



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**“ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑΣ *GLOMUS* SPP. ΣΤΗΝ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΑΡΩΝ ΦΥΤΩΝ ΑΜΠΕΛΟΥ (*Vitis vinifera* L.)”**



ΣΩΤΗΡΙΑ ΜΑΓΚΟΥΤΗ

-ΒΟΛΟΣ 2017-

**“Επίδραση της μυκόρριζας *Glomus* spp. στην ανάπτυξη
νεαρών φυτών αμπέλου (*Vitis vinifera* L.)”**

ΣΩΤΗΡΙΑ ΜΑΓΚΟΥΤΗ

Μέλη Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΠΕΤΟΥΜΕΝΟΥ (Επιβλέπουσα)

Λέκτορας Αμπελουργίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΒΕΛΛΙΟΣ

Επίκουρος Καθηγητής Φυτοπαθολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΘΥΜΙΑ ΛΕΒΙΖΟΥ

Λέκτορας Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, κ. Πετούμενου Δέσποινα για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους κ. Βέλλιο Ευάγγελο και κ. Λεβίζου Ευθυμία, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	6
Abstract	7
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 2 - Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	10
2.1. <i>Vitis vinifera</i> L.....	10
2.1.1. Η ιστορία της καλλιέργειας της αμπέλου	10
2.1.2. Βοτανικά χαρακτηριστικά της αμπέλου	10
2.1.3. Ο ετήσιος κύκλος της αμπέλου	10
2.1.4. Εδαφικές απαιτήσεις	11
2.1.5. Κλιματικές απαιτήσεις	11
2.1.6. Άρδευση.....	11
2.1.7. Λίπανση	12
2.1.8. Χρήσεις της αμπέλου	13
2.2. <i>Glomus</i> spp.....	13
2.2.1. Επίδραση στην ανόργανη θρέψη των φυτών.....	14
2.2.2. Επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.....	16
2.2.3. Επίδραση στην υδατική καταπόνηση των φυτών.....	16
2.2.4. Επίδραση στην αλατότητα του εδάφους	18
2.2.5. Βελτίωση της δομής του εδάφους	19
2.2.6. Προστασία των φυτών από τα παθογόνα του εδάφους	21
2.3. Σκοπός της εργασίας	22
Κεφάλαιο 3 - Υλικά και μέθοδοι	23
3.1. Εγκατάσταση και σχεδιασμός του πειράματος.....	23
3.2. Μέτρηση ανάπτυξης του κορμού	25
3.3. Μέτρηση ανάπτυξης του βραχίονα.....	26
3.4. Μέτρηση ανάπτυξης των βλαστών.....	26
3.5. Προσδιορισμός χλωροφύλλης στα φύλλα.....	27
3.6. Μέτρηση μεγέθους των φύλλων.....	28
3.7. Μέτρηση των ταξιανθιών.....	29
3.8. Στατιστική ανάλυση.....	29

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα και συζήτηση	30
4.1. Ανάπτυξη του κορμού	30
4.2. Ανάπτυξη του βραχίονα	32
4.3. Ρυθμός ανάπτυξης των βλαστών.....	33
4.4. Προσδιορισμός χλωροφύλλης στα φύλλα.....	36
4.5. Μέγεθος των ανεπτυγμένων φύλλων.....	39
4.6. Αριθμός ταξιανθιών.....	40
Συζήτηση	42
Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα.....	44
Κεφάλαιο 6 – Βιβλιογραφία	46
6.1. Ελληνική βιβλιογραφία.....	46
6.2. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	46

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης των μυκορριζών του γένους *Glomus spp.*, στην ανάπτυξη νεαρών φυτών της αμπέλου (*Vitis vinifera* L.). Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν 12 ποικιλίες αμπέλου, γηγενείς και ξενικές, λευκές και έγχρωμες. Κατά την εγκατάσταση του αμπελώνα, προστέθηκαν στο έδαφος και πλησίον της ρίζας των έρριζων-εμβολιασμένων φυτών μυκόρριζες του γένους *Glomus* (*G. intraradices* και *G. mosseae*) σε μορφή παστίλιας (2 παστίλιες/φυτό). Κατά το δεύτερο έτος από την εγκατάσταση των φυτών πραγματοποιήθηκε σύγκριση της αύξησης και ανάπτυξης νεαρών πρέμνων μεταξύ των φυτών μυκόρριζας και μαρτύρων, λαμβάνοντας μετρήσεις για το μήκος και τη διάμετρο κορμού και βλαστών, την περιεκτικότητα χλωροφύλλης στα φύλλα, το μέγεθος των φύλλων καθώς και τον αριθμό των ταξιανθιών που εμφανίστηκαν στις μεταχειρίσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παρουσία μυκόρριζας στο έδαφος, συνέβαλλε ιδιαίτερα σημαντικά στη βλαστική ανάπτυξη των ποικιλιών Αγιωργίτικο, Μανδηλαριά, Μοσχοφίλερο και Ξινόμαυρο. Επίσης, η συμβιωτική σχέση μυκόρριζας και ριζών των ποικιλιών Ξινόμαυρο, Ροδίτης και Cabernet sauvignon ευνόησε την διαφοροποίηση των οφθαλμών σε ταξιανθίες, προάγοντας έτσι την παραγωγή, ήδη από το δεύτερο έτος εγκατάστασης της καλλιέργειας.

Abstract

This present dissertation thesis was prepared in order to study the effect of AMF genus *Glomus spp.* mycorrhizae, on the development of young grapevine seedlings (*Vitis vinifera L.*). For this purpose, grapevine varieties were used, domestic and foreign, white and multicolored. During the installation of the vineyard, mycorrhiza (*G. intraradices* and *G. mosseae*) was added in the form of lozenges or tablets (2 lozenges per vine). On the second year of the installation of plants, a comparison of the growth and development of young vines was conducted between mycorrhizal plants and observers, taking measurements of the length and the diameter of the stem and the shoot, the chlorophyll content in the leaves, the size of leaves and the number of inflorescences that occurred during the treatments. The results indicated that the presence of mycorrhiza, highly contributed to the vegetative growth of the varieties Agiorgitiko, Mandilaria, Moschofilero and Xinomavro. Furthermore, the symbiotic relationship of mycorrhiza and roots of the varieties Xinomavro, Roditis and Cabernet Sauvignon favored the differentiation of buds in inflorescences, thus promoting the volume production, already from the second year of the planting of the crop.

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Η καλλιέργεια της αμπέλου αποτελεί μια από τις βασικότερες καλλιέργειες της χώρας μας, καθώς η παραγωγή, επεξεργασία και εμπορία των αμπελουργικών προϊόντων (π.χ. οίνος) είναι ένας σημαντικός πυλώνας της αγροτικής οικονομίας. Λόγω της αλόγιστης χρήσης των λιπασμάτων στη συμβατική καλλιέργεια, υπήρξε ένας έντονος προβληματισμός των καταναλωτών ιδιαίτερα για την εμφάνιση υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών προϊόντων στα παραγόμενα αμπελουργικά προϊόντα (π.χ. επιτραπέζια σταφύλια). Αυτό είχε ως συνέπεια τον προσανατολισμό τους προς έναν πιο υγιεινό και ποιοτικό τρόπο ζωής, χωρίς να κινδυνεύει η υγεία τους και το περιβάλλον. Έτσι, οι παραγωγοί για να ελαχιστοποιήσουν τις εισροές φυτοφαρμάκων στο έδαφος, να προστατεύσουν την υγεία τους και το περιβάλλον, να μειώσουν το κόστος και να αυξήσουν ίσως το εισόδημά τους – αφού τα βιολογικά προϊόντα πωλούνται σε αρκετά υψηλές τιμές - προτιμούν ολοένα και περισσότερο τη βιολογική καλλιέργεια, η οποία παρουσιάζει, πλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις μέρες μας. Η βιολογική γεωργία στηρίζεται, κυρίως, στη φυσική διάσπαση της οργανικής ύλης, με σκοπό να αντικατασταθούν τα θρεπτικά συστατικά που λαμβάνονται από το έδαφος. Αυτή η βιολογική διαδικασία, οδηγείται από μικροοργανισμούς όπως οι μυκόρριζες, οι οποίες επιτρέπουν τη φυσική παραγωγή των θρεπτικών ουσιών στο έδαφος καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο.

Η μυκόρριζα ή τα μυκόρριζα, είναι τα κοινά όργανα της συμβίωσης μεταξύ των ριζών του φυτού και ενός κατάλληλου μύκητα. Διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στη γονιμότητα του εδάφους καθώς και στη θρέψη των φυτών, δεδομένου ότι τα δύο μέρη της συμβίωσης αλληλεπιδρούν, προσφέροντας αμοιβαία οφέλη. Το φυτό παρέχει στο μύκητα έτοιμους υδατάνθρακες από τη φωτοσύνθεση, ενώ ο μύκητας παρέχει στο φυτό περισσότερο νερό και θρεπτικά συστατικά, χάρη στη μεγάλη επιφάνεια του δικτύου των υφών του και, άρα, στη μεγαλύτερη απορροφητική του ικανότητα. Οι ρίζες που φέρουν μυκηλιακές υφές είναι περισσότερο ανθεκτικές στην ξηρασία, σε σχέση με φυτά που δεν παρουσιάζουν αυτή τη συμβιωτική σχέση. Επιπροσθέτως, η

ευεργετική επίδραση των μυκορριζών στο φυτό, οφείλεται στην καλύτερη ανάπτυξη και θρέψη του φυτού με θρεπτικά συστατικά που παρουσιάζουν μικρή κινητικότητα στο έδαφος, όπως για παράδειγμα ο φώσφορος, ο ψευδάργυρος κ.α. Εν συνεχεία, η παρουσία μυκόρριζας ανακουφίζει τα φυτά από το στρες της αλατότητας. Η αλατότητα ανήκει στους κυριότερους αβιοτικούς παράγοντες και αναστέλλει σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών καθώς και την ποιότητα των σταφυλιών. Η υδατική καταπόνηση έχει, επίσης, αρνητικές συνέπειες στη φωτοσύνθεση των φυτών καθώς και στην απόδοσή τους. Έτσι, η μυκόρριζα ενισχύει την πρόσληψη νερού και επιτρέπει στο αμπέλι να διαχειρίζεται καλύτερα τις συνθήκες χαμηλής άρδευσης. Ακόμη, η παρουσία μυκόρριζας βελτιώνει την σταθερότητα των αδρανών υλικών του εδάφους, και με αυτό τον τρόπο ελέγχει τη διάβρωση. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μυκόρριζες δρουν σαν προστατευτική ασπίδα ενάντια στους παθογόνους μικροοργανισμούς. Κατά την εγκατάστασή τους στο έδαφος, ενεργοποιούν τις ρίζες του φυτού ώστε να παράγουν ουσίες ενίσχυσης των ριζικών τοιχωμάτων, με αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής του φυτού στα διάφορα παθογόνα που βλάπτουν το φυτό. Εν κατακλείδι, έχει βρεθεί ότι η προσθήκη μυκορριζών κατά την εγκατάσταση του αμπελώνα, φέρει πολλά θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη και την απόδοση της αμπέλου.

Κεφάλαιο 2 – Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1. *Vitis vinifera* L.

2.1.1. Η ιστορία της καλλιέργειας της αμπέλου

Από την αρχαιότητα έως σήμερα, η άμπελος θεωρείται μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες με μεγάλη οικονομική σημασία. Στην Ελλάδα, η αμπελοκαλλιέργεια εμφανίστηκε το 4000 π.Χ. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η αμπελουργική ανάπτυξη της Ελλάδας ανακόπτεται με την εμφάνιση της φυλλοξήρας. Ελάχιστες περιοχές, όπως η Σαντορίνη, έμειναν αμόλυντες από τη φυλλοξήρα, λόγω της μηχανικής σύστασης των ηφαιστειογενών εδαφών. Τελικά, η μεγάλη προσαρμοστικότητα της αμπέλου σε διαφορετικές συνθήκες είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη της αμπελοκαλλιέργειας και στις πέντε ηπείρους. Οι σπουδαιότερες αμπελουργικές χώρες, τόσο από την άποψη αμπελουργικών εκτάσεων, όσο και της παραγωγής αμπελουργικών προϊόντων, είναι η Ισπανία, η Γαλλία, η Ιταλία, η Τουρκία, οι Η.Π.Α. κ.α. (Σταυρακάκης κ.α., 2000).

2.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά της αμπέλου

Το αμπέλι (*Vitis vinifera*) είναι αγγειόσπερμο φυτό, ανήκει στην τάξη των Ραμνωδών (*Rhamnales*) και στην οικογένεια των Αμπελοειδών (*Vitaceae*). Το αμπέλι δεν είναι ούτε θάμνος ούτε δέντρο. Είναι πολυετές φυτό και αναπτύσσεται αρκετά γρήγορα. Το υπόγειο τμήμα αποτελείται από το ριζικό σύστημα, ενώ το υπέργειο αποτελείται από τον κορμό, τους βραχίονες, τις κληματίδες, τα φύλλα, τους οφθαλμούς, τις ταξιανθίες-σταφυλές και τους έλικες (Σταυρακάκης κ.α., 2000).

