

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΓΕΝΟΤΥΠΩΝ ΡΟΔΙΑΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Γ. Παντελίδης^{1,2}, Π. Δρογούδη¹, Φ. Βλάχου², Ν. Νικολαΐδης² & Α. Μαγγανάρης²

¹Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός 'ΔΗΜΗΤΡΑ', Γενική Διεύθυνση Αγροτικής Έρευνας, Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δένδρων, Σ.Σ. Ναούσης 38, 59200 Νάουσα

²Αλεξάνδρειο ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, 57400 Σίνδος

Περίληψη

Αν και η παραγωγή είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που αξιολογείται σε προγράμματα βελτίωσης, λίγα είναι γνωστά για τη σχέση της παραγωγής με μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά της ροδιάς. Στην παρούσα εργασία έγιναν μετρήσεις για τον υπολογισμό του ποσοστού ερμαφρόδιτων ανθέων και της καρπόδεσης, της μάζας ανά φυλλική επιφάνεια, της επιφάνειας φύλλου, της πυκνότητας των στοματίων, της συγκέντρωσης χλωροφύλλης ανά μάζα και επιφάνεια, και φωτοσυνθετικών παραμέτρων (μέγιστη φωτοσυνθετική ικανότητα - A_{max} , στοματική αγωγιμότητα- g_s , διαπνοή- E , αποτελεσματικότητα χρήσης νερού- A_{max}/g_s), και του υδατικού δυναμικού των βλαστών (Ψ_{stem}) σε τέσσερις κλώνους ροδιάς με διαφορετική απόδοση, που διατηρούνται σε πειραματικό αξιολόγησης στο Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δένδρων στη Νάουσα. Η παραγωγή ανά δένδρο ήταν μεγαλύτερη στον κλώνο 11005 και την ποικιλία 'Καλλίστη' (μέσος όρος 19,2 kg), σε σύγκριση με τους κλώνους 11019 και 11021 (μέσος όρος 8,2 kg). Παρομοίως, το ποσοστό των ερμαφρόδιτων ανθέων, το οποίο μετρήθηκε τρεις φορές κατά τη διάρκεια της άνθισης, βρέθηκε πως ήταν μεγαλύτερο στον 11005 (63,8 %), ακολουθούσε η 'Καλλίστη' (37,6 %), και οι 11019 και 11021 (15,0 %). Επιπλέον, ο 11005 είχε τη μεγαλύτερη A_{max} (13.0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), που ήταν μέχρι και 1,6 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με τους υπόλοιπους κλώνους ροδιάς. Σημαντικά μεγαλύτερη πυκνότητα στοματίων βρέθηκε στην 'Καλλίστη', χαρακτηριστικό που μπορεί να συνδέεται με μεγαλύτερη προσαρμοστική ικανότητα των δένδρων σε συνθήκες ξηρασίας. Η επιφάνεια των φύλλων ήταν επίσης μεγαλύτερη στον 11005, αλλά όχι η μάζα ανά φυλλική επιφάνεια. Η αποδοτικότητα χρήσης νερού ήταν μεγαλύτερη, και οι g_s και E ήταν συνήθως μικρότερες, στον 11005 και την 'Καλλίστη'. Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το Ψ_{stem} , χαρακτηριστικό που μπορεί να σχετίζεται με την αντοχή της ροδιάς σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

Λέξεις κλειδιά: ερμαφρόδιτα άνθη, Μάζα ανά φυλλική επιφάνεια, πυκνότητα στοματίων, υδατικό δυναμικό βλαστού, φωτοσυνθετικές παράμετροι

Εισαγωγή

Η κατανόηση των σχέσεων που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ αφενός της παραγωγής και αφετέρου των μορφολογικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών ενός φυτού, αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη δημιουργία-επιλογή βελτιωμένων φυτών με στόχο την αύξηση της παραγωγής. Συναχνά παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στο μέγεθος παραγωγής μεταξύ γενοτύπων ροδιάς. Το ποσοστό των ερμαφρόδιτων ανθέων θα έχει μεγάλο αντίκτυπο στο μέγεθος της παραγωγής, αφού θα επηρεάσει τον αριθμό των καρπών που θα παραχθούν. Ο φωτοσυνθετικός ρυθμός, η στοματική αγωγιμότητα και μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυτού όπως η μάζα ανά φυλλική επιφάνεια και η πυκνότητα των στοματίων έχει επίσης βρεθεί πως σχετίζονται με την παραγωγή σε πολλά είδη φυτών (Richards, 2000, Sharma et al., 2010), όμως λίγα στοιχεία για αυτές τις συσχετίσεις είναι γνωστά για τη ροδιά.

