιορίστηκε η συγκέντρωσή τους είναι τα εξής: 1) η σακχαρόζη, 2) η γλυκόζη και 3) η φρουκτόζη.

3.4.8. Ολικά φαινολικά

Η μέτρησή των ολικών φαινολικών πραγματοποιήθηκε με το φωτόμετρο Unicam Helios γ και η απορρόφηση μετρήθηκε στα 760 nm.

Από το διάλυμα του χυμού και της μεθανόλης, πάρθηκαν 50 μl υπερκειμένου, στα οποία προστέθηκαν 3,95 ml απεσταγμένου νερού. Κατόπιν προστέθηκαν 0,25 ml αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και 0,75 ml άνυδρου διαλύματος Na_2CO_3, συγκέντρωσης 20%. Έπειτα από 2 ώρες αναμονής μετρήθηκε η απορρόφηση.

3.4.9. DPPH

Ο προσδιορισμός της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των δειγμάτων έγινε με την μέθοδο DPPH, κατά την οποία παρασκευάσθηκε διάλυμα DPPH συγκέντρωσης 60 μM. Το διάλυμα του χυμού και της μεθανόλης, του κάθε δείγματος, αραιώθηκε ξανά με μεθανόλη, ώστε να επιτευχθεί αραίωση 1/20. Κατόπιν πάρθηκαν 30 μl υπερκειμένου από το νεοπαρασκευασθέν διάλυμα και προστέθηκαν σε 3 ml διαλύματος DPPH. Έπειτα από 3 λεπτά στο σκοτάδι μετρήθηκε η απορρόφηση στα 517 nm.

3.5 Μετρήσεις φύλλων

Για τις μετρήσεις της χλωροφύλλης, των καροτενίων και τον αριθμό των στοματίων, από κάθε ποικιλία τα φύλλα που ελήφθησαν διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες, αυτά που συλλέχθησαν από καρποφόρους βλαστούς και σε αυτά από μη καρποφόρους.

Αντίθετα, για τις μετρήσεις των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, τα δείγματα ομαδοποιήθηκαν ανάλογα την ποικιλία, δίχως τον προαναφερθέντα διαχωρισμό.

3.5.1. Φωτοσύνθεση

Για την μέτρηση της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιήθηκε η φορητή συσκευή Li-COR-6400 (Li-COR, Lincoln, USA), η οποία στηρίζεται σε ποσοτικές μετρήσεις ανταλλαγής αερίων των φύλλων και της ατμόσφαιρας. Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης έγινε πρωινές ώρες με την θερμοκρασία των φύλλων να κυμαίνεται από 27-28 ^{0}C, ενώ η συγκέντρωση του CO_2 και η ένταση φωτισμού στον θάλαμο εισαγωγής του φύλλου καθορίστηκε στα 400 mg/l και 1200 μmol m^{-2} s^{-1}, αντίστοιχα.

Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης έγινε στις 4 Σεπτεμβρίου, τρεις εβδομάδες πριν τη συγκομιδή των καρπών, σε νεαρά πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα καρποφόρων και μη καρποφόρων βλαστών.

3.5.2. Στομάτια

Τα στομάτια των φύλλων παρατηρήθηκαν με τη βοήθεια οπτικού μικροσκοπίου Olympus CX 31, εφοδιασμένο με σύστημα φθορισμού, και κάμερας ALTRA 20, και μετρήθηκαν με τη βοήθεια του Imagej.

3.5.3. Μέτρηση χλωροφύλλης και καροτενίων

Για τον υπολογισμό των χλωροφυλλών και των καροτινοειδών, από κάθε φύλλο ελήφθησαν δίσκοι διαμέτρου 5 mm και ζυγίστηκαν με ζυγό ακριβείας. Έπειτα ακολούθησε λειοτρίβηση σε γουδί. Ως εκχυλιστικό μέσο χρησιμοποιήθηκε διάλυμα ακετόνης 80%, μέχρι τελικού όγκου 10 ml. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε φυγόκεντρο στις 4.000 στροφές για 5 λεπτά. Ακολούθησε η μέτρηση του υπερκείμενου κάθε δείγματος σε φωτόμετρο σε τρία μήκη κύματος (470 nm, 647 nm και 663 nm). Για τον υπολογισμό των επιμέρους συγκεντρώσεων χλωροφυλλών και καροτενοειδών χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τύποι:

[Chla]= 12,25 A_{663} – 2,79 A_{647}

[Chlb]= 21,5 A_{647} – 5,1 A_{663}

[Καροτενοειδή]= $\frac{1000\ A_{470} - 1{,}82\ [\mathrm{Chla}] - 85{,}02\ [\mathrm{Chlb})}{198}$

3.5.4. Θρεπτικά στοιχεία

Για τον προσδιορισμό των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων έγινε αποξήρανση των φύλλων της κάθε ποικιλίας, σε φούρνο στους 70 ^{0}C για τρεις μέρες και κονιοποιήθηκαν σε εργαστηριακό μύλο άλεσης. Έπειτα σε κάψες πορσελάνης ζυγίστηκαν 0,5 gr αλεσμένου δείγματος και τοποθετήθηκαν σε πυριαντήριο στους 550 ^{o}C για 4 ώρες. Στη συνέχεια έγινε προσθήκη 5 ml HNO_3 σε κάθε κάψα και ακολούθησε διήθηση του διαλύματος, σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml. Οι ογκομετρικές φιάλες συμπληρώθηκαν, μέχρι τη χαραγή τους, με απιονισμένο νερό. Τέλος τα διαλύματα εισήχθησαν σε πλαστικά μπουκαλάκια.

Η συγκέντρωση του Β προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της Αζομεθίνης, με βάση την απορρόφηση που καταγράφηκε σε φασματοφωτόμετρο (Helios

γ- UNICAM) στα 420 mm. Ο προσδιορισμός του P έγινε με τη μέθοδο του φωσφοβαναδομολυβδαινικού αμμωνίου, με τη βοήθεια του προαναφερόμενου φασματοφωτόμετρου στα 470 mm. Οι συγκεντρώσεις των K και Na προσδιορίστηκαν με φλογοφωτόμετρο (PGI 2000, PG Instruments Ltd.). Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των υπόλοιπων ανόργανων χημικών στοιχείων (N, Fe, Mn και Zn), αυτές προσδιορίστηκαν σε συσκευή ατομικής απορρόφησης (Spectra A300, Varian Inc.).

3.6 Πειραματικό σχέδιο και στατιστική ανάλυση

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το πλήρες τυχαιοποιημένο. Κάθε ποικιλία αποτελούταν από τέσσερα δένδρα εκ των οποίων κάθε δένδρο αποτελούσε και μία επανάληψη.

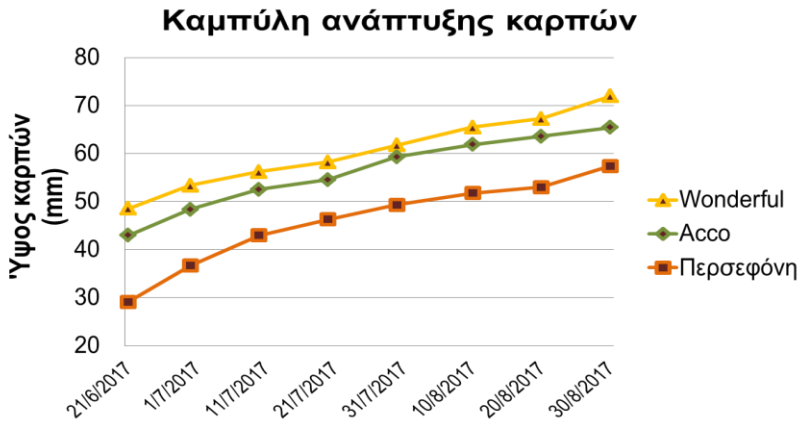
Τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος επεξεργάστηκαν με ανάλυση διασποράς (ANOVA) ως μονοπαραγοντικό πείραμα. Οι σημαντικές διαφορές, όσον αφορά τις μετρούμενες μεταβλητές μεταξύ των επεμβάσεων, προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του TUKEY HSD, σε επίπεδο σημαντικότητας α=0,05. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics Centurion XVI.I.