2.1.3. Ο ετήσιος κύκλος της αμπέλου

Σε κάθε καλλιεργητική περίοδο το αμπέλι περνάει από διάφορα στάδια ανάπτυξης που αποτελούν τον ετήσιο βλαστικό κύκλο του. Η έκπτυξη των οφθαλμών και η εκβλάστηση ξεκινά με την έναρξη της άνοιξης (τέλη Μαρτίου -

αρχές Απριλίου), όταν οι θερμοκρασίες ξεπεράσουν τους 10°C. Ύστερα, ακολουθεί η ανθοφορία (μέσα Μαΐου - αρχές Ιουνίου) και έπειτα, πραγματοποιείται η ανάπτυξη και η ωρίμανση των ραγών σε τρία στάδια. Η χειμερινή ανάπαυση των πρέμνων ξεκινά από τη φυλλόπτωση και διαρκεί μέχρι την εμφάνιση δακρυόρροιας που γίνεται το Φεβρουάριο (Νικολάου, 2011).

2.1.4. Εδαφικές απαιτήσεις

Το έδαφος αποτελεί στοιχείο πρωταρχικής σημασίας για την ύπαρξη του αμπελιού. Αντίθετα με τις περισσότερες καλλιέργειες που απαιτούν εύφορα εδάφη πλούσια σε οργανική ύλη και νερό, το αμπέλι δίνει τον καλύτερο του εαυτό σε φτωχά σε οργανικές ύλες εδάφη και χωρίς πολύ νερό. Το αμπέλι ευδοκimeί σε pH μεταξύ 6 και 7,5. Επομένως, οι οινοποιήσιμες ποικιλίες προτιμούν ελαφρά, αβαθή, ξηρά και όχι πολύ γόνιμα εδάφη, στα οποία η παραγωγή είναι μικρή, αλλά με εξαιρετική ποιότητα και πρώιμη ωρίμανση (Νικολάου, 2011).

2.1.5. Κλιματικές απαιτήσεις

Όσον αφορά τις κλιματικές απαιτήσεις, η άμπελος ευδοκimeί σε περιοχές με θερμό καλοκαίρι, μεγάλης διάρκειας και χωρίς βροχή, με άνοιξη και φθινόπωρο χωρίς παγετούς και ήπιο χειμώνα. Το αμπέλι απαιτεί χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα για ομαλή βλάστηση και καρποφορία. Κατά την περίοδο της βλάστησης, είναι απαραίτητες οι βροχές λόγω των αναγκών των πρέμνων σε νερό. Επίσης, έντονη υγρασία ή βροχόπτωση κατά την περίοδο της πλήρους ωρίμανσης προκαλεί αρνητικές επιδράσεις στα σταφύλια, καθώς η ανάπτυξη βοτρυτή στις ράγες, και αυτό οδηγεί σε καταστροφή της παραγωγής. Το φως επιδρά στο σχηματισμό υδατανθράκων στα φύλλα και επηρεάζει τη σύνθεση του σταφυλιού (Σταυρακάκης κ.α., 2000).

2.1.6. Άρδευση

Παρόλο που η άμπελος προσαρμόζεται ικανοποιητικά σε ξηροθερμικές περιοχές, είναι αναγκαία η άρδευση για την παραγωγή σταφυλιών ποιότητας

σε επαρκείς ποσότητες, ιδιαίτερα στα ευαίσθητα στάδια της ανάπτυξης, της βλάστησης και της παραγωγής. Την άνοιξη πρέπει να υπάρχει στο έδαφος επάρκεια υγρασίας, ώστε να γίνει σωστά η απορρόφηση των λιπασμάτων. Κατά την ανθοφορία και την καρπόδεση, η έλλειψη νερού ενδέχεται να προκαλέσει ανθόρροια και κακή καρπόδεση. Στο στάδιο της ωρίμανσης, μικρές ή μέτριες ποσότητες νερού επιδρούν θετικά στην ποιότητα. Στην περίπτωση οινοποιήσιμων ποικιλιών πρέπει να γίνει ένα ελαφρύ πότισμα στα πρέμνα. Μετά τη συγκομιδή, σε πρώιμες ποικιλίες, είναι απαραίτητη η άρδευση ώστε να μην πέσουν γρήγορα τα φύλλα και δεν προλάβουν να ξυλοποιηθούν καλά οι κληματίδες (Σταυρακάκης κ.α., 2000). Το αμπέλι προσλαμβάνει σχεδόν το 100% του αναγκαίου νερού από τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους (0-60 cm). Η ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος άρδευσης, είναι η στάγδην άρδευση (Πετροπούλου - Καραγιαννοπούλου, 2016).

2.1.7. Λίπανση

Συγκριτικά με άλλα καλλιεργούμενα φυτά, η άμπελος δεν θεωρείται απαιτητική σε θρεπτικά συστατικά. Το άζωτο είναι απαραίτητο από το στάδιο της καρπόδεσης μέχρι το γυάλισμα των ραγών. Δεν συμμετέχει στη βασική λίπανση, αλλά εφαρμόζεται επιφανειακά στο έδαφος. Η έλλειψή του προκαλεί μείωση της παραγωγής (Σταυρακάκης κ.α., 2000). Το κάλιο και ο φώσφορος απαιτούνται σε μεγαλύτερες ποσότητες στο στάδιο αύξησης των ραγών. Η μεγαλύτερη ποσότητα καλίου απορροφάται από το έδαφος από το στάδιο της άνθησης μέχρι την ωρίμανση των ραγών και το μεγαλύτερο ποσοστό αυτού συγκεντρώνεται στις ράγες. Η έλλειψή του οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης των σακχάρων στις ράγες, καθυστέρηση στην ωρίμανση των σταφυλιών και ανομοιομορφία στην ωρίμανση. Ο φώσφορος προστίθεται κατά την εγκατάσταση του αμπελώνα, στη βασική λίπανση. Έλλειψη φωσφόρου προκαλεί μείωση της φωτοσύνθεσης στα πρέμνα καθώς και μείωση της καρπόδεσης και της παραγωγής. (Συμινής, 2013).

2.1.8. Χρήσεις της αμπέλου

Οι ποικιλίες της αμπέλου μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες τις οινοποιήσιμες και τις επιτραπέζιες. Ο οίνος αποτελεί ένα από τα κυριότερα προϊόντα της αμπέλου. Προέρχεται από την αλκοολική ζύμωση, ολική ή μερική, του γλεύκους ή των ώριμων σταφυλών και μπορεί να είναι ερυθρός, λευκός, ξηρός κλπ. Οι επιτραπέζιες ποικιλίες χρησιμοποιούνται για νωπή κατανάλωση. Επίσης, υπάρχουν ποικιλίες σταφιδοποιίας, Κορινθιακή για μαύρη και Σουλτανίνα για ξανθιά. Σημαντικά προϊόντα είναι διάφορα αποστάγματα, δηλαδή αλκοολούχα ποτά που προέρχονται από την απόσταξη του οίνου ή των στεμφύλων. Επιπρόσθετα, άλλα προϊόντα είναι ο μούστος ή γλεύκος, ο χυμός που προέρχεται από την έκθλιψη των σταφυλιών. Το πετιμέζι προέρχεται από το μούστο και χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα σαν φυσική γλυκαντική ουσία. Επίσης, μεγάλες ποσότητες οξικού οξέος παράγονται από κρασιά μέσω των οξοποιητικών βακτηρίων που μετατρέπουν την αιθυλική αλκοόλη σε οξικό οξύ. Το βαλσάμικο ξύδι προέρχεται από γλεύκος αντί για κρασί και είναι πιο συμπυκνωμένο και πιο αρωματικό. Τέλος, το γιγαρτέλαιο ή σταφυλέλαιο χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία καλλυντικών (Νικολάου, 2011).

2.2. *Glomus spp.*

Σύμφωνα με τους Miyasaka *et al.* (2003), η μυκόρριζα αποτελεί μία μορφή συμβίωσης που προκύπτει από την ένωση μύκητα με τις ρίζες του φυτού-ξενιστή. Υπάρχουν δύο κύριες ομάδες μυκόρριζας.

- Ενδομυκόρριζες, όταν οι υφές του μύκητα εισέρχονται και αναπτύσσονται μέσα στα κύτταρα των ριζών. Συμβιώνουν με το 80% περίπου των φυτών, όπως κηπευτικά, δένδρωδη και φυτά μεγάλης καλλιέργειας.
- Εκτομυκόρριζες, όταν οι υφές του μύκητα σχηματίζουν εξωτερικό δίκτυο στις ρίζες των ξενιστών τους. Συμβιώνουν κυρίως με δέντρα και θάμνους της εύκρατης ζώνης όπως πεύκα, ιτιές κλπ.

Οι μύκητες, που είναι ικανοί να καθιερώσουν μυκορριζική συμβίωση με το φυτό – ξενιστή, ανήκουν στο φύλο *Glomeromycota* (Schüßler *et al.*, 2001).

2.2.1 Επίδραση στην ανόργανη θρέψη των φυτών.

Η θρέψη της αμπέλου είναι σημαντική, αφού καθορίζει την ανάπτυξή της και την ποιότητα του παραγόμενου οίνου. Παρόλ'αυτά είναι γνωστό ότι τα περισσότερα εδάφη των αμπελώνων είναι φτωχά σε θρεπτικά συστατικά (Trouvelot *et al.*, 2015). Έτσι μια μυκορριζική συμβίωση μπορεί να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στο φυτό της αμπέλου, καθώς αυξάνει τη διαθεσιμότητα των σημαντικών θρεπτικών συστατικών, όπως φωσφόρου (P), ψευδαργύρου (Zn), χαλκού (Cu), στοιχεία που θεωρούνται δυσκίνητα στο έδαφος. Οι μυκόρριζες μπορούν να αναλάβουν τη μεταφορά των θρεπτικών συστατικών σε μεγάλη απόσταση από το έδαφος στα φυτά, με τη βοήθεια των μυκηλιακών υφών (Ozdemir *et al.*, 2010).

Βελτίωση της πρόσληψης Φωσφόρου (P)

Ο σημαντικός ρόλος του φωσφόρου στα φυτά είναι στην αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας. Προωθεί την ανάπτυξη του φυτού, συμβάλλει στην αύξηση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος και, έτσι, βοηθά στην καλύτερη απορρόφηση και άλλων θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος (Trouvelot *et al.*, 2015). Γενικά, δεν παρατηρείται συχνά ανεπάρκεια P στο αμπέλι, κυρίως λόγω όχι μόνο της περιορισμένης απαίτησης για φώσφορο, αλλά και ότι τα περισσότερα εδάφη των αμπελώνων είναι επαρκώς πλούσια σε P (Jackson, 2014). Ανεπάρκεια φωσφόρου συμβαίνει σε όξινα εδάφη και σε περιοχές με έντονες βροχοπτώσεις. Έχει σημειωθεί ότι οι μυκόρριζες συνεισφέρουν σημαντικά στην πρόσληψη P από τα φυτά (Smith *et al.*, 2011). Η κύρια μορφή P που απορροφάται από τα φυτά είναι τα ορθο – φωσφορικά ανιόντα (H_2PO_4^- για εδάφη με χαμηλό pH και HPO_4^{2-} για εδάφη με υψηλό pH) (Trouvelot *et al.*, 2015).

Μελέτες έδειξαν ότι η συγκέντρωση του P στα φυτά με μυκόρριζα ήταν σχεδόν διπλάσια, από τα φυτά χωρίς μυκόρριζα. Συγκεκριμένα, ο περιεχόμενος φώσφορος στα φυτά με μυκορριζική συμβίωση ήταν πάνω από

τα φυσιολογικά επίπεδα. Αντίθετα, τα φυτά – μάρτυρες είχαν οριακά επίπεδα φωσφόρου (Ozdemir *et al.*, 2010). Αυτό επιβεβαιώθηκε και από την έρευνα του Khalil (2013), όπου διαπιστώθηκε ότι η παρουσία μυκορριζών στο έδαφος προκάλεσε αύξηση των συγκεντρώσεων φωσφόρου και καλίου στα φύλλα της αμπέλου. Παρόμοιες παρατηρήσεις καταγράφηκαν και στην έρευνα των Nicolás *et al.* (2014), όπου αποδείχτηκε ότι η αύξηση φωσφόρου που παρατηρήθηκε, αποδίδεται στην παρουσία μυκορριζών.

Βελτίωση της πρόσληψης Αζώτου (N)

Το άζωτο αποτελεί το κύριο στοιχείο που επηρεάζει την ανάπτυξη της αμπέλου καθώς και τη σύνθεση των σταφυλών. Τα φυτά απαιτούν μεγάλες ποσότητες αζώτου και η μορφή απορρόφησης είναι NO_3^- και NH_4^+ και σε μικρό ποσοστό σε οργανική μορφή αζώτου (Trouvelot *et al.*, 2015). Εκτός από ανόργανη μορφή αζώτου, η μυκόρριζα μπορεί να χρησιμοποιήσει σημαντικές ποσότητες αζώτου από αποσυντιθέμενα οργανικά υλικά. Ο Cheng *et al.*, το 2008 παρατήρησαν σε φύλλα αμπέλου σημαντική αύξηση στο ποσοστό του αζώτου, χάρη στον πολλαπλασιασμό των υφών.

Βελτίωση της πρόσληψης άλλων θρεπτικών στοιχείων.

