



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΜΕΙΣ ΑΙΧΜΗΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
& ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΗΚΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Απόκριση φυτών ελιάς που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας και παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων

Αριστείδης Δ. Χιώτης

Επιβλέπων Καθηγητής:

Παπαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Απόκριση φυτών ελιάς που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας και παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων

“Response of olive plants grown under conditions of differentiated salinity and the presence of endomycorrhizal fungal strains”

Αριστείδης Δ. Χιώτης

Εξεταστική επιτροπή:

Παπαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΓΠΑ (επιβλέπων)

Οιχαλιώτης Κωνσταντίνος, Καθηγητής ΓΠΑ

Καβρουλάκης Νεκτάριος, Ερευνητής Β', ΙΕΛΥΑ-ΕΛΓΟ «ΔΗΜΗΤΡΑ»

Απόκριση φυτών ελιάς που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας και παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων

ΠΜΣ Τομείς Αιχμής & Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή & Συντήρηση Οπωροκηπευτικών & Ανθοκομικών Ειδών

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Δενδροκομίας

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η απόκριση φυτών ελιάς υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας, παρουσία ή μη στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων, βάσει κυρίως διαφόρων παραμέτρων φυτικής αύξησης, φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και ανόργανης θρέψης. Αρχικά, ομοιόμορφα, αυτόρριζα, φυτά ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» μεταφυτεύθηκαν σε πλαστικές γλάστρες με έδαφος ελαφριάς σύστασης και εμβολιάστηκαν με δυο διαφορετικά στελέχη ενδομυκορριζικών μυκήτων *Rhizophagus irregularis*, ένα εμπορικό σκεύασμα (DAOM) και ένα στέλεχος απομονωμένο από βιολογική καλλιέργεια (AMF21). Από τη μεταφύτευσή τους (15 Μαρτίου) μέχρι και την έναρξη των χειρισμών της αλατότητας (25 Ιουλίου), τα φυτά αρδεύονταν και υδρολιπαίνονταν τακτικά. Από την έναρξη των επεμβάσεων της αλατότητας και για 71 μέρες (λήξη του πειράματος), τα φυτά ποτίζονταν με πλήρες θρεπτικό διάλυμα που περιείχε αλάτι (150 mM NaCl, αλατότητα) ή όχι (0 mM NaCl, μάρτυρας). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, υπό συνθήκες αλατότητας και συγκριτικά με τον μάρτυρα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο νωπό και το ξηρό βάρος φύλλων, βλαστού και ρίζας, στο συνολικό και το μέσο μήκος των βλαστών ανά φυτό, και στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό. Η υδατοπεριεκτικότητα των φύλλων και των βλαστών μειώθηκε σημαντικά στην μεταχείριση της αλατότητας χωρίς μυκόρριζα, η παρουσία όμως των δύο μυκορριζικών στελεχών υπό συνθήκες αλατότητας επανέφερε την υδατοπεριεκτικότητα στα επίπεδα του μάρτυρα. Υπό συνθήκες αλατότητας, μειώθηκαν οι συγκεντρώσεις των καροτενοειδών, της χλωροφύλλης α καθώς και του αθροίσματός των χλωροφυλλών α+β, χωρίς ωστόσο να μεταβληθεί σημαντικά ο λόγος μεταξύ των χλωροφυλλών α και β. Εξαίρεση αποτέλεσε η περίπτωση AMF21 όπου παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις καροτενοειδών στα φύλλα. Ακόμη, η αλατότητα, μείωσε τον ρυθμό φωτοσύνθεσης, τη στοματική αγωγιμότητα, τον ρυθμό διαπνοής και την αποτελεσματικότητα χρήσης του CO₂ των φύλλων. Η διαρροή ηλεκτρολυτών αυξήθηκε στην αλατότητα, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση από τον μάρτυρα ως προς το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων. Επιπρόσθετα, οι συγκεντρώσεις του Na και του Ca, υπό συνθήκες αλατότητας, σημείωσαν σημαντική αύξηση, ενώ του K σημαντική μείωση σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες. Τέλος, η συνολική ποσότητα του Na ανά φυτό (ιδιαίτερα παρουσία μυκορριζών) αυξήθηκε σε συνθήκες αλατότητας, συγκριτικά με τον μάρτυρα, ενώ μειώθηκε η συνολική ποσότητα του K ανά φυτό. Από τη συνολική θεώρηση των αποτελεσμάτων και υπό τις συνθήκες του παρόντος πειράματος, προκύπτει ότι η υψηλή αλατότητα επηρέασε έντονα την ανάπτυξη, θρέψη και φυσιολογία των φυτών ενώ η παρουσία των ενδομυκορριζικών μυκήτων που δοκιμάστηκαν (DAOM και AMF21) ανέστρεψε και επανάφερε ορισμένες παραμέτρους στα επίπεδα των φυτών που αρδεύονταν με νερό χωρίς αλατότητα.

Επιστημονική Περιοχή: Δενδροκομία

Λέξεις κλειδιά: ελιά, αλατότητα, μυκόρριζα, ενδομυκορριζικοί μύκητες

Response of olive plants grown under conditions of differentiated salinity and the presence of endomycorrhizal fungal strains

MSc: Top sectors & innovative applications in the production & preservation of fruit & vegetable & floricultural products

Department of Crop Science

Laboratory of Pomology

Abstract

The purpose of this project was to study the response of olive plants under conditions of different salinity, presence or absence of strains of endomycorrhizal fungi, mainly based on various parameters of plant growth, photosynthetic activity and inorganic nutrition. Initially, uniformly rooted olive plants of the "koroneiki" variety were transplanted into plastic pots with light soil composition and inoculated with two different strains endomycorrhizal fungi of rhizophagus irregularis, a commercial formulation (DAOM) and a strain isolated from organic culture (AMF21). From their transplant (March 15) until the beginning of the salinity manipulations (July 25), the plants were irrigated and water-fertilized regularly. From the beginning of the salinity operations and about 71 days (end of the experiment), were irrigated with complete nutrient solution containing salt (150 mM NaCl, salinity) or not (0 mM NaCl, control). According to the results, under salinity conditions and compared to the control, a significant reduction was observed in the fresh and dry weight of leaves, stem and root, in the total and average length of shoots per plant, and in the number of leaves per plant. The water content of the leaves and shoots was significantly reduced in the treatment of salinity without mycorrhiza, but the presence of both mycorrhizal strains under salinity conditions restored water content to control levels. Under salinity conditions, the concentrations of carotenoids, chlorophyll a and the sum of chlorophyll a+b decreased, without, however, significantly changing the ratio between chlorophyll a and b. An exception was the case of AMF21 where a significant increase in carotenoid concentrations was observed in the leaves. In addition, salinity reduced the rate of photosynthesis, the oral conductivity, the rate of perspiration and the efficiency of using the CO₂ of the leaves. Electrolyte leakage increased in salinity, while no significant differentiation was observed from the control relative to the relative aqueous content of the leaves. In addition, Na and Ca concentrations, under salinity conditions, increased significantly, while K decreased significantly in leaves, shoots and roots. Finally, the total amount of Na per plant (especially in the presence of mycorrhizae) increased in salinity conditions, compared to the control, while the total amount of K per plant decreased. From the overall view of results and under the conditions of the present experiment, it appears that the high salinity strongly affected the growth, nutrition and physiology of the plants while the presence of endomycorrhizal fungi tested (DAOM and AMF21) reversed and restored some parameters to the levels of plants irrigated with water without salinity.

Scientific area: Pomology

Keywords: olive, salinity, mycorrhiza, endomycorrhizal fu

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο δενδροκομίας του τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Παπαδάκη Ιωάννη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Παπαδάκη για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγησή του για την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής, τον Καθηγητή ΓΠΑ Οιχαλιώτη Κωνσταντίνο και τον Ερευνητή Β', ΙΕΛΥΑ-ΕΛΓΟ «ΔΗΜΗΤΡΑ» Καβρουλάκη Νεκτάριο για τη συμμετοχή τους στην Επιτροπή αλλά και για τις συμβουλές τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξή και την υπομονή τους καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
1.1 Η ελιά.....	1
1.2 Βοτανική ταξινόμηση.....	1
1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	1
1.4 Πολλαπλασιασμός ελιάς.....	6
1.5 Εγκατάσταση ελαιώνα.....	6
1.6 Συγκομιδή.....	9
1.7 Κλάδεμα.....	9
1.8 Άρδευση.....	10
1.9 Ανόργανη θρέψη ελιάς - Ο ρόλος των θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια της ελιάς.....	10
1.9.1 Ειδική θρέψη και λοιπά προϊόντα.....	16
1.10 Αλατότητα.....	17
1.11 Μυκόρριζες.....	18
Κεφάλαιο 2: Υλικά και Μέθοδοι.....	22
2.1. Νωπό και ξηρό βάρος φυτών, αριθμός φύλλων, αριθμός και μήκος βλαστών.....	25
2.2. Προσδιορισμός του ρυθμού φωτοσύνθεσης, της διαπνοής και της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων.....	25
2.3. Χλωροφύλλες και καροτενοειδή των φύλλων.....	26
2.4. Προσδιορισμός εκροής-διαρροής ηλεκτρολυτών.....	27
2.5. Προσδιορισμός συγκεντρώσεων νατρίου, καλίου και ασβεστίου.....	27
2.5.1. Υπολογισμός των ποσοτήτων των ανόργανων στοιχείων.....	28
2.6. Στατιστική ανάλυση δεδομένων.....	28
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα.....	29
3.1. Φυτική αύξηση.....	29
3.1.1. Νωπό βάρος φυτικών ιστών.....	29
3.1.2. Ξηρό βάρος φυτικών ιστών.....	31
3.1.3. Αριθμός βλαστών και σχετικές παράμετροι.....	34
3.1.4. Αριθμός φύλλων και σχετικές παράμετροι.....	36
3.2. Υδατοπεριεκτικότητα φυτικών ιστών.....	37

3.3. Συγκεντρώσεις χλωροφυλλών και καροτενοειδών στα φύλλα	39
3.3.1. Εργαστηριακός προσδιορισμός	39
3.3.2. Μέτρηση με χλωροφυλλομετρο SPAD	41
3.4 Φωτοσυνθετικές παράμετροι.....	42
3.5. Διαρροή Ηλεκτρολυτών	43
3.6. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο φύλλων	44
3.7. Ανόργανα στοιχεία	45
3.7.1. Νάτριο.....	45
3.7.2. Κάλιο.....	48
3.7.3. Ασβέστιο	51
3.7.4. Λόγος Καλίου προς Νάτριο	53
Κεφάλαιο 4: Συζήτηση και Συμπεράσματα.....	55
Βιβλιογραφία.....	60
Παράρτημα Πινάκων και Σχημάτων	64

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Η ελιά

Η ελιά (*Olea europaea*) είναι ένα καρποφόρο δένδρο που ανήκει στην οικογένεια των Ελαιοειδών (Oleaceae). Η καλλιέργειά της αποτελεί ένα από τα παλαιότερα σημάδια πολιτισμού του κόσμου καθώς ήταν προγενέστερη ακόμη και της γραφής. Τα σημαντικά οφέλη της ελιάς συνδέθηκαν με τη μυθολογία και διαδόθηκαν αρχικά στην Ελλάδα από τους Φοίνικες, έπειτα από την Ελλάδα στη Ρώμη και αργότερα στη Δυτική Μεσόγειο. Επιπλέον, η ανακάλυψη των «νέων χωρών» οδήγησε στην εξάπλωση της καλλιέργειας της ελιάς στην Αμερική και τον 20^ο αιώνα στην Αυστραλία, στην Ασία και τη Νότια Αφρική μαζί με την πολιτισμική της κληρονομιά (Πηγή ΚΩΝ/ΝΟΣ ΣΤ. ΧΑΡΤΖΟΥΛΑΚΗΣ 2013). Η καλλιέργεια της ελιάς έχει ξεκινήσει στην Ελλάδα από την αρχαιότητα όπου υπήρξε σύμβολο ειρήνης, σοφίας, θριάμβου, δόξας και αφθονίας, ενώ στις μέρες μας η χώρα μας κατέχει την τρίτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο στην παραγωγή ελαιολάδου.

Η καλλιέργειά της αποσκοπεί στην επίτευξη τόσο της άριστης παραγωγής όσο και της βέλτιστης ποιότητας των ελαιοκομικών προϊόντων. Για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων είναι απαραίτητο να γίνει η εγκατάσταση της φυτείας στο κατάλληλο περιβάλλον, να γίνει η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας αλλά και να εφαρμοστούν οι κατάλληλες καλλιεργητικές τεχνικές. Στην παρούσα εργασία θα εστιάσουμε στον ρόλο των μυκορριζών στην καλλιέργεια της ελιάς (Πηγή διαδικτύου 12):.

1.2 Βοτανική ταξινόμηση

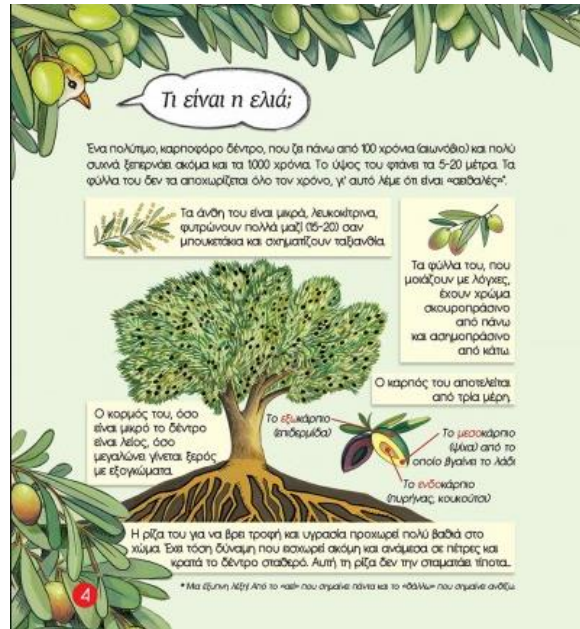
Η οικογένεια Oleaceae περιλαμβάνει περίπου 30 γένη και 300 είδη φυτών, τα οποία καλλιεργούνται κυρίως σε τροπικές και εύκρατες περιοχές. Γενικά, η οικογένεια των Ελαιοειδών περιλαμβάνει είδη δενδρώδη ή θαμνώδη με απλά και αντίθετα ή σε σπάνιες περιπτώσεις τριμερή ή πτεροσχιδή φύλλα.

Η καλλιεργούμενη ελιά ανήκει στο είδος *Olea europaea* και στο υποείδος *sativa*. Σε αυτό το είδος ανήκουν πολλές ποικιλίες που καλλιεργούνται για τον καρπό τους, που βάσει την κύρια χρήση του χωρίζονται σε ελαιοποιήσιμες, επιτραπέζιες αλλά και διπλής χρήσης. (Πηγή διαδικτύου 15)

1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η ελιά είναι καρποφόρο δένδρο (Εικ. 1), αιθαλές, υποτροπικό και το ύψος του μπορεί να φτάσει τα 15-20 μέτρα. Το βασικό χαρακτηριστικό του ελαιόδενδρου είναι η μακροζωία του.

Η μακροζωία του οφείλεται στην ανθεκτικότητα προσβολής του ξύλου από εχθρούς και ασθένειες αλλά και στην ικανότητα να βλαστάνει από το λαιμό και τη ρίζα. Το ελαιόδενδρο μπορεί να ξαναβλαστήσει ύστερα από τραυματισμό ή καταστροφή του υπέργειου τμήματος. (Πηγή διαδικτύου 25)



Εικόνα 1. Άνθη, φύλλα, καρπός, κορμός, ρίζα ελιάς (Πηγή Διαδικτύου 1).

A) Ρίζα

Στα νεαρά δενδρύλλια το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται αρχικά κατακόρυφα, ενώ αργότερα γίνεται θυσανώδες. Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος εξαρτάται από τον τύπο και τη γονιμότητα του εδάφους. Σε ξηρικούς ελαιώνες που είναι εγκατεστημένοι σε άγονα εδάφη το ριζικό σύστημα των ελαιόδενδρων είναι πιο βαθύ συγκριτικά με αρδευόμενους ελαιώνες που είναι εγκατεστημένοι σε γόνιμα εδάφη. (Πηγή διαδικτύου 16, Πηγή διαδικτύου 17).

Με τη ρίζα της ελιάς συμβιώνουν ορισμένοι μη παθογόνοι μύκητες, κι έτσι δημιουργούνται οι λεγόμενες ενδοτροφικές μυκόρριζες (Πηγή ΙΩΑΝΝΗΣ Ν. ΘΕΡΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ 2005).



Εικόνα 2. Ρίζα ελιάς (Πηγή Διαδικτύου 2).

B) Κορμός

Στα νεαρά δενδρύλλια ο κορμός είναι λείος και κυλινδρικός με σταχτοπράσινο χρώμα, ενώ στα δένδρα μεγαλύτερης ηλικίας ο κορμός εμφανίζει εξογκώματα με τεφρό και σκοτεινό χρώμα. Τα εξογκώματα αυτά είναι υπερπλασίες πλούσιες σε θρεπτικά στοιχεία και φυτορρυθμιστικές ουσίες που εμφανίζονται στον κορμό, στο λαιμό και τη ρίζα και ονομάζονται σφαιροβλάστες ή γόγγροι. Πιο συγκεκριμένα, οι γόγγροι είναι υπερπλασίες των ριζών. Εξωτερικά το ξύλο είναι κίτρινου χρώματος, ενώ κοντά στην εντεριώνη είναι σκούρου. Εξαιτίας της ακανόνιστης αύξησης του ελαιόδενδρου δεν είναι ευδιάκριτοι οι δακτύλιοι. (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000)



Εικόνα 3. Κορμός ελιάς (Πηγή Διαδικτύου 3).

Γ) Φύλλα

Το ελαιόδενδρο διαθέτει φύλλα απλά, αντίθετα, λογχοειδή, βραχύμυσα, παχιά και δερματώδη. Το χρώμα της πάνω επιφάνειάς τους είναι σκούρο πράσινο ενώ της κάτω σταχτοπράσινο. Η πάνω επιφάνεια είναι καλυμμένη με μια αδιάβροχη ουσία και η κάτω επιφάνεια φέρει πολλά στομάτια με πολύ μικρό άνοιγμα που είναι καλυμμένα με τριχίδια σε σχήμα ομπρέλας ώστε να παρέχουν στο δένδρο προστασία σε περιόδους ξηρασίας. Για το λόγο αυτό, η ελιά μπορεί να επιβιώσει χωρίς νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000).



Εικόνα 4. Φύλλα ελιάς (Πηγή Διαδικτύου 4).

Δ) Οφθαλμοί

Η ελιά διαθέτει δύο είδη οφθαλμών, τους ξυλοφόρους και τους μεικτούς ανθοφόρους τους οποίους είναι δύσκολο να τους διακρίνουμε εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους. Η διαφοροποίηση των οφθαλμών γίνεται τον χειμώνα και για να γίνει το χειμερινό ψύχος είναι απαραίτητο. (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000)

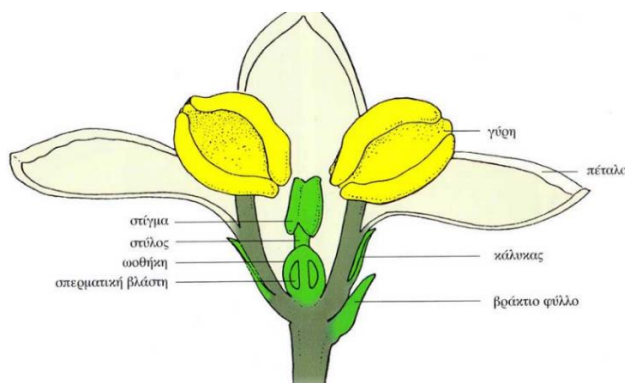


Εικόνα 5. Οφθαλμοί ελιάς σε έκπτυξη (εμφάνιση ταξιανθιών) (Πηγή Διαδικτύου 5).

Ε) Άνθη

Τα άνθη σχηματίζονται στη μασχάλη φύλλων της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου. Τα διάφορα ανθικά μέρη σχηματίζονται 2 μήνες περίπου πριν την άνθηση, η οποία λαμβάνει χώρα περί τα τέλη Μαΐου - αρχές Ιουνίου. (Πηγή διαδικτύου 16)

Στην ελιά διακρίνονται δύο είδη ανθέων, τα τέλεια και τα ατελή. (Πηγή ΙΩΑΝΝΗΣ Ν. ΘΕΡΙΟΣ 2005)



Εικόνα 6. Άνθος ελιάς (Πηγή διαδικτύου 6).

ΣΤ) Καρπός

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη σφαιρική ή ελλειψοειδής. Αποτελείται από το εξωκάρπιο (επιδερμίδα, φλοιός), το μεσοκάρπιο (σάρκα) και το ενδοκάρπιο (πυρήνας). Ο πυρήνας εξωτερικά φέρει γλυφές (αυλάκια) οι οποίες μπορούν να κάνουν πιο εύκολη τη διάκριση των ποικιλιών ενώ εσωτερικά περικλείει το σπέρμα. Το σπέρμα αποτελείται από την επιδερμίδα, το ενδοσπέρμιο, τις κοτυληδόνες και το έμβρυο. Ο ελαιόκαρπος αρχικά έχει πράσινο χρώμα, το οποίο όσο ωριμάζει γίνεται κοκκινωπό και τέλος μαύρο. Εξάιρεση αποτελεί ο καρπός της λευκόκαρπης ποικιλίας ο οποίος κατά την ωρίμανσή του γίνεται λευκός. (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000)



Εικόνα 7. Καρπός ελιάς (Πηγή διαδικτύου 7).

1.4 Πολλαπλασιασμός ελιάς

Ο πολλαπλασιασμός είναι μια τεχνική η οποία στοχεύει στην αναπαραγωγή γενετικά βελτιωμένων ειδών απαλλαγμένων από ιούς και ασθένειες. Ο πολλαπλασιασμός της ελιάς γίνεται αγενώς, εγγενώς αλλά και με τη μικτή μέθοδο.

Στον αγενή πολλαπλασιασμό γίνεται εκμετάλλευση των ζωντανών μερών του μητρικού φυτού και τα παραγόμενα φυτά αναπαράγουν ακριβώς το μητρικό φυτό. (Πηγή διαδικτύου 26)

Ο αγενής πολλαπλασιασμός μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες μεθόδους εκ των οποίων οι βασικότερες είναι με φυλλοφόρα μοσχεύματα, με μοσχεύματα σκληρού ξύλου, με παραφυάδες, με καταβολάδες, με σφαιροβλάστες, με *in vitro* πολλαπλασιασμό και με ξυλοποιημένα άφυλλα μοσχεύματα. (Πηγή Δρ. Πέτρος Ρούσσος κ.α., 2017)

Ο εγγενής πολλαπλασιασμός γίνεται με τη σπορά του πυρήνα που βρίσκεται μέσα στον ελαιόκαρπο. Οι πυρήνες είναι είτε αγριελιάς είτε καλλιεργούμενων ποικιλιών. Το πρόβλημα όμως με τον εγγενή πολλαπλασιασμό είναι ότι τα παραγόμενα φυτά (σπορόφυτα) δεν αναπαράγουν ακριβώς το μητρικό φυτό αλλά ούτε έχουν ίδια χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Τα σπορόφυτα χρησιμοποιούνται κυρίως ως υποκείμενα και η χρήση τους ως καλλιεργούμενες ποικιλίες καλό είναι να αποφεύγεται. Επισημαίνουμε ότι οι πυρήνες που προορίζονται για σπορά δεν πρέπει να βρίσκονται σε λήθαργο. Για να γίνει τεχνητή διακοπή του λήθαργου είναι απαραίτητο πρώτα να αφαιρεθεί η σάρκα από τους πυρήνες. Η αφαίρεση της σάρκας μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους. (Πηγή Πέτρος Ρούσσος κ.α., 2017)

Στη μικτή μέθοδο πολλαπλασιασμού η επιθυμητή ποικιλία εμβολιάζεται σε σπορόφυτα είτε της αγριελιάς είτε της καλλιεργούμενης ελιάς.

Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος είναι η χρήση πιστοποιημένου πολλαπλασιαστικού υλικού το οποίο θα προέρχεται από υγιή και παραγωγικά ελαιόδενδρα απαλλαγμένα από ιούς και ασθένειες, να προσαρμόζεται εύκολα στις ανάλογες εδαφοκλιματικές συνθήκες αλλά και να παρουσιάζει μια σχετική ανθεκτικότητα σε σοβαρούς εχθρούς και ασθένειες που δύσκολα αντιμετωπίζονται. (Πηγή διαδικτύου 27)

1.5 Εγκατάσταση ελαιώνα

Η εγκατάσταση του ελαιώνα είναι πολύ σημαντική εργασία διότι ο ελαιοπαραγωγός χρειάζεται να διαθέσει μεγάλο κεφάλαιο αλλά και λόγο του ότι ο ελαιώνας είναι πολυετής καλλιέργεια και τυχόν λάθη διορθώνονται δύσκολα και συνήθως με μεγάλη οικονομική επιβάρυνση. Έτσι πριν την εγκατάσταση πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες ώστε ο ελαιοπαραγωγός να πετύχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς αναφέρονται παρακάτω. (Πηγή διαδικτύου 28)

A) Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Η ελιά ευδοκιμεί σε όλους τους τύπους εδαφών. Ιδιαίτερη όμως προτίμηση έχει στα γόνιμα και καλά στραγγιζόμενα εδάφη που συγκρατούν υγρασία. Επίσης, η ελιά μπορεί να αποδώσει μια ικανοποιητική παραγωγή και σε άγονα και ξηρικά εδάφη. Παρουσιάζει αντοχή στην αλατότητα και προτιμά τα ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη, αποδίδει όμως και στα ελαφρά όξινα.

