

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Διερεύνηση της Επίδρασης του Φρεατόφυτου *Ziziphus lotus*
στο Υδατικό Περιεχόμενο του *Thymbra capitata* και στην
Παραγωγικότητα του Οικοτόπου Προτεραιότητας *5220**

Κωνσταντίνου Έλενα

Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής

Μάιος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Διερεύνηση της Επίδρασης του Φρεατόφυτου *Ziziphus lotus*
στο Υδατικό Περιεχόμενο του *Thymbra capitata* και στην
Παραγωγικότητα του Οικοτόπου Προτεραιότητας *5220**

Κωνσταντίνου Έλενα

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2016

Περίληψη

Η ανεπαρκής υδατική διαθεσιμότητα αποτελεί τον κυριότερο περιοριστικό παράγοντα για τα φυτά στα Μεσογειακά οικοσυστήματα. Στα οικοσυστήματα αυτά λόγω της μακράς ξηρής περιόδου, η βλάστηση καλείται συχνά να προσαρμοστεί σε οριακές συνθήκες υδατικής επάρκειας. Ως εκ τούτου, τα φυτά κάνουν συντηρητική χρήση του διαθέσιμου νερού, εκμεταλλευόμενα όλες τις πιθανές πηγές του. Μια εξ αυτών των πηγών μπορεί να παρέχεται από το φαινόμενο της Υδραυλικής Ανύψωσης (Υ.Α.) που εκτελούν βαθύρριζα είδη. Μέσω της Υ.Α. διευκολύνεται η παροχή νερού σε γειτονικά τους φυτά με ρηχότερες ρίζες. Το φαινόμενο διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο στη διαμόρφωση των Μεσογειακών οικοσυστημάτων σε ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές. Με βάση τα παραπάνω διερευνήσαμε το ρόλο που το βαθύρριζο *Ziziphus lotus* (L.) (έως 60 m βάθος ρίζας) μπορεί να διαδραματίσει ως φυτό τροφός «nurse plant» και το αν θα μπορούσε να εμφανίζει φαινόμενα Υ.Α. επηρεάζοντας, ανάμεσα σε άλλα, την υδατική περιεκτικότητα των βλαστών του γειτονικού φυτού *Thymbra capitata* (L.) Cav. καθώς και την πυκνότητα του πληθυσμού των θυμαριών, σε ένα πεδινό ημι-άνυδρο Μεσογειακό οικοσύστημα (οικότοπος προτεραιότητας *5220; Annex I; Council Directive 92/43/EEC) της Κύπρου στην Ανατολική Μεσόγειο. Μετρήσαμε, με δειγματοληψία κατά τη δύση του ήλιου και δειγματοληψία κατά την επόμενη αυγή, το βάρος φρέσκων βλαστών από 70 άτομα *T. capitata* και επαναζυγίζοντας τους μετά την αποξήρανση, εκτιμήσαμε την υδατική περιεκτικότητα των βλαστών. Λήφθηκαν δείγματα από άτομα *T. capitata* εντός τριών διαδοχικών ζωνών σε σχέση με την απόσταση από το εγγύτερο *Z. lotus*. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα τρεις φορές, από το μέσο μέχρι το τέλος της ξηρής καλοκαιρινής περιόδου και μία φορά κατά την υγρή περίοδο εντός του 2015-2016. Μετρήσαμε επίσης τη χωρική κατανομή των ατόμων *T. capitata* στον οικότοπο. Όσο μικρότερη ήταν η απόσταση των ατόμων *T. capitata* από το *Z. lotus*, τόσο στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη ήταν (α) η διαφορά στην υδατική περιεκτικότητα δύσης - αυγής στους βλαστούς των *T. capitata*, και (β) η πυκνότητα των *T. capitata* ανά m². Αυτή η σημαντική χωρική συνάθροιση ανάμεσα στα δύο είδη φαίνεται να οφείλεται σε διάφορους μηχανισμούς διευκόλυνσης, κυρίως στην αυξημένη υδατική διαθεσιμότητα. Η Υ.Α. που φαίνεται πως δημιουργείται από τις βαθιές ρίζες του *Z. lotus* διαδραματίζει τον κυρίαρχο ρόλο, και σε αυτή οφείλεται πιθανότατα η διαφορά ανάμεσα στην υδατική περιεκτικότητα δύσης - αυγής των ατόμων *T. capitata* που φυτρώνουν κοντά στα *Z. lotus*. Συμπερασματικά οι θάμνοι *Z. lotus* μπορούν να δρουν ανακουφιστικά στην επίδραση του υδατικού στρες σε γειτονικά φυτά με λιγότερο βαθύ ριζικό σύστημα και επιδρούν στην παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων. Κατά συνέπεια θα μπορούσαν να περιορίσουν τις επιπτώσεις της εντονότερης ξηρασίας ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής στα ξηρά και ημί-άνυδρα Μεσογειακά οικοσυστήματα.

Summary

Water availability is the most important limiting factor for plants in Mediterranean ecosystems. In these ecosystems because of the long dry season, vegetation is often living in marginal conditions, therefore has evolved adaptations to summer drought. Therefore, plants must make a conservative use of available water, exploit all possible water sources. One possible water source could come from the phenomenon of Hydraulic Lift produced by deep rooted species. Through Hydraulic Lift water is facilitated to neighbouring plants with shallow roots. This phenomenon may play a key role in shaping Mediterranean systems in arid and semi-arid areas. Due to that, we investigated the role that the deep rooted *Ziziphus lotus* (L.) (roots up to 60 m deep) may play as a nurse plant, and whether it conducts hydraulic lift, by influencing, among other factors, the stem moisture content of neighbouring *Thymbra capitata* (L.) Cav., and the spatial aggregation of *Thymbra capitata* population in a lowland semi-arid Mediterranean habitat (priority habitat *5220; Annex I; Council Directive 92/43/EEC) of Cyprus in the Eastern Mediterranean. We measured, by sampling at nightfall and resampling the next predawn, the weight of fresh stem samples of 70 *T. capitata* and then by reweighing them after drying we estimated the shoot and moisture content. The samples were collected from *T. capitata* individuals in three successive zones from *Z. lotus*. Measurement took place three times, during the mid and late dry summer season and once during the wet season during 2015-16. We also measured in the field the spatial distribution of *T. capitata* plants. The smallest the distance *T. capitata* grew from *Z. lotus*, the significantly higher (a) the predawn shoot moisture content and the difference between predawn and nightfall shoot moisture content in *T. capitata*, and (b) the number of *T. capitata* plants per m². This significant spatial aggregation between the two species seems to be related to different mechanisms of facilitation, mainly increased water availability. Hydraulic lift that seems to be produced by the very deep rooted *Z. lotus* plays a key role and it very likely explains the significantly higher difference between predawn and nightfall shoot moisture content in *T. capitata* growing closer to *Z. lotus*. We conclude that *Z. lotus* shrubs can assist in alleviating drought stress impacts on neighbouring plants with a shallower root system ecosystem and have a positive impact on the ecosystem's productivity. Therefore *Z. lotus* can mitigate severe drought affects that can result from climatic change in arid and semi-arid Mediterranean systems.

Ευχαριστίες

Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ Δημήτρη Σαρρή για την καθοδήγηση, τα σχόλια και τις παρατηρήσεις του, ήταν πολύ σημαντικά για την ολοκλήρωση της διατριβής. Επίσης θερμές ευχαριστίες στον Δρ Γιάννη Βογιατζάκη για την εμπιστοσύνη και την στήριξη του, στους λειτουργούς του τμήματος Δασών για τις πληροφορίες και την βοήθεια που μου παρείχαν, αλλά και στην ομάδα του εργαστηρίου του Ανοικτού Πανεπιστημίου για τις πολύτιμες οδηγίες και την παραχώρηση του εξοπλισμού. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, και ιδιαίτερα στον σύζυγο μου, που η συμπαράσταση και η παρότρυνσή τους ήταν πολύ σημαντικές για τη μέχρι τώρα πορεία μου.

Σας ευχαριστώ από καρδιάς!

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης. Σκοποί και στόχοι	2
1.3 Κλιματική αλλαγή και Κύπρος.....	2
1.4 Ερημοποίηση	4
1.5 Το φαινόμενο της διευκόλυνσης ως εργαλείο αποκατάστασης	4
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	8
2.1 Εισαγωγή.....	8
2.2 Ιστορική αναδρομή	9
2.2.1 Το φαινόμενο της διευκόλυνσης.....	10
2.2.2 Το φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης.....	12
2.3 Θεωρητικό πλαίσιο	14
2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση	16
2.5 Συμπεράσματα	19
3. Μεθοδολογία.....	21
3.1 Σκοπός – Στόχοι.....	21
3.2 Ερευνητικά Ερωτήματα.....	21
3.3 Περιγραφή χαρακτηριστικών περιοχής δειγματοληψίας	22
3.4 Περιγραφή χαρακτηριστικών υπό μελέτη φυτών	23
3.5 Διερεύνηση των κλιματολογικών συνθηκών	25
3.5.1 Διαθέσιμη υγρασία και διακύμανσης της θερμοκρασίας του αέρα ανά περίοδο δειγματοληψίας	25
3.5.2 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας	26
3.6 Διερεύνηση της επίδρασης του φρεατόφυτου <i>Z. lotus</i> στο υδατικό περιεχόμενο του <i>T. capitata</i>	28
3.6.1 Μέθοδος δειγματοληψίας για τη μέτρηση της υδατικής συγκέντρωσης σε φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη <i>T. capitata</i>	28
3.6.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων υδατικής συγκέντρωσης σε φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη <i>T. capitata</i>	30
3.6.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων και στατιστική ανάλυση μέτρησης της υδατικής συγκέντρωσης σε φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη <i>T. capitata</i>	32
3.7 Διερεύνηση της επίδρασης στην παραγωγικότητα του οικοτόπου	33
4. Αποτελέσματα.....	37
4.1 Εισαγωγή.....	37
4.2 Παρουσίαση κλιματολογικών συνθηκών	37

4.2.1 Διαθέσιμη υγρασία ανά περίοδο δειγματοληψίας.....	38
4.2.2 Θερμοκρασία αέρα ανά περίοδο δειγματοληψίας.....	39
4.2.3 Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας.....	42
4.3 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των ατόμων <i>T. capitata</i>	42
4.3.1 Συσχέτιση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων <i>T. capitata</i> σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο <i>Z. lotus</i> : ανά άτομο <i>Z. lotus</i> και περίοδο δειγματοληψίας.....	42
4.3.2 Αποτελέσματα συσχέτισης της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων <i>T. capitata</i> σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο <i>Z. lotus</i> : για το σύνολο των ατόμων <i>Z. lotus</i> σε κάθε περίοδο δειγματοληψίας.....	55
4.3.3 Αποτελέσματα συσχέτισης της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων <i>T. capitata</i> σε συνάρτηση με την απόσταση (m) τους από το εγγύτερο <i>Z. lotus</i> ανά περιοχή έκθεσης.....	59
4.3.4 Σύγκριση της μεταβολής της μέσης τιμής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων <i>T. capitata</i> ανά ζώνη δειγματοληψίας και εποχή	67
4.4 Πυκνότητα ατόμων <i>T. capitata</i>	70
4.4.1 Σύγκριση της μεταβολής της πυκνότητας των ατόμων <i>T. capitata</i> ανά έκθεση και ζώνη δειγματοληψίας.....	70
4.4.2 Σύγκριση της μεταβολής της πυκνότητας των ατόμων <i>T. capitata</i> ανά ζώνη δειγματοληψίας και έκθεση.....	74
4.4.3 Σύγκριση της μεταβολής της πυκνότητας των ατόμων <i>T. capitata</i> στο σύνολο της περιοχής μελέτης ανά ζώνη.....	77
5. Συζήτηση – Συμπεράσματα - Εισηγήσεις	79
5.1 Συζήτηση	79
5.2 Περιορισμοί της μελέτης.....	86
5.3 Συμπεράσματα	87
5.4 Εισηγήσεις.....	88
6. Βιβλιογραφία	90

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία 50 χρόνια η οικολογία διερεύνησε πειραματικά την πολυπλοκότητα των έμμεσων αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε πολλά είδη σε διάφορες βιοκοινότητες και τις επιδράσεις του κλίματος κάνοντας σημαντική πρόοδο. Σε κάποιους τομείς όμως τα πράγματα δεν έχουν αλλάξει και πολύ. Ένας από αυτούς τους τομείς είναι και η στατική ιδέα της έννοιας του ατομικισμού στις φυτοκοινωνίες. Η προοπτική δηλαδή, ότι οι φυτοκοινωνίες είναι αποκλειστικά το αποτέλεσμα πληθυσμιακών φαινομένων και για το λόγο αυτό αποτελούν σύνολα ανεξάρτητων ειδών τα οποία βρέθηκαν εκεί απλώς επειδή διαθέτουν ικανότητες προσαρμογής στις συγκεκριμένες αβιοτικές συνθήκες (Gleason 1926). Αυτή η θεώρηση των πραγμάτων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι φυτοκοινωνίες αποτελούν απλά τυπολογικά κατασκευάσματα.

Στο βιβλίο του «Positive Interactions and Interdependence in Plant Communities» ο συγγραφέας Ragan M. Callaway (2007) διαφοροποιείται από την άποψη αυτή υποστηρίζοντας αντίθετα ότι οι φυτοκοινωνίες δεν αποτελούν απλά ομάδες από φυτά, τα οποία έτυχε να βρεθούν διασκορπισμένα σε ένα χώρο επειδή είχαν την ικανότητα προσαρμογής στις ίδιες αβιοτικές συνθήκες του δεδομένου χώρου. Σύμφωνα με τον ίδιο πολλά, αν όχι τα περισσότερα από τα φυτά μιας φυτοκοινωνίας, διαθέτουν εκπληκτικά χαρακτηριστικά ανά είδος, με κάποια από τα είδη να δημιουργούν συνθήκες κρίσιμες για την παρουσία αλλά και την αφθονία των άλλων ειδών. Οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα φυτά, όπως αυτές τεκμηριώνονται μέσα από την εικοσαετή εμπειρική έρευνα πάνω στην διευκόλυνση και σε μορφές έμμεσων αλληλεπιδράσεων, υποδεικνύουν ότι οι φυτοκοινωνίες εμπεριέχουν φυτά τα οποία θα απουσίαζαν, ή θα ήταν παρόντα σε πολύ μικρότερους αριθμούς, αν δεν υπήρχε η γειτνίαση τους με άλλα είδη (Callaway 1995, 1997).

1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης. Σκοποί και στόχοι

Η μελέτη αυτή, σκοπό έχει τη διερεύνηση της επίδρασης του φρεατόφυτου *Ziziphus lotus* (L.) στο υδατικό περιεχόμενο του *Thymbra capitata* και στην παραγωγικότητα του οικοτόπου προτεραιότητας *5220. Σε αυτή θα εξεταστούν οι πιθανοί μηχανισμοί διευκόλυνσης της διαβίωσης από το *Ziziphus lotus* σε γειτονικά του φυτά *Thymbra capitata* (L.) Cav, καθώς και οι συνέπειες τους στη βιοκοινότητα αλλά και το οικοσύστημα γενικότερα. Ειδική μνεία θα γίνει, για την πιθανολογούμενη θετική επίδραση του φυτού στην αποκατάσταση περιβαλλοντικά υποβαθμισμένων περιοχών.

Η κατανόηση και η εφαρμογή του φαινομένου της διευκόλυνσης, θα μπορούσε να διαδραματίζει ένα προεξέχοντα ρόλο στις προσπάθειες αποκατάστασης της δυναμικής των φυτοκοινοτήτων στα ξηρικά οικοσυστήματα. Ταυτόχρονα θα μπορούσε να συνεισφέρει στην αποκατάσταση υποβαθμισμένων περιοχών και στην αντιμετώπιση της ερημοποίησης που αναμένεται να ενταθεί σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής στη Μεσόγειο (Stolte et al. 2015). Τα ξηρά και ημίξηρα οικοσυστήματα, όπως τα οικοσυστήματα της Κύπρου, χαρακτηρίζονται, ήδη, από υψηλή μεταβλητότητα και περιορισμούς σε πόρους όπως το νερό και οι θρεπτικές ουσίες. Στα οικοσυστήματα αυτά τα κυρίαρχα πολυετή φυτά, όπως το *Ziziphus lotus*, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο μικρόκλιμά και στις ιδιότητες του εδάφους, οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν στην δημιουργία γόνιμων νησίδων μέσα και γύρω από αυτά, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό στην αντιμετώπιση φαινομένων ερημοποίησης. Κατά συνέπεια, το είδος *Ziziphus lotus* θεωρείται ένα θεμελιώδες είδος για αυτά τα ξηρά οικοσυστήματα αφού παρέχει τροφή και καταφύγιο σε πολλά από τα ζώα, δημιουργεί γόνιμες νησίδες για την εγκατάσταση πολλών άλλων ειδών και ρυθμίζει την υγρασία της περιοχής (Tirado 2009).

1.3 Κλιματική αλλαγή και Κύπρος

Σύμφωνα με στοιχεία της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου, το κλίμα της Κύπρου κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα και στις αρχές του 21^{ου}, έχει παρουσιάσει σημαντικές διακυμάνσεις και τάσεις, ιδιαίτερα στις δύο βασικές κλιματικές παραμέτρους της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας. Παρόμοιες διακυμάνσεις και τάσεις στο κλίμα έχουν παρατηρηθεί και σε χώρες της Ανατολικής Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής, γεγονός

που υποδηλώνει τη διαφοροποίηση στη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας στην περιοχή.

Στην Κύπρο η βροχόπτωση παρουσίασε πτωτική τάση ενώ η θερμοκρασία ανοδική τάση. Οι ρυθμοί μεταβολής της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας ήταν μεγαλύτεροι στο δεύτερο μισό του 20^{ού} αιώνα σε σύγκριση με την κατάσταση στον πρώτο μισό του αιώνα. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες ο αριθμός των ετών με ολιγομβρία και ανομβρία είναι μεγαλύτερος και οι ξηροθερμικές συνθήκες τόσο στην Κύπρο όσο και στην Ανατολική Μεσόγειο έχουν επιδεινωθεί. Επίσης, τα θερμότερα χρόνια του αιώνα έχουν παρατηρηθεί στα τελευταία 20 χρόνια και σύμφωνα με τους πιο πάνω ρυθμούς αναμένεται ότι μέχρι το 2030 η βροχόπτωση θα ελαττωθεί κατά 10-15% και η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 1,0-1,5 °C, σε σύγκριση με τις κανονικές τιμές της περιόδου 1961-1990 (Τμήμα Μετεωρολογίας 2016).

Η ελάττωση στην ποσότητα της βροχόπτωσης ήταν αρκετά σημαντική, αφού η μέση ετήσια βροχόπτωση στην πρώτη τριακονταετία του αιώνα ήταν 559 mm ενώ κατά την τελευταία τριακονταετία έχει ελαττωθεί στα 462 mm, δηλαδή κατά 17% πιο χαμηλή απ' ό τι στην αρχή του αιώνα. Η μείωση της βροχόπτωσης εντοπίζεται κυρίως στο δεύτερο μισό του αιώνα, οπότε η συχνότητα ολιγομβρίας και ανομβρίας παρουσιάζεται αυξημένη σε σχέση με το πρώτο μισό του αιώνα. Η μέση βροχόπτωση στην Κύπρο στη διάρκεια του 20^{ού} αιώνα και στις αρχές του 21^{ου} εμφανίζει πτωτική τάση με μέσο ρυθμό ένα χιλιοστόμετρο το χρόνο.

Αντίθετα, ανοδική τάση παρουσίασε η μέση ετήσια θερμοκρασία στην Κύπρο, τόσο στις πόλεις όσο και στην ύπαιθρο. Μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στις πόλεις, λόγω αστικοποίησης, όμως το γεγονός ότι η αύξηση της θερμοκρασίας παρουσιάζεται και στην ύπαιθρο, είναι ενδεικτικό της γενικής αύξησης της θερμοκρασίας στην περιοχή μας όπως και παγκόσμια. Στη Λευκωσία, κατά την πρώτη τριακονταετία του αιώνα η μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν 18,9 °C, φτάνοντας τους 19,7 °C στην τελευταία τριακονταετία, αύξηση δηλαδή κατά 0,8 °C, με μέσο ρυθμό αύξησης 0,01 °C/έτος. Για την περίοδο 1976-1998 προκύπτει ότι ο μέσος ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας στις πόλεις είναι 0,035 °C/έτος και στην ύπαιθρο 0,015 °C/έτος (Τμήμα Μετεωρολογίας 2016).

1.4 Ερημοποίηση

Η ερημοποίηση, όπως έχει οριστεί στην Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής του Περιβάλλοντος (1992), είναι η υποβάθμιση των γαιών στις ξηρές, ημίξηρες και ύφυγρες περιοχές, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα πολλών παραγόντων στους οποίους περιλαμβάνονται οι κλιματικοί παράγοντες και οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Αναλυτικότερα, η ερημοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία η γόνιμη γη υποβαθμίζεται και σταδιακά εξαφανίζεται, αφήνοντας κηλίδες απογυμνωμένων περιοχών που εξαπλώνονται και πιθανά ενοποιούνται διαμορφώνοντας περιοχές μικρής παραγωγικότητας. Η ερημοποίηση θεωρείται σήμερα ως μια σημαντική απειλή υποβάθμισης της γης και αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα. Σύμφωνα με το Διεθνές Κέντρο Μελετών των Ξηρών-Ημίξηρων Περιοχών στο Τέξας, το 70% περίπου των ξηρών περιοχών της γης εμφανίζουν χαρακτηριστικά ερημοποίησης (Dregne et al. 1991). Σύμφωνα με δεδομένα που παρουσιάστηκαν στη Συνδιάσκεψη του Ρίο για το περιβάλλον, το 1992 περισσότερο από το 1/3 των εδαφών είχαν ήδη επηρεαστεί από την ερημοποίηση. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Ινστιτούτου Παγκόσμιας Παρακολούθησης, οι ετήσιες απώλειες εδάφους κάθε χρόνο από όλη την υφήλιο υπολογίζονται σε 24 δισεκατομμύρια τόνους. Υπολογίζεται ότι το 33% της χερσαίας επιφάνειας της γης (περίπου 42 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα) απειλείται, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, από ερημοποίηση (Eswaran et al. 2001). Γίνεται εύκολα αντιληπτό, λοιπόν, ότι η ερημοποίηση αποτελεί σήμερα ένα από τα κυριότερα περιβαλλοντικά θέματα σε παγκόσμιο περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Στην Κύπρο το 56,7% των περιοχών θεωρείται κρίσιμο και το 42,6% ευαίσθητο για ερημοποίηση. Το πλέον ανησυχητικό όμως είναι ότι πέραν του 7% του εδάφους έχει επηρεαστεί ανεπιστρεπτί από τη διαδικασία ερημοποίησης. Βάσει μοντέλων υπολογίζεται ότι στα μέσα του 21ου αιώνα οι κρίσιμες για ερημοποίηση περιοχές του νησιού θα αγγίξουν το 71,4% και στα τέλη του αιώνα το τρομακτικό 84,7% (I.A.CO 2008).

1.5 Το φαινόμενο της διευκόλυνσης ως εργαλείο αποκατάστασης

Η διευκόλυνση (facilitation) ή θετική αλληλεπίδραση είναι το φαινόμενο συνεργασίας μεταξύ των οργανισμών, κατά το οποίο παρουσιάζεται όφελος σε έναν τουλάχιστον από αυτούς χωρίς κανέναν από τους συμβαλλόμενους οργανισμούς να βλάπτεται (Bruno et al. 2003). Τέτοιες αλληλεπιδράσεις χαρακτηρίζονται ως συμβίωση όταν και τα δύο είδη

αντλούν όφελος από αυτήν τη σχέση. Οι θετικές αλληλεπιδράσεις μπορεί να λαμβάνουν χώρα όταν ένας οργανισμός διαμορφώνει το τοπικό περιβάλλον πιο ευνοϊκό για έναν άλλο άμεσα (μειώνοντας το θερμικό, υδατικό ή θρεπτικό στρες μέσω της σκίασης ή της θρεπτικής συμβίωσης) είτε έμμεσα (απομακρύνοντας τους ανταγωνιστές ή κρατώντας σε απόσταση τους θηρευτές). Η έννοια της διευκόλυνσης μπορεί να εμπεριέχει τόσο την έννοια μιας στενής ταυτόχρονης εξέλιξης ή μιας υποχρεωτικά αμοιβαίας στενής σχέσης όσο και σχέσεις πολύ πιο χαλαρές που χαρακτηρίζονται από προαιρετικές αλληλεπιδράσεις. Οι σχέσεις μεταξύ των ειδών που χαρακτηρίζονται ως σχέσεις διευκόλυνσης είναι πολύ παλιές και απαντώνται παντού: ξεκινούν από την απαρχή των εξελικτικών φαινομένων όπως είναι η δημιουργία των ευκαρυωτικών κυττάρων, οι μηχανισμοί εξάπλωσης των αγγειόσπερμων και η ακμαιότητα των κοραλλιογενών υφάλων. Πολλά είδη τροποποιούν το τοπικό περιβάλλον και διευκολύνουν γειτονικά είδη απλά μέσω της παρουσίας τους στο χώρο. Τα δέντρα ρίχνουν τη σκιά τους στον υπό όροφο του δάσους, τροποποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία και την υγρασία σε αυτόν, τα κοράλλια δημιουργούν ύφαλους, αυξάνοντας την πολυπλοκότητα του οικοτόπου και κατ' επέκταση παρέχοντας θώκο για την επιβίωση αναρίθμητων άλλων ειδών. Άλλες πιο στενές σχέσεις διευκόλυνσης περιλαμβάνουν τους επικονιαστές και τους διασπορείς των σπόρων, οι οποίοι είναι κρίσιμοι για την αναπαραγωγή αλλά και τη διασπορά πολλών φυτικών ειδών. Πολλές συμβιωτικές σχέσεις εμπεριέχουν της στενή συνύπαρξη δύο ειδών καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους: οι λειχήνες δημιουργούνται από τη συμβιωτική σχέση φυκών και μυκήτων, το κοράλλια από τη συμβιωτική σχέση κνιδόζωων και φωτοσυνθετικών μονοκύτταρων φυκών, πολλά χερσαία φυτά διαθέτουν συμβιωτικά βακτήρια ή μύκητες που ενισχύουν της πρόσληψη θρεπτικών ουσιών ή νερού (Bruno et al. 2003).

Η αποκατάσταση κατεστραμμένων οικοτόπων, η διατήρηση και η διαχείριση των φυσικών πόρων καθώς και η πρόβλεψη των μελλοντικών επιπτώσεων των σύγχρονων ανθρώπινων δραστηριοτήτων αποτελούν τους κύριους στόχους της σύγχρονης οικολογίας. Η επίτευξη των στόχων αυτών αποτελεί ένα εξέχουσας σημασίας τεστ ως προς τη γνώση μας γύρω από τη λειτουργία των φυσικών βιοκοινοτήτων. Η εκτίμηση και η πλήρης κατανόηση της σημασίας των φαινομένων της διευκόλυνσης, και ειδικά του ρόλου των ειδών «θεμελιωτών» του κάθε οικοσυστήματος, αποτελούν παράγοντες απαραίτητους για την επίτευξη των στόχων αυτών. Οι περισσότερες φυσικές βιοκοινότητες χαρακτηρίζονται και εξαρτώνται από την παρουσία ενός είδους ή μιας

λειτουργικής ομάδας ειδών, τα οποία θέτουν τα θεμέλια για τη διαμόρφωση του πλέγματος που συνθέτει την ύπαρξη ολόκληρης της βιοκοινότητας (Bruno & Bertness 2001).

Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα για τη διατήρηση των οικοτόπων θα πρέπει να δίνουν έμφαση στη διατήρηση των θεμελιωδών ειδών και στο ρόλο αυτών στη διευκόλυνση των συνδεδεμένων ειδών. Σε πολλά οικοσυστήματα, η λειτουργία αυτή εξαρτάται απόλυτα στα χαρακτηριστικά των θεμελιωδών ειδών, όπως το μέγεθος, η πυκνότητα κ.α. (Bruno & Bertness 2001). Η γνώση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους οικολόγους που ενασχολούνται με τη αποκατάσταση, αφού η αποκατάσταση του ρόλου τους καθώς και του ρόλου άλλων διευκολυντών είναι θεμελιώδης για την αποκατάσταση των χαρακτηριστικών και των λειτουργιών του αρχικού συστήματος.

Το θεωρητικό υπόβαθρο της σύγχρονης οικολογίας δε συμβαδίζει με την πρόοδο στη γνώση που έχει προκύψει μέσα από τις πειραματικές μελέτες πεδίου, και για το λόγο αυτό θα πρέπει να εκσυγχρονιστεί συμπεριλαμβάνοντας στις μεθόδους της και τις διεργασίες που προκύπτουν από τη διευκόλυνση. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν οι πρακτικές που εφαρμόζονταν και εφαρμόζονται σε αρκετές περιπτώσεις ακόμα σε θέματα αναδάσωσης και αποκατάστασης. Ήδη από τα μέσα του 19ου αιώνα, οι δασολόγοι αντελήφθησαν τη μεγάλη υποβάθμιση των μεσογειακών δασών και τις συνέπειες της στη διάβρωση των εδαφών και την αύξηση των καταστροφικών πλημμυρών. Ιδιαίτερα στις χώρες της μεσογειακής λεκάνης, οι μακρόχρονες ανθρωπογενής επεμβάσεις έχουν σε πολλές περιπτώσεις αλλοιώσει τη αρχική σύνθεση των ειδών στα φυσικά οικοσυστήματα (Bauer 1991; García-Salmerón 1995; Blondel & Aronson 1999). Κάτω από αυτές τις συνθήκες η προφανής λύση του προβλήματος ήταν η ανάκτηση των δασών, με την προώθηση της αναδάσωσης (Savill et al. 1997; FAO 2011; Lamb 2001 ;Castro et al. 2004).

Στα Μεσογειακά όμως οικοσυστήματα, οι στρεσογόνες καταστάσεις παρεμποδίζουν την επιβίωση των νεαρών φυτών που φυτεύονται. Για το λόγο αυτό η απώλεια φυτών είναι πάρα πολύ μεγάλη, κυρίως ως αποτέλεσμα της καλοκαιρινής ξηρασίας αλλά και της καταπλάκωσης τους από τα οπληφόρα ζώα (Mesón & Montoya 1993; García-Salmerón 1995). Η δημιουργία ενδεδειγμένων στρατηγικών για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου αποτελεί πρωταρχική προτεραιότητα (Scarascia-Mugnozza et al. 2000). Για

τις παλαιότερες τεχνικές αναδάσωσης, οι θάμνοι θεωρούνταν πηγή ανταγωνισμού για τα εμφυτευμένα νεαρά δενδρύλλια (Mesón & Montoya 1993; García-Salmerón 1995; Serrada 1995) και για αυτό και απομακρύνονταν ή τα δενδρύλλια φυτεύονταν σε μακρινή απόσταση από αυτούς (Sternberg et al. 2001). Στην περιοχή όμως της Μεσογείου η παρουσία των θάμνων κρίνεται απαραίτητη, αφού ενισχύει τις πιθανότητες επιτυχίας των προσπαθειών αναδάσωσης λόγω της παρουσίας του φαινομένου της διευκόλυνσης. Η υπάρχουσα δηλαδή βλάστηση, μπορεί να προσφέρει προστασία στα δενδρύλλια μετριάζοντας τις ακραίες κλιματικές συνθήκες μέσω μείωσης της ηλιακής ακτινοβολίας και της εδαφικής θερμοκρασίας, ενώ διατηρεί την εδαφική υγρασία και αυξάνει την εδαφική περιεκτικότητα σε θρεπτικές ουσίες και ταυτόχρονα τα προστατεύει τα νεαρά δενδρύλλια από τα σπληφόρα (Callaway 1995; Rousset & Lepart 1999; García et al. 2000; Gómez et al. 2001a, 2003). Σήμερα, υπάρχουν πολλές μελέτες που υποστηρίζουν τη συνέργεια των θάμνων και των ποών στην επιβίωση των δενδρυλλίων στα Μεσογειακά οικοσυστήματα (Maestre et al. 2001; Gómez et al. 2001b; Castro et al. 2002, 2004).

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Τα ξηρά και ημίξηρα οικοσυστήματα, όπως τα οικοσυστήματα της Κύπρου, χαρακτηρίζονται από ανεπάρκεια και υψηλή μεταβλητότητα σε πόρους, όπως το νερό και οι θρεπτικές ουσίες. Στα οικοσυστήματα αυτά τα κυρίαρχα πολυετή φυτά, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο μικρόκλίμα και στις ιδιότητες του εδάφους οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν στη δημιουργία γόνιμων νησίδων μέσα και γύρω από αυτά, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό στην αντιμετώπιση φαινομένων ερημοποίησης. Αυτές οι νησίδες αποτελούν σημεία μεγάλης βιολογικής δραστηριότητας όπου συγκεντρώνεται ένα πολύ σημαντικό ποσοστό της τοπικής πανίδας και χλωρίδας (Pugnaire et al. 2011). Στα σημεία αυτά κυρίαρχο ρόλο διαδραματίζει το φαινόμενο της διευκόλυνσης. Η επιβίωση και η ανάπτυξη των φυτών σε αυτές τις νησίδες διευκολύνεται από το βελτιωμένο μικρόκλιμα (Moro et al. 1997a, 1997b; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991), την αυξημένη διαθεσιμότητα σε νερό (Dawson 1993) και σε θρεπτικά συστατικά στο έδαφος (Armas et al. 2008; Pugnaire et al. 1996a; Reynolds et al. 1999) που προκαλούν τα βαθύρριζα πολυετή φυτά.

Είναι παραδεκτό πως η διαθεσιμότητα σε νερό επηρεάζει τη γεωγραφική εξάπλωση των φυτών (Schulze 1986). Παγκόσμια, στα χερσαία οικοσυστήματα, η διαθεσιμότητα σε νερό αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα ελέγχου της δέσμευσης του CO₂ καθώς και της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος (Boyer 1982; Schulze 1986; Schulze et al. 1987). Ειδικότερα για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα το νερό αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών, γεγονός που τεκμηριώνεται ευρύτατα στη διεθνή βιβλιογραφία (Mitrakos 1980; Mooney 1982; Reñuelas 2001; Filella & Reñuelas 2004). Στα οικοσυστήματα αυτά, όπου η βροχόπτωση είναι σπάνια, η βλάστηση παρά τις προσαρμογές που εμφανίζει για την αντιμετώπιση της

ξηρασία βρίσκεται συχνά αντιμέτωπη με οριακές καταστάσεις επιβίωσης. Για τους λόγους αυτούς, τα φυτά κάνουν μια εξόχως συντηρητική χρήση του διαθέσιμου νερού αλλά και χρήση άλλων των πιθανών πηγών νερού (Peñuelas 2001; Terradas 2001). Μια τέτοια εναλλακτική πηγή επιφανειακού νερού δημιουργείται μέσω του φαινομένου της υδραυλικής ανύψωσης, κατά το οποίο τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους εμπλουτίζονται με νερό προερχόμενο από βαθύτερα στρώματα μέσω του ριζικού συστήματος των βαθύρριζων φυτών (Richards & Caldwell 1987). Η υδραυλική ανύψωση έχει προταθεί ως ένας μηχανισμός που μπορεί να θωρακίσει τα φυτά έναντι στο υδατικό στρες που προκαλούν οι ξηρές περίοδοι (Caldwell & Richards 1989; Dawson 1993). Η πρόσβαση στο νερό αυτό δεν επηρεάζει θετικά την ανάπτυξη μόνο των φυτών που το αντλούν αλλά και των γειτονικών σε αυτά φυτά. Πολλές μελέτες έχουν αποδείξει ότι η παρουσία του αντλούμενου νερού, βελτιώνει τα ποσοστά επιβίωσης και ανάπτυξης των γειτονικών φυτών σε περιόδους ξηρασίας (Caldwell & Richards 1989; Dawson 1993; Horton & Hart 1998). Εξάλλου, η παρουσία της υδραυλικής ανύψωσης σε μία βιοκοινότητα έχει και έμμεσες συνέπειες στην απόκτηση θρεπτικών ουσιών, στους βιοχημικούς κύκλους των θρεπτικών ουσιών και στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

Οι αλληλεπιδράσεις αυτές μπορούν να έχουν και πρακτική αξία όταν εφαρμοστούν σε προσπάθειες οικολογικής αποκατάστασης (Padilla & Pugnaire 2006). Η περιοχή γύρω ή κάτω από την κόμη συγκεκριμένων ειδών μπορεί να προσφέρει καταφύγιο για τα είδη στα οποία στοχεύει η προσπάθεια αποκατάστασης, τα οποία διαφορετικά θα αποτύγχαναν να εγκατασταθούν. Επίσης ο Caldwell προέβλεψε την πιθανή χρήση φυτών που εμφανίζουν το φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης για την άρδευση και λίπανση συν καλλιεργούμενων φυτών, σε ετήσια και εποχιακά συστήματα καλλιέργειας (Caldwell et al. 1998).