Μεταξύ άλλων χημικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη της αμπέλου, το κάλιο, το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος και το βόριο συντελούν σημαντικά στη θρέψη. Αμπελώνες με χαμηλή περιεκτικότητα σε κάλιο, είναι πιο επιρρεπείς στην ξηρασία και ευαίσθητοι σε χαμηλές θερμοκρασίες. Έλλειψη ψευδαργύρου, εξαιτίας της χαμηλής διαλυτότητάς του σε αλκαλικά εδάφη, οδηγεί σε μειωμένη καρπόδεση (Trouvelot *et al.*, 2015), και κατά συνέπεια μικρή παραγωγή. Επίσης, ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων παρατηρούνται σε αμμώδη εδάφη με υπερβολική βροχόπτωση ή αρδευόμενα με νερό χαμηλής συγκέντρωσης σε βόριο ή σε πολύ όξινα εδάφη (Jackson, 2014). Έρευνες έχουν δείξει ότι οι συγκεντρώσεις K και Cu στα φύλλα ή στους βλαστούς αμπέλου, έχουν αυξηθεί με την προσθήκη μυκορριζών (Schreiner, 2005). Στην έρευνά τους ο Ozdemir *et al.* (2010), απέδειξαν ότι τα φυτά που είχαν μυκορριζική συμβίωση, είχαν ικανοποιητική συγκέντρωση Zn στα φύλλα

τους, από εκείνα που δε συμβίωναν με μυκόρριζες. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι τα φυτά – μάρτυρες υπέφεραν από ανεπάρκεια ψευδαργύρου, ενώ τα φυτά με μυκόρριζα είχαν συγκέντρωση ψευδαργύρου σε ικανοποιητικά επίπεδα.

2.2.2. Επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών

Η Aguíñ *et al.* (2004), βρήκαν ότι τα φυτά που συμβίωναν με μυκόρριζες, είχαν σημαντική αύξηση στον αριθμό των βλαστών και των φύλλων, καθώς και αύξηση στο ξηρό βάρος βλαστών και ριζών. Συγκεκριμένα, ο Karagiannidis *et al.* (2007), μελέτησαν ότι με την αλληλεπίδραση μυκόρριζας και σχηματισμού αζώτου, εμφανίζονται κατά 50% περισσότερα φύλλα και με διπλάσιο ξηρό βάρος σε σχέση με τους μάρτυρες. Επίσης, στη μελέτη τους ο Ozdemir *et al.* (2010), παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στη διάμετρο βλαστού μεταξύ μεταχειρίσεων με μυκόρριζα και χωρίς. Συνεχίζοντας, απέδειξαν ότι υπάρχει αύξηση στον αριθμό των φύλλων στα φυτά με μυκόρριζα. Όσον αφορά την ανάπτυξη της ρίζας της αμπέλου, βρέθηκε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην τιμή ξηρού και νωπού βάρους ριζών στην ποικιλία Early Cardinal, καθώς παρατηρήθηκε αύξηση στις μεταχειρίσεις που είχαν μυκόρριζα γένους *Glomus* spp. Επιπροσθέτως, οι Bavaresco and Fogher (1996) μελέτησαν ότι σε συγκεκριμένα μοσχεύματα η παρουσία μυκόρριζας του γένους *Glomus* spp., αύξησε την συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα, σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Στην έρευνα των Nicolás *et al.* (2014), αποδείχτηκε ότι η παρουσία μυκορριζών σε αμπελώνες με την επιτραπέζια ποικιλία Crimson seedless, οδήγησε σε αισθητά υψηλότερη απόδοση και ποιότητα σταφυλιών. Όσον αφορά πάντα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών, ο Karagiannidis *et al.* (2007), έδειξαν ότι τα φυτά που δεν συμβιώνουν με μυκόρριζα τείνουν να έχουν περισσότερα οξέα από εκείνα με μυκόρριζα.

2.2.3. Επίδραση στην υδατική καταπόνηση των φυτών

Η υδατική κατάσταση του εδάφους καθώς και η χρήση του νερού από το φυτό, έχουν ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο στην ανάπτυξη της αμπέλου αλλά στην παραγωγή και στην ποιότητα των σταφυλιών. Επειδή όμως οι

αμπελώνες καλλιεργούνται κυρίως σε περιοχές με ξηρά κλίματα, εμφανίζεται συχνά το πρόβλημα της έλλειψης νερού. Η υδατική καταπόνηση μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στη φωτοσύνθεση και την απόδοση. Για το λόγο αυτό, απαιτείται επιπλέον άρδευση σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους με σκοπό να περιοριστεί η υδατική καταπόνηση (Trouvelot *et al.*, 2015). Επίσης, είναι γνωστό ότι η μυκόρριζα ενισχύει την πρόσληψη νερού (Kohler *et al.*, 2008). Σε αρδευόμενους αμπελώνες, εφαρμόζεται συχνά προγραμματισμένη έλλειψη νερού με σκοπό να ελέγχει τη βλαστική ανάπτυξη, να μειώνει τη ζωηρότητα του φυτού και να βελτιώνει την ποιότητα καρπού. Οι ρίζες της αμπέλου που συμβιώνουν με μυκόρριζες, έχουν καλύτερη και πιο αποτελεσματική πρόσληψη νερού και επιτρέπουν στο αμπέλι να αντιμετωπίζει καλύτερα την υδατική καταπόνηση (Trouvelot *et al.*, 2015).

Έρευνες αποδεικνύουν ότι τα πρέμνα με μυκορριζική συμβίωση έχουν βελτιωμένη υδατική κατάσταση, και υποκείμενα που ήταν ευαίσθητα στην ξηρασία έδειξαν καλύτερη ανάπτυξη με τη μυκόρριζα, κάτω από μη αρδευόμενες συνθήκες. Επιπροσθέτως, ο van Rooyen *et al.* (2004) αναφέρουν ότι οι υδατικές σχέσεις των φύλλων έχουν επηρεαστεί σημαντικά με την εμφάνιση μυκορριζών. Στη μελέτη τους ο Holland *et al.* (2014), σημειώνουν ότι η συχνότητα άρδευσης επηρεάζει τον αποικισμό των μυκορριζών στις ρίζες της αμπέλου. Με χαμηλή συχνότητα άρδευσης, βρέθηκε ότι ο αποικισμός στις ρίζες ήταν μικρότερος. Οπότε, μικρή διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος σχετίζεται με μειωμένη ανάπτυξη υφών και κακή σύνδεση μυκόρριζας στις ρίζες. Το γεγονός ότι η μυκόρριζα βελτιώνει την ανθεκτικότητα των φυτών στην ξηρασία είναι εξαιρετικά σημαντικό για μεταφυτευμένα φυτά των οποίων το ριζικό σύστημα είναι ελαφρώς εκτεταμένο και αρκετά επιφανειακό κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων ανάπτυξης. Η καλύτερη αυτή ανθεκτικότητα στην ξηρασία είναι στενά συνδεδεμένη με την καλύτερη θρέψη των φυτών (ιδιαίτερα σε φώσφορο) (Trouvelot *et al.*, 2015). Σύμφωνα με τον Augé (2001), τα φυτά με μυκόρριζα αναπτύσσονται καλύτερα κάτω από συνθήκες ξηρασίας, σε σύγκριση με αυτά χωρίς μυκόρριζα. Επομένως, η παρουσία μυκόρριζας μπορεί να βοηθήσει στην πρόσληψη νερού και, έτσι, να συνεισφέρει στη βελτιωμένη υδατική

κατάσταση, καθιστώντας τον αμπελώνα ικανό να επιβιώσει σε συνθήκες χαμηλής άρδευσης ή υδατικής καταπόνησης (van Rooyen *et al.*, 2004).

2.2.4. Επίδραση στην αλατότητα του εδάφους

Η αλατότητα αναφέρεται στην ποσότητα ολικών διαλυτών αλάτων στο έδαφος και αποτελεί έναν από τους κυριότερους αβιοτικούς παράγοντες που περιορίζουν την ανάπτυξη της αμπέλου και την παραγωγή βιομάζας. Η αλατότητα επηρεάζει την απόδοση των φυτών μέσω της ανάπτυξης ωσμωτικού στρες το οποίο εμποδίζει τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή (Belew *et al.*, 2010). Η ανοχή στα άλατα είναι η ικανότητα των φυτών να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται υπό αλατούχες συνθήκες. Τα αλατούχα εδάφη προκύπτουν σε αρδευόμενους αμπελώνες, κυρίως λόγω ακατάλληλης άρδευσης ή άρδευσης με αλατούχο νερό, κακής αποστράγγισης ή ανεπαρκούς έκπλυσης. Το αμπέλι χαρακτηρίζεται με μέτρια ευαισθησία στο αλατούχο έδαφος (Maas and Hoffman, 1977). Όμως, η υψηλή αλατότητα αναστέλλει σημαντικά την ανάπτυξη των βλαστών και επηρεάζει την ποιότητα των σταφυλιών (Trouvelot *et al.*, 2015).

Στη μελέτη τους ο Ramajayam *et al.* (2014) απέδειξαν ότι η παρουσία μυκόρριζας στα φυτά αμπέλου επηρέασαν κυρίως την παραγωγή ξηρής βιομάζας των ριζών και των βλαστών, με 40% αύξηση. Κάτω από συνθήκες αλατότητας, διαπιστώθηκε, επίσης, αύξηση στο ξηρό βάρος των βλαστών κατά 78% στα φυτά με μυκόρριζα και σε σύγκριση με το μάρτυρα. Σύμφωνα με τον Belew *et al.* (2015), η αλληλεπίδραση των φυτών με τη μυκόρριζα σε συνθήκες αλατότητας, αύξησε κατά πολύ τον μέσο όρο του αριθμού των φύλλων ανά πρέμνο. Επιπρόσθετα, τα δεδομένα του Khalil (2013) έδειξαν αύξηση της συνολικής ποσότητας υδατανθράκων στα φύλλα των φυτών με μυκόρριζα. Συνεχίζοντας, ο Ramajayam *et al.* (2014) υποστήριξαν ότι η συνολική περιεχόμενη χλωροφύλλη στα φύλλα των μυκορριζικών φυταρίων, που εξετάστηκαν, ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τους μάρτυρες, και υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας. Τα φύλλα των μαρτύρων φάνηκαν περισσότερο χλωρωτικά από εκείνα των μυκορριζικών. Το γεγονός ότι η χλωροφύλλη στα μυκορριζικά φυτά αυξήθηκε σημαντικά, δείχνει ότι η ύπαρξη

αλάτων επεμβαίνει στη σύνθεση της χλωροφύλλης σε μικρότερο ποσοστό στα φυτά που συμβιώνουν με μυκόρριζα. Βέβαια, υπάρχουν πολλοί λόγοι στους οποίους μπορεί να οφείλεται η χαμηλή περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη στους φυτικούς ιστούς, σε συνθήκες αλατότητας. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην ανταγωνιστική δράση κατιόντων Na στην απορρόφηση των κατιόντων Mg. Στην παρούσα έρευνα (Ramajayam *et al.*, 2014) παρατηρήθηκε υψηλή συγκέντρωση Mg^{++} σαν αποτέλεσμα επίδρασης της μυκόρριζας. Έχει αναφερθεί ότι η παρουσία μυκόρριζας υπό συνθήκες αλατότητας είναι αποτελεσματική στην απορρόφηση του Mg^{++} , ενώ καταστέλλει την απορρόφηση του Na^{+} . Έχει καθιερωθεί ότι η μυκόρριζα ανακουφίζει τα περισσότερα φυτά από το στρες της αλατότητας, βελτιώνοντας την πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών – κυρίως συστατικών με χαμηλή κινητικότητα στο έδαφος, όπως ο P. Ερευνητικά αποτελέσματα αποδεικνύουν τον ωφέλιμο ρόλο της μυκορριζικής συμβίωσης για την καλύτερη ανοχή των πρέμνων στην αλατότητα (Khalil, 2013). Η επάρκεια P στο φυτό είναι πιθανόν ο σημαντικότερος τρόπος για να αποκτήσουν τα μυκορριζικά φυτά ανοχή στην αλατότητα (Trounelot *et al.*, 2015). Επομένως, παρόλο που η υψηλή αλατότητα μειώνει την ανάπτυξη της αμπέλου, η βλαστική ανάπτυξη αυξάνεται με την παρουσία μυκορριζών.

2.2.5. Βελτίωση της δομής του εδάφους

Αρκετοί αμπελώνες είναι φυτεμένοι σε λοφώδεις περιοχές και υποβάλλονται στους κινδύνους της διάβρωσης. Η διάβρωση του εδάφους από το νερό προκαλεί σοβαρά προβλήματα σε όλο τον κόσμο. Για παράδειγμα, προκαλείται απώλεια εδάφους και θρεπτικών συστατικών, μακρόχρονη απώλεια παραγωγικότητας των υποβαθμισμένων εδαφών καθώς και άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα (Martinez-Casasnovas and Ramos, 2006). Είναι γνωστό ότι η διάβρωση αλλάζει τις ιδιότητες του εδάφους, αφαιρεί τα θρεπτικά στοιχεία και τροποποιεί τις αποδόσεις των φυτών. Οπότε το κόστος της διάβρωσης δεν εξαρτάται τόσο από την φυσική ποσότητα του εδάφους που χάνεται, όσο από τις οικονομικές συνέπειες λόγω των απωλειών, και το βασικότερο αποτέλεσμα θεωρείται η απώλεια της

παραγωγικότητας του εδάφους (Trouvelot *et al.*, 2015). Επιπροσθέτως, τεχνολογικές βελτιώσεις, όπως χρήση λιπασμάτων και γεωργικών μηχανημάτων, με την πάροδο του χρόνου μπορεί να οδηγήσουν σε διάβρωση και άρα, σε μείωση της παραγωγής (Martinez-Casasnovas and Ramos, 2006).