Για την επιλογή της κατάλληλης περιοχής για την καλλιέργεια της ελιάς πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες με το σημαντικότερο να είναι η ποικιλία της.

Όσον αφορά τις κλιματικές συνθήκες ευδοκιμεί σε θερμό εύκρατο και υποτροπικό κλίμα αλλά καλύτερη ανάπτυξη παρουσιάζει σε περιοχές με Μεσογειακό κλίμα. (Πηγή Γ. Κωνσταντόπουλος κ.α. 2010)

B) Είδος καλλιέργειας (συμβατική, ολοκληρωμένη, βιολογική)

Συμβατική Γεωργία

Η συμβατική Γεωργία ως και σήμερα αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της Γεωργίας με χαρακτηριστικό την αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων με έντονες αρνητικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο. (Πηγή διαδικτύου 22)

Ολοκληρωμένη Γεωργία

Στην ολοκληρωμένη Γεωργία γίνεται χρήση φυτοφαρμάκων μόνο εφόσον αυτό κρίνεται αναγκαίο έπειτα από εδαφικές αναλύσεις αλλά και την έγκυρη διάγνωση των αναγκών της καλλιέργειας με αποτέλεσμα την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. (Πηγή διαδικτύου 22)

Βιολογική Γεωργία

Η βιολογική Γεωργία είναι μια εναλλακτική μορφή γεωργίας. Αποτελεί ένα σύστημα παραγωγής που στηρίζεται στη χρήση ηπιότερων προς το περιβάλλον μεθόδων φυτοπροστασίας, ζιζανιοκτονίας και λίπανσης αλλά και στη μη χρήση αυξητικών ορμονών και γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (Πηγή Διαφάνιες Μαθήματος Ολοκληρωμένη και Βιολογική καλλιέργεια Δενδροδών και Αμπέλου, κεφάλαιο Βιολογική Αμπελοκαλλιέργεια, Μπούζα)

Γ) Προετοιμασία εδάφους

Το έδαφος αν καλύπτεται από θάμνους ή δένδρα, πρέπει να απαλαχθεί από αυτά και για τουλάχιστον τέσσερα χρόνια να παραμείνει σε αγρανάπαυση ή να σπαρθεί με ένα αγρωστώδες για να αποφευχθεί η προσβολή του ελαιώνα από διάφορους μύκητες.

Στην περίπτωση που ο ελαιώνας που πρόκειται να εγκατασταθεί στο έδαφος είναι αρδευόμενος και το έδαφος είναι ανώμαλο, το έδαφος πρέπει να ισοπεδώνεται. Ακολουθεί

ανάλυση του εδάφους ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχουν ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων και να εφαρμοστεί το κατάλληλο πρόγραμμα λίπανσης για τη βελτίωση του εδάφους. Επίσης, βαθιά άροση του εδάφους και τέλος απολύμανση του εδάφους. Επισημαίνουμε ότι αφού γίνει η απολύμανση του εδάφους πρέπει να περάσει διάστημα τουλάχιστον 20 ημερών για την εγκατάσταση του ελαιώνα. (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000)

Δ) Επιλογή κατάλληλης ποικιλίας (επιτραπέζια, ελαιοποιήσιμη, διπλής χρήσης)

Οι ποικιλίες της ελιάς με βάση το παραγόμενο προϊόν διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες τις επιτραπέζιες, τις ελαιοποιήσιμες και της διπλής χρήσης.

- **Επιτραπέζιες ποικιλίες:** Καλαμών, Γαϊδουρολιά, Μεγαρείτικη, Θρουμπολιά, Καρυδολιά, Κοθρέϊκη, Βασιλικάδα, Αμφίσσης, Βαλανολιά, Χαλκιδικής,
- **Ελαιοποιήσιμες ποικιλίες:** Κορωνέϊκη, Πατρινή Λαδολιά, Λιανολιά Κέρκυρας, Μαστοειδής, Θιακή, Μαυρολιά Μεσσηνίας, Τραγολιά, Σμερτολιά Λακωνίας, Αγουρομάνακο, Αδραμυττινή, Βαλανολιά, Δαφνολιά, Καλοκαιριδα, Μαυρολιά Λευκάδος, Λευκολιά Λευκάδος, Ντόπια Ατσιχολου, Ντόπια Ζακύνθου, Λευκολιά Σερρών
- **Διπλής χρήσης:** Θρουμπολιά, Μανάκι, Μεγάρων, Χονδρολιά Χαλκιδικής, Γαλατσανική, Μαρωνείας, Πετρολιά Σερρών (Πηγή διαδικτύου 10)

Ε) Διαθεσιμότητα νερού και ποιότητά του

Βασική προϋπόθεση για την εγκατάσταση ενός αρδευόμενου ελαιώνα είναι η διαθεσιμότητα του νερού αλλά και η ποιότητά του. Η ποιότητα του νερού καθορίζεται κυρίως με βάση την περιεκτικότητά του σε άλατα αλλά και τη φύση των αλάτων. (Πηγή Γιάννης Τσιρογιάννης, 2017)

ΣΤ) Επιλογή συστήματος και αποστάσεις φύτευσης

Για την επιλογή του συστήματος φύτευσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες όπως ο τύπος του εδάφους, το επιδιωκόμενο τελικό μέγεθος και σχήμα των δένδρων, η διαθεσιμότητα νερού και η δυνατότητα άρδευσης, η ποικιλία της ελιάς, η μέθοδος συγκομιδής που θα χρησιμοποιηθεί και η διαθεσιμότητα αγροτικών μηχανημάτων αλλά και εργατικών χεριών.

Οι αποστάσεις φύτευσης πρέπει να είναι τέτοιες ώστε όταν τα ελαιόδενδρα φτάσουν στο τελευταίο στάδιο ανάπτυξης να μη δημιουργούνται σκιάσεις και ανταγωνισμός τόσο θρεπτικών στοιχείων όσο και νερού, να υπάρχει επαρκής αερισμός στο εσωτερικό της κόμης. Τέλος, να υπάρξει μέριμνα ώστε τα γεωργικά μηχανήματα να περνούν με άνεση μεταξύ των ελαιόδενδρων. (Πηγή Γ. Κωνσταντόπουλος κ.α., 2010)

1.6 Συγκομιδή

Η εποχή συγκομιδής της ελιάς εξαρτάται από την ποικιλία (επιτραπέζιες, ελαιοποιήσιμες).

Στις επιτραπέζιες ποικιλίες, η συγκομιδή του ελαιοκάρπου γίνεται με την ολοκλήρωση της αύξησης του καρπού πριν ωριμάσει και αρχίσει να μαλακώνει η σάρκα του. Επίσης, όταν ο ελαιοκάρπος συγκομίζεται πράσινος ή στην αρχή της ωρίμανσής του τότε η παραγωγή θα είναι μεγαλύτερη την επόμενη χρονιά σε σχέση με τους ελαιοκάρπους που θα συγκομιστούν αργότερα αλλά όχι μετά τα μέσα Οκτωβρίου. (Πηγή διαδικτύου 18, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000)

Οι ελαιοποιήσιμες ποικιλίες συγκομίζονται όταν ο καρπός από πράσινος έχει γίνει μαύρος ή όταν έχει αποκτήσει τη μέγιστη ελαιοπεριεκτικότητα. Στην περίπτωση όμως που ο στόχος του παραγωγού είναι η παραγωγή ελαιολάδου υψηλής ποιότητας, το λεγόμενο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο, η συγκομιδή πρέπει να γίνεται στην αρχή της περιόδου ωρίμανσης των ελαιοκάρπων με μικρές όμως απώλειες ποσότητας ελαιολάδου. (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000)

Ο ασφαλέστερος τρόπος για να καταλάβει ο ελαιοπαραγωγός αν είναι η κατάλληλη εποχή για τη συγκομιδή είναι να χρησιμοποιήσει το δείκτη ωριμότητας, ο οποίος έχει σκοπό τον καθορισμό του κατάλληλου σταδίου ωριμότητας για συγκομιδή με βάση αντικειμενικά κριτήρια και ο συσχετισμός του με τον επιδιωκόμενο στόχο. (Πηγή διαδικτύου 19)

1.7 Κλάδεμα

Το κλάδεμα αποτελεί μια από τις κυριότερες τεχνικές που εφαρμόζονται για την καλλιέργεια της ελιάς καθώς ξεκινά από τα πρώτα χρόνια ζωής της αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της. Ο σκοπός του κλαδέματος της ελιάς είναι η βελτίωση του φωτισμού της κόμης του δένδρου, η διευκόλυνση της συγκομιδής του ελαιοκάρπου αλλά και η μείωση της παρηνιαυτοφορίας.

Στις ελαιοποιήσιμες ποικιλίες τα επιθυμητά χαρακτηριστικά είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο, καθώς και τα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου. Σε αυτή την περίπτωση το κλάδεμα καρποφορίας δεν επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του παραγόμενου ελαιολάδου, η οποία εξαρτάται από την ποικιλία, τον βαθμό ωρίμανσης του καρπού, την κατάσταση του καρπού (υγιής ή προσβεβλημένος, τις συνθήκες της καλλιέργειας κλπ). Επηρεάζει όμως το ποσοστό του ελαιολάδου στον καρπό.

Στις επιτραπέζιες ποικιλίες ο καρπός για να είναι εμπορεύσιμος, θα πρέπει να έχει μεγάλο μέγεθος, υψηλή αναλογία σάρκας/πυρήνα, καλή συνεκτικότητα σάρκας κλπ. Βέβαια, ο αριθμός των καρπών ανά δένδρο επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα το μέσο βάρος και μέγεθος. Δηλαδή, ένα μικρό φορτίο οδηγεί σε μεγαλύτερου μεγέθους καρπούς και αντίστροφα. Επιπλέον, η ωρίμανση των καρπών είναι πιο ομοιόμορφη εάν το φορτίο δεν είναι υπερβολικά μεγάλο. Καρποί στις πιο ηλιαζόμενες πλευρές του ελαιόδενδρου είναι καλύτερης ποιότητας σε

σχέση με αυτούς που βρίσκονται σε σκιασμένες περιοχές. Συνεπώς το κλάδεμα καρποφορίας στις επιτραπέζιες ποικιλίες είναι απαραίτητο έτσι ώστε να αραιωθεί το φορτίο ανά δένδρο και να έχουμε καλύτερο φωτισμό με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των ελαιόκαρπων. (Πηγή διαδικτύου 14)

Όσον αφορά την εποχή εφαρμογής του κλαδέματος, σε πολλές περιοχές της χώρας μας εφαρμόζεται ταυτόχρονα με τη συγκομιδή του ελαιοκάρπου πρακτική η οποία θεωρείται λανθασμένη διότι ο στόχος της συγκομιδής είναι η συγκομιδή των ελαιοκάρπων με αποκοπή μεγάλων κλάδων ή και βραχιώνων, για την εύκολη συγκομιδή. Οι στόχοι όμως του κλαδέματος είναι διαφορετικοί.

Το κλάδεμα γενικά πρέπει να εφαρμόζεται στο τέλος του χειμώνα και πριν την βλάστηση, δηλαδή Φεβρουάριο-Μάρτιο για τις περισσότερες Ελληνικές περιοχές (Πηγή Δρ. Πέτρος Ρούσσο, Δρ. Νικολέτα- Κλειώ Δεναξά, 2017). Στις περιοχές που έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο του παγετού κατά καιρούς για να περιοριστεί ο κίνδυνος ζημιών στη νέα βλάστηση σε περίπτωση όψιμου παγετού η εφαρμογή του κλαδέματος συνίσταται το Μάρτιο. (Πηγή διαδικτύου 29)

1.8 Άρδευση

Η ελιά είναι από τα λίγα καρποφόρα δένδρα που έχουν τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν σε ξηρικές συνθήκες. Παρ' όλα αυτά η άρδευση ευνοεί τη βλάστηση, την ανθοφορία και την καρποφορία των ελαιόδενδρων. Το ελαιόδενδρο έχει ανάγκη από άρδευση κατά τη διαφοροποίηση των οφθαλμών στην περίπτωση χαμηλού ύψους βροχοπτώσεων τους χειμερινούς μήνες (Φεβρουάριο – Μάρτιο), την άνθηση και καρπόδεση (Ιούνιος), την σκλήρυνση του πυρήνα (τέλη Ιουλίου) αλλά και την εποχή όπου ο ελαιόκαρπος παίρνει το τελικό του μέγεθος (από Αύγουστο και μετά). (Πηγή Γ. Κωνσταντόπουλος κ.α. 2010)

Από την άλλη πλευρά, τόσο η έλλειψη νερού όσο και η υπεράρδευση έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην καλλιέργεια της ελιάς. Η έλλειψη νερού περιορίζει την ανάπτυξη και μειώνει την παραγωγή, ενώ η υπεράρδευση μπορεί να προκαλέσει τροφopenία αζώτου, πτώση των ανθέων, βλαστομανία, καθυστέρηση της ωρίμανσης, μείωση της ελαιοπεριεκτικότητας των καρπών αλλά και την ανάπτυξη μερικών σοβαρών ασθενειών του εδάφους, όπως σηψιρριζίες και βερτισιλλίωση, ιδιαίτερα σε αργιλώδη εδάφη που εμφανίζουν προβλήματα αερισμού και στράγγισης. (Πηγή Γιάννης Τσιρογιάννης, 2017)

1.9 Ανόργανη θρέψη ελιάς - Ο ρόλος των θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια της ελιάς

Η επίτευξη υψηλής παραγωγής και ποιότητας προϋποθέτει την εφαρμογή των βασικών αρχών την σωστής λίπανσης και ταυτόχρονα την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος θρέψης. (Πηγή διαδικτύου 31)

Στην καλλιέργεια της ελιάς κάθε χρόνο παρατηρούνται απώλειες θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητο μέσα από τη λίπανση να αναπληρώνονται με στόχο τη διατήρηση της

παραγωγικότητας, της ποιότητας των προϊόντων καθώς και της γονιμότητας του εδάφους. (Πηγή διαδικτύου 31)

Η ορθολογική λίπανση συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης της παραγωγής αλλά και στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ελαιοκομικών προϊόντων, ενώ ταυτόχρονα η ισορροπημένη θρεπτική κατάσταση των ελαιόδενδρων αυξάνει την αντοχή τους στις καταπονήσεις. (Πηγή διαδικτύου 31)

1) Άζωτο (N)

Το άζωτο αποτελεί κύριο συστατικό των νουκλεϊκών οξέων, των αμινοξέων, των πρωτεϊνών καθώς και άλλων ενώσεων. Έχει την δυνατότητα να συμβάλλει στην αύξηση του ποσοστού των τέλειων ανθέων, στην ανάπτυξη του ελαιοκάρπου, στην καρπόδεση, στην παραγωγή ενώ μειώνει την παρενδιαυτοφορία και συμμετέχει ενεργά στη φωτοσύνθεση αφού αποτελεί δομικό συστατικό της χλωροφύλλης. Επιπλέον, η συμβολή του αζώτου είναι ιδιαίτερα εμφανής σε εδάφη χαμηλής γονιμότητας.

Τα βασικότερα συμπτώματα της τροφοπενίας του αζώτου στα ελαιόδενδρα είναι η μείωση της βλάστησης, τα φύλλα εμφανίζουν κιτρινοπράσινο χρώμα, η μικροφυλλία και η πρόωρη φυλλόπτωση. (Πηγή διαδικτύου 31)

Από την άλλη πλευρά η περίσσεια αζώτου οδηγεί σε έντονη βλάστηση με αρκετούς "λαίμαργους" βλαστούς και φύλλα με πολύ σκούρο πράσινο χρώμα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σκιάσεις που οδηγούν σε μείωση της ποιότητας του ελαιολάδου. Η υπερβολική αζωτούχος λίπανση μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του παραγόμενου ελαιολάδου μειώνοντας τη συγκέντρωση φαινολών και την αντοχή στην οξειδωση, αλλά και να επιδράσει αρνητικά στην αναλογία μονοακόρεστων/πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Θα πρέπει να επισημανθεί όμως ότι η υπερβολική αζωτούχος λίπανση μπορεί να οδηγήσει σε ανατροπή της ισορροπίας μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Επίσης, καθυστερεί την ωρίμανση καρπών (ιδιαίτερα η όψιμη). Τέλος, η υπερβολική λίπανση αζώτου ευνοεί την ανάπτυξη πολλών παθογόνων (εντόμων, μυκήτων). (Πηγή Σταύρος Βέμμος, 2019, Πηγή διαδικτύου 9_ Πηγή διαδικτύου 3, Πηγή Γιώργος Ψαράς, 2017)

Εποχή εφαρμογής

Η επάρκεια αζώτου είναι ιδιαίτερα απαραίτητη κατά την περίοδο διαφοροποίησης των ανθοφόρων οφθαλμών, την ανθοφορία και καρποφορία. Συγκεκριμένα, από την έναρξη σχηματισμού της νέας βλάστησης (Φεβρουάριο - Μάρτιο) ως και την καρπόδεση (Μάιο) καθώς και στο στάδιο σκλήρυνσης του ενδοκαρπίου (τέλη Ιουλίου - αρχές Αυγούστου για συνθήκες Κρήτης).

Η εποχή εφαρμογής του αζώτου όμως συνδέεται με τον τύπο του εδάφους, το είδος του λιπάσματος, τον τρόπο εφαρμογής, το ύψος της βροχόπτωσης στην περιοχή καθώς και την κατανομή της. (Πηγή Σταύρος Βέμμος, 2019, Πηγή διαδικτύου 9, Πηγή διαδικτύου 2)

2) Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος αποτελεί δομικό στοιχείο πολλών ενώσεων (ATP, ADP, DNA, RNA) συμβάλλοντας στην αύξηση του ριζικού συστήματος στα νεαρά ελαιόδενδρα, στην άνθηση, στην καρπόδεση, στην ωρίμανση, στην ισχυρή συγκράτηση των καρπών, στην πρωίμηση της παραγωγής και γενικότερα στην ποιότητα των προϊόντων. Προμηθεύει τα ελαιόδενδρα με ενέργεια πολύτιμη για τις διάφορες λειτουργίες τους ενώ μεταφέρει τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης από και προς τα όργανα. Επιπλέον, η εφαρμογή φωσφόρου σε ασβεστολιθικά εδάφη όπως είναι αυτά της Ελλάδας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ο φώσφορος αν και συμμετέχει σε πολλές φυσιολογικές λειτουργίες των ελαιόδενδρων δεν αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τους ξηρικούς ελαιώνες ενώ στους αρδευόμενους ελαιώνες και στις βρώσιμες ποικιλίες είναι απαραίτητο να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη φωσφορούχο λίπανση καθώς επηρεάζει τον αριθμό, το βάρος και την ωρίμανση των καρπών.

Τα σημαντικότερα συμπτώματα της τροφопενίας του φωσφόρου είναι η εμφάνιση νεκρώσεων στην κορυφή και την περιφέρεια των φύλλων αλλά στην κορυφή των βλαστών, η εμφάνιση, κατά κύριο λόγο, στη νέα βλάστηση μικροφυλλίας και η σημαντική μείωση της βλάστησης. (Πηγή διαδικτύου 31)

Η περίσσεια φωσφόρου προκαλεί μειωμένη απορρόφηση καλίου, ασβεστίου, σιδήρου και βορίου. Τέλος, ο φώσφορος αποτελεί στοιχείο μικρότερης σημασίας για τις δενδρώδεις καλλιέργειες εξαιτίας του μεγάλου όγκου του ριζικού τους συστήματος. (Πηγή διαδικτύου 1, Πηγή διαδικτύου 9, Πηγή διαδικτύου 4, Πηγή διαδικτύου 6)

Εποχή εφαρμογής

Η ελιά έχει αυξημένη ανάγκη για φώσφορο την περίοδο της άνθησης συνεπώς είναι απαραίτητο να έχει εφαρμοστεί νωρίτερα. Συγκεκριμένα, σε αρδευόμενο ελαιώνα εφαρμόζεται τον Φεβρουάριο ενώ σε ξηρικό το Νοέμβριο. Ο φώσφορος είναι δυσκίνητος στο έδαφος άρα απαιτεί ενσωμάτωση και νερό. Τέλος, ο φώσφορος εφαρμόζεται συνήθως ανά 2-3 χρόνια καθώς δεν ξεπλένεται με αποτέλεσμα το ελαιόδενδρο να κρατάει απόθεμα.

3) Κάλιο (K)

Το κάλιο αποτελεί ένα θρεπτικό στοιχείο υψηλής σημασίας για το ελαιόδενδρο καθώς η έλλειψή του οδηγεί σε άμεση μείωση της παραγωγής και έχει αρνητική επίδραση τόσο στην ποιότητα όσο και στην ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών. Επιπλέον, το κάλιο βοηθά στη συσσώρευση των φωτοσυνθετικών προϊόντων στον καρπό και αυξάνει το μέγεθος, το βάρος και την ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών ενώ βελτιώνει την ποιότητα του ελαιόλαδου, κυρίως όσον αφορά τα λιπαρά οξέα και τις φαινολικές ενώσεις.

Ακόμη, το κάλιο συμβάλλει στην αύξηση της αντοχής του ελαιόδενδρου στον παγετό, την ξηρασία καθώς και σε εχθρούς και ασθένειες (π.χ. κυκλοκόνιο) ενώ συμβάλλει στην καλύτερη λειτουργία της διαπνοής, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται μικρότερες απώλειες

νερού. Παράλληλα, συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής. Παράλληλα, βοηθάει στη μετακίνηση υδατανθράκων και στο άνοιγμα των στοματίων και στον καλό σχηματισμό και ωρίμανση του ξύλου και των καρπών. Τέλος, προκαλεί γρήγορη αύξηση και επομένως υψηλή συγκέντρωση ελαιολάδου στον καρπό. (Πηγή διαδικτύου 30, Πηγή διαδικτύου 2, Πηγή διαδικτύου 24, Πηγή διαδικτύου 9)

Η έλλειψη καλίου εμφανίζεται κυρίως στους ξηρικούς ελαιώνες και προκαλεί χλώρωση των φύλλων της νέας βλάστησης αλλά και ξήρανση της κορυφής των φύλλων στα κατώτερα φύλλα. Επιπλέον, παρατηρείται έντονη μικροφυλλία, μικροκαρπία, ξηράνσεις κλάδων αλλά και πρώιμη φυλλόπτωση. (Πηγή διαδικτύου 9)

Η υπερβάλλουσα όμως ποσότητα καλίου οδηγεί σε προβλήματα στην πρόσληψη μαγνησίου και βορίου. (Πηγή διαδικτύου 4)

Εποχή εφαρμογής

Η κατάλληλη εποχή εφαρμογής του καλίου ξεκινά από τα τέλη του φθινοπώρου έως και τις αρχές του χειμώνα. Επίσης, εφαρμόζεται καλιούχος λίπανση από τα μέσα Αυγούστου, δηλαδή από την εποχή συσσώρευσης του ελαιολάδου, και έπειτα διαφυλλικά.

Επιπλέον, στους αρδευόμενους ελαιώνες μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάλιο και υπό μορφή νιτρικού (46% N) ή υδατοδιαλυτού θειικού καλίου (50% K₂O) με υδρολίπανση την περίοδο σκλήρυνσης του ενδοκαρπίου περί τα μέσα έως τέλη Ιουλίου για τις συνθήκες της Κρήτης, με ποσότητα 0,5-1 kg/δένδρο. Με την παραπάνω τεχνική επιτυγχάνεται τόσο βελτίωση της περιεκτικότητας του καρπού σε λάδι όσο και μείωση του φαινομένου της παρενιαυτοφορίας. (Πηγή διαδικτύου 9)

4) Βόριο (B)

Το Βόριο είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία για το ελαιόδενδρο. Συμβάλλει στην αύξηση της βλάστησης, στη μεταφορά υδατανθράκων, στο σχηματισμό κυτταρικού τοιχώματος αλλά και στη μεταφορά του Ca. Σε ασβεστούχα εδάφη επιβάλλεται η προσθήκη του. Παίζει σημαντικό ρόλο στην επικονίαση και στην ανάπτυξη του καρπού. Ικανοποιητικά επίπεδα βορίου στο ελαιόδενδρο είναι σημαντικά για την καρποφορία αλλά και για την επιτυχή καρπόδεση. Όταν το ελαιόδενδρο αντιμετωπίζει πρόβλημα έλλειψης Βορίου η ποιότητα του ελαιοκάρπου επηρεάζεται αρνητικά. Ενώ όταν υπάρχει επάρκεια Βορίου συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής, στη μείωση της παρενιαυτοφορίας αλλά και στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τόσο του ελαιοκάρπου όσο και του ελαιολάδου. Τέλος, η προσθήκη Βορίου μειώνει την καλοκαιρινή καρπόπτωση. (Πηγή διαδικτύου 1, Πηγή διαδικτύου 4, Πηγή διαδικτύου 9)

Μερικά από τα βασικότερα συμπτώματα της έλλειψης βορίου είναι η μικροφυλλία, η μειωμένη καρπόδεση, η ύπαρξη πολλών ξηρών κλάδων (μορφή σκούπας), η εμφάνιση παραμορφώσεων φύλλων και καρπών αλλά και η εμφάνιση πολλών πλάγιων βλαστών. (Πηγή διαδικτύου 9)

Η περίσσεια Βορίου όμως προκαλεί έντονη φυλλόπτωση αλλά και ξήρανση κλάδων και κλαδίσκων.