2.2 Ιστορική αναδρομή

Αν και ο Αριστοτέλης στο έργο του αναφέρεται στη σημασία της Διευκόλυνσης (Bruno et al. 2003), τα παραδοσιακά οικολογικά μοντέλα επικεντρώνονται κυρίως στις σχέσεις ανταγωνισμού μεταξύ των φυτών μίας φυτοκοινωνίας αγνοώντας για δεκαετίες την ύπαρξη σχέσεων συνεργασίας ή διευκόλυνσης ανάμεσα σε αυτά. Η αντίληψη ενός φυσικού κόσμου δομημένου μέσα από συγκρούσεις και στερήσεις κυριάρχησε στην

οικολογία αφού υποστηρίχθηκε από οικολόγους με μεγάλη επιρροή από την εποχή του Δαρβίνου (Bruno et al. 2003). Σημαντικά παραδείγματα αποτελούν τα μαθηματικά μοντέλα ανταγωνισμού των Lotka και Volterra, η αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού από τον Gause και η δουλειά των Hutchinson και MacArthur που αφορά τη διαμόρφωση του οικολογικού θώκου (Bruno et al. 2003). Η επιρροή αυτών αλλά και άλλων σχετικών ιδεών στην οικολογία ήταν τεράστια, αφού έθεσαν τόσο τη θεωρητική όσο και την εμπειρική οικολογία σε μια πορεία η οποία επέτρεπε ελάχιστες αποκλίσεις για πάνω από 50 χρόνια. Στην περίοδο αυτή, οι περισσότεροι οικολόγοι ασχολήθηκαν αποκλειστικά με τη σημασία του ανταγωνισμού, του αποκλεισμού, της φυσικής όχλησης και της επίδρασης του στρες στη δόμηση των κοινωνιών (Boucher 1985).

2.2.1 Το φαινόμενο της διευκόλυνσης

Ωστόσο, δεδομένα από πρόσφατες έρευνες δείχνουν σαφώς πως η επίδραση της διευκόλυνσης στις μεταβλητές που διέπουν τη διαμόρφωση τόσο των πληθυσμών όσο και των κοινωνιών είναι τουλάχιστο τόσο σημαντική όσο και των άλλων παραγόντων. Πειραματικές έρευνες από μια μεγάλη ποικιλία οικοσυστημάτων έχουν αποδείξει τη μεγάλη επίδραση της διευκόλυνσης στην ευρωστία των ατόμων, στην κατανομή των πληθυσμών και το ρυθμό αύξησής τους, στη σύνθεση των κοινωνιών και τη βιοποικιλότητα, ακόμα και στη δυναμική των κοινωνιών σε κλίμακα τοπίου (Bertness & Leonard 1997; Boucher 1985; Bruno & Bertness 2001; Callaway 1995; Jones et al. 1997; Stachowicz 2001).

Ειδικότερα, τις τρεις τελευταίες δεκαετίες καταγράφεται παγκόσμια ένα έντονο ενδιαφέρον γύρω από τις διεργασίες διευκόλυνσης μεταξύ γειτονικών φυτών, γεγονός που έχει προσθέσει σημαντικά στη γνώση μας γύρω από τους παράγοντες που διαμορφώνουν τη σύνθεση, τη δομή και τη λειτουργία των φυτοκοινωνιών (Pugnaire et al. 2011; Brooker et al. 2008; Callaway 2007; Padilla & Pugnaire 2006). Παρά αυτήν την αυξανόμενη αναγνώριση, η ενσωμάτωση της διευκόλυνσης στην οικολογική θεώρηση αποδεικνύεται πολύ αργή. Παρόλα αυτά, το φαινόμενο της Διευκόλυνσης φαίνεται να είναι μια βασική διαδικασία, όχι μόνο για την επιβίωση, την ανάπτυξη, και τη φυσική κατάσταση κάποιων μεμονωμένων φυτών, αλλά και για τη βιοποικιλότητα και τη δυναμική των κοινωνιών σε πολλά οικοσυστήματα (Pugnaire et al. 1996; Kikvidze et al. 2005).

Το 1963 ο Niering (Niering et al. 1963) σε άρθρο του με τίτλο «The sanuario: a population in relation to environment» το οποίο δημοσιεύτηκε σε έκδοση του Science κάνει μία από τις πρώτες αναφορές στη θετική επίδραση των ενήλικων φυτών στην παρουσία αρτιβλάστων. Ονομάζει το φαινόμενο «nurse plant syndrome» και το περιγράφει ως παράδειγμα μιας στενής χωρικής συσχέτισης μεταξύ των φυτών η οποία είναι πιο συμφέρουσα παρά επιζήμια. Αν και στα χρόνια που ακολούθησαν υπήρξαν ερευνητές οι οποίοι αναφέρθηκαν στην πιθανή χρησιμότητα αυτού του φαινομένου στην προσπάθεια αποκατάστασης (Bradshaw & Chadwick 1980), μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας του 1990, λιγοστές ήταν οι αναφορές σε αυτό όπως αυτή των Mitchley et al. (1996). Το ενδιαφέρον για το φαινόμενο φαίνεται να εδραιώνεται μετά το 2000 όπου συναντάμε στη διεθνή βιβλιογραφία ένα μεγάλο αριθμό άρθρων και πειραματικών αποδείξεων για το ρόλο των «nurse plants» στην αποκατάσταση περιοχών (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1 Δεδομένα από πειραματικές εργασίες στις οποίες έγινε χρήση «nurse plants» σε δράσεις αποκατάστασης (Padilla & Pugnaire 2006).

Environment	Nurses	Targets	Reference
Mediterranean mountain	Shrubs, legumes (<i>Salvia, Genista</i>)	Shrubs, trees (<i>Pinus, Acer</i>)	Castro et al. 2002; Gómez-Aparicio et al. 2004
Semiarid steppes	Perennial grass (<i>Stipa</i>)	Shrubs, trees (<i>Quercus, Pinus</i>)	Maestre et al. 2001, 2002; Gasque & García-Fayos 2004; Navarro-Cano et al. (pers comm)
Marshes	Perennial grass (<i>Spartina</i>)	Deciduous shrub (<i>Baccharis</i>)	Egerova et al. 2003
Tropical sub-humid forest	Trees (<i>Acacia, Acalypha</i>)	Tree (<i>Brosimum</i>)	Sánchez-Velásquez et al. 2004
Arid shrubland	Succulent shrubs (<i>Drosanthemum</i>)	Succulent shrubs (<i>Drosanthemum</i>)	Blignaut & Milton 2005
Arid rangelands	Shrub (<i>Artemisia</i>)	Grasses (<i>Agropyron</i>)	Huber-Sannwald & Pyke 2005
Semiarid abandoned fields	Leguminous shrub (<i>Retama</i>)	Shrubs (<i>Olea, Ziziphus</i>)	Padilla & Pugnaire (unpublished)

2.2.2 Το φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης

Ως υδραυλική ανύψωση περιγράφεται το φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται παθητική κίνηση μορίων νερού κατά μήκος της κλίσης του δυναμικού του νερού (Ψ). Η κίνηση αυτή οφείλεται στη διαφορά του δυναμικού του νερού ανάμεσα σε περιοχές που χωρίζονται από εκλεκτικά διαπερατές μεμβράνες, όπως η τυπική κυτταρική μεμβράνη, ένα φαινόμενο γνωστό ως ώσμωση. Κατά τη διάρκεια της μέρας, αν ένα φυτό εκτελεί διαπνοή, η κλίση του Ψ διαμορφώνει την κίνηση των μορίων του νερού από το έδαφος προς τις ρίζες του φυτού και ακολούθως προς την ατμόσφαιρα μέσω των στομάτων των φύλλων. Το βράδυ, όταν τα στόματα είναι κλειστά, τα μόρια του νερού κινούνται προς τους βλαστούς μέχρι το Ψ των βλαστών να εξισωθεί με το Ψ του βαθύτερου εδαφικού ορίζοντα. Η κλίση του Ψ τώρα διαμορφώνει την κίνηση των μορίων του νερού, τόσο από το βαθύτερο εδαφικό ορίζοντα όσο και από τους βλαστούς, προς τα ξηρότερα επιφανειακά στρώματα του εδάφους γύρω από τη ρίζα. Το νερό κινείται από τις ρίζες προς τα ξηρότερα στρώματα του εδάφους από όπου θα μπορέσει να επαναντληθεί για να χρησιμοποιηθεί για τη διαπνοή της επόμενης μέρας (Richards & Caldwell 1987).

Σε μεγάλες περιόδους ξηρασίας, το νερό είναι διαθέσιμο μόνο στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Ακόμα και αν οι βαθύτερες ρίζες των φυτών έχουν πρόσβαση στο νερό αυτό, η μικρή πυκνότητα του βαθύτερου ριζικού συστήματος, περιορίζει το ρυθμό πρόσληψης του. Η υδραυλική ανύψωση προσφέρει ένα μηχανισμό προσωρινής εξωτερικής αποθήκευσης του νερού, κατά τη διάρκεια της νύκτας, στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους. Εδώ η μεγάλη πυκνότητα του ριζικού συστήματος διασφαλίζει την άμεση και γρήγορη επαναπορρόφηση του νερού το επόμενο πρωί. Η εξωτερική αποθήκευση καθίσταται αναγκαία αφού η εσωτερική υδατική χωρητικότητα των περισσότερων φυτών είναι περιορισμένη, έτσι η εξωτερική αποθήκευση επιτρέπει στις βαθύτερες ρίζες να συνεχίζουν την απορρόφηση νερού κατά τις νυκτερινές ώρες όπου η διαπνοή μειώνεται (Caldwell & Richards 1989). Αυτό το προσωρινά αποθηκευμένο νερό είναι προσβάσιμο το επόμενο πρωί, τόσο από το ευρύ επιφανειακό ριζικό σύστημα του ίδιου του φυτού αλλά και από τις ρίζες των φυτών που γειτνιάζουν με αυτό (Caldwell & Richards 1989; Dawson 1993). Λόγω του ότι η υδραυλική ανύψωση συνδέεται τόσο με την εξάντληση του διαθέσιμου επιφανειακού νερού όσο και με τη συγκέντρωση νερού στα βαθύτερα στρώματα, η ένταση της εμφάνισης του φαινομένου ποικίλει ανάλογα με την εποχή (Williams et al. 1993).

Το φαινόμενο της μεταφοράς νερού από τις ρίζες των φυτών, ανάμεσα σε περιοχές με διαφορετικές υδατικές συγκεντρώσεις, έχει μελετηθεί ευρύτατα σε εργαστηριακές συνθήκες και θερμοκήπια. Κάποιες από τις πρώτες μελέτες ήταν αυτές του Breazeale και των συνεργατών του (Magstad & Breazeale 1929; Breazeale 1930). Ο Breazeale απέδειξε ότι οι ρίζες των αρτιβλάστων του σιταριού, που βρίσκονταν σε στεγνό έδαφος και σε αναστολή της διαπνοής, μπορούσαν να ενυδατωθούν αντλώντας νερό από έδαφος με υδατική υγρασία όταν άλλο τμήμα της ρίζας βρισκόταν σε επαφή με αυτό. Ανάλογα πειράματα έκανε και στο πεδίο χρησιμοποιώντας ρίζες καλαμποκιού, εξάγοντας το συμπέρασμα ότι οι ρίζες δρουν ως «εξισωτές» της εδαφικής υγρασίας. Στα επόμενα χρόνια πολλοί άλλοι ασχολήθηκαν με την ικανότητα των ριζών να μετακινούν νερό σε εργαστηριακά πειράματα (Πίνακας 2.2), αρκετές φορές αποδεικνύοντας σημαντικά ποσά μετακίνησης του νερού, από τις ρίζες προς το ξηρό έδαφος, με τη χρήση time-domain reflectometry (Baker & van Bavel 1988; Dawson & Pate 1996).

Σε μια άλλη πειραματική προσέγγιση μετρήθηκε η ποσότητα του νερού που μετακινείται από φυτό σε φυτό (Hansen & Dickson 1979; Corak et al. 1987), όπου φυτά τοποθετήθηκαν σε ελεγχόμενο περιβάλλον εδαφικής ξηρασίας με μέρος του ριζικού συστήματος του φυτού δότη να έχει πρόσβαση σε υγρασία. Ακολούθησαν σειρά από έμμεσες αποδείξεις του φαινομένου από πληθώρα ερευνητών (Fabiao et al. 1985; Glenn & Welker 1993; Nambiar 1976,1977; Matzer & Richards 1996).

Τα πρώτα ισχυρά δεδομένα ότι η υδραυλική ανύψωση συμβαίνει στο πεδίο παρατηρήθηκαν στο φυτό *Artemisia tridentata* από τους Richards και Caldwell (1987). Η διακύμανση στην υγρασία εντός και εκτός ριζών (Ψ_s) συσχετίστηκε με την ημερήσια εναλλαγή μέρας και νύκτας, με τη διαφορά να γίνεται εντονότερη κατά την ημέρα και να μειώνεται κατά τη νύκτα. Τα αποτελέσματα ενισχύθηκαν όταν, οι Caldwell και Richards χορήγησαν δευτεριούχο νερό στις βαθύτερες ρίζες του θάμνου το οποίο στη συνέχεια ανιχνεύτηκε στο ξύλωμα των γειτονικών φυτών (Caldwell & Richards 1989). Ακολούθησε ο Dawson (1993) οποίος, χρησιμοποιώντας και πάλι το δευτεριούχο νερό, απέδειξε την παρουσία του φαινομένου σε απομονωμένα φυτά *Acer saccharum* στο πεδίο κατά την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού.

Πίνακας 2.2 Είδη για τα οποία υπάρχουν εργαστηριακά δεδομένα που υποδεικνύουν την ύπαρξη του φαινομένου της υδραυλική ανύψωσης (Caldwell et al. 1998).

Species	Reference	Nature of evidence
<i>Triticum vulgare</i> (wheat) and <i>Zea mays</i> (maize)	Breazeale 1930	Water transfer between soil compartments
<i>Circidium torreyana</i> (palo verde), <i>Acacia greggii</i> (catclaw), <i>Lycopersicon esculentum</i> (tomato)	Breazeale & Crider 1934	Water transfer between soil compartments
<i>Phaseolus vulgaris</i> (bean)	Schippers et al. 1967	Water efflux from hypocotyl
<i>Populus</i> species (poplar)	Hansen & Dickson 1979	Water transfer between roots of neighboring seedlings
<i>Cynodon dactylon</i> × <i>C. transvaalensis</i> (bermudagrass)	Baker & van Bavel 1986	Water transfer between soil compartments
<i>Medicago sativa</i> (alfalfa)	Corak et al. 1987	Water transfer to maize plants in same pot
<i>Gossypium hirsutum</i> (cotton)	Baker & van Bavel 1988	Water transfer between soil compartments
<i>Prunus persica</i> (peach)	Glenn & Welker 1993	Water transfer between soil compartments
<i>Eucalyptus viminalis</i>	Phillips & Riha 1994	Water transfer between soil compartments
<i>Zea mays</i> (maize)	Topp et al. 1996, Watt et al. in press	Water efflux from individual roots
<i>Acer saccharum</i> (sugar maple)	T.E. Dawson, personal communication	Water transfer between soil compartments, deuterium labeling
<i>Artemisia tridentata</i> (sagebrush)	J.H. Richards, personal communication	Water transfer between soil compartments, proton NMR imaging

2.3 Θεωρητικό πλαίσιο

Στα ξηρά και ημίξηρα οικοσυστήματα το φαινόμενο της διευκόλυνσης εμπερικλείει την επίδραση της σκιάς, την αυξημένη διαθεσιμότητα σε νερό και θρεπτικά συστατικά, τη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών όπως και την προστασία από τα ζώα. Οι

τρόποι με τους οποίους κάθε ένας από αυτούς τους παράγοντες ασκεί τη θετική του επίδραση αναλύονται στη συνέχεια.

Με τη θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους να φτάνει μέχρι και τους 70 °C η επιβίωση πολλών ειδών εξαρτάται κύρια από την παρουσία σκιάς (Armas & Pugnaire 2005; Moro et al. 1997b; Pugnaire et al. 1996a). Στη σκιά των πολυετών φυτών τα αρτίβλαστα αλλά και μικρότερα εποχικά φυτά βρίσκουν προστασία απέναντι σε ακραίες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη μείωση του θερμικού στρες και την απώλεια νερού μέσω της έντονης διαπνοής. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου της φωτοαναστολής της φωτοσύνθεσης (Moro et al. 1997a, b). Ταυτόχρονα η παρουσία της σκιάς μειώνει την εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών που θα είχαν ως αποτέλεσμα την εξάτμιση του νερού (Domingo et al. 1999). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εδαφικής υγρασίας κάτω και γύρω από την κόμη, σε σχέση με την εδαφική υγρασία στο γυμνό έδαφος, με συνεπακόλουθο καλύτερο υδατικό ισοζύγιο για τα φυτά (Callaway 2007; Maestre et al. 2003a; Pugnaire et al. 2004).

Πέρα από την επίδραση της σκιάς άλλος ένας παράγοντας αύξησης της εδαφικής υγρασίας είναι και η παρουσία του φαινομένου της υδραυλικής ανύψωσης (Richards & Caldwell, 1987). Στο μηχανισμό αυτό οφείλεται η παθητική κίνηση νερού από τα βαθύτερα και υγρότερα εδάφη προς τα ξηρότερα επιφανειακά στρώματα του εδάφους μέσω του ριζικού συστήματος. Παράλληλα πολυετή φυτά με πλούσια κόμη συλλέγουν και εγκλωβίζουν βρόχινο νερό, ειδικά όταν αυτό προέρχεται από μικρή έως μεσαίας έντασης βροχή, αυξάνοντας την εδαφική υγρασία μέσα και γύρω από την κόμη τους (Martinez-Meza & Whitford 1996). Η αυξημένη παρουσία βλάστησης στον υπό όροφο, παρά την αύξηση της συνολικής απώλειας νερού μέσω της λειτουργίας της διαπνοής, έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση αυτής της εδαφικής υγρασίας λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας του εδάφους και ως συνεπακόλουθο τη μείωση της απώλειας νερού από την εξάτμιση (Domingo et al. 1999; Pugnaire et al. 2004). Ένας από τους πρωταρχικούς παράγοντες, που συμβάλλουν στην παρουσία του φαινομένου της διευκόλυνσης από πολυετής θάμνους, αποτελεί η βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους και ειδικότερα στην αθροιστική συσσώρευση οργανικής ύλης. Η συσσώρευση οργανικής ύλης κάτω από αυτούς, τροποποιεί τις φυσικές ιδιότητες τους εδάφους βελτιώνοντας την υδατοδεσμευτική του ικανότητα (Pugnaire et al. 2004; Puigdefábregas et al. 1999). Ο εμπλουτισμός του εδάφους σε θρεπτικές ουσίες μπορεί επίσης να οφείλεται και στο

φαινόμενο της άντλησης θρεπτικών ουσιών (Richards & Caldwell 1987), καθώς τα βαθύρριζα πολυετή είδη αντλούν θρεπτικές ουσίες από βαθύτερα στρώματα, οι οποίες θα ήταν απροσπέλαστες στα είδη με ρηχό ριζικό σύστημα, και τις εναποθέτουν στην επιφάνεια του εδάφους. Επιπρόσθετα, η κόμη των πολυετών θάμνων δύναται να εγκλωβίζει μικροσωματίδια που μεταφέρονται από τον άνεμο τα οποία και αυτά τελικά καταλήγουν στο έδαφος κάτω από το φυτό (Pugnaire et al. 1996b; Whitford et al. 1997). Τέλος, στον εμπλουτισμό του εδάφους με θρεπτικές ουσίες σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η αζωτοδέσμευση.

Σε ξηρά οικοσυστήματα το φαινόμενο της διευκόλυνσης κρίνεται ως μείζονος σημασίας για την επιβίωση των νεαρών αρτιβλάστων. Οι Niering et al. (Niering et al. 1963) περιγράφουν ένα ακόμα συγγενικό φαινόμενο το οποίο ονομάζουν «nurse plant syndrome», όπου η εγκατάσταση των αρτιβλάστων κάποιου είδους διευκολύνεται κάτω από την κόμη ενήλικων φυτών του ιδίου ή διαφορετικού είδους. Το φαινόμενο αυτό, το οποίο το συναντούμε και με τον όρο «nurse effect», έχει τεκμηριωθεί σε πολλά διαφορετικά οικοσυστήματα κρίνεται όμως ιδιαίτερα σημαντικό στα ξηρά οικοσυστήματα. Τα νεαρά φυτά φυτρώνουν σε μεγαλύτερους αριθμούς κάτω από υφιστάμενα πολυετή φυτά τόσο λόγω της μεγαλύτερης παρουσίας σπόρων που εγκλωβίζονται εκεί, αλλά και διότι επωφελούνται από το βελτιωμένο μικρόκλίμα, την μεγαλύτερη διαθεσιμότητα σε νερό και θρεπτικά συστατικά καθώς και την προστασία που τους προσφέρεται απέναντι στους καταναλωτές (Flores & Jurado 2003).

2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Το φαινόμενο της διευκόλυνσης ανάμεσα στα φυτικά είδη αποδεικνύεται εξέχουσας σημασίας σε περιοχές που επικρατούν σκληρές αβιοτικές συνθήκες (Callaway et al. 2002; Carlsson & Callaghan 1991). Οι Bertness και Callaway (1994) προτείνουν πως όπου το αβιοτικό στρες εμποδίζει την ανάπτυξη κάποιου φυτού, τα θετικά φαινόμενα διευκόλυνσης από γειτονικά φυτά υπερκεράζουν την αρνητική επίδραση του ανταγωνισμού, φτάνει η διάθεση των πόρων να μην έχει φτάσει σε οριακά, για όλη τη φυτοκοινότητα, επίπεδα. Ο Callaway (1995) καταγράφει αυτούς τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους κάποια φυτά βελτιώνουν τις συνθήκες συμπεριλαμβάνοντας σε αυτούς την αύξηση των θρεπτικών ουσιών και της υγρασίας στο έδαφος, και τη δημιουργία μιας καλύτερης ποιότητας για εγκατάσταση και επιβίωση υποστρώματος. Η θετική επίδραση

της διευκόλυνσης τεκμηριώθηκε ευρύτατα σε οικοσυστήματα με δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες παγκόσμια, όπως οι έρημοι, οι βραχώδεις ακτές και οι υγρότοποι (Hunter & Aarssen 1988; Bertness & Leonard 1997). Μέσα από τις μελέτες αυτές αποδεικνύεται η σημασία της στην ανάπτυξη των ατόμων, στη δυναμική των πληθυσμών, στη σύνθεση και τη βιοποικιλότητα των φυτοκοινωνιών (Callaway 1995; Bertness & Leonard 1997), καθώς και τα μοντέλα χωρικής κατανομής (Lin et al. 2012) και τα μοντέλα της εξαρτώμενης με την πυκνότητα θνησιμότητας σε επίπεδα πληθυσμού και κοινότητας (Chu et al. 2010).

Στη μεσογειακή λεκάνη όπου οι στρεσογόνες περιβαλλοντικές συνθήκες δυσχεραίνουν την επιβίωση των φυτών, πολύ περισσότερο των νεαρών φυτών, το φαινόμενο μελετήθηκε ευρύτατα σε προσπάθειες αναδάσωσης και αποκατάστασης υποβαθμισμένων οικοτόπων. Η πρώτη δημοσιευμένη έρευνα η οποία διερεύνησε την πιθανή χρήση των υφιστάμενων θάμνων ως «nurse plants» σε μία εναλλακτική τεχνική αναδάσωσης, έγινε από τους Castro et al. (2002) και Gasque και García-Fayos (2004) και έλαβε χώρα στα βουνά της Sierra Nevada στη νοτιοανατολική Ισπανία το 1997. Η πειραματική αναδάσωση έγινε Μάρτιο του 1997, κατά την οποία διετή αρτίβλαστα των ειδών *Pinus sylvestris nevadensis* και *Pinus nigra salzmannii* φυτεύτηκαν σε τέσσερις διαφορετικούς μικροοικοτόπους: (1) σε γυμνό έδαφος, (2) κάτω από την κόμη ατόμων *Salvia lavandulifolia*, (3) στο βόρειο άκρο της κόμης αγκαθωτών θάμνων (*Prunus ramburii*, *Crataegus granatensis*, ή *Berberis hispanica*) και (4) στο νότιο άκρο της κόμης αγκαθωτών θάμνων (*P. ramburii*, *C. granatensis*, ή *B. hispanica*). Τέσσερα χρόνια μετά, η επιβίωση των ατόμων *Pinus sylvestris* και *Pinus nigra* κάτω από την κόμη των ατόμων *Salvia* αποδείχθηκε 2,6 και 1,8 φορές υψηλότερη, αντίστοιχα, σε σχέση με τις τιμές που είχαν αναφερθεί στις περιοχές φύτευσης με γυμνό έδαφος. Και αυτό παρά το γεγονός ότι οι συνθήκες φύτευσης ήταν ευνοϊκότερες για τα πεύκα στις γυμνές περιοχές με μεγαλύτερο μέγεθος λάκκου φύτευσης και επιπλέον φροντίδα (Castro et al. 2002). Η πρώτη αυξητική περίοδος ήταν η κρισιμότερη για την επιβίωση των φυτών, όπου μετρήθηκαν ρυθμοί θνησιμότητας πάνω από 50%. Επιπρόσθετα, τα πρότυπα της επιβίωσης στους διάφορους μικρό-οικοτόπους και για τα δύο είδη, εγκαθιδρύθηκαν κατά την πρώτη βλαστητική περίοδο παραμένοντας αναλλοίωτα ακόμα και όταν οι μετρήσεις επανελήφθησαν μετά από 4 χρόνια (Castro et al. 2004).

Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώνουν την πεποίθηση ότι το πιο σημαντικό χρονικό διάστημα για την επιτυχή εγκατάσταση των νεαρών φυτών είναι το πρώτο έτος (García-Salmerón 1995; Savill et al. 1997; Rey-Benayas 1998). Από την άλλη πλευρά, οι θάμνοι δεν μείωσαν τον ρυθμό αύξησης του κυρίαρχου βλαστού σε καμία από τις προαναφερθείσες μελέτες. Το γεγονός αυτό υποστηρίζει την αποτελεσματικότητα αυτή της τεχνικής αναδάσωσης η οποία επαυξάνει την επιβιωσιμότητα χωρίς να παρεμβαίνει στην ανάπτυξη των φυτών. Η ευεργετική επίδραση των θάμνων στην επιβίωση των νεαρών φυτών οφείλεται πιθανώς στη βελτίωση της υδατικής κατάστασης των δενδρυλλίων μέσω της μείωσης της ακτινοβολίας, της μείωσης της θερμοκρασίας του εδάφους και της διατήρησης της εδαφικής υγρασίας (Gómez et al. 2001b; Castro et al. 2002). Το «nurse plant» προσφέρει προστασία κατά τα πρώτα χρόνια της ζωής του νεαρού δενδρυλλίου, ενώ έπειτα θα υπερκαλυφθεί από το αναπτυσσόμενο δενδρύλλιο. Το φυτά του είδους *Salvia* καθώς και άλλοι θάμνοι με παρόμοια μορφολογικά χαρακτηριστικά είναι συχνοί σε υποβαθμισμένα βουνά της Μεσογείου, για το λόγο αυτό, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εκτεταμένα σε τεχνικές αναδάσωσης. Οι Gómez-Aragicío et al. (2004) διεξήγαγαν μια σειρά από πειράματα για να ελέγξουν την επίδραση 16 αυτοχθόνων ειδών θάμνου σε 11 άλλα είδη θάμνων και δέντρων. Ένα χρόνο μετά τη φύτευση, η επιτυχία εγκατάστασης κάτω από υφιστάμενους θάμνους ήταν υπερδιπλάσια από την αντίστοιχη σε γυμνό έδαφος, φτάνοντας ακόμα και την τετραπλάσια σε κάποιες περιπτώσεις. Ωστόσο, η έκβαση διέφερε, ανάλογα με τα είδη στόχους, τον τύπο του «nurse plant» στην κάθε περίπτωση αλλά και τη χρονιά.

Το γεγονός αυτό μεταφράζεται θετικά σε οικονομικά μεγέθη (Castro et al. 2002) αλλά κυρίως σε οικολογικά μεγέθη. Βοηθά στη δημιουργία περιοχών χωρικής πολυμορφίας και μεγαλύτερης βιοποικιλότητας οι οποίες είναι περισσότερο ανθεκτικές σε παθογένειες, φυτοφάγα ζώα και κλιματικούς κινδύνους (Watt 1992; Schönenberger 2001; Hódar et al. 2003). Αυτή η πρακτική εμποδίζει παράλληλα την εκτεταμένη διάβρωση του εδάφους που παρατηρείται κατά τις παραδοσιακές μεθόδους αναδάσωσης. Τα πλεονεκτήματα αυτά έχουν ιδιαίτερη σημασία σε προστατευόμενες περιοχές όπου η διατήρηση και ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων είναι μια σημαντική προτεραιότητα αλλά και σε ορεινές περιοχές με πολύπλοκη ορογραφία.

Οι Padilla και Pugnaire (2009) αναδεικνύουν τη σημαντικότητα της κατανόησης των δυνατοτήτων της διευκόλυνσης. Στην εργασία τους συγκρίνουν τα ποσοστά επιβίωσης

δενδρυλλίων κάτω από «nurse plants» σε σχέση τα ποσοστά επιβίωσης κάτω από τεχνητή σκιά για μία συνολική περίοδο τριών ετών. Συγκεκριμένα έλεγξαν την επίδραση των θάμνων *Retama* στην επιβίωση δενδρυλλίων *Olea*, *Pistacia* και *Ziziphus*. Τον Ιανουάριο του 2004, 20 έως 30 φυτά ενός έτους και των τριών ειδών, μεγαλωμένα κάτω από πανομοιότυπες συνθήκες, μεταφυτεύτηκαν στις υπό μελέτη περιοχές είτε κάτω από τους θάμνους *Retama* είτε τυχαία σε διάκενα τα οποία καλύφθηκαν από κομμένα κλαδιά του θάμνου *Anthyllis* με τα οποία δημιουργήθηκε τεχνητή σκιά. Τα μισά από τα φυτά ποτίζονταν κάθε 3 εβδομάδες κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 και του 2005. Από τις μετρήσεις διαφάνηκε ότι τόσο οι θάμνοι *Retama* όσο και η τεχνητή σκιά μειώνουν την ακτινοβολία αλλά και τη θερμοκρασία σε σχέση με τα διάκενα. Με εξαίρεση τη βιωσιμότητα των *Ziziphus* τα οποία δεν έδειξαν να επωφελούνται από την παρουσία των *Retama*, οι θάμνοι ενίσχυσαν σημαντικά τη βιωσιμότητα των *Olea* σε ποσοστά 48-56% σε σχέση με τη βιωσιμότητα τους κάτω από την τεχνητή σκιά, ειδικά όταν αυτά δεν ποτίζονταν, ενώ η επίδραση τους στη βιωσιμότητα των φυτών *Pistacia* δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Τα αποτελέσματα αυτά αποδεικνύουν ότι η αλληλεπίδραση των φυτών με το υπό μελέτη «nurse plant» εξαρτάται απόλυτα από τα συγκεκριμένα είδη. Η προστασία που προσφέρει η κόμη αποδεικνύεται επίσης ως μια σημαντική παράμετρος της διευκόλυνσης που προσφέρουν τα «nurse plant».

2.5 Συμπεράσματα

Σε οικοσυστήματα με ανεπάρκεια και υψηλή μεταβλητότητα σε πόρους όπως το νερό και οι θρεπτικές ουσίες, η παρουσία βαθύρριζων πολυετών φυτών καθίσταται κρίσιμη για την πιθανότητα επιβίωσης του οικοσυστήματος. Παρά την εξόχως συντηρητική χρήση του διαθέσιμου νερού που εφαρμόζουν τα φυτά των οικοσυστημάτων αυτών, η πρόσβαση σε εναλλακτικές πηγές νερού, πέρα από αυτό της άμεσης βροχής, αποτελεί ένα καθοριστικό παράγοντα για τη διατήρηση της παραγωγικότητας των οικοτόπων. Λόγω της κλιματικής αλλαγής το φαινόμενο της ανεπάρκειας νερού στον τόπο μας, αλλά και σε ολόκληρη τη Μεσογειακή λεκάνη, εντείνεται κάνοντας επιτακτική την ανάγκη για την περαιτέρω διερεύνηση αυτών των εναλλακτικών πηγών νερού. Το φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης με το οποίο τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους, γύρω από τα φρεατόφυτα, εμπλουτίζονται με νερό δίνει τη δυνατότητα για τη δημιουργία και τη διατήρηση γόνιμων νησίδων οι οποίες θα μπορούσαν να φιλοξενήσουν φυτά διατηρώντας την παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων. Οι μέχρι τώρα μελέτες

δείχνουν ότι το φαινόμενο δεν περιορίζεται μόνο σε μια μικρή ομάδα φυτών, αλλά δυνητικά μπορεί να εμφανίζεται και σε άλλα φυτά κυρίως σε αυτά που επιβιώνουν σε ξηρά και ημίξηρα οικοσυστήματα. Ο εντοπισμός και η αξιοποίηση των φυτών αυτών σε προσπάθειες αποκατάστασης, αλλά και διατήρησης των ευάλωτων οικοσυστημάτων, τείνει να γίνει μια από τις προτεραιότητες της ερευνητικής κοινότητας που ασχολείται με τον τομέα της αποκατάστασης τις τελευταίες δεκαετίες.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός – Στόχοι

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες καταγράφεται παγκόσμια, ένα έντονο ενδιαφέρον γύρω από τις διεργασίες διευκόλυνσης μεταξύ γειτονικών φυτών, γεγονός που έχει προσθέσει σημαντικά στη γνώση μας γύρω από τους παράγοντες που διαμορφώνουν τη σύνθεση, τη δομή και τη λειτουργία των φυτοκοινωνιών. Μεγάλης σημασίας σε περιβάλλοντα έλλειψης νερού είναι η λειτουργία του «nurse plant syndrome» (Niering et al. 1963). Μια από τις παραμέτρους του φαινομένου αυτού, ιδιαίτερα σε βαθύρριζα είδη (φρεατόφυτα) που απαντώνται σε ξηρικά περιβάλλοντα (Schenk and Jackson 2002), αποτελεί και ο μηχανισμός της υδραυλικής ανύψωσης (Richards and Caldwell 1987). Στην παρούσα μελέτη θα διερευνηθεί η επίδραση του φρεατόφυτου *Ziziphus lotus* στο υδατικό περιεχόμενο του *Thymbra capitata*, και η πιθανότητα η επίδραση να οφείλεται στο φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης. Θα διερευνηθεί επίσης η επίδραση του στην παραγωγικότητα του οικοτόπου προτεραιότητας *5220 και συγκεκριμένα στην πυκνότητα των φυτών *Thymbra capitata*.

3.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα που αναμένεται να απαντηθούν είναι:

1. Ποια η επίδραση του φρεατόφυτου *Ziziphus lotus* στο υδατικό περιεχόμενο του *Thymbra capitata* και ποια η πιθανότητα η επίδραση να οφείλεται στο φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης;
2. Πώς μεταβάλλεται η φυτική παραγωγικότητα του οικοτόπου, και συγκεκριμένα η πυκνότητα του φυτού δείκτη *Thymbra capitata*, σε σχέση με την απόσταση από το *Ziziphus lotus*;
3. Παράλληλα θα διερευνηθεί αν τυχόν στα παραπάνω ερωτήματα παίζει ρόλο η επίδραση της τοπογραφίας μέσω της έκθεσης των φυτών.

3.3 Περιγραφή χαρακτηριστικών περιοχής δειγματοληψίας

Η περιοχή μελέτης (γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ}56'10.28''$ N και γεωγραφικό μήκος $33^{\circ}34'23.57''$ E) είναι ένας ανοιχτός μεσαίου μεγέθους θαμνώνας της Θερμο-Μεσογειακής ζώνης, με κυρίαρχο είδος το *Ziziphus lotus* εντός του Εθνικού Δασικού Πάρκου Ριζοελιάς (οικότοπος προτεραιότητας *5220; Annex I; Council Directive 92/43/EEC). Η περιοχή μελέτης (χάρτης 3.1) καλύπτεται από εδάφη του τύπου «gypsic Regosols-leptic Gypsisols», όπου το έδαφος είναι αβαθές, με μικρή περιεκτικότητα χούμου (Manolaki & Vogiatzakis 2014). Η περιοχή βρίσκεται σε υψόμετρο που κυμαίνεται από τα 80 m στο βορειοδυτικό τμήμα της και φτάνει στα 71 m στο νοτιοανατολικό τμήμα της. Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από το Μάιο ως τα μέσα του Οκτώβρη, και βροχερό αλλά ήπιο χειμώνα από Νοέμβριο ως τα μέσα Μαρτίου (Manolaki & Vogiatzakis 2014).



Χάρτης 3.1 Περιοχή δειγματοληψίας, με κόκκινο χρώμα, εντός του Εθνικού Δασικού Πάρκου Ριζοελιάς. Με τα σύμβολα Z₁ έως και Z₉ σημειώνονται οι θέσεις των υπό μελέτη *Z. lotus*.

Στην περιοχή συναντούμε προ-ερημικό τύπο βλάστησης (Εικόνα 3.1) με κυρίαρχο είδος το *Ziziphus lotus* το οποίο σχετίζεται από τη σταθερή συμμετοχή του είδους *Asparagus horridus* (= *A. stipularis*) (αγρέλι) και των θάμνων *Noaea mucronata* (αντρούκλιαγρος), *Thymbra capitata* (= *Coridothymus capitatus*) (θυμάρι) και *Phagnalon rupestre*

(ασπροθύμαρο). Ανάμεσα στους θάμνους αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός ποωδών ειδών όπως *Stipa capensis*, *Lotus peregrinus*, *Trifolium campestre* κ.ά. (LIFE12 NAT/CY/000758).



Εικόνα 3.1 Τμήμα του προ-ερημικού τύπου βλάστησης που συναντούμε στην περιοχή με κυρίαρχο είδος το *Ziziphus lotus* (1) (Φωτογραφία Κωνσταντίνου Ε., Αύγουστος 2015).