Σύμφωνα, λοιπόν, με τους Martinez-Casasnovas και Ramos (2006), η μη αναστρέψιμη υποβάθμιση του εδάφους μπορεί να προκαλέσει σοβαρή περιβαλλοντική και οικονομική καταστροφή. Στην έρευνά τους υπολόγισαν το κόστος της διάβρωσης του εδάφους στους αμπελώνες σε μια περιοχή της Ισπανίας, και επικεντρώθηκαν κυρίως στο κόστος αντικατάστασης των χαμένων θρεπτικών συστατικών – απώλεια λιπασμάτων, κυρίως φωσφόρου και αζώτου – κατά τη διάρκεια του έτους, καθώς και στο κόστος της συντήρησης των καναλιών αποστράγγισης, που εμφανίστηκαν στους αμπελώνες ως αποτέλεσμα βροχοπτώσεων μεγάλης έντασης. Όσον αφορά τα οικονομικά στοιχεία, οι έρευνες απέδειξαν ότι το 6,6% που ήταν απώλεια θρεπτικών ουσιών και το 7,8% για καταστροφή της υποδομής του εδάφους, ήταν απώλειες από το συνολικό εισόδημα της παραγωγής των σταφυλιών.

Στην επίλυση του προβλήματος αυτού της διάβρωσης βοηθά η μυκόρριζα, καθώς σχηματίζει ένα πολύπλοκο, διακλαδιζόμενο δίκτυο μυκηλιακών υφών, το οποίο έχει δράση δέσμευσης των σωματιδίων του εδάφους και με αυτό τον τρόπο μπορεί να βελτιώσει τη δομή του εδάφους. Επιπλέον, η μυκόρριζα εκκρίνει υδρόφοβες κολλώδεις πρωτεϊνικές ουσίες που αποτελούνται από γλομαλίνη (μια γλυκοπρωτεΐνη που παράγεται στις υφές και στα σπόρια της μυκόρριζας στο έδαφος και στις ρίζες) (Rillig *et al.*, 2002) και μέσω της έκκρισης συνεισφέρει στην σταθερότητα του εδάφους και στην κατακράτηση νερού (Bedini *et al.*, 2009). Ως εκ τούτου, ο συνδυασμός όλων αυτών θεωρείται σημαντικός παράγοντας που βοηθάει στην σταθεροποίηση των αδρανών υλικών του εδάφους. Εν κατακλείδι, η παρουσία μυκορριζών έχει διπλή σημασία, αφού πρώτα ενισχύει την δομική σταθερότητα του εδάφους (λόγω του εξωτερικού διακλαδιζόμενου δικτύου μυκηλιακών υφών και των εκκρίσεων γλομαλίνης) και επίσης ενισχύει την πρόσληψη P και N από το

έδαφος, περιορίζοντας έτσι την απώλεια θρεπτικών στοιχείων (Trouvelot *et al.*, 2015).

2.2.6. Προστασία των φυτών από τα παθογόνα του εδάφους

Οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες αμπέλου είναι ευαίσθητες σε ασθένειες όπως ο περονόσπορος, που προκαλούν μεγάλες απώλειες στην ποσότητα και την ποιότητα και απαιτούν πολυάριθμες επεμβάσεις με μυκητοκτόνα. Όμως, τα φυτοφάρμακα είναι, συχνά, εν μέρει αποτελεσματικά ενάντια στις εδαφογενείς ασθένειες και είναι αρκετά επιζήμια για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Τα φυτά μπορούν να αναπτύξουν μία καλή αμυντική ικανότητα με τη βοήθεια των μυκορριζών. Ως εκ τούτου, η μυκόρριζα μπορεί να καταστείλει ή να μειώσει τα παθογόνα των φυτών, προκαλώντας συστηματική ανοχή (Trouvelot *et al.*, 2015). Οι μυκόρριζες έχουν τη δυνατότητα να επάγουν τα φυτά να παράγουν αυξητικούς παράγοντες που τους βοηθούν να αντιμετωπίσουν τα παθογόνα (Ozdemir *et al.*, 2010). Επίσης, μπορούν να παρακινήσουν την παραγωγή του αμπισσικού οξέος στις ρίζες των φυτών (ABA). Το αμπισσικό οξύ μεταφέρεται μέσω του ξυλώματος στους βλαστούς και στα άλλα υπέργεια μέρη του φυτού, όπου μπορεί να ετοιμάσει τις άμυνες του κυτταρικού τοιχώματος, για να προστατέψει τα φυτά ενάντια σε εναέριες επιθέσεις παθογόνων (Trouvelot *et al.*, 2015).

Επιπρόσθετα, ακόμα ένας τρόπος προστασίας στα μυκορριζικά φυτά είναι η βιολογική προστασία που μπορεί να είναι ενεργή σε ένα ευρύ φάσμα εδαφογενών παθογόνων (Tsvetkov *et al.*, 2014). Οι περισσότερες μελέτες στην προστασία ενάντια στις εδαφογενείς ασθένειες, αναφέρουν μείωση στην εμφάνιση συμπτωμάτων από κάποιους παθογόνους μύκητες που ανήκουν στις οικογένειες *Fusarium*, *Verticillium*, *Phytophthora*, *Pythium* κλπ. (Tsvetkov *et al.*, 2014).

Στην περίπτωση της αμπέλου, έχουν μελετηθεί διάφοροι τρόποι προστασίας για πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως για παράδειγμα, ενάντια του μύκητα *Armillaria mellea* που προκαλεί σηψιρριζίες (Trouvelot *et al.*, 2015). Στην έρευνά τους η Nogales *et al.* (2009), απέδειξαν ότι τα συμπτώματα λόγω του *A. mellea* αναπτύχθηκαν πολύ πιο αργά στα

φυτά με μυκόρριζα και είχαν μεγαλύτερη ανάπτυξη ριζών και βλαστών, σε σύγκριση με τα φυτά χωρίς μυκόρριζα. Άρα, συμπεράναν ότι η παρουσία της μυκόρριζας κάνει τα φυτά πιο ανθεκτικά στην ύπαρξη του *Armillaria mellea*. Οι μυκόρριζες μπορούν, ως εκ τούτου, να μειώσουν την ευαισθησία των φυτών και να βελτιώσουν, έτσι, λοιπόν, την αντοχή των φυτών στα βιοτικά στρες – ασθένειες.

Συμπερασματικά, οι μυκόρριζες είναι μύκητες που ζουν σε συμβίωση με τις ρίζες του φυτού και απαντώνται σχεδόν σε όλα τα εδάφη, παρέχοντας αρκετά οφέλη στα φυτά, καθώς:

- ✓ Βελτιώνουν την πρόσληψη θρεπτικών ουσιών.
- ✓ Διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προστασία των φυτών από εδαφογενείς παθογόνους μικροοργανισμούς.
- ✓ Βελτιώνουν την σταθερότητα του εδάφους, ελέγχοντας έτσι τη διάβρωση.
- ✓ Παρέχουν στους ξενιστές τους αντοχή στην ξηρασία (Schreiner, 2005).

2.3. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η επίδραση της χρήσης μυκορριζών του γένους *Glomus spp.* στην ανάπτυξη νεαρών φυτών, 12 ποικιλιών της αμπέλου (*Vitis vinifera* L.), σε σύγκριση με τα φυτά του μάρτυρα.

Κεφάλαιο 3 – Υλικά και Μέθοδοι

3.1. Εγκατάσταση και σχεδιασμός του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αμπελώνα του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο Μαγνησίας. Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 12 οινοποιήσιμες ποικιλίες από τις οποίες μία ήταν λευκή και ελληνική (Ασύρτικο), οι τρεις ήταν λευκές και ξενικές (Chardonnay, Malvasia aromatica, Trebbiano), οι πέντε ήταν έγχρωμες και ελληνικές (Αγιωργίτικο, Μανδηλαριά, Μοσχοφίλερο, Ξινόμαυρο, Ροδίτης) και οι τρεις ήταν έγχρωμες και ξενικές (Cabernet sauvignon, Merlot, Sangiovese). Τα πρέμνα που μελετήθηκαν ήταν ηλικίας 2 ετών, εμβολιασμένα σε υποκείμενο 1103 P, σε έδαφος μέσης σύστασης, κατά την ορθογώνια διάταξη με αποστάσεις φύτευσης 3,00 m μεταξύ των γραμμών και 1,00 m επί των γραμμών. Τα πρέμνα ήταν διαμορφωμένα σε γραμμικό αμφίπλευρο Royat, με ύψος κορμού 90 cm. Τα αποτελέσματα της εδαφικής ανάλυσης, η οποία πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και πριν την εγκατάσταση του αμπελώνα, έδειξαν ότι το έδαφος του αμπελώνα βρίσκεται στις κατηγορίες ιλυο-πηλώδες και ιλυώδες με υψηλά ποσοστά ιλύος (66,8-52,8%, Πίνακας 3.1.). Η οργανική ουσία βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα και το έδαφος είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά (K, Mg, Fe, Zn, Mg) για την καλλιέργεια της αμπέλου και για το λόγο αυτό δεν κρίθηκε σκόπιμη καμία λίπανση κατά την εγκατάσταση του αμπελώνα.

Η έναρξη του πειράματος πραγματοποιήθηκε με την εγκατάσταση του αμπελώνα και την εφαρμογή μυκόρριζας σε μορφή παστίλιας (2 παστίλιες/πρέμνο) σε ομάδες φυτών (πρέμνα), οι οποίες συγκρίθηκαν με αντίστοιχες ομάδες φυτών – μάρτυρες έως και το τέλος του 2^{ου} έτους ανάπτυξης των φυτών, δηλαδή έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου 2016. Οι παστίλιες μυκόρριζας που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, παράγονται από την εταιρεία AEGIS, *Italpollina* (Italy) και επιτρέπονται στη βιολογική

καλλιέργεια. Οι παστίλιες περιείχαν μυκόρριζα του γένους *Glomus spp.* με συνολικά 300 σπόρια/ταμπλέτα, εκ των οποίων 150 σπόρια/ταμπλέτα ήταν της μυκόρριζας *Glomus intraradices* και 150 σπόρια/ταμπλέτα του *Glomus mosseae*. Επίσης, περιείχαν *Rhizosphere bacteria* (περίπου $1 \cdot 10^7$ UFC/g). Έτσι, τα πρέμνα κάθε ποικιλίας κατηγοριοποιήθηκαν σε 2 μεταχειρίσεις (Μάρτυρας και Μυκόρριζα) των 10 επαναλήψεων (10 πρέμνα μάρτυρες και 10 πρέμνα με μυκόρριζα σε τυχαία διάταξη).

Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα εδαφικής ανάλυσης του αμπελώνα.

Καλλιέργεια	Αμπέλι	Αμπέλι	Αμπέλι
Περιοχή	Αγρόκτημα Π.Θ.	Αγρόκτημα Π.Θ.	Αγρόκτημα Π.Θ.
Δείγμα	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
pH	7,73	7,90	7,90
CaCO ₃ (%)	4,3	4,9	5,6
EC (μS cm ⁻¹)	4500	900	500
Olsen-P (mg kg ⁻¹)	21,94	67803	24,45
NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	---	---	---
Υπολειμματικό N (kg/στρ)	---	---	---
Άμμος (%)	14,4	11,6	27,6
Ιλύς (%)	74,0	82,8	66,8
Άργιλος (%)	11,6	5,6	5,6
Τύπος εδάφους	Ιλυο-πηλώδες	Ιλυώδες	Ιλυο-πηλώδες
Οργανική ουσία (%)	1,95	1,68	1,01
Ανταλλάξιμο K ⁺ (mg kg ⁻¹)	315,8	642,5	474,2
Ανταλλάξιμο K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,81	1,65	1,22
Ανταλλάξιμο Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	---	---	---
Ανταλλάξιμο Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	---	---	---
Ανταλλάξιμο Mg ²⁺ (mg kg ⁻¹)	675	153	628
Ανταλλάξιμο Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	5,63	1,28	5,23
Ανταλλάξιμο Ca ²⁺ (mg kg ⁻¹)	1143	1048	1810
Ανταλλάξιμο Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	5,71	5,24	9,05
IAK (cmol _c kg ⁻¹)	---	---	---
ESP (%)	---	---	---
Fe (DTPA) (mg kg ⁻¹)	15,35	5,29	7,12
Cu (DTPA) (mg kg ⁻¹)	2,75	2,46	2,60
Zn (DTPA) (mg kg ⁻¹)	1,73	1,57	1,11
Mn (DTPA) (mg kg ⁻¹)	4,25	4,96	4,77
Βόριο (Ζέον ύδωρ) (mg kg ⁻¹)	---	---	---

Αφού διαπιστώθηκε η ύπαρξη αποικισμού από τη μυκόρριζα στο ριζικό σύστημα της αμπέλου, με τη βοήθεια ηλεκτρονικού μικροσκοπίου με κάμερα (Motic BA310), ακολούθησαν οι παρακάτω μετρήσεις.

3.2. Μετρήσεις ανάπτυξης του κορμού

Πραγματοποιήθηκε μία μέτρηση μήκους με τη βοήθεια μεζούρας στις 20 Απριλίου 2016 (Εικόνα 1.) και τέσσερις μετρήσεις της διαμέτρου στο 2^ο μεσογονάτιο διάστημα του κορμού με ψηφιακό παχύμετρο (Εικόνα 2.) στις 20 Απριλίου, στις 19 Μαΐου, στις 26 Ιουνίου και στις 30 Σεπτεμβρίου 2016.



Εικόνα 1. Μέτρηση του μήκους του μελλοντικού κορμού.



Εικόνα 2. Μέτρηση της διαμέτρου του 2^{ου} μεσογονάτιου διαστήματος του κορμού

3.3. Μέτρηση ανάπτυξης του βραχίονα

Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις της διαμέτρου του μελλοντικού βραχίονα με ψηφιακό παχύμετρο (Εικόνα 3.) στις 19 Μαΐου και στις 26 Ιουνίου 2016.



Εικόνα 3. Μέτρηση της διαμέτρου του μελλοντικού βραχίονα.