4 Αποτελέσματα

4.1 Καρποί

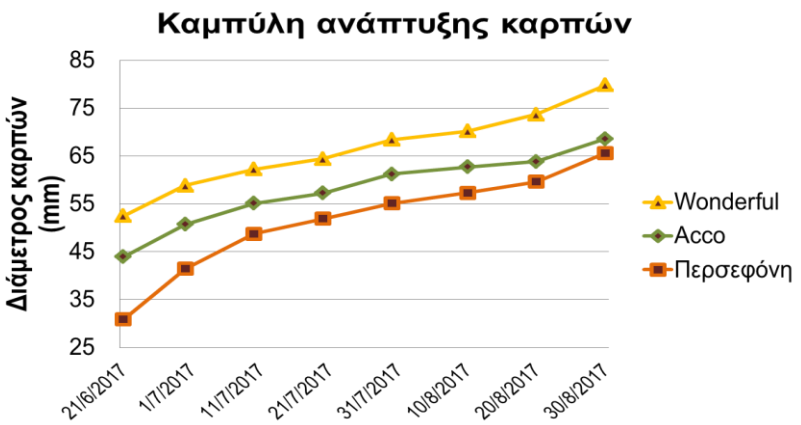
Οι καρποί των τριών ποικιλιών της ροδιάς διαφέρουν τόσο στα μορφολογικά όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους.

4.1.1. Καμπύλες ανάπτυξης καρπών ανά ύψος και διάμετρο



Σχεδιάγραμμα 2: Καμπύλη ανάπτυξης ύψους καρπών των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

Στο σχεδιάγραμμα 2 παρουσιάζεται η καμπύλη ανάπτυξης των καρπών των τριών ποικιλιών ροδιάς, όσον αφορά το ύψος αυτών, η οποία σχηματίστηκε λαμβάνοντας διαστάσεις κάθε 10 ημέρες, ξεκινώντας 2 εβδομάδες μετά τον σχηματισμό του καρπού έως ένα μήνα πριν τη συγκομιδή. Όπως διακρίνεται οι τιμές των υψών και των τριών ποικιλιών παρουσιάζουν, όπως ήταν αναμενόμενο, αυξητική τάση, χωρίς ωστόσο να παρατηρούνται σημεία αναστολής της ανάπτυξης των καρπών. Ως εκ τούτου, οι καμπύλες αύξησης του ύψους των καρπών, και των τριών ποικιλιών, κατά το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, κρίνονται γραμμικές.



Σχεδιάγραμμα 3: Καμπύλη ανάπτυξης διαμέτρου καρπών των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

Η αύξηση της διαμέτρου των καρπών των τριών ποικιλιών ροδιάς, κατά την περίοδο των μετρήσεων, όπως διακρίνεται στο σχεδιάγραμμα 3, σχηματίζει γραμμική καμπύλη ανάπτυξης.

4.1.2. Μέσο βάρος μερών καρπού

Στον πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται από τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των καρπών, τα βάρη των επιμέρους τμημάτων του καρπού. Όπως παρατηρείται υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, με την ποικιλία Wonderful να ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες δυο, σημειώνοντας σχεδόν το διπλάσιο μέσο βάρος καρπού και φλοιού, εν συγκρίση με την ποικιλία Περσεφόνη. Οι καρποί της ποικιλίας Περσεφόνη έχουν το μικρότερο μέσο βάρος καρπιδίων, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαδορά με την ποικιλία Wonderful, αλλά δίχως να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από την ποικιλία Acco.

Πίνακας 3: Μέσο βάρος καρπού, φλοιού, και καρπιδίων, των τριών ποικιλιών ροδιάς Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Μέσο βάρος καρπού		194,3a	300,8b	158,8a
Μέσο βάρος φλοιού	g	83,7a	158b	73,77a
Μέσο βάρος καρπιδίων		110,6ab	142,4b	85a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.1.3. Διαστάσεις καρπού

Στον πίνακα 4 φαίνεται πως η ποικιλία Wonderful έχει τη μεγαλύτερη διάμετρο καρπού, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις άλλες δύο ποικιλίες. Όσον αφορά το ύψος καρπού με κάλυκα, σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ποικιλίες. Το μεγαλύτερο ύψος με κάλυκα έχουν οι καρποί της ποικιλίας Wonderful, το μικρότερο οι καρποί της ποικιλίας Περσεφόνη, ενώ οι καρποί της ποικιλίας Acco έχουν ενδιάμεσες τιμές. Όσον αφορά τον λόγο διαμέτρου/ύψος καρπού η ποικιλία Περσεφόνη παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από την ποικιλία Acco, αλλά όχι από την ποικιλία Wonderful. Τέλος, σχετικά με το ποσοστό του ύψους του κάλυκα επί του συνολικού ύψους του καρπού, φαίνεται πως οι ποικιλίες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

Πίνακας 4: Ύψος καρπού με και χωρίς κάλυκα και διάμετρος καρπού, των τριών ποικιλιών ροδιάς Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Διάμετρος Καρπού	mm	72,5a	84,4b	70,9a
Ύψος καρπού με κάλυκα	mm	78,8b	87,3c	72,1a
Ύψος καρπού χωρίς κάλυκα	mm	66,5a	75,6b	59,9a
Διάμετρος/ ύψος καρπού χωρίς κάλυκα		1,01a	1,11ab	1,18b
Ποσοστό κάλυκα	%	15,18a	13,07a	17,1a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.1.4. Παράμετροι χρώματος

Από τις παραμέτρους του χρώματος, του φλοιού των καρπών των τριών ποικιλιών, στατιστικά σημαντικές διαφορές διακρίνονται μόνο στον κορεσμό (Chroma), όπως φαίνεται στον πίνακα 5. Οι καρποί της ποικιλίας Acco παρουσιάζουν τον υψηλότερο κορεσμό, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από αυτούς της ποικιλίας Περσεφόνη. Η ποικιλία Wonderful δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις άλλες δύο ποικιλίες.

Πίνακας 5: Χρώμα φλοιού καρπών των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

	Acco	**Wonderful**	**Περσεφόνη**
Chroma	47,64b	40,49ab	39,22a
L	56,82a	56,91a	58,11a
Hue	36,9a	49,6a	50,56a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.1.5. Ποσοστό χυμού

Όπως φαίνεται στον πίνακα 6, η ποικιλία Acco παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις άλλες δύο ποικιλίες, σημειώνοντας τη μικρότερη ποσότητα χυμού ανά 100 g καρπιδίων. Ωστόσο, δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά όσον αφορά το ποσοστό χυμού του καρπού και το ποσοστό εδώδιμου τμήματος.

Πίνακας 6: Ποσοστό χυμού/100g καρπιδίων, ποσοστό εδώδιμου τμήματος καρπού και ποσοστό χυμού καρπού, των τριών ποικιλιών ροδιάς Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Ποσότητα χυμού/ 100g καρπιδίων	g	68,7a	77,6b	75,1b
Ποσοστό εδώδιμου τμήματος	%	57,15a	47,5a	52,76a
Ποσοστό χυμού καρπού		39,71a	37,01a	39,7a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.1.6. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Όπως φαίνεται στον πίνακα 7, η ποικιλία Wonderful παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ογκομετρούμενη οξύτητα, διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από τις υπόλοιπες δύο ποικιλίες. Στις τιμές των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών των τριών ποικιλιών δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Όσον αφορά το pH φαίνεται πως οι καρποί παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι καρποί της ποικιλίας Περσεφόνη έχουν την πιο υψηλή τιμή pH , ακολουθεί η ποικιλία Acco, αφήνοντας τελευταία την ποικιλία Wonderful. Τέλος, ως προς τον λόγο των διαλυτών στερεών/ογκομετρούμενη οξύτητα φαίνεται πως οι τρεις ποικιλίες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, με την ποικιλία Wonderful να παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, ενώ η ποικιλία Περσεφόνη την μεγαλύτερη.

Πίνακας 7: Ποιοτικά χαρακτηριστικά (Ογκομετρούμενη οξύτητα, Ολικά διαλυτά στερεά, pH και λόγος διαλυτών στερεών/ογκομετρούμενη οξύτητα) των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

	Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Ογκομετρούμενη οξύτητα (TA)	0,56a	1,99b	0,27a
Ολικά διαλυτά στερεά (TSS)	13,9a	14,68a	13,57a
pH	4,95b	4,28a	5,52c
Διαλυτά στερεά/ ογκομετρούμενη οξύτητα	25,81b	7,93a	49,43c

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

Τα TSS (διαλυτά στερεά) εκφράζονται σε brix.

Η TA (ογκομετρούμενη οξύτητα) εκφράζεται σε g κιτρικού οξέος ανά 100 g νωπού δείγματος.