3.4 Περιγραφή χαρακτηριστικών υπό μελέτη φυτών

Το *Ziziphus lotus* (L.) Lam. (στο εξής *Z. lotus*) διαφέρει από άλλα φυτά του γένους *Ziziphus* (*Rhamnaceae*) λόγω του θαμνώδους φυλλοβόλου χαρακτήρα του. Διαθέτει βλαστούς με πολλές διακλαδώσεις, μικρότερα άνθη και καρπούς (Jafri 1977). Αυτό το είδος, γνωστό και ως «κονναρκά» ή «παλούρα», είχε μεγάλη οικολογική και γεωγραφική εξάπλωση στη Κύπρο, κυρίως στην εσωτερική ζώνη της Μεσαορίας και στη λοφώδη ζώνη της κεντρικής Κύπρου (LIFE12 NAT/CY/000758) αλλά και σε γειτονικές χώρες, όπου απαντάται σε πληθώρα περιβαλλοντικών συνθηκών (Emberger 1960). Σήμερα στην Κύπρο αντιπροσωπεύονται από λίγες συστάδες και μεμονωμένους θάμνους μεταξύ των καλλιεργειών (Tsintides et al. 2007), λόγω των έντονων και διαχρονικών ανθρωπογενών επεμβάσεων. Φτάνει τα 2-5 m και το συναντούμε στις όχθες ή στις κοίτες ξηρών ποταμών, σε θερμές πεδιάδες ακόμα και σε περιοχές της Σαχάρας (Gorai et al. 2010). Ο καρπός του είναι μία υπο – σφαιρική σκούρα κίτρινη δρύπη (1-1,5 cm σε διάμετρο) που όταν ωριμάσει δημιουργεί σκούρους καφέ σπόρους (6 X 5 mm). Τα υπό μελέτη φυτά ήταν

μεταξύ 1,5 m και 2 m σε ύψος (Εικόνα 3.2) και είχαν διάμετρο κόμης η οποία κυμαινόταν ανάμεσα σε 3 m και 6 m. Δεδομένα από μελετητές του είδους στο Μαρόκο, φέρουν τις ρίζες του φυτού να φτάνουν μέχρι και 60 m (Le Houérou 1972) γεγονός που το κατατάσσει στα φρεατόφυτα (Drew 1979; Evenari et al. 1982). Οι Evenari et al. (1982) το κατατάσσουν ως ξήρο – ενεργό φυτό.



Εικόνα 3.2 Στην φωτογραφία φαίνονται δύο από τα υπό μελέτη φυτά *Z. lotus* (1 και 2). Το ύψος τους ήταν μεταξύ 1,5 m και 2 m και είχαν διάμετρο κόμης η οποία κυμαινόταν ανάμεσα σε 3 m και 6 m. (Φωτογραφία Κωνσταντίνου Ε., Αύγουστος 2015).

Το Μεσογειακό θυμάρι, *Thymbra capitata* L. Cav. (στο εξής *T. capitata*), ανήκει σύμφωνα με τους Papageorgiou and Argyriadou (1981) στο γένος *Thymbra*. Η διαφορετικότητα του έγκειται στην παρουσία φλαβονοειδών τα οποία δεν χαρακτηρίζουν το γένος *Thymus* αλλά το γένος *Thymbra* (Barberan et al. 1986, Barberan et al. 1988). Είναι φρύγανο, με ύψος 30 - 50 cm, αειθαλές, με επιφυή μικρά γραμμοειδή φύλλα, άνθη ροδόχροα κατά επάκριους ωοειδείς στάχεις. Αυτοφύεται σε άγονους πετρώδεις τόπους και ανθίζει κατά την περίοδο Ιουνίου – Αυγούστου (Ζερλέντης 1981; Cainadas 1999; Βάθης 2002). Έχει βλαστό τετράγωνο (σε εντομή) με φύλλα που φύονται αντίθετα. Τα άνθη του διατάσσονται σε μασχαλιαίους ή ακραίους σπονδύλους, όπου σχηματίζουν μονοχάσια ή διχάσια, διαθέτουν συμπέταλη στεφάνη με δύο χείλη (άνω και κάτω). Απαντάται σε χαμηλά υψόμετρα από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι 600 m (Kokkini & Vokou

1989). Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν σαν δείκτες είχαν ύψος 40 – 50 cm και διάμετρο 0,5 – 1 m. Κατά την επιλογή τους βρίσκονταν όλα σε πλήρη ανθοφορία (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 Στη φωτογραφία φαίνεται μέρος της νοτιοδυτικής άποψης του οικοτόπου. Διακρίνονται άτομα *T. capitata* (1) που χρησιμοποιήθηκαν σαν δείκτες (Φωτογραφία Κωνσταντίνου Ε., Φεβρουάριος 2016).

3.5 Διερεύνηση των κλιματολογικών συνθηκών

Διερευνήθηκαν η διαθέσιμη υγρασία, η διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα καθώς και η εδαφική υγρασία.

3.5.1 Διαθέσιμη υγρασία και διακύμανσης της θερμοκρασίας του αέρα ανά περίοδο δειγματοληψίας

Από την ιστοσελίδα της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου, έγινε συλλογή δεδομένων κλιματολογικών δεδομένων, τα οποία αφορούσαν τα έτη 1991 – 2000 και 2014 – 2016. Από αυτά απομονώθηκαν οι τιμές της μέσης βροχόπτωσης, της μέσης, της μέσης-μέγιστης και της μέσης-ελάχιστης θερμοκρασίας ανά μήνα. Όλες οι τιμές μεταφέρθηκαν σε λογιστικό φύλλο MS Excel, στο οποίο έγινε η συγκριτική γραφική τους επεξεργασία. Στη περίπτωση της μέσης βροχόπτωσης της περιόδου 1991-2000 υπολογίστηκε και το τυπικό σφάλμα.

3.5.2 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας

Οι μετρήσεις του υδατικού περιεχομένου του εδάφους πραγματοποιήθηκαν κατά την έναρξη της ξηρής καλοκαιρινής περιόδου τον Ιούνιο και Ιούλιο του 2015. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε δύο χρονικές περιόδους: η πρώτη αμέσως μετά την δύση του ήλιου και η δεύτερη πριν την αυγή της επόμενης μέρας. Συγκεκριμένα λήφθηκαν δείγματα στις 11 και 12 Ιουνίου (JUN1), στις 19 και 20 Ιουνίου (JUN2), στις 1 και 2 Ιουλίου (JUL1), στις 5 και 6 Ιουλίου (JUL2) και στις 6 και 9 Ιουλίου (JUL3).

Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο ζώνες, μια εντός της κόμης και μια σε απόσταση 5 m από το τέλος της κόμης, σε δύο από τα άτομα του *Z. lotus* και συγκεκριμένα στα άτομα Z1A και Z1C (χάρτης 3.3). Οι δειγματοληψίες, εντός της ίδιας ζώνης, έγιναν σε απόσταση, τουλάχιστον, 0,5 m η μια από την άλλη. Στο σημείο της δειγματοληψίας γινόταν μια κάθετη τομή στο έδαφος σε βάθος 20 cm. Μετά την απομάκρυνση του εδάφους των 20 cm, έδαφος από οριζόντια τομή τοποθετήθηκε σε προζυγισμένα γυάλινα βάζα χωρητικότητας 1 L και σφραγίστηκε αεροστεγώς. Τα δείγματα ζυγίστηκαν στο εργαστήριο σε ζυγό ακριβείας δεύτερου δεκαδικού ψηφίου (PCB1000-2, KERN & Sohn GmbH, D-72336, Balingen, Germany) και αφού ανοίχτηκαν τοποθετήθηκαν σε κλίβανο θερμοκρασίας 60 °C για μία εβδομάδα. Μετά την πάροδο της εβδομάδας τα βάζα επανασφραγίστηκαν και ζυγίστηκαν. Για κάθε χρονική περίοδο δειγματοληψίας, τα δεδομένα των τριών ζυγίσεων:

- βάρος βάζου σε g,
- μικτό νωπό βάρος (g) και
- μικτό ξηρό βάρος (g)

καταγράφηκαν σε λογιστικό φύλλο MS Excel.

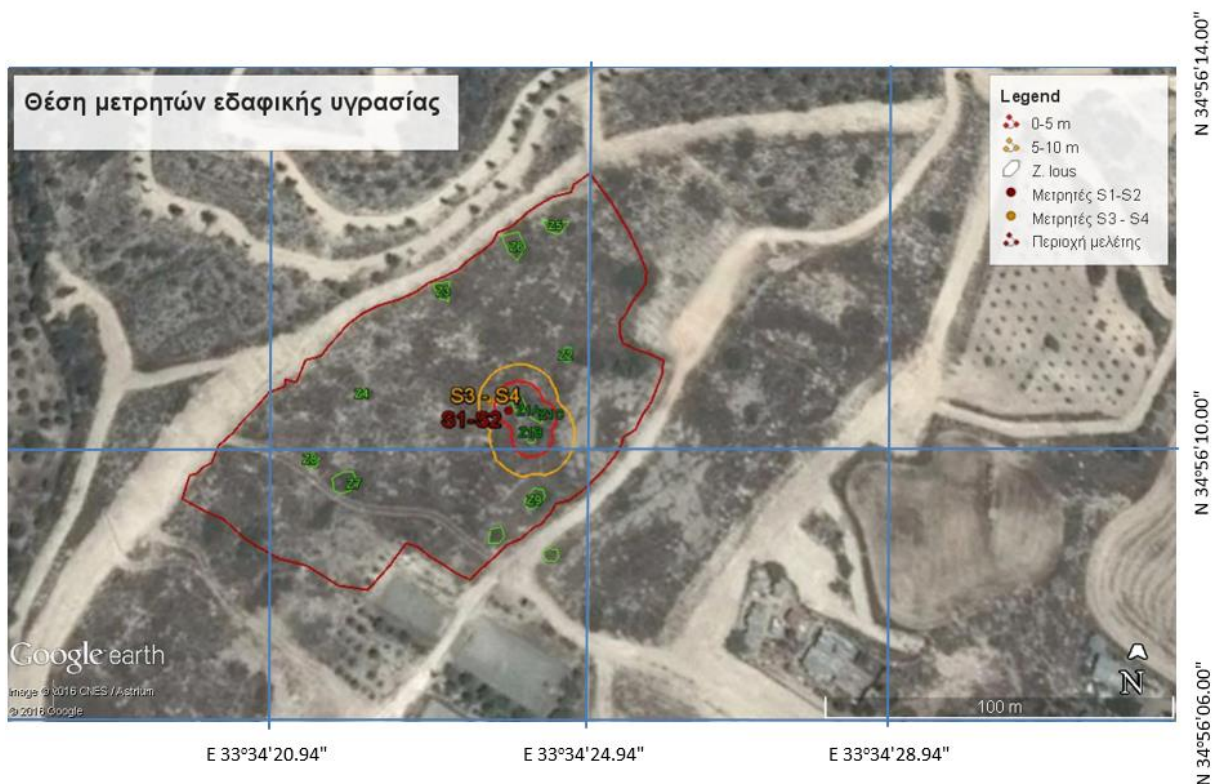
Έγινε υπολογισμός:

- του καθαρού νωπού βάρους (g),
- του καθαρού ξηρού βάρους (g) και
- η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε υγρασία ανά δείγμα.

Η διαφορά στην υδατική συγκέντρωση υπολογίστηκε αφαιρώντας από την πρωινή τη βραδινή υδατική συγκέντρωση ανά δείγμα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα.

Σε μια προσπάθεια ενίσχυσης της προαναφερθείσας μεθοδολογίας έγινε παρακολούθηση της εδαφικής υγρασίας με τη χρήση μετρητή και τεσσάρων μόνιμων

αισθητήρων εδαφικής υγρασίας (WATERMARK® Soil Moisture Meter, IRROMETER®, Riverside, CA 92507, USA). Οι τέσσερις αισθητήρες αφού ενυδατώθηκαν για 24 h τοποθετήθηκαν μόνιμα στο πεδίο, με τη βοήθεια μεταλλικών κοίλων ράβδων. Δύο από τους αισθητήρες τοποθετήθηκαν σε απόσταση 1 m από το τέλος της κόμης του *Z. lotus* 1, ο πρώτος (S1) σε βάθος 20 cm και ο δεύτερος (S2) σε βάθος 70 cm δίπλα από το *T. capitata* 1. Οι άλλοι δύο αισθητήρες (S3 και S4) τοποθετήθηκαν σε αντίστοιχα βάθη, σε απόσταση 7 m από το τέλος της κόμης του *Z. lotus* 1 ανάμεσα στα *T. capitata* A9 και A7 (Χάρτης 3.2). Ο μετρητής καταγράφει το ποσό εδαφικής υγρασίας σε μια κλίμακα από 0-200, όπου η ένδειξη 0 αντιστοιχεί στην απόλυτη ενυδάτωση, όταν βρίσκεται σε ελεύθερο νερό, και 200 όταν έχει ξεραθεί τελείως. Η κλίμακα αυτή αν και δεν μπορεί να δώσει ακριβείς πληροφορίες για τη μεταβολή της εδαφικής υγρασίας, σε επίπεδο υδραυλικής ανύψωσης, διατηρήθηκε ως μια επιπλέον ένδειξη της κατάστασης της εδαφικής υγρασίας. Οι τιμές που κατέγραφε ο μετρητής, από τους τέσσερις αισθητήρες, κατά τη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας αναφέρονται σε μορφή πίνακα στα αποτελέσματα.



Χάρτης 3.2 Θέση μετρητών υγρασίας. Οι μετρητές S1 και S2 φαίνονται με κόκκινο ενώ οι μετρητές S3 και S4 φαίνονται με πορτοκαλί χρώμα.

3.6 Διερεύνηση της επίδρασης του φρεατόφυτου *Z. lotus* στο υδατικό περιεχόμενο του *T. capitata*

Για τη διερεύνηση της επίδρασης του φρεατόφυτου *Z. lotus* στο υδατικό περιεχόμενο του *Thymbra capitata*, επιλέχθηκαν 10 άτομα του *Z. lotus*. Τα φυτά αυτά δεν είχαν σε ακτίνα 10 m άλλα πιθανά βαθύρριζα είδη (φρεατόφυτα), ώστε να έχουμε επηρεασμό του εδαφικού υδατικού ισοζυγίου. Επίσης στα σημεία των δειγματοληψιών απουσίαζαν οποιεσδήποτε ανθρωπογενής παρεμβάσεις που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη φυσική ικανότητα του νερού να διεισδύει στο έδαφος ή να εξατμίζεται από αυτό.

Το *T. capitata* επιλέχθηκε ως φυτό δείκτης λόγω της αφθονίας του στη περιοχή αλλά και λόγω της παρουσίας του σε αυτή κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους.

3.6.1 Μέθοδος δειγματοληψίας για τη μέτρηση της υδατικής συγκέντρωσης σε φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη *T. capitata*

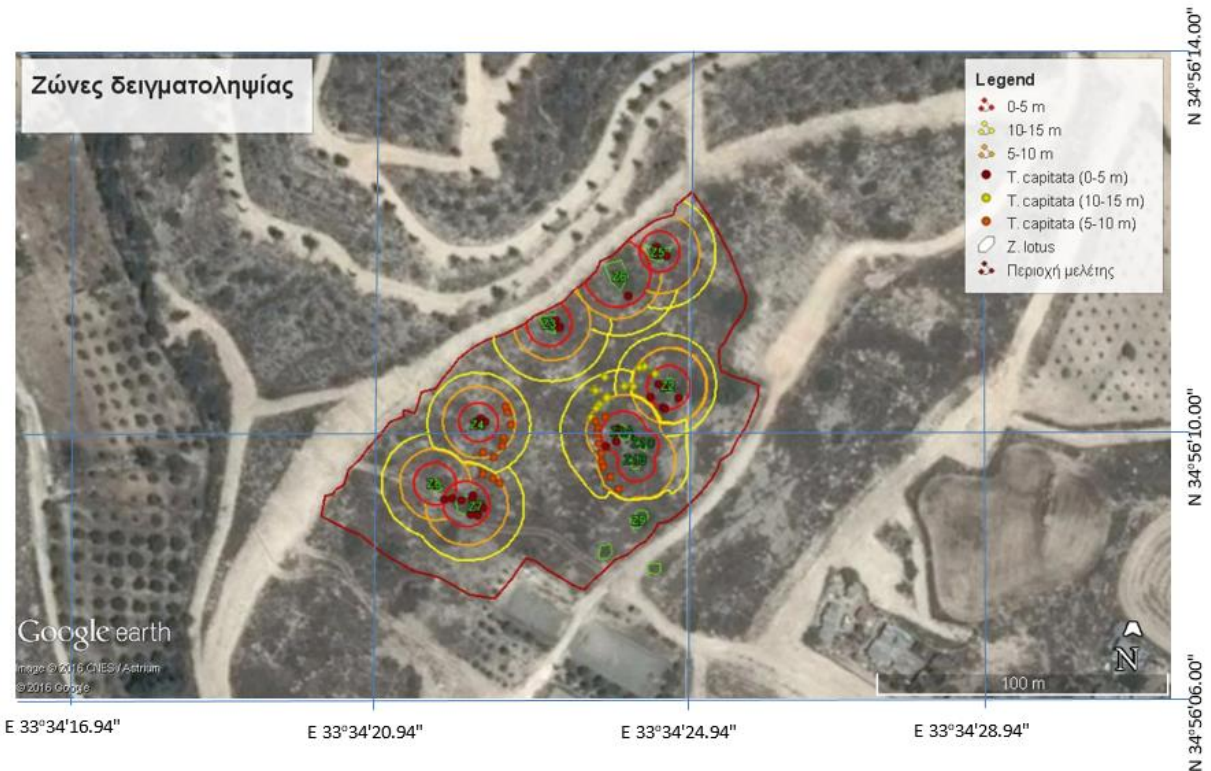
Η υδατική συγκέντρωση σε φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη *T. capitata*, μετρήθηκε συνολικά τέσσερις φορές. Η πρώτη μέτρηση έγινε κατά την έναρξη της ξηρής καλοκαιρινής περιόδου, στις 19 και 20 Ιουλίου του 2015 (στο εξής J), και η δεύτερη προς το τέλος της ξηρικής περιόδου, στις 25 και 26 Αυγούστου του 2015 (στο εξής A). Η τρίτη μέτρηση διεξήχθη στις 21 και 22 Νοεμβρίου του 2015 (στο εξής N) όπου ξεκίνησε η υγρή Φθινοπωρινή περίοδος και η τέταρτη στις 7 και 8 Φεβρουαρίου του 2016 (στο εξής F).

Οι μετρήσεις έγιναν σε φυτικούς ιστούς που λήφθηκαν από 70 άτομα του είδους *T. capitata*. Τα ίδια 70 άτομα χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις ημερομηνίες δειγματοληψίας. Η επιλογή των ατόμων *T. capitata* έγινε με γνώμονα τα φαινολογικά τους χαρακτηριστικά, δηλαδή είχαν την ίδια διάμετρο και ύψος κόμης και ευρίσκοντο κατά τη δειγματοληψία στο ίδιο στάδιο ανθοφορίας. Σε κάθε άτομο δόθηκε κωδικός αναφοράς, ο οποίος αναγράφηκε σε μόνιμη πινακίδα που τοποθετήθηκε πάνω στο φυτό και η θέση του κάθε φυτού στο πεδίο καταγράφηκε με χρήση GPS (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4 Σε κάθε άτομο *T. capitata* δόθηκε κωδικός αναφοράς, ο οποίος αναγράφηκε σε μόνιμη πινακίδα που τοποθετήθηκε πάνω στο φυτό.

Η δειγματοληψία έγινε κατά ζώνες ομόκεντρων κύκλων, με ζώνες 5, 10 και 15 m απόστασης σε σχέση με τα άτομα του *Z. lotus*. Επιλέχθηκαν 10 άτομα *T. capitata* εντός της κόμης των *Z. lotus*, 22 άτομα *T. capitata* στη ζώνη 0 - 5 m από το τέλος της κόμης των *Z. lotus*, 24 άτομα στη ζώνη 5 - 10 m και 14 άτομα στη ζώνη ≥ 10 m (Χάρτης 3.3). Τα 25 άτομα *Z. lotus* ήταν νότιας έκθεσης, τα 20 βόρειας έκθεσης και τα 25 στην κορυφογραμμή του οικοτόπου. Στα άτομα της νότιας έκθεσης αναμένουμε να συναντήσουμε τις πιο ξερικές συνθήκες.



Χάρτης 3.3 Ο χάρτης παρουσιάζει τις ζώνες δειγματοληψίας, για τα δείγματα ιστού από άτομα *T. capitata*, καθώς και τη χωροταξία των ατόμων *T. capitata* σε σχέση με τα άτομα *Z. lotus*.

Η κάθε δειγματοληψία J, A, N και F πραγματοποιήθηκε εντός δύο συνεχόμενων ημερών. Η πρώτη αμέσως μετά τη δύση του ήλιου και η δεύτερη πριν την αυγή της επόμενης μέρας. Για κάθε δειγματοληψία από κάθε άτομο *T. capitata* λήφθηκε ένα δείγμα ιστού μήκους 10 cm που περιελάμβανε βλαστό, φύλλα και άνθη. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν άμεσα σε προ ζυγισμένες σακούλες που έκλειναν αεροστεγώς και έφεραν σήμανση με την ημερομηνία και την ώρα δειγματοληψίας καθώς και τον αύξοντα αριθμό του φυτού (Εικόνα 3.5). Τα δείγματα φυλάσσονταν σε μονωμένο κιβώτιο φύλαξης με παγοκύστες μέχρι τη ζύγιση.

3.6.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων υδατικής συγκέντρωσης σε φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη *T. capitata*

Οι σφραγισμένες σακούλες με τα δείγματα ζυγίστηκαν στο εργαστήριο, το αργότερο μία ώρα μετά τη συλλογή τους, με ζυγό ακριβείας δεύτερου δεκαδικού ψηφίου (PCB1000-2, KERN & Sohn GmbH, D-72336, Balingen, Germany) (Εικόνα 3.5) και αφού ανοίχτηκαν τοποθετήθηκαν σε κλίβανο (Εικόνα 3.6) σε θερμοκρασία 60 °C για 72 h. Μετά την πάροδο των 72 h οι σακούλες σφραγίστηκαν και ζυγίστηκαν.



Εικόνα 3.5 Οι σφραγισμένες σακούλες με τα δείγματα, οι οποίες έφεραν σήμανση με την ημερομηνία και την ώρα δειγματοληψίας καθώς και τον αύξοντα αριθμό του φυτού, ζυγίστηκαν στο εργαστήριο το αργότερο μία ώρα μετά τη συλλογή τους. Η ζύγιση έγινε με ζυγό ακριβείας δεύτερου δεκαδικού ψηφίου.



Εικόνα 3.6 Οι σφραγισμένες σακούλες με τα δείγματα αφού ανοίχτηκαν τοποθετήθηκαν σε κλίβανο σε θερμοκρασία 60 °C για 72 h.

3.6.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων και στατιστική ανάλυση μέτρησης της υδατικής συγκέντρωσης σε φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη *T. capitata*

Για κάθε χρονική περίοδο δειγματοληψίας, τα δεδομένα των τριών ζυγίσεων:

- βάρος σακούλας σε g,
- μικτό νωπό βάρος (g) και
- μικτό ξηρό βάρος (g)

καταγράφηκαν σε λογιστικό φύλλο MS Excel, με τη βοήθεια του οποίου έγινε υπολογισμός:

- του καθαρού νωπού βάρους (g),
- του καθαρού ξηρού βάρους (g) και
- της εκατοστιαίας υδατικής συγκέντρωσης ανά δείγμα (g).

Η διαφορά στην υδατική συγκέντρωση (στο εξής μεταβολή του υδατικού περιεχομένου) υπολογίστηκε αφαιρώντας από την πρωινή τη βραδινή εκατοστιαία υδατική συγκέντρωση ανά δείγμα.

Μέσω του λογιστικού προγράμματος MS Excel έγινε συσχέτιση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus*:

- ανά άτομο *Z. lotus* και περίοδο δειγματοληψίας,
- στο σύνολο των ατόμων *Z. lotus* σε κάθε περίοδο δειγματοληψίας,
- ανά έκθεση της ζώνης δειγματοληψίας και
- σύγκριση της μεταβολής της μέσης τιμής του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* ανά ζώνη δειγματοληψίας και εποχή.

Για το στατιστικό έλεγχο των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 22. Πραγματοποιήθηκε συσχέτιση μεταξύ των ποσοτικών μεταβλητών με χρήση του μη παραμετρικού συντελεστή του Spearman, rho, για την εκτίμηση του βαθμού γραμμικής συσχέτισης. Η επιλογή του συντελεστή έγινε καθότι δεν ίσχυε η προϋπόθεση της κανονικότητας των μεταβλητών, αφού είχε προηγηθεί έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov – Smirnov. Ο μη παραμετρικός συντελεστής του Spearman παίρνει τιμές από -1 (αρνητική συσχέτιση), έως +1 (θετική συσχέτιση). Όπου:

- Αρνητική συσχέτιση: μικρές τιμές της μιας μεταβλητής αντιστοιχούν σε μεγάλες τιμές της άλλης και αντίστροφα.

- Θετική συσχέτιση: μικρές τιμές της μίας μεταβλητής αντιστοιχούν σε μικρές τιμές της άλλης και αντίστροφα.

Δηλαδή, το πρόσημο των συντελεστών καταδεικνύει το είδος της σχέσης, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η απόλυτη τιμή τους, τόσο ισχυρότερη είναι η συσχέτιση των δύο μεταβλητών. Τέλος, η τιμή μηδέν αντιστοιχεί στη μη ύπαρξη γραμμικής σχέσης.

Από τον πίνακα των αποτελεσμάτων του παραμετρικού τεστ υπολογίστηκε η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού r^2 και της στατιστικής σημαντικότητας P . Στατιστικώς σημαντικές θεωρήθηκαν οι συσχετίσεις όπου $P < 0,05$. Ο συντελεστής προσδιορισμού, r^2 (regression r^2), ισούται με το τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης, Spearman, μεταξύ X και Y . Μετρά το ποσοστό της διακύμανσης του Y που εξηγείται από το X . Δεν έχει μονάδα μέτρησης και το εύρος τιμών του είναι μεταξύ 0 (καθόλου εφαρμογή) και 1 (τέλεια εφαρμογή).

Προκειμένου να συγκριθούν μέσες τιμές, πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός τυπικών αποκλίσεων από τους μέσους όρους και στη συνέχεια υπολογισμός των τυπικών σφαλμάτων μέσω του λογιστικού φύλλου MS Excel. Το σύνολο των αποτελεσμάτων αποτυπώθηκε σε μορφή γραφικών παραστάσεων.

3.7 Διερεύνηση της επίδρασης στην παραγωγικότητα του οικοτόπου

Για τη διερεύνηση της επίδρασης του φρεατόφυτου *Z. lotus* στην παραγωγικότητα του οικοτόπου εξετάστηκε η μεταβολή της πυκνότητας των ατόμων *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση από τα *Z. lotus*. Επιλέχθηκαν 11 άτομα του είδους (Χάρτης 3.4). Όπως και στις προηγούμενες διερευνήσεις, τα φυτά αυτά δεν είχαν σε ακτίνα 10m άλλα πιθανά βαθύρριζα είδη (φρεατόφυτα), που θα επηρέαζαν το εδαφικό υδατικό ισοζύγιο. Επίσης στα σημεία των δειγματοληψιών απουσίαζαν οποιεσδήποτε ανθρωπογενής παρεμβάσεις που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη φυσική ικανότητα του νερού να διεισδύει στο έδαφος ή να εξατμίζεται από αυτό.

Με βάση τα αποτελέσματα της μεταβολή του υδατικού περιεχομένου στους φυτικούς ιστούς του φυτού δείκτη *T. capitata*, η περιοχή μελέτης χωρίστηκε σε τρεις ζώνες. Η πρώτη ζώνη σε απόσταση από *Z. lotus* 0 – 5 m, η δεύτερη 5 - 10 m και η τρίτη ≥ 10 m. Η

κάθε ζώνη δημιουργήθηκε με τη βοήθεια μετροταινίας, με την οποία μετρήθηκαν οκτώ ίσης απόστασης ακτίνες γύρω από κάθε άτομο *Z. lotus*. Οι ακτίνες σημαδεύτηκαν με τη βοήθεια ξύλινων ράβδων, που στη συνέχεια ενώθηκαν με σπάγκο ώστε να οριοθετηθεί η επιφάνεια της κάθε ζώνης (Εικόνα 3.7). Σε κάθε μια από αυτές τις τρεις αυτές ζώνες έγινε καταγραφή του πλήθους των ατόμων *T. capitata* ανά άτομο *Z. lotus*.



Εικόνα 3.7 Η κάθε ζώνη, καταγραφής πληθυσμού *T. capitata* (1), δημιουργήθηκε με τη βοήθεια μετροταινίας (βέλος), με την οποία μετρήθηκαν οκτώ ίσης απόστασης ακτίνες γύρω από κάθε άτομο *Z. lotus* (2). Οι ακτίνες σημαδεύτηκαν με τη βοήθεια ξύλινων ράβδων (βέλος), που στη συνέχεια ενώθηκαν με σπάγκο ώστε να οριοθετηθεί η επιφάνεια της κάθε ζώνης.

Από την καταγραφή αποκλείστηκαν οι περιοχές με συμπαγή γύψο (Εικόνα 3.8), αφού η φύση του εδάφους σε πολλά σημεία εμπόδιζε την παρουσία των φυτών, καθώς και οι περιοχές που γειτνιάζαν σε ανθρωπογενής επεμβάσεις όπως οι αντιτυρικές ζώνες και οι πιθανώς αρδευόμενες περιοχές από το Τμήμα Δασών (Πίνακας 3.1). Τα αποτελέσματα, από τις καθαρές περιοχές (Χάρτης 3.4), καταγράφηκαν σε λογιστικό φύλλο MS Excel ανά άτομο και έκθεση ως:

- επιφάνεια σε m^2 για κάθε ζώνη,
- πληθυσμός ατόμων *T. capitata* ανά ζώνη και
- πληθυσμός ατόμων *T. capitata* ανά m^2 για κάθε επιμέρους ζώνη.



Εικόνα 3.8 Στη φωτογραφία, από την ανατολική πλευρά της περιοχής μελέτης, φαίνεται τμήμα της περιοχής με συμπαγή γύψο. Η περιοχή αποκλείστηκε από την καταγραφή του πληθυσμού *T. capitata* αφού η φύση του εδάφους σε πολλά σημεία εμποδίζει την παρουσία των φυτών.

Πίνακας 3.1 Στον πίνακα καταγράφονται οι περιοχές οι οποίες αποκλείστηκαν από την καταγραφή πυκνότητας ατόμων *T. capitata*.

Περιοχές που αποκλείστηκαν από την καταγραφή πυκνότητας ατόμων <i>T. capitata</i> .
1. περιοχές με συμπαγή γύψο
2. οι περιοχές που γειτνιάζαν σε ανθρωπογενής παρεμβάσεις
3. οι πιθανώς αρδευόμενες περιοχές

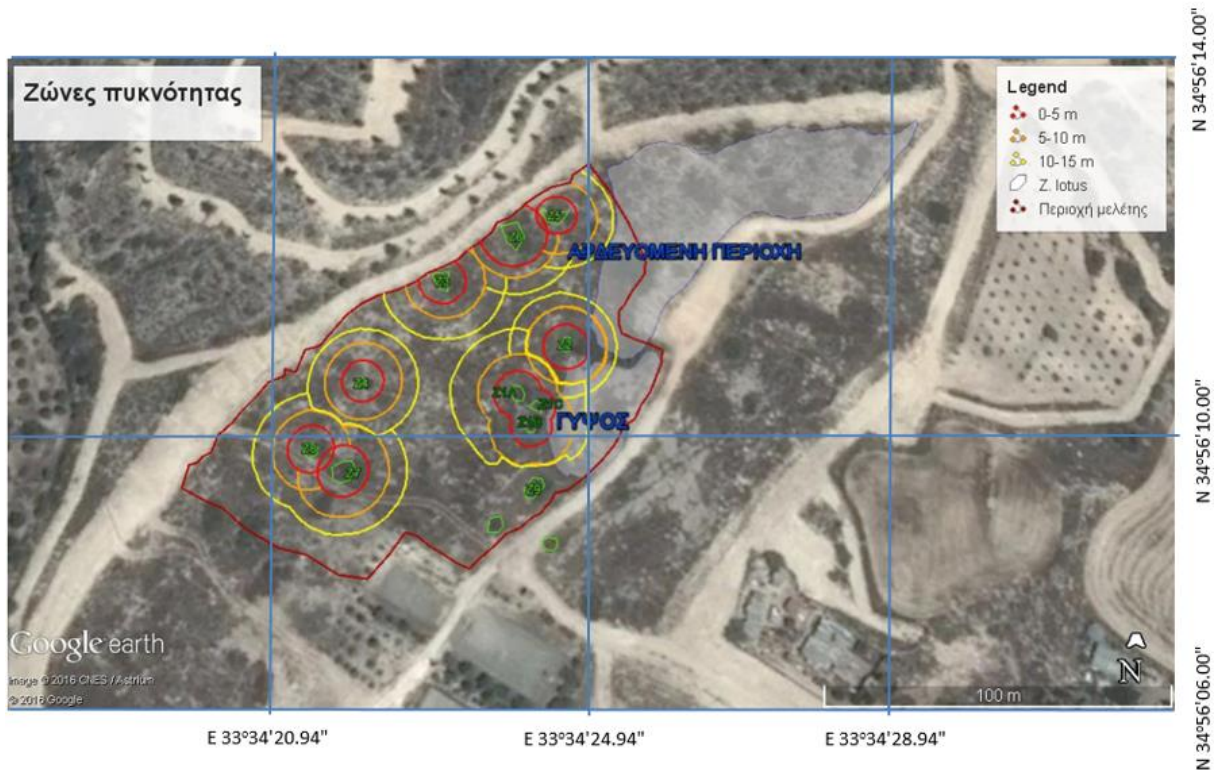
Το εμβαδό κάθε επιμέρους περιοχής δειγματοληψίας υπολογίστηκε ως εμβαδό κυκλικού τομέα από το χάρτη 3.4. Ο κάθε κυκλικός τομέας είχε κέντρο την κόμη του *Z. lotus*, από το οποίο αφαιρείτο αρχικά η κόμη του *Z. lotus* και στη συνέχεια το εμβαδό της προηγούμενης ζώνης. Σε περίπτωση γειτονικών ατόμων *Z. lotus*, ο πληθυσμός των *T. capitata* συνυπολογιζόταν στη ζώνη του πλησιέστερου προς αυτά *Z. lotus*.

Ακολούθως υπολογίστηκαν και αποτυπώθηκαν γραφικά μέσω του λογιστικού φύλλου MS Excel:

- η μεταβολή της πυκνότητας των ατόμων *T. capitata* ανά ζώνη δειγματοληψίας και έκθεση και

- η μεταβολή της πυκνότητας των ατόμων *T. capitata* στο σύνολο της περιοχής ανά ζώνη.

Προκειμένου να συγκριθούν μέσες τιμές, πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός τυπικών αποκλίσεων από τους μέσους όρους και στη συνέχεια υπολογισμός των τυπικών σφαλμάτων μέσω του λογιστικού φύλλου MS Excel. Παράλληλα διερευνήθηκε τυχόν επίδραση της έκθεσης των φυτών.



Χάρτης 3.4 Στο χάρτη παρουσιάζονται οι ζώνες καταγραφής του αριθμού των ατόμων *T. capitata* για τον υπολογισμό της πυκνότητας και οι περιοχές που αποκλείστηκαν από την καταγραφή (αντιπυρικές ζώνες, δρόμοι, αρδευόμενη περιοχή και περιοχή με συμπαγή γύψο).