Εποχή εφαρμογής

Το κρίσιμότερο στάδιο απορρόφησης του Βορίου είναι κατά την περίοδο άνθησης-καρπώσεως. (Πηγή διαδικτύου 2)

5) Ασβέστιο (Ca)

Η ελιά είναι ασβεστόφιλο δένδρο, παρ' όλα αυτά όμως μπορεί να αναπτυχθεί και σε όξινα εδάφη αρκεί να καλύπτονται οι ανάγκες του σε ασβέστιο αλλά και σε εδάφη με έλλειψη ασβεστίου αναπτύσσονται επίσης ικανοποιητικά. (Πηγή Σταύρος Βέμμος, 2019). Συμβάλλει στη συνεκτικότητα του καρπού αλλά και στο άνοιγμα και κλείσιμο των στοματίων. Ενισχύει τα κυτταρικά τοιχώματα των κυττάρων έχει όμως μικρή κινητικότητα στο ελαιόδενδρο. Τέλος, το ασβέστιο είναι απαραίτητο στοιχείο για τις διεργασίες αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας της ελιάς.(Πηγή διαδικτύου 9)

Το βασικότερο σύμπτωμα τροφопενίας του ασβεστίου στην ελιά είναι η έντονη χλώρωση του κορυφαίου τμήματος του ελάσματος των φύλλων. (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000)

Η περίσσεια ασβεστίου προκαλεί ελλείψεις καλίου και μαγνησίου, ενώ η έλλειψη μειώνει τη συνοχή των ιστών των καρπών. (Πηγή διαδικτύου 20)

Εποχή εφαρμογής

Τον χειμώνα με προσθήκη λιπάσματος ασβεστίου στο έδαφος, ενσωμάτωση ή ασβέστωση του εδάφους με ασβεστόχο υλικό νωρίς το φθινόπωρο.

Την άνοιξη με διαφυλλικούς ψεκασμούς σκευασμάτων ασβεστίου από το τέλος της άνθισης έως και τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του καρπιδίου.

6) Μαγνήσιο (Mg)

Σπάνια παρατηρείται έλλειψή του στην Ελλάδα. Λειτουργεί ως ενεργοποιητής ενζύμων. Αποτελεί συστατικό ριβοσωμάτων αλλά και βασικό δομικό συστατικό της χλωροφύλλης και επομένως επιδρά στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τέλος, είναι καθοριστικό για την αύξηση της παραγωγής και την ποιότητα των ελαιοκάρπων αλλά και την αποτροπή της πρόωρης φυλλόπτωσης. Έλλειψη μαγνησίου επηρεάζει την ανάπτυξη των ελαιοδένδρων και μειώνει τις τελικές αποδόσεις. (Πηγή διαδικτύου 6 ,Πηγή διαδικτύου 7, Πηγή διαδικτύου 9, Πηγή διαδικτύου 5)

Εποχή εφαρμογής

Η λίπανση μαγνησίου γίνεται το φθινόπωρο πριν τις χειμερινές βροχοπτώσεις στο έδαφος με προσθήκη 2Kg/δένδρο υπό μορφή $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. (Πηγή ΙΩΑΝΝΗΣ Ν. ΘΕΡΙΟΣ 2005)

7) Σίδηρος (Fe)

Συνήθως δεν υπάρχουν περιπτώσεις έλλειψης σιδήρου στην ελιά στην Ελλάδα. Γενικά στην περίπτωση που εμφανιστεί τροφοπενία σιδήρου έχει ήδη χαθεί το 30% της παραγωγής ελαιολάδου. Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι η προσθήκη σιδήρου στις περιπτώσεις που εμφανίζονταν συμπτώματα χλώρωσης αυξήθηκε σημαντικά η παραγωγή ελαιολάδου. Επιπλέον, βοηθάει στην απορρόφηση του αζώτου. Ακόμη, αποτελεί συστατικό σύνθεσης της χλωροφύλλης και επιδρά στη φωτοσύνθεση. Τέλος, είναι απαραίτητο στοιχείο για την αναπνοή του ελαιόδενδρου. (Πηγή διαδικτύου 9)

Εποχή εφαρμογής

Πλέον εφαρμόζεται νωρίς, στις αρχές της άνοιξης αν είναι διαπιστωμένη τροφοπενία στο κτήμα. (Πηγή διαδικτύου 9)

8) Ψευδάργυρος (Zn)

Ο ψευδάργυρος αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τη σύνθεση αυξίνης. Επίσης, η τροφοπενία ψευδαργύρου δε φαίνεται στην ελιά. Συμβάλλει στη μείωση της παρενιαυτοφορίας. Επιπροσθέτως, αυξάνει την αντοχή του ελαιόδενδρου στις καταπονήσεις. Στην καλλιέργεια ελιάς έχει αποδειχτεί ότι επιδρά στην αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας, ενώ η έλλειψή του οδηγεί και σε μείωση της περιεκτικότητας των καρπών σε πρωτεΐνες. Τέλος, όταν εφαρμόζεται αρχές άνοιξης βοηθά την πρώτη ανάπτυξη των βλαστών. (Πηγή διαδικτύου 6 , Πηγή διαδικτύου 11)

Εποχή εφαρμογής

Ο ψευδάργυρος εφαρμόζεται πριν την άνθηση.

9) Μαγγάνιο (Mn)

Το μαγγάνιο παίζει σημαντικό ρόλο στη σύνθεση των πρωτεϊνών, στο σχηματισμό των υδατανθράκων, αλλά και στη σύνθεση αυξίνης. Είναι συστατικό πολλών ενζύμων. Ακόμη, αυξάνει την αντοχή του ελαιόδενδρου στις καταπονήσεις. Επίσης, βοηθάει στην αύξηση της παραγωγής αλλά και στην πρώτη έκπτυξη των βλαστών. Σε όξινα εδάφη η ελιά δεν απορροφά

μεγάλες ποσότητες μαγγανίου σε σημείο ώστε να εμφανιστεί τοξικότητα του στοιχείου. (Πηγή ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΟΝΤΙΚΗΣ 2000). Επιπλέον, λειτουργεί ως ενεργοποιητής ενζύμων και τέλος δεν έχουν αναφερθεί τεκμηριωμένες τροφοπενίες. (Πηγή διαδικτύου 9)

10) Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός είναι ένα στοιχείο που η έλλειψή του στην ελιά δεν έχει παρατηρηθεί στην Ελλάδα. Παίζει σημαντικό ρόλο στη δράση των ενζύμων που ρυθμίζουν τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή και το μεταβολισμό του αζώτου. Τέλος, ο χαλκός δε χρειάζεται να προσφέρεται στην ελιά υπό μορφή λιπάσματος διότι ρίχνουμε χαλκούχα μυκητοκτόνα. (Πηγή διαδικτύου 8)

11) Χλώριο (Cl) και Νάτριο (Na)

Το χλώριο είναι απαραίτητο στην ελιά αλλά σε πολύ μικρές ποσότητες γι' αυτό δεν παρατηρούνται συμπτώματα τροφοπενίας στους ελαιώνες. Το πιο τοξικό στοιχείο για την ελιά είναι το νάτριο και ακολουθεί το χλώριο. Τα δύο αυτά στοιχεία έχουν δημιουργήσει προβλήματα τοξικότητας ύστερα από άρδευση με κακής ποιότητας νερό. (Πηγή διαδικτύου 8)

12) Μολυβδένιο (Mo)

Το μολυβδένιο είναι ένα στοιχείο το οποίο συμβάλλει στην απορρόφηση του αζώτου. (Πηγή διαδικτύου 9)

13) Θείο (S)

Σπάνια συναντάμε τροφοπενία θείου και αυτό διότι προστίθεται στο έδαφος με τα συνήθη χρησιμοποιούμενα λιπάσματα, όπως με τη θειική αμμωνία και το θειικό κάλιο. (Πηγή διαδικτύου 8)

1.9.1 Ειδική θρέψη και λοιπά προϊόντα

Βιοδιεγέρτες

Κατά γενική ομολογία οι βιοδιεγέρτες δουλεύουν στο δένδρο σε συνθήκες καταπόνησης, όπου βοηθούν στην καλύτερη φωτοσύνθεση όμως δεν κάνουν θαύματα. Επίσης, βοηθούν στην ανάπτυξη του φυτού αλλά και στη βελτίωση της παραγωγής αλλά και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Ακόμη, συμβάλλουν στη διευκόλυνση της πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων από το δένδρο. Επιπλέον, επηρεάζουν την αύξηση της

μικροβιακής δραστηριότητας, τη βελτίωση φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. (Πηγή διαδικτύου 10, Πηγή διαδικτύου 13)

Καολίνης

Ο καολίνης εκτός από την προστασία που προσφέρει στο ελαιόδενδρο από το δάκο και τον ήλιο (υψηλές θερμοκρασίες) λόγω του λευκού στρώματος που δημιουργεί στα φύλλα και τον καρπό, συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας και ποσότητας του ελαιοκάρπου αλλά και του ελαιολάδου. (Πηγή διαδικτύου 10)

1.10 Αλατότητα

Η σύγχρονη γεωργία αντιμετωπίζει διπλή πρόκληση να διασφαλίσει την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια και να την εφαρμόσει με βιώσιμο τρόπο. Ωστόσο, η ταχέως αναπτυσσόμενη τάση αλατότητας σε καλλιεργήσιμες περιοχές αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για την απόδοση των καλλιεργειών. (Πηγή διαδικτύου 23)

Η αλατότητα αφορά την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων κυρίως Na^+ και Cl^- συνηθέστερα στο περιβάλλον της ρίζας και αποτελεί έναν από τους παράγοντες καταπόνησης των φυτών. Εμφανίζεται παγκοσμίως σε πολλές περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν για διαφορετικούς λόγους υψηλά επίπεδα αλατότητας στο έδαφος. Η ύπαρξη ή η δημιουργία αλατούχων εδαφών εξαρτάται από την ποιότητα του αρδευόμενου νερού αλλά και από τη γεωγραφική θέση καθώς και από το ανάγλυφο του εδάφους της καλλιεργούμενης έκτασης (Πηγή διαδικτύου 21).

Τα υψηλά επίπεδα αλάτων στο έδαφος έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, η αντοχή των φυτών στα άλατα εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία τους. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στην ελιά όπου η αντοχή της στα άλατα εξαρτάται από την ποικιλία της. Επιπλέον, η αλατότητα μειώνει τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων N, P, K, Mg αλλά και την ανάπτυξη μυκορριζικών μυκήτων σε ρίζες φυτών με μικρόριζα (Πηγή Κυριάκος Π. Παναγιωτόπουλος, 'B έκδοση 2010).

Μεταξύ των διαφόρων βιοτεχνολογικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της αλατότητας, η χρήση δενδρόμορφων ενδομυκορριζικών μυκήτων (AMF) θεωρείται ως μια αποτελεσματική προσέγγιση για τη βιο-βελτίωση της καταπόνησης που προκαλείται στα φυτά από την αλατότητα. Οι AMF αναπτύσσουν μια σειρά βιοχημικών και φυσιολογικών μηχανισμών που δρουν με συντονισμένο τρόπο για να παρέχουν μεγαλύτερη ανοχή στην αλατότητα στο φυτό ξενιστή. Μερικοί από τους γνωστούς μηχανισμούς περιλαμβάνουν βελτιωμένη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και συντήρηση ιοντικής ομοιόστασης, ανώτερη αποδοτικότητα χρήσης νερού και οσμωτική προστασία, βελτιωμένη φωτοσυνθετική απόδοση, διατήρηση της υπερδομής των κυττάρων και ενισχυμένο αντιοξειδωτικό μεταβολισμό. Μοριακές μελέτες κατά την τελευταία δεκαετία

διευκρίνισαν περαιτέρω τις διεργασίες που εμπλέκονται στη βελτίωση του στρες του άλατος στα μυκορριζικά φυτά. Το συμμετέχον AMF προκαλεί έκφραση γονιδίων που εμπλέκονται στην εξώθηση Na^+ στο διάλυμα εδάφους, την απόκτηση K^+ (με φόρτωση και εκφόρτωση) και την απελευθέρωση στο ξύλο, διατηρώντας επομένως ευνοϊκή αναλογία μεταξύ Na^+ και K^+ . Ο αποικισμός από το AMF επηρεάζει διαφορετικά την έκφραση της μεμβράνης του πλάσματος και των ακουαπουρινών του τονοπλάστη (PIPs και TIPs), γεγονός που συνεπώς βελτιώνει την κατάσταση του νερού του φυτού. Ο σχηματισμός δενδρόμορφων μυκορριζών (arbuscular mycorrhiza) αυξάνει την ικανότητα του φυτού να επιδιορθώνει το φωτοσύνθετα-II (PSII) και ενισχύει την κβαντική απόδοση του PSII υπό συνθήκες αλατότητας αυξάνοντας τα επίπεδα μεταγραφής των γονιδίων χλωροπλαστών που κωδικοποιούν πρωτεΐνες κεραίας που εμπλέκονται στη μεταφορά ενέργειας διέγερσης. Περαιτέρω, η αλληλεπίδραση προκαλούμενη από AM φυτοορμονών, συμπεριλαμβανομένων των στριγλακτόνων, του αμπισσικού οξέος, του γιββερελλικού οξέος, του σαλικυλικού οξέος και του ιασμονικού οξέος έχουν επίσης συσχετιστεί με τον μηχανισμό ανοχής στα άλατα (Πηγή διαδικτύου 21).

1.11 Μυκόρριζες

Τα μυκόρριζα είναι τα κοινά συμβιωτικά όργανα μεταξύ των ριζών των φυτών και ορισμένων συμβιωτικών μυκήτων. Τα κοινά όργανα συμβίωσης φυτού ξενιστή και μύκητα ονομάζονται μυκόρριζα και οι συμβιωτικοί μύκητες ορίζονται ως μυκορριζικοί μύκητες. Να επισημάνουμε ότι, οι μυκορριζικοί μύκητες σε συμβίωση με τις ρίζες των φυτών δημιουργούν τα μυκόρριζα συνεπώς είναι λάθος να μιλάμε για μύκητες που λέγονται μυκόρριζα. Η ανάπτυξη και η διάρκεια ζωής των μυκορριζών κυμαίνεται μεταξύ μερικών ημερών και μερικών εβδομάδων. (Πηγή ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ, 2020)

Η συμβίωση για την οποία αναφερθήκαμε ανωτέρω μεταξύ των μυκορριζικών μυκήτων και των ριζών των φυτών είναι αμοιβαία επωφελής. Οι μυκορριζικοί μύκητες τρέφονται από το φυτό με υδατάνθρακες (γλυκόζη και σακχαρόζη) οι οποίοι μεταφέρονται από τα φύλλα του και δεν μπορούν να παραχθούν από το μύκητα. Το φυτό με τη σειρά του λαμβάνει από τους μύκητες ένζυμα, βιταμίνες, ορμόνες και αντιβιοτικά αυξάνοντας έτσι την ικανότητα του φυτού να απορροφά καλύτερα το νερό και τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (φώσφορο, κάλιο, ιχνοστοιχεία) από μεγαλύτερο όγκο εδάφους ακόμη και όταν είναι είτε σε μικρές συγκεντρώσεις είτε δεν είναι διαθέσιμα για τα φυτά, κυρίως στα πτωχά εδάφη όπως είναι τα αμμώδη (Πηγή Γεώργιος Α. Δασουτόπουλος 2018). Οι ανταλλαγές των θρεπτικών στοιχείων για τη συμβίωση των ριζών και των μυκορριζικών μυκήτων γίνονται πάνω στο σώμα των μυκορριζών (Πηγή ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ ΓΑΤΣΙΟΣ, 2020). Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι οι μυκορριζικοί μύκητες αυξάνουν το μήκος και την επιφάνεια της ρίζας στο έδαφος μέσω της ανάπτυξης μυκηλιακών υφών στο έδαφος που έρχονται σε άμεση επαφή με τις άκρες των ριζιδίων, με συνέπεια την καλύτερη εκμετάλλευση του εδάφους αλλά και την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων. Ακόμη, βοηθούν τα φυτά ώστε να αναπτύσσουν ανθεκτικότητα σε εδάφη με υψηλά επίπεδα αλάτων, ασβεστίου και βαρέων μετάλλων, αλλά και να κάνουν καλύτερη διαχείριση της τροφοδοσίας τους σε νερό (Πηγή ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ ΓΑΤΣΙΟΣ, 2020). Παράλληλα, μέσα από έρευνες έχει

διαπιστωθεί η καλύτερη απορρόφηση αλλά και μεταφορά του αζώτου στα φυτά με τη βοήθεια των μυκορριζών (Πηγή Γεώργιος Α. Δαουτόπουλος 2018).

Είδη μυκορριζών

Στη φύση απαντώνται τρία είδη μυκορριζών, τα οποία είναι οι ενδομυκορριζες, οι εκτομυκορριζες και οι εκτοενδομυκορριζες. Ακολουθώς θα αναφερθούν περισσότερα για τα είδη των μυκορριζών (Πηγή ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ ΓΑΤΣΙΟΣ, 2020).

A) Ενδομυκορριζες (VAM)

Οι ενδομυκορριζες δημιουργούνται από τη συμβίωση των ενδομυκορριζικών μυκήτων και των ριζών των φυτών. Αποτελούν το συνηθέστερο είδος μυκορριζών και βρίσκονται στις ρίζες των περισσότερων καλλιεργούμενων φυτών και δένδρων (Πηγή ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ ΓΑΤΣΙΟΣ, 2020). Τα ενδομυκορριζα δημιουργούν δομές είτε σαν μπαλόνια είτε σε μορφή δενδρωδών διακλαδώσεων τις λεγόμενες θυσανώδεις μυκορριζες ύστερα από τη συμβίωση των μυκηλιακών τους υφών και των κυττάρων των φυτών. Η συμβίωσή τους γίνεται ύστερα από την είσοδο των μυκηλιακών υφών στα κύτταρα των φυτών και όχι στο πρωτόπλασμα των κυττάρων. Επί της ουσίας οι μυκηλιακές υφές επικαλύπτουν την κυτταρική μεμβράνη. Τέλος, οι ενδομυκορριζες βοηθούν στην εκμετάλλευση μεγαλύτερου όγκου εδάφους με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη πρόσληψη N, P, K, Ca, Zn, Mn, Cu από τα φυτά (Πηγή Γεώργιος Α. Δαουτόπουλος, 2018).

B) Εκτομυκορριζες (EM)

Οι εκτομυκορριζες παρατηρούνται κυρίως σε δασικά είδη εύκρατων και αρκτικών περιοχών όπως είναι αυτά της Κεντρικής Ευρώπης. Αυτό το είδος μυκορριζών σχηματίζεται από τη συμβίωση των ριζών των δένδρων με έναν ασκομύκητα ή έναν βασιδιομύκητα ακόμη και με μερικά είδη ζυγομυκήτων του είδους Endogone. Οι μυκηλιακές υφές του συμβιωτικού μύκητα αναπτύσσονται ανάμεσα στα κύτταρα του φλοιού της ρίζας όπου δημιουργούνται μυκορριζα και όχι στο εσωτερικό των ριζικών κυττάρων (Πηγή ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ, ΓΑΤΣΙΟΣ 2020).

Γ) Εκτοενδομυκορριζες (ECM)

Το είδος αυτό μυκορριζών χαρακτηρίζεται από την ταυτόχρονη παρουσία τόσο ενδομυκορριζών όσο και εκτομυκορριζών. Πιο συγκεκριμένα, οι μυκορριζικοί αυτοί μύκητες σχηματίζουν μυκηλιακές υφές μεταξύ των κυττάρων του φλοιού της ρίζας, όπως γίνεται με τα εκτομυκορριζα, αλλά ταυτόχρονα διαθέτουν και υφές οι οποίες εισέρχονται στο εσωτερικό των κυττάρων των ριζών όπως γίνεται με τα ενδομυκορριζα. Οι μυκορριζικοί αυτοί μύκητες αφορούν τις οικογένειες φυτών Ericaceae, Pyrolaceae και Ericales και σχηματίζουν δενδροειδή και μονοτροποειδή μυκορριζα. (Πηγή ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ ΓΑΤΣΙΟΣ, 2020).

Πίνακας 1. Εξειδίκευση των μυκόρριζων στην πρόσληψη των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων.

Θρεπτικό στοιχείο	Είδος μυκόρριζας
P	VAM, EM, ECM
NH ₄ ⁺	VAM, EM, ECM
NO ₃ ⁻	ECM
K	VAM, ECM
Ca	VAM, EM
SO ₄ ²⁻	VAM
Zn	VAM
Fe	EM

(Πηγή Γεώργιος Α. Δαουτόπουλος 2018)

Αξίζει να επισημάνουμε ότι τα μυκόρριζα ανάλογα με το είδος τους έχουν διαφορετικές ικανότητες προσρόφησης θρεπτικών στοιχείων αλλά και συμβίωσης με τα διάφορα καλλιεργούμενα είδη φυτών (Πηγή Γεώργιος Α. Δαουτόπουλος, 2018).

Σημαντικό είναι επίσης να επισημάνουμε ότι τα μυκόρριζα παράγουν μια οργανική κόλλα τη γλομαλίνη η οποία συνδέει μεταξύ τους τα μικρά τεμάχια του εδάφους βελτιώνοντας σε μεγάλο βαθμό το πορώδες και την υφή του εδάφους. Επιπροσθέτως, τα μυκόρριζα παράγουν ένζυμα και ουσίες οι οποίες μετατρέπουν τη δομή και τη χημεία του εδάφους έχοντας θετική επίδραση στα φυτά. Η γλομαλίνη παράγεται από τα μυκόρριζα για την ενίσχυση των μυκηλιακών υφών τους, καθώς καλύπτουν τα κενά που υπάρχουν μεταξύ των εδαφικών συσσωματωμάτων μεταφέροντας θρεπτικά στοιχεία και προς τις δύο κατευθύνσεις (από τα φύλλα προς τους μύκητες και από τους μύκητες προς τα φύλλα). Τέλος, είναι μια πολύ σταθερή μορφή οργανικής ουσίας η οποία μπορεί να παραμείνει στο έδαφος από 7-42 χρόνια (Πηγή Γεώργιος Α. Δαουτόπουλος 2018).

Εποχή εμβολιασμού μυκορριζών και σκευάσματα

Η εποχή εμβολιασμού των μυκορριζών στα φυτά εξαρτάται από το είδος τους. Πιο συγκεκριμένα, στις ετήσιες καλλιέργειες ο εμβολιασμός εφαρμόζεται κατά τη σπορά, ενώ στις δενδρώδεις συνίσταται να εφαρμόζεται στο φυτώριο και να επαναλαμβάνεται κατά την οριστική φύτευση των δενδρυλλίων στο χωράφι. Μέχρι σήμερα έχουν εντοπιστεί 150 διαφορετικά είδη ενδομυκορριζών που μπορούν να συμβιώσουν με πάνω από 400.000 είδη φυτών.

Τα μυκόρριζα μπορούν να συμβιώσουν με πάρα πολλά καλλιεργούμενα είδη μεταξύ των οποίων είναι τα σιτηρά, τα λαχανικά, τα οπωροφόρα, τα αμπέλια, οι χλοοτάπητες κ.α., όμως υπάρχουν και κάποια λίγα καλλιεργούμενα είδη με τα οποία δεν μπορούν να συμβιώσουν τα μυκόρριζα όπως τα λάχανα, τα κουνουπίδια, τα μπρόκολα και άλλα είδη της οικογένειας των σταυρανθών. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σκευάσματα σε σκόνη, σε κοκκώδη, σε ζελατινώδη αλλά και υγρή μορφή (Πηγή Γεώργιος Α. Δαουτόπουλος 2018).

1.12 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας ήταν να μελετηθεί η απόκριση φυτών ελιάς που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας και παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων, βάσει κυρίως διαφόρων παραμέτρων φυτικής αύξησης, φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, ανόργανης θρέψης και γενικότερα φυσιολογίας των φυτών.