4.1.7. Σάκχαρα

Στον πίνακα 8 που ακολουθεί παρατηρείται πως οι καρποί της ποικιλίας Acco παρουσιάζουν την μικρότερη συγκέντρωση σακχαρόζης, αντίθετα οι καρποί της ποικιλίας Περσεφόνη έχουν την μεγαλύτερη συγκέντρωση, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, δίχως όμως να διαφέρουν και οι δύο ποικιλίες στατιστικά σημαντικά από την τρίτη. Όσον αφορά την ποικιλία Acco φαίνεται πως διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις άλλες δύο ποικιλίες στις συγκεντρώσεις γλυκόζης και φρουκτόζης, καθώς και στον δείκτη γλυκύτητας, παρουσιάζοντας τις μικρότερες τιμές. Στο σύνολο των σακχάρων στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζει η ποικιλία Acco, σημειώνοντας την μικρότερη τιμή.

Πίνακας 8: Συγκέντρωση μεμονωμένων σακχάρων (σακχαρόζης, γλυκόζης και φρουκτόζης), συνόλου σακχάρων και δείκτης γλυκύτητας των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Σακχαρόζη	g/100ml N.B.	0,10a	0,25ab	0,4b
Γλυκόζη		5,25a	9,15b	9,66b
Φρουκτόζη		5,69a	10,23b	10,40b
Σύνολο σακχάρων		11,05a	19,78b	20,31b
Δείκτης γλυκύτητας		19,5a	33,23b	33,92b

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.1.8. Ολικά φαινολικά και αντιοξειδωτική ικανότητα

Όπως φαίνεται στον πίνακα 9 οι καρποί των τριών ποικιλιών δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, τόσο στην συγκέντρωση των ολικών φαινολικών όσο και στην αντιοξειδωτική ικανότητα, μετρούμενη με τη μέθοδο DPPH.

Πίνακας 9: Συγκέντρωση ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Ολικά φαινολικά	mg/100ml NB	177,29a	158,19a	150,53a
DPPH	μmol Trolox /100ml	1,33a	1,17a	1,23a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

Οι ολικές φαινολικές ενώσεις εκφράζονται σε mg ισοδύναμα γαλλικού οξέος /100ml χυμού.

4.2 Φύλλα

Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στη συσσώρευση των φωτοσυνθετικών χρωστικών, στον αριθμό των στοματίων, στη φωτοσυνθετική ικανότητα, καθώς και στη φυλλοδιαγνωστική.

4.2.1. Χλωροφύλλες και καροτένια φύλλων καρποφόρων βλαστών

Ο πίνακας 10 αναφέρεται σε φύλλα καρποφόρων βλαστών και όπως παρατηρείται δεν σημειώνονται, μεταξύ των τριών ποικιλιών, στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α και των καροτενίων. Τα φύλλα της ποικιλίας Acco παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συγκέντρωση τόσο της χλωροφύλλης b, όσο και της ολικής χλωροφύλλης, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από αυτά της ποικιλίας Περσεφόνη. Η ποικιλία Wonderful, στις προαναφερόμενες συγκεντρώσεις, δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις άλλες δύο ποικιλίες. Όσον αφορά τους λόγους χλωροφύλλης a /χλωροφύλλη b και ολικής χλωροφύλλης/καροτένια, η ποικιλία Περσεφόνη παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από την ποικιλία Acco, ενώ η ποικιλία Wonderful δείχνει να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τις άλλες δύο ποικιλίες.

Πίνακας 10: Συγκέντρωση χλωροφυλλών και καροτενίων σε φύλλα καρποφόρων βλαστών των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Chla	μg/mg N.B.	1,59a	1,41a	1,18a
Chlb		0,61b	0,51ab	0,40a
Caroten		0,43a	0,36a	0,34a
Chla + Chlb		2,20b	1,93ab	1,5a
Chla /Chlb		2,60a	2,72ab	2,89b
Chla + Chlb / Caroten		6,11a	7,63ab	8,49b

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.2.2. Χλωροφύλλες και καροτένια φύλλων μη καρποφόρων βλαστών

Στον πίνακα 11 παρατηρείται πως δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, στις συγκεντρώσεις χλωροφύλλης a και b, ολικής χλωροφύλλης, καροτενίων, λόγου χλωροφύλλης a/ χλωροφύλλη b και λόγου ολικής χλωροφύλλης/καροτένια, στα φύλλα των μη καρποφόρων βλαστών.

Πίνακας 11: Συγκέντρωση χλωροφυλλών και καροτενίων σε φύλλα μη καρποφόρων βλαστών των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Chla	μg/mg N.B.	1,58a	1,55a	1,42a
Chlb		0,56a	0,55a	0,48a
Caroten		0,43a	0,41a	0,4a
Chla + Chlb		2,14a	2,11a	1,91a
Chla /Chlb		2,8a	2,81a	2,93a
Chla + Chlb / Caroten		6,51a	6,81a	7,33a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.2.3. Φωτοσυνθετική ικανότητα φύλλων καρποφόρων βλαστών

Όπως φαίνεται στον πίνακα 12 δεν σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ποικιλιών σε καμία από τις μετρήσεις της φωτοσυνθετικής ικανότητας, που αφορούν τα φύλλα των καρποφόρων βλαστών. Ωστόσο, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ποικιλιών, όσον αφορά των αριθμό των στοματίων, με την ποικιλία Acco να σημειώνει τον μεγαλύτερο αριθμό στοματίων ανά μονάδα επιφάνειας και την ποικιλία Περσεφόνη τον μικρότερο αριθμό.

Πίνακας 12: Φωτοσυνθετική ικανότητα φύλλων καρποφόρων βλαστών των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Ρυθμός φωτοσύνθεσης	μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}	8,72a	8,88a	8,73a
Στοματική αγωγιμοτήτα	mmol m^{-2} s^{-1}	0,1a	0,08a	0,08a
Εσωτερική συγκέντρωση	mg l^{-1}	214,52a	191,33a	185,26a
Ρυθμός διαπνοής	mmol H_2O m^{-2} s^{-1}	2,53a	2,1a	2,04a
Αριθμός στοματίων	no/mm^2	168,41c	119,83b	93,97a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.2.4. Φωτοσυνθετική ικανότητα φύλλων μη καρποφόρων βλαστών

Στον πίνακα 13 που ακολουθεί παρατηρείται πως μεταξύ των τριών ποικιλιών δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα φύλλα των μη καρποφόρων βλαστών, όσον αφορά τη στοματική αγωγιμότητα, την εσωτερική συγκέντρωση CO_2 και τον ρυθμό της διαπνοής. Όμως, όσον αφορά τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης των φύλλων της ποικιλίας Acco είναι ο μικρότερος, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά, συγκριτικά με τα φύλλα των άλλων δύο ποικιλιών. Τέλος, στατιστικά σημαντικές διαφορές, μεταξύ των ποικιλιών, σημειώνονται στον αριθμό των στοματίων με την ποικιλία Wonderful να παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό στοματίων και την ποικιλία Περσεφόνη τον μικρότερο αριθμό.

Πίνακας 13: Φωτοσυνθετική ικανότητα φύλλων μη καρποφόρων βλαστών των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
Ρυθμός φωτοσύνθεσης	μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}	10,06a	12,67b	12,99b
Στοματική αγωγιμοτήτα	mmol m^{-2} s^{-1}	0,07a	0,10a	0,10a
Εσωτερική συγκέντρωση	mg l^{-1}	134,07a	167,71a	169,77a
Ρυθμός διαπνοής	mmol H_2O m^{-2} s^{-1}	1,91a	2,65a	2,68a
Αριθμός στοματίων	no/mm^2	136c	118,18b	99,18a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

4.2.5. Φυλλοδιαγνωστική

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 14, δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών στις συγκεντρώσεις των P, Na, B, Fe, Mn και Zn. Ωστόσο η ποικιλία Acco παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ποικιλιών, όσον αφορά την συγκέντρωση N σημειώνοντας την μεγαλύτερη τιμή. Τέλος, τα μικρά ποσοστά συγκέντρωσης του K που σημειώνει η ποικιλία Περσεφόνη παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά έναντι των άλλων δύο ποικιλιών.

Πίνακας 14: Θρεπτικά στοιχεία των φύλλων των τριών ποικιλιών ροδιάς, Acco, Wonderful και Περσεφόνη.