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα

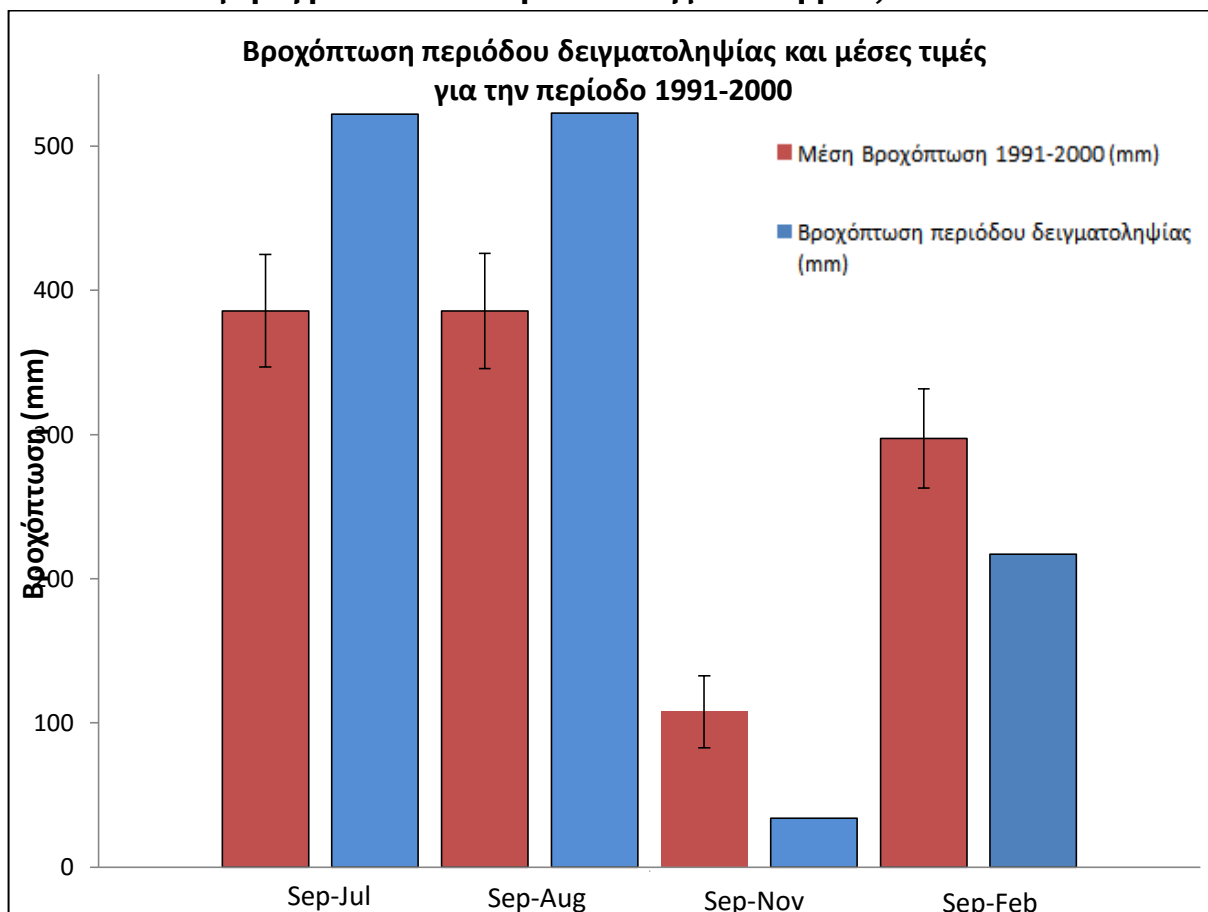
4.1 Εισαγωγή

Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου γίνεται παρουσίαση των κλιματολογικών συνθηκών της υπό μελέτη περιοχής. Αρχικά παρουσιάζεται η διαθέσιμη υγρασία με βάση το υδρολογικό έτος για κάθε επιμέρους περίοδο δειγματοληψίας και ακολουθεί η παρουσίαση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας του αέρα κατά τις περιόδους δειγματοληψίας. Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου αυτού γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων, της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόστασή τους από το εγγύτερο *Z. lotus* στην περιοχή μελέτης. Παρουσιάζονται, για κάθε επιμέρους περίοδο δειγματοληψίας, τα διαγράμματα συσχέτισης της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* ανά άτομο *Z. lotus*, επί του συνόλου της περιοχής μελέτης και ανά έκθεση. Έπειτα ακολουθούν διαγράμματα συσχέτισης των μέσων τιμών της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata*, ανά ζώνη, για κάθε περίοδο δειγματοληψίας. Στο τρίτο μέρος παρουσιάζεται η πυκνότητα του πληθυσμού των *T. capitata*, σε κάθε μία από τις τρεις ζώνες ανά έκθεση και στο σύνολο της περιοχής δειγματοληψίας.

4.2 Παρουσίαση κλιματολογικών συνθηκών

Παρουσίαση της διαθέσιμης υγρασίας με βάση το υδρολογικό έτος, για κάθε επιμέρους περίοδο δειγματοληψίας, καθώς και των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας του αέρα κατά τις αντίστοιχες περιόδους.

4.2.1 Διαθέσιμη υγρασία ανά περίοδο δειγματοληψίας



Διάγραμμα 4.1 Σύγκριση της μεταβολή της μέσης βροχόπτωσης της περιόδου 1991-2000 και 2014-2016, κατά τις χρονικές περιόδους που αντιστοιχούν στις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα (στοιχεία από Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).

Στο Διάγραμμα 4.1 φαίνεται συγκριτικά η μεταβολή της μέσης βροχόπτωσης της περιόδου 1991-2000 και 2014-2016, κατά τις χρονικές περιόδους που αντιστοιχούν στις τέσσερις δειγματοληψίες. Συγκεκριμένα στις υπό εξέταση χρονικές περιόδους καταγράφηκαν οι ακόλουθες διαφορές στη μέση βροχόπτωση:

- Σεπτέμβριος – Ιούλιος +136 mm
- Σεπτέμβριος – Αύγουστος +137 mm
- Σεπτέμβριος – Νοέμβριος -74 mm
- Σεπτέμβριος – Φεβρουάριος -80 mm.

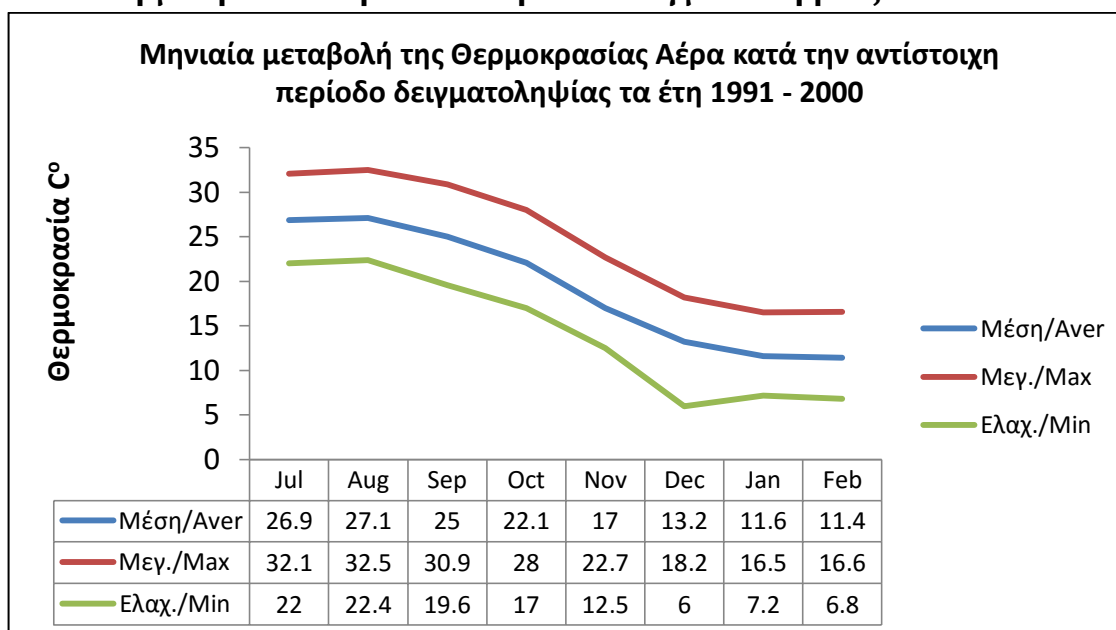
Συγκεκριμένα, κατά έτη 1991-2000 στις υπό εξέταση χρονικές περιόδους καταγράφηκαν, ανά υδρολογικό έτος, οι ακόλουθες τιμές μέσης βροχόπτωσης:

- Σεπτέμβριος – Ιούλιος 386 mm +/- 39,1
- Σεπτέμβριος – Αύγουστος 388 mm +/- 39,9
- Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 108 mm +/- 24,9
- Σεπτέμβριος – Φεβρουάριος 297 mm +/- 34,4.

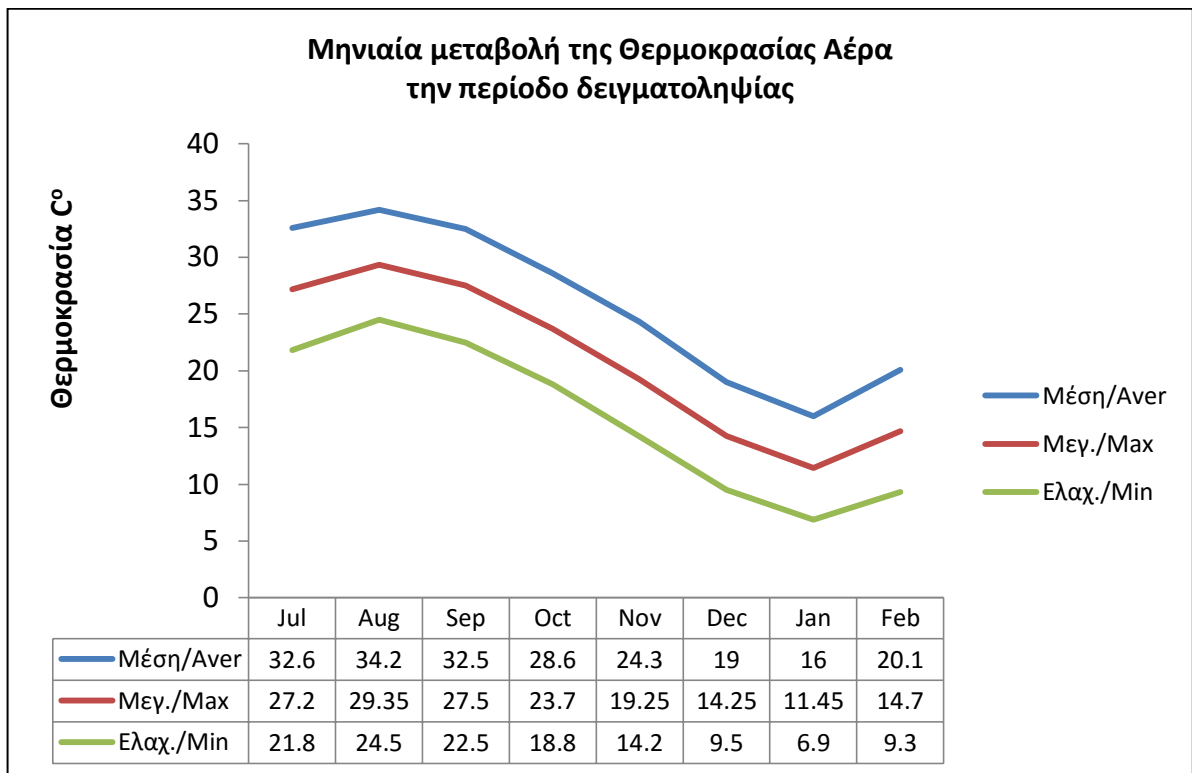
Ενώ στις υπό εξέταση χρονικές περιόδους δειγματοληψίας καταγράφηκαν, ανά υδρολογικό έτος, οι ακόλουθες τιμές μέσης βροχόπτωσης:

- Σεπτέμβριος 2014 – Ιούλιος 2015 μέση τιμή 47 mm
- Σεπτέμβριος 2014 – Αύγουστος 2015 μέση τιμή 44 mm
- Σεπτέμβριος 2015 – Νοέμβριος 2015 μέση τιμή 11 mm
- Σεπτέμβριος 2015 – Φεβρουάριος 2016 μέση τιμή 304 mm

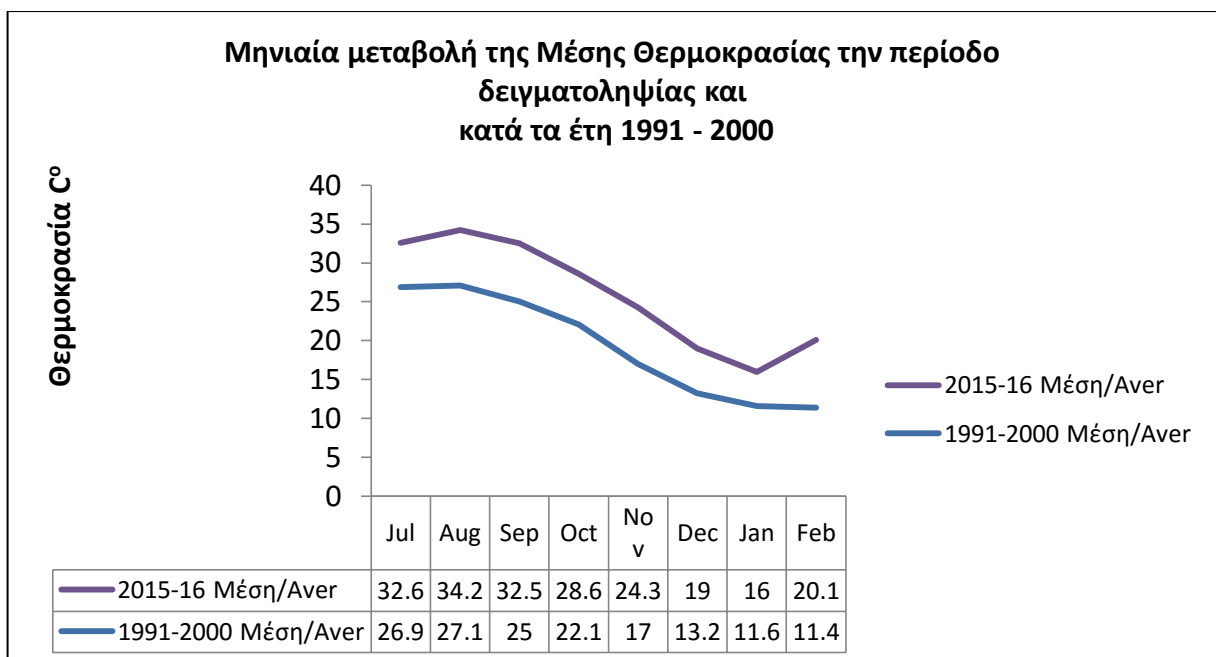
4.2.2 Θερμοκρασία αέρα ανά περίοδο δειγματοληψίας.



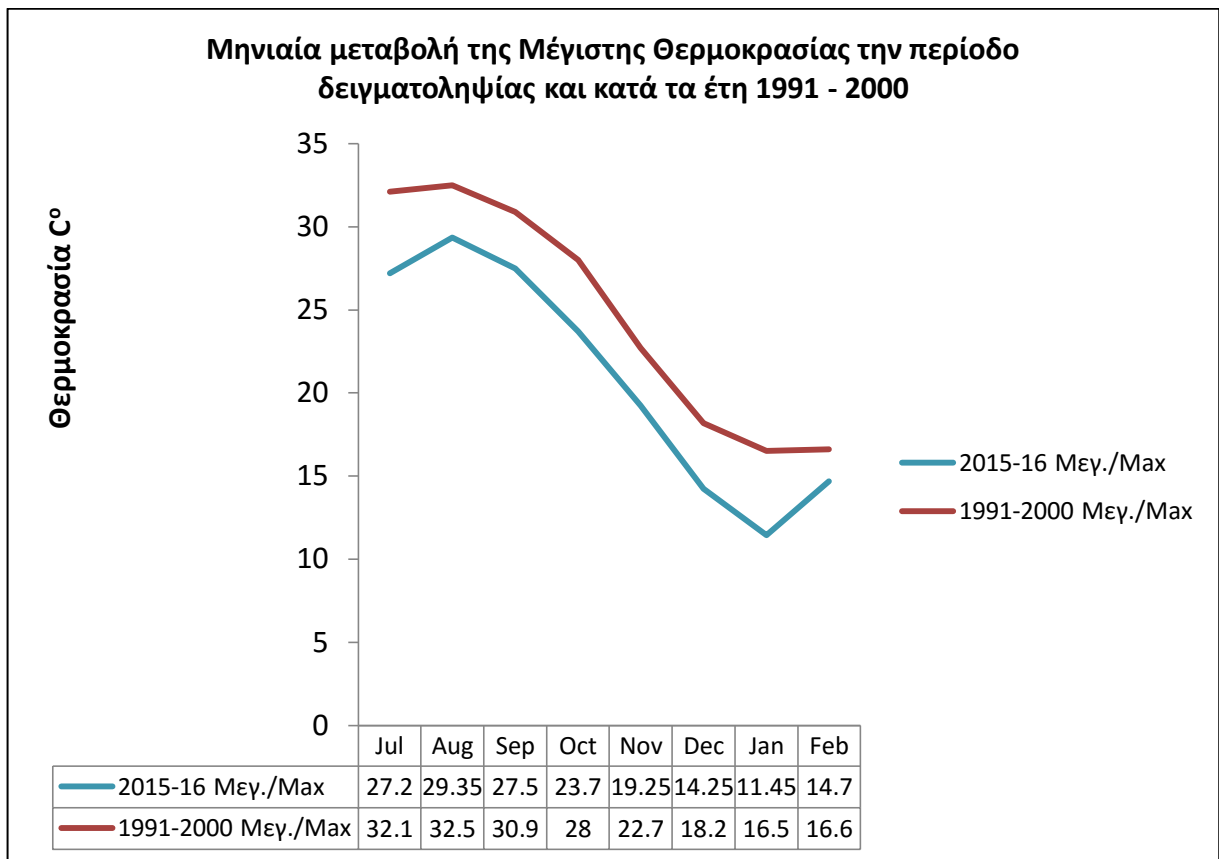
Διάγραμμα 4.2 Μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας αέρα, κατά τις χρονικές περιόδους που αντιστοιχούν στις τέσσερις δειγματοληψίες, τα έτη 1991-2000 (στοιχεία από Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).



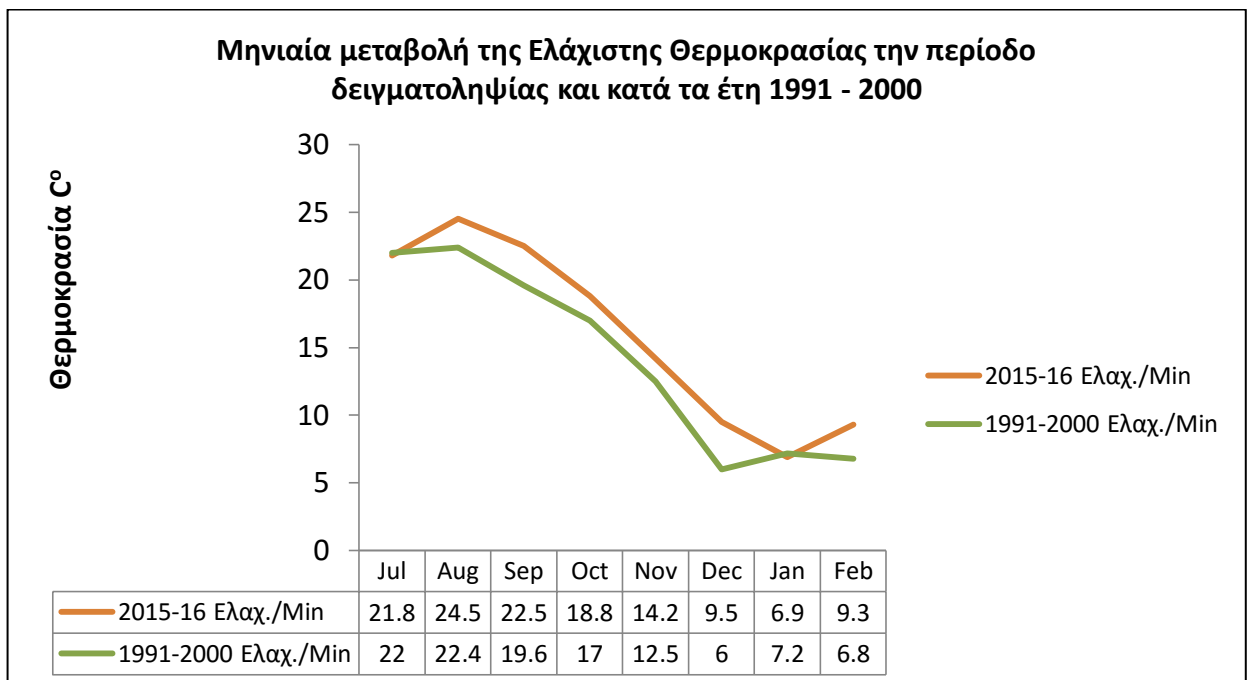
Διάγραμμα 4.3 Μηνιαία μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας αέρα, κατά την περίοδο δειγματοληψίας Ιούλιος 2015 – Φεβρουάριος 2016 (στοιχεία από Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).



Διάγραμμα 4.4 Σύγκριση της μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας την περίοδο δειγματοληψίας και τα έτη 1991-2000 (στοιχεία από Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).



Διάγραμμα 4.5 Σύγκριση της μεταβολή της μέγιστης θερμοκρασίας την περίοδο δειγματοληψίας και τα έτη 1991-2000 (στοιχεία από Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).



Διάγραμμα 4.6 Σύγκριση της μεταβολή της ελάχιστης θερμοκρασίας την περίοδο δειγματοληψίας και τα έτη 1991-2000 (στοιχεία από Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).

4.2.3 Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας.

Πίνακας 4.1 Στον πίνακα καταγράφονται σε g οι τιμές της εδαφικής υγρασίας για κάθε μια από τις πέντε περιόδους δειγματοληψίας εδάφους κατά το 2015. Όπου JUN1: 11 και 12 Ιουνίου, JUN2: 19 και 20 Ιουνίου, JUL1: 1 και 2 Ιουλίου, JUL2: 5 και 6 Ιουλίου και JUL3: 6 και 9 Ιουλίου 2015.

		JUN1	JUN2	JUL1	JUL2	JUL3
ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ	7.34	7.22	9.57	7.91	6.93
	ΠΡΩΙ	8.26	4.31	9.86	4.98	6.14
ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ	5.84	5.90	5.26	2.92	5.37
	ΠΡΩΙ	5.70	4.99	7.56	3.79	4.03

Πίνακας 4.2 Στον πίνακα καταγράφονται οι τιμές των μόνιμα εγκατεστημένων μετρητών για κάθε μία από τις περιόδους δειγματοληψίας. Όπου J: 19 και 20 Ιουλίου 2015, A: 25 και 26 Αυγούστου 2015, N: 21 και 22 Νοεμβρίου 2015 και F: 7 και 8 Φεβρουαρίου 2016.

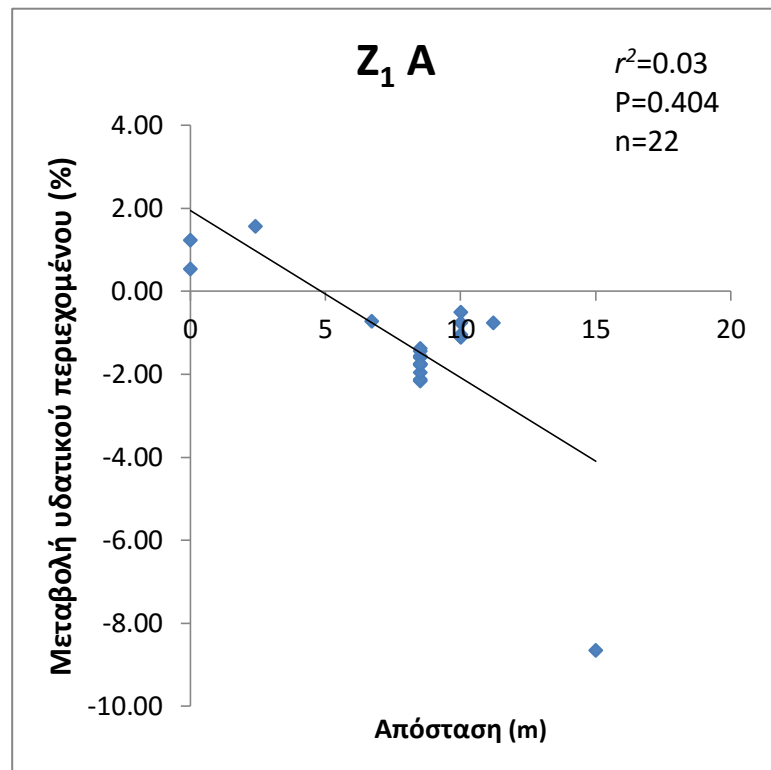
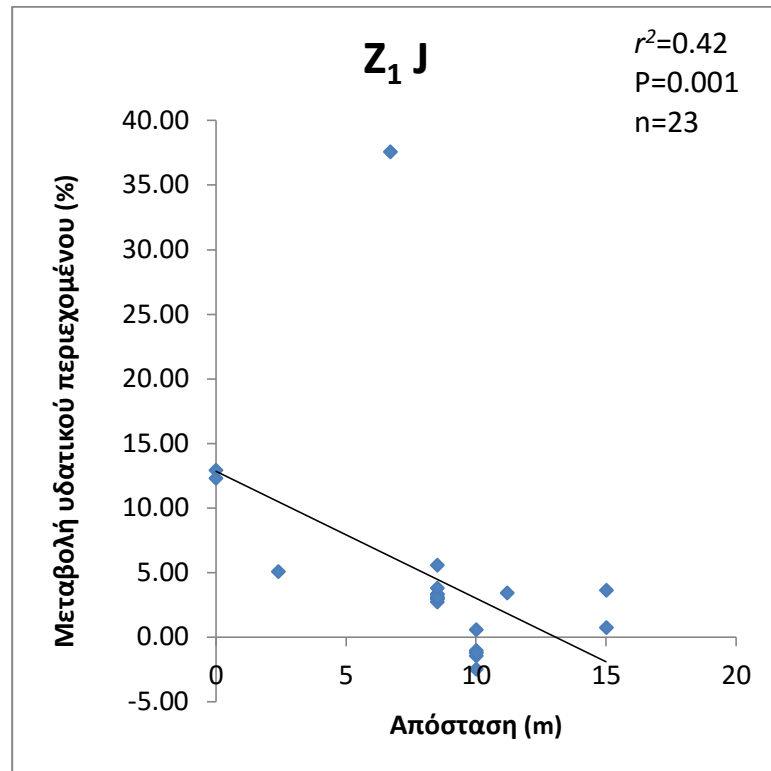
	J		A		N		F	
	ΑΠΟΓΕΥΜΑ	ΠΡΩΙ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ	ΠΡΩΙ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ	ΠΡΩΙ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ	ΠΡΩΙ
S1	199	199	199	199	84	89	44	49
S2	199	199	199	199	143	146	49	52
S3	199	199	199	199	199	199	88	199
S4	199	199	199	199	199	199	89	199

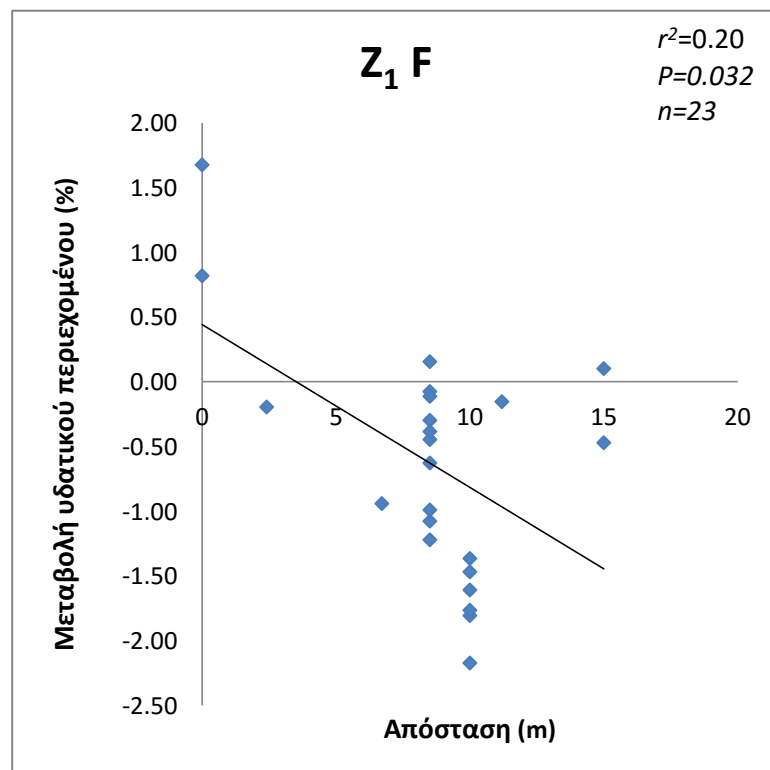
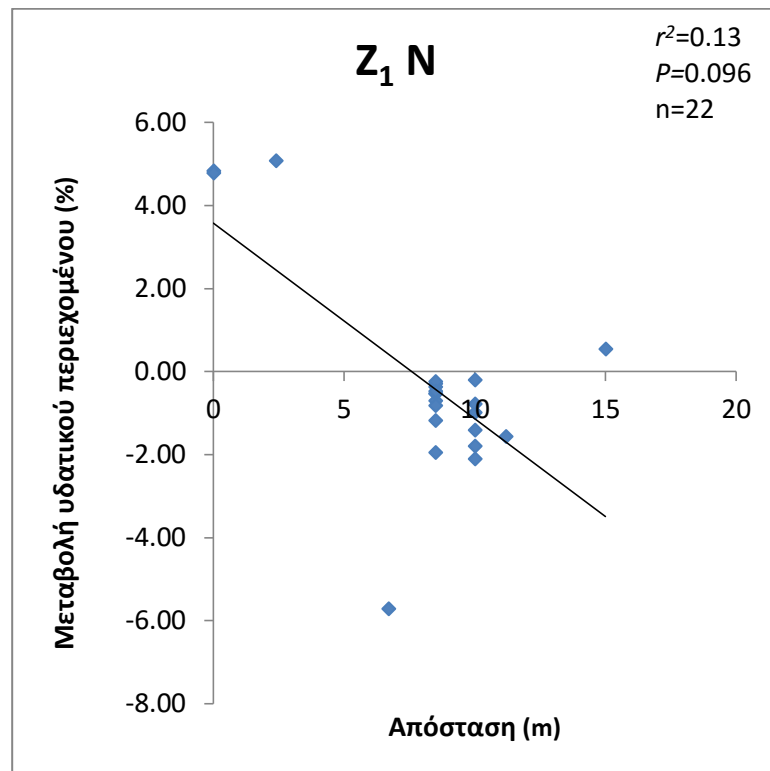
4.3 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata*

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata*, σε συνάρτηση με πιθανούς παράγοντες που επηρεάζουν αυτή τη μεταβολή.

4.3.1 Συσχέτιση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus*: ανά άτομο *Z. lotus* και περίοδο δειγματοληψίας

Γίνεται παρουσίαση και έλεγχος στατιστικής σημαντικότητάς της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus* ανά άτομο *Z. lotus* και περίοδο δειγματοληψίας.





Διάγραμμα 4.7 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus* 1 για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

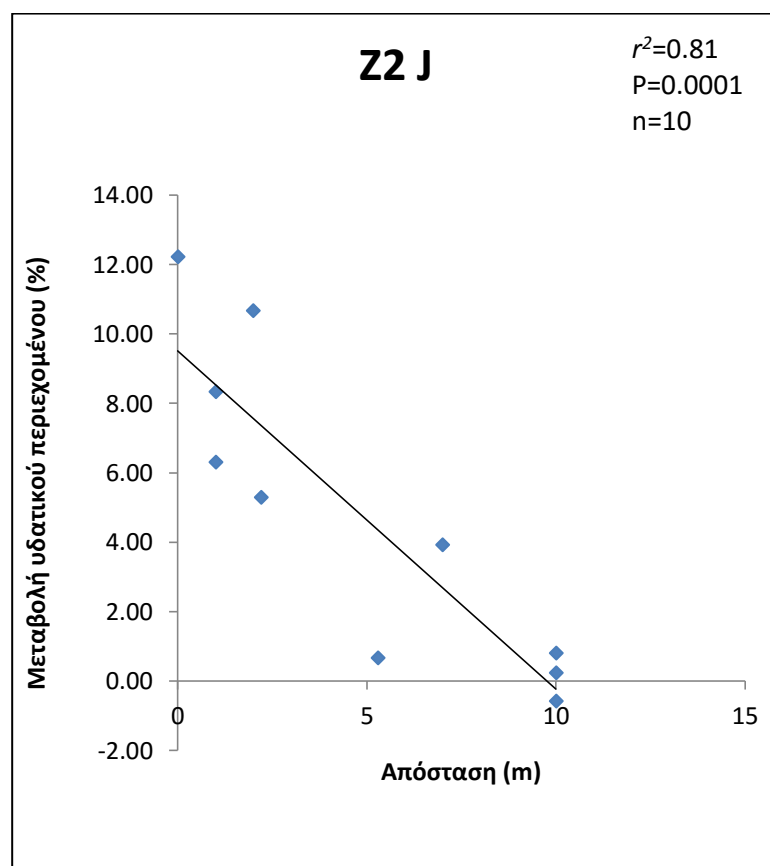
Στο Διάγραμμα 4.7 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόστασή τους από το *Z. lotus* 1 αυξάνεται. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόστασή τους από το *Z. lotus* 1 κατά τον μήνα Ιούνιο (n=23) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,001 και για τον μήνα Νοέμβριο (n=23) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,096. Η ίδια στατιστικά σημαντική συσχέτιση δεν καταγράφεται κατά τους μήνες Αύγουστο και Νοέμβριο κατά τους οποίους όμως απουσίαζαν δεδομένα (n = 22) (Πίνακας 4.3).

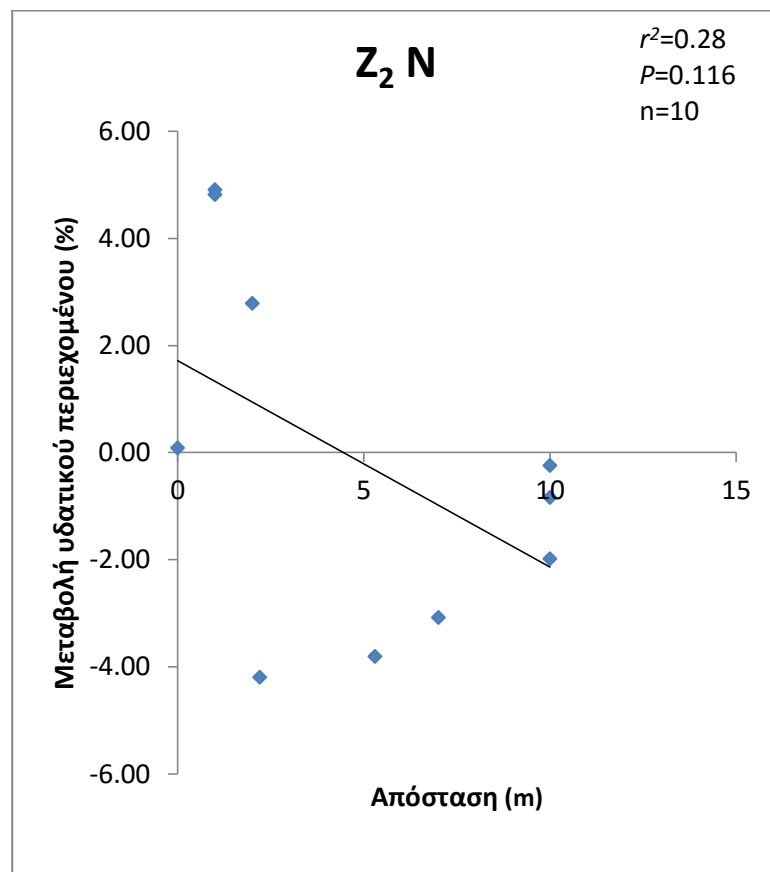
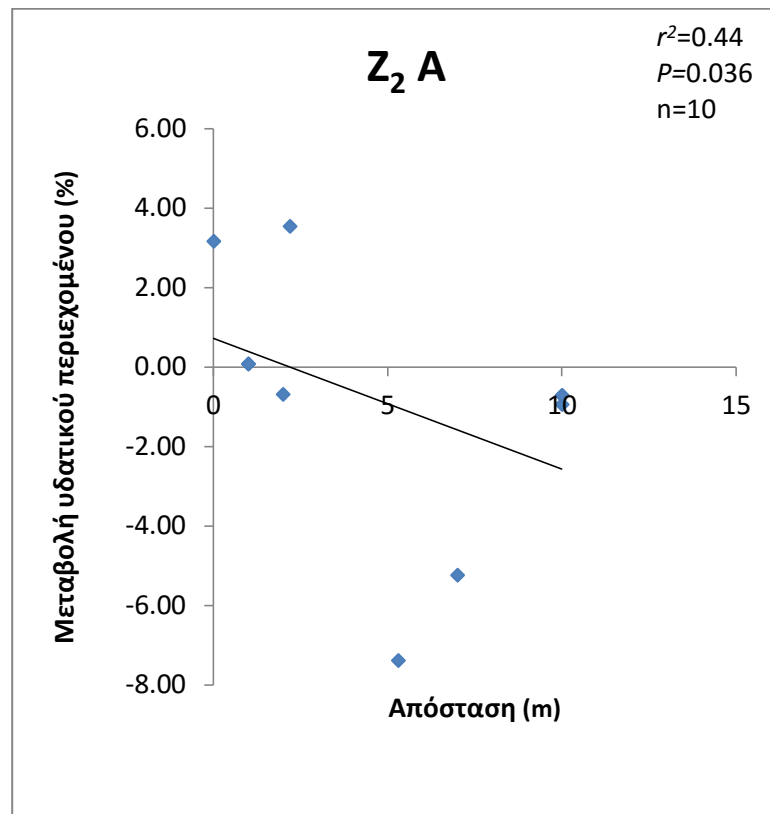
Πίνακας 4.3 Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης από το *Z. lotus* 1 και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* για τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

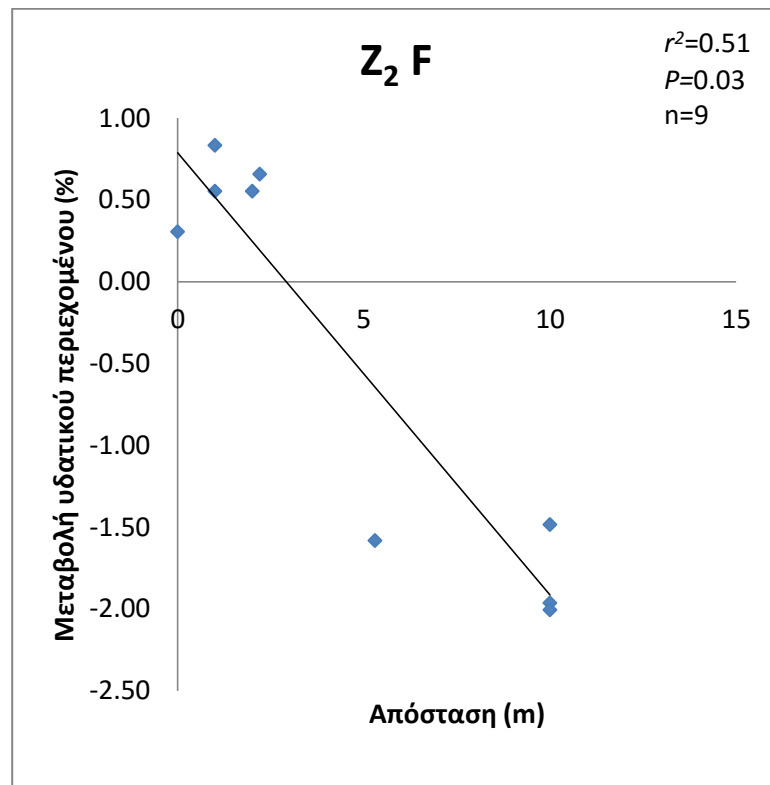
Z1	J	A	N	F
Spearman's rho	-.646**	-.187	-.364	-.447*
Sig. (2-tailed)	.001	.404	.096	.032
N	23	22	22	23

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).