Κεφάλαιο 2: Υλικά και Μέθοδοι

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο γυάλινο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Δενδροκομίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΓΠΑ). Ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν 50 φυτά ελιάς της ποικιλίας Κορωνέικη. Τα φυτά ήταν ηλικίας 9 μηνών, ομοιόμορφης ανάπτυξης, προερχόμενα από αγενή πολλαπλασιασμό, με χρήση φυλλοφόρων μοσχευμάτων βλαστού σε σύστημα υδρονέφωσης. Κατά την προετοιμασία του πειράματος, τα φυτά ξεριζώθηκαν και στη συνέχεια κλαδεύτηκαν αυστηρά, αφαιρώντας σχεδόν όλο το ριζικό τους σύστημα και επιπλέον αφέθηκε μόνο ένα μικρό τμήμα του βλαστού τους, μήκους περίπου 20 εκατοστών. Αφού ξεπλύθηκε επιμελημένα το ριζικό τους σύστημα με νερό βρύσης, για να αφαιρεθεί το μείγμα εδάφους, όπου ήταν φυτεμένα μέχρι τότε (σε γλάστρες φυτωρίου χωρητικότητας 3L), ακολούθησε ξέπλυμα με αποσταγμένο νερό και μεταφύτευση σε πλαστικές γλάστρες, χωρητικότητας 7 L, που περιείχαν έδαφος ελαφράς σύστασης (μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο) (πειραματικό έδαφος). Επιπλέον, κατά τη μεταφύτευση, στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν και στελέχη ενδομυκορριζικών μυκήτων (AMF) για τον εμβολιασμό των φυτών. Συγκεκριμένα, ο AMF21 είναι ένα στέλεχος του είδους *Rhizophagus irregularis*. Το ενδομυκορριζικό αυτό στέλεχος βρίσκεται στην συλλογή του εργαστηρίου Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας του ΓΠΑ και προέρχεται από απομονώσεις από βιολογικούς αγρούς (AMF21). Το δεύτερο στέλεχος που χρησιμοποιήθηκε είναι το στέλεχος DAOM 197198 (Connectis της εταιρίας Agronutrition®) και είναι ο ενδομυκορριζικός μύκητας του είδους *Rhizophagus irregularis*. Το στέλεχος αυτό έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από την ερευνητική κοινότητα και χρησιμοποιήθηκε ως ενδομυκορριζικό εμβόλιο «μοντέλο».

Αναφορικά με την εφαρμογή των ενδομυκορριζικών εμβολίων, το AMF21 ανακαλλιεργείται στο εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας του ΓΠΑ με την μέθοδο του φυτού παγίδα (trap culture method). Η ανακαλλιέργεια του γίνεται σε καλαμπόκι (*Zea mays*) σε αποστειρωμένο υπόστρωμα άμμου:βερμυκουλίτη σε αναλογία 2:1. Το τελικό ενδομυκορριζικό εμβόλιο εφαρμόστηκε με τη μορφή στερεού υποστρώματος που περιείχε σπόρια και υφές των ενδομυκορριζικών μυκήτων καθώς και τμήματα αποικισμένης ρίζας του φυτού παγίδα. Το ενδομυκορριζικό εμβόλιο DAOM ήταν σε υγρή μορφή και αποτελούνταν από σπόρια και υφές του μύκητα και μικρά αποικισμένα ριζικά τμήματα από το φυτό παγίδα. Για να εξασφαλιστεί ομοιόμορφη εφαρμογή όλων των ενδομυκορριζικών εμβολίων, το DAOM ποτίστηκε σε αποστειρωμένο υπόστρωμα άμμου:βερμυκουλίτη σε αναλογία 2:1. Για τον εμβολιασμό των δενδρυλλίων της ελιάς (Εικόνα 8) χρησιμοποιήθηκαν 60 γρ. από το εμβόλιο του κάθε ενδομυκορριζικού μύκητα ανά γλάστρα κατά τη μεταφύτευση, ποσότητα που αντιστοιχεί σε περίπου 100 σπόρους μαζί τις υφές και τα αποικισμένα ριζικά τμήματα του φυτού παγίδα.



Εικόνα 8. Από τη μεταφύτευση φυτών ελιάς σε γλάστρες με χώμα και τον εμβολιασμό τους με στελέχη ενδομυκορριζικών μυκήτων.

Μετά τη μεταφύτευση (Εικόνα 9) και για τους επόμενους 5 μήνες, τα φυτά αρδεύονταν τακτικά, σύμφωνα με τις ανάγκες τους, και κάθε 15 ημέρες υδρολιπαίνονταν. Παράλληλα, πραγματοποιούνταν επεμβάσεις φυτοπροστασίας. Μια εβδομάδα πριν την έναρξη των επεμβάσεων αλατότητας, επιλέχθηκαν 30 από τα 50 φυτά, βάσει ομοιομορφίας τους, και κλαδεύτηκαν κατάλληλα ώστε να φέρουν τον ίδιο αριθμό νέων βλαστών και φύλλων και χωρίστηκαν σε ομάδες των 5 φυτών (επαναλήψεις), ανά μεταχείριση αλατότητας (0, 150 mM NaCl) και ανά μυκορριζικό στέλεχος (χωρίς, AMF21, DAOM) (Πίνακας 2).



Εικόνα 9. Δενδρύλλια ελιάς λίγο καιρό μετά την εγκατάστασή τους σε γλάστρες με χώμα και τον εμβολιασμό τους με στελέχη ενδομυκορριζικών μυκήτων.

Πίνακας 2. Σχέδιο πειράματος και αριθμός φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» που χρησιμοποιήθηκαν ανά επίπεδο αλατότητας (0, 150 mM NaCl) και ενδομυκορριζικό στέλεχος (χωρίς, AMF21, DAOM).

AMF	ΕΠΕΜΒΑΣΗ (mM NaCl)	
	0	150
ΧΩΡΙΣ	5	5
AMF21	5	5
DAOM	5	5

Από την έναρξη των επεμβάσεων της αλατότητας (0, 150 mM NaCl) μέχρι το πέρας του πειράματος (συνολική διάρκεια 71 μέρες), τα φυτά ποτίζονταν τρεις φορές την εβδομάδα με πλήρες θρεπτικό διάλυμα Hoagland (Πίνακας 3), που περιείχε αλάτι (150 mM NaCl) ή όχι (0 mM NaCl). Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, γινόταν ξέπλυμα του εδάφους με χρήση αποσταγμένου νερού για έκπλυση τυχόν συσσωρευμένων αλάτων.

Στο τέλος του πειράματος μετρήθηκαν ο ρυθμός φωτοσύνθεσης, η στοματική αγωγιμότητα, ο ρυθμός διαπνοής και η χλωροφύλλη των φύλλων με χρήση του οργάνου SPAD αλλά και με εργαστηριακή χημική μέθοδο. Επιπλέον, προσδιορίστηκαν τα επίπεδα διαρροής ηλεκτρολυτών από τα φύλλα καθώς και το σχετικό υδατικό περιεχόμενο φύλλων. Τελικά, τα φυτά συγκομίστηκαν και τεμαχίστηκαν στα εξής μέρη: ρίζα, βλαστός και φύλλα. Μετά την ξήρανση και την κονιοποίηση των δειγμάτων, ακολούθησε η κατάλληλα προετοιμασία τους για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων νατρίου, καλίου και ασβεστίου σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των μετρήσεων αυτών αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω.

Πίνακας 3. Χημική σύσταση του θρεπτικού διαλύματος Hoagland (Hoagland και Arnon, 1950).				
	Συγκέντρωση		Τελική συγκέντρωση του στοιχείου	
Άλας	(meq L ⁻¹)	Στοιχείο	μM	mg L ⁻¹
<i>Μακροστοιχεία</i>				
KNO ₃	6,0	N	16000	224
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	4,0	K	6000	235
NH ₄ H ₂ PO ₄	2,0	Ca	4000	160
MgSO ₄ 7H ₂ O	1	P	2000	62
		S	1000	32
		Mg	1000	24
<i>Ιχνοστοιχεία</i>				
KCl	1,0	Cl	50	1,77
H ₃ BO ₃	1,0	B	25	0,27
MnSO ₄ H ₂ O	1,0	Mn	2,0	0,11
ZnSO ₄ 7H ₂ O	1,0	Zn	2,0	0,131
CuSO ₄ 5H ₂ O	1,0	Cu	0,5	0,032
MoO ₃	1,0	Mo	0,5	0,05
Fe-sequestrene	3,0	Fe	20	1,12

2.1. Νωπό και ξηρό βάρος φυτών, αριθμός φύλλων, αριθμός και μήκος βλαστών

Μετρήθηκε ο αριθμός φύλλων και βλαστών ανά φυτό καθώς και το μήκος των βλαστών κάθε φυτού. Ακολούθως, τα φυτά χωρίστηκαν σε ρίζα, βλαστός και φύλλα. Καθένα από τα παραπάνω φυτικά μέρη ζυγίστηκε και καταγράφηκε το νωπό του βάρος. Στη συνέχεια ξεπλύθηκε μια φορά με νερό βρύσης και άλλη μια με αποσταγμένο νερό και τοποθετήθηκε σε χάρτινη σακούλα. Τα δείγματα εισήχθησαν σε κλίβανο ξήρανσης, στους 75 °C, για 72 ώρες και έπειτα ζυγίστηκαν και καταγράφηκε το ξηρό τους βάρος. Από την άθροιση των νωπών και των ξηρών βαρών των επιμέρους φυτικών τμημάτων υπολογίστηκε το συνολικό νωπό και ξηρό βάρος των φυτών, αλλά και τα νωπά και ξηρά βάρη του υπέργειου μέρους τους.

2.2. Προσδιορισμός του ρυθμού φωτοσύνθεσης, της διαπνοής και της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων

Οι φυσιολογικές παράμετροι της φωτοσύνθεσης που μετρήθηκαν σε φύλλα της κορυφής των βλαστών των φυτών (3^ο-4^ο πλήρως αναπτυγμένο φύλλο) ήταν ο καθαρός ρυθμός της φωτοσύνθεσης (net photosynthetic rate), ο ρυθμός διαπνοής (transpiration rate), η

συγκέντρωση CO₂ στους μεσοκυττάριους χώρους (intercellular CO₂ concentration) και η αγωγιμότητα των στομάτων των φύλλων (stomatal conductance). Οι μετρήσεις έγιναν με τη φορητή συσκευή μέτρησης της φωτοσύνθεσης Li-COR-6400 (Li-COR, Lincoln, USA), χρησιμοποιώντας φύλλα από το μέσο προς κατώτερο τμήμα του βλαστού των φυτών.

Τα βασικά στοιχεία της συσκευής μέτρησης είναι α) ο αναλυτής του CO₂ (infrared CO₂ analyzer), β) ο θάλαμος εισαγωγής του φύλλου (leaf chamber) με τα διάφορα αισθητήρια (sensors) θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτεινής ακτινοβολίας και γ) το σύστημα καταγραφής (console system) για την καταγραφή και επεξεργασία των δεδομένων. Η μέθοδος στηρίζεται σε ποσοτικές μετρήσεις ανταλλαγής αερίων στη ζώνη επαφής των φύλλων και της ατμόσφαιρας. Σημειώνεται ότι, κατά τη μέτρηση η ένταση του φωτισμού και η συγκέντρωση του CO₂ εντός θαλάμου μέτρησης ήταν καθορισμένες στα 1200 μmol m⁻² s⁻¹ και 400 ppm, αντίστοιχα. Επίσης, η θερμοκρασία των φύλλων κυμαίνονταν μεταξύ 27 και 29 °C. Τέλος, υπολογίστηκε η αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού από το πηλίκιο του ρυθμού φωτοσύνθεσης προς το ρυθμό διαπνοής.

2.3. Χλωροφύλλες και καροτενοειδή των φύλλων

Παράλληλα με τη μέτρηση των προαναφερόμενων φωτοσυνθετικών παραμέτρων, προσδιορίστηκε και η χλωροφύλλη των φύλλων με χρήση της συσκευής SPAD-502 Plus. Πρόκειται για μια μικρού βάρους φορητή συσκευή, που μετράει την περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη χωρίς να προκαλεί ζημιά στα φυτά. Προσδιορίζει τη σχετική ποσότητα της υπάρχουσας χλωροφύλλης, μετρώντας την απορρόφηση των χρωστικών του φύλλου σε δυο περιοχές μήκους κύματος. Η χλωροφύλλη παρουσιάζει κορυφές απορρόφησης στη μπλε (400-500 nm) και την κόκκινη (600-700nm) περιοχή του ορατού φάσματος, ενώ δεν απορροφάει ακτινοβολία κοντά στην υπέρυθρη περιοχή. Στην πραγματικότητα, η συσκευή μετράει τις απορροφήσεις του φύλλου τόσο στη κόκκινη όσο και κοντά στη υπέρυθρη περιοχή. Χρησιμοποιώντας αυτές τις δύο απορροφήσεις, ο μετρητής υπολογίζει την αριθμητική τιμή SPAD, η οποία είναι ανάλογη προς την ποσότητα της χλωροφύλλης που υπάρχει στο φύλλο. Αναφορικά με το πείραμά μας, οι μετρήσεις έγιναν σε φύλλα που βρίσκονταν στην κορυφή των βλαστών των φυτών (3ο-4ο πλήρως αναπτυγμένο φύλλο).

Επιπλέον, ελήφθησαν φύλλα για τη λήψη δίσκων ελάσματος (10 δίσκοι διαμέτρου 5 mm ανά φυτό, από 5 φυτά επαναλήψεις ανά μεταχείριση αλατότητας και ενδομυκορριζικού στελέχους. Η εκχύλιση των χλωροφυλλών και των καροτινοειδών, έγινε με ομογενοποίηση του φυτικού υλικού σε διάλυμα ακετόνης 80%, η οποία προσθέτονταν σταδιακά μέχρι τελικού όγκου 14 ml, σε falcon των 15 ml. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο σκοτάδι για 2 ώρες, ενώ αναδεύονταν σε συσκευή Vortex ανά δεκαπέντε λεπτά. Τέλος, μεταφέρθηκαν σε φυγόκεντρο στις 4000 στροφές για 5 λεπτά. Ακολούθησε η μέτρηση του υπερκείμενου κάθε δείγματος σε φωτόμετρο σε τρία μήκη κύματος (470 nm, 647 nm και 663 nm). Οι συγκεντρώσεις των

χλωροφυλλών a (Chla) και b (Chlb) και των καροτινοειδών (Car) υπολογίστηκαν με τη βοήθεια των μαθηματικών τύπων που ακολουθούν:

$$[Chla] = 12,25 * A_{663} - 2,79 * A_{647}$$

$$[Chlb] = 21,5 * A_{647} - 5,1 * A_{663}$$

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

2.4. Προσδιορισμός εκροής-διαρροής ηλεκτρολυτών

Δέκα (10) δίσκοι ελάσματος φύλλων, διαμέτρου 5 mm, τοποθετήθηκαν ξεχωριστά σε πλαστικούς σωλήνες που περιείχαν 3 ml μαννιτόλης συγκέντρωσης 0,3 M. Τα δείγματα παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου για 2h και κάθε 30 min πραγματοποιούταν ανάδευση με συσκευή Vortex. Έπειτα από 2h έγινε μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κάθε δείγματος C_1 και μέτρηση αγωγιμότητας του λευκού δείγματος C_{MAN} το οποίο περιείχε αποκλειστικά μαννιτόλη 0,3 M. Στη συνέχεια, τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε υδατόλουτρο για 15 min στους 80 °C. Έπειτα μεταφέρθηκαν κάτω από τρεχούμενο νερό για επαναφορά θερμοκρασίας σε επίπεδα δωματίου. Τέλος μετρήθηκε ξανά η ηλεκτρική αγωγιμότητας κάθε δείγματος C_2 . Το ποσοστό εκροής-διαρροής ηλεκτρολυτών από τις κυτταρικές μεμβράνες υπολογίστηκε από τον ακόλουθο τύπο:

$$\% \text{ εκροής ηλεκτρολυτών} = \frac{[C_1 - C_{MAN}]}{[C_2 - C_{MAN}]} * 100$$

2.5. Προσδιορισμός συγκεντρώσεων νατρίου, καλίου και ασβεστίου

Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των ανόργανων στοιχείων Ca, K, και Na σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες, αρχικά τα επιμέρους αποξηραμένα φυτικά τμήματα κονιοποιήθηκαν σε εργαστηριακό μύλο άλεσης. Εν συνεχεία, ζυγίστηκε 0,5 g αλεσμένου ξηρού φυτικού ιστού σε κάψες πορσελάνης. Τοποθετήθηκαν μέσα στον κλίβανο ξήρανσης στους 550 °C για 5,5 ώρες. Στη συνέχεια έγινε προσθήκη 5 ml πυκνού (68-70%) H_3NO_3 σε κάθε κάψα. Ακολούθησε διήθηση σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml με τη βοήθεια χάρτινου χωνιού. Οι ογκομετρικές φιάλες συμπληρώθηκαν μέχρι την χαραγή τους με απιονισμένο νερό και το διάλυμά τους εισήχθη σε αριθμημένα πλαστικά μπουκαλάκια. Στη συνέχεια, μετρήθηκαν τα στοιχεία Ca (%), K (%) και Na (%) σε φλογοφωτόμετρο, πάντα με τη βοήθεια βαθνονομημένων καμπυλών για κάθε στοιχείο που έγιναν με τη βοήθεια αντίστοιχων και κατάλληλων πρότυπων διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσής τους.

2.5.1. Υπολογισμός των ποσοτήτων των ανόργανων στοιχείων

Πολλαπλασιάζοντας τα ξηρά βάρη των επιμέρους φυτικών οργάνων κάθε φυτού με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των K, Ca και Na, εκφρασμένες επί ξηρού βάρους, υπολογίστηκαν οι ποσότητες αυτών των στοιχείων στα φύλλα, στους βλαστούς και στις ρίζες, στο υπέργειο μέρος, και συνολικά στο φυτό της ελιάς.

2.6. Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS και για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Duncan (Duncan's multiple range test), για επίπεδο πιθανότητας 5% ($p=0,05$).

Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα

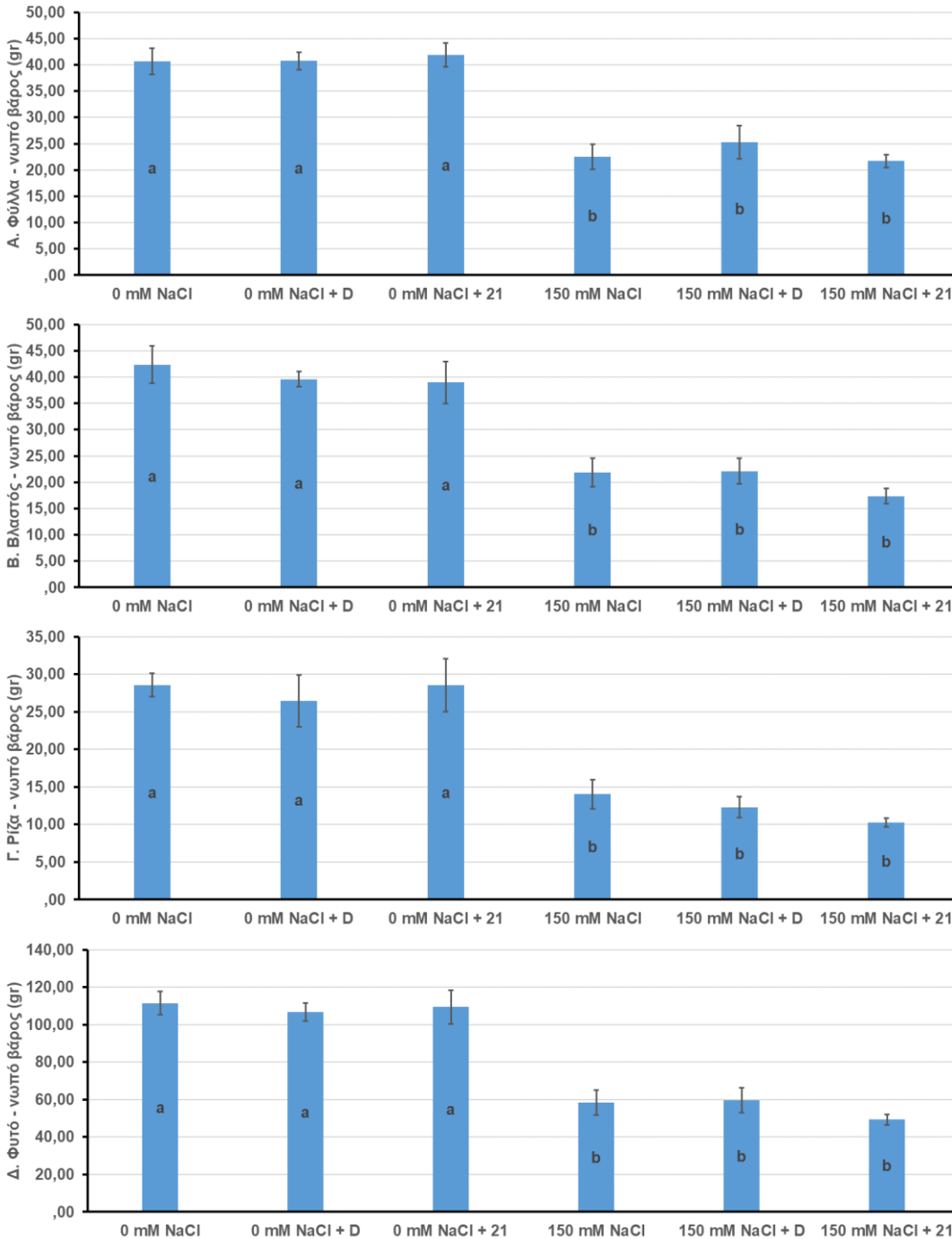
3.1. Φυτική αύξηση

3.1.1. Νωπό βάρος φυτικών ιστών

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στα νωπά βάρη των φύλλων (**Εικ. 9Α**), των βλαστών (**Εικ. 9Β**) και των ριζών (**Εικ. 9Γ**) αλλά και του συνολικού νωπού βάρους των φυτών (**Εικ. 9Δ**) της ποικιλίας ελιάς «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 9**).

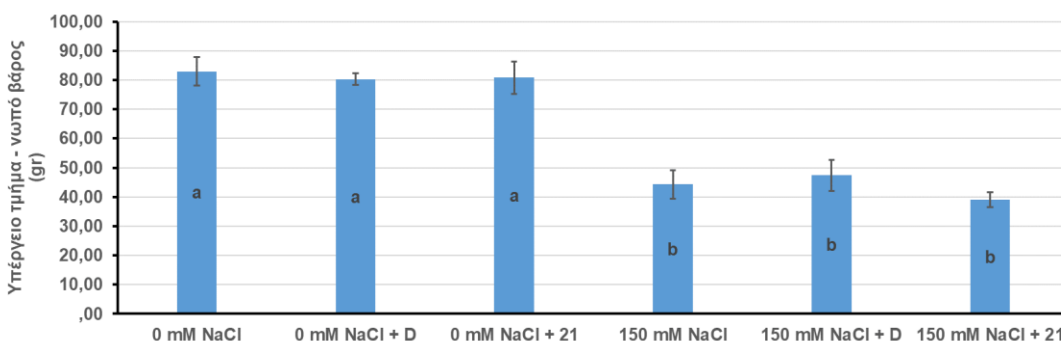
Όσον αφορά το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 10**).

Επιπλέον, ο λόγος του υπέργειου μέρους προς τη ρίζα των φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), σημείωσε μια σχετική αύξηση συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Η αύξηση ήταν ιδιαίτερα αισθητή στη μεταχείριση 150 mM NaCl και παρουσία των μυκορριζικών στελεχών D και 21 (**Εικ. 11**).



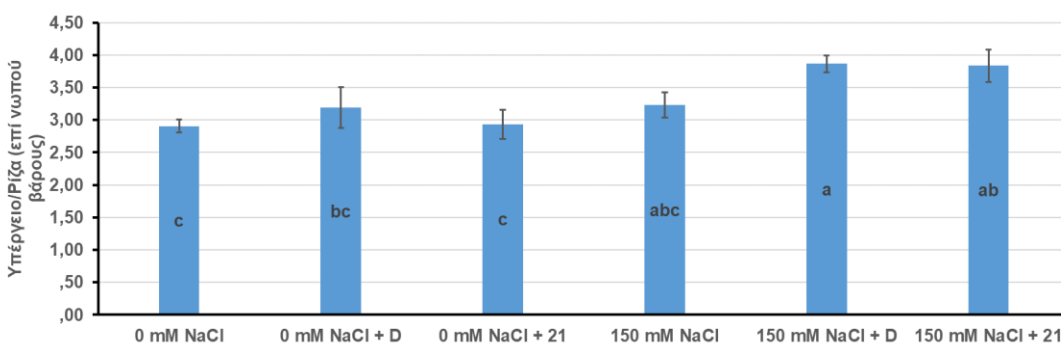
Εικόνα 9. Νωπό βάρος φύλλων (Α), βλαστών (Β), ρίζας (Γ) και συνολικά των φυτών (Δ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).