		Acco	Wonderful	Περσεφόνη
N	%	3,34b	1,66a	1,73a
P	%	0,23a	0,25a	0,32a
K	%	1,05b	1,11b	0,94a
Na	%	0,03a	0,03a	0,03a
B	Ppm	24,75a	30,07a	24,66a
Fe	Ppm	74,5a	69,6a	60,7a
Mn	Ppm	37,47a	39,57a	29,82a
Zn	Ppm	14,02a	11,22a	12,27a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας γραμμής ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

5 Συζήτηση

5.1 Καρποί

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι διακριτό ότι υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις τρεις ποικιλίες ροδιάς που μελετήθηκαν, τόσο στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των καρπών όσο και σε χαρακτηριστικά που αφορούν το ίδιο το φυτό.

Η αύξηση και ανάπτυξη των καρπών μπορεί να χαρακτηρίζεται από μια απλή σιγμοειδή καμπύλη ή από μια διπλή σιγμοειδή. Οι περισσότερες έρευνες Gozlekci and Kaynak (2000), Varasteh et al. (2006) αναφέρουν πως η καμπύλη ανάπτυξης των καρπών της ροδιάς ακολουθεί απλή σιγμοειδή πορεία. Αντίθετα οι Shulman et al. (1984) επισημαίνουν πως η ανάπτυξη των καρπών της ποικιλίας Wonderful παρουσιάστηκε περισσότερο γραμμική. Στα ίδια αποτελέσματα καταλήγουν οι Fawole and Opara, (2013), οι οποίοι μελετώντας τις ποικιλίες Bhagwa και Ruby βρήκαν πως η καμπύλη της ανάπτυξής τους παρουσιάζεται γραμμική. Τα αποτελέσματα της ερευνητικής μας εργασίας έρχονται σε συμφωνία με τις προαναφερόμενες μελέτες καθώς οι καρποί, και των τριών ποικιλιών ροδιάς που μελετήθηκαν, παρουσιάζουν μια γραμμική καμπύλη αύξησης. Ωστόσο, πρέπει σημειωθεί πως καθώς δεν προσμετρήθηκαν οι διαστάσεις των καρπών έως την συγκομιδή, δεν δύναται να θεωρηθεί όλη η καμπύλη ανάπτυξης των καρπών γραμμική, αλλά μόνο το συγκεκριμένο τμήμα αυτής, το οποίο μελετήθηκε.

Οι καρποί της ποικιλίας Wonderful παρουσίασαν το μεγαλύτερο μέσο βάρος καρπού διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες δύο, πράγμα που συνέβη και με το μέσο βάρους φλοιού και καρπιδίων καθώς και με τη διάμετρο του καρπού και το ύψος του καρπού (με και χωρίς τον κάλυκα), σε αντίθεση με την ποικιλία Περσεφόνη που παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές. Το μέσο βάρος καρπού, για τις τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν, κυμάνθηκε από τα 158,8 gr για την ποικιλία Περσεφόνη έως τα 300 gr για την ποικιλία Wonderful, ενώ η ποικιλία Acco παρουσίασε ενδιάμεση τιμή στα 194,3 gr. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στην έρευνα των Pantelidis et al. (2014) και Usanmaz et al. (2014) στις έρευνες των οποίων η ποικιλία Wonderful είχε σταθερά μεγαλύτερο καρπό σε σχέση με την ποικιλία Acco όσο και με όλες τις υπόλοιπες ποικιλίες που μελέτησαν, πράγμα που συνέβη και στην έρευνα των Lantzouraki et al. (2014), οι οποίοι σύγκριναν τις

ποικιλίες Περσεφόνη και Wonderful. Ειδικότερα στην έρευνα των Pantelidis et al. (2014) το βάρος καρπού για την ποικιλία Acco ανήλθε στα 273 gr και για την ποικιλία Wonderful στα 474,2 gr, ενώ στην έρευνα των Usanmaz et al. (2014) το βάρος για την ποικιλία Acco ανήλθε στα 336,23 gr και για την ποικιλία Wondreful στα 461,72 gr. Τέλος στην έρευνα των Lantzouraki et al. (2014) η ποικιλία Wonderful παρουσίασε βάρος 322 gr και η ποικιλία Περσεφόνη 285 gr. Όσον αφορά το μέγεθος του καρπού η ποικιλία Wonderful διαθέτει τη μεγαλύτερη διάμετρο καρπού με 84,4 mm, διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά με τις υπόλοιπες δύο, με την ποικιλία Περσεφόνη να έχει τη μικρότερη τιμή με 70,9 mm, μη διαφέροντας από την ποικιλία Acco με 72,5 mm. Επίσης το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και στο ύψος του καρπού, όπου η ποικιλία Wonderful παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές με 87,3 mm, αντίθετα με την ποικιλία Περσεφόνη που εμφάνισε τιμές στα 72,1 mm και την ποικιλία Acco στα 78,8 mm. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των Usanmaz et al. (2014), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η ποικιλία Wonderful διαφέρει από την ποικιλία Acco έχοντας μεγαλύτερους καρπούς με διάμετρο 104,91 mm και ύψος 90,92 mm, ενώ για την ποικιλία Acco 66,82 mm καθώς και 66.82 mm αντίστοιχα. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι η κατηγοριοποίηση των καρπών με βάση το βάρος ορίζεται ως εξής, οι καρποί της ποικιλίας Wonderful ανήκουν στην κατηγορία 4D, ενώ αυτοί των ποικιλιών Περσεφόνη και Acco στην 5E (www.fao.org). Τέλος όσον αφορά το χρώμα του φλοιού των καρπών δεν διακρίνονται κάποιες στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών εκτός της παραμέτρου του chroma, όπου η ποικιλία Acco εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή με 47,64, αντίθετα από την ποικιλία Περσεφόνη που παρουσιάζει την ελάχιστη τιμή με 39,22, ενώ η ποικιλία Wonderful εμφανίζει ενδιάμεση τιμή με 40,49 μη διαφέροντας από τις δύο πιο πάνω ποικιλίες. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με αυτά που διακρίνονται και στην έρευνα των Drogoudi et al. (2005), οι οποίοι μελέτησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά 20 γονοτύπων ροδιάς και βρήκαν ότι ο δείκτης chroma κυμάνθηκε από 40,2 έως 52,6.

Η περιεκτικότητα των καρπών σε χυμό παρουσιάζει διακυμάνσεις με την ποικιλία Acco να διαθέτει τις μικρότερες τιμές με 68,7 gr/100gr καρπιδίων, διαφέροντας σημαντικά από τις ποικιλίες Wonderful και Περσεφόνη, οι οποίες

παρουσίασαν τιμές στα 77,6 gr/100gr καρπιδίων και 75,1 gr/100gr καρπιδίων αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας των Cam et al. (2009), οι οποίοι προσδιορίζοντας την περιεκτικότητα των καρπιδίων σε χυμό 10 ποικιλιών βρήκαν ότι το ποσό του χυμού ανά 100 gr καρπιδίων κυμαινόταν από 65-81,6 gr χυμού. Επίσης στην ερευνά μας παρατηρείται ότι η ποικιλία Wonderful παρουσιάζει το μικρότερο ποσοστό εδώδιμου τμήματος με 47,54% και το μικρότερο ποσοστό χυμού ανά καρπό με 37,01% μη διαφέροντας από τις υπόλοιπες δυο ποικιλίες, οι οποίες παρουσίασαν αμφότερες ποσοστό χυμού στο 39,7 % και ποσοστό εδώδιμου τμήματος 57,15% για την ποικιλία Acco και 52,76% για την ποικιλία Περσεφόνη. Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της παρούσας μελέτης παρατηρήθηκαν και στην έρευνα των Pantelidis et al. (2014), όπου οι ποικιλίες που εξετάστηκαν έδειξαν ποσοστά εδώδιμου τμήματος 40,4% έως 62,3% και χυμού 21,3% έως 44,7%. Ειδικότερα το ποσοστό χυμού για την ποικιλία Wonderful ανήλθε στο 35% και το ποσοστό εδώδιμου τμήματος στο 53%, ενώ για την ποικιλία Acco στα 37,9% και 53,6 % αντίστοιχα.