Διάγραμμα 4.8 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus 2* για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

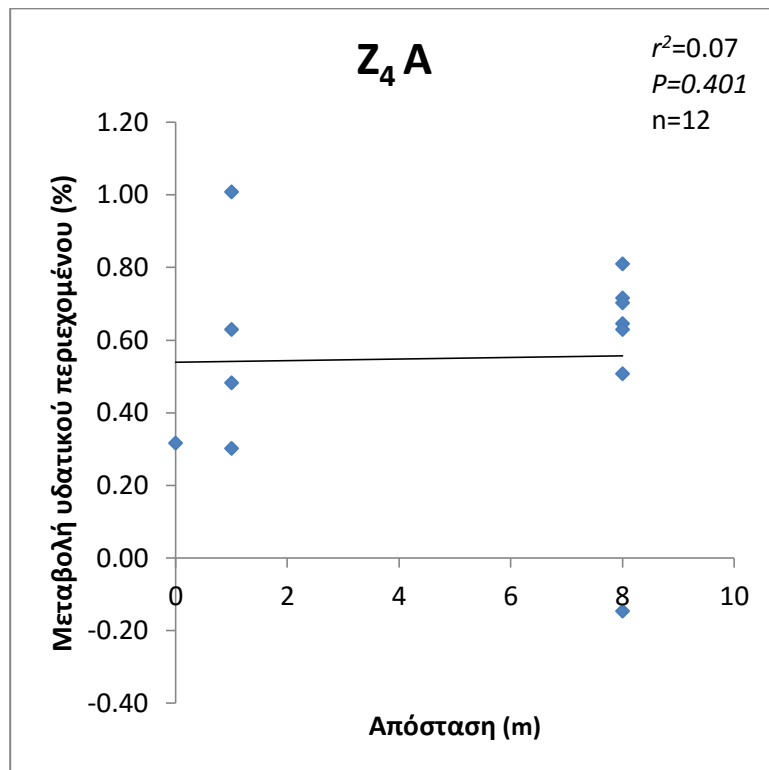
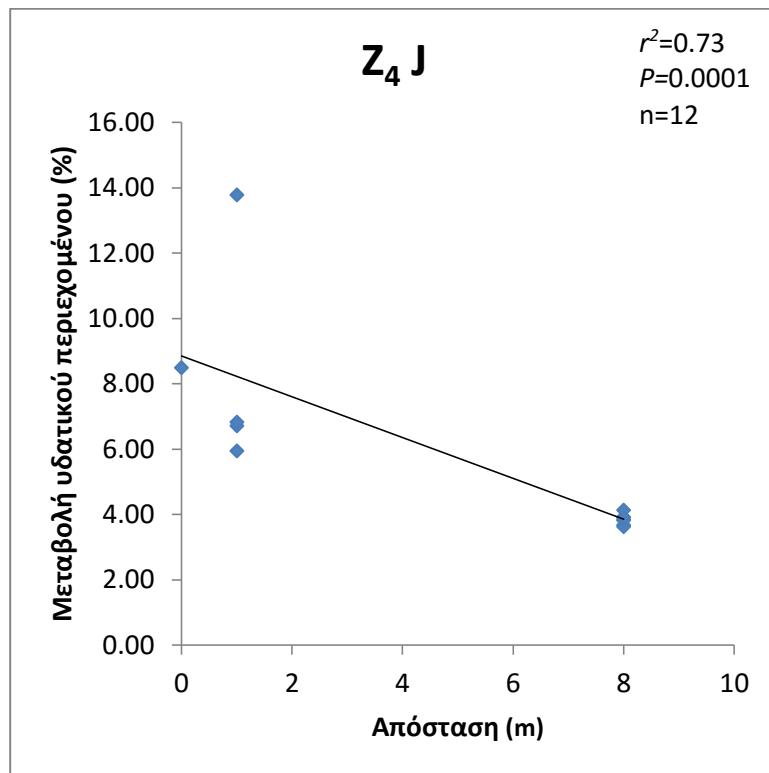
Στο Διάγραμμα 4.8 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόσταση τους από το *Z. lotus 2* αυξάνεται. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus 2* κατά τον μήνα Ιούνιο (n=10) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,0001 και για τους μήνες Αύγουστο (n=10) και Φεβρουάριο (n=9) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,03. Η ίδια στατιστικά σημαντική συσχέτιση δεν καταγράφεται κατά τον μήνα Νοέμβριο (n = 10) (Πίνακας 4.4).

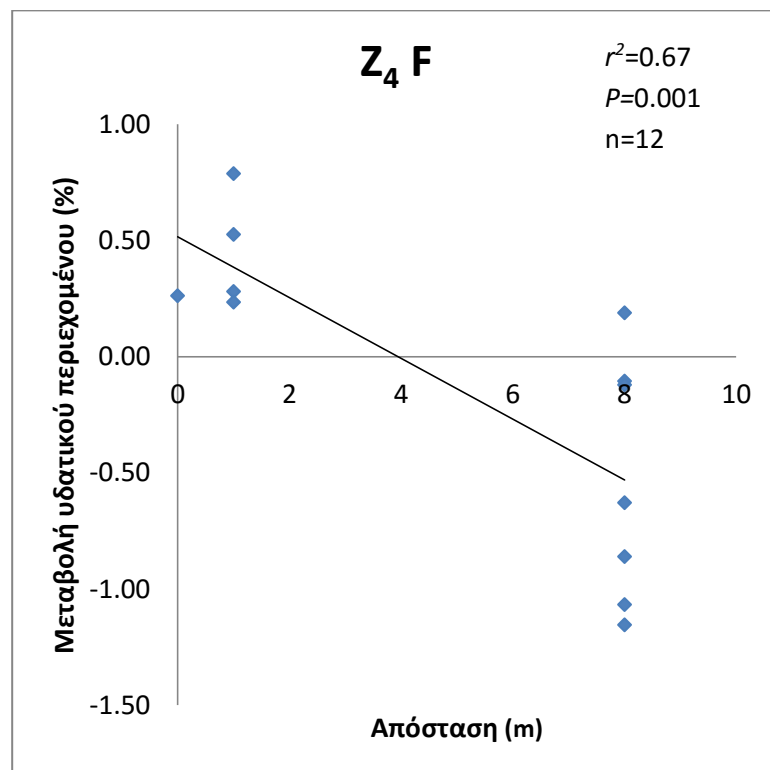
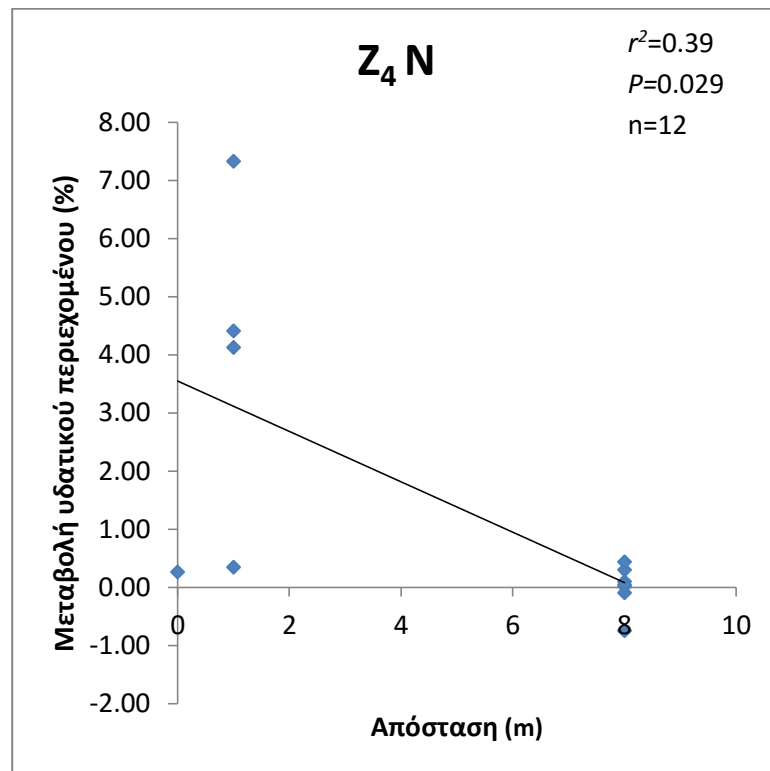
Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης από το *Z. lotus 2* και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* για τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

Z2	J	A	N	F
Spearman's rho	-.899**	-.665*	-.529	-.715*
Sig. (2-tailed)	.000	.036	.116	.030
N	10	10	10	9

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).





Διάγραμμα 4.9 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus* 4 για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

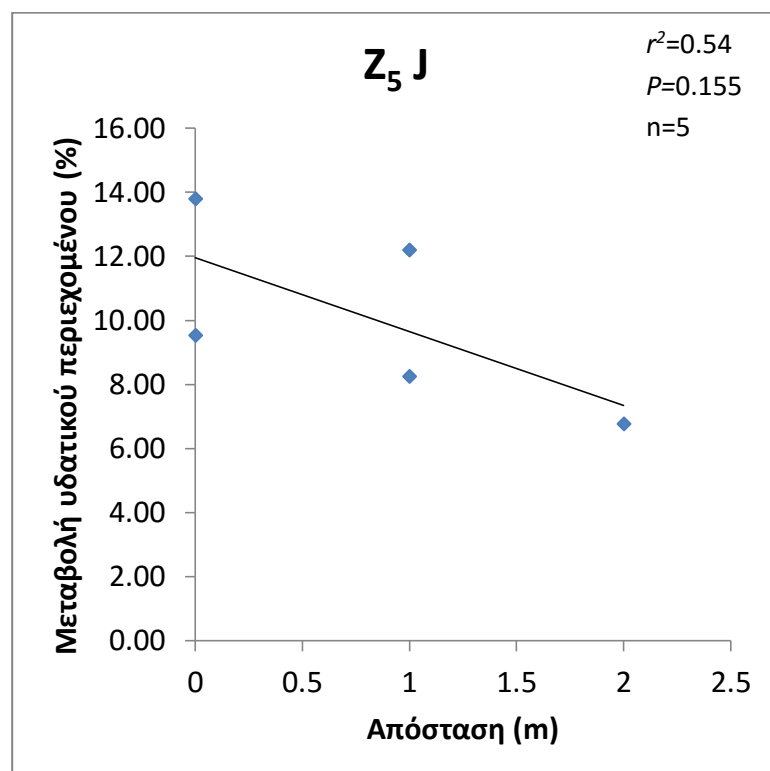
Στο Διάγραμμα 4.9 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόστασή τους από το *Z. lotus* 4 αυξάνεται. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόστασή τους από το *Z. lotus* 4 κατά τους μήνες Ιούνιο (n=12) και Φεβρουάριο (n=12) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,0001 και P=0,001 αντίστοιχα και για τον μήνα Νοέμβριο (n=12) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,029. Η ίδια στατιστικά σημαντική συσχέτιση δεν καταγράφεται κατά τον μήνα Αύγουστο (n = 12) (Πίνακας 4.5).

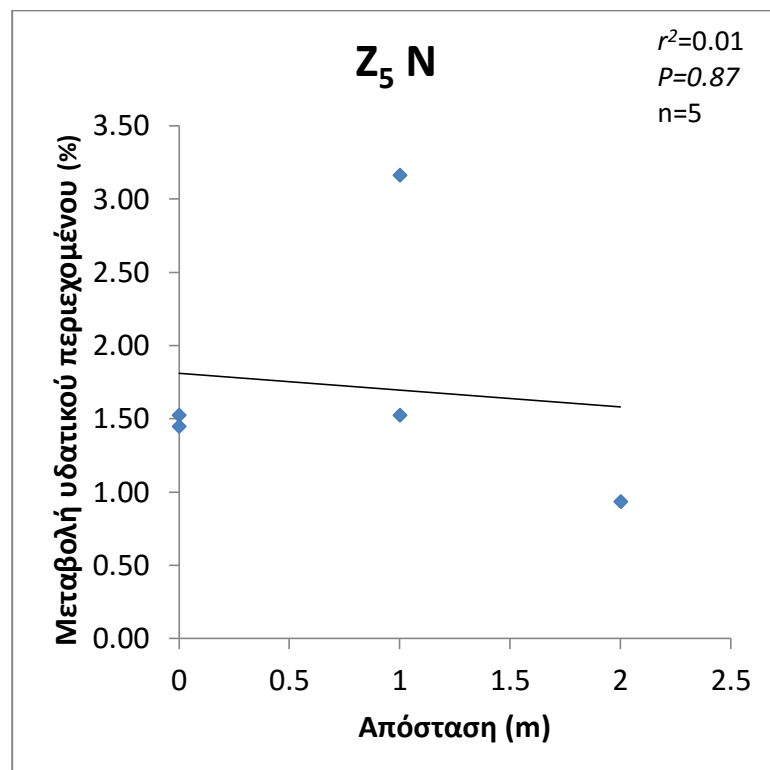
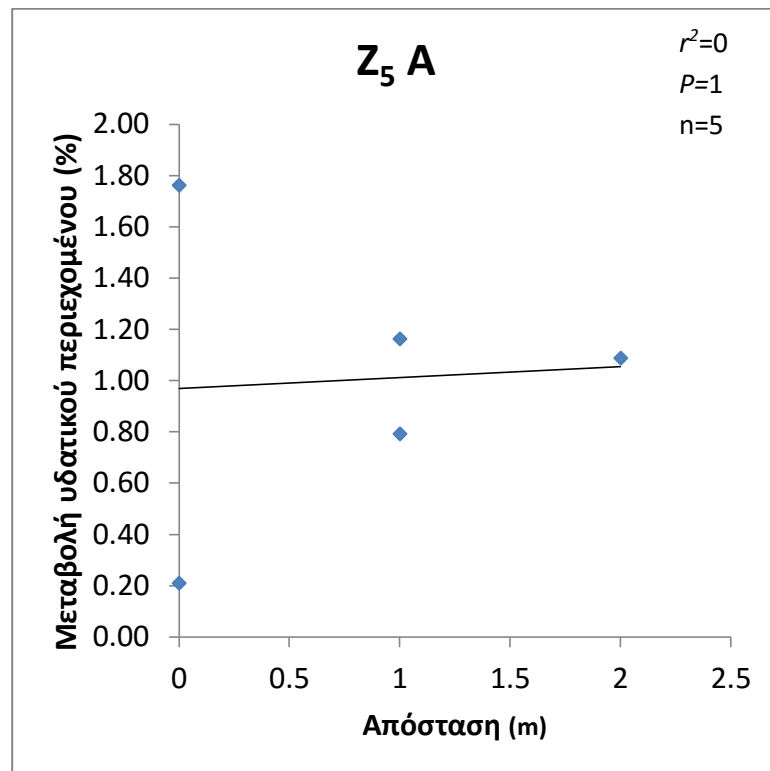
Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης από το *Z. lotus* 4 και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* για τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

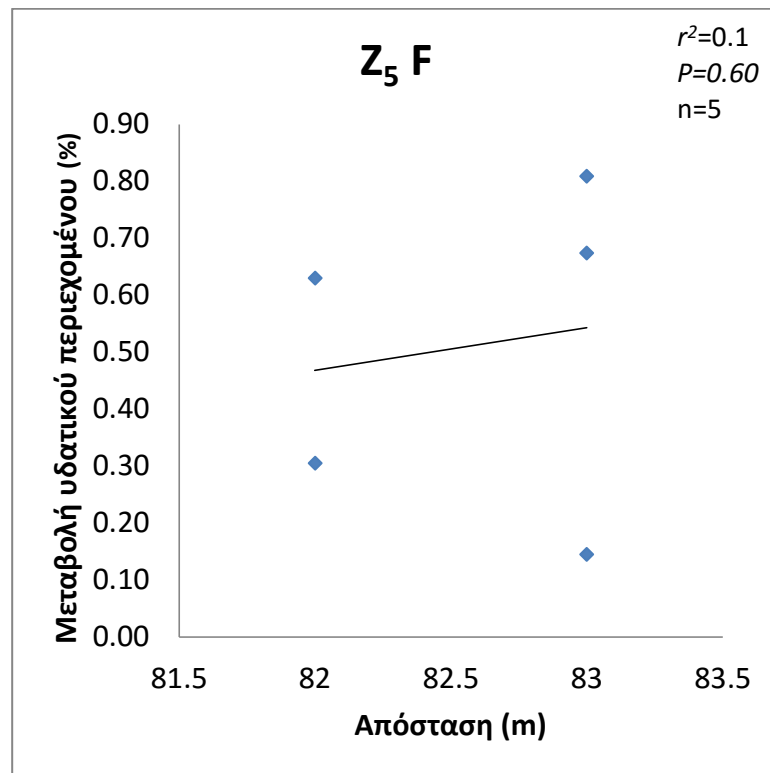
Z4	J	A	N	F.
Spearman's rho	-.857**	.267	-.626*	-.817**
Sig. (2-tailed)	.000	.401	.029	.001
N	12	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).







Διάγραμμα 4.10 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus* 5 για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

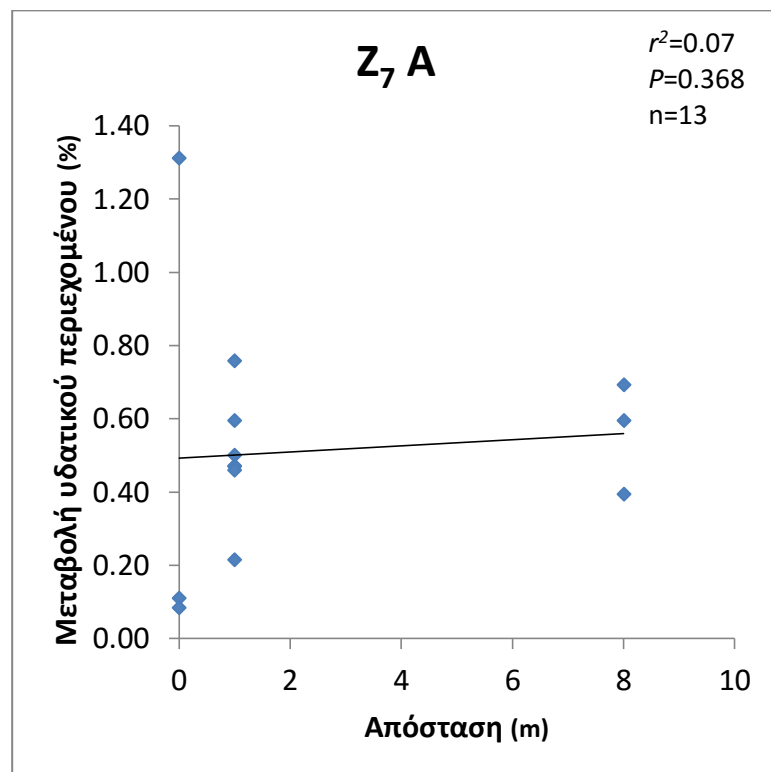
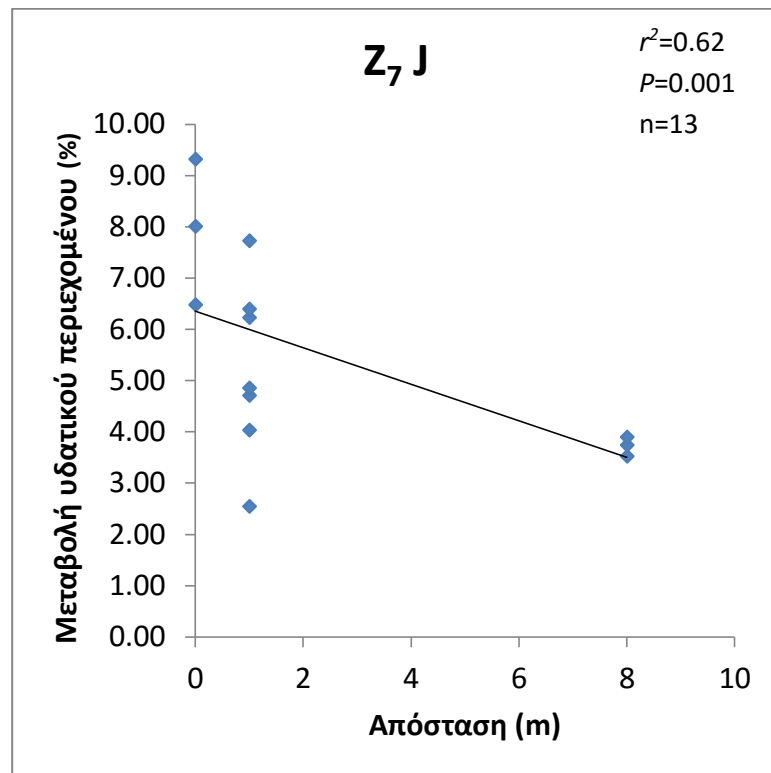
Λόγω του μικρού πλήθους των δεδομένων (n=5) δεν καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus* 5 (Πίνακας 4.6).

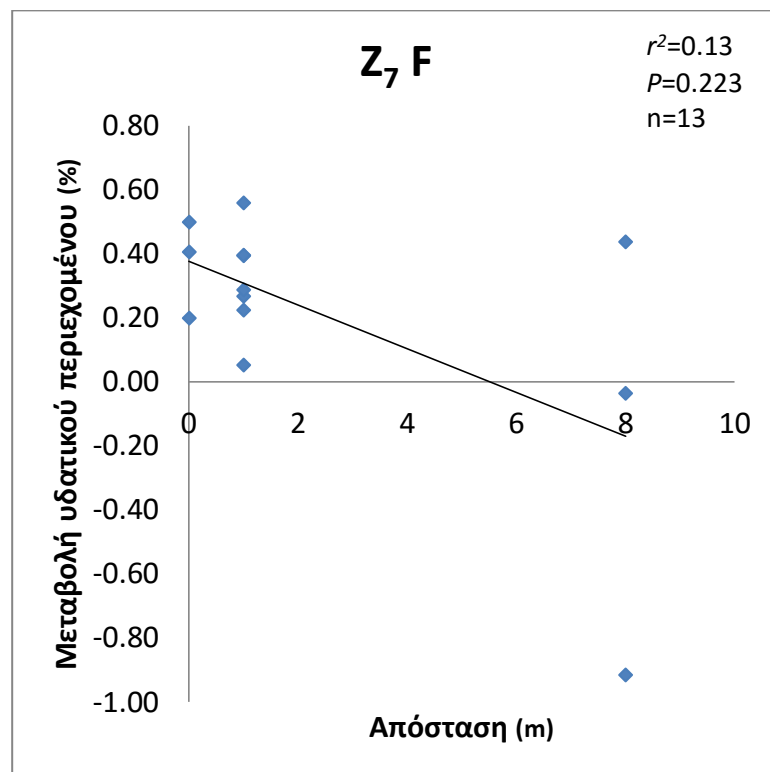
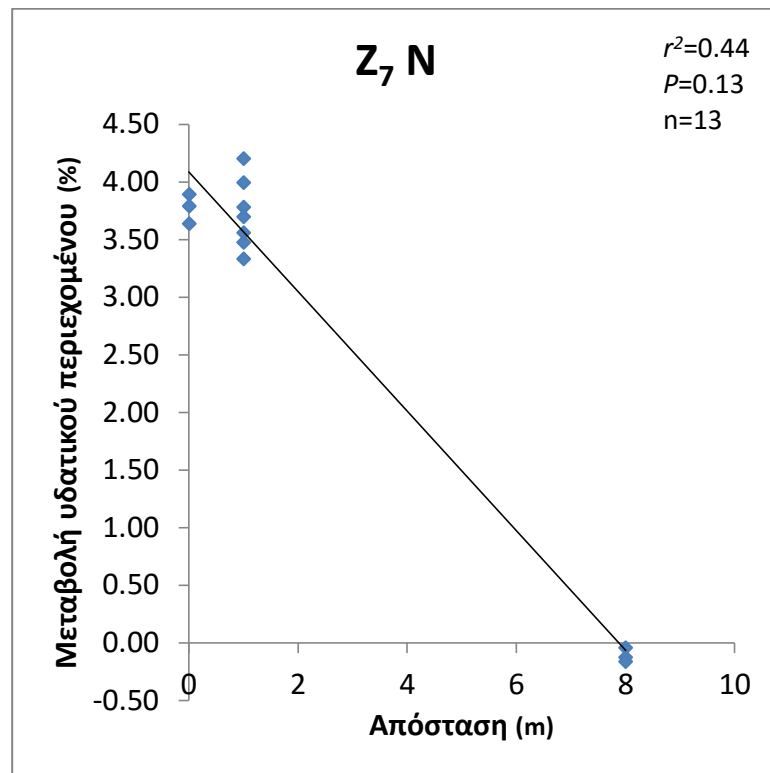
Πίνακας 4.6 Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης από το *Z. lotus* 5 και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* για τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

Z5	J	A	N	F
Spearman's rho	-.738	.000	-.105	-.316
Sig. (2-tailed)	.155	1.000	.866	.604
N	5	5	5	5

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).





Διάγραμμα 4.11 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus* 7 για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

Στο Διάγραμμα 4.11 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόσταση τους από το *Z. lotus* 7 αυξάνεται.

Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόσταση τους από το *Z. lotus* 7 κατά τον μήνα Ιούνιο (n=13) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,001 και για τον μήνα Νοέμβριο (n=13) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,13. Η ίδια στατιστικά σημαντική συσχέτιση δεν καταγράφεται κατά τους μήνες Αύγουστο (n=13) και Φεβρουάριο (n=13) (Πίνακας 4.7).

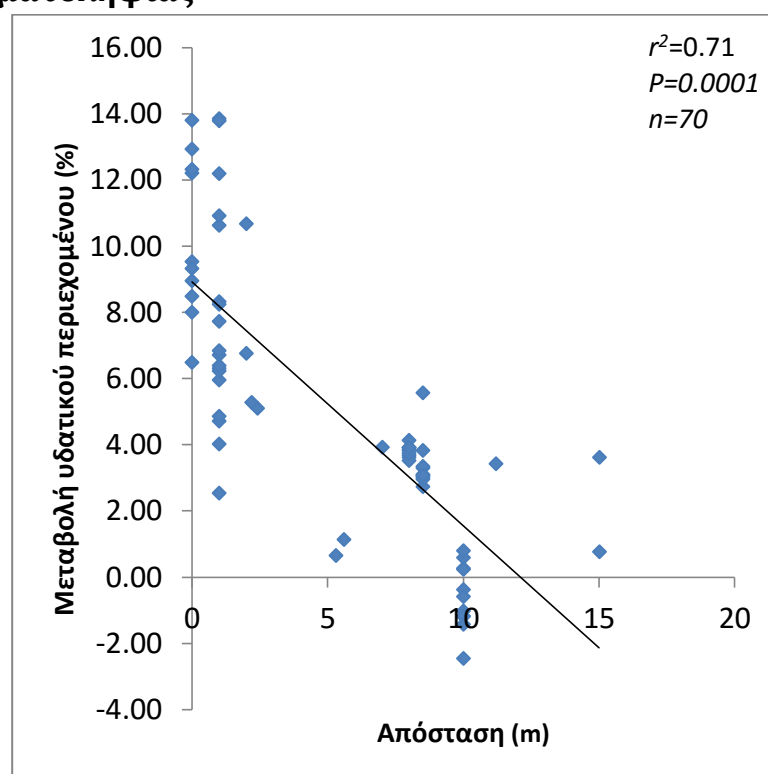
Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης από το *Z. lotus* 7 και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* για τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

Z7	J	A	N	F
Spearman's rho	-.787**	.272	-.666*	-.363
Sig. (2-tailed)	.001	.368	.013	.223
N	13	13	13	13

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

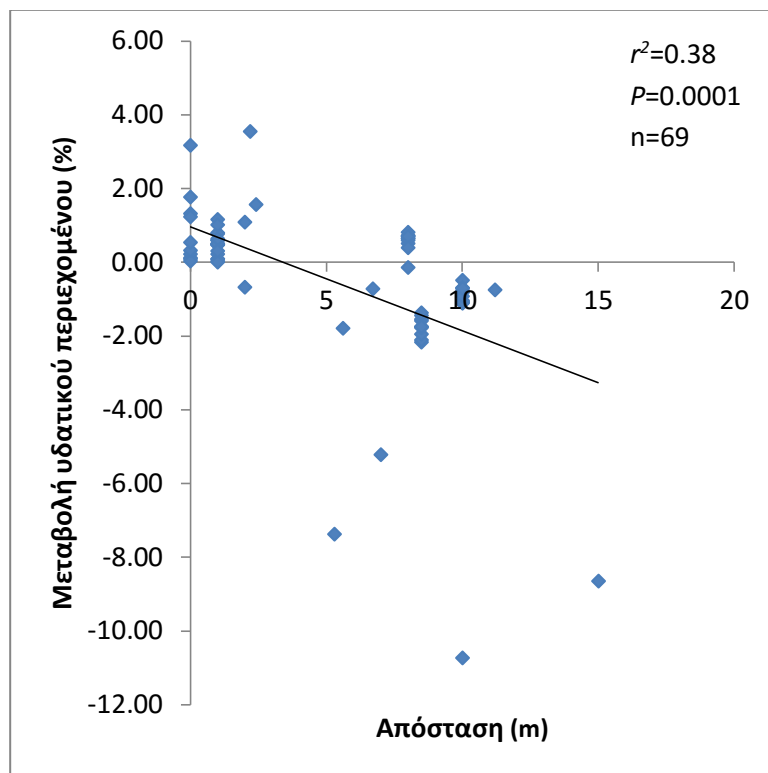
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

4.3.2 Αποτελέσματα συσχέτισης της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus*: για το σύνολο των ατόμων *Z. lotus* σε κάθε περίοδο δειγματοληψίας



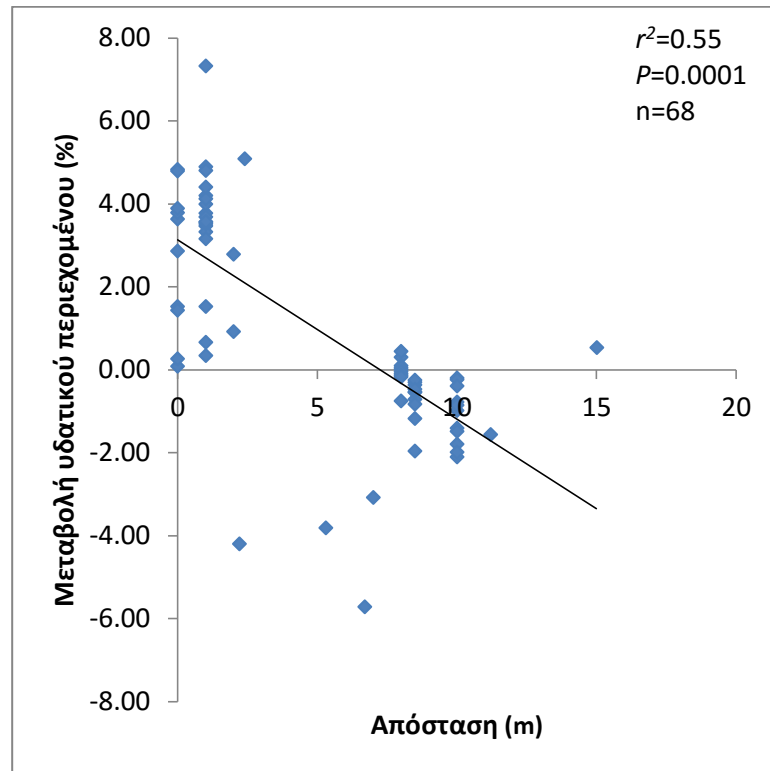
Διάγραμμα 4.12 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) ανά άτομο *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση του από το εγγύτερο *Z. lotus* κατά τον μήνα Ιούλιο (δειγματοληψία J).

Στο Διάγραμμα 4.12 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόστασή τους από το εγγύτερο *Z. lotus* αυξάνεται, κατά τον μήνα Ιούλιο. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση με επίπεδο σημαντικότητας $P=0,0001$ (Πίνακας 4.8).



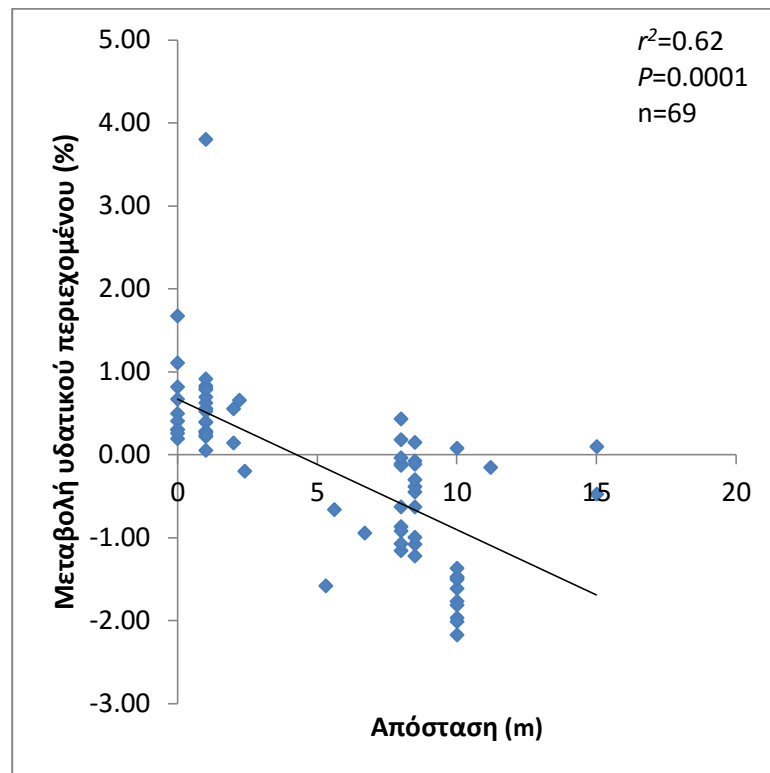
Διάγραμμα 4.13 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) ανά άτομο *T. capitata* σε σχέση με την απόστασή του από το εγγύτερο *Z. lotus* κατά τον μήνα Αύγουστο (δειγματοληψία Α)

Στο Διάγραμμα 4.13 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόστασή τους από το εγγύτερο *Z. lotus* αυξάνεται, κατά τον μήνα Αύγουστο. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση με επίπεδο σημαντικότητας $P=0,0001$ (Πίνακας 4.8).



Διάγραμμα 4.14 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) ανά άτομο *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση του από το εγγύτερο *Z. lotus* κατά τον μήνα Νοέμβριο (δειγματοληψία N)

Στο Διάγραμμα 4.14 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus* αυξάνεται, κατά τον μήνα Νοέμβριο. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση με επίπεδο σημαντικότητας $P=0,0001$ (Πίνακας 4.8).



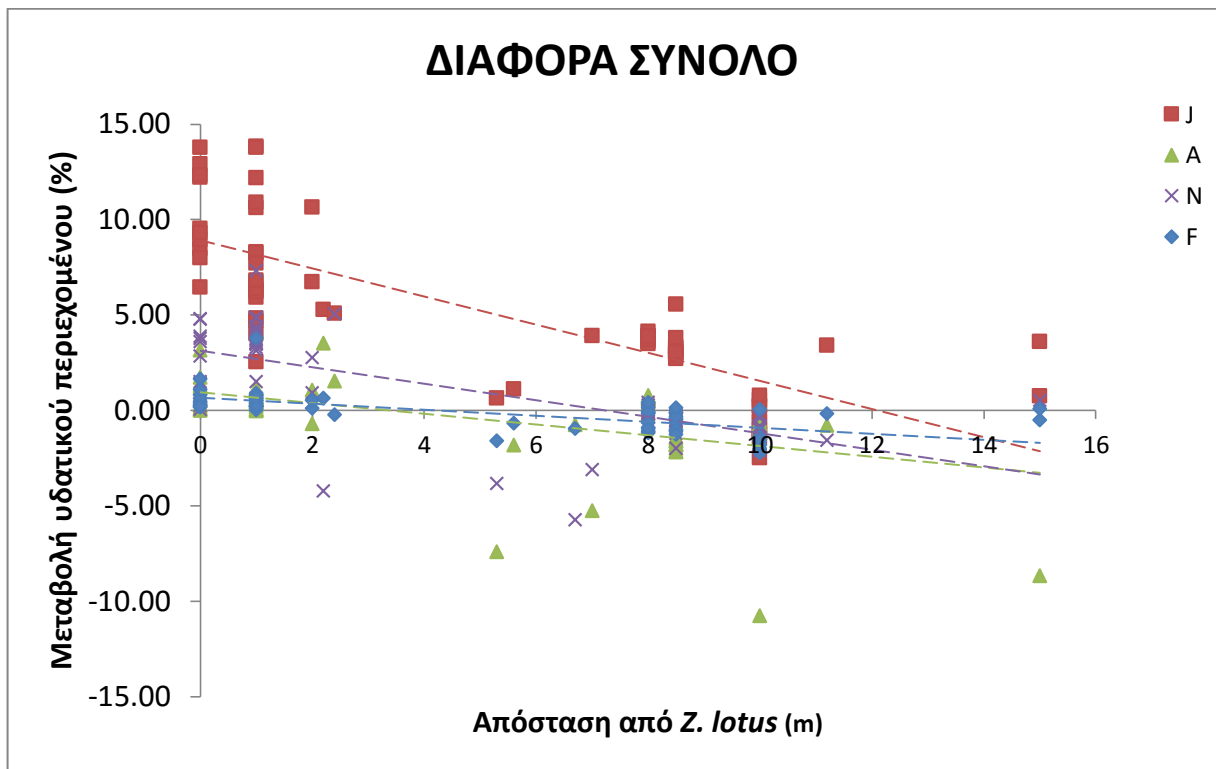
Διάγραμμα 4.15 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) ανά άτομο *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση του από το εγγύτερο *Z. lotus* κατά τον μήνα Φεβρουάριο (δειγματοληψία F)

Στο Διάγραμμα 4.15 παρουσιάζεται η μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus* αυξάνεται, κατά τον μήνα Φεβρουάριο. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση με επίπεδο σημαντικότητας $P=0,0001$ (Πίνακας 4.8).

Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης των ατόμων *T. capitata* από το εγγύτερο *Z. lotus* και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* κατά τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

ΣΥΝΟΛΟ	J	A	N	F
Spearman's rho	-.845**	-.616**	-.744**	-.788**
Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000	.000
N	70	69	68	69

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2 tailed).

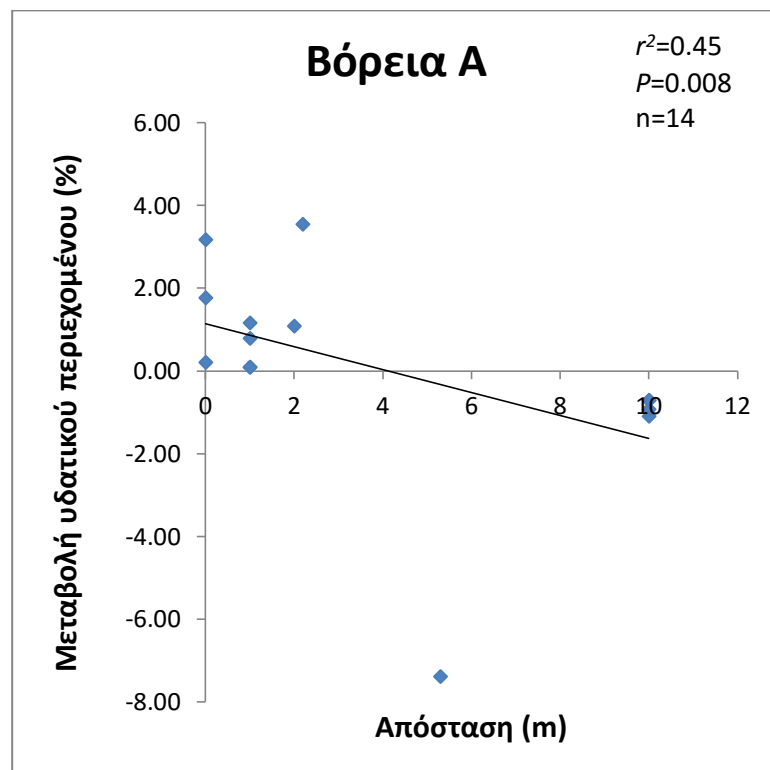
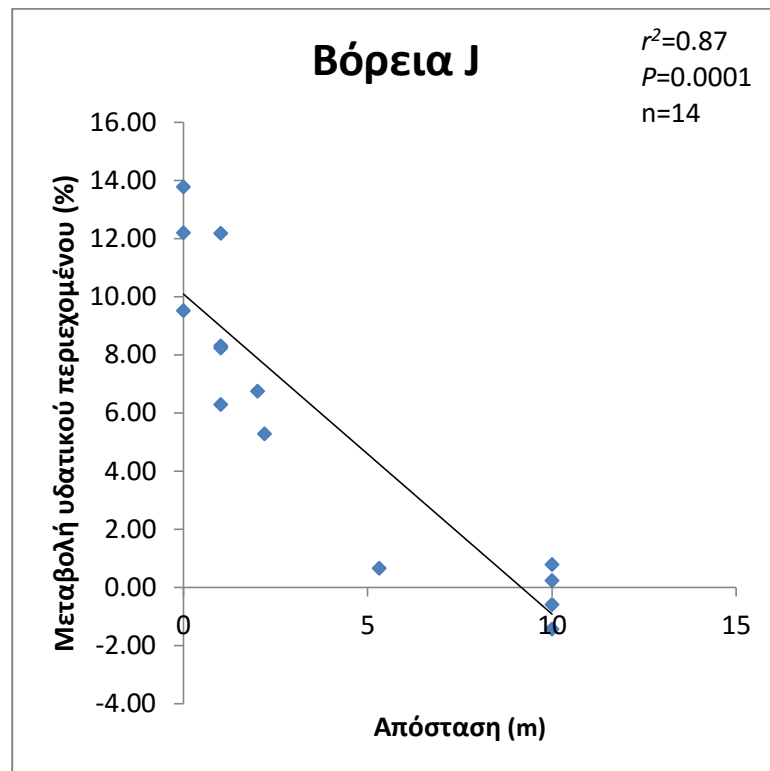


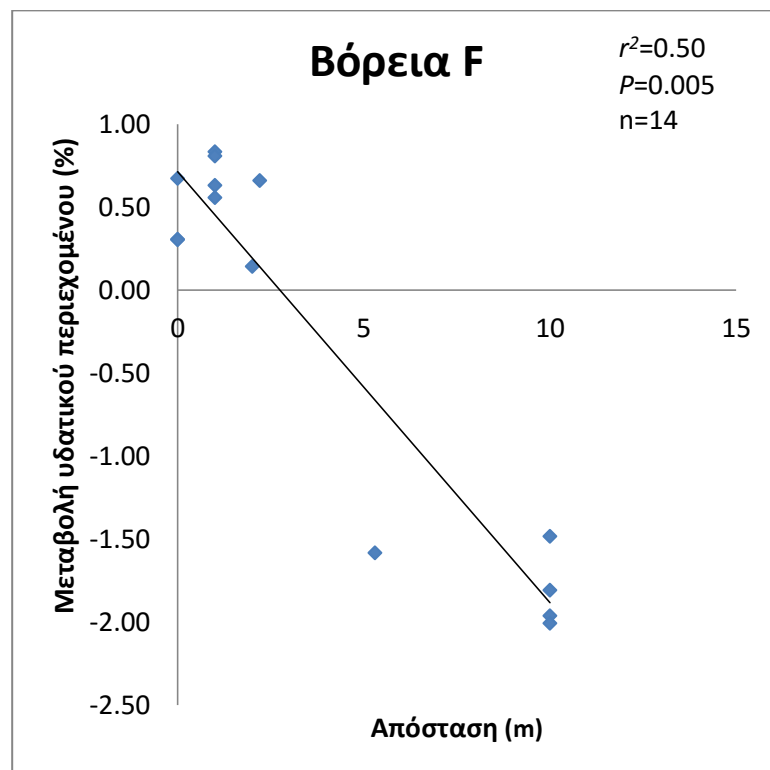
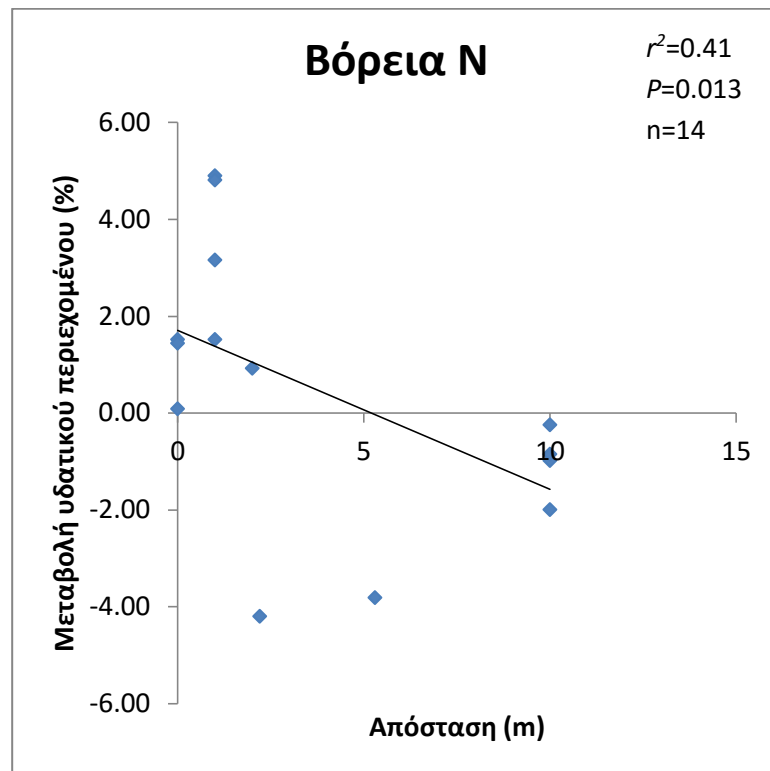
Διάγραμμα 4.16 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) ανά άτομο *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση του από το εγγύτερο *Z. lotus* για το σύνολο των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 4.16 παρουσιάζεται η μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) ανά άτομο *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση του από το εγγύτερο *Z. lotus* για το σύνολο των δειγματοληψιών. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.6 καταγράφεται στατικά σημαντική συσχέτιση και κατά τις τέσσερεις περιόδους δειγματοληψίας. Η μεγαλύτερη διαφορά στο υδατικό περιεχόμενο (%) καταγράφεται κατά τον μήνα Αύγουστο, όπου υπάρχει και η μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική συσχέτιση $-0,845$. Ακολουθούν ο Φεβρουάριος με $-0,788$ και ο Νοέμβριος με $-0,744$ ενώ η χαμηλότερη διαφορά καταγράφεται κατά τον μήνα Αύγουστο με συσχέτιση $-0,616$. Το επίπεδο σημαντικότητας όλων των περιόδων διατηρείται στο $P=0,0001$.

4.3.3 Αποτελέσματα συσχέτισης της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση (m) τους από το εγγύτερο *Z. lotus* ανά περιοχή έκθεσης

Αποτελέσματα συσχέτισης της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus*: ανά έκθεση των ατόμων και περίοδο δειγματοληψίας.





Διάγραμμα 4.17 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus* σε βόρεια έκθεση, για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

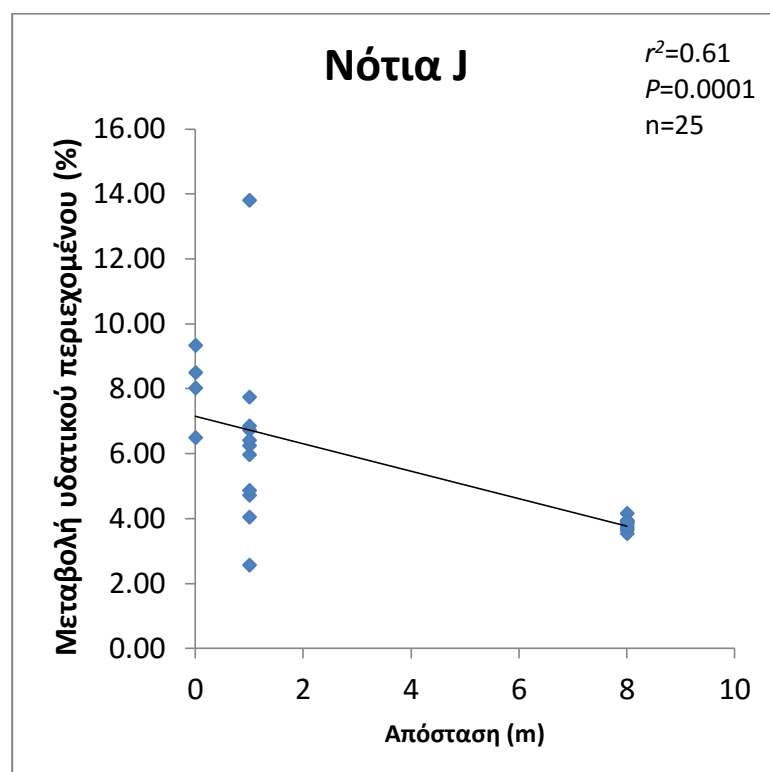
Στο Διάγραμμα 4.17 παρουσιάζεται η επίδραση της βόρειας έκθεσης στη μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόστασή τους από το *Z. lotus* αυξάνεται. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόσταση κατά τους μήνες Ιούνιο (n=14), Αύγουστο (n=14) και Φεβρουάριο (n=14) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,0001, P=0,008 και P=0,005 αντίστοιχα. Για τον μήνα Νοέμβριο (n=14) το επίπεδο σημαντικότητας ήταν P=0,013 (Πίνακας 4.9).

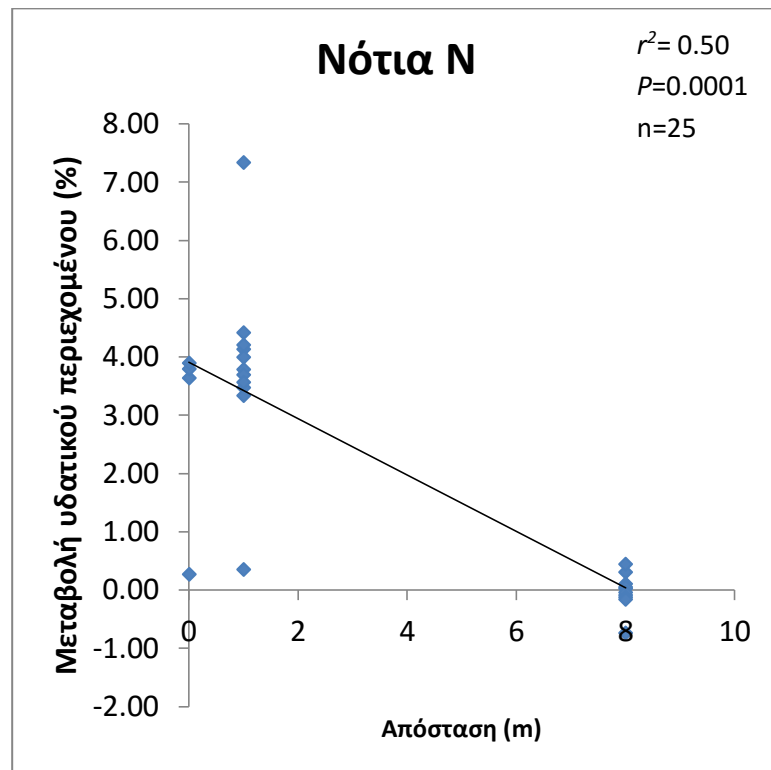
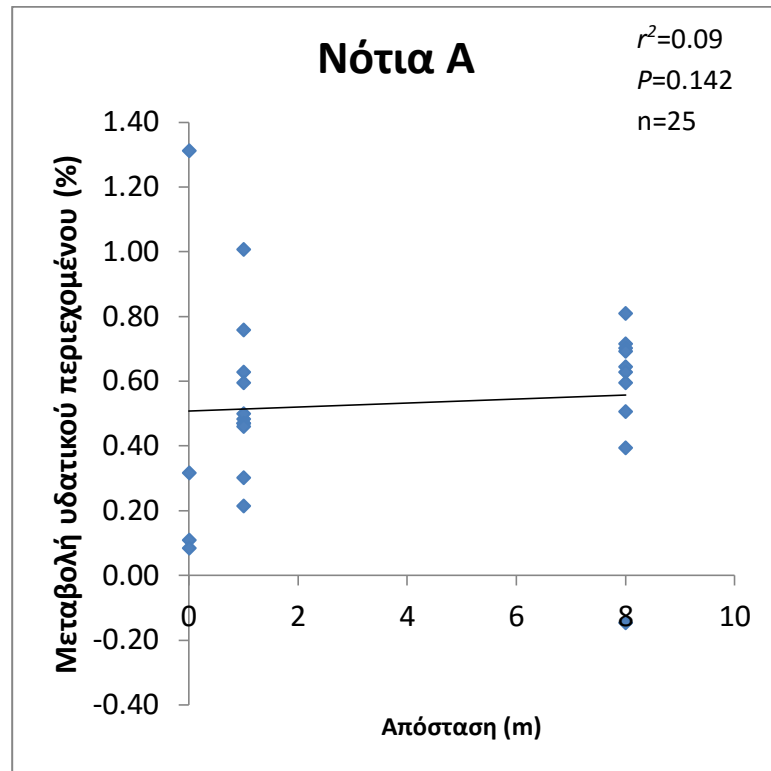
Πίνακας 4.9 Αποτελέσματα της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης των ατόμων *T. capitata* από το εγγύτερο *Z. lotus*, με βόρεια έκθεση, και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* κατά τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

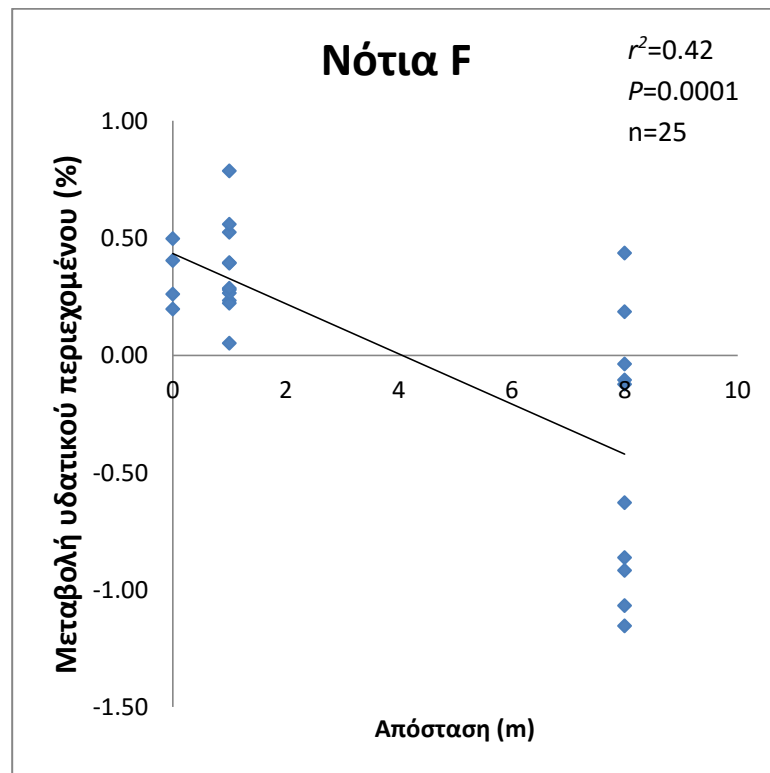
ΒΟΡΕΙΑ	J	A	N	F
Spearman's Rho	-.935**	-.673**	-.644*	-.705**
Sig. (2-tailed)	.000	.008	.013	.005
N	14	14	14	14

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).







Διάγραμμα 4.18 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus* σε νότια έκθεση, για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

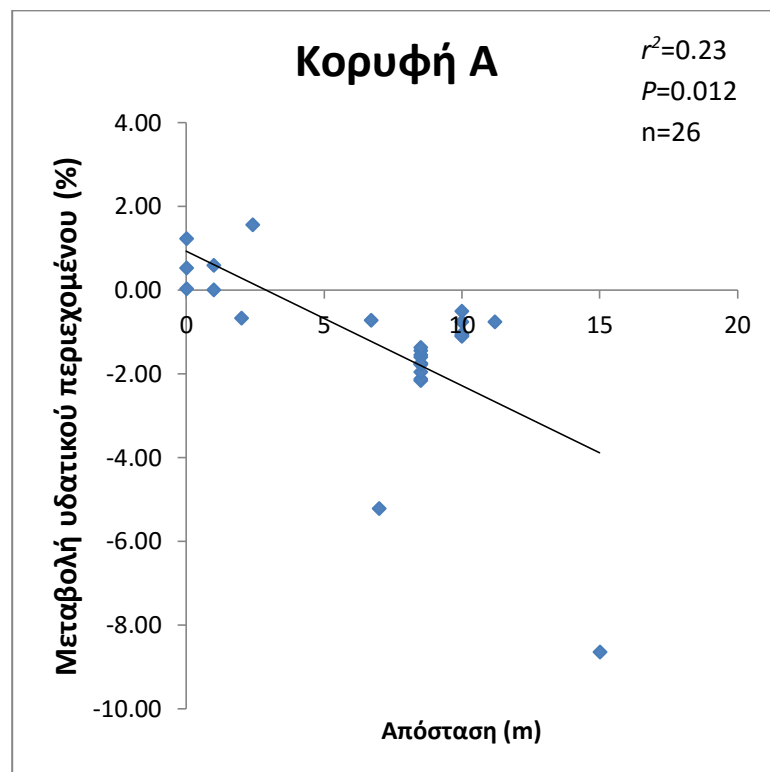
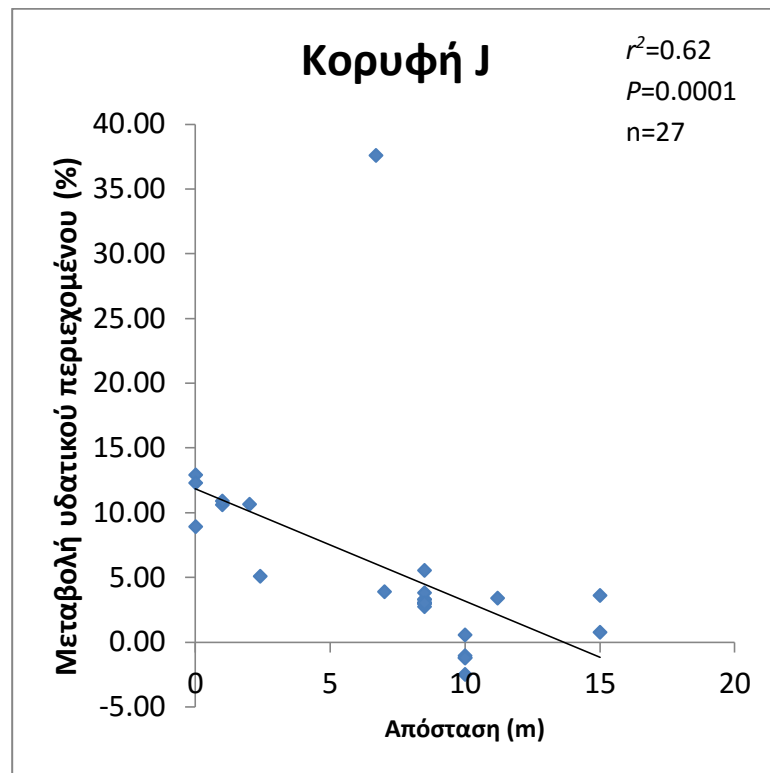
Στο Διάγραμμα 4.18 παρουσιάζεται η επίδραση της νότιας έκθεσης στη μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόσταση τους από το *Z. lotus* αυξάνεται. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόσταση κατά τους μήνες Ιούνιο (n=25), Νοέμβριο (n=25) και Φεβρουάριο (n=25) με επίπεδο σημαντικότητας $P=0,0001$. Δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση τον μήνα Αύγουστο (n=25) (Πίνακας 4.10).

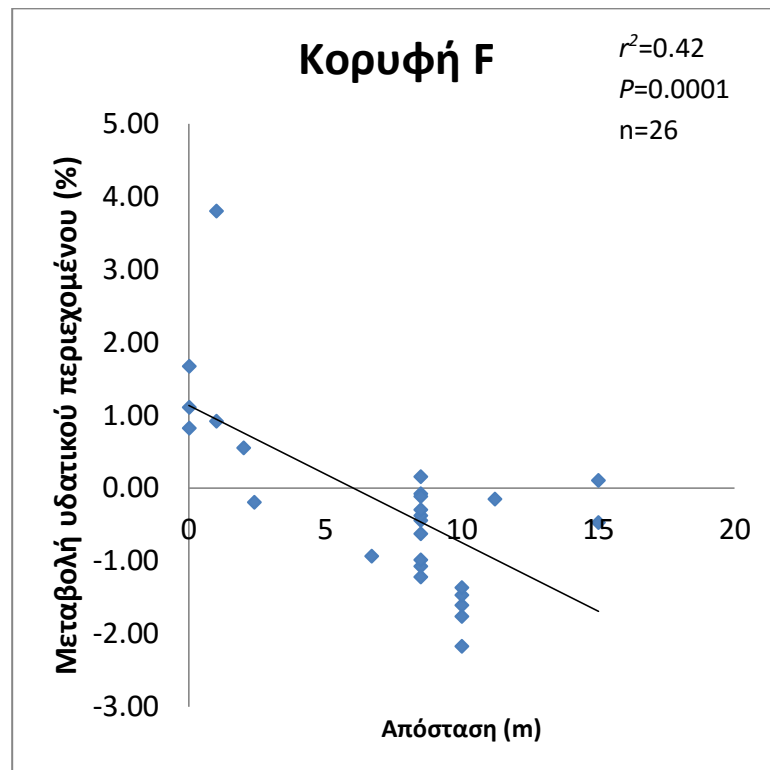
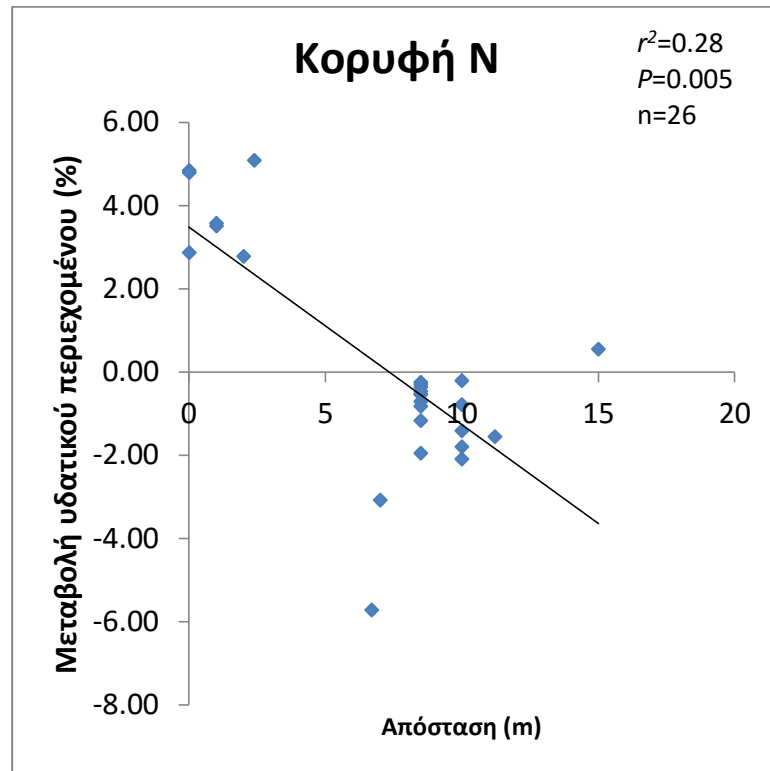
Πίνακας 4.10 Αποτελέσματα της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης των ατόμων *T. capitata* από το εγγύτερο *Z. lotus*, με νότια έκθεση, και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* κατά τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

NOTIA	J	A	N	F
Spearman's rho	-.781**	.302	-.707**	-.647**
Sig. (2-tailed)	.000	.142	.000	.000
N	25	25	25	25

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).





Διάγραμμα 4.19 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* σε σχέση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus* στην κορυφογραμμή της περιοχής μελέτης, για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (J=Ιούλιος, A=Αύγουστος, N=Νοέμβριος, F=Φεβρουάριος).

Στο Διάγραμμα 4.19 παρουσιάζεται η επίδραση της φύτευσης στην κορυφογραμμή, στη μείωση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* όσο η απόσταση τους από το *Z. lotus* αυξάνεται. Καταγράφεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του υδατικού περιεχομένου (%) σε σχέση με την απόσταση κατά τους μήνες Ιούνιο (n=27), Νοέμβριο (n=26) και Φεβρουάριο (n=26) με επίπεδο σημαντικότητας P=0,0001, P=0,005 και 0,0001 αντίστοιχα. Για τον μήνα Αύγουστο (n=26) το επίπεδο σημαντικότητας ήταν P=0,005 (Πίνακας 4.11).

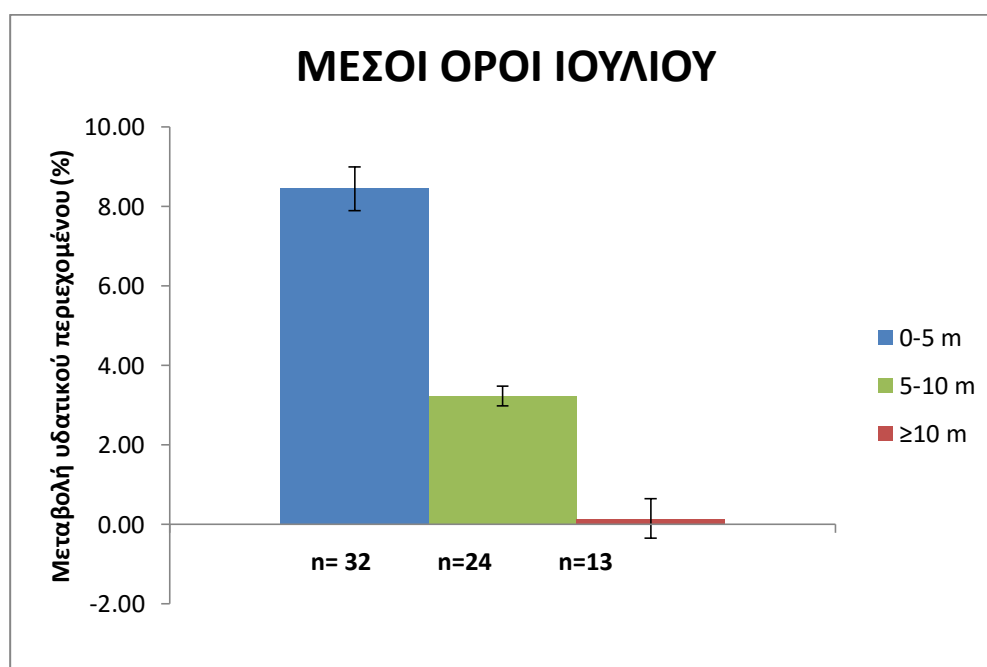
Πίνακας 4.11 Αποτελέσματα της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της απόστασης των ατόμων *T. capitata* από το εγγύτερο *Z. lotus*, στην κορυφογραμμή της περιοχής μελέτης, και της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* κατά τις τέσσερις περιόδους δειγματοληψίας.

ΚΟΡΥΦΗ	J	A	N	F
Spearman's rho	-.786**	-.483*	-.532**	-.652**
Sig. (2-tailed)	.000	.012	.005	.000
N	27	26	26	26

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

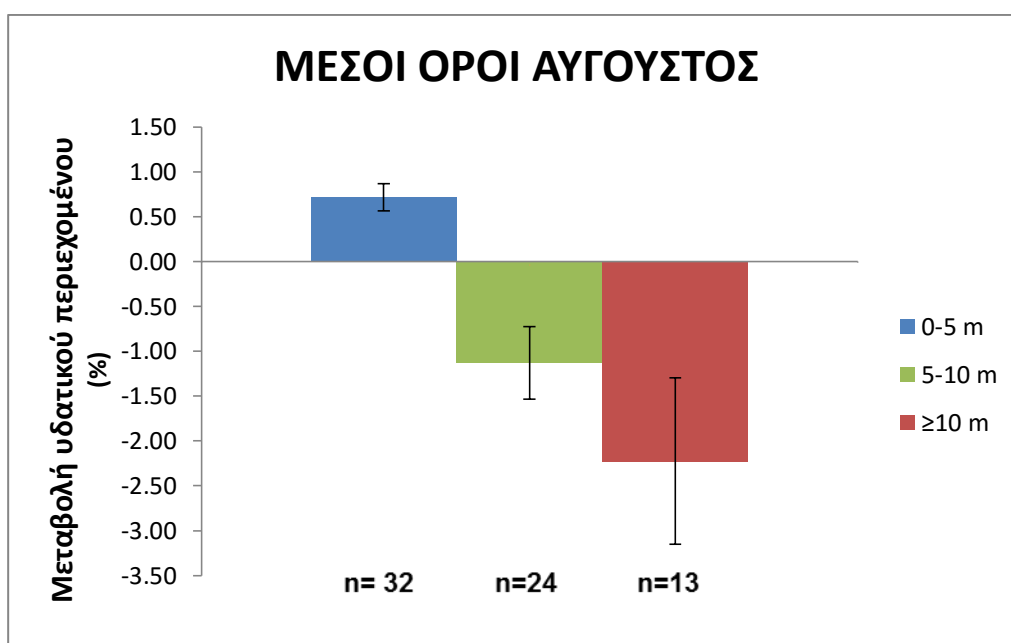
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

4.3.4 Σύγκριση της μεταβολής της μέσης τιμής του υδατικού περιεχομένου (%) των ατόμων *T. capitata* ανά ζώνη δειγματοληψίας και εποχή



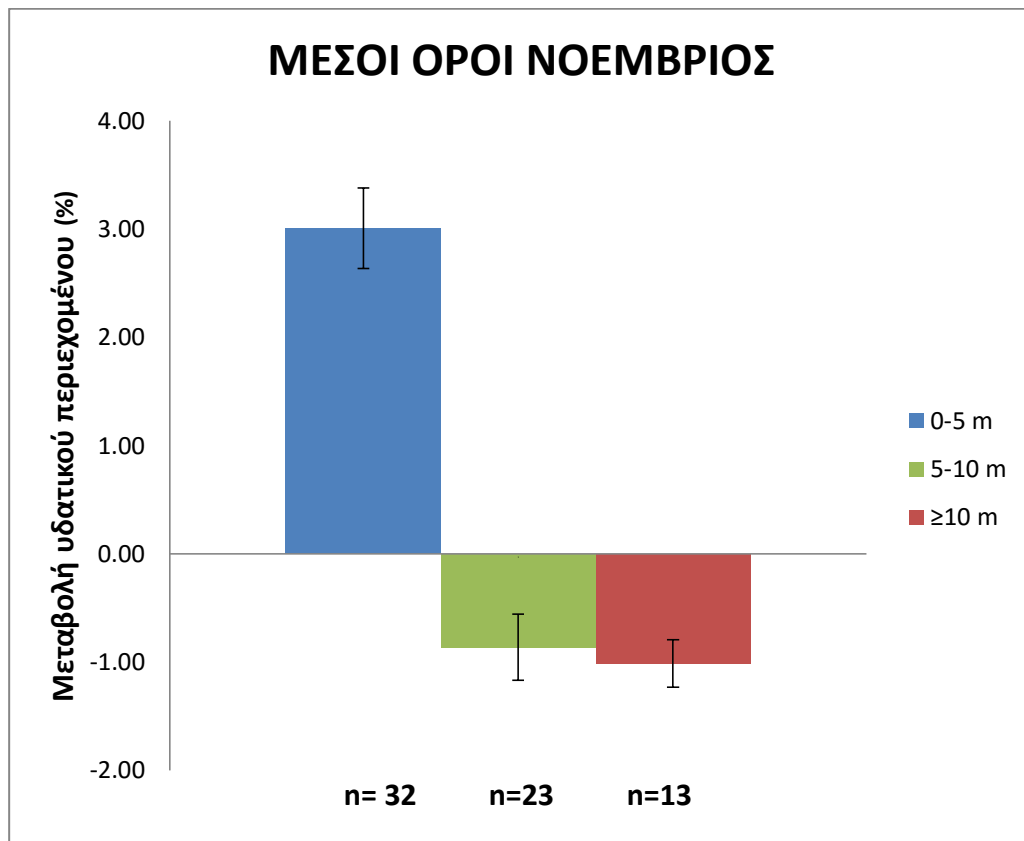
Διάγραμμα 4.20 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* στις τρεις ζώνες για τον μήνα Ιούλιο. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα. n = πλήθος ατόμων ανά ζώνη.

Κατά τη δειγματοληψία του Ιουλίου καταγράφηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) στις τρεις ζώνες, με τη μεγαλύτερη θετική διαφορά να καταγράφεται στα άτομα της ζώνης 0-5 m. Αναλυτικά στην ζώνη 0-5 m καταγράφηκε μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των *T. capitata* 8,45% με τυπικό σφάλμα 0,55. Στην ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των *T. capitata* 3,23% με τυπικό σφάλμα 0,25 ενώ στη ζώνη 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των *T. capitata* 0,15% με τυπικό σφάλμα 0,5 (Διάγραμμα 4.20).