Εικόνα 10. Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).



Εικόνα 11. Λόγος Υπέργειο/Ρίζα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

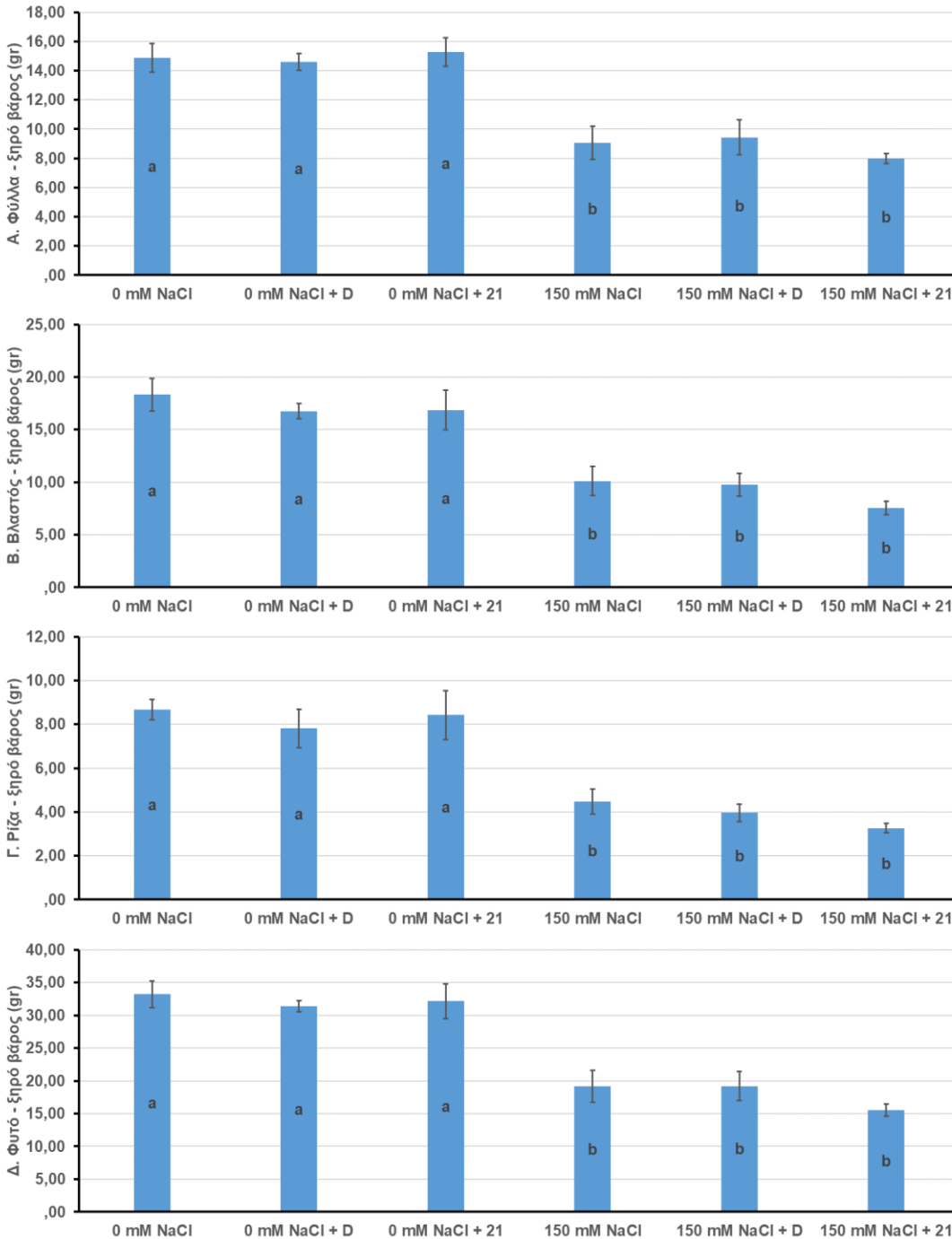
Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.1.2. Ξηρό βάρος φυτικών ιστών

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στα ξηρά βάρη των φύλλων (**Εικ. 12Α**), των βλαστών (**Εικ. 12Β**) και των ριζών (**Εικ. 12Γ**) αλλά και του συνολικού ξηρού βάρους των φυτών (**Εικ. 12Δ**) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 12**).

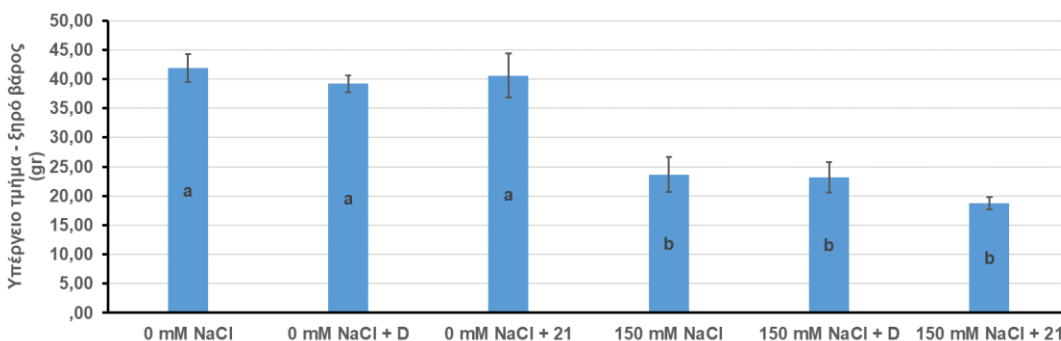
Ομοίως, όσον αφορά το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ωστόσο ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα **(Εικ. 13)**.

Κατά γενική ομολογία, ο λόγος Υπέργειο/Ρίζα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» σημείωσε σχετική αύξηση υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl), χωρίς όμως να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα **(Εικ. 14)**.



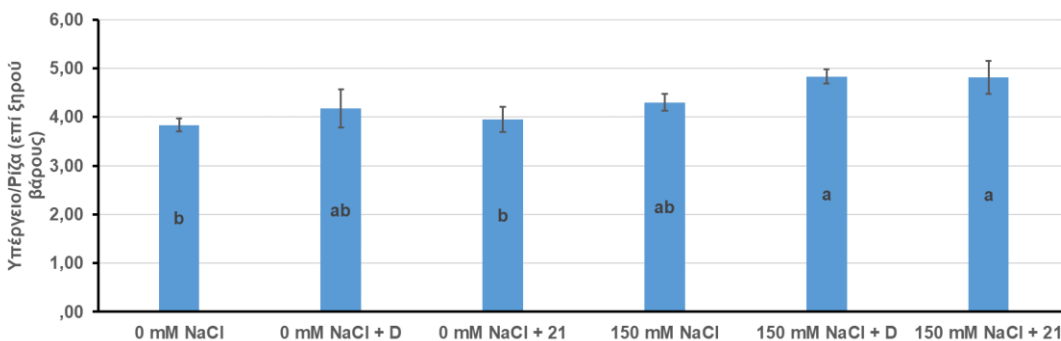
Εικόνα 12. Ξηρό βάρος φύλλων (Α), βλαστών (Β), ρίζας (Γ) και συνολικά του φυτού (Δ) της ελιάς ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).



Εικόνα 13. Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).



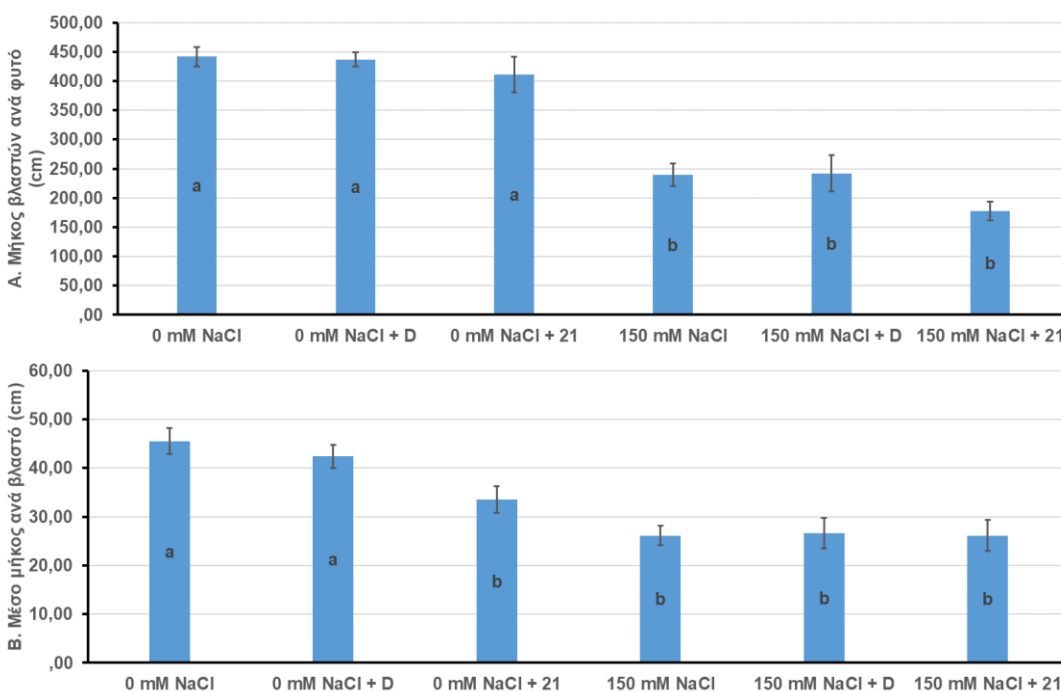
Εικόνα 14. Λόγος Yπέργειο/Ρίζα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.1.3. Αριθμός βλαστών και σχετικές παράμετροι

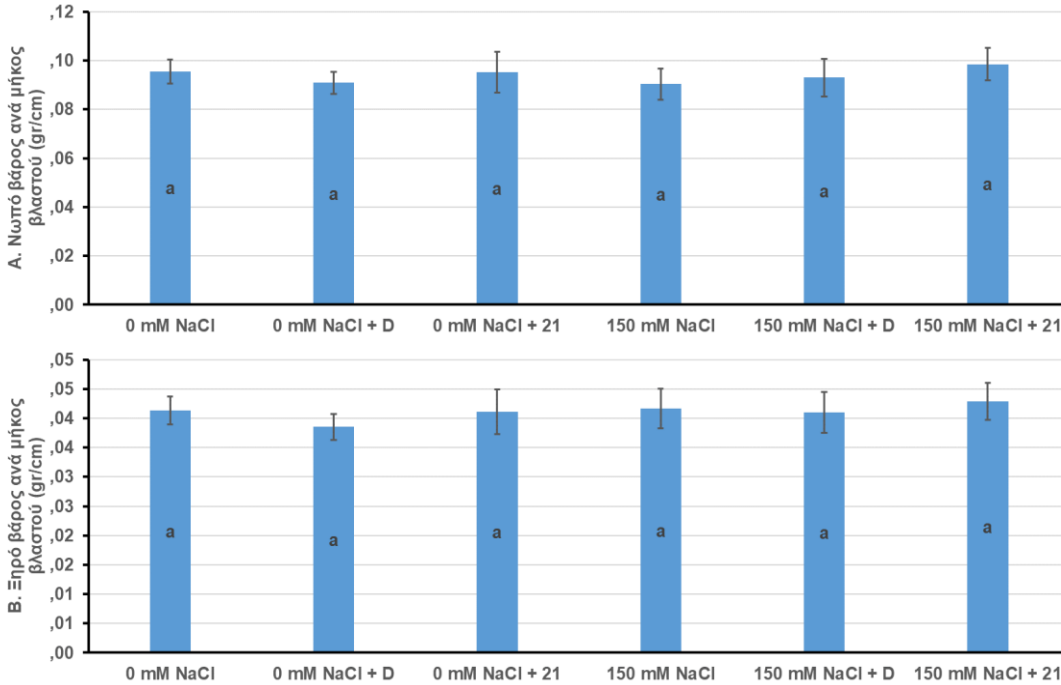
Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο συνολικό μήκος των βλαστών ανά φυτό (**Εικ. 15A**) καθώς και στο μέσο μήκος ανά βλαστό (**Εικ. 15B**) των φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 15**).

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή στο νωπό βάρος ανά μήκος βλαστού (**Εικ. 16A**) αλλά ούτε και στο ξηρό βάρος ανά μήκος βλαστού (**Εικ. 16B**) των φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 16**).



Εικόνα 15. Μήκος βλαστών ανά φυτό (A) και μέσο μήκος ανά βλαστό (B) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

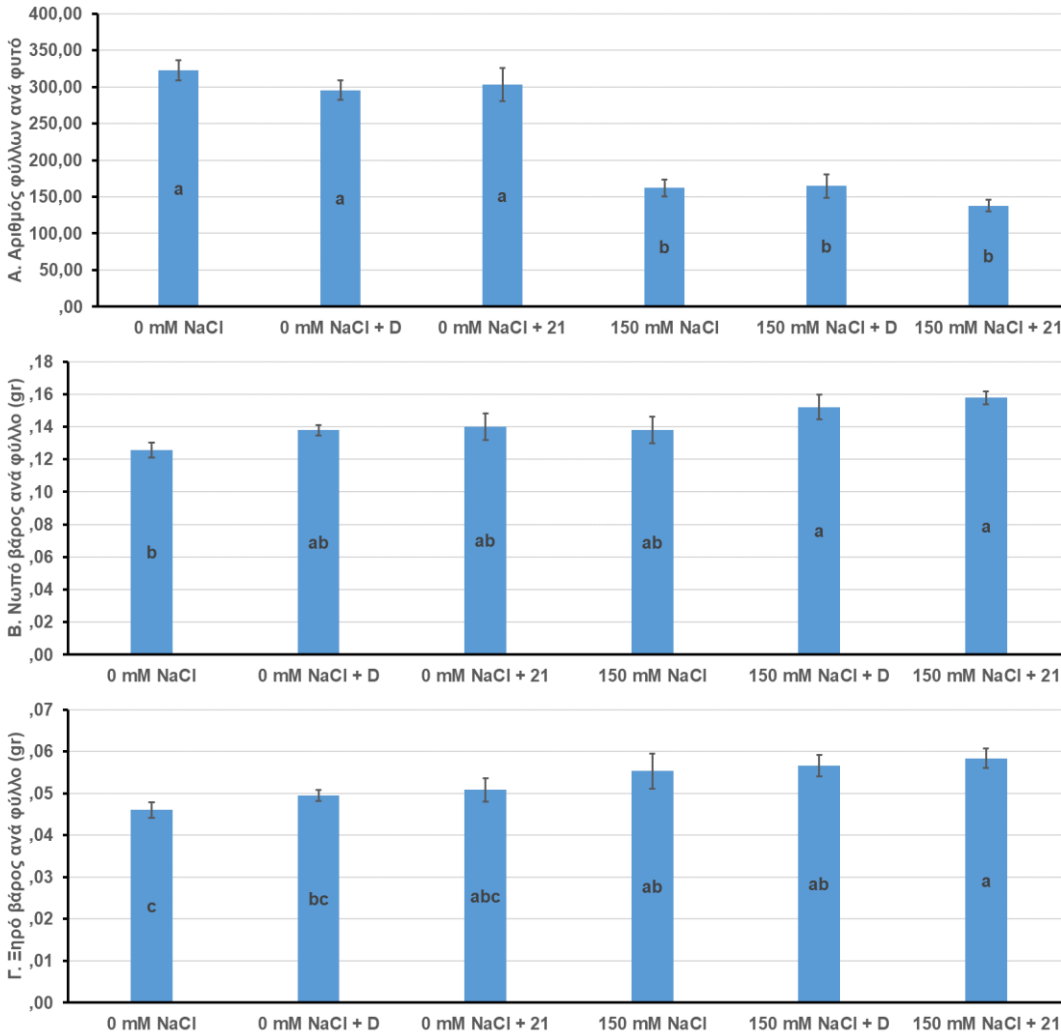


Εικόνα 16. Νωπό βάρος ανά μήκος βλαστού (A) και ξηρό βάρος ανά μήκος βλαστού (B) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.1.4. Αριθμός φύλλων και σχετικές παράμετροι

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό (**Εικ. 17Α**) και παράλληλα καταγράφηκε μια τάση μικρής αύξησης τόσο στο νωπό βάρος ανά φύλλο (**Εικ. 17Β**) όσο και στο ξηρό βάρος ανά φύλλο (**Εικ. 17Γ**) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 17**).



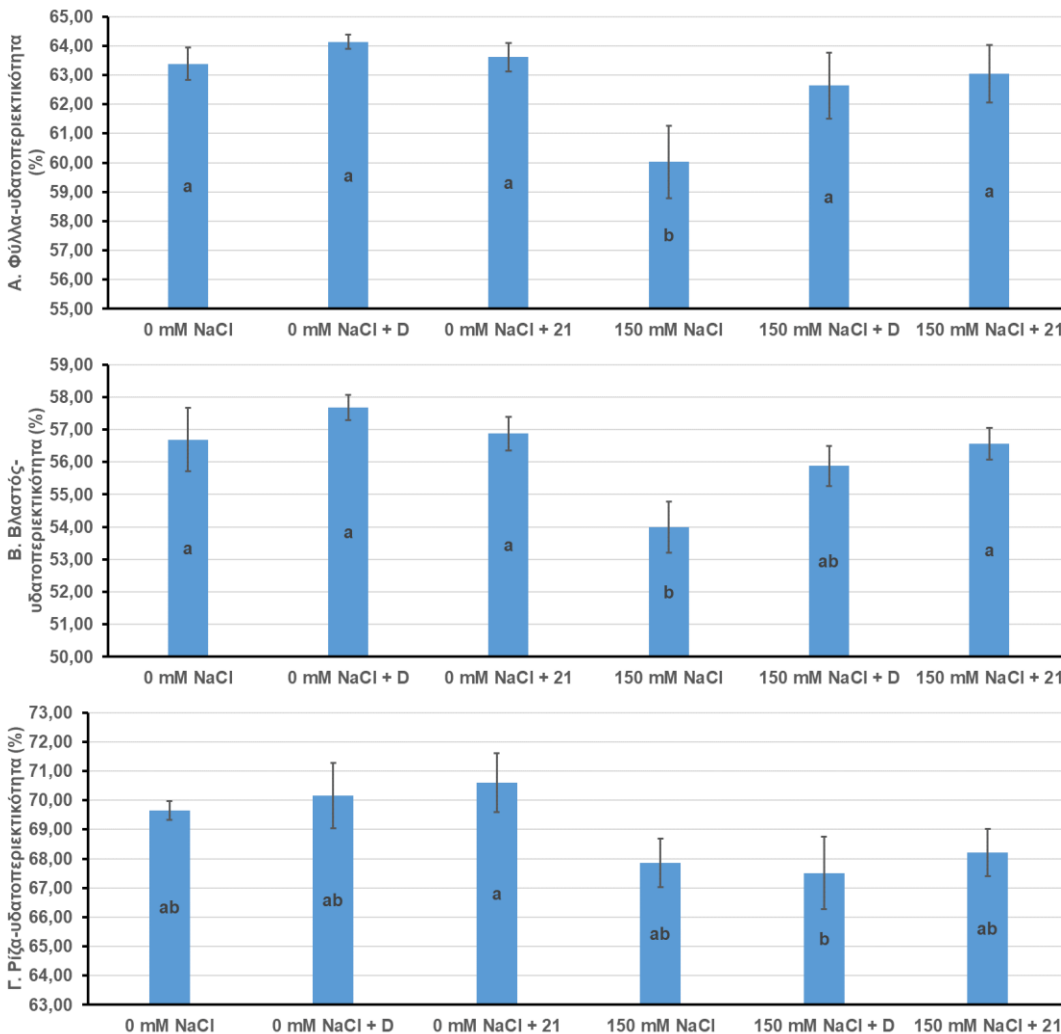
Εικόνα 17. Αριθμός φύλλων ανά φυτό (Α), νωπό βάρος ανά φύλλο (Β) και ξηρό βάρος ανά φύλλο (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.2. Υδατοπεριεκτικότητα φυτικών ιστών

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) και χωρίς την παρουσία κάποιου ενδομυκορριζικού στελέχους και συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην υδατοπεριεκτικότητα κυρίως των φύλλων (**Εικ. 18Α**) και των βλαστών (**Εικ. 18Β**) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», ενώ στις ρίζες (**Εικ. 18Γ**) δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μεταβολή. Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς

NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 18**), με εξαίρεση την αυξημένη υδατοπεριεκτικότητα φύλλων και βλαστών που παρατηρήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες αλατότητας και παρουσία των μυκορριζικών εμβολίων 21 και δευτερεύοντος του D (**Εικ. 18A, 18B**), σε σύγκριση με αυτά της μεταχείρισης 150 mM NaCl χωρίς μυκόρριζα.



Εικόνα 18. Υδατοπεριεκτικότητα φύλλων (Α), βλαστών (Β) και ρίζας (Γ) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

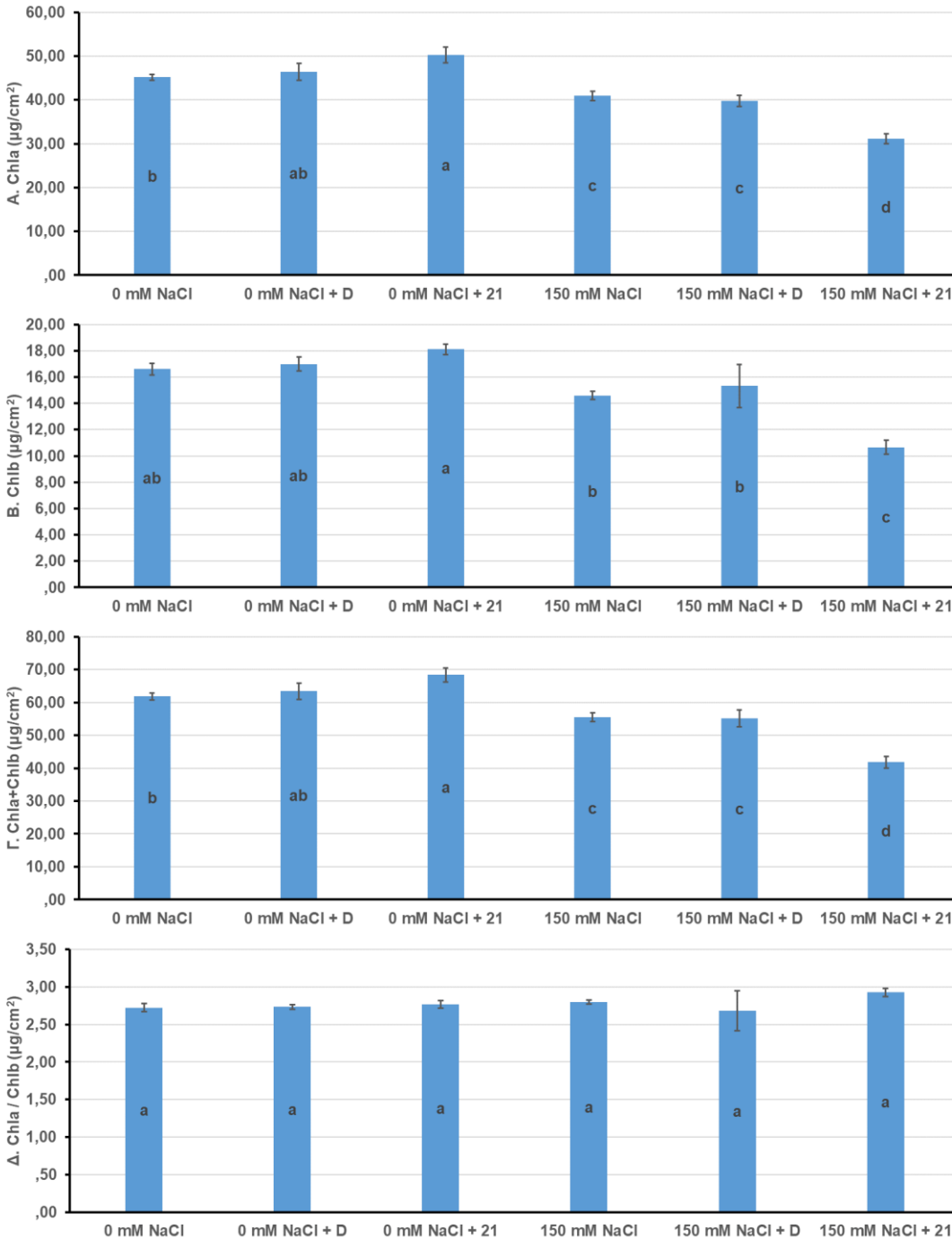
Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.3. Συγκεντρώσεις χλωροφυλλών και καροτενοειδών στα φύλλα

3.3.1. Εργαστηριακός προσδιορισμός

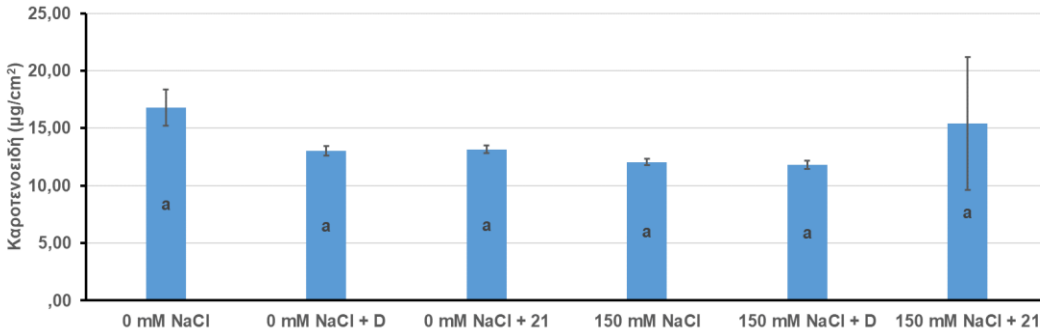
Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α (chl_a) (**Εικ. 19Α**) και χλωροφύλλης β (chl_b) (**Εικ. 19Β**) καθώς και του αθροίσματός τους (α+β) (**Εικ. 19Γ**), ενώ στην περίπτωση του λόγου τους (χλωροφύλλη α προς χλωροφύλλη β) (**Εικ. 19Δ**) δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική μεταβολή, συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις περισσότερες από τις προαναφερόμενες παραμέτρους τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία του μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21) (αυξημένες τιμές χλωροφυλλών α και α+β στον μάρτυρα – το αντίθετο παρατηρήθηκε υπό συνθήκες αλατότητας) (**Εικ. 19**).