Με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών, στην παρούσα έρευνα, διαπιστώθηκε η αυξημένη περιεκτικότητα των καρπών της ποικιλίας Wonderful σε οξέα καθώς και η μειωμένη τιμή του pH, συγκριτικά με τις ποικιλίες Acco και Περσεφόνη. Πιο συγκεκριμένα η ποικιλία Wonderful παρουσίασε την υψηλότερη ογκομετρούμενη οξύτητα με 1,99 gr κίτρικού οξέος/100gr χυμού διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες, ενώ οι ποικιλίες Περσεφόνη και Acco έδωσαν τιμές στα 0,27 gr και 0.56 gr κίτρικού οξέος/100gr χυμού αντίστοιχα. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο, καθώς η ποικιλία Wonderful χαρακτηρίζεται από την έντονη όξινη γεύση και τη μεγάλη περιεκτικότητά της σε οξέα, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες δυο ποικιλίες. Σε έρευνα των Lina and Ron (2014) η ολική ογκομετρούμενη οξύτητα για την ποικιλία Acco ανήλθε στα 0,5 gr κίτρικού οξέος/100gr χυμού. Από την άλλη πλευρά, σε πείραμα των Pantelidis et al. (2014) η ογκομετρούμενη οξύτητα προσδιορίστηκε στα 2,2 gr κίτρικού οξέος/100gr χυμού για την ποικιλία Wonderful και στα 0,62 gr κίτρικού οξέος/100gr χυμού για την ποικιλία Acco. Επίσης στην ίδια έρευνα τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά για τη ποικιλία Wonderful ανήλθαν στο 17,1 ενώ για την Acco 16,9, με τις υπόλοιπες ποικιλίες να παρουσιάζουν τιμές από

15,7 έως 18,3. Αντίθετα στην παρούσα ερευνητική εργασία τα ολικά διαλυτά στερεά κυμάνθηκαν από 13,57, για την ποικιλία Περσεφόνη, έως τα 14,68 για την ποικιλία Wonderful, διαφορά που ίσως οφείλεται στο στάδιο ωρίμανσης των καρπών κατά το οποίο συγκομίστηκαν.

Τα κυρίαρχα σάκχαρα στον καρπό της ροδιάς είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη (Ozgen et al., 2008). Στις ποικιλίες που μελετήθηκαν παρουσιάστηκαν διαφορές στη συγκέντρωση των σακχάρων, με την ποικιλία Acco να περιέχει τις χαμηλότερες τιμές και στα τρία σάκχαρα που εντοπίστηκαν, διαφέροντας από τις υπόλοιπες δυο, ενώ η ποικιλία Περσεφόνη παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές. Ειδικότερα η συγκέντρωση της γλυκόζης στην ποικιλία Acco ανήλθε στα 5,25 g/100ml, αντίθετα από τις ποικιλίες Wonderful και Περσεφόνη που έδωσαν τιμές στα 9,15 και 9,66 g/100ml. Επίσης η ποικιλία Acco έδειξε και τη χαμηλότερη συγκέντρωση σε φρουκτόζη με 5,69 g/100ml, ενώ οι ποικιλίες Wonderful και Περσεφόνη 10,23 και 10,4 g/100ml αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα έρχονται σε αντιδιαστολή με την έρευνα των Melgarejo et al. (2000), οι οποίοι αναφέρουν πως οι ξινές ποικιλίες έχουν λιγότερη περιεκτικότητα σε φρουκτόζη και γλυκόζη. Αντίθετα σε έρευνα των Mena et al. (2011), οι οποίοι μελέτησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Wonderful, βρέθηκε πως η συγκέντρωση της φρουκτόζης κυμαίνεται από 7,7 έως 8,9 g/100ml χυμού και η συγκέντρωση της γλυκόζης 6,8 έως 8,9 g/100ml χυμού, αποτελέσματα παρόμοια με τα δικά μας.

Από την άλλη πλευρά η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών κυμάνθηκε 150,53 mgGAE/100ml για την ποικιλία Περσεφόνη έως τα 177,29 mgGAE/100ml για την ποικιλία Acco, με την ποικιλία Wonderful να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή με 158,19 mgGAE/100ml. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα της έρευνας των Mena et al. (2011), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις των καρπών της ποικιλίας Wonderful κυμαίνεται από 150 έως 300 mgGAE/100ml. Σύμφωνα με τους Gadže et al. (2013) τα ολικά φαινολικά τριών ποικιλιών ροδιάς (Ciparski, Konjski zub και Pastun), καλλιεργούμενες στην περιοχή της Κροατίας, ήταν 124,7 mgGAE/100ml 104,6 mgGAE/100ml και 179,1 mgGAE/100ml αντίστοιχα. Αντίθετα η συγκέντρωση ολικών φαινολικών σε καρπούς των ποικιλιών Acco και Wonderful, σε πείραμα των

Pantelidis et al. (2014) ανήλθε στα 83,3 και 92,1 mgGAE /100 ml αντίστοιχα, διαφορά που μπορεί να οφείλεται τόσο στις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες όσο και στις καλλιεργητικές τεχνικές. Γενικότερα έχει διαπιστωθεί ότι η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις μπορεί να κυμανθεί από 14,4 έως και 1008,6 mgGAE/100ml (Tezcan et al., 2009). Τέλος όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, η αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών στην παρούσα εργασία μετρούμενη με τη μέθοδο DPPH προσδιορίστηκε στα 1,17 μmol trolox/100ml για την ποικιλία Wonderful έως τα 1,33 μmol trolox/100ml για την ποικιλία Acco. Παρόμοια με τα ανωτέρω αποτελέσματα διαπιστώθηκαν και στην έρευνα των Zaouay et al. (2012), όπου η αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών παρουσίασε μια διακύμανση από 1,19 έως τα 2,2 μmol trolox/100ml.

5.2 Φύλλα

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης στα φύλλα των καρποφόρων βλαστών, παρουσίασε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν. Ειδικότερα, η ποικιλία Περσεφόνη έδωσε τις χαμηλότερες τιμές με 1,5 μg/mg N.B., ενώ η ποικιλία Acco έδωσε τις υψηλότερες τιμές με 2,2 μg/mg N.B. Ωστόσο αυτά τα αποτελέσματα δεν δείχνουν να συμφωνούν με την έρευνα των Aseri et al. (2008), οι οποίοι αναφέρουν πως η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης των φύλλων της ροδιάς ανέρχεται στα 5,45 μg/mg N.B.

Παράλληλα η φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων των τριών ποικιλιών παρουσίασε διαφορές, με τις ποικιλίες Wonderful και Περσεφόνη να έχουν την υψηλότερη ικανότητα φωτοσύνθεσης σε σχέση με την Acco, πράγμα που ίσως δικαιολογεί και την αυξημένη συγκέντρωση των σακχάρων στους καρπούς τους. Συγκεκριμένα ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης, των τριών ποικιλιών της παρούσας έρευνας, κυμάνθηκε από 8,72 έως 12,99 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}, ο οποίος και συμφωνεί με τα αποτελέσματα της μελέτης τουρκικών ποικιλιών ροδιάς των Hepaksoy et al. (2000).

Όσον αφορά τη σύγκριση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων, μεταξύ καρποφόρων βλαστών και μη, φαίνεται πως τα φύλλα των καρποφόρων βλαστών, και στις τρεις ποικιλίες, παρουσίασαν μικρότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης, από τα φύλλα των μη καρποφόρων βλαστών. Ίδια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε άλλες έρευνες, όπως των Lliso et al.

(2004) και Wang (2001), γεγονός που όπως αναφέρει ο τελευταίος πιθανά να οφείλεται σε διαφορές στη μορφολογία, ανατομία και φυσιολογία, ανάμεσα στα δύο είδη βλαστών.

Ο αριθμός των στοματίων φαίνεται να είναι αυξημένος στην ποικιλία Acco με 136 έως 168 στομάτια/mm^2 και την ποικιλία Περσεφόνη να διαθέτει τα λιγότερα στομάτια με 93 έως 99 στομάτια/mm^2. Η μεγάλη διακύμανση του αριθμού των στοματίων επισημαίνεται και σε έρευνα των Meena et al. (2011), οι οποίοι αναφέρουν πως ο αριθμός των στοματίων των φύλλων της ροδιάς, σε 24 γενότυπους της Ινδίας, κυμαίνεται από 66 έως 130 /mm^2.

Αναφορικά με τις μετρήσεις της στοματικής αγωγιμότητας και του ρυθμού διαπνοής των στοματίων, των τριών ποικιλιών ροδιάς που μελετήθηκαν, οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,07-0,1 mol H_2O m^{-2} s^{-1} και 1,91-2,68 mol H_2O m^{-2} s^{-1} αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα δείχνουν να συμφωνούν με τους Maity et al., (2014) μόνο ως προς τις τιμές της στοματικής αγωγιμότητας, καθώς οι συγκεκριμένοι την υπολόγισαν στα 0,095 mol H_2O m^{-2} s^{-1}, ενώ ο ρυθμός διαπνοής ανήλθε στα 3,37mmol H_2O m^{-2} s^{-1} .