3.4. Μετρήσεις ανάπτυξης των βλαστών

Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις του μήκους και της διαμέτρου στο 5^ο μεσογονάτιο διάστημα του κύριου βλαστού με μεζούρα (Εικόνα 4.) και

ψηφιακό παχύμετρο (Εικόνα 5.) στις 26 Ιουνίου και στις 30 Σεπτεμβρίου 2016, αντίστοιχα.



Εικόνα 4. Μέτρηση του μήκους του κύριου βλαστού.



Εικόνα 5. Μέτρηση της διαμέτρου στο 5^ο μεσογονάτιο διάστημα του κύριου βλαστού.

3.5. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης στα φύλλα

Για τον προσδιορισμό της ολικής χλωροφύλλης στα φύλλα επιλέχθηκαν επτά αντιπροσωπευτικά φύλλα τόσο των κύριων όσο και των μεσοκάρδιων βλαστών και από κάθε μεταχείριση. Οι μετρήσεις εκφράστηκαν σε μονάδες SPAD.



Εικόνα 6. Φορητό χλωροφυλλόμετρο *Minolta SPAD-502*.

3.6. Μέτρηση μεγέθους των φύλλων

Για τον προσδιορισμό του μεγέθους των ανεπτυγμένων φύλλων, πραγματοποιήθηκε στις 30 Σεπτεμβρίου 2016, η μέτρηση του μήκους της κύριας νεύρωσης του ανεπτυγμένου φύλλου με τη χρήση μεζούρας (Εικόνα 7.).



Εικόνα 7. Μέτρηση του μήκους της κύριας νεύρωσης του ώριμου φύλλου.

3.7. Μέτρηση ταξιανθιών

Στις 20 Απριλίου 2016, πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των ταξιανθιών ανά πρέμνο και ανά μεταχείριση.

3.8. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο SigmaStat software package (Systat Software, Inc. San Jose, CA, USA) και χρησιμοποιώντας τη μονοπαραγοντική μέθοδο One-Way ANOVA. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με την εφαρμογή του t-test ($p < 0,05$).

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα και συζήτηση

4.1. Ανάπτυξη του κορμού

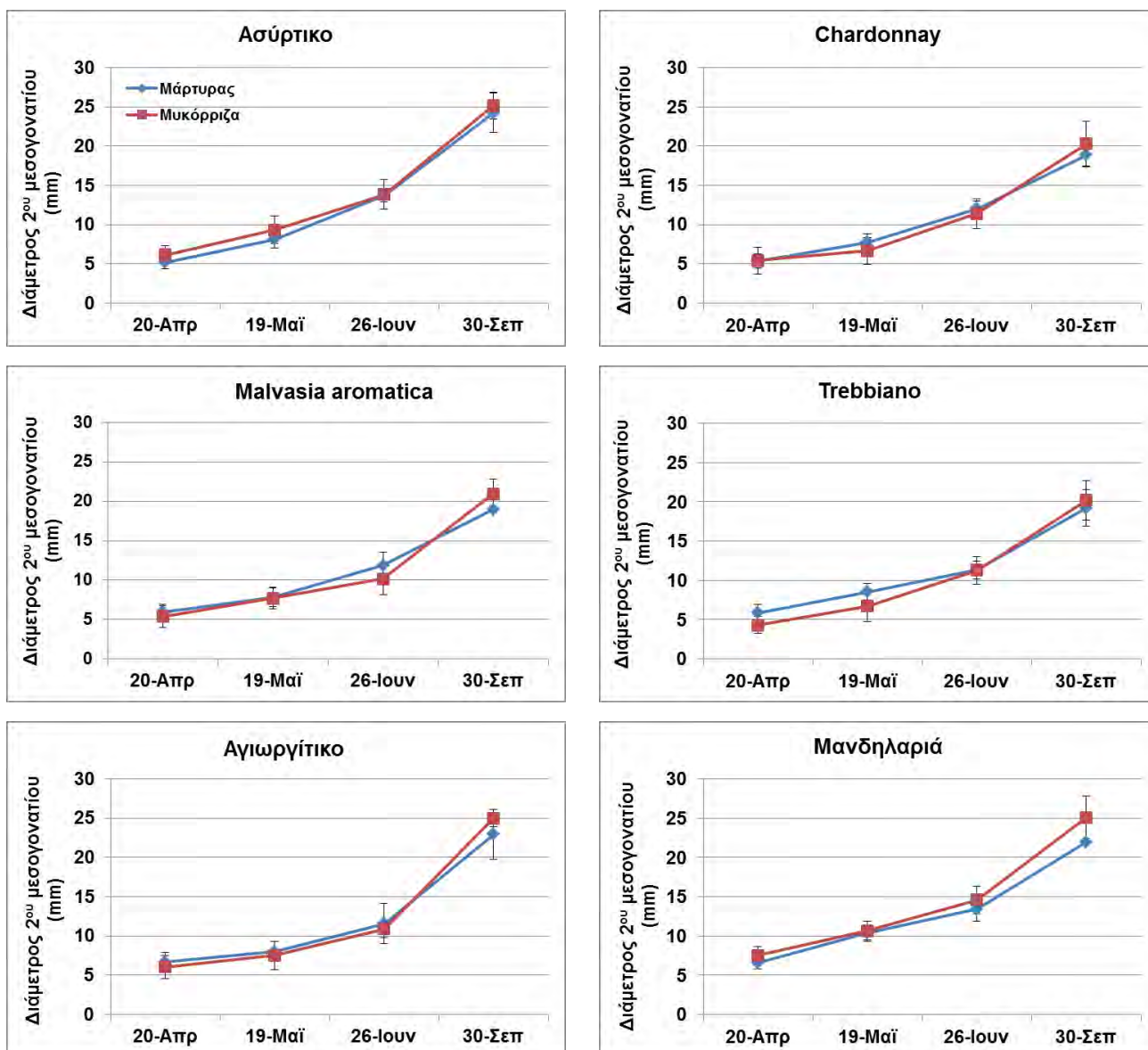
Μόνο στην ποικιλία Ροδίτης η μυκόρριζα συνέβαλλε θετικά στην ανάπτυξη του μήκους του μελλοντικού κορμού, έχοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές με το φυτό του μάρτυρα. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίν. 4.1.)

Πίνακας 4.1. Επίδραση της μυκόρριζας στην ανάπτυξη του μήκους του μελλοντικού κορμού, στις 20 Απριλίου 2016 ($z=M.O.\pm S.D.$, Μ.Σ.=Στατιστικά μη σημαντικό αποτέλεσμα, *=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $0,01\leq p<0,05$).

Ποικιλία	Μήκος μελλοντικού κορμού (cm, 20 Απριλίου 2016)		Επίπεδο Σημαντικότητας
	Μάρτυρας	Μυκόρριζα	
Ασύρτικο	51,87 ^z ± 20,46	55,30 ± 22,49	Μ.Σ.
Chardonnay	47,20 ± 12,07	51,30 ± 24,57	Μ.Σ.
Malvasia aromatica	60,87 ± 19,19	72,67 ± 16,84	Μ.Σ.
Trebbiano	49,53 ± 11,28	43,50 ± 11,58	Μ.Σ.
Αγιωργίτικο	57,60 ± 17,52	43,22 ± 17,78	Μ.Σ.
Μανδηλαριά	45,20 ± 16,08	48,40 ± 16,63	Μ.Σ.
Μοσχοφίλερο	53,80 ± 23,22	61,40 ± 24,61	Μ.Σ.
Ξινόμαυρο	44,40 ± 13,90	50,10 ± 10,62	Μ.Σ.
Ροδίτης	38,62 ^b ± 11,73	56,29 ^a ± 18,79	*
Cabernet sauvignon	42,67 ± 6,14	40,38 ± 7,82	Μ.Σ.
Merlot	48,07 ± 9,11	46,89 ± 10,19	Μ.Σ.
Sangiovese	60,33 ± 20,77	49,33 ± 19,87	Μ.Σ.

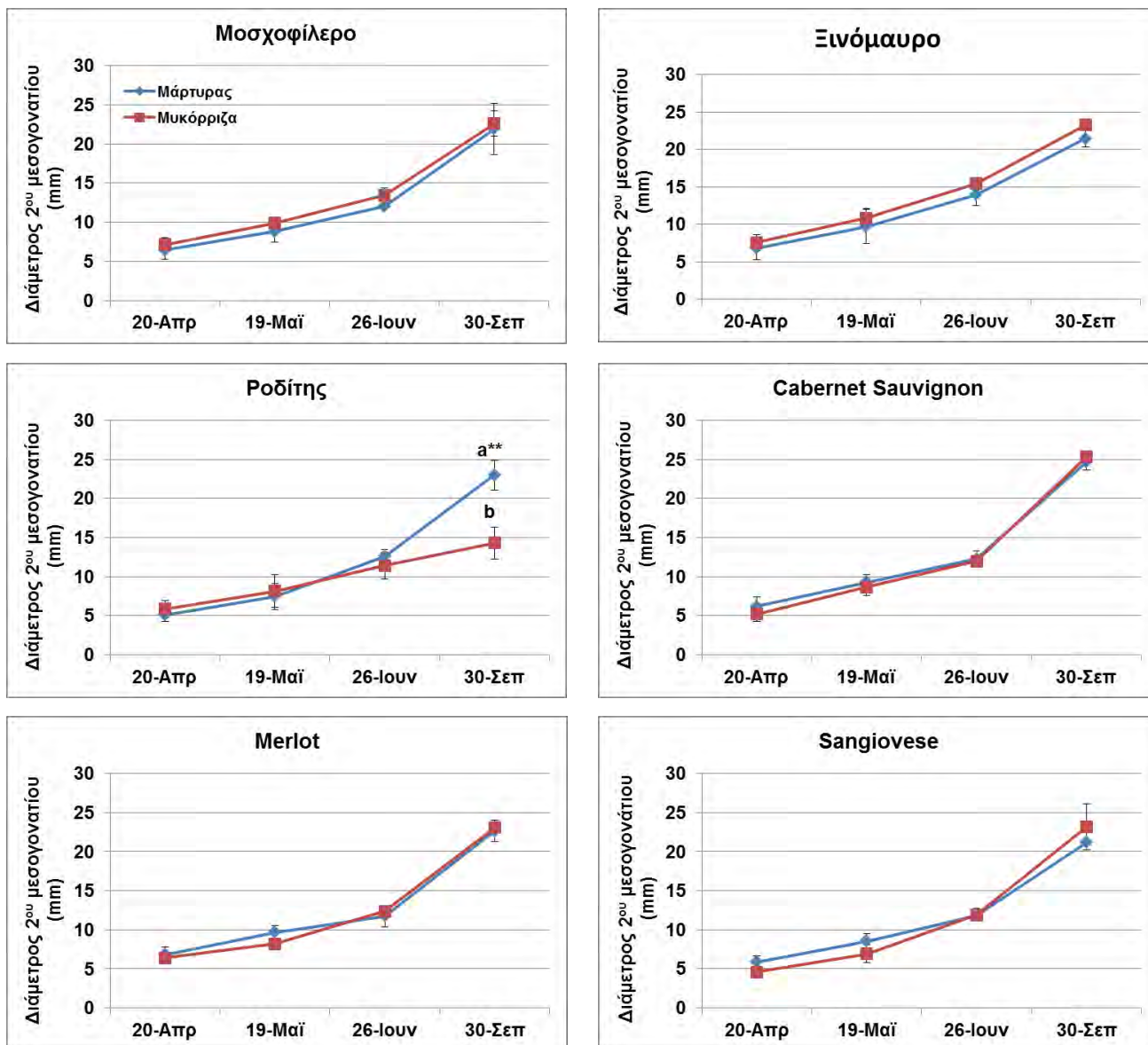
Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (για $p\leq 0,05$) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Στις ποικιλίες Ασύρτικο, Chardonnay, Malvasia aromatica, Trebbiano, Αγιωργίτικο, Μανδηλαριά δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη διάμετρο του 2^{ου} μεσογονατίου διαστήματος του κορμού μεταξύ των φυτών του μάρτυρα και της μυκόρριζας. (Γράφημα 4.1.)



Γράφημα 4.1. Επίδραση της μυκόρριζας στη διάμετρο του 2^{ου} μεσογονατίου διαστήματος του κορμού στα πρέμνα, στις ημερομηνίες 20 Απριλίου, 19 Μαΐου, 26 Ιουνίου και 30 Σεπτεμβρίου 2016.

Όπως φαίνεται στο γράφημα 4.2., στην ποικιλία Ροδίτης παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη της διαμέτρου στο 2^ο μεσογονάτιο διάστημα του κορμού των φυτών του μάρτυρα συγκριτικά με της μυκόρριζας. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές.



Γράφημα 4.2. Επίδραση της μυκόρριζας στη διάμετρο του 2^{ου} μεσογονατίου διαστήματος του κορμού στα φυτά της αμπέλου, για τις ημερομηνίες 20 Απριλίου, 19 Μαΐου, 26 Ιουνίου και 30 Σεπτεμβρίου 2016. (**=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $p < 0,01$.)

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (για $p \leq 0,05$) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

4.2 Ανάπτυξη του βραχίονα

Σημαντική αύξηση στη διάμετρο του βραχίονα προέκυψε με την παρουσία μυκόρριζας στην ποικιλία Μοσχοφίλερο στις 19 Μαΐου και στην ποικιλία Ξινόμαυρο στις 26 Ιουνίου. Αντίθετα, στις ποικιλίες Trebbiano και Merlot στις 19 Μαΐου, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα στην αύξηση

του μάρτυρα σε σύγκριση με τα φυτά της μυκόρριζας. Στις υπόλοιπες ποικιλίες δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. (Πίν. 4.2.)