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στις συγκεντρώσεις καροτενοειδών στα φύλλα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl), ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 20**).



Εικόνα 19. Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21): χλωροφύλλη A (A), χλωροφύλλη B (B), άθροισμα χλωροφυλλών A και B (Γ), και λόγος χλωροφύλλης A προς χλωροφύλλη B (Δ).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

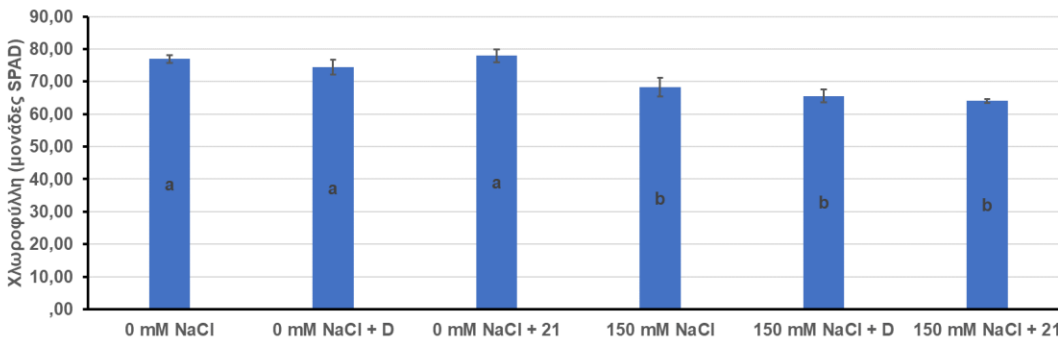


Εικόνα 20. Συγκέντρωση καροτενοειδών στα φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.3.2. Μέτρηση με χλωροφυλλομετρο SPAD

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD) στα φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τη μέτρηση της χλωροφύλλης με το χλωροφυλλόμετρο SPAD μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 21**).

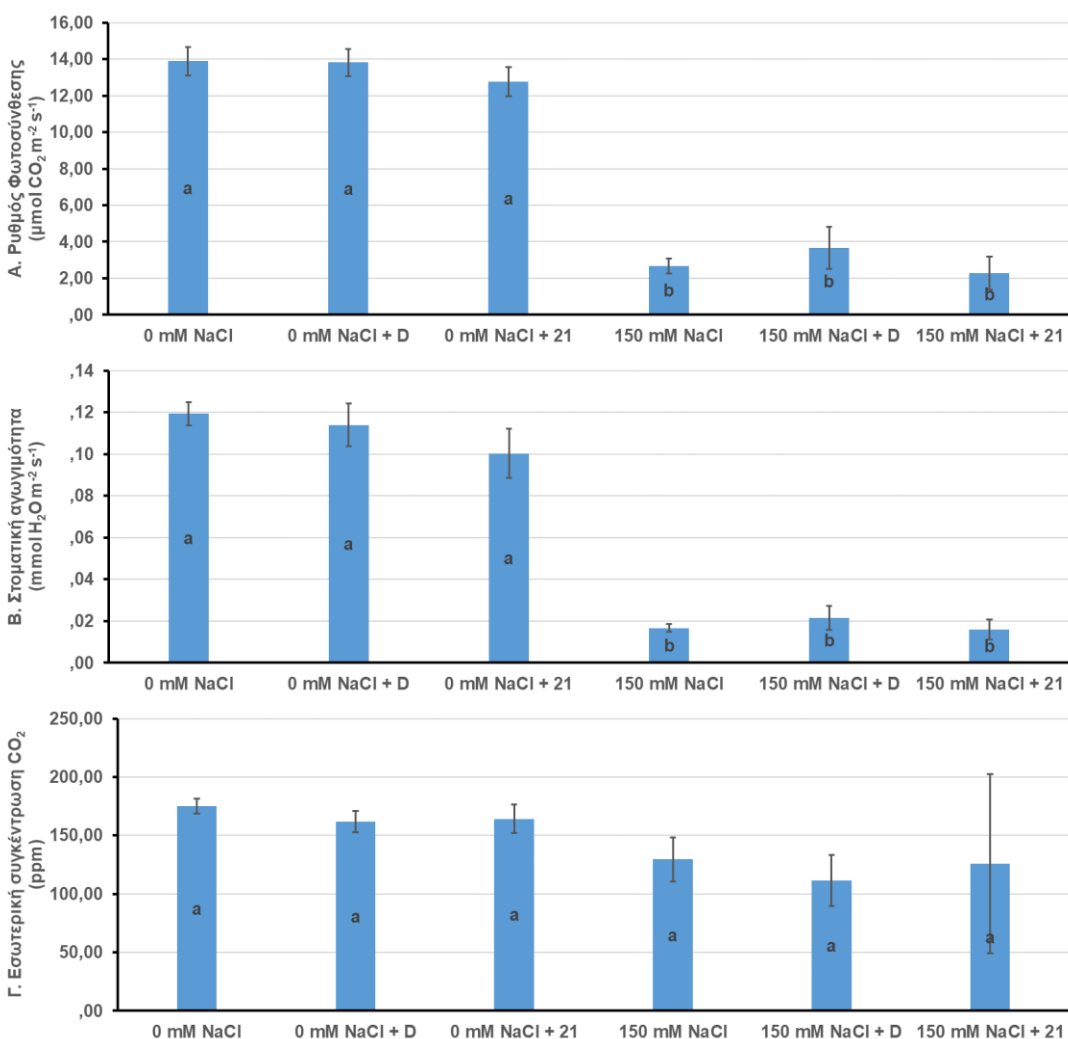


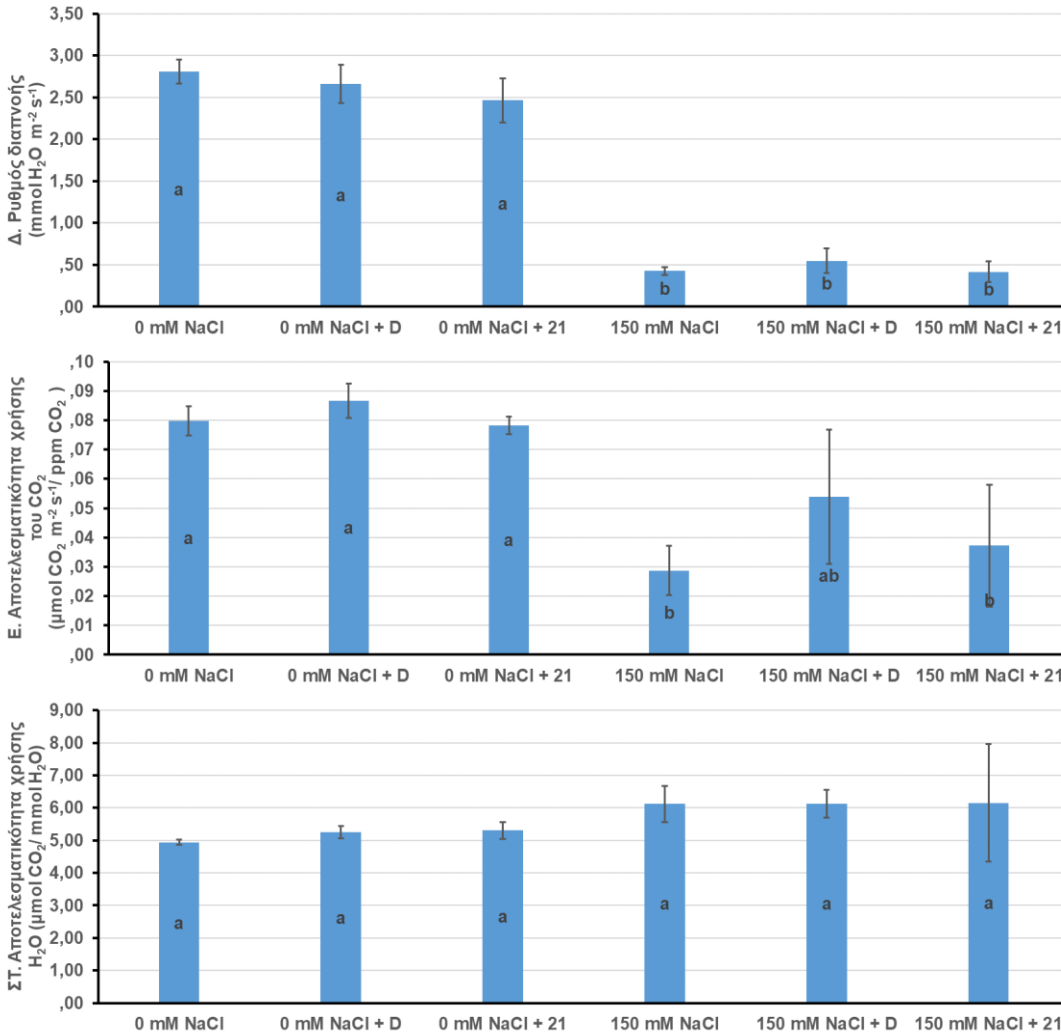
Εικόνα 21. Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.4 Φωτοσυνθετικές παράμετροι

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) και συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στον ρυθμό φωτοσύνθεσης (**Εικ. 22Α**), στη στοματική αγωγιμότητα (**Εικ. 22Β**), στον ρυθμό διαπνοής των φύλλων (**Εικ. 22Δ**) και στην αποτελεσματικότητα χρήσης του CO₂ (**Εικ. 22Ε**), χωρίς ωστόσο να μεταβληθεί σημαντικά ούτε η αποτελεσματικότητα χρήσης H₂O (**Εικ. 22ΣΤ**) ούτε η εσωτερική συγκέντρωση του CO₂ (**Εικ. 22Γ**) στα φύλλα της ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη». Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις σε καμιά από τις προαναφερόμενες παραμέτρους που να οφείλονταν στην παρουσία των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 22**).





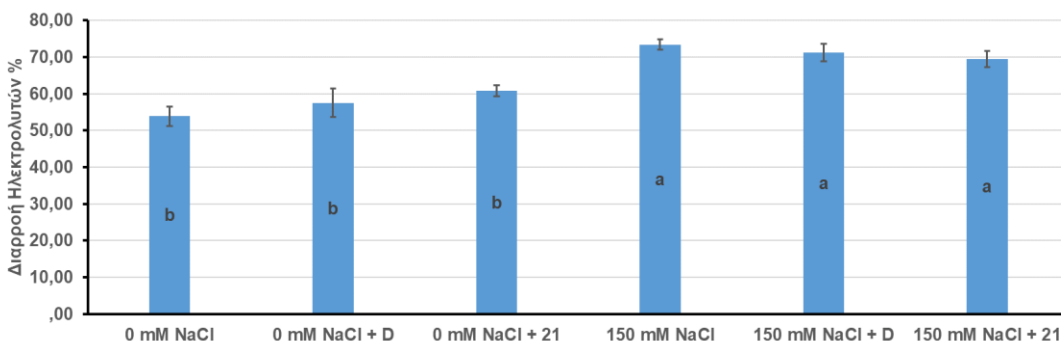
Εικόνα 22. Ρυθμός φωτοσύνθεσης (Α), στοματική αγωγιμότητα (Β), εσωτερική συγκέντρωση CO₂ (Γ), ρυθμός διαπνοής (Δ), αποτελεσματικότητα χρήσης του CO₂ (Ε) και αποτελεσματικότητα χρήσης H₂O (ΣΤ) σε φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (± SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας P≤0,05 (Duncan's multiple range test, n=5).

3.5. Διαρροή Ηλεκτρολυτών

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη διαρροή ηλεκτρολυτών στα φύλλα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά και μεταξύ αυτών της

μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 23**).

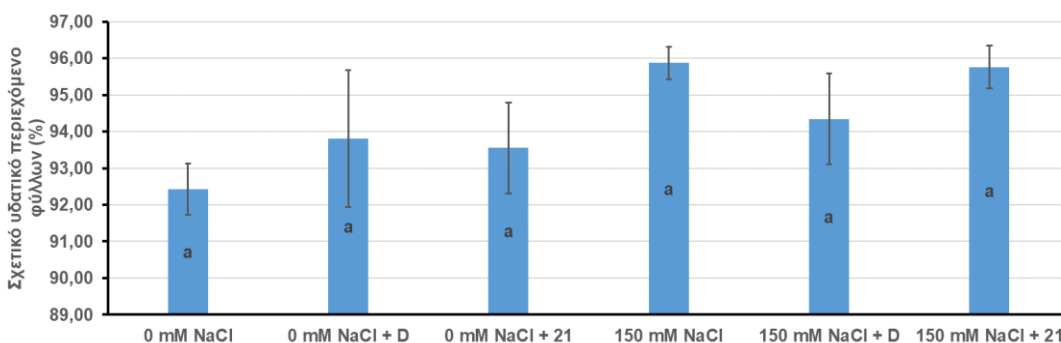


Εικόνα 23. Διαρροή ηλεκτρολυτών σε φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.6. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο φύλλων

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) και συγκριτικά με τον μάρτυρα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση ως προς το σχετικό υδατικό δυναμικό των φύλλων των φυτών της ποικιλίας ελιάς «Κορωνέικη». Επιπρόσθετα, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές επιδράσεις από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα, ανεξάρτητα από το επίπεδο της αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) (**Εικ. 24**).



Εικόνα 24. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο φύλλων ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

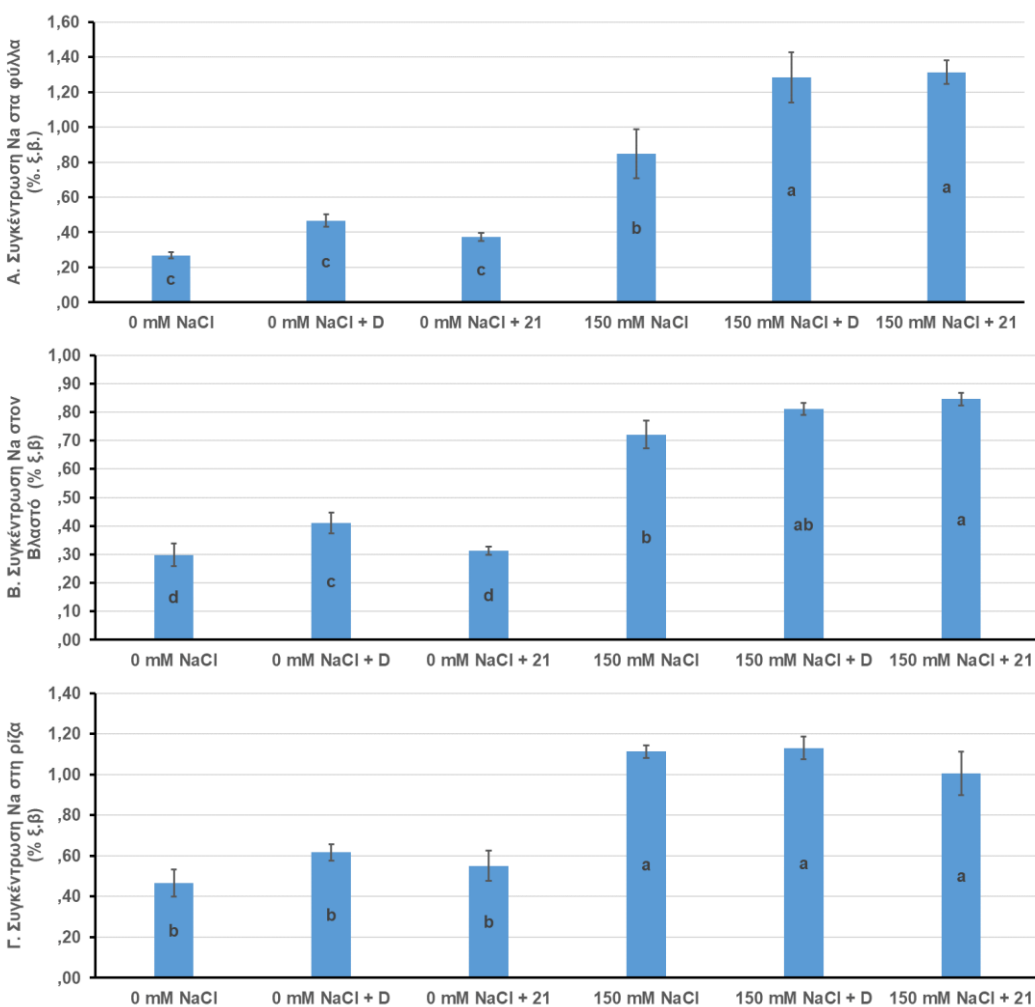
Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7. Ανόργανα στοιχεία

3.7.1. Νάτριο

3.7.1.1. Συγκέντρωση Na

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση Na των φύλλων (**Εικ. 25A**), των βλαστών (**Εικ. 25B**) και των ριζών (**Εικ. 25Γ**) των φυτών της ποικιλίας ελιάς «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους, με εξαίρεση το Na στη ρίζα των φυτών που αναπτύχθηκαν με 150 mM NaCl, οφειλόμενες στα μυκορριζικά στελέχη που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, τα μυκορριζικά στελέχη στη μεταχείριση 150 mM NaCl συνέβαλαν σε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του Na στα φύλλα (D, 21) και στον βλαστό (21) (**Εικ. 25**).

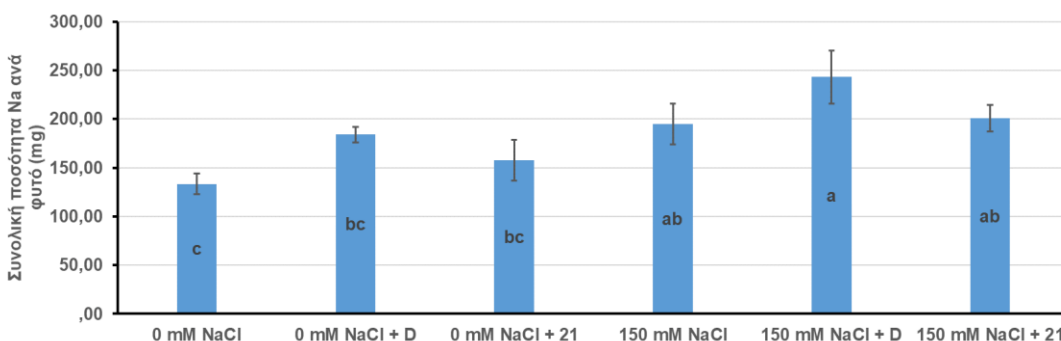


Εικόνα 25. Συγκέντρωση Na σε φύλλα (A), βλαστό (B) και ρίζα (Γ) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.1.2. Ποσότητα Na

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) και ανεξάρτητα από την παρουσία μυκορριζών, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην ποσότητα Na ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl) χωρίς μυκόρριζα (**Εικ. 26**). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 26**).

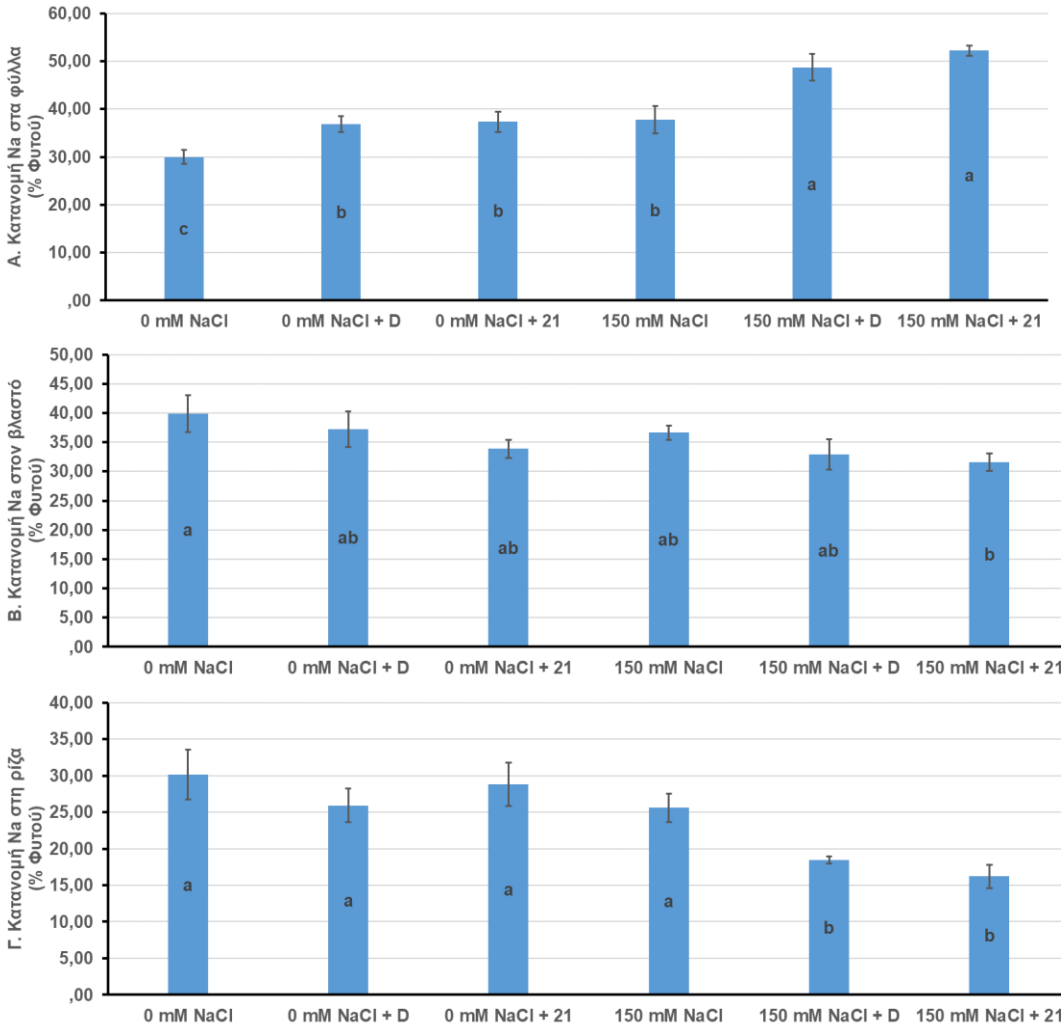


Εικόνα 26. Συνολική ποσότητα Na ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.1.3. Κατανομή Na

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) και συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην κατανομή του Na του φυτού στα φύλλα του (**Εικ. 27A**), ενώ αντίθετα παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης του Na του φυτού που είχε επενδυθεί στον βλαστό (**Εικ. 27B**) και ιδιαίτερα στη ρίζα (**Εικ. 27Γ**). Ανεξάρτητα από τη μεταχείριση (0 ή 150 mM NaCl), και τα δύο μυκορριζικά στελέχη που δοκιμάστηκαν συνέβαλαν στην αυξημένη κατανομή του φυτικού Na στα φύλλα των φυτών (**Εικ. 27A**).