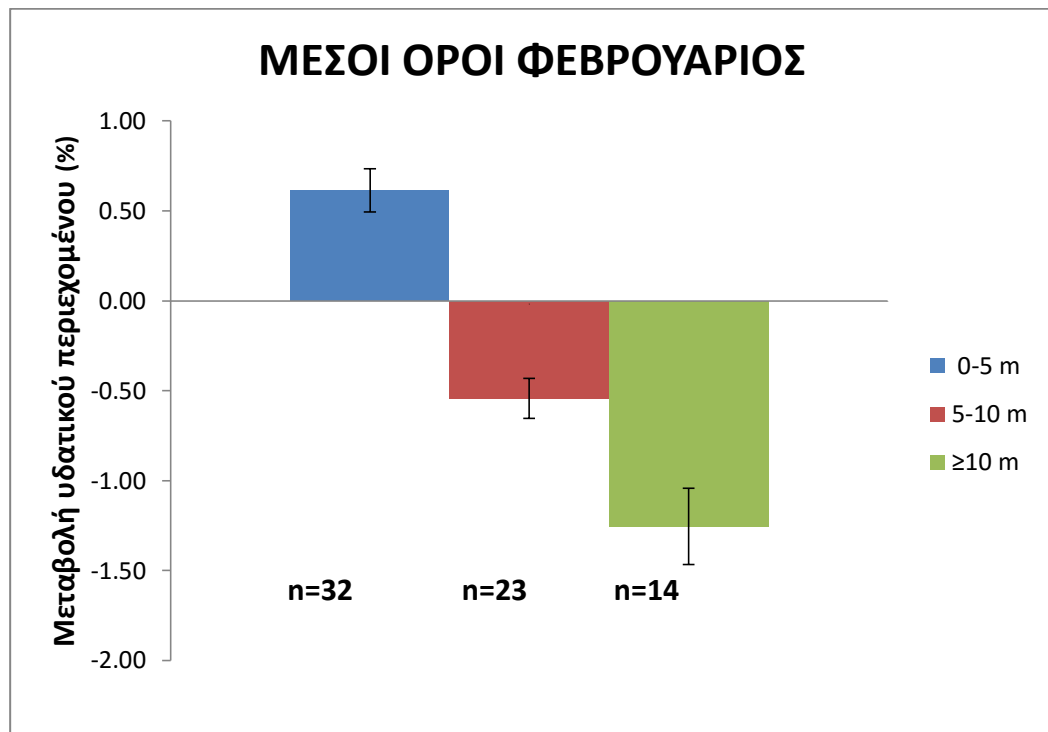
Διάγραμμα 4.21 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* στις τρεις ζώνες για τον μήνα Αύγουστο. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα. n = πλήθος ατόμων ανά ζώνη.

Η στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου για τη ζώνη 0-5 m, αν και μικρότερη, διατηρείται και κατά τον μήνα Αύγουστο. Στην ζώνη 0-5 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου 0,72% με τυπικό σφάλμα 0,15. Στη ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου -1,13% με τυπικό σφάλμα 0,4 ενώ στη ζώνη 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου -2,22% με τυπικό σφάλμα 0,9 (Διάγραμμα 4.21).



Διάγραμμα 4.22 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* στις τρεις ζώνες για τον μήνα Νοέμβριο. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα. n = πλήθος ατόμων ανά ζώνη.

Κατά τη δειγματοληψία του Νοεμβρίου καταγράφηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου στη ζώνη 0-5 m με μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου 3,01% και τυπικό σφάλμα 0,37. Ανάμεσα στις άλλες δύο ζώνες δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά αφού στη ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου -0,86% με τυπικό σφάλμα 0,3 και τη ζώνη 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου -1,01% με τυπικό σφάλμα 0,22 (Διάγραμμα 4.22).



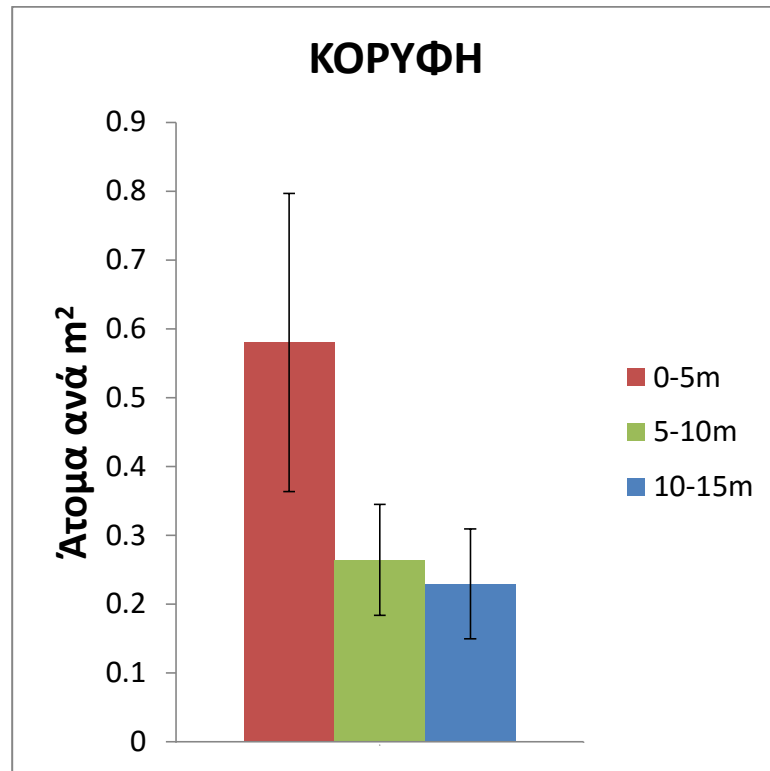
Διάγραμμα 4.23 Μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) των *T. capitata* στις τρεις ζώνες για τον μήνα Φεβρουάριο. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα. n = πλήθος ατόμων ανά ζώνη.

Κατά τη δειγματοληψία του Φεβρουαρίου καταγράφηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου (%) στις τρεις ζώνες, με τη μεγαλύτερη θετική διαφορά να καταγράφεται στα άτομα της ζώνης 0-5 m. Αναλυτικά στη ζώνη 0-5 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου 0,62 % με τυπικό σφάλμα 0,12, στη ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου -0,54% με τυπικό σφάλμα 0,11 ενώ στη ζώνη 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου -1,25% με τυπικό σφάλμα 0,21 (Διάγραμμα 4.23).

4.4 Πυκνότητα ατόμων *T. capitata*

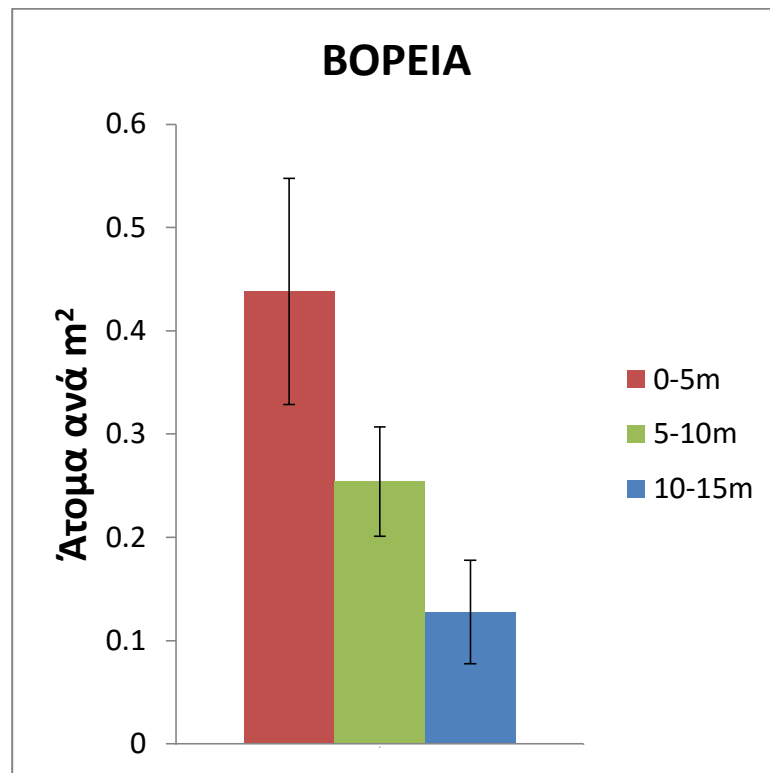
Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πυκνότητας των ατόμων *T. capitata* σε σχέση με τους παράγοντες που θα μπορούσαν να την επηρεάσουν.

4.4.1 Σύγκριση της μεταβολής της πυκνότητας των ατόμων *T. capitata* ανά έκθεση και ζώνη δειγματοληψίας



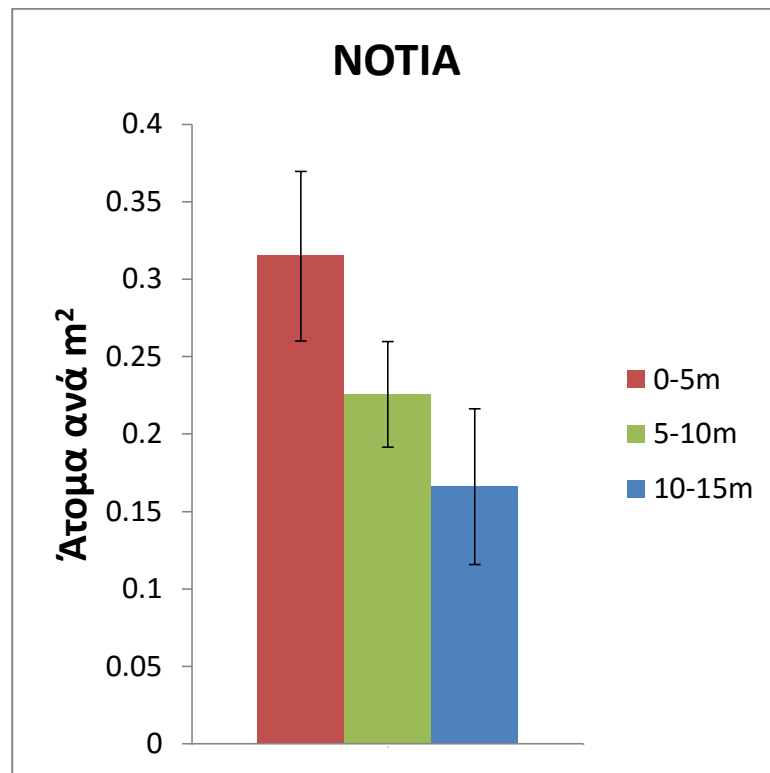
Διάγραμμα 4.24 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στις τρεις ζώνες στη κορυφογραμμή της περιοχής μελέτης. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

Κατά τη σύγκριση της μεταβολής της πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* που βρίσκονται στην κορυφογραμμή της περιοχής δειγματοληψίας, καταγράφηκε στην ζώνη 0-5 m μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,58 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,22. Στη ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,26 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,08 και στη ζώνη 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στη πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,23 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,08 (Διάγραμμα 4.24).



Διάγραμμα 4.25 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στις τρεις ζώνες στη βόρεια έκθεση της περιοχής μελέτης. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

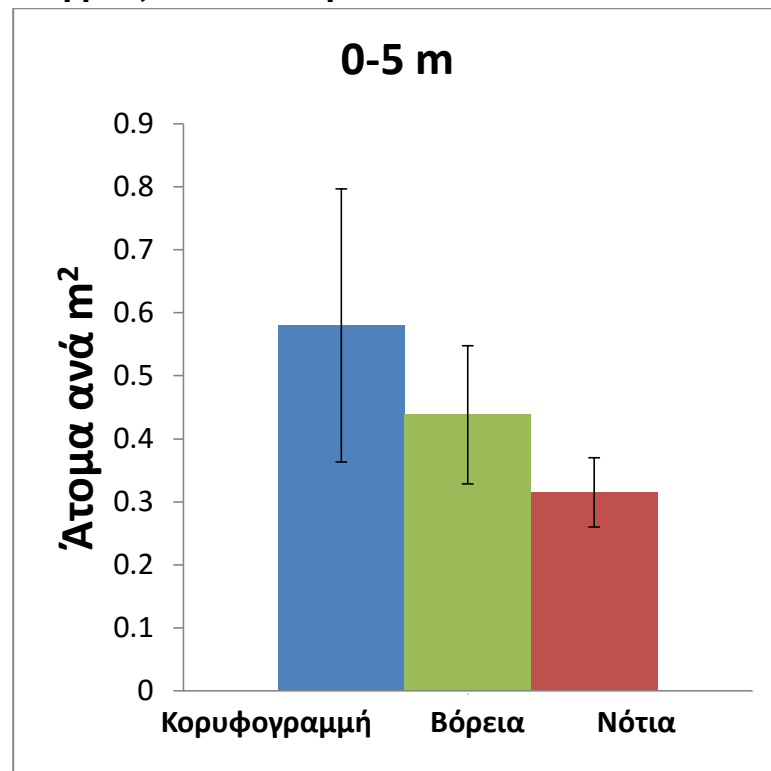
Η μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στις τρεις ζώνες για τη βόρεια έκθεση της περιοχής μελέτης είχε ως ακολούθως: στη ζώνη 0-5 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,44 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,11. Στην απόσταση 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* ανά τετραγωνικό μέτρο 0,25 με τυπικό σφάλμα 0,05. Στην απόσταση 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,13 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,05 (Διάγραμμα 4.25).



Διάγραμμα 4.26 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στις τρεις ζώνες στη νότια έκθεση της περιοχής μελέτης. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

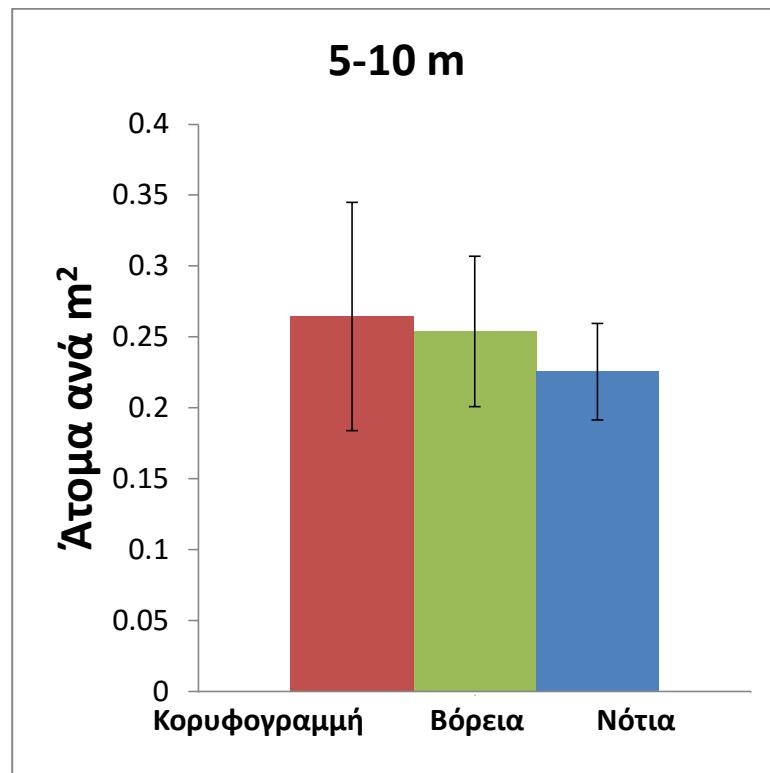
Στη ζώνη 0-5 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,31 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,05. Στην απόσταση 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* ανά τετραγωνικό μέτρο 0,23 με τυπικό σφάλμα 0,03. Στην απόσταση 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,17 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,05 (Διάγραμμα 4.26).

4.4.2 Σύγκριση της μεταβολής της πυκνότητας των ατόμων *T. capitata* ανά ζώνη δειγματοληψίας και έκθεση



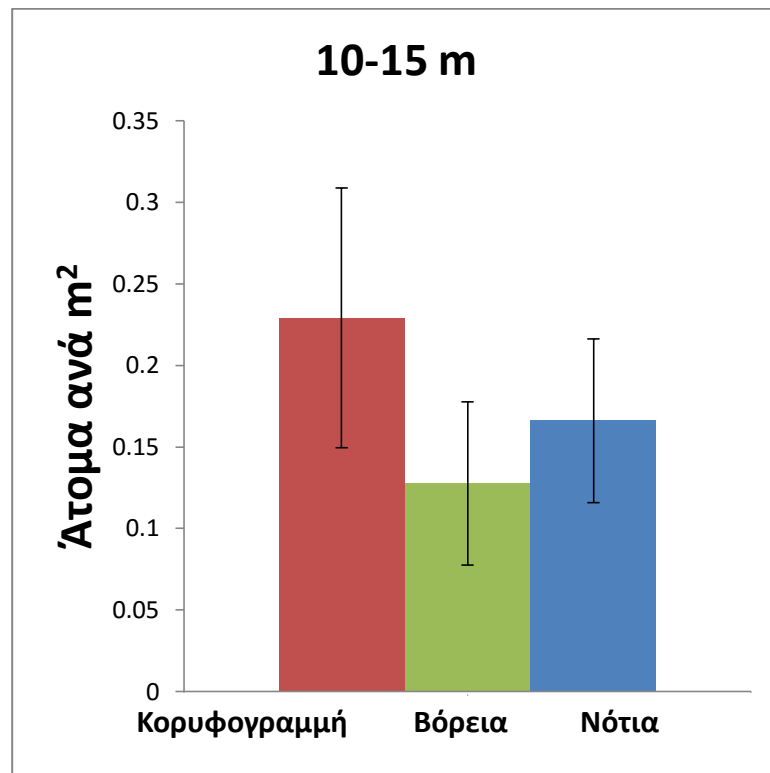
Διάγραμμα 4.27 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στη ζώνη 0-5 m ανά έκθεση. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

Στη ζώνη 0-5 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,58 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,21 στην κορυφογραμμή της περιοχής μελέτης, 0,44 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,11 στη βόρεια έκθεση της περιοχής μελέτης και 0,32 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,05 στη νότια έκθεση της περιοχής μελέτης (Διάγραμμα 4.27).



Διάγραμμα 4.28 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στη ζώνη 5-10 m ανά έκθεση. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

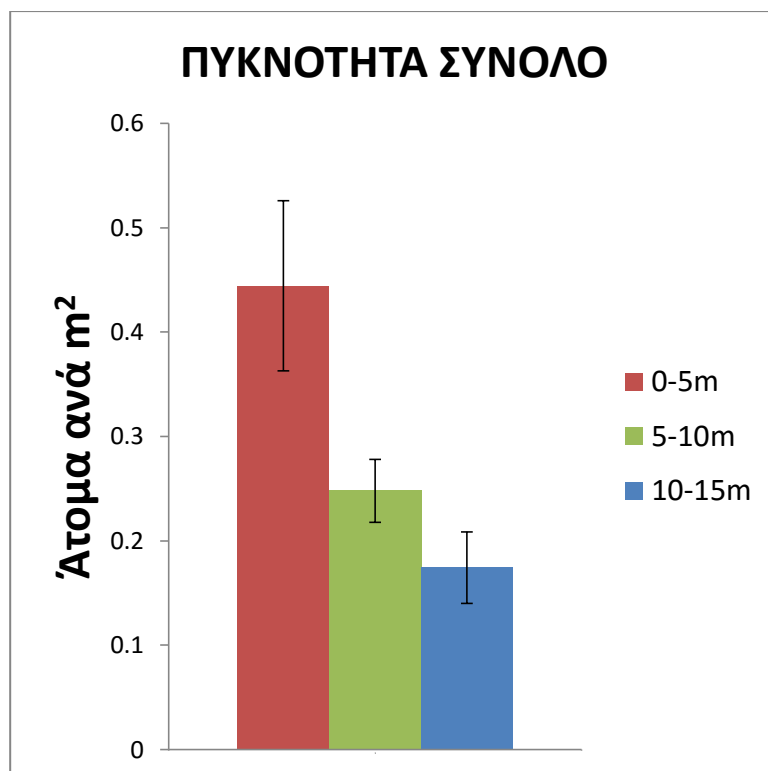
Στη ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,26 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,08 στην κορυφογραμμή της περιοχής μελέτης, 0,25 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,05 στη βόρεια ένθεση της περιοχής μελέτης και 0,23 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,03 στη νότια έκθεση της υπό μελέτη περιοχής (Διάγραμμα 4.28).



Διάγραμμα 4.29 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στη ζώνη 10-15 m ανά έκθεση. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

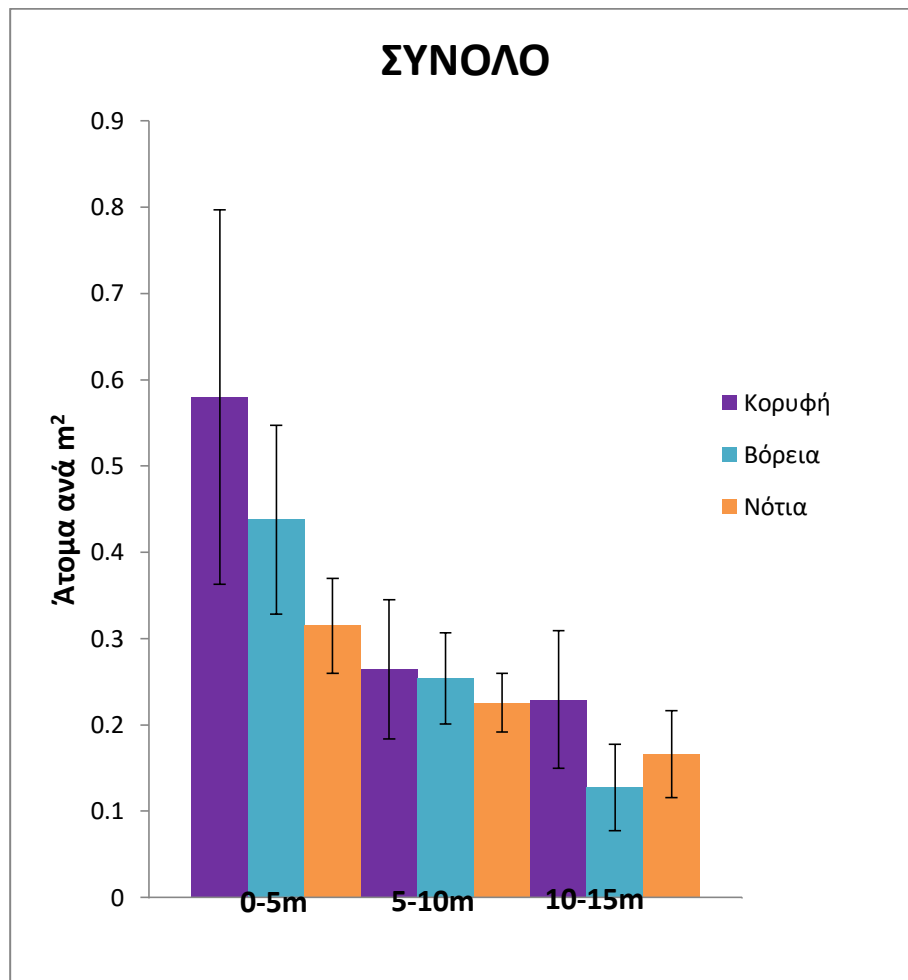
Στη ζώνη 10-15 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,23 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,08 στην κορυφογραμμή της περιοχής μελέτης, 0,13 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,05 στη βόρεια ένθεση της περιοχής μελέτης και 0,17 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,05 στη νότια έκθεση της περιοχής μελέτης (Διάγραμμα 4.29).

4.4.3 Σύγκριση της μεταβολής της πυκνότητας των ατόμων *T. capitata* στο σύνολο της περιοχής μελέτης ανά ζώνη



Διάγραμμα 4.30 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στο σύνολο της περιοχής μελέτης ανά ζώνη. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

Για το σύνολο της περιοχής μελέτης καταγράφηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* στη ζώνη 0-5 m σε σχέση με τις άλλες δύο ζώνες, οι οποίες δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αναλυτικά στη ζώνη 0-5 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,44 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,08, στη ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,25 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,03 και στη ζώνη 5-10 m καταγράφηκε μέση τιμή στην πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* 0,17 ανά τετραγωνικό μέτρο με τυπικό σφάλμα 0,03 (Διάγραμμα 4.30).



Διάγραμμα 4.31 Μεταβολή της πυκνότητας των *T. capitata* στο σύνολο της περιοχής μελέτης ανά ζώνη και έκθεση. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση - Συμπεράσματα - Εισηγήσεις

5.1 Συζήτηση

Η παρατεταμένη ξηρασία θεωρείται ως ο κύριος περιβαλλοντικός παράγοντας ο οποίος δρα περιοριστικά στην ανάπτυξη των φυτών, ειδικά στις ημι - άνυδρες περιοχές (Boyer 1982). Στα Μεσογειακά οικοσυστήματα, η εποχιακή έλλειψη νερού αποτελεί τον κύριο περιοριστικό παράγοντα για την επιβίωση και την ανάπτυξη των φυτών (Di Casti et al. 1981). Ανάλογα, τα φυτά των Μεσογειακών οικοσυστημάτων, εμφανίζουν προσαρμογές για τη διασφάλιση της επιβίωσης τους κάτω από αυτές τις συνθήκες, διαμορφώνοντας στρατηγικές αντιμετώπισης των επαναλαμβανόμενων παρατεταμένων ξηρών θερινών περιόδων καθιστώντας τα εξαιρετικά μοντέλα για τη μελέτη στρατηγικών επιβίωσης σε συνθήκες έλλειψης νερού (Von Willert et al. 1990; Munné-Bosch et al. 2009). Σημαντικά στη γνώση μας γύρω από τους παράγοντες που διαμορφώνουν τη σύνθεση, τη δομή και τη λειτουργία των φυτοκοινωνιών έχει προσθέσει το έντονο ενδιαφέρον γύρω από τις διεργασίες διευκόλυνσης μεταξύ γειτονικών φυτών, το οποίο καταγράφεται παγκόσμια τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Ειδικότερα κατά τα τελευταία χρόνια γίνεται μια μεγάλη προσπάθεια επικέντρωσης της έρευνας στις φυσικές διεργασίες, των φυτών αυτών, που οδηγούν στην προσαρμογή τους στα Μεσογειακά ξηρά οικοσυστήματα (Van Hees 1997).

Οι Μεσογειακοί θάμνοι, αποτελούν εξαιρετικά μοντέλα μελέτης της ανταπόκρισης στη ξηρασία καθότι είναι πολύ ανθεκτικοί και καλά προσαρμοσμένοι στη μειωμένη διαθέσιμη εδαφική υγρασία της καλοκαιρινής περιόδου. Πολλά ιθαγενή είδη, συμπεριλαμβανομένων και ορισμένων ειδών *Ziziphus*, αποτελούν δυνητικά ενδιαφέρουσες περιπτώσεις για τη μελέτη της εδαφοκάλυψης. Η ικανότητα κάποιων ειδών του γένους *Ziziphus*, όπως το είδος *Z. Lotus*, να αντέχουν στη ξηρασία έχει αποδοθεί σε ένα συνδυασμό μηχανισμών αποφυγής και ανοχής, οι οποίοι περιλαμβάνουν ωσμωτικές προσαρμογές και ευαισθησία στο κλείσιμο των στομάτων (Arndt et al. 2001;

Pareek 2001). Τα είδη του γένους αυτού διαφοροποιούν τις συγκεντρώσεις βλεννωδών ουσιών, γλυκανών αλλά και αμινοξέων, όπως η προλίνη, στα κύτταρα τους ώστε να διαμορφώσουν τέτοιες ωσμωτικές συγκεντρώσεις εντός των κυττάρων τους που να τους επιτρέπουν να διαχειριστούν προς όφελος τους τα ωσμωτικά φαινόμενα σε περιόδους έντονης ξηρασίας (Clifford et al. 1998; Arndt et al. 2001; Maraghni et al. 2010). Διαφοροποιώντας τις συγκεντρώσεις των ουσιών αυτών επιτυγχάνουν αποτελεσματικότερη πρόσληψη νερού και ανακατανομή του σε ρίζες και βλαστούς (Clifford et al. 2002).

Μεγάλης σημασίας σε περιβάλλοντα έλλειψης νερού είναι και η λειτουργία του “nurse plant syndrome” (Niering et al. 1963), όπου η εγκατάσταση των νεαρών φυτών ενός είδους διευκολύνεται από την παρουσία ενός ενήλικου φυτού του ίδιου ή διαφορετικού είδους. Το φαινόμενο αυτό αν και έχει καταγραφεί σε πολλά οικοσυστήματα, αποδεικνύεται υψίστης σημασίας για την επιβίωση των νεαρών φυτών στα ξηρά οικοσυστήματα από όπου προέρχονται και οι περισσότερες καταγραφές του φαινομένου (Flores & Jurado 2003). Τα νεαρά φυτά συχνά βλαστάνουν κάτω από «nursing plants», όχι μόνο λόγω της μεγάλης παρουσίας εγκλωβισμένων σε αυτά σπόρων, αλλά διότι επωφελούνται από τη μεγαλύτερη διαθεσιμότητα σε νερό και θρεπτικές ουσίες που τους προσφέρεται, το βελτιωμένο μικρόκλίμα και την προστασία από τους καταναλωτές.

Η υδραυλική ανύψωση είναι μια διαδικασία μεταφοράς νερού, το οποίο προσλαμβάνεται από τις ρίζες των φρεατοφύτων που βρίσκονται σε βαθύτερα και υγρότερα εδάφη, προς τα ανώτερα ξηρά στρώματα του εδάφους (Richards & Caldwell 1987). Μέσο του φαινομένου αυτού τα φυτά μπορούν να αποθηκεύσουν προσωρινά το νερό κατά τη διάρκεια της νύκτας στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους ώστε να μπορούν και πάλι να απορροφήσουν, κατά τη διάρκεια της ημέρας νέες ποσότητες. Η υδραυλική ανύψωση περιγράφεται στη βιβλιογραφία ως ένας μηχανισμός αντοχής των φυτών ενάντια στη ξηρασία (Caldwell & Richards 1989; Dawson 1993). Η παρουσία του νερού αυτού στα επιφανειακά εδάφη διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο και στην επιβίωση των γειτονικών φυτών. Υπάρχουν μελέτες (Caldwell & Richards 1989; Dawson 1993; Horton & Hart 1998; Filella & Peñuelas 2004) που υποδεικνύουν τη χρήση του ανυψωμένου νερού και από τα γειτονικά φυτά, και ότι αυτή η αθροιστική ποσότητα νερού μπορεί να βελτιώσει αποτελεσματικά της ανάπτυξη του ίδιου του φυτού αλλά και της γειτονικής σε αυτό βλάστησης σε περιόδους ξηρασίας.

Στην παρούσα διατριβή, έγινε προσπάθεια να εξεταστεί, σε πρώτο επίπεδο, κατά πόσο το φρεατόφυτο *Z. lotus* επιδρά στο υδατικό περιεχόμενο του *Thymbra capitata* καθώς και η πιθανότητα η επίδραση να οφείλεται στο φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης. Και σε δεύτερο επίπεδο έγινε προσπάθεια να εξεταστεί το πώς μεταβάλλεται η παραγωγικότητα του οικοτόπου σε σχέση με την απόσταση από το *Z. lotus*, καθώς η επίδραση της υδραυλικής ανύψωσης (αλλά και των άλλων ευεργετικών ιδιοτήτων) αναμένεται να είναι μεγαλύτερη κοντά σε αυτά τα φυτά. Για τη διερεύνηση της μεταβολής της παραγωγικότητας χρησιμοποιήθηκε και πάλι ως φυτό δείκτης το *T. capitata* του οποίου μελετήθηκε η πυκνότητα. Το *T. capitata* επιλέχθηκε ως φυτό δείκτης λόγω της αφθονίας του στην περιοχή μελέτης, της παρουσίας του σε όλη τη διάρκεια του έτους αλλά και της ευκολίας προσδιορισμού των ανεξάρτητων ατόμων. Η περιοχή μελέτης επιλέχθηκε αφού είναι ένας ανοιχτός μεσαίου μεγέθους θαμνώνας (matorral) με *Z. lotus* εντός του Εθνικού Δασικού Πάρκου Ριζοελιάς (LIFE12 NAT/CY/000758) με οικοτόπους προτεραιότητας τους *5220 - Θαμνώνες με *Ziziphus* sp. και *1520 - Γυψούχες στέπες (*Gypsophiletalia*), χωρίς ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (χάρτης 3.1). Το κλίμα της χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από τον Μάιο ως τα μέσα του Οκτώβρη, και βροχερό αλλά ήπιο χειμώνα από τον Νοέμβριο ως τα μέσα Μαρτίου (διαγράμματα 4.4 και 4.1).

Αν ισχύει η υπόθεση ότι το φρεατόφυτο *Z. lotus* επιδρά στο υδατικό περιεχόμενο των γειτονικών του φυτών, μέσω του φαινομένου της υδραυλικής ανύψωσης, θα πρέπει καταγραφεί στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από το εγγύτερο *Z. lotus* (Richards & Caldwell 1987; Dawson 1993; Horton & Hart 1998; Filella & Peñuelas 2004). Η μεταβολή αυτή, δε, σε σχέση με την απόσταση από το *Z. lotus*, θα πρέπει να παρατηρείται εντονότερα στα μέσα της ξηρής καλοκαιρινής περιόδου (Richards & Caldwell 1987), που για την περιοχή μελέτης αντιστοιχεί στον μήνα Ιούλιο (Διάγραμμα 4.1). Ταυτόχρονα η επίδραση της υδραυλικής ανύψωσης (αλλά και των άλλων ευεργετικών ιδιοτήτων) του *Z. lotus* θα πιστοποιηθεί περαιτέρω αν η παρουσία του, μεταβάλλει την πυκνότητα των ατόμων *T. capitata* στις περιοχές που γειτνιάζουν με αυτόν (Tirado & Pugnaire 2003; Castro et al. 2004).

Τα οικοσυστήματα της Κύπρου κατατάσσονται στην κατηγορία των ξηρών και ημίξηρων οικοσυστημάτων αφού χαρακτηρίζονται από υψηλή μεταβλητότητα και περιορισμένους πόρους όπως το νερό και οι θρεπτικές ουσίες. Αυτή η ανεπάρκεια σε υδατικούς πόρους

επηρεάζει τη γεωγραφική εξάπλωση των φυτών παγκόσμια αλλά ιδιαίτερα στα ξηρά και ημίξηρα οικοσυστήματα (Schulze 1986). Παγκόσμια, στα χερσαία οικοσυστήματα, η διαθεσιμότητα σε νερό αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα ελέγχου της δέσμευσης του CO₂ καθώς και της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος (Boyer 1982; Schulze 1986; Schulze et al. 1987). Ειδικότερα για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα το νερό αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για τη διαβίωση των φυτών, γεγονός που τεκμηριώνεται ευρύτατα στη διεθνή βιβλιογραφία (Mitrakos 1980; Mooney 1982; Peñuelas 2001; Filella & Peñuelas 2004). Στα οικοσυστήματα αυτά, όπου η ξηρή περίοδος έχει μεγάλη διάρκεια, η βλάστηση παρά τις προσαρμογές που εμφανίζει για την αντιμετώπιση της ξηρασίας βρίσκεται συχνά αντιμέτωπη με οριακές καταστάσεις επιβίωσης. Για τους λόγους αυτούς, τα φυτά κάνουν μια εξόχως συντηρητική χρήση του διαθέσιμου νερού αλλά και χρήση όλων των άλλων πιθανών πηγών νερού (Peñuelas 2001; Terradas 2001). Μια τέτοια εναλλακτική πηγή επιφανειακού νερού δημιουργείται μέσω του φαινομένου της υδραυλικής ανύψωσης.

Η παρούσα διατριβή αλλά και οι αντίστοιχες μελέτες που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, αναδεικνύουν τη σημασία των πολυετών φρεατοφύτων τα οποία δημιουργούν γόνιμες νησίδες μέσα και γύρω από αυτά, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό στην αντιμετώπιση φαινομένων ερημοποίησης. Ταυτόχρονα η παρουσία της υδραυλικής ανύψωσης σε μία βιοκοινότητα έχει και έμμεσες συνέπειες στην απόκτηση θρεπτικών ουσιών, στους βιοχημικούς κύκλους των θρεπτικών ουσιών και στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των ίδιων των φρεατοφύτων αλλά και των γειτονικών τους φυτών. Το φαινόμενο της διευκόλυνσης φαίνεται να κυριαρχεί σε περιβάλλοντα που δοκιμάζουν τις φυσικές αντοχές των φυτών (Stachowicz 2001; Callaway et al. 2002), και συχνά είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την παρουσία διάσπαρτων φυτοκοινοτήτων σε μορφή νησίδων (Kikvidze & Nakhutsrishvili 1998; Eccles et al. 1999, 2001). Στην περίπτωση της υπό μελέτη βιοκοινότητας, η διευκόλυνση φαίνεται να σχετίζεται με τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών από τα άτομα του *Z. lotus*, καθώς η παρουσία τους αυξάνει την παραγωγικότητα μέσα και γύρω από αυτά (Διάγραμμα 4.30). Σύμφωνα με τον Tirado (Tirado et al. 2005) η παρουσία του *Z. lotus* προωθεί τη συσσώρευση άμμου, φυτικής ύλης και αιωρούμενων σωματιδίων ενώ ταυτόχρονα μειώνει τη θερμοκρασία, προσφέρει σκίαση στα γειτονικά φυτά αλλά και προστασία από τα φυτοφάγα ζώα λόγω της ακανθωτής κόμης του. Το *Z. lotus*, για τους λόγους αυτούς, χαρακτηρίζεται από τον ίδιο ως «μηχανικός του οικοσυστήματος» αφού δρα τροποποιητικά στο περιβάλλον γύρω του και επιδρά θετικά στη δυναμική του όλου οικοσυστήματος (Jones et al. 1994, 1997).

Από τα αποτελέσματα της διατριβής προκύπτει πως το *Z. lotus* επηρεάζει θετικά τη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από αυτόν. Καταγράφηκε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου σε συνάρτηση με την απόσταση, σε όλες τις περιόδους δειγματοληψίας (Διάγραμμα 4.18), με αυτή να καταγράφει τη μεγαλύτερη της τιμή κατά τον μήνα Ιούλιο (Πίνακας 4.8). Η συσχέτιση, αν και παραμένει, είναι μικρότερη κατά τον μήνα Αύγουστο όπου η παρατεταμένη ξηρασία αρχίζει να εξαντλεί τα υπόγεια αποθέματα νερού από όπου τροφοδοτούνται οι ρίζες των *Z. lotus* (Διάγραμμα 4.23). Οι βροχές των επόμενων μηνών οι οποίες ακολουθήθηκαν από παρατεταμένη και πάλι ξηρασία και υψηλές για την εποχή θερμοκρασίες, αποτυπώθηκαν στην αύξηση της συσχέτιση κατά τις δειγματοληψίες Νοεμβρίου, Φεβρουαρίου (Διαγράμματα 4.2 και 4.6). Η δειγματοληψία Φεβρουαρίου προγραμματίστηκε ως δειγματοληψία ελέγχου, αφού αναμενόταν πτώση των φύλλων στα *Z. lotus* και αδρανοποίηση του φυτού ενώ ταυτόχρονα ο οικοτόπος θα είχε ομοιογένεια στην εδαφική υγρασία. Αυτό όμως δεν συνέβη αφού λόγω των ιδιαίτερα υψηλών θερμοκρασιών (Διάγραμμα 4.5) τα *Z. lotus* διατήρησαν τα φύλλα τους μέχρι και τις αρχές του Φεβρουαρίου (Εικόνα 5.1) ενώ οι τιμές της εδαφικής υγρασίας εντός και εκτός της ζώνης επιρροής των *Z. lotus* παρουσίαζαν διαφορές (Πίνακας 4.2). Η επίδραση των καιρικών συνθηκών στη φαινολογία των φυτών του οικοτόπου παρατηρήθηκε και στα άτομα του είδους *T. capitata* με την ανθοφορία να επεκτείνεται σε αριθμό ατόμων μέχρι και τον Δεκέμβριο του 2016 (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.1 Άτομο *Z. lotus* το οποίο διατηρεί τα φύλλα του στα τέλη Δεκεμβρίου. (Φωτογραφία Κωνσταντίνου Ε., Δεκέμβριος 2016)



Εικόνα 5.2 Ανθισμένο *T. capitata* τον Δεκέμβριο του 2016.(Φωτογραφία Κωνσταντίνου Ε.)

Από τα αποτελέσματα αυτά εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα άτομα *Z. lotus* δημιουργούν μία ζώνη επιρροής γύρω από αυτά που φτάνει μέχρι τουλάχιστο τα 5 m, στην οποία έχουν την ικανότητα να ενισχύουν την εδαφική υγρασία. Τα αποτελέσματα αυτά επαναλαμβάνονται για κάθε επιμέρους άτομο *Z. lotus*, σε όποια έκθεση και αν βρίσκεται (Πίνακες 4.3 μέχρι και 4.7). Οι υψηλότερες στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις καταγράφηκαν σε φυτά με βόρεια έκθεση (Πίνακας 4.9), γεγονός που ήταν αναμενόμενο λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης εδαφικής υγρασίας σε συνάρτηση με τη μικρότερη εξάτμιση που χαρακτηρίζει την οικολογία της έκθεσης αυτής. Οι τιμές παραμένουν ισχυρά στατιστικά σημαντικές και για τα φυτά με νότια έκθεση (Πίνακας 4.10) αλλά και σε όσα φύτευαν στην κορυφογραμμή του οικοτόπου (Πίνακας 4.10). Με τα αποτελέσματα αυτά αποκλείεται η όποια επίδραση της τοπογραφίας στην εμφάνιση ή όχι του φαινομένου.

Οι τιμές εδαφικής υγρασίας του Πίνακα 4.2, παρά τις αδυναμίες των αισθητήρων που προαναφέρθηκαν στη μεθοδολογία, ενισχύουν τα αποτελέσματα της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου αναφορικά με τη δράση του *Z. lotus* στην ενίσχυση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη επιρροής του. Μετά τις βροχές της περιόδου του που προηγήθηκε των δειγματοληψιών N και F, παρατηρούμε διαφορά στην εδαφική υγρασία εντός και εκτός της ζώνης επιρροής των 0-5 m. Συγκεκριμένα οι μετρητές S1 και S2 κατέγραψαν τιμές μεγαλύτερης εδαφικής υγρασίας από ότι οι μετρητές S3 και S4 (Πίνακας 4.2).

Γεγονός που είχε ήδη παρατηρηθεί και κατά τον υπολογισμό της εδαφικής υγρασίας από τη δειγματοληψία εδάφους, τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο (Πίνακας 4.1).

Τα αποτελέσματα από την εξέταση της μεταβολής της παραγωγικότητας του οικοτόπου σε σχέση με την απόσταση από το *Z. lotus*, και συγκεκριμένα η μελέτη της πυκνότητας του φυτού δείκτη *T. capitata*, καταδεικνύουν τη δράση του *Z. lotus* στη δημιουργία γόνιμων νησίδων. Συγκεκριμένα καταγράφηκε στατιστικά σημαντική διαφορά, στο σύνολο του οικοτόπου, ανάμεσα στον αριθμό των ατόμων *T. capitata* στην απόσταση 0-5 m σε σχέση με τον αριθμό τους στα 5-10 m και ακόμα μεγαλύτερη σε σχέση με τα 10-15 m (Διάγραμμα 4.32). Η διαφορά αυτή παραμένει, αν και με διαφοροποιήσεις όταν η πυκνότητα αναλύεται ανάλογα με την έκθεση του οικοτόπου. Στις μετρήσεις που έγιναν στη ζώνη 0-5 m, η μεγαλύτερη πυκνότητα παρατηρήθηκε στην κορυφογραμμή του οικοτόπου και ακολουθούν η βόρεια και η νότια έκθεση (Διάγραμμα 4.26). Στις ζώνες 5-10 m και 10-15 m (Διαγράμματα 4.27 και 4.28), η σειρά παραμένει η ίδια, χωρίς όμως στατιστικά ισχυρά σημαντικές διαφορές, γεγονός που ενισχύει την υπόθεση ότι για τη διαφορά που καταγράφεται στη ζώνη 0-5 m κύρια αιτία είναι η παρουσία των ατόμων *Z. lotus*. Η ικανότητα του *Z. lotus* να επιδρά θετικά στην ανάπτυξη όχι μόνο των πολυετών φυτών όπως το *T. capitata* αλλά και εποχιακών φυτών, φάνηκε κατά την περίοδο του Νοεμβρίου όπου έγινε και η καταγραφή του πλήθους των *T. capitata*. Στην Εικόνα 5.3, η οποία λήφθηκε στις 21 Νοεμβρίου του 2015, μπορούμε να διακρίνουμε μια πράσινη ζώνη από εποχιακά και βολβώδη φυτά γύρω από το άτομο *Z. lotus* ενώ η γύρω περιοχή παραμένει ακόμα γυμνή από εποχιακά φυτά.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι οι θάμνοι *Z. lotus* μπορούν να δρουν ανακουφιστικά στην επίδραση του υδατικού στρες στην παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων και φαίνεται να μπορούν να δράσουν περιοριστικά στις επιπτώσεις της ξηρασίας που έπεται ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής στα ξηρά και ημί-άνυδρα Μεσογειακά οικοσυστήματα.



Εικόνα 5.3 Στη φωτογραφία μπορούμε να διακρίνουμε μια πράσινη ζώνη από εποχιακά και βολβώδη φυτά γύρω από το άτομο *Z. lotus* ενώ η γύρω περιοχή παραμένει ακόμα γυμνή από εποχιακά φυτά. Το βέλος δείχνει την πράσινη ζώνη. (Φωτογραφία Κωνσταντίνου Ε., Νοέμβριος 2015)

5.2 Περιορισμοί της μελέτης

- Η μέτρηση της μεταβολής του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* δίνει ένα μέρος της εικόνας σχετικά με την ικανότητα του *Z. lotus* να εμφανίζει το φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης. Μια πιο ολοκληρωμένη Εικόνα θα απαιτούσε και τη χρήση ευαίσθητων ψυχρόμετρων (psychrometers), με ικανότητα αυτόματης καταγραφής, μόνιμα εγκατεστημένων στο έδαφος γύρω από τα *Z. lotus* (Richards & Caldwell 1987).
- Η πρόελευση του νερού που δημιουργεί τη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* θα μπορούσε να συσχετιστεί με βεβαιότητα με το φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης αν είχαμε πρόσβαση σε μεθόδους μέτρησης της συγκέντρωσης ραδιοϊσοτόπων (δD και $\delta^{13}C$) στους ιστούς του φυτού δείκτη (Filella & Peñuelas 2004).
- Το υδρολογικό έτος 2016 ήταν ένα πολύ ξηρό έτος με παρατεταμένα υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα το *Z. lotus* να μην αδρανοποιηθεί ακόμα κατά το μήνα

Φεβρουάριο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αδυναμία μας να διεξάγουμε μετρήσεις σε κατάσταση υγρού οικοτόπου και αδράνειας των *Z. lotus*.

- Ο αριθμός των ατόμων *Z. lotus* στα οποία έγιναν μετρήσεις ήταν περιορισμένος λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων περιμετρικά της περιοχής μελέτης οι οποίες θα επενέβαιναν στα αποτελέσματα (χάρτης 3.4).

5.3 Συμπεράσματα

- Το *Z. lotus* επηρεάζει θετικά τη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* σε συνάρτηση με την απόσταση τους από αυτό. Καταγράφηκε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη μεταβολή του υδατικού περιεχομένου σε συνάρτηση με την απόσταση, σε όλες τις περιόδους δειγματοληψίας (Διάγραμμα 4.18). Από τα αποτελέσματα αυτά εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα άτομα *Z. lotus* δημιουργούν μία ζώνη επιρροής γύρω από αυτά που φτάνει μέχρι τουλάχιστο τα 5 m, στην οποία έχουν την ικανότητα να ενισχύουν την εδαφική υγρασία. Η επίδραση αυτή οφείλεται στο φαινόμενο της υδραυλικής ανύψωσης την οποία εκτελούν.
- Η διευκόλυνση φαίνεται να σχετίζεται με τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών από τα άτομα του *Z. lotus*, καθώς η παρουσία τους αυξάνει την παραγωγικότητα μέσα και γύρω από αυτά σε μια ζώνη επιρροής της τάξης των 5 m (Διάγραμμα 4.30). Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής ενισχύουν τις διαπιστώσεις ερευνητών όπως ο Tirado (Tirado et al. 2005), ο οποίος αναφέρει ότι η παρουσία του *Z. lotus* προωθεί τη συσσώρευση άμμου, φυτικής ύλης και αιωρούμενων σωματιδίων ενώ ταυτόχρονα μειώνει τη θερμοκρασία προσφέροντας σκίαση στα γειτονικά φυτά. Το *Z. lotus*, για τους λόγους αυτούς, χαρακτηρίζεται από τον ίδιο ως «μηχανικός του οικοσυστήματος» αφού δρα τροποποιητικά στο περιβάλλον γύρω του και επιδρά θετικά στη δυναμική του όλου οικοσυστήματος (Jones et al. 1994, 1997).
- Η θετική μεταβολή του υδατικού περιεχομένου των ατόμων *T. capitata* καθώς και η αύξηση της παραγωγικότητας μέσα και γύρω από αυτά επαναλαμβάνονται για κάθε επιμέρους άτομο *Z. lotus*, σε όποια έκθεση και αν βρισκόταν (Πίνακες 4.3 μέχρι και 4.7). Οι υψηλότερες στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις που αφορούσαν την αύξηση της παραγωγικότητας, καταγράφηκαν σε φυτά με βόρεια έκθεση (Πίνακας 4.9), γεγονός που ήταν αναμενόμενο λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης εδαφικής υγρασίας σε συνάρτηση με τη μικρότερη εξάτμιση που

χαρακτηρίζει την οικολογία της έκθεσης αυτής. Οι τιμές παραμένουν ισχυρά στατιστικά σημαντικές και για τα φυτά με νότια έκθεση (Πίνακας 4.10) αλλά και σε όσα φύτευαν στην κορυφογραμμή του οικοτόπου (Πίνακας 4.10). Με τα αποτελέσματα αυτά αποκλείεται η όποια επίδραση της τοπογραφίας στην εμφάνιση ή όχι του φαινομένου.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι οι θάμνοι *Z. lotus*, μέσω των φαινομένων της υδραυλικής ανύψωσης και της διευκόλυνσης που εμφανίζουν, μπορούν να δράσουν ανακουφιστικά στην επίδραση του υδατικού στρες στην παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων και φαίνεται να μπορούν να δράσουν περιοριστικά στις επιπτώσεις της ξηρασίας που έπεται ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής στα ξηρά και ημί-άνυδρα Μεσογειακά οικοσυστήματα.

5.4 Εισηγήσεις

Η παρούσα διατριβή αλλά και αντίστοιχες μελέτες που υπάρχουν στην βιβλιογραφία συνδέουν την παρουσία των φρεατοφύτων με την αυξημένη πιθανότητα επιβίωσης των γειτονικών τους φυτών σε διάφορα οικοσυστήματα. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε δυνητικά να δράσει υποβοηθητικά σε προσπάθειες αποκατάστασης οικοσυστημάτων αλλά και στις δράσεις που γίνονται για τον περιορισμό των επιπτώσεων της ξηρασίας σε αυτά, που έπεται ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής στα ξηρά και ημί-άνυδρα Μεσογειακά οικοσυστήματα. Οι οικολόγοι που ασχολούνται με δράσεις αποκατάστασης αλλά και οι διαχειριστές των οικοσυστημάτων θα πρέπει να συμπεριλάβουν την διευκόλυνση, ως ένα σημαντικό για αυτούς εργαλείο, καθώς τα είδη που παρουσιάζουν αυτό το φαινόμενο μπορούν να διαδραματίσουν ρόλο κλειδί στην επιτυχία των προσπαθειών τους (Padilla & Pugnaire 2006). Ταυτόχρονα τα είδη αυτά είναι απαραίτητα στην επαναφορά των χαρακτηριστικών και των λειτουργιών των γηγενών οικοσυστημάτων (Bruno et al. 2003), αλλά και για το λόγο ότι το φαινόμενο της διευκόλυνσης καθορίζει τη διαδοχή σε πολλά οικοσυστήματα, ειδικότερα σε αυτά με τη μεγαλύτερη οικολογική επιβάρυνση (Walker & del Moral 2003).

Η διεξαγωγή περαιτέρω μελετών με τη χρήση διαφορετικών φυτών, που να συγκεντρώνουν χαρακτηριστικά διευκόλυνσης, κρίνεται ως απαραίτητη σε διάφορους τύπους οικοσυστημάτων. Η επιλογή του κατάλληλου φυτού αποτελεί μια σημαντική απόφαση, καθώς αυτή θα προσδιορίσει και το βαθμό της επιτυχίας του εγχειρήματος

(Gómez – Aparicio et al. 2004; Sánchez – Velásquez et al. 2004). Στα οικοσυστήματα που δέχονται τις μεγαλύτερες πιέσεις, ως καλύτερη επιλογή κρίνεται η χρήση ιθαγενών ειδών, όπως το *Z. lotus* για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα, τα οποία μπορούν κάτω από τις ιδιαίζουσες καταστάσεις της κάθε περιοχής να βελτιώσουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες για την επιβίωση των φυτών (Padilla & Pugnaire 2006). Μετά τον προσδιορισμό των υποψήφιων ιθαγενών ειδών, απαραίτητος είναι και ο προσδιορισμός των ζωνών επιρροής του κάθε είδους καθώς και η επίδραση τους στα διάφορα είδη γειτονικών φυτών κάτω από διαφορετικές συνθήκες ζωτικών πόρων. Η μορφή της κόμης του φυτού, η ικανότητα σκίασης, η απόσταση φύτευσης είναι παράγοντες που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Το *Z. lotus* αποτελεί παράδειγμα φρεατόφυτου που συγκεντρώνει τα χαρακτηριστικά αυτά, διαθέτοντας μια ζώνη επιρροής της τάξης των 5 m.

Το *Z. lotus* απαντάται ακόμα και σήμερα, παρά το μεγάλο περιορισμό των οικοτόπων του λόγω της χρήσης βαρέων γεωργικών μηχανημάτων, αλλά σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό κατά το παρελθόν στις παρυφές των καλλιεργούμενων εκτάσεων ως μια μορφή φυσικού φράκτη που χώριζε τα κτήματα. Η παρουσία του φυτού, αν και δεν ήταν αυτός ο σκοπός της διατήρησης του από του γεωργούς, φαίνεται να ενίσχυε την παραγωγικότητα του κτήματος μέσω της συγκράτησης του εδάφους, του εμπλουτισμού του με θρεπτικές ουσίες από αιωρούμενα σωματίδια αλλά κυρίως με την αύξηση της επιφανειακής υδατικής διαθεσιμότητας μέσω της υδραυλικής ανύψωσης που εκτελούν οι ρίζες του. Ο βαθμός και το μέγεθος της δράσης αυτής του *Z. lotus* στις χρόνιες αλλά και στις εποχιακές καλλιέργειες δεν είναι γνωστός, αλλά αφού τα φαινόμενα της υδραυλικής ανύψωσης και της διευκόλυνσης είναι παρόντα θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογές πέρα των προσπαθειών αποκατάστασης και στην γεωργία (Caldwell, Dawson & Richards 1998).

Βιβλιογραφία

- Armas, C, Pugnaire, FI 2005, 'Plant interactions govern population dynamics in a semi-arid plant community', *Journal of Ecology*, vol. 93, pp. 978-989.
- Armas, C, Pugnaire, FI & Sala, OE 2008, 'Patch structure dynamics and mechanisms of cyclical succession in a Patagonian steppe (Argentina)', *Journal of Arid Environments* vol. 72, pp. 1552-1561.
- Arndt, SK, Clifford, SC, Wanek, W, Jones, HG & Popp, M 2001, 'Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress', *Tree Physiol.*, vol. 21, pp. 705-715.
- Baker, JM & Bavel, CHM van 1988 'Water transfer through cotton plants connecting soil regions of differing water potential', *Agron J* vol. 80, pp. 993-997.
- Barberán, FAT, Hernández, L & Tomás, F 1986, 'A chemotaxonomic study of flavonoids in *Thymbra capitata*', *Phytochemistry* vol. 25, no. 2, pp. 561-562.
- Barberán, FAT, Husain, S & Gil, MI 1988, 'The Distribution of Methylated Flavones in the Lamiaceae', *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 16, no. 1, pp. 43-46.
- Bauer, E 1991, *Los montes de España en la historia*. 2nd edition. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, Spain.
- Bertness, MD & Leonard, GH 1997, 'The role of positive interactions in communities: lessons from intertidal habitats', *Ecology* vol. 78, pp. 1976-1989.
- Bertness, MD & Callaway, R 1994, 'Positive interactions in communities' *Trends Ecol. Evol.*, vol. 9, pp. 191-193.
- Blondel, J & Aronson, J 1999, *Biology and wildlife of the Mediterranean region*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Boucher, DH 1985, 'The idea of mutualism, past and future', In: *The Biology of Mutualism: Ecology and Evolution* Boucher, DH, (ed.), pp. 1-27, Oxford University Press.
- Boyer, JS 1982, 'Plant productivity and environment', *Science* vol. 218, pp. 443-448.
- Bradshaw, AD, & Chadwick, MJ 1980, *The restoration of land. The ecology and reclamation of derelict and degraded land*. Los Angeles, CA: Blackwell.
- Breazeale, JF 1930, 'Maintenance of moisture-equilibrium and nutrition of plants at and below the wilting percentage', *Ariz Agric Exp Stn Tech Bull* vol. 29, pp. 137-177.
- Brooker, RW, Maestre, FT, Callaway, RM, Lortie, CL, Cavieres, LA & Kunstler, G 2008, 'Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future', *Journal of Ecology*, vol. 96, pp. 18-34.

- Bruno, J & Bertness, MD 2001, 'Positive Interactions, Facilitations and Foundation Species', In: *Marine Community Ecology*.
- Bruno, JF, Stachowicz, JJ & Bertness, MD 2003, 'Inclusion of facilitation into ecological theory', *Trends Ecol. Evol.*, vol. 18, pp. 119-125.
- Cainadas, E, Margaritis, N & Theodorakis, M 1999, *Flowers of Athens. A field guide*. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.
- Caldwell, MM, Dawson, TE & Richards, JH 1998, 'Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants', *Oecologia*, vol. 113, pp. 151-161.
- Caldwell, MM & Richards, JH 1989, 'Hydraulic lift: water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots', *Oecologia*, vol. 79, pp. 1-5.
- Callaway, RM 1995, 'Positive interactions among plants', *Botanical Review*, vol. 61, pp. 306-349.
- Callaway, RM 1997, 'Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept', *Oecologia*, vol. 112, pp. 143-149.
- Callaway, RM 2007, *Positive Interactions and Interdependence in Plant Communities*, Springer, The Netherlands.
- Callaway, RM, Brooker, RW, Choler, P, Kikvidze, Z, Lortie, CJ, Michalet, R, Paolini, L, Pugnaire, FI, Newingham, B, Aschehoug, ET, Armas, C, Kikodze, D & Cook, BJ 2002, 'Positive interactions among alpine plants increase with stress', *Nature*, vol. 417, pp. 844-848.
- Carlsson, BA & Callaghan, TV 1991, 'Positive plant interactions in tundra vegetation and the importance of shelter', *J Ecol*, vol. 79, pp. 973-983.
- Castro, J, Zamora, R, Hódar, JA & Gómez, JM 2002, 'The use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in Mediterranean mountains', *Restoration Ecology*, vol. 10, pp. 297-305.
- Castro, J, Zamora, R, Hódar, JA & Gómez, JM 2004, 'Seedling establishment of a boreal tree species (*Pinus sylvestris*) at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal Mediterranean habitat', *Journal of Ecology*, vol. 92, pp. 266-277.
- Castro, J, Zamora, R, Hódar, JA & Gómez-Aparicio, L 2004, 'Benefits of Using Shrubs as Nurse Plants for Reforestation in Mediterranean Mountains: A 4-Year Study', *Restoration Ecology*, vol. 12, no. 3, pp. 352-358.
- Chu, C, Weiner, J, Maestre, FT, Wang, Y, Morris, C & Xiao, S 2010, 'Effects of positive interactions, size symmetry of competition and abiotic stress on self-thinning in simulated plant populations', *Annals of Botany*, vol. 106, no. 4, pp. 647-652.

- Clifford, SC, Arndt, SK, Corlett, JE, Joshi, S, Sankhla, N, Popp, M & Jones, HG 1998, 'The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk)', *J Expt Bot*, vol. 49, pp. 967–977.
- Clifford, SC, Arndt, SK, Popp, M & Jones, HG 2002, 'Mucilages and polysaccharides in *Ziziphus* species (Rhamnaceae): localization, composition and physiological roles during drought-stress', *J Expt Bot*, vol. 53, pp. 131–138.
- Corak, SJ, Blevins, DG & Pallardy, SG 1987, 'Water transfer in an alfalfa/maize association: survival of maize during drought', *Plant Physiology*, vol. 84, pp. 582-586.
- Dawson, TE 1993, 'Hydraulic lift and water use by plants: implications for water balance, performance and plant-plant interactions', *Oecologia*, vol. 95, pp. 554-565.
- Dawson, TE & Pate, JS 1996, 'Seasonal water uptake and movement in root systems of Australian phreatophytic plants of dimorphic root morphology: a stable isotope investigation', *Oecologia*, vol. 107, pp. 13-20.
- Di Castri, F, Goodall, DW & Specht, RL 1981, *Mediterranean-type shrub lands*, Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Domingo, F, Villagarcía, L, Brenner, AJ & Puigdefábregas, J 1999, 'Evapotranspiration model for semi-arid shrub-lands tested against data from SE Spain', *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 95, pp. 67-84.
- Dregne, H, et al, 1991, 'A New Assessment of the World Status of Desertification', *Desertification Control Bulletin*, no. 20.
- Drew, MC 1979, 'Root development and activities', In: Goodall, DW & Perry, RA (Eds), *Arid-Land Ecosystems: Structure, Functioning and Management*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 573–606.
- Eccles, NS, Esler, KJ & Cowling, RM 1999, 'Spatial pattern analysis in Namaqualand desert plant communities: evidence for general positive interactions', *Plant Ecology*, vol. 142, pp. 71-85.
- Eccles, NS, Lamont, B & Esler, K 2001, 'Relative importance of clumped vs experimentally isolated plants in a South African winter-rainfall desert community', *Plant Ecol*, vol. 155, pp. 219-227.
- Emberger, L 1960, 'Traité de botanique', *Les végétaux vasculaires*, Paris.
- Eswaran, H, Lal, R & Reich, PF 2001, *Land degradation An overview conference on land degradation and desertification*, Khon kaen, Thailand, Oxford Press, New Dehli, India.
- Evenari, M, Shanan, L & Tadmor, N 1982, *The Negev: the Challenge of a Desert* 2nd edn, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Fabiao, A, Persson, HA & Steen, E 1985, 'Growth dynamics of superficial roots in Portuguese plantations of *Eucalyptus globulus* Labill studied with a mesh bag technique', *Plant Soil*, vol. 83, pp. 233-242.

- FAO, 2011, 'State of Mediterranean Forests (SoFMF), concept paper', *Arid Zone Forests and Forestry Working Paper*, no. 2, Rome.
- Filella, I & Peñuelas, J 2004, 'Indications of Hydraulic lift by *Pinus halepensis* and its effects on the water relations of neighbor shrubs', *Biologia Plantarum*, vol. 47, no. 2, pp. 209-214.
- Flores, J & Jurado, E 2003, 'Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments?', *Journal of Vegetation Science*, vol. 14, pp. 911-916.
- García, D, Zamora, R, Hódar, J A, Gómez, J M & Castro, J 2000, 'Yew (*Taxus baccata* L) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments', *Biological Conservation*, vol. 95, pp. 31-38.
- García-Salmerón, J 1995, *Manual de repoblaciones forestales Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes*, Madrid, Spain.
- Gasque, M & Garcia-Fayos, P 2004, 'Interaction between *Stipa tenacissima* and *Pinus halepensis*: consequences for reforestation and the dynamics of grass steppes in semi-arid Mediterranean areas', *Forest Ecology and Management*, vol. 189, pp. 251-261.
- Gleason, HA 1926, 'The individualistic concept of the plant association', *Bulletin of the Torrey Botanical Club*.
- Glenn, DM & Welker, WV 1993, 'Water transfer diminishes root competition between peach and tall fescue', *J Am Soc Hort Sci*, vol. 118, pp. 570-574.
- Gómez, JM, García, D & Zamora, R 2003, 'Impact of vertebrate acorn and seedling-predators on a Mediterranean *Quercus pyrenaica* forest', *Forest Ecology and Management*, vol. 180, pp. 125-134.
- Gómez, JM, Hódar, JA, Zamora, R, Castro, J & García, D 2001a, 'Ungulate damage on Scots pines in Mediterranean environments: effects of association with shrubs', *Canadian Journal of Botany*, vol. 79, pp. 739-746.
- Gómez, L, Zamora, R, Hódar, J A, Gómez, J M & Castro, J 2001b, 'Facilitation of tree seedlings by shrubs in Sierra Nevada (SE Spain): disentangling the mechanisms', pp. 395-400 in K Radoglou, editor *Forest research: a challenge for an integrated European approach*, vol. 1, NAGREF, Forest Research Institute, Thessaloniki, Greece.
- Gómez-Aparicio, L, Zamora, R, Gómez, JM, Hódar, JA, Castro, J & Baraza, E 2004, 'Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants', *Ecolog Applicat*, vol. 14, pp. 1128-1138.
- Gorai, M, Maraghni, M & Neffati, M 2010, 'The relationship between phenological traits and water potential patterns of the wild jujube *Ziziphus lotus* in southern Tunisia', *Plant Ecol Divers*, vol. 3, pp. 273-280.
- Hansen, EA & Dickson, RE 1979, 'Water and mineral nutrient transfer between root systems of juvenile', *Populus Science*, vol. 25, pp. 247-252.

- Hódar, J A, Castro J & Zamora, R 2003, 'Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming', *Biological Conservation*, vol. 110, pp. 123-129.
- Horton, JL & Hart, SC 1998, 'Hydraulic lift: a potentially important ecosystem process', *Trends Ecol Evol*, vol. 13, pp. 232-235.
- Hunter, AF & Aarssen, LW 1988, 'Plants helping plants', *Bioscience*, vol. 38, pp. 34-40.
- Jones, CG 1997, 'Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers', *Ecology*, vol. 78, pp. 1946-1957.
- Jones, CG, Lawton, JH & Shachak, M 1994, 'Organisms as ecosystem engineers', *Oikos*, vol. 69, pp. 373-386.
- Kikvidze, Z & Nakhutsrishvili, G 1998, 'Facilitation in subnival vegetation patches', *Journal of Vegetation Science*, vol. 9, pp. 261-264.
- Kikvidze, Z, Pugnaire, FI, Brooker, RW, Choler, P, Lortie, CJ, Michalet, R & Callaway, RM 2005, 'Linking patterns and processes in alpine plant communities: a global study', *Ecology*, vol. 86, pp. 1395-1400.
- Kokkini, S & Vokou, D 1989, 'Carvacrol-rich Plants in Greece', *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 4, pp. 1-7.
- Lamb, L 2001, 'Reforestation', pp. 97-108, in: Levin SA, editor, *Encyclopedia of biodiversity*, vol. 1, Academic Press, San Diego, California.
- Le Houérou, HN 1972, 'Africa: the mediterranean region', pp. 26-36, in: McKell, CM, Blaisdell, JP & Goodin, JR (eds), *Wildland shrubs their siology and utilization*, USDA Forest Service, Ogden.
- Lin, Y, Berger, U, Grimm, V & Ji, Q 2012, 'Differences between symmetric and asymmetric facilitation matter: Exploring the interplay between modes of positive and negative plant interactions', *Journal of Ecology*, vol. 100, no. 6, pp. 1482-1491.
- Maestre, F, Bautista, S, Cortina, J & Bellot, J 2001, 'Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe', *Ecological Applications*, vol. 11, pp. 1641-1655.
- Maestre, FT, Bautista, S & Cortina, J 2003a, 'Positive, negative, and net effects in grass-shrub interactions in mediterranean semiarid grasslands', *Ecology*, vol. 84, pp. 3186-3197.
- Magistad, OC & Breazeale, JF 1929, 'Plant and soil relations at and below the wilting percentage', *Ariz Agric Exp Stn Tech Bull*, vol. 25.
- Manolaki P & Vogiatzakis IN 2014, *Feasibility study for the re-creation of the habitat type *5220: Arborescent matorral with Ziziphus, at Rizoelia National Forest Park, OUC, Lefkosia.*

- Maraghni, M, Gorai, M & Neffati, M 2010, 'Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*', *S Afr J*, vol. 76, pp. 453–459.
- Martinez-Meza, E & Whitford, WG 1996, 'Stemflow, throughfall and channelization of stemflow by roots in three Chihuahuan Desert shrubs', *Journal of Arid Environments*, vol. 32, pp. 271-287.
- Matzner, SL & Richards, JH 1996, 'Sagebrush (*Artemisia tridentata* Nutt) roots maintain nutrient uptake capacity under water stress', *J Exp*, vol. 47, pp. 1045-1056.
- Mesón, M & Montoya, M 1993, *Selvicultura mediterránea*, Mundi Prensa, Madrid, Spain.
- Mitrakos, KA 1980, 'A theory for Mediterranean plant life', *Acta oecol*, vol. 1, pp. 245-252.
- Mooney, HA 1982, 'Habitat, plant form, and plant water relations in Mediterranean-climate regions', *Ecol medit*, vol. 8, pp. 481-488.
- Moro, MJ, Pugnaire, FI, Haase, P & Puigdefábregas, J 1997a, 'Effect of the canopy of *Retama sphaerocarpa* on its understorey in a semiarid environment', *Functional Ecology*, vol. 11, pp. 425–431.
- Moro, MJ, Pugnaire, FI, Haase, P & Puigdefábregas, J 1997b, 'Mechanisms of interactions between a leguminous shrub and its understorey in a semi-arid environment', *Ecography*, vol. 20, pp. 175–184.
- Munné-Bosch, S, Falara, V, Pateraki, I, López-Carbonell, M, Cela, J & Kanellis AK 2009, 'Physiological and molecular responses of the isoprenoid biosynthetic pathway in a drought-resistant Mediterranean shrub, *Cistus creticus* exposed to water deficit', *J Plant Physiol*, vol. 166, pp. 136–145.
- Nambiar, EKS 1976, 'Uptake of Zn⁶⁵ from dry soil by plants', *Plant Soil*, vol. 44, pp. 267-271.
- Niering, WA, Whittaker, RH & Lowe, CH 1963, 'The saguaro: a population in relation to environment', *Science*, vol. 142, pp. 15-23.
- Padilla, FM & Pugnaire, FI 2006, 'The role of nurse plants in the restoration of degraded environments', *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 4, pp. 196–202.
- Padilla, FM & Pugnaire, FI 2009, 'Species identity and water availability determine establishment success under the canopy of *Retama sphaerocarpa* shrubs in a dry environment', *Restoration Ecology*, vol. 17, pp. 900-907.
- Papageorgiou, VP & Argyriadou, N 1981, 'Trace constituents in the essential oil of *Thymus capitatus*', *Phytochemistry*, vol. 20, pp. 9, pp. 2295-2297.
- Peñuelas, J 2001, 'Atmospheric and climatic changes, and their effects on functioning and structure of the Mediterranean ecosystems', in Pugnaire, F & Zamora, R, editor, *Mediterranean Ecosystems Functional Analyses*, pp. 423-455, CSIC, AEET Press, Granada.

- Pugnaire, FI, Haase, P & Puigdefábregas, J 1996, 'Facilitation between higher plant species in a semiarid environment', *Ecology*, vol. 77, pp. 1420-1426.
- Pugnaire, FI, Armas, C & Maestre, FT 2011, 'Positive plant interactions in the Iberian Southeast: Mechanisms, environmental gradients, and ecosystem function', *Journal of Arid Environments*, vol. 75, pp. 1310-1320.
- Pugnaire, FI, Armas, C & Valladares, F 2004, 'Soil as a mediator in plant-plant interactions in a semi-arid community', *Journal of Vegetation Science*, vol. 15, pp. 85-92.
- Pugnaire, FI, Haase, P & Puigdefabregas, J 1996a, 'Facilitation between higher plant species in a semiarid environment', *Ecology*, vol. 77, pp. 1420-1426.
- Puigdefábregas, J, Solé, A, Gutiérrez, L, del Barrio, G & Boer, M 1999, 'Scales and processes of water and sediment redistribution in drylands: results from the Rambla Honda field site in Southeast Spain', *Earth-Science Reviews*, vol. 48, pp. 39-70.
- Rey-Benayas, J M 1998, 'Growth and survival in *Quercus ilex* L seedlings after irrigation and artificial shading on Mediterranean set-aside agricultural land', *Annales Sciences Forestières*, vol. 55, pp. 801-807.
- Reynolds, JF, Virginia, RA, Kemp, PR & Tremmel, DC 1999, 'Impact of drought on desert shrubs: effects of seasonality and degree of resource island development', *Ecological Monographs*, vol. 69, pp. 69-106.
- Richards, JH & Caldwell, MM 1987, 'Hydraulic lift: substantial nocturnal water transport between layers by *Artemisia tridentata* roots', *Oecologia*, vol. 73, pp. 486-489.
- Rousset, O & Lepart, J 1999, 'Shrub facilitation of *Quercus humilis* regeneration in succession on calcareous grasslands', *Journal of Vegetation Science*, vol. 10, pp. 493-502.
- Sánchez-Velásquez, LR, Quintero-Gradilla, S, Aragón-Cruz, F & Pineda-López, MaR 2004, 'Nurses for *Brosimum alicastrum* reintroduction in secondary tropical dry forest', *Forest Ecol Manag*, vol. 198, pp. 401-04.
- Savill, P, Evans, J, Auclair, D & Falck, J 1997, *Plantation silviculture in Europe*, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Scarascia-Mugnozza, G, Oswald, H, Piussi, P & Radoglou, K 2000, 'Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs', *Forest Ecology and Management*, vol. 132, pp. 97-109.
- Schenk, HJ & Jackson, RB 2002, 'The global biogeography of roots', *Ecological Monographs*, vol. 72, pp. 311-328.
- Schönenberger, W 2001, 'Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures - a review', *Forest Ecology and Management*, vol. 145, pp. 121-128.
- Schulze, ED, Robichaux, RH, Grace, J, Rundel, PW & Ehleringer, J R 1987, 'Plant Water Balance, Plant Water Balance', *BioScience*, vol. 37, no. 1, pp. 30-37, Published by American Institute of Biological Sciences, Oxford University Press.

Schulze, ED 1986, 'Carbon dioxide and water vapour exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil', *Annual Review of Plant Physiology*, vol. 37, pp. 247–274.

Serrada, R 1995, *Manual de repoblaciones forestales*, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal, Madrid, Spain.

Stachowicz, JJ 2001, 'Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities', *Bioscience*, vol. 51, pp. 235–246.

Sternberg, M, Danin, A & Noy-Meir, I 200, 'Effects of clearing and herbicide treatments on coniferous seedling establishment and growth in newly planted Mediterranean forests', *Forest Ecology and Management*, vol. 148, pp. 179-184.

Stolte, J, Panagos, P, Hessel, R, Tesfai, M, Ballabio, C & Verheijen, F 2015, *Soil threats in Europe: status, methods, drivers and effects on ecosystem services. A review report*, deliverable 21 of the RECARE project Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Terradas, J 2001, *Vegetation Ecology From Plant Ecophysiology to Community and Landscape Dynamics*, Omega, Barcelona.