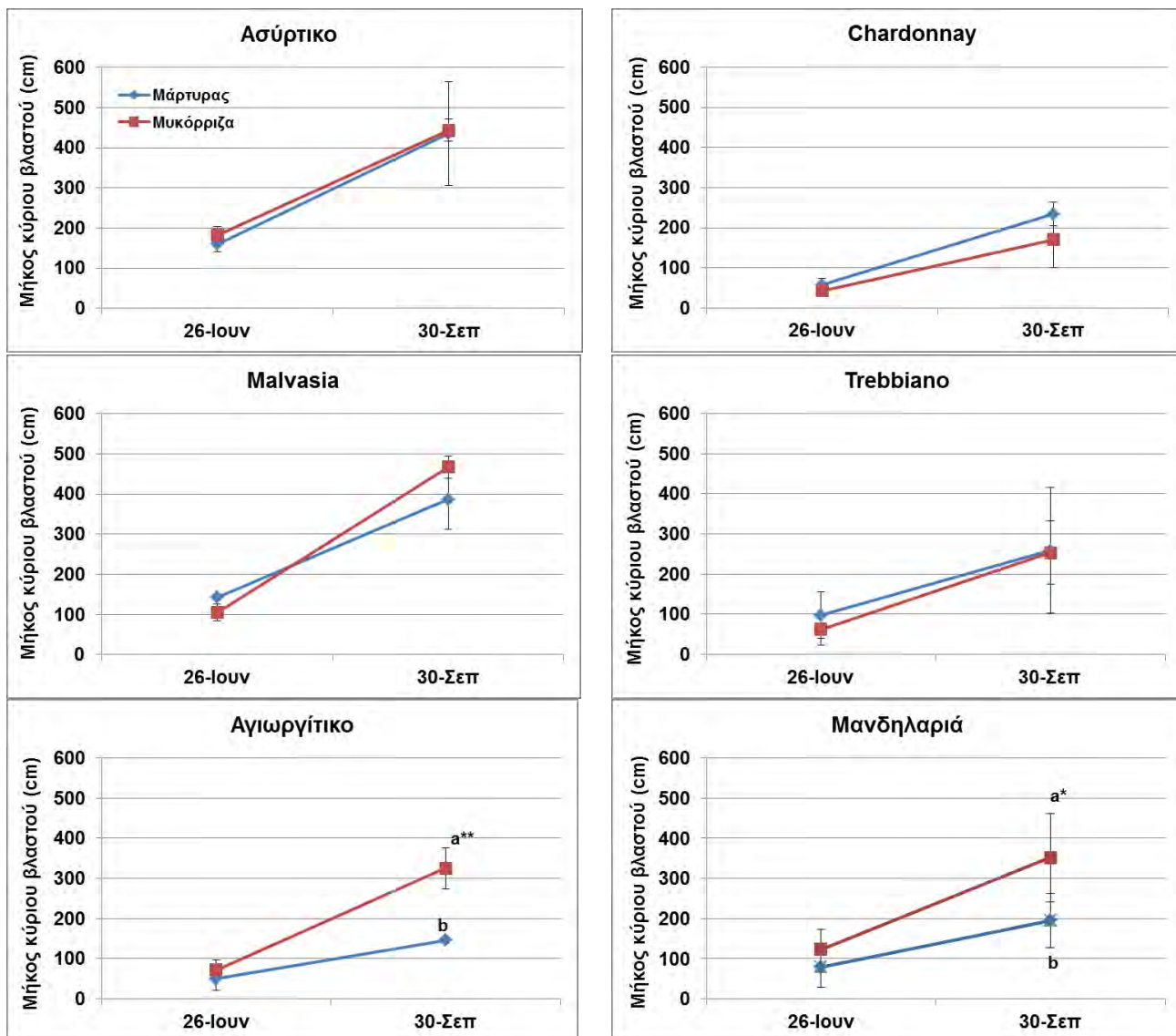
Πίνακας 4.2. Επίδραση της μυκόρριζας στη διάμετρο του βραχίονα στα φυτά στις 19 Μαΐου και στις 26 Ιουνίου 2016 ($z=M.O.\pm S.D.$, Μ.Σ.=Στατιστικά μη σημαντικό αποτέλεσμα για $p\geq 0,05$, *=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $0,01\leq p<0,05$).

Ποικιλία	Διάμετρος βραχίονα (mm, 19 Μαΐου 2016)		Επ. Σημ.	Διάμετρος βραχίονα (mm, 26 Ιουνίου 2016)		Επ. Σημ.
	Μάρτυρας	Μυκόρριζα		Μάρτυρας	Μυκόρριζα	
Ασύρτικο	6,19 ± 1,83	6,84 ± 2,11	Μ.Σ.	10,39 ± 1,14	10,56 ± 0,86	Μ.Σ.
Chardonnay	4,88 ± 1,73	4,64 ± 1,65	Μ.Σ.	8,56 ± 0,46	7,43 ± 1,86	Μ.Σ.
Malvasia ar.	5,27 ± 1,13	4,55 ± 0,92	Μ.Σ.	8,25 ± 0,72	7,27 ± 1,01	Μ.Σ.
Trebbiano	5,47 ^a ± 1,84	3,02 ^b ± 0,42	*	8,50 ± 1,48	6,80 ± 0,73	Μ.Σ.
Αγιωργίτικο	6,15 ± 1,73	6,82 ± 1,18	Μ.Σ.	6,90 ± 1,36	9,21 ± 0,84	Μ.Σ.
Μανδηλαριά	6,51 ± 1,29	7,76 ± 1,54	Μ.Σ.	10,16 ± 0,53	11,74 ± 0,88	Μ.Σ.
Μοσχοφίλερο	4,88 ^b ± 1,58	6,44 ^a ± 1,39	*	8,53 ± 0,66	9,85 ± 0,57	Μ.Σ.
Ξινόμαυρο	7,13 ± 1,40	7,50 ± 1,09	Μ.Σ.	10,18 ^b ± 0,80	12,14 ^a ± 0,87	*
Ροδίτης	4,86 ± 1,42	5,77 ± 1,16	Μ.Σ.	9,73 ± 0,35	8,53 ± 0,73	Μ.Σ.
Cabernet s.	4,08 ± 0,99	3,80 ± 1,41	Μ.Σ.	10,15 ± 1,50	8,95 ± 1,04	Μ.Σ.
Merlot	5,73 ^a ± 0,85	4,27 ^b ± 0,63	**	9,26 ± 0,36	9,52 ± 1,21	Μ.Σ.
Sangiovese	5,39 ± 1,55	4,15 ± 1,92	Μ.Σ.	9,32 ± 0,19	7,48 ± 1,20	Μ.Σ.

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

4.3 Ρυθμός ανάπτυξης των βλαστών

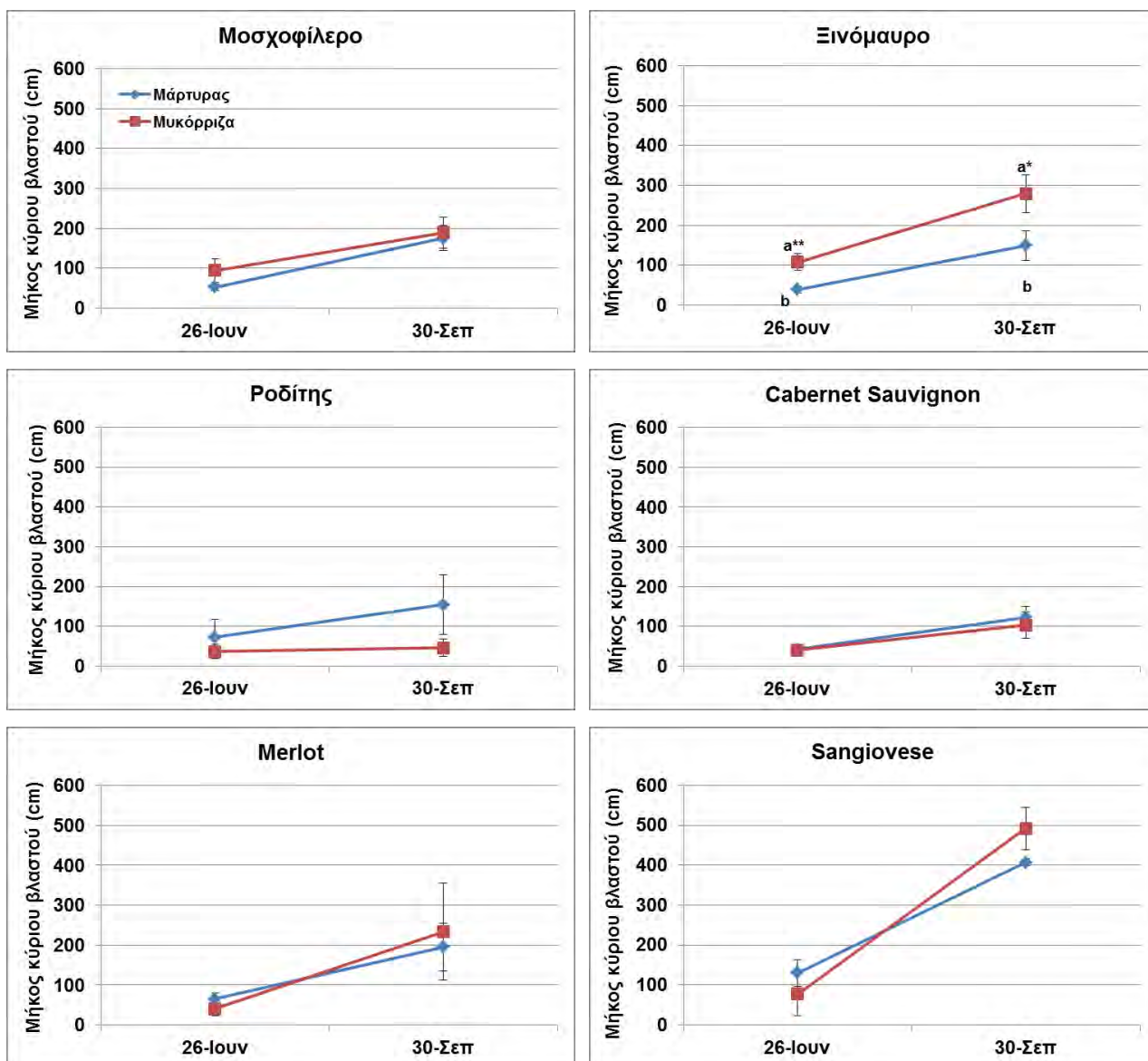
Από το γράφημα 4.3. παρατηρούμε ότι η παρουσία μυκόρριζας επηρέασε θετικά την ανάπτυξη του μήκους του κύριου βλαστού στις ελληνικές ποικιλίες Αγιωργίτικο και Μανδηλαριά. Στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρχαν κυρίως στις 30 Σεπτεμβρίου, όπου πλέον τα φυτά είχαν ολοκληρώσει την βλαστική τους ανάπτυξη.



Γράφημα 4.3. Επίδραση της μυκόρριζας στο μήκος του κύριου βλαστού στα φυτά της αμπέλου στις 26 Ιουνίου 2016 και στις 30 Σεπτεμβρίου 2016 (*=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $0,01 \leq p < 0,05$, **=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $p < 0,01$).

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (για $p \leq 0,05$) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Συνεχίζοντας, στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα λόγω των μυκορριζών παρουσιάστηκαν στην ποικιλία Ξινόμαυρο στις 26 Ιουνίου καθώς και στις 30 Σεπτεμβρίου. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές (Γράφημα 4.4).



Γράφημα 4.4. Επίδραση της μυκόρριζας στο μήκος κύριου βλαστού στις ημερομηνίες 26 Ιουνίου και 30 Σεπτεμβρίου 2016 (*=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $0,01 \leq p < 0,05$, **=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $p < 0,01$).

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.3., παρατηρούμε ότι η μυκόρριζα συνέβαλλε θετικά στην αύξηση της διαμέτρου στο 5^ο μεσογονάτιο διάστημα του κύριου βλαστού, στις 26 Ιουνίου για την ποικιλία Ξινόμαυρο και στις 30 Σεπτεμβρίου για την ποικιλία Αγιωργίτικο. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 4.3. Επίδραση της μυκόρριζας στη διάμετρο του 5^{ου} μεσογονατίου διαστήματος του κύριου βλαστού στις 26 Ιουνίου και στις 30 Σεπτεμβρίου 2016. (z=M.O.±S.D., Μ.Σ.=Στατιστικά μη σημαντικό αποτέλεσμα για $p \geq 0,05$, *=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $0,01 \leq p < 0,05$, **=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $p < 0,01$).