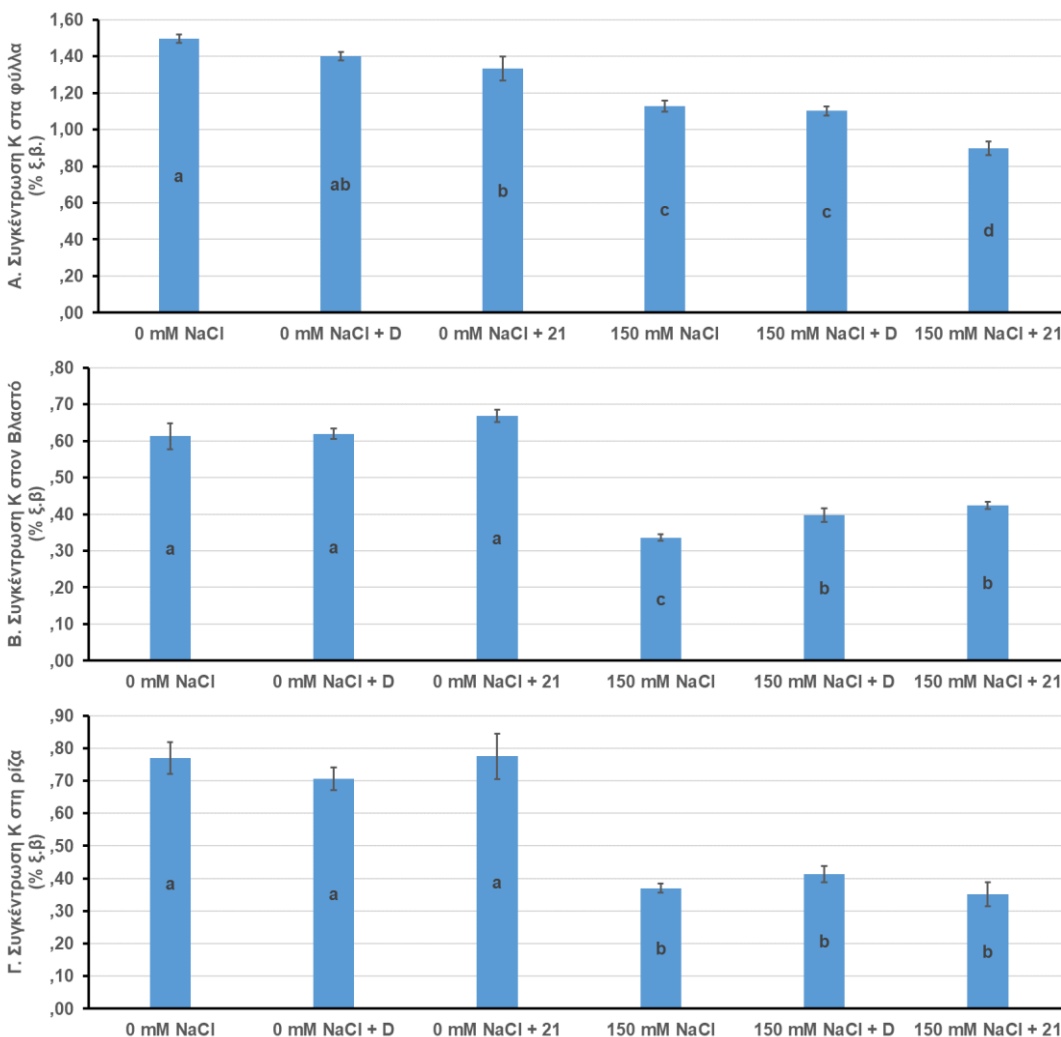
Εικόνα 27. Κατανομή Na σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.2. Κάλιο

3.7.2.1. Συγκέντρωση K

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη συγκέντρωση K των φύλλων (**Εικ. 28A**), των βλαστών (**Εικ. 28B**) και των ριζών (**Εικ. 28Γ**) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl), ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα.

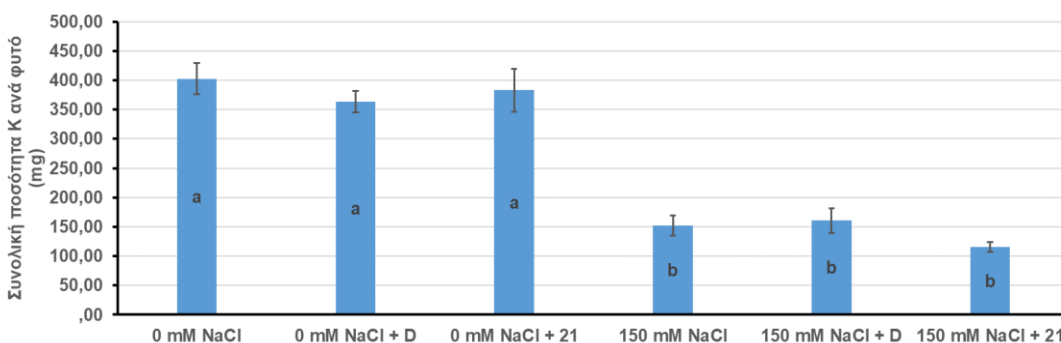


Εικόνα 28. Συγκέντρωση K σε φύλλα (A), βλαστό (B) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.2.2. Ποσότητα Κ

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη συνολική ποσότητα Κ ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τη συνολική ποσότητα Κ ανά φυτό τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες στην παρουσία των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 29**).

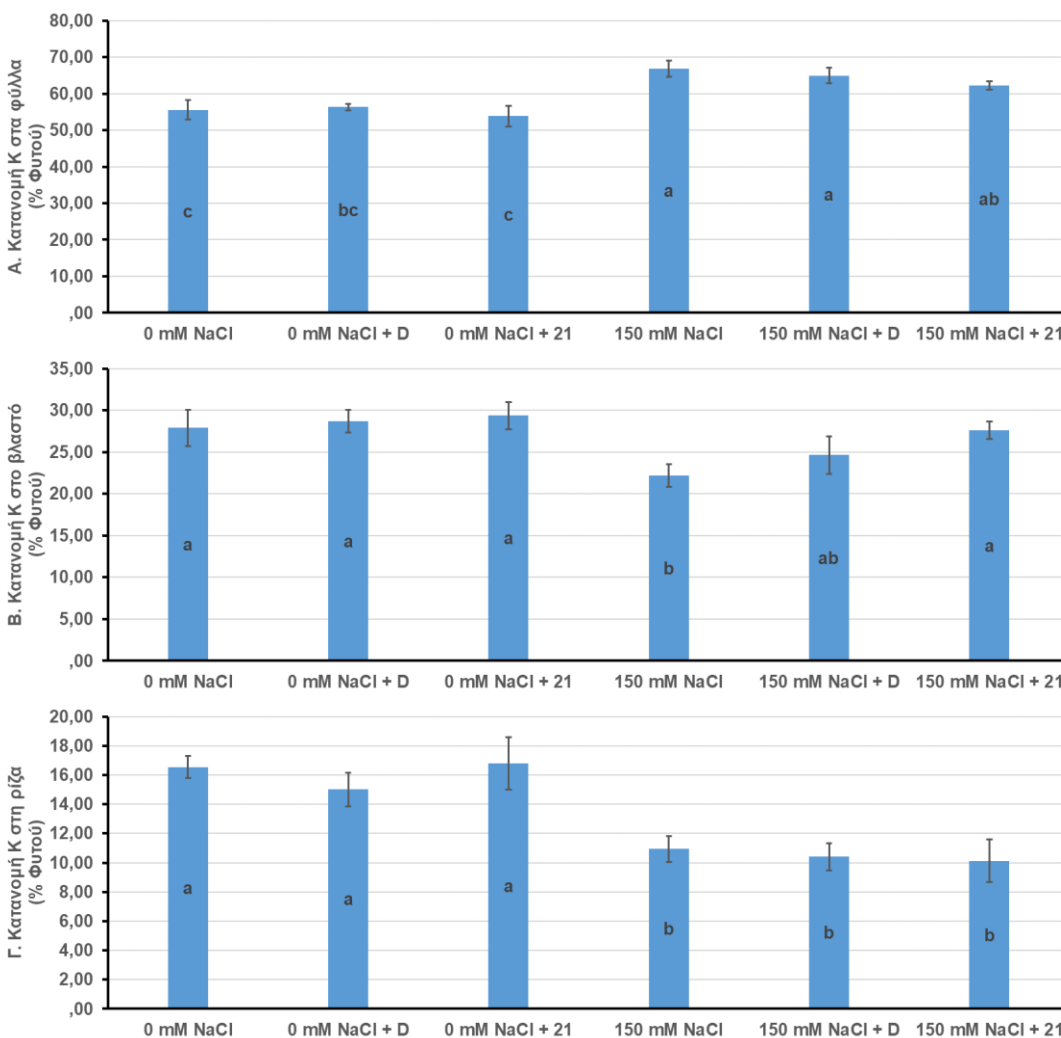


Εικόνα 29. Συνολική ποσότητα Κ ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.2.3. Κατανομή Κ

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην κατανομή Κ των φύλλων (**Εικ. 30Α**), ενώ αντίθετα σημαντική μείωση στην κατανομή Κ των βλαστών (**Εικ. 30Β**) και των ριζών (**Εικ. 30Γ**) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 30**) μόνο στην περίπτωση κατανομής Κ στη ρίζα.



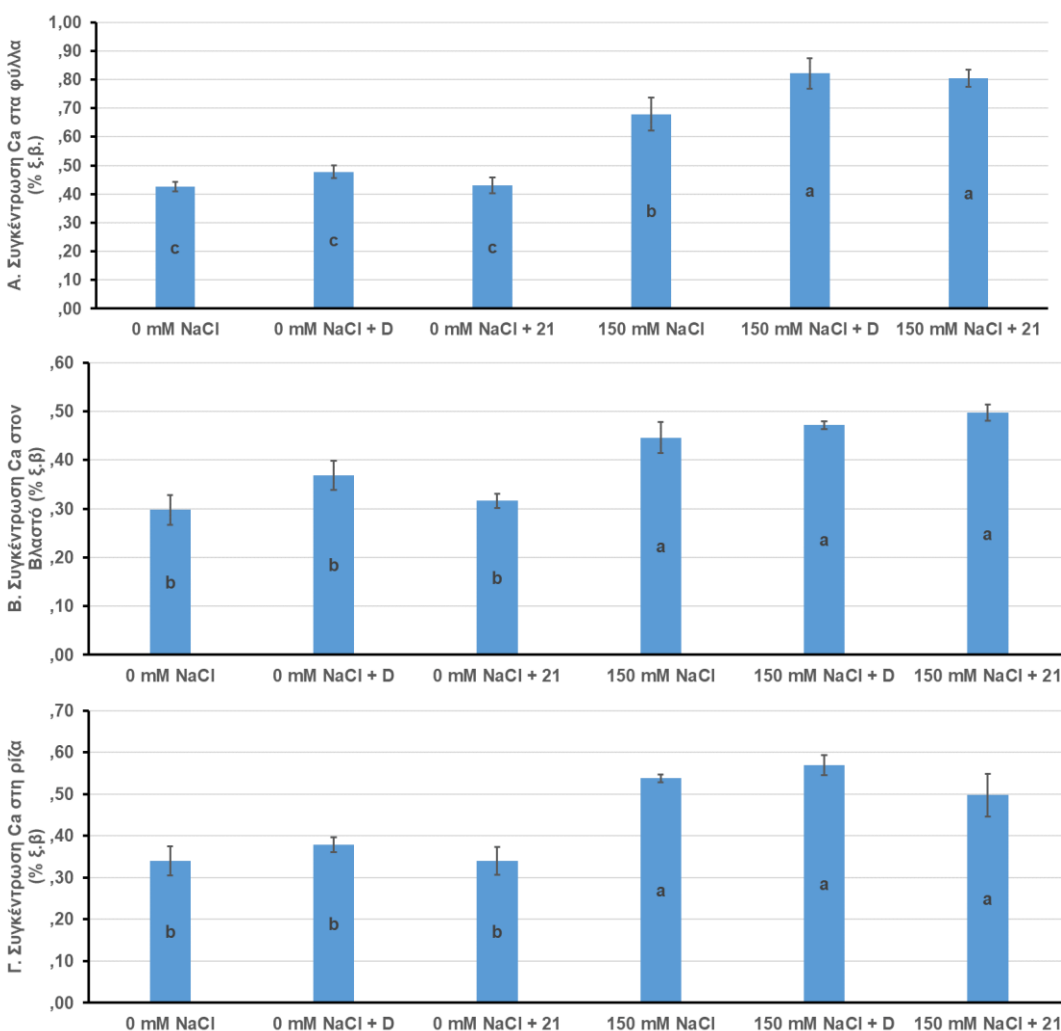
Εικόνα 30. Κατανομή Κ σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.3. Ασβέστιο

3.7.3.1. Συγκέντρωση Ca

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση Ca των φύλλων (**Εικ. 31A**), των βλαστών (**Εικ. 31B**) και των ριζών (**Εικ. 31Γ**) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες μεταβολές στις συγκεντρώσεις του Ca στα διάφορα φυτικά μέρη που να οφείλονταν στις δύο μεταχειρίσεις με μυκόρριζες που δοκιμάστηκαν (**Εικ. 31**).

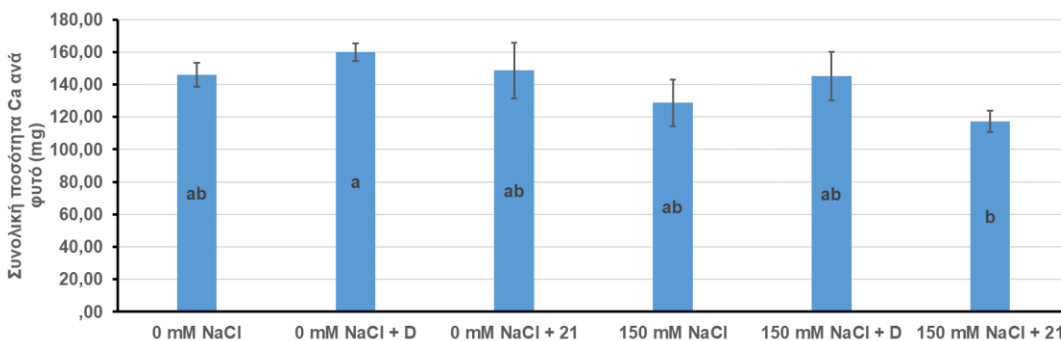


Εικόνα 31. Συγκέντρωση Ca σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.3.2. Ποσότητα Ca

Η συνολική ποσότητα του Ca ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» δεν μεταβλήθηκε αξιολογικά από τις μεταχειρίσεις της αλατότητας ή/και από την παρουσία των δύο μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα (**Εικ. 32**).

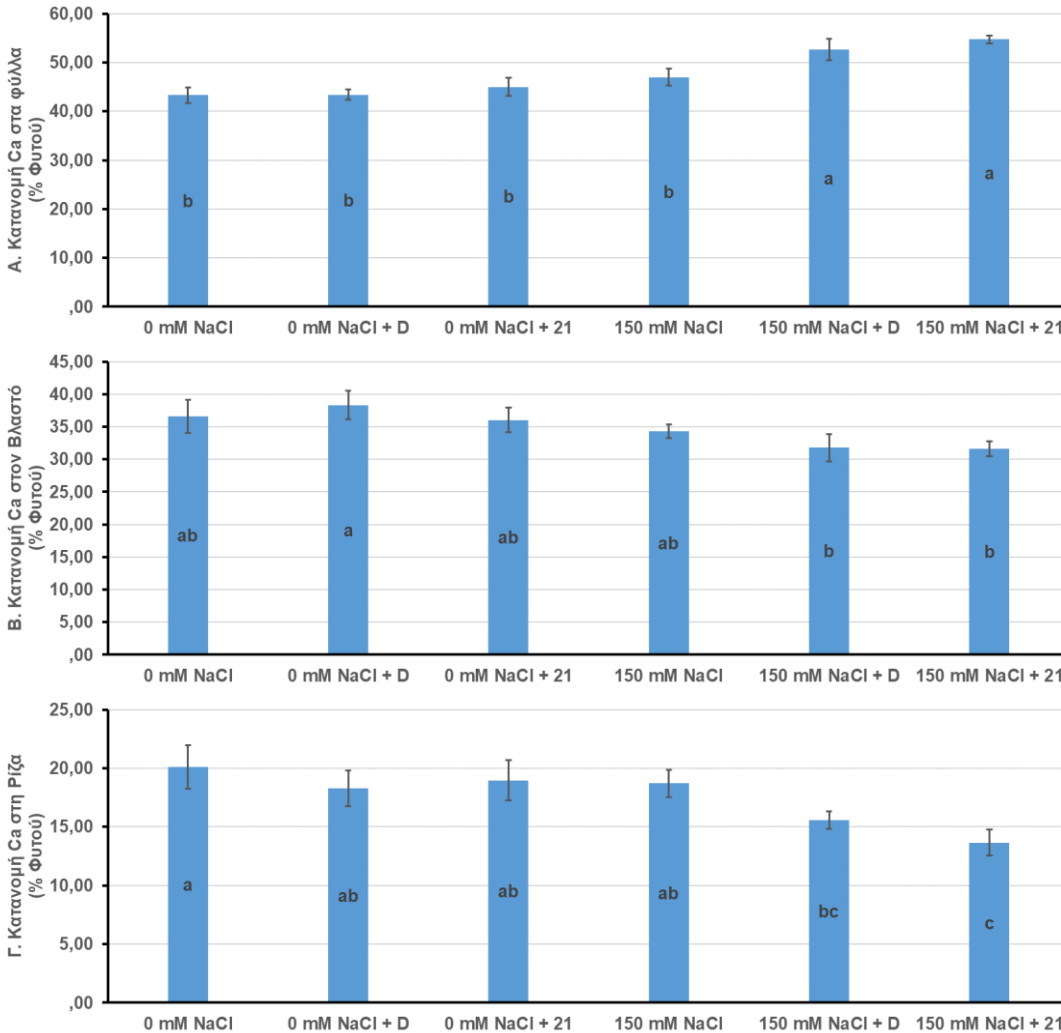


Εικόνα 32. Συνολική ποσότητα Ca ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.3.3 Κατανομή Ca

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην κατανομή K των φύλλων στις μεταχειρίσεις με τα μυκορριζικά στελέχη D και 21 (**Εικ. 33A**) και παράλληλα μια τάση μείωσης της κατανομής του Ca στο βλαστό (**Εικ. 33B**) και ιδιαίτερα στη ρίζα (**Εικ. 33Γ**) των φυτών της ποικιλίας ελιάς «Κορωνέικη».

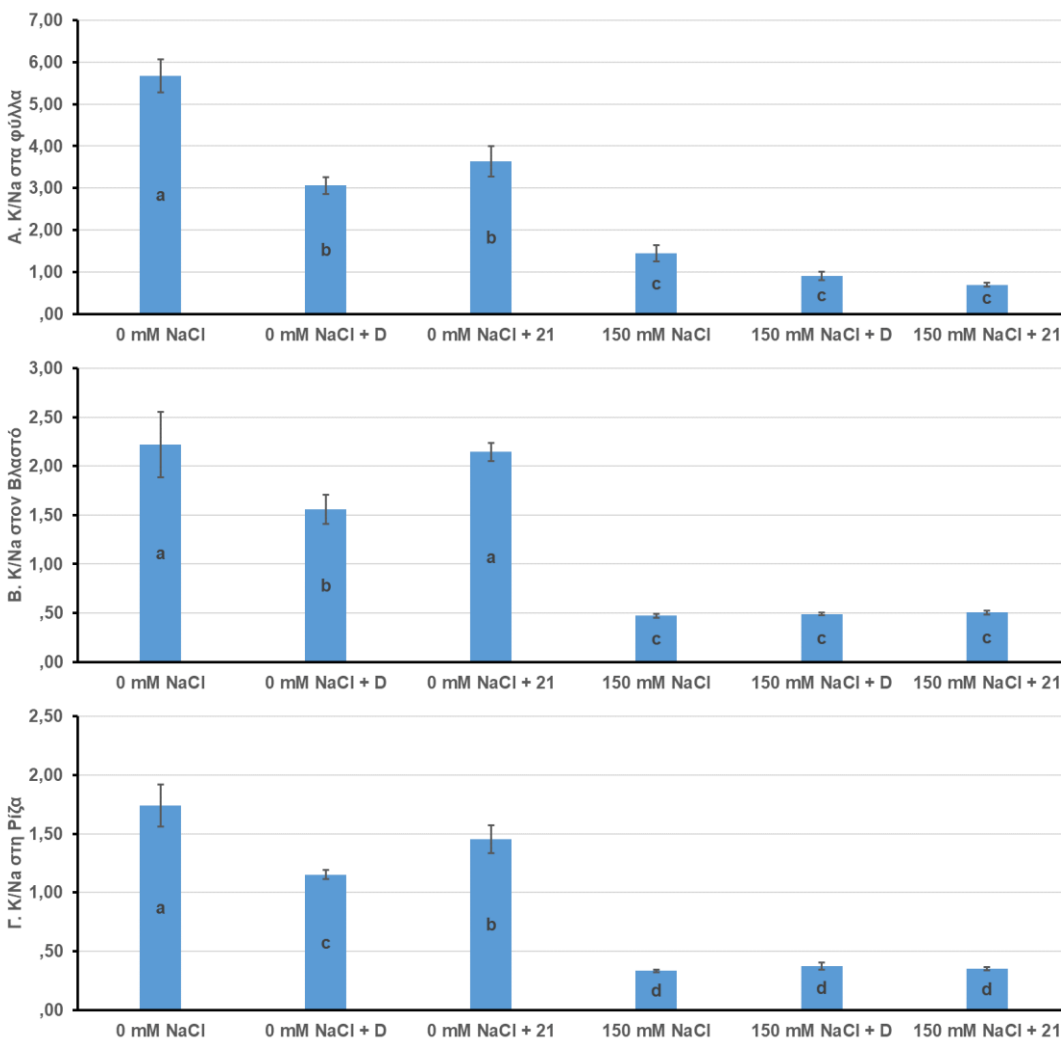


Εικόνα 33. Κατανομή Ca σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

3.7.4. Λόγος Καλίου προς Νάτριο

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) και συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στον λόγο K/Na των φύλλων (**Εικ. 34Α**), των βλαστών (**Εικ. 34Β**) και των ριζών (**Εικ. 34Γ**) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη». Στη μεταχείριση 150 mM NaCl δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση των μυκορριζών D και 21, σε αντίθεση με την περίπτωση του μάρτυρα (0 mM NaCl) όπου τα φυτά που αναπτύχθηκαν παρουσία μυκορριζών σημείωσαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές του λόγου K/Na ιδιαίτερα στα φύλλα (**Εικ. 34Α**) και τη ρίζα τους (**Εικ. 34Γ**).



Εικόνα 34. Λόγος Κ/Να σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Οι μέσοι όροι (\pm SE) της ίδιας παραμέτρου που ακολουθούνται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο πιθανότητας $P \leq 0,05$ (Duncan's multiple range test, $n=5$).

Κεφάλαιο 4: Συζήτηση και Συμπεράσματα

Τα υψηλά επίπεδα αλάτων στο έδαφος έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, η αντοχή των φυτών στα άλατα εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία τους. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στην ελιά όπου η αντοχή της στα άλατα εξαρτάται από την ποικιλία της (Πηγή Κυριάκος Π. Παναγιωτόπουλος, 'B έκδοση 2010). Το αντικείμενο της παρούσας μελέτης αφορούσε την απόκριση φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας με την παρουσία στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων.

Στη φυτική αύξηση υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), σε γενικές γραμμές παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις σχετικές παραμέτρους (νωπό βάρος φυτικών ιστών, ξηρό βάρος φυτικών ιστών, στον αριθμό των βλαστών και τις σχετικές τους παραμέτρους, αριθμός φύλλων και τις σχετικές παραμέτρους) με εξαίρεση στο νωπό και ξηρό βάρος ανά φύλλο όπου καταγράφηκε μια τάση μικρής αύξησης. Διδακτορική μελέτη που αφορούσε την αντίδραση των ποικιλιών ελιάς «χονδρολιά Χαλκιδικής», «Manzanilla de Sevilla» και «Καλαμών» σε διάφορες αραιώσεις θαλασσινού νερού σε συνθήκες θερμοκηπίου. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε μίγμα άμμου:περλίτη (1:1) και ποτίζονταν με 50% θρεπτικό διάλυμα Hoagland που περιείχε και 0, 4.3, 8.5, 12.8, 17.1 ή 21.3% θαλασσινού νερού. Το πείραμα έδειξε ότι το θαλασσινό νερό προκάλεσε μείωση της αύξησης των φυτών (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Επίσης διδακτορική μελέτη που αφορούσε την αύξηση υποκειμένων ελιάς *oblonga* και αγριελιά υπό συνθήκες αλατότητας έδειξε ότι προκλήθηκε μείωση του ξηρού βάρους των φυτών, της επιμήκυνσης του κεντρικού βλαστού, του αριθμού και του μήκους των πλάγιων βλαστών, του αριθμού και της επιφάνειας των φύλλων (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Επιπλέον διδακτορική μελέτη που αφορούσε τη συμπεριφορά των ποικιλιών ελιάς Καρυδολιά Χαλκιδικής, Μανάκι και Gordal σε συνθήκες αλατότητας με προσθήκη NaCl και CaCl₂ στο διάλυμα ότι προκλήθηκε μείωση του ξηρού βάρους των φυτών (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Ακόμη, διδακτορική μελέτη που αφορούσε την επίδραση του NaCl στην αύξηση *in Vitro* καλλιεργειών ελιάς της ποικιλίας «Χονδρολιά Χαλκιδικής», οι οποίες αναπτύχθηκαν για 25 ημέρες σε υπόστρωμα πολλαπλασιασμού (Rugini 1984) με 0, 50 ή 100 mM NaCl έδειξε μείωση του νωπού και του ξηρού βάρους των εκφύτων με την αύξηση της συγκέντρωσης του NaCl. Όσον αφορά την επιβίωση, με συγκέντρωση 100 mM NaCl προκλήθηκαν έντονα συμπτώματα τοξικότητας, νέκρωση των φύλλων και της κορυφής των εκφύτων αλλά και φυλλόπτωση (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα νωπά βάρη των φυτικών ιστών, στο νωπό βάρος υπέργειου τμήματος, ξηρό βάρος φυτικών ιστών, ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος, λόγος υπέργειο προς ρίζα (ξηρό βάρος), συνολικό μήκος βλαστών ανά φυτό, μέσο μήκος ανά βλαστό, αριθμός φύλλων ανά φυτό, νωπό βάρος ανά φύλλο, ξηρό βάρος ανά φύλλο τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21). Αντίθετα δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο λόγο υπέργειο μέρους προς τη ρίζα (νωπό βάρος), νωπό βάρος ανά μήκος βλαστού, ξηρό βάρος ανά μήκος βλαστού μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα.