Τέλος όσον αφορά τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων των τριών ποικιλιών φαίνεται τα περισσότερα στοιχεία να είναι σε επάρκεια, σύμφωνα και με την εργασία των Drogoudi et al. (2012). Ωστόσο, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, η ποικιλία Περσεφόνη παρουσιάζει ελαφρώς χαμηλότερη περιεκτικότητα K, γεγονός που δικαιολογεί το μειωμένο σύνολο χλωροφυλλών, που παρουσιάζει η συγκεκριμένη ποικιλία, όπως αναφέρουν στην έρευνά τους οι Zhao et al. (2001). Σε αντίθεση, το σημαντικά αυξημένο σύνολο χλωροφυλλών που παρουσίασε η ποικιλία Acco, έναντι των άλλων δύο ποικιλιών, δικαιολογείται από την σχεδόν διπλάσια περιεκτικότητα N, όπως υποστηρίζουν οι Fridgen and Varco (2004), που παρατηρήθηκε στα φύλλα των καρποφόρων βλαστών.

6 Βιβλιογραφία

1. Abdallah, F. B., Elloumi, N., Mezghani, I., Boukhris, M., & Garrec, J. P. (2006). Survival strategies of pomegranate and almond trees in a fluoride polluted area. Comptes Rendus Biologies, 329(3), 200-207.
2. Alighourchi, H., Barzegar, M., & Abbasi, S. (2008). Anthocyanins characterization of 15 Iranian pomegranate (Punica granatum L.) varieties and their variation after cold storage and pasteurization. European Food Research and Technology, 227(3), 881-887.
3. Al-Said, F. A., Opara, L. A., & Al-Yahyai, R. A. (2009). Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (Punica granatum L.) grown in the Sultanate of Oman. Journal of Food Engineering, 90(1), 129-134.
4. Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V., & Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (Punica granatum L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae, 117(2), 130-135.
5. Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V., & Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (Punica granatum L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae, 117(2), 130-135.
6. Ashton, R., BAER, B., & SILVERSTEIN, D. (2006). The Incredible Pomegranate.
7. Babu, D. K. (2010). Floral biology of pomegranate (Punica granatum L.). Pomegranate, 4, 45-50.
8. Badenes, M. L., & Byrne, D. H. (Eds.). (2012). Fruit breeding (Vol. 8). Springer Science & Business Media.
9. Basu, A., & Penugonda, K. (2009). Pomegranate juice: a heart-healthy fruit juice. Nutrition reviews, 67(1), 49-56.
10. Basu, A., Schell, J., & Scofield, R. H. (2018). Dietary fruits and arthritis. Food & function, 9(1), 70-77.
11. Ben-Simhon, Z., Judeinstein, S., Trainin, T., Harel-Beja, R., Bar-Ya'akov, I., Borochov-Neori, H., & Holland, D. (2015). A" White" anthocyanin-less pomegranate (Punica granatum L.) caused by an insertion in the coding region of the Leucoanthocyanidin Dioxygenase (LDOX; ANS) gene. PLoS One, 10(11), e0142777.
12. Bhantana, P., & Lazarovitch, N. (2010). Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (Punica granatum L.) varieties under salt stress. Agricultural Water Management, 97(5), 715-722.
13. Bookheimer, S. Y., Renner, B. A., Ekstrom, A., Li, Z., Henning, S. M., Brown, J. A., ... & Small, G. W. (2013). Pomegranate juice augments memory and FMRI activity in middle-aged and older adults with mild memory complaints. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2013.

14. Calín-Sánchez, Á., Martínez, J. J., Vázquez-Araújo, L., Burló, F., Melgarejo, P., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2011). Volatile composition and sensory quality of Spanish pomegranates (Punica granatum L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 91(3), 586-592.
15. Cam, M., Hisil, Y., & Durmaz, G. (2009). Characterisation of pomegranate juices from ten cultivars grown in Turkey. International Journal of Food Properties, 12(2), 388-395.
16. Carvalho, D. N. (1904). Forty centuries of ink.
17. CBI Market Intelligence. (2015). Fresh Pomegranates in Europe <https://www.cbi.eu/sites/default/files/market_information/researches/product-factsheet-europe-fresh-pomegranates-2015.pdf > επίσκεψη 19/11/2018
18. Chandra, R., Babu, K. D., Jadhav, V. T., Jaime, A., & Silva, T. D. (2010). Origin, history and domestication of pomegranate. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, 2, 1-6.
19. Chater, J. M., & Garner, L. C. (2018). Foliar nutrient applications to 'Wonderful'pomegranate (Punica granatum L.). II. Effects on leaf nutrient status and fruit split, yield and size. Scientia Horticulturae, 242, 207-213.
20. Dario, M. F., Pahl, R., de Castro, J. R., de Lima, F. S., Kaneko, T. M., Pinto, C. A., ... & Velasco, M. V. R. (2013). Efficacy of Punica granatum L. hydroalcoholic extract on properties of dyed hair exposed to UVA radiation. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 120, 142-147.
21. Davarpanah, S., Tehranifar, A., Abadía, J., Val, J., Davarynejad, G., Aran, M., & Khorassani, R. (2018). Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (Punica granatum cv. Ardestani). Scientia Horticulturae, 230, 86-91.
22. Derin, K., & Eti, S. (2001). Determination of pollen quality, quantity and effect of cross pollination on the fruit set and quality in the pomegranate. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 25(3), 169-173.
23. Drogoudi, P. D., Tsipouridis, C., & Michailidis, Z. (2005). Physical and chemical characteristics of pomegranates. HortScience, 40(5), 1200-1203.
24. Drogoudi, P., Pantelidis, G., & Manganaris, A. (2012). Morphological and physiological characteristics in pomegranate cultivars with different yields. Options Méditerranéennes, 103, 67-69.
25. El Nemr, S. E., Ismail, I. A., & Ragab, M. (1990). Chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruit. Food/Nahrung, 34(7), 601-606.
26. Elfalleh, W., Nasri, N., Marzougui, N., Thabti, I., M'rabet, A., Yahya, Y., ... & Ferchichi, A. (2009). Physico-chemical properties and DPPH-ABTS scavenging activity of some local pomegranate (Punica granatum) ecotypes. International journal of food sciences and nutrition, 60(sup2), 197-210.
27. Fadavi, A., Barzegar, M., Azizi, M. H., & Bayat, M. (2005). Note. Physicochemical composition of ten pomegranate cultivars (Punica granatum L.) grown in Iran. Food Science and Technology International, 11(2), 113-119.

28. Fateh, M. V., Ahmed, S., Ali, M., & Bandyopadhyay, S. (2013). A Review on The Medicinal Importance of Pomegranate. Journal of Pharmaceutical sciences, 3, 23-25.
29. Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. Scientia Horticulturae, 150, 37-46.
30. Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Fruit growth dynamics, respiration rate and physico-textural properties during pomegranate development and ripening. Scientia Horticulturae, 157, 90–98. doi:10.1016/j.scienta.2013.04.004
31. Fridgen, J. L., & Varco, J. J. (2004). Dependency of cotton leaf nitrogen, chlorophyll, and reflectance on nitrogen and potassium availability. Agronomy Journal, 96(1), 63-69.
32. Gadže, J., Voća, S., Čmelik, Z., Mustać, I., Ercisli, S., & Radunić, M. (2013). Physico-chemical characteristics of main pomegranate (Punica granatum L.) cultivars grown in Dalmatia region of Croatia. Journal of Applied Botany and Food Quality, 85(2), 202
33. Ghanbarpour, E., Rezaei, M., & Lawson, S. (2018). Reduction of Cracking in Pomegranate Fruit After Foliar Application of Humic Acid, Calcium-boron and Kaolin During Water Stress. Erwerbs-Obstbau, 1-9.
34. Gozlekci, S., & Kaynak, L. (2000). Physical and chemical changes during fruit development and flowering in pomegranate (Punica granatum L.) cultivar Hicaznar grown in Antalya region. Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens, (42), 79-85.
35. Gundogdu, M., & Yilmaz, H. (2012). Organic acid, phenolic profile and antioxidant capacities of pomegranate (Punica granatum L.) cultivars and selected genotypes. Scientia horticulturae, 143, 38-42.
36. Hasnaoui, N., Jbir, R., Mars, M., Trifi, M., Kamal-Eldin, A., Melgarejo, P., & Hernandez, F. (2011). Organic acids, sugars, and anthocyanins contents in juices of Tunisian pomegranate fruits. International Journal of Food Properties, 14(4), 741-757.
37. Hepaksoy, S., Aksoy, U., Can, H. Z., & Ui, M. A. (2000). Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. Série A. Séminaires Méditerranéens, 42, 81-86.
38. Hiwale, S. S. (2009). The pomegranate. New India Publishing.
39. Hiwale, S. S., More, T. A., & Bagle, B. G. (2011). Root distribution pattern in pomegranate'Ganesh'(Punica granatum L.). Acta horticulturae, (890), 323.
40. Holland, D., Hatib, K., & Bar-Ya'akov, I. (2009). 2 Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. Horticultural reviews, 35(2), 127-191.
41. Intrigliolo, D. S., Nicolas, E., Bonet, L., Ferrer, P., Alarcón, J. J., & Bartual, J. (2011). Water relations of field grown Pomegranate trees (Punica granatum)

under different drip irrigation regimes. Agricultural Water Management, 98(4), 691–696.