Ποικιλία	Διάμετρος 5 ^{ου} μεσογονατίου στον κύριο βλαστό (mm, 26 Ιουνίου 2016)		Επ. Σημ.	Διάμετρος 5 ^{ου} μεσογονατίου στον κύριο βλαστό (mm, 30 Σεπτεμβρίου 2016)		Επ. Σημ.
	Μάρτυρας	Μυκόρριζα		Μάρτυρας	Μυκόρριζα	
Ασύρτικο	6,13 ± 1,00	6,97 ± 0,40	Μ.Σ.	11,36 ± 1,75	12,78 ± 2,39	Μ.Σ.
Chardonnay	4,69 ± 0,78	3,93 ± 0,72	Μ.Σ.	6,71 ± 0,30	7,60 ± 1,09	Μ.Σ.
Malvasia ar.	5,21 ± 1,23	3,73 ± 0,26	Μ.Σ.	8,27 ± 2,24	8,39 ± 1,09	Μ.Σ.
Trebbiano	4,79 ± 1,79	3,26 ± 0,92	Μ.Σ.	7,45 ± 2,35	7,26 ± 1,38	Μ.Σ.
Αγιωργίτικο	3,27 ± 1,06	4,05 ± 1,74	Μ.Σ.	6,06 ^b ± 0,98	10,27 ^a ± 1,81	*
Μανδηλαριά	4,94 ± 1,50	5,77 ± 1,32	Μ.Σ.	8,33 ± 1,68	9,20 ± 0,51	Μ.Σ.
Μοσχοφίλερο	4,42 ± 0,17	4,54 ± 0,33	Μ.Σ.	8,54 ± 1,99	9,06 ± 2,47	Μ.Σ.
Ξινόμαυρο	3,96 ^b ± 0,52	6,88 ^a ± 0,76	**	7,23 ± 2,04	9,51 ± 0,74	Μ.Σ.
Ροδίτης	5,16 ± 1,40	3,58 ± 0,75	Μ.Σ.	7,23 ± 1,48	4,61 ± 0,66	Μ.Σ.
Cabernet s.	6,77 ± 1,23	4,05 ± 1,18	Μ.Σ.	11,37 ± 2,04	8,50 ± 1,01	Μ.Σ.
Merlot	4,88 ± 0,75	3,99 ± 0,60	Μ.Σ.	8,04 ± 1,90	7,82 ± 0,72	Μ.Σ.
Sangiovese	6,05 ± 0,85	3,86 ± 1,84	Μ.Σ.	9,34 ± 1,05	9,74 ± 2,39	Μ.Σ.

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

4.4 Προσδιορισμός της χλωροφύλλης στα φύλλα

Από τον πίνακα 4.4. προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά στον προσδιορισμό των ολικών χλωροφυλλών στο 4^ο φύλλο του κύριου βλαστού στο φυτό του μάρτυρα της ποικιλίας Sangiovese, σε σύγκριση με το φυτό της μυκόρριζας. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις άλλες ποικιλίες.

Πίνακας 4.4. Επίδραση της μυκόρριζας στον προσδιορισμό των ολικών χλωροφυλλών στο 4^ο φύλλο του κύριου βλαστού στα φυτά της αμπέλου στις 27 Μαΐου 2016 ($z=M.O.\pm S.D.$, Μ.Σ.=Στατιστικά μη σημαντικό αποτέλεσμα για $p\geq 0,05$, *=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $0,01\leq p<0,05$).

Ποικιλία	Ολικές χλωροφύλλες στο 4 ^ο φύλλο του κύριου βλαστού (Μονάδες SPAD, 27 Μαΐου 2016)		Επίπεδο Σημαντικότητας
	Μάρτυρας	Μυκόρριζα	
Ασύρτικο ¹	--	--	--
Chardonnay	38,03 ± 5,44	38,10 ± 2,97	Μ.Σ.
Malvasia aromatica	40,37 ± 4,24	54,00 ± 18,01	Μ.Σ.
Trebbiano	41,97 ± 5,71	40,30 ± 2,04	Μ.Σ.
Αγιωργίτικο	39,23 ± 0,06	40,87 ± 2,74	Μ.Σ.
Μανδηλαριά	44,60 ± 2,52	47,30 ± 3,22	Μ.Σ.
Μοσχοφίλερο	42,03 ± 4,14	44,83 ± 1,69	Μ.Σ.
Ξινόμαυρο	42,70 ± 4,00	42,03 ± 1,01	Μ.Σ.
Ροδίτης	46,47 ± 3,17	44,90 ± 5,41	Μ.Σ.
Cabernet sauvignon	41,30 ± 1,51	42,60 ± 1,45	Μ.Σ.
Merlot	48,57 ± 1,32	44,83 ± 4,40	Μ.Σ.
Sangiovese	46,20 ^a ± 1,64	39,53 ^b ± 3,72	*

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Επίσης, στατιστικά σημαντική διαφορά στον προσδιορισμό των ολικών χλωροφυλλών στο 7^ο φύλλο του κύριου βλαστού στις 27 Μαΐου, παρατηρήθηκε στα φυτά του μάρτυρα της ποικιλίας Merlot συγκριτικά με τα φυτά της μυκόρριζας. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές (Πίν. 4.5.).

¹ Στην ποικιλία «Ασύρτικο» δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση της χλωροφύλλης.

Πίνακας 4.5. Επίδραση της μυκόρριζας στον προσδιορισμό των ολικών χλωροφυλλών στο 7^ο φύλλο του κύριου βλαστού στις 27 Μαΐου 2016 ($z = M.O. \pm S.D.$, Μ.Σ.=Στατιστικά μη σημαντικό αποτέλεσμα για $p \geq 0,05$, **=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $p < 0,01$).

Ποικιλία	Ολικές χλωροφύλλες στο 7 ^ο φύλλο του κύριου βλαστού (Μονάδες SPAD, 27 Μαΐου 2016)		Επίπεδο Σημαντικότητας
	Μάρτυρας	Μυκόρριζα	
Ασύρτικο	--	--	--
Chardonnay	33,40 ^z ± 1,39	35,63 ± 1,78	Μ.Σ.
Malvasia aromatica	44,13 ± 5,46	36,57 ± 7,06	Μ.Σ.
Trebbiano	27,93 ± 9,43	21,93 ± 4,54	Μ.Σ.
Αγιωργίτικο	32,90 ± 6,90	33,63 ± 5,06	Μ.Σ.
Μανδηλαριά	31,20 ± 5,55	36,90 ± 2,55	Μ.Σ.
Μοσχοφίλερο	40,03 ± 14,05	37,83 ± 3,19	Μ.Σ.
Ξινόμαυρο	31,03 ± 2,73	38,43 ± 4,43	Μ.Σ.
Ροδίτης	25,90 ± 3,84	30,97 ± 2,72	Μ.Σ.
Cabernet sauvignon	36,00 ± 2,95	34,17 ± 2,87	Μ.Σ.
Merlot	38,57 ^a ± 1,46	32,27 ^b ± 1,65	**
Sangiovese	37,27 ± 3,94	33,80 ± 6,32	Μ.Σ.

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Επίσης, και στην ποικιλία Μανδηλαριά σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά, στον προσδιορισμό των ολικών χλωροφυλλών στο μεσαίο φύλλο του μεσοκάρδιου βλαστού στις 27 Μαΐου, με την παρουσία μυκόρριζας. Στις υπόλοιπες ποικιλίες δεν παρατηρήθηκαν σημαντικά αποτελέσματα. (Πίν 4.6.)

Πίνακας 4.6. Επίδραση της μυκόρριζας στον προσδιορισμό των ολικών χλωροφυλλών στο μεσαίο φύλλο του μεσοκάρδιου βλαστού μεταξύ των μεταχειρίσεων στις 27 Μαΐου 2016 ($z=M.O.\pm S.D.$, Μ.Σ.=Στατιστικά μη σημαντικό αποτέλεσμα για $p\geq 0,05$, **=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $p<0,01$).

Ποικιλία	Ολικές χλωροφύλλες στο μεσαίο φύλλο του μεσοκάρδιου βλαστού (Μονάδες SPAD, 27 Μαΐου 2016)		Επίπεδο Σημαντικότητας
	Μάρτυρας	Μυκόρριζα	
Ασύρτικο	--	--	--
Chardonnay	22,70 ± 7,63	25,13 ± 3,86	Μ.Σ.
Malvasia aromatica	31,80 ± 2,34	26,27 ± 5,94	Μ.Σ.
Trebbiano	--	--	--
Αγιωργίτικο	23,97 ± 3,81	23,37 ± 4,09	Μ.Σ.
Μανδηλαριά	13,93 ^b ± 0,75	25,07 ^a ± 2,20	**
Μοσχοφίλερο	18,87 ± 7,34	27,83 ± 7,49	Μ.Σ.
Ξινόμαυρο	18,07 ± 2,67	25,37 ± 4,04	Μ.Σ.
Ροδίτης	13,80 ± 4,40	17,80 ± 1,41	Μ.Σ.
Cabernet sauvignon	19,90 ± 4,51	20,80 ± 2,36	Μ.Σ.
Merlot	21,93 ± 5,10	14,10 ± 1,40	Μ.Σ.
Sangiovese	23,83 ± 2,93	26,47 ± 2,15	Μ.Σ.

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

4.5. Μέγεθος των ανεπτυγμένων φύλλων

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.7., η παρουσία μυκόρριζας αύξησε στατιστικά σημαντικά το μήκος της κύριας νεύρωσης ανεπτυγμένου φύλλου, ιδιαίτερα στις ποικιλίες Αγιωργίτικο και Μοσχοφίλερο. Στις υπόλοιπες ποικιλίες δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές.

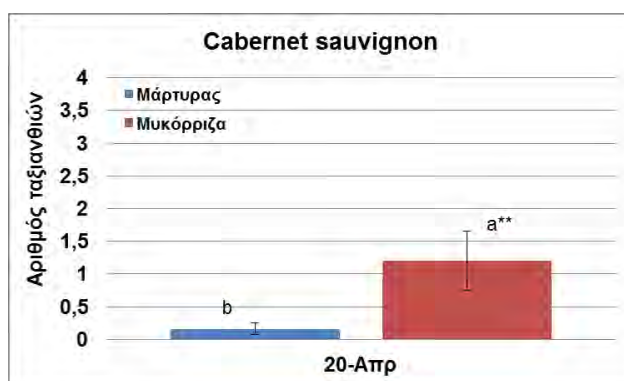
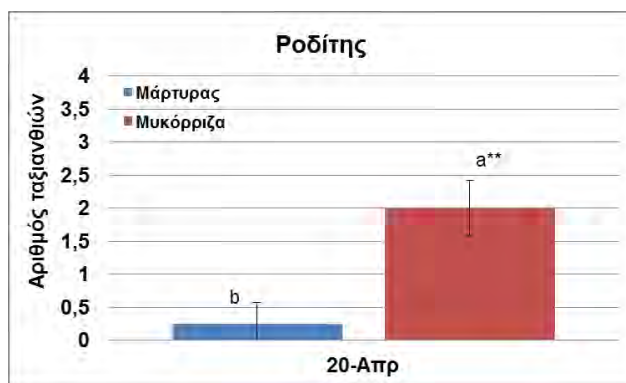
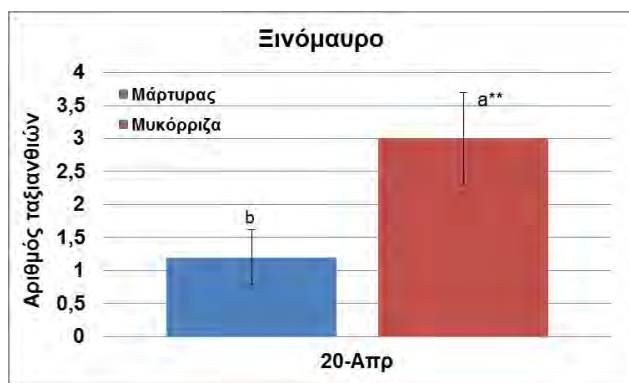
Πίνακας 4.7. Επίδραση της μυκόρριζας στην αύξηση του μήκους της κύριας νεύρωσης ανεπτυγμένου φύλλου στις 30 Σεπτεμβρίου 2016 ($z=M.O.\pm S.D.$, Μ.Σ.=Στατιστικά μη σημαντικό αποτέλεσμα για $p\geq 0,05$).

Ποικιλία	Μήκος κύριας νεύρωσης ανεπτυγμένου φύλλου (cm, 30 Σεπτεμβρίου 2016)		Επίπεδο Σημαντικότητας
	Μάρτυρας	Μυκόρριζα	
Ασύρτικο	10,17 ± 0,76	8,33 ± 2,08	Μ.Σ.
Chardonnay	8,50 ± 0,87	8,50 ± 0,87	Μ.Σ.
Malvasia aromatic	8,50 ± 1,32	7,67 ± 1,04	Μ.Σ.
Trebbiano	9,83 ± 0,29	9,50 ± 0,50	Μ.Σ.
Αγιωργίτικο	8,67 ^b ± 0,58	10 ^a ± 0,01	*
Μανδηλαριά	12,00 ± 1,00	12,50 ± 1,32	Μ.Σ.
Μοσχοφίλερο	10,50 ^b ± 0,87	11,33 ^a ± 0,58	*
Ξινόμαυρο	10,17 ± 0,29	11 ± 0	Μ.Σ.
Ροδίτης	8,67 ± 0,58	8,67 ± 0,29	Μ.Σ.
Cabernet sauvignon	10,50 ± 0,50	9,83 ± 0,58	Μ.Σ.
Merlot	10,33 ± 0,58	9,67 ± 1,53	Μ.Σ.
Sangiovese	10,83 ± 0,29	10,67 ± 1,15	Μ.Σ.

Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων

4.6. Αριθμός των ταξιανθιών

Η μυκόρριζα επηρέασε θετικά την αύξηση του αριθμού ταξιανθιών στις ποικιλίες Ξινόμαυρο, Ροδίτης και Cabernet sauvignon, έχοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές με τα φυτά του μάρτυρα. Δεν σημειώθηκαν σημαντικά αποτελέσματα στις άλλες ποικιλίες.