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην υδατοπεριεκτικότητα των φύλλων, των βλαστών και των ριζών φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, στην περίπτωση απουσίας των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες περιπτώσεις ούτε μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα.

Στις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α και χλωροφύλλης β καθώς και του αθροίσματός τους (α+β) υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση ενώ στην περίπτωση του λόγου τους (χλωροφύλλη α προς χλωροφύλλη β) δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική μεταβολή, συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Διδακτορική μελέτη που αφορούσε την αντίδραση των ποικιλιών ελιάς «χονδρολιά Χαλκιδικής», «Manzanilla de Sevilla» και «Καλαμών» σε διάφορες αραιώσεις θαλασσινού νερού σε συνθήκες θερμοκηπίου. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε μίγμα άμμου:περλίτη (1:1) και ποτίζονταν με 50% θεραπευτικό διάλυμα Hoagland που περιείχε και 0, 4.3, 8.5, 12.8, 17.1 ή 21.3% θαλασσινού νερού. Το πείραμα έδειξε ότι το θαλασσινό νερό προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία του μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21) (αυξημένες τιμές χλωροφυλλών α, β, και α+β και μειωμένες τιμές λόγου χλωροφύλλης α προς χλωροφύλλη β στον μάρτυρα – το αντίθετο παρατηρήθηκε υπό συνθήκες αλατότητας).

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των καροτενοειδών υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στα φύλλα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Εξάιρεση αποτελεί η περίπτωση προσθήκης AMF:21 όπου παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις καροτενοειδών στα φύλλα φυτών ελιάς. Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα.

Ύστερα από μετρήσεις, οι οποίες έγιναν υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), διαπιστώθηκε σημαντική μείωση στη συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD) στα φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τη μέτρηση της χλωροφύλλης με το χλωροφυλλόμετρο SPAD τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21).

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο ρυθμό φωτοσύνθεσης στη στοματική αγωγιμότητα στην εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στο ρυθμό διαπνοής στην αποτελεσματικότητα χρήσης του CO₂ και στην αποτελεσματικότητα χρήσης H₂O ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Διδακτορική μελέτη που αφορούσε τις μεταβολές μερικών φωτοσυνθετικών παραμέτρων φυτών ελιάς ποικιλίας «Χονδρολιά Χαλκιδικής» υπό συνθήκες αλατότητας έδειξε μείωση της καθαρής φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας, αλλά όχι όμως της συγκέντρωσης του CO₂ στους μεσοκυττάρους χώρους (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Επιπλέον, διδακτορική μελέτη που αφορούσε την αντίδραση των ποικιλιών ελιάς «χονδρολιά Χαλκιδικής», «Manzanilla de Sevilla» και «Καλαμών» σε διάφορες αραιώσεις θαλασσινού νερού σε συνθήκες θερμοκηπίου. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε μίγμα άμμου:περλίτη (1:1) και ποτίζονταν με 50% θρεπτικό διάλυμα Hoagland που περιείχε και 0, 4.3, 8.5, 12.8, 17.1 ή 21.3% θαλασσινού νερού. Το πείραμα έδειξε ότι με την αύξηση της συγκέντρωσης του θαλασσινού νερού προκλήθηκε μείωση των φωτοσυνθετικών παραμέτρων (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21. Εξαιρέση αποτελούν οι περιπτώσεις της εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂ και της αποτελεσματικότητας χρήσης του H₂O όπου δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις προαναφερόμενες παραμέτρους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά ούτε και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα.

Η διαρροή ηλεκτρολυτών υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) σημείωσε σημαντική αύξηση στη διαρροή ηλεκτρολυτών στα φύλλα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21).

Υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) και συγκριτικά με τον μάρτυρα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση ως προς το σχετικό υδατικό δυναμικό των φύλλων των φυτών της ποικιλίας ελιάς «Κορωνέικη». Επιπρόσθετα, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές επιδράσεις από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα, ανεξάρτητα από το επίπεδο της αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl)

Τέλος, μετρήσαμε τη συγκέντρωση, την ποσότητα και την κατανομή των ανόργανων στοιχείων Na, K, Ca αλλά και το λόγο Καλίου προς Νάτριο υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) σε φυτά ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη». Η συγκέντρωση του Na και του Ca υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), σημείωσε σημαντική αύξηση, ενώ του K σημαντική μείωση σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες των φυτών της ποικιλίας ελιάς «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Η συνολική ποσότητα του Na υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), σημείωσε σημαντική αύξηση, ενώ του K και του Ca σημαντική μείωση ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Η κατανομή του Na και του K υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl), σημείωσε σημαντική αύξηση στα φύλλα

ενώ μια μείωση σε βλαστούς και ρίζες, ενώ του Ca μια σχετική αύξηση σε φύλλα και μια μείωση σε βλαστούς και ρίζες των φυτών της ποικιλίας ελιάς «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Ο λόγος Κάλιο προς Νάτριο παρουσίασε σημαντική μείωση υπό συνθήκες αλατότητας (150 mM NaCl) σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη», συγκριτικά με τον μάρτυρα (0 mM NaCl). Διδακτορική μελέτη που αφορούσε τη χημική σύσταση υποκειμένων ελιάς oblonga και αγριελιά υπό συνθήκες αλατότητας έδειξε ότι η συγκέντρωση του Na και του Cl αυξήθηκε σημαντικά σε όλα τα φυτικά τμήματα αν και οι συγκεντρώσεις των στοιχείων ήταν χαμηλότερες στα φύλλα και στους βλαστούς από ότι στη ρίζα. Επιπλέον διαπιστώθηκε μείωση της συγκέντρωσης του καλίου σε όλα τα φυτικά τμήματα, του φωσφόρου της ρίζας και του βορίου και του μαγνησίου των φύλλων. Στην oblonga υπό συνθήκες αλατότητας μειώθηκε σημαντικά το ασβέστιο σε όλα τα φυτικά τμήματα, ενώ στην αγριελιά μόνο στη ρίζα (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Επιπροσθέτως διδακτορική μελέτη που αφορούσε τη συμπεριφορά των ποικιλιών ελιάς καρυδολιά Χαλκιδικής, Μανάκι και Gordal σε συνθήκες αλατότητας με προσθήκη NaCl και CaCl₂ στο διάλυμα ότι προκλήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του Na⁺ και του Cl⁻ σε όλους τους φυτικούς ιστούς. Σε γενικές γραμμές η αλατότητα μείωσε τη συγκέντρωση των στοιχείων K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe, Mn²⁺ και B ιδιαίτερα στα φύλλα (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Άλλη διδακτορική μελέτη που αφορούσε την αντίδραση των ποικιλιών ελιάς «χονδρολιά Χαλκιδικής», «Manzanilla de Sevilla» και «Καλαμών» σε διάφορες αραιώσεις θαλασσινού νερού σε συνθήκες θερμοκηπίου. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε μίγμα άμμου:περλίτη (1:1) και ποτίζονταν με 50% θρεπτικό διάλυμα Hoagland που περιείχε και 0, 4.3, 8.5, 12.8, 17.1 ή 21.3% θαλασσινού νερού. Το πείραμα έδειξε ότι με την αύξηση της συγκέντρωσης του θαλασσινού νερού προκλήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του Na⁺ και του Cl⁻ και μείωση της συγκέντρωσης K⁺, Ca²⁺ και B ενώ με το Mg²⁺ διαπιστώθηκε είτε μη μεταβολή είτε αύξηση της συγκέντρωσής του (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Ακόμη, διδακτορική μελέτη που αφορούσε την επίδραση του NaCl στη χημική σύσταση in Vitro καλλιεργειών ελιάς της ποικιλίας «Χονδρολιά Χαλκιδικής», οι οποίες αναπτύχθηκαν για 25 ημέρες σε υπόστρωμα πολλαπλασιασμού (Rugini 1984) με 0, 50 ή 100 mM NaCl έδειξε αύξηση της συγκέντρωσης Na⁺, Cl⁻, Mn²⁺, Zn²⁺ και μείωση του K⁺ και Fe με την αύξηση της συγκέντρωσης του NaCl. Από την άλλη πλευρά δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή στη συγκέντρωση των στοιχείων Ca²⁺, Mg²⁺ σε συνθήκες αλατότητας (Πηγή Vigo-Anglada, Clara, 2002). Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις Na, K, Ca σε φύλλα βλαστούς και ρίζες τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21). Επίσης, σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συνολική ποσότητα του K τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21). Ενώ στην περίπτωση της συνολικής ποσότητας του Na και του Ca δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα. Επιπλέον, σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην κατανομή Na και Ca σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21) . Εξαιρέση αποτελεί

η περίπτωση κατανομής Na και Ca στο βλαστό όπου δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) αλλά και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι των διαφόρων μυκορριζικών στελεχών στο εδαφικό υπόστρωμα. Στην κατανομή K σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21). Κλείνοντας, σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο λόγο K/Na σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες τόσο μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς NaCl (0 mM NaCl) όσο και μεταξύ αυτών της μεταχείρισης με 150 mM NaCl, οφειλόμενες κυρίως στην παρουσία μυκορριζικού στελέχους 21 (AMF21).

Συμπερασματικά και με βάση την παραπάνω ανάλυση των αποτελεσμάτων, υπό συνθήκες αλατότητας και συγκριτικά με τον μάρτυρα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο νωπό και το ξηρό βάρος φύλλων, βλαστού και ρίζας, στο συνολικό και το μέσο μήκος των βλαστών ανά φυτό, και στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό. Η υδατοπεριεκτικότητα των φύλλων και των βλαστών μειώθηκε σημαντικά στην μεταχείριση της αλατότητας χωρίς μυκόρριζα, η παρουσία όμως των δύο μυκορριζικών στελεχών υπό συνθήκες αλατότητας επανέφερε την υδατοπεριεκτικότητα στα επίπεδα του μάρτυρα. Υπό συνθήκες αλατότητας, μειώθηκαν οι συγκεντρώσεις των καροτενοειδών, της χλωροφύλλης α καθώς και του αθροίσματός των χλωροφυλλών α+β, χωρίς ωστόσο να μεταβληθεί σημαντικά ο λόγος μεταξύ των χλωροφυλλών α και β. Εξάιρεση αποτέλεσε η περίπτωση AMF21 όπου παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις καροτενοειδών στα φύλλα. Ακόμη, η αλατότητα, μείωσε τον ρυθμό φωτοσύνθεσης, τη στοματική αγωγιμότητα, τον ρυθμό διαπνοής και την αποτελεσματικότητα χρήσης του CO₂ των φύλλων. Η διαρροή ηλεκτρολυτών αυξήθηκε στην αλατότητα, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση από τον μάρτυρα ως προς το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων. Επιπρόσθετα, οι συγκεντρώσεις του Na και του Ca, υπό συνθήκες αλατότητας, σημείωσαν σημαντική αύξηση, ενώ του K σημαντική μείωση σε φύλλα, βλαστούς και ρίζες. Τέλος, η συνολική ποσότητα του Na ανά φυτό (ιδιαίτερα παρουσία μυκορριζών) αυξήθηκε σε συνθήκες αλατότητας, συγκριτικά με τον μάρτυρα, ενώ μειώθηκε η συνολική ποσότητα του K ανά φυτό. Από τη συνολική θεώρηση των αποτελεσμάτων και υπό τις συνθήκες του παρόντος πειράματος, προκύπτει ότι η υψηλή αλατότητα επηρέασε έντονα την ανάπτυξη, θρέψη και φυσιολογία των φυτών ενώ η παρουσία των ενδομυκορριζικών μυκήτων που δοκιμάστηκαν (DAOM και AMF21) ανέστρεψε και επανέφερε ορισμένες παραμέτρους στα επίπεδα των φυτών που αρδεύονταν με νερό χωρίς αλατότητα.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Γ. Κωνσταντόπουλος, Χ. Φωτόπουλος, Η. Κάνταρος, Γ. Βεγκωντής, Π. Παπαδόπουλος, 2010, Βιολογική Καλλιέργεια ελιάς. Εκδόσεις Σταμούλη ΑΕ., Αθήνα
- Γεώργιος Α. Δαουτόπουλος καθηγητής Γεωπονίας ΑΠΘ, 2018. Ωφέλιμοι μικροοργανισμοί στη γεωργία. ΠΕΥΚΑ
- Γιάννης Τσιρογιάννης, 2017, Εγκυκλοπαίδεια Το Ελαιόλαδο, Σύγχρονες μέθοδοι άρδευσης κεφ. 6, Άξιον εκδοτική, σελ. 93-108
- Γιώργος Ψαράς, 2017, Εγκυκλοπαίδεια Το Ελαιόλαδο, Ορθολογική λίπανση της ελιάς κεφ.8, Άξιον εκδοτική, σελ. 119-138
- Δέσποινα Μπούζα, 2019. κεφάλαιο Βιολογική Αμπελοκαλλιέργεια. Διαφάνειες Μαθήματος Ολοκληρωμένη και Βιολογική καλλιέργεια Δενδρωδών και Αμπέλου, Αθήνα
- Ιωάννης Ν. Θέριος καθηγητής Γεωπονικής Σχολής Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, 2005. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη
- Κάσσανδρος Γάτσιος Γεωπόνος, Δεκέμβριος 2020 Τα Μυκόρριζα Η Επανάσταση Στη Γεωργία, Agrobbooks.gr, Ιωάννινα
- Κυριάκος Π. Παναγιωτόπουλος Καθηγητής ΑΠΘ, Β έκδοση 2010. Εδαφολογία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη Ελλάς Ε.Ε.
- Κωνσταντίνος Α. Ποντίκης Καθηγητής Δενδροκομίας Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, 2000. Ειδική Δενδροκομία Ελαιοκομία Τόμος Τρίτος. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα
- Δρ. Πέτρος Ρούσσος κ.α., 2017 Εγκυκλοπαίδεια Ελαιοκομίας Το ελαιόλαδο, Τεχνικές πολλαπλασιασμού της ελιάς κεφ. 5, Άξιον εκδοτική, σελ. 81-91
- Δρ. Πέτρος Ρούσσος, Δρ. Νικολέτα- Κλειώ Δεναξά, 2017 Εγκυκλοπαίδεια Το Ελαιόλαδο, Το κλάδεμα της ελιάς κεφ. 11, Άξιον εκδοτική, σελ. 199-221
- Σταύρος Βέμμος, 2019. Λίπανση – Φυλλοδιαγνωστική. Διαφάνειες μεταπτυχιακού μαθήματος Ελαιοκομίας

Ξενόγλωσση

- M. EL-KHOLY et al, 2013, Ακολουθώντας τα Αποτυπώματα της Ελιάς (*Olea europaea L.*), Μετάφραση επιμέλεια έκδοσης Κων/νος Στ. Χατζουλάκης, Χανιά
- Vigo-Anglada, Clara (2002), Προσαρμοστικότητα της ελιάς σε συνθήκες αλατότητας

Πηγές διαδικτύου

- Πηγή διαδικτύου 1: <https://www.ypaithros.gr/imerologio-threpsis-elia/>
- Πηγή διαδικτύου2: <https://www.agro24.gr/agrotika/proionta/georgia/elia/ti-lipasma-na-valo-stis-elies-moy>
- Πηγή διαδικτύου 3: <https://www.e-ea.gr/2020/02/%CE%BB%CE%AF%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CE%B8%CF%81%CE%AD%CF%88%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82-%CF%8C%CF%83%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%B3/>
- Πηγή διαδικτύου 4: <https://olive4climate.eu/wp-content/uploads/Olive4Climate-Handbook- GREEK final.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 5: <https://www.academia.edu/6593532/%CE%97 %CE%98%CE%A1%CE%95%CE%A8%CE%97 %CE%9A%CE%91%CE%99 %CE%97 %CE%9B%CE%99%CE%A0%CE%91%CE%9D%CE%A3%CE%97 %CE%A4%CE%97%CE%A3 %CE%95%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%A3>
- Πηγή διαδικτύου 6: <https://www.agro24.gr/agrotika/proionta/georgia/elia/epidrasi-tis-orthologikis-lipansis-stin-kalliergeia-elias>
- Πηγή διαδικτύου 7: <https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/threpsi-lipansi/item/879-i-simasia-tis-sostis-threpsis-gia-afksimenes-apodoseis-stin-elia>
- Πηγή διαδικτύου 8: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/17562/STEG_FP_00631_Medium.pdf?sequence=1
- Πηγή διαδικτύου 9: <https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/Olive/7-Fertilization.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 10: <https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/MScOlivicoltura.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 11: <https://blog.farmacon.gr/katigories/eidiseis/eidiseografia/item/1387-epidrasi-tis-orthologikis-lipansis-stin-kalliergeia-elias>
- Πηγή διαδικτύου 12: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BB%CE%B9%CE%AC>
- Πηγή διαδικτύου 13: <https://apothesis.lib.teicrete.gr/bitstream/handle/11713/8805/PavlakiEleni2018.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 14: <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9A%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B5%CE%BC%CE%B1 %CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82>
- Πηγή διαδικτύου 15:

<http://www.eclass.teipel.gr/modules/document/file.php/ACRPR157/%CE%95%CE%9B%CE%91%CE%99%CE%9F%CE%9A%CE%9F%CE%9C%CE%99%CE%91.pdf>

- Πηγή 16: διαδικτύου
<https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/Olive.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 17:
<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%92%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82>
- Πηγή διαδικτύου 18: <https://www.mistikakipou.gr/sigkomidi-elias/>
- Πηγή διαδικτύου 19:
<https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/Olive/10-%20Harvest.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 20: <https://www.yara.gr/threpsi-lipansi/lipansh-elias/336/olives/>
- Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στην καλλιέργεια της ελιάς ypaithros.gr
- Πηγή διαδικτύου 21:
https://oceclass.aua.gr/modules/document/file.php/OCDCS100/GBT_2750_03_2h.pdf
- Πηγή διαδικτύου 22:
<https://apothetirio.lib.uoi.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6978/656.pdf?sequence=1>
- Πηγή διαδικτύου 23:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00470/full?fbclid=IwAR0T-aMw4QxT7wqzlcmtBzTI3GjF1BPS7fHaT3ZVn3qqJTjXOj-dqmjY>
- Πηγή διαδικτύου 24: <https://www.agrotypos.gr/paragogi/lipansi/i-simasia-tou-kaliou-stin-elia>
- Πηγή διαδικτύου 25:
<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CE%BB%CE%B9%CE%AC>
- Πηγή διαδικτύου 26:
<https://myfiscardo.wordpress.com/2012/03/25/%CE%B5%CE%B3%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%AE%CF%82-%CE%B1%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%AE%CF%82-%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82/>
- Πηγή διαδικτύου 27:
<https://www.aua.gr/roussos/Roussos/Papers%20PDF/Olive%20and%20olive%20oil.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 28:
<https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/Olive/3-Establishment.pdf>
- Πηγή διαδικτύου 29: https://www.ypaithros.gr/kladema-elias-statheri-karpoforia/?cli_action=1606401854.775

- Πηγή διαδικτύου 30: <https://www.eea.gr/2020/02/%CE%BB%CE%AF%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CE%B8%CF%81%CE%AD%CF%88%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82-%CF%8C%CF%83%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%B3/>
- Πηγή διαδικτύου 31: <https://www.ypaithros.gr/othologiki-lipansi-kalliergeia-elias/>

Παράρτημα Πινάκων και Σχημάτων

Παράρτημα Πινάκων

Πίνακας 1. Εξειδίκευση των μυκόρριζων στην πρόσληψη των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων. **20**

Πίνακας 2. Σχέδιο πειράματος και αριθμός φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» που χρησιμοποιήθηκαν ανά επίπεδο αλατότητας (0, 150 mM NaCl) και ενδομυκορριζικό στέλεχος (χωρίς, AMF21, DAOM). **24**

Πίνακας 3. Χημική σύσταση του θρεπτικού διαλύματος Hoagland. **25**

Παράρτημα Σχημάτων

Εικόνα 1. Άνθη, φύλλα, καρπός, κορμός, ρίζα ελιάς. **2**

Εικόνα 2. Ρίζα ελιάς. **2**

Εικόνα 3. Κορμός ελιάς. **3**

Εικόνα 4. Φύλλα ελιάς. **4**

Εικόνα 5. Οφθαλμοί ελιάς σε έκπτυξη (εμφάνιση ταξιανθιών). **4**

Εικόνα 6. Άνθος ελιάς. **5**

Εικόνα 7. Καρπός ελιάς. **5**

Εικόνα 8. Από τη μεταφύτευση φυτών ελιάς σε γλάστρες με χώμα και τον εμβολιασμό τους με στελέχη ενδομυκορριζικών μυκήτων. **22**

Εικόνα 9. Δενδρύλλια ελιάς λίγο καιρό μετά την εγκατάστασή τους σε γλάστρες με χώμα και τον εμβολιασμό τους με στελέχη ενδομυκορριζικών μυκήτων. **24**

Εικόνα 9. Νωπό βάρος φύλλων (Α), βλαστών (Β), ρίζας (Γ) και συνολικά των φυτών (Δ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **30**

Εικόνα 10. Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **31**

Εικόνα 11. Λόγος Υπέργειο/Ρίζα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό **31**

συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Εικόνα 12. Ξηρό βάρος φύλλων (Α), βλαστών (Β), ρίζας (Γ) και συνολικά του φυτού (Δ) της ελιάς ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **33**

Εικόνα 13. Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **34**

Εικόνα 14. Λόγος Υπέργειο/Ρίζα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **34**

Εικόνα 15. Μήκος βλαστών ανά φυτό (Α) και μέσο μήκος ανά βλαστό (Β) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **35**

Εικόνα 16. Νωπό βάρος ανά μήκος βλαστού (Α) και ξηρό βάρος ανά μήκος βλαστού (Β) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **36**

Εικόνα 17. Αριθμός φύλλων ανά φυτό (Α), νωπό βάρος ανά φύλλο (Β) και ξηρό βάρος ανά φύλλο (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **37**

Εικόνα 18. Υδατοπεριεκτικότητα φύλλων (Α), βλαστών (Β) και ρίζας (Γ) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **38**

Εικόνα 19. Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21): χλωροφύλλη Α (Α), χλωροφύλλη Β (Β), άθροισμα χλωροφυλλών Α και Β (Γ), και λόγος χλωροφύλλης Α προς χλωροφύλλη Β (Δ). **40**

Εικόνα 20. Συγκέντρωση καροτενοειδών στα φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **41**

Εικόνα 21. Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή **41**

παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Εικόνα 22. Ρυθμός φωτοσύνθεσης (Α), στοματική αγωγιμότητα (Β), εσωτερική συγκέντρωση CO₂ (Γ), ρυθμός διαπνοής (Δ), αποτελεσματικότητα χρήσης του CO₂ (Ε) και αποτελεσματικότητα χρήσης H₂O (ΣΤ) σε φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 43

Εικόνα 23. Διαρροή ηλεκτρολυτών σε φύλλα ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 44

Εικόνα 24. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο φύλλων ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 45

Εικόνα 25. Συγκέντρωση Na σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) φυτών ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 45

Εικόνα 26. Συνολική ποσότητα Na ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 46

Εικόνα 27. Κατανομή Na σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 47

Εικόνα 28. Συγκέντρωση K σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 48

Εικόνα 29. Συνολική ποσότητα K ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 49

Εικόνα 30. Κατανομή K σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). 50

Εικόνα 31. Συγκέντρωση Ca σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και 51

απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21).

Εικόνα 32. Συνολική ποσότητα Ca ανά φυτό ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **52**

Εικόνα 33. Κατανομή Ca σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **53**

Εικόνα 34. Λόγος K/Na σε φύλλα (Α), βλαστό (Β) και ρίζα (Γ) ελιάς της ποικιλίας «Κορωνέικη» υπό συνθήκες διαφοροποιημένης αλατότητας (0 ή 150 mM NaCl) και απουσίας ή παρουσίας στελεχών ενδομυκορριζικών μυκήτων (D: σκεύασμα DAOM, 21: AMF21). **54**