42. Khare, C. P. (2015). Ayurvedic pharmacopoeial plant drugs: expanded therapeutics. Routledge.
43. Khwairakpam, A. D., Bordoloi, D., Thakur, K. K., Monisha, J., Arfuso, F., Sethi, G.,& Kunnumakkara, A. B. (2018). Possible use of Punica granatum (Pomegranate) in cancer therapy. Pharmacological research.
44. Lansky, E. P., & Newman, R. A. (2007). Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. Journal of ethnopharmacology, 109(2), 177-206.
45. Lantzouraki, D. Z., Sinanoglou, V. J., Tsiaka, T., Proestos, C., & Zoumpoulakis, P. (2015). Total phenolic content, antioxidant capacity and phytochemical profiling of grape and pomegranate wines. RSC Advances, 5(123), 101683-101692.
46. Larcher, L., Hara Nishimura, I., & Sternberg, L. (2015). Effects of stomatal density and leaf water content on the 18 O enrichment of leaf water. New Phytologist, 206(1), 141-151.
47. Levin, G. M. (2006). Pomegranate (p. 130). CA: Third Millennium Publications.
48. Li, X., Wasila, H., Liu, L., Yuan, T., Gao, Z., Zhao, B., & Ahmad, I. (2015). Physicochemical characteristics, polyphenol compositions and antioxidant potential of pomegranate juices from 10 Chinese cultivars and the environmental factors analysis. Food chemistry, 175, 575-584.
49. Lina, M. K., & Ron, P. (2014). Definition of minimum maturity indices for harvesting of early-season sweet pomegranate (Punica granatum L.) fruit. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 89(1), 17-22.
50. Lliso, I., Forner, J. B., & Talón, M. (2004). The dwarfing mechanism of citrus rootstocks F&A 418 and# 23 is related to competition between vegetative and reproductive growth. Tree Physiology, 24(2), 225-232.
51. Longtin, R. (2003). The pomegranate: nature's power fruit?. CancerSpectrum Knowledge Environment, 95(5), 346-348.
52. Maity, A., Pal, R. K., Chandra, R., & Singh, N. V. (2014). Penicillium pinophilum—A novel microorganism for nutrient management in pomegranate (Punica granatum L.). Scientia Horticulturae, 169, 111-117.
53. Marathe, R. A., Babu, K. D., Murkute, A. A., & Chaudhary, D. T. (2016). Root distribution pattern of pomegranate in different soil types. Indian Journal of Horticulture, 73(4), 588-591.
54. Mars, M. (2000). Pomegranate plant material: Genetic resources and breeding, a review. Options Méditerranéennes, Ser. A, 42, 55-62.
55. Martinez, J. J., Melgarejo, P., Hernández, F., Salazar, D. M., & Martinez, R. (2006). Seed characterisation of five new pomegranate (Punica granatum L.) varieties. Scientia Horticulturae, 110(3), 241-246.

56. Meena, K. K., Singh, R., Pareek, S., & Kashyap, P. (2011). Evaluation of pomegranate (Punica granatum L.) genotypes for morphological and flowering characteristics under semi-arid climate. Acta horticulturae, 890, 233-238.
57. Melgarejo, P., Martínez- Valero, R., Guillamón, J. M., & AMORÓS, M. M. A. A. (1997). Phenological stages of the pomegranate tree (Punka granatum L.). Annals of applied biology, 130(1), 135-140.
58. Melgarejo, P., Salazar, D. M., & Artes, F. (2000). Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. European Food Research and Technology, 211(3), 185-190.
59. Mellisho, C. D., Egea, I., Galindo, A., Rodríguez, P., Rodríguez, J. B., Conejero, W., ... & Torrecillas, A. (2012). Pomegranate (Punica granatum L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. Agricultural water management, 114, 30-36.
60. Mena, P., García Viguera, C., Navarro Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., Saura, D., & Martí, N. (2011). Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (Punica granatum L.) cultivars grown in Spain. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91(10), 1893-1906.
61. Menezes, S. M., Cordeiro, L. N., & Viana, G. S. (2006). Punica granatum (pomegranate) extract is active against dental plaque. Journal of herbal pharmacotherapy, 6(2), 79-92.
62. Mirdehghan, S. H., & Rahemi, M. (2007). Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (Punica granatum L.) fruit. Scientia Horticulturae, 111(2), 120-127.
63. Mohammad, S., Abdurahman, P., Salim, K., Younis, P., Abdurahman, H., & Mohammad, S. (2018). Physico-chemical characteristics of pomegranate accessions from the Kurdistan Region, Iraq. Journal of Agricultural Sciences, 63(4), 355-366.
64. Mousavinejad, G., Emam-Djomeh, Z., Rezaei, K., & Khodaparast, M. H. H. (2009). Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars. Food chemistry, 115(4), 1274-1278.
65. Naik, S. K., & Chand, P. K. (2011). Tissue culture-mediated biotechnological intervention in pomegranate: a review. Plant cell reports, 30(5), 707-721.
66. Nath, N., & Randhawa, G. S. (1959). Studies on floral biology in the pomegranate (Punica granatum L.) III. Pollination, fruit-set and seed formation. Indian Journal of Horticulture, 16(3), 136-140.
67. Ozgen, M., Durgaç, C., Serçe, S., & Kaya, C. (2008). Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. Food Chemistry, 111(3), 703-706.

68. Pantelidis, G., Drogoudi, P., & Manganaris, A. (2012). Physico-chemical and antioxidant properties of pomegranate genotypes in Greece. Options Mediterraneenes, 103, 335-337.
69. Parvaresh, M., Talebi, M., & Sayed-Tabatabaei, B. E. (2012). Molecular diversity and genetic relationship of pomegranate (Punica granatum L.) genotypes using microsatellite markers. Scientia horticulturae, 138, 244-252
70. Pitsiouni, M., Linos, A., Hagidimitriou, M., & Drogoudi, P. (2010, August). Genetic diversity of Greek wild and cultivated pomegranate (Punica granatum L.) genotypes and cultivars using molecular markers. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on the 940 (pp. 193-200).
71. Prasad, R. N., Bankar, G. J., & Vashishtha, B. B. (2003). Effect of drip irrigation on growth, yield and quality of pomegranate in arid region. Indian Journal of Horticulture, 60(2), 140-142.
72. Rajaei, H., & Yazdanpanah, P. (2015). Buds and leaves in pomegranate (Punica granatum L.): Phenology in relation to structure and development. Flora-morphology, distribution, functional ecology of plants, 214, 61-69.
73. Ramezanian, A., Rahemi, M., & Vazifehshenas, M. R. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. Scientia horticulturae, 121(2), 171-175.
74. Rana, T. S., Narzary, D., & Ranade, S. A. (2010). Systematics and taxonomic disposition of the genus Punica L. Pomegranate. Fruit Veg Cereal Sci Biotechnol, 4, 19-25.
75. Rawat, J. M. S., Tomar, Y. K., & Rawat, V. (2010). Effect of stratification on seed germination and seedling performance of wild pomegranate. Journal of American Science, 6(5), 97-99.
76. Rodrigues, S., de Oliveira Silva, E., & de Brito, E. S. (Eds.). (2018). Exotic Fruits Reference Guide. Academic Press.
77. Rodríguez, P., Mellisho, C. D., Conejero, W., Cruz, Z. N., Ortuno, M. F., Galindo, A., & Torrecillas, A. (2012). Plant water relations of leaves of pomegranate trees under different irrigation conditions. Environmental and experimental botany, 77, 19-24.
78. Safiullah J., Mohammad, R. I., Gun Hean, C., Mahmud Ab R. N., Wan Zunairah, W. I. (2018). Polyphenol Compounds from Pomegranate (Punica Granatum) Extracted via Various Methods and its Application on Meat and Meat Products: A Review. Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology. 12(1), 1-12.
79. Samah, E. S., Sayed, A. M., & Abozed Safaa, S. (2017). Using Pomegranate Peel Extract as Natural Antioxidant on Cream Cheese Manufacture from Goat's Milk.