Γράφημα 4.5. Επίδραση της μυκόρριζας στον αριθμό ταξιανθειών στις 20 Απριλίου 2016 (**=Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για $p<0,01$). Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Συζήτηση

Από την παρούσα μελέτη και στις συνθήκες του πειράματος (π.χ. σε ένα έδαφος το οποίο δεν είχε δεχτεί λίπανση κατά την εγκατάσταση του αμπελώνα λόγω επάρκειας), διαπιστώνεται ότι η συμβιωτική σχέση ανάμεσα των ενδότροφων μυκορριζών του γένους *Glomus* και ορισμένων ποικιλιών αμπέλου (*Vitis vinifera* L.) ήταν αποτελεσματική, όσον αφορά την βλαστική ανάπτυξη των νεαρών φυτών.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την ανάπτυξη του βραχίονα, διαπιστώθηκε ότι με την προσθήκη μυκόρριζας αυτός αυξήθηκε σημαντικά μόνο στις ποικιλίες Μοσχοφίλερο και Ξινόμαυρο. Επιπροσθέτως, ο ρυθμός ανάπτυξης των βλαστών παρατηρήθηκε αρκετά υψηλός στις ποικιλίες Αγιωργίτικο, Μανδηλαριά και Ξινόμαυρο, καθώς και ο ρυθμός ανάπτυξης της διαμέτρου στο 5^ο μεσογονάτιο διάστημα του κύριου βλαστού για τις ποικιλίες Ξινόμαυρο και Αγιωργίτικο. Παρόμοια, οι Ozdemir *et al.* (2010), στην έρευνά τους απέδειξαν ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη διάμετρο του κύριου βλαστού, με τα φυτά της μυκόρριζας να διαθέτουν παχύτερο βλαστό από τα φυτά – μάρτυρες. Στις υπόλοιπες ποικιλίες που μελετήθηκαν, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Γενικά, το τελικό μήκος και η τελική διάμετρος των βλαστών επηρεάζονται, κυρίως, από την άρδευση και τη λίπανση (Σταυρακάκης, 2013). Στην παρούσα έρευνα διαπιστώθηκε ότι η παρουσία της μυκόρριζας ευνόησε εξαιρετικά ορισμένες ποικιλίες, ήδη από το δεύτερο έτος της καλλιέργειας. Αυτό οφείλεται στην ικανότητα της μυκόρριζας να προσλαμβάνει νερό και θρεπτικά συστατικά από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και να τα προσφέρει στο φυτό.

Κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων ανάπτυξης το ριζικό σύστημα των φυτών είναι αρκετά επιφανειακό και ελαφρώς εκτεταμένο. Το γεγονός ότι η μυκόρριζα βελτιώνει την ανθεκτικότητα των φυτών στην ξηρασία είναι εξαιρετικά σημαντικό για ποικιλίες που υποφέρουν από την ξηρασία. Η καλύτερη αντοχή στην ξηρασία είναι στενά συνδεδεμένη με την καλύτερη θρέψη των φυτών (Trouvelot *et al.*, 2015). Ο van Rooyen *et al.* (2004)

μελέτησαν ορισμένα υποκείμενα που ήταν ευαίσθητα στην ξηρασία και απέδειξαν ότι είχαν καλύτερη ανάπτυξη με την παρουσία μυκόρριζας.

Επίσης, οι Bavaresco and Fogher (1996) μελέτησαν ότι σε συγκεκριμένα μοσχεύματα η παρουσία μυκόρριζας του γένους *Glomus spp.*, αύξησε την περιεχόμενη χλωροφύλλη στα φύλλα, σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Έτσι, και στη παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι μόνο τα φυτά μυκόρριζας της ποικιλίας Μανδηλαριά παρουσίασαν την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης στο μεσαίο φύλλο του μεσοκάρδιου βλαστού. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Εν συνεχεία, αποδείχτηκε αύξηση του μεγέθους των φύλλων στα φυτά των μυκορριζών στις ποικιλίες Αγιωργίτικο και Μοσχοφίλερο. Η Aguin *et al.* (2014), μελέτησαν ότι η παρουσία μυκόρριζας οδήγησε σε αύξηση του αριθμού των φύλλων.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα φυτά που συμβίωναν με μυκόρριζα παρουσίασαν καλύτερη διαφοροποίηση των οφθαλμών σε ταξιανθίες έχοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές με τα φυτά του μάρτυρα, κυρίως, στις ποικιλίες Ξινόμαυρο, Ροδίτης και Cabernet sauvignon. Αυτό αποδεικνύει ότι τα φυτά με μυκόρριζα θα εισέλθουν πιο νωρίς στην παραγωγή, σε σύγκριση με τα φυτά του μάρτυρα.

Μεταξύ των ποικιλιών που ευνοήθηκαν με την παρουσία της μυκόρριζας, ίσως οι ποικιλίες Ξινόμαυρο, Αγιωργίτικο και Μανδηλαριά ωφελήθηκαν λίγο περισσότερο, συγκριτικά των άλλων.

Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η συμβιωτική σχέση μυκόρριζας του γένους *Glomus spp.* με τα φυτά της αμπέλου, συνέβαλε σημαντικά στη βλαστική ανάπτυξη της τελευταίας (ρυθμός ανάπτυξης των βλαστών, ανάπτυξη του βραχίονα, διάμετρος του 5^{ου} μεσογονάτιου διαστήματος στον κύριο βλαστό, μήκος της κύριας νεύρωσης ανεπτυγμένου φύλλου) και πιο συγκεκριμένα, στις ποικιλίες Αγιωργίτικο, Μανδηλαριά, Μοσχοφίλερο και Ξινόμαυρο.
- Στατιστικά σημαντικές διαφορές στην περιεχόμενη χλωροφύλλη των φύλλων στα πρέμνα που συμβίωναν με μυκόρριζα, παρατηρήθηκαν στην ποικιλία Μανδηλαριά.
- Η παρουσία της μυκόρριζας στις ποικιλίες Ξινόμαυρο, Ροδίτης και Cabernet sauvignon ευνόησε την διαφοροποίηση των οφθαλμών σε ταξιανθίες, προάγοντας έτσι την παραγωγή, ήδη από το δεύτερο έτος εγκατάστασης της καλλιέργειας.
- Αντιθέτως, η μυκόρριζα δε συνέβαλλε ιδιαίτερα στην ανάπτυξη ορισμένων οργάνων στις ποικιλίες Ροδίτης, Trebbiano, Merlot και Sangiovese, αφού τα φυτά του μάρτυρα αναπτύχθηκαν καλύτερα σε σύγκριση με τα μυκορριζικά φυτά.
- Η πειραματική αυτή έρευνα, για τη δράση της μυκόρριζας του γένους *Glomus spp.* στην ανάπτυξη των φυτών της αμπέλου (*Vitis vinifera* L.), θα πρέπει να επαναληφθεί και τα επόμενα έτη, έτσι ώστε να προκύψουν περισσότερο εμπειριστατωμένα και επιβεβαιωμένα στοιχεία για τις συνθήκες της χώρας μας καθώς η μυκόρριζα επηρεάζει τόσο τα ποσοτικά όσο και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της παραγωγής.
- Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί η σημαντική συμβολή των μυκορριζών, τόσο από περιβαλλοντική όσο και από οικονομική άποψη, αφού με την χρήση λιγότερων ή καθόλου (σε περίπτωση επάρκειας θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος) λιπασμάτων προάγεται η καλή διαχείριση του

εδάφους και η μείωση της ρύπανσης που προέρχεται από την έκλυση των λιπασμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα, στοιχείο σημαντικό τόσο για τη συμβατική όσο και για τη βιολογική αμπελοκαλλιέργεια.

Κεφάλαιο 6 – Βιβλιογραφία

6.1. Ελληνική Βιβλιογραφία

- Νικολάου Ν., 2011. Αμπελουργία (2^η Έκδοση). Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Πετροπούλου – Καραγιαννοπούλου Σ., 2016. Σημειώσεις Αμπελουργίας. ΤΕΙ Πελοποννήσου
- Σταυρακάκης Μ., Συμινής Χ., Μπινιάρη Κ. και Σωτηρόπουλος Γ., 2000. Αμπελουργία. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υ.Π.Ε.Π.Θ., Αθήνα.
- Σταυρακάκης Μ.Ν., 2013. Αμπελουργία. Εκδόσεις Τροπή, Αθήνα.
- Συμινής Χ., 2013. Αρχές Λίπανσης Αμπελώνων, Ενημερωτικό Δελτίο. ΥΠΑΑΤ Περιφερειακό Εργαστήριο Γεωργικών Εφαρμογών και Ανάλυσης Λιπασμάτων Κρήτης.

6.2. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Aguín O., Mansilla J.P., Vilariño A. & Sainz M.J., 2004. Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55 (1), 108-111.
- Augé R.M., 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11 (1), 3-42.
- Bavaresco L., & Fogher C., 2015. Lime-induced chlorosis of grapevine as affected by rootstock and root infection with arbuscular mycorrhiza and *Pseudomonas fluorescens*. *VITIS-Journal of Grapevine Research*, 35 (3), 119.
- Bedini S., Pellegrino E., Avio L., Pellegrini S., Bazzoffi P., Argese E. & Giovannetti M., 2009. Changes in soil aggregation and glomalin-related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biology and Biochemistry*, 41 (7), 1491-1496.

- Belew D., Astatkie T., Mokashi M.N., Getachew Y. & Patil C.P., 2010. Effects of salinity and mycorrhizal inoculation (*Glomus fasciculatum*) on growth responses of grape Rootstocks (*Vitis spp.*). South African Journal for Enology & Viticulture, 31 (2), 82.
- Cheng X., Euliss A. & Baumgartner K., 2008. Nitrogen capture by grapevine roots and arbuscular mycorrhizal fungi from legume cover-crop residues under low rates of mineral fertilization. Biology and Fertility of Soils, 44 (7), 965-973.
- Holland T.C., Bowen P., Bogdanoff C., & Hart M.M., 2014. How distinct are arbuscular mycorrhizal fungal communities associating with grapevines? Biology and Fertility of Soils, 50 (4), 667-674.
- Jackson R.S., 2014. Wine Science: Principles and Applications Fourth Edition. Academic press. Elsevier.
- Karagiannidis N., Nikolaou N., Ipsilantis I., & Zioziou E., 2007. Effects of different N fertilizers on the activity of *Glomus mosseae* and on grapevine nutrition and berry composition. Mycorrhiza, 18 (1), 43.
- Khalil H.A., 2013. Influence of Vesicular-arbuscula Mycorrhizal Fungi (*Glomus spp.*) on the Response of Grapevines Rootstocks to Salt Stress. Asian Journal of Crop Science, 5 (4), 393-404.
- Kohler J., Hernández J.A., Caravaca F., & Roldán A., 2008. Plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in water-stressed plants. Functional Plant Biology, 35 (2), 141-151.
- Maas E.V., & Hoffman G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the irrigation and drainage division, 103 (2), 115-134.
- Martínez-Casasnovas J.A., & Ramos M.C., 2006. The cost of soil erosion in vineyard fields in the Penedès–Anoia Region (NE Spain). Catena, 68 (2), 194-199.
- Miyasaka S.C., Habte M., Friday J.B., & Johnson E.V., 2003. Manual on arbuscular mycorrhizal fungus production and inoculation techniques. Soil and Crop Management, 5 (4), 1-4.

- Nicolás E., Maestre-Valero J.F., Alarcón J.J., Pedrero F., Vicente-Sánchez J., Bernabé A., Gómez-Montiel J., Hernández J.A., Fernández F., 2014. Effectiveness and persistence of arbuscular mycorrhizal fungi on the physiology, nutrient uptake and yield of Crimson seedless grapevine. *Journal of Agricultural Science*, 1-13. Cambridge University Press.
- Nogales A., Luque J., Estaún V., Camprubí A., Garcia-Figueroes F., & Calvet C., 2009. Differential growth of mycorrhizal field-inoculated grapevine rootstocks in two replant soils. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60 (4), 484-489.
- Ozdemir G., Akpinar C., Sabir A., Bilir H., Tangolar S., & Ortas I., 2010. Effect of inoculation with mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of grapevine genotypes (*Vitis spp.*). *European Journal of Horticultural Science*, 103-110.
- Ramajayam D., Singh S.K., Singh A.K., Patel V.B. & Alizadeh M., 2013. Mycorrhization alleviates salt stress in grape rootstocks during in vitro acclimatization. *Indian Journal Horticulture*, 70 (1), 26-32.
- Rillig M.C., Wright S.F. & Eviner V.T., 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil*, 238 (2), 325-333.
- Schreiner R.P., 2005, September. Mycorrhizas and mineral acquisition in grapevines. In *Proceedings of the soil environment and vine mineral nutrition symposium* (pp. 49-60). American Society for Enology and Viticulture, ASEV.
- Schreiner R.P., & Mihara K.L., 2009. The diversity of arbuscular mycorrhizal fungi amplified from grapevine roots (*Vitis vinifera* L.) in Oregon vineyards is seasonally stable and influenced by soil and vine age. *Mycologia*, 101 (5), 599-611.
- Schüßler A., Schwarzott D., & Walker, C., 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological research*, 105 (12), 1413-1421.
- Smith S.E., Jakobsen I., Grønlund M., & Smith F.A., 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions

between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant physiology*, 156 (3), 1050-1057.

Trouvelot S., Bonneau, L., Redecker, D., van Tuinen, D., Adrian, M., & Wipf, D., 2015. Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture: a review. *Agronomy for sustainable development*, 35 (4), 1449-1467.

Tsvetkov I., Dzhambazova T., Kondakova V. & Batchvarova R., 2014. Mycorrhizal fungi *Glomus* spp. and *Trichoderma* spp. in viticulture (review). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(4), 849-855.

van Rooyen M., Valentine A. & Archer E., 2004. Arbuscular mycorrhizal colonisation modifies the water relations of young transplanted grapevines (*Vitis*). *South African Journal Enology Viticulture*, 25 (2), 37.