Υλικά και Μέθοδοι

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στους επιλεγμένους κλώνους ροδιάς 11029 (ονομάστηκε 'Καλλίστη'), 11005, 11019 και 11021 που διατηρούνται σε πειραματικό αξιολόγησης στο Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δένδρων στη Νάουσα. Τα δένδρα ήταν εννέα ετών, διαμορφωμένα σε τέσσερις κορμούς και φυτεμένα σε αποστάσεις 5 x 1,5 μέτρα και πειραματικό σχέδιο τυχαιοποιημένων ομάδων με έξι δένδρα ανά κλώνο και δύο επαναλήψεις δένδρων σε κάθε ομάδα. Ο αριθμός των ερμαφρόδιτων και αρσενικών ανθέων μετρήθηκε σε 40 ανοιχτά άνθη, τρεις φορές κατά τη διάρκεια της άνθη-

σης, και υπολογίστηκε το ποσοστό ερμαφρόδιτων ανθέων. Μετρήσεις της επιφάνειας φύλλου, της μάζας ανά φυλλική επιφάνεια (ΜΦΕ), και της συγκέντρωσης χλωροφύλλης ανά μάζα και επιφάνεια έγιναν σε φύλλα που βρίσκονταν στο μέσο νεαρών βλαστών και από τρία δένδρα κάθε κλώνο στις 19/08/2010.

Η επιφάνεια φύλλου μετρήθηκε με τη μέθοδο της αποτύπωσης σε 30 φύλλα και κατόπιν τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο φούρνο για ξήρανση στους 60°C για 48 ώρες και ζυγίστηκαν. Η μάζα ανά φυλλική επιφάνεια υπολογίστηκε ως ο λόγος του ξηρού βάρους των φύλλων προς την αντίστοιχη φυλλική τους επιφάνεια και εκφράστηκε ως $g\text{ m}^{-2}$. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης μετρήθηκε σε εννέα φύλλα μετά από εκχύλιση σε 96% (ο/ο) αιθανόλη στο σκοτάδι, σύμφωνα με τους Wintermans & Motts (1965).

Η πυκνότητα των στοματίων μετρήθηκε σε πέντε αποτυπώματα που έγιναν σε μεσονεύριες περιοχές της κάτω επιδερμίδας του φύλλου με οδοντιατρική ρητίνη και κατόπιν τεχνητά ανάτυπα που έγιναν με διαφανές βερνίκι νυχίων (Volenkova & Ticha, 2001). Τα στομάτια μετρήθηκαν σε στερεοσκόπιο (Olympus SZX12, Olympus optical Co, LTD, Japan) σε μεγέθυνση 180x, καταγράφηκαν φωτογραφίες με ψηφιακή κάμερα (Altra 20, Soft Imaging System GmbH, Muenster, Germany) και αποθηκεύτηκαν σε ψηφιακή μορφή. Με τη βοήθεια προγράμματος ψηφιακής εικόνας (Image-Pro Plus 6.2, Media Cybernetics Inc, Bethesda, USA) μετρήθηκε ο αριθμός των στοματίων και η πυκνότητα των στοματίων εκφράστηκε σε στομάτια mm^{-2} .

Παράμετροι της φωτοσύνθεσης μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας το όργανο LI-6400 (LI-COR Biosciences, Lincoln, USA) εφαρμόζοντας τις παραμέτρους 1,700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD, 350 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ CO_2 , και 28 °C θερμοκρασία φύλ-

λου. Οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν ήταν ο μέγιστος φωτοσυνθετικός ρυθμός (A_{max}) και η στοματική αγωγιμότητα (g_s) σύμφωνα με τους Von Cammerer & Farquhar (1981). Ο λόγος A_{max}/g_s χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της στιγμιαίας αποδοτικότητας χρήσης νερού (WUE). Οι μετρήσεις έγιναν στις 5 Ιουλίου και 5 Αυγούστου, από τις 9:00 μέχρι τις 11:00, και σε έξι επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

Το υδατικό δυναμικό των βλαστών μετρήθηκε με την χρήση θαλάμου πίεσης (Plant Moisture System, Skye instruments Ltd, Powys, UK). Ο βλαστός κλείστηκε σε αδιαφανή σακούλα και αλουμινόχαρτο τουλάχιστον 90 min πριν πραγματοποιηθεί η μέτρηση. Τα φύλλα τοποθετήθηκαν στον θάλαμο αμέσως μετά την κοπή τους από το δένδρο. Μετρήσεις έγιναν την επόμενη ημέρα μετά τις μετρήσεις του φωτοσυνθετικού ρυθμού από τις 8:30 μέχρι τις 10:00, και σε έξι επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

Καρποί συγκομίστηκαν όταν το μεγαλύτερο τμήμα του φλοιού τους είχε κόκκινο χρώμα και μετρήθηκε η συνολική παραγωγή. Έγιναν αναλύσεις παραλλακτικότητας (ANOVA) και σε κύριες ορθογώνιες συνιστώσες (principal component analysis), χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS Inc., IL, USA).

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Η παραγωγή ήταν μεγαλύτερη στην 'Καλλίστη' και στον κλώνο 11005, σε σύγκριση με τους κλώνους 11019 και 11021 (μέσοι όροι 19,2 έναντι 8,3 Kg, αντίστοιχα), και αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα του μεγαλύτερου ποσοστού ερμαφρόδιτων ανθέων (63,8% στον 11005, 37,6% στην 'Καλλίστη', σε σύγκριση με 15,1% στους 11019 και 11021) (Πίνακας 1).

Ο μέγιστος φωτοσυνθετικός ρυθμός ήταν μεγαλύτερος στον 11005 και αυτό μπορεί να σχετίζεται με την αυξημένη ζήτηση φωτοσυνθετικών προϊόντων λόγω της μεγαλύτερης παραγωγής (Drogoudi & Ashmore, 2000) ή/και με την ύπαρξη ενός καλύτερα αναπτυγμένου φωτοσυνθετικού μηχανισμού. Επιπλέον, η επιφάνεια φύλλου ήταν μεγαλύτερη στον 11005 σε σύγκριση με τους υπόλοιπους γενότυπους, προσφέροντας μεγαλύτερη φωτοσυνθετική επιφάνεια και διαθεσιμότητα φωτοσυνθετικών προϊόντων. Η συγκέντρω-

ση χλωροφύλλης ανά μάζα και επιφάνεια φύλλου δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των μελετηθέντων γενοτύπων.

Ο μέγιστος φωτοσυνθετικός ρυθμός (A_{max}) και η επιφάνεια φύλλου ήταν μεγαλύτερα στον 11005, ενώ η μάζα ανά φυλλική επιφάνεια ήταν μικρότερη, χαρακτηριστικό που μπορεί να σχετίζεται με μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου στο φωτοσυνθετικό του μηχανισμό (Mediavilla et al., 2001). Η μείωση του πάχους του φύλλου (στα φύλλα με μικρή μάζα ανά επιφάνεια) επίσης μειώνει τη διαδρομή από τα στομάτια στο μεσόφυλλο και συνεπώς την αντίσταση της διάχυσης του CO_2 (Mediavilla et al., 2001).

Στην παρούσα μελέτη παρά τις διαφορές των κλώνων ως προς το φωτοσυνθετικό ρυθμό και το ρυθμό διαπνοής, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το υδατικό δυναμικό των βλαστών (Ψ_{stem}), χαρακτηριστικό που μπορεί να σχετίζεται με την αντοχή της ροδιάς σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Παρόμοια, οι Intrigliolo και οι συνεργάτες του (2011) βρήκαν πως διαφορετικές μεταχειρίσεις άρδευσης στη ροδιά προκάλεσαν σημαντικές διαφορές σε φωτοσυνθετικές παραμέτρους, αλλά όχι στις τιμές Ψ_{stem} σε μετρήσεις που έγιναν την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού ήταν μεγαλύτερη, και οι τιμές των g_s και E ήταν συνήθως μικρότερες στον κλώνο 11005 και στην 'Καλλίστη', χαρακτηριστικά που σχετίζονται με μεγαλύτερη αντοχή σε συνθήκες ξηρασίας (Condon et al., 2004). Επίσης, η πυκνότητα στοματίων ήταν μεγαλύτερη στην 'Καλλίστη', σε σύγκριση με τους υπόλοιπους κλώνους. Ο Richards (2000) προτείνει την επιλογή γενοτύπων με αυξημένη πυκνότητα στοματίων και μεγάλη g_s ως ένδειξη για αυξημένη παραγωγή σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

Αποτελέσματα της ανάλυσης σε κύριες ορθογώνιες συνιστώσες έδειξαν πως στην κύρια συνιστώσα (51,4% της παραλλακτικότητας) συσχετίζονταν θετικά η παραγωγή (0,998), ο λόγος A_{max}/g_s (0,908), το ποσοστό ερμαφρόδιτων ανθέων (0,813) και η A_{max} (0,770), ενώ αρνητικά συσχετίζονταν η g_s (-0,957).

Συμπερασματικά, στην παρούσα μελέτη βρέθηκε πως η παραγωγή των διάφορων κλώνων σχετίζεται με υψηλότερες τιμές ως προς το ποσοστό ερμαφρόδιτων ανθέων, το φωτοσυνθετικό ρυθμό και την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού.

Βιβλιογραφία

- Condon, A.G., Richards, R.A., Rebetzke, G.J. and Farquhar, G.D. 2004. Breeding for high water-use efficiency. J. Exp. Bot. 55:2447-2460.
- Drogoudi, P.D. and Ashmore, M.R. 2000. Does elevated ozone have differing effects in flowering and deblossomed strawberry? New Phytol. 147:561-569.
- Intrigliolo, D.S., Nicolas, E., Bonet, L., Ferrer, P., Alarcón, J.J. and Bartual, J., 2011. Water relations of field grown pomegranate trees (*Punica granatum*) under different drip irrigation regimes. Agric. Water Manag. 98:691-696.
- Mediavilla, S., Escudero, A. and Heilmeyer, H., 2001. Internal leaf anatomy and photosynthetic resource-use efficiency: interspecific and intraspecific comparisons. Tree Physiol. 21:251-259.
- Richards, R.A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. J. Exp. Bot. 51:447-458.
- Von Caemmerer, S. and Farquhar, G.D. 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. Planta 153: 376-387.
- Volenvkova, M. and Ticha, I. 2001. Insertion profiles in stomatal density and sizes in *Nicotiana tabacum* L. plantlets. Biologia Plantarum 44: 161-165.
- Wintermans, J.F. and Mots, A. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophyll and their pheophytins in ethanol. Biochim. Biophys. Acta 109: 448-453.
- Sharma, S.D., Sharma, S.D., Bhardwaj, S.K., Chauhan, P.S. and Chandel, A. 2010. Regression analysis of apple yield on the basis of some morphological and nutritional parameters. Indian J. Hortic. 67:75-78.

Πίνακας 1. Μέσοι όροι ($\pm$ ΤΣ) της παραγωγής και διαφορετικών μορφολογικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών σε τέσσερις γενότυπους ροδιάς. Μέσοι όροι που δεν έχουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($P < 0,05$).

	Καλλίστη	11005	11019	11021
Συνολική παραγωγή (Kg)	20.0 $\pm$ 1.5 a	18.3 $\pm$ 3.7 a	7.9 $\pm$ 1.2 b	8.6 $\pm$ 1.1 b
Ποσοστό ερμαφρόδιτων ανθέων (%)	37.6 $\pm$ 9.7 b	63.8 $\pm$ 6.1 a	13.4 $\pm$ 2.1 c	16.7 $\pm$ 3.8 c
Μάζα ανά φυλλική επιφάνεια (ΜΦΕ, g m ⁻²)	92.8 $\pm$ 4.0 a	79.9 $\pm$ 4.2 b	84.4 $\pm$ 3.9 ab	94.0 $\pm$ 4.1 a
Επιφάνεια φύλλου (cm ²)	5.5 $\pm$ 0.3 c	7.8 $\pm$ 0.3 a	6.8 $\pm$ 0.2 b	6.8 $\pm$ 0.2 b
Μέγιστη φωτοσυνθετική ικανότητα ($A_{\max}$, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	9.5 $\pm$ 0.7 b	13.0 $\pm$ 0.6 a	9.0 $\pm$ 0.7 b	10.0 $\pm$ 0.6 b
Στοματική αγωγιμότητα (g_s , $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	138.2 $\pm$ 8.1 b	138.9 $\pm$ 8.5 b	207.1 $\pm$ 10.4 a	179.7 $\pm$ 8.3 a
Διαπνοή (E, $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	4.6 $\pm$ 0.1 c	4.7 $\pm$ 0.2 bc	6.3 $\pm$ 0.3 a	5.7 $\pm$ 0.2 ab
Αποτελεσματικότητα χρήσης νερού ($A_{\max}/g_s$, $\mu\text{mol mol}^{-1}$)	70.5 $\pm$ 8.0 b	96.0 $\pm$ 16.4 a	49.9 $\pm$ 6.5 c	58.2 $\pm$ 4.3 bc
Πυκνότητα στοματίων (στομάτια mm ⁻²)	149.9 $\pm$ 4.1 a	101.0 $\pm$ 7.1 c	122.6 $\pm$ 2.0 b	68.8 $\pm$ 3.1 d
Συνολική χλωροφύλλη _{μάζα} (mg g ⁻¹ ξ.ο.)	6.4 $\pm$ 0.6	7.0 $\pm$ 0.5	7.7 $\pm$ 0.2	6.9 $\pm$ 0.6
Συνολική χλωροφύλλη _{επιφάνεια} (mg dm ⁻²)	5.9 $\pm$ 0.5	5.6 $\pm$ 0.4	6.5 $\pm$ 0.2	6.5 $\pm$ 0.5
Υδατικό δυναμικό (Ψ_{stem} , MPa)	-1.15 $\pm$ 0.08	-1.24 $\pm$ 0.07	-1.15 $\pm$ 0.05	-1.08 $\pm$ 0.04