80. Sarafi, E., Chatzissavvidis, C., & Therios, I. (2017). Response of two pomegranate (Punica granatum L.) cultivars to six boron concentrations: Growth performance, nutrient status, gas exchange parameters, chlorophyll fluorescence, and proline and carbohydrate content. Journal of Plant Nutrition, 40(7), 983-994.
81. Shah, M., Shah, S., & Patel, M. (2011). Review On: The Aspects of Punica granatum. Journal of Pharmaceutical Science and Bioscientific Res, 1(3), 154-9.
82. Sheets, M. D., Du Bois, M. L., & Williamson, J. G. (1994). The Pomegranate1.
83. Shulman, Y., Fainberstein, L., & Lavee, S. (1984). Pomegranate fruit development and maturation. Journal of Horticultural Science, 59(2), 265-274.
84. Soloklui, A. A. G., Gharaghani, A., Oraguzie, N., Eshghi, S., & Vazifeshenas, M. (2017). Chilling and Heat Requirements of 20 Iranian Pomegranate Cultivars and Their Correlations with Geographical and Climatic Parameters, as well as Tree and Fruit Characteristics. HortScience, 52(4), 560-565.
85. Stover, E. D., & Mercure, E. W. (2007). The pomegranate: a new look at the fruit of paradise. HortScience, 42(5), 1088-1092
86. Tao, D. S., Dong, X., Dong, K., Zhang, X. W., & YU, Y. S. (2010). Study on the effects of pollination by honey-bees on pomegranate (Punica granatum L.). Journal of Bee, 3(007).
87. Tehranifar, A., Zarei, M., Nemati, Z., Esfandiyari, B., & Vazifeshenas, M. R. (2010). Investigation of physico-chemical properties and antioxidant activity of twenty Iranian pomegranate (Punica granatum L.) cultivars. Scientia Horticulturae, 126(2), 180-185.
88. Terakami, S., Matsuta, N., Yamamoto, T., Sugaya, S., Gemma, H., & Soejima, J. (2007). Agrobacterium-mediated transformation of the dwarf pomegranate (Punica granatum L. var. nana). Plant cell reports, 26(8), 1243-1251.
89. Tezcan, F., Gültekin-Özgüven, M., Diken, T., Özçelik, B., & Erim, F. B. (2009). Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. Food Chemistry, 115(3), 873-877.
90. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release.
91. Usanmaz, S., Kahramanoğlu, I., & Yılmaz, N. (2014). Yield and pomological characteristics of three pomegranate (Punica granatum L) cultivars: wonderful, Acco and Herskovitz. Am J Agric For, 2, 61-65.
92. Varasteh, F., Arzani, K., Zamani, Z., & Tabatabaei, S. Z. (2006, August). Physico-chemical seasonal changes of pomegranate (Punica granatum L.) fruit'Malas-e-Torsh-e-Saveh'in Iran. In XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Asian Plants with Unique Horticultural 769 (pp. 255-258).

93. Verma, N., Mohanty, A., & Lal, A. (2010). Pomegranate genetic resources and germplasm conservation: a review. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, 4(Special Issue 2), 120-125.
94. Viuda Martos, M., Fernández López, J., & Pérez Álvarez, J. A. (2010). Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(6), 635-654.
95. Wang, R. Z. (2001). Photosynthesis, transpiration, and water use efficiency of vegetative and reproductive shoots of grassland species from north-eastern China. Photosynthetica, 39(4), 569-573.
96. Wetzstein, H. Y., Ravid, N., Wilkins, E., & Martinelli, A. P. (2011). A morphological and histological characterization of bisexual and male flower types in pomegranate. Journal of the American Society for Horticultural Science, 136(2), 83-92.
97. Wetzstein, H. Y., Yi, W., Porter, J. A., & Ravid, N. (2013). Flower position and size impact ovule number per flower, fruitset, and fruit size in pomegranate. Journal of the american society for horticultural science, 138(3), 159-166.
98. Yuan, Z., Fang, Y., Zhang, T., Fei, Z., Han, F., Liu, C., ... & Zhang, M. (2018). The pomegranate (Punica granatum L.) genome provides insights into fruit quality and ovule developmental biology. Plant biotechnology journal.
99. Zaouay, F., Mena, P., Garcia-Viguera, C., & Mars, M. (2012). Antioxidant activity and physico-chemical properties of Tunisian grown pomegranate (Punica granatum L.) cultivars. Industrial Crops and Products, 40, 81-89.
100. Zhao, D., Oosterhuis, D. M., & Bednarz, C. W. (2001). Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. Photosynthetica, 39(1), 103-109.
101. ΑΓΡΟΤΥΠΟΣ. (2018). <http://www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&ID=110712> Τελευταία επίσκεψη 19/11/2018.
102. Βαχαμίδης Π.Α. & Βέμμος Σ. (2009) Η ροδιά και η καλλιέργειά της. Γεωργία-Κτηνοτροφία. Τεύχος 2/2009, 30-39.
103. Βέμμος, Σ. (χ.χ.) Ροδιά. Η καλλιέργεια στην Ελλάδα-Προοπτικές και πιθανά προβλήματα. < https://www.patt.gov.gr/site/attachments2/4896_rodia.pdf >Τελευταία επίσκεψη 22/11/2018
104. Δρογούδη Π., Τσιπουρίδης Κ. & Πανταζής Σ. (2007) Η καλλιέργεια της ροδιάς. Γεωργία - Κτηνοτροφία, τεύχος 1/2007,24-29
105. Δρογούδη,Π. (2009). Ροδιά, ο ‘’κόκκινος χρυσός’’ της διατροφικής αξίας-μια εναλλακτική καλλιέργεια για την ελληνική ύπαιθρο. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, τεύχος 38/2009,4-6
106. Δρογούδη,Π.,Βασιλακάκης,Μ.,Θωμίδης,Θ.,Ναβροζίδης,Ε.,Παντελίδης,Γ. (2012). Εγχειρίδιο για την καλλιέργεια της ροδιάς.Ελληνικός οργανισμός ‘ΔΗΜΗΤΡΑ’.

Γενική Διεύθυνση Αγροτικής Έρευνας. Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δέντρων Νάουσας.

107. Δρούσκα, Ε. (χ.χ.) Πρόγραμμα λίπανσης της ροδιάς. <https://www.agronews.gr/tehnikes/arthro/139785/programma-lipansis-tis-rodias-fevrouario-kai-martio-meta-to-kladema/ >Τελευταία επίσκεψη 20/9/2018
108. Ζωγράφου Ε. (2016). Αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες εμπορικών χυμών με βάση το ρόδι. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Χημείας. Εργαστήριο Χημείας Τροφίμων.
109. Καραμπέτσος, Ι.Χ.Βοτανική.Μορφολογία και Ανατομία φυτών. Αθήνα. Εκδόσεις Εμβρυο.
110. Κώστα, Χ. (2013). Η καλλιέργεια της ροδιάς.Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Τμήμα Γεωργίας.
111. Μακρυνίτσας, Δ. (2017). Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών κρασιών που προκύπτουν από συνοινοποίηση γλεύκους και χυμού από ρόδια.
112. Μπαρτσώκας,Ν. (2016). Λίπανση καλλιεργειών.Αγροτικός Συνεταιρισμός. Ένωση Αγρινίου.
113. Στυλιανίδης, Δ., Σιμώνης,Α., Σωτηρόπουλος, Θ.,Ισαακίδης, Α & Κουκουρίκου-Πετρίδου,Μ. (2009) Το δένδρο της ροδιάς. Γεωργία - Κτηνοτροφία, 7/2009,28-37.
114. Συντακτική Ομάδα Περιοδικού. Ροδιά, απαιτητική και δύσκολη αποδείχθηκε η καλλιέργειά της. (2018). Γεωργία-Κτηνοτροφία. Τεύχος 2/2018, 48-51.
115. Τζουραμάνη Ε., Λιοντάκης Αγ., Σιντόρη ΑΛ.,Ναβρούζογλου Π., Παπαευθυμίου Μ., Καρανικόλας Π. και Αλεξόπουλος Γ. (2008). Ροδιά. Ινστιτούτο Γεωργοοικονομικών και Κοινωνιολογικών Ερευνών. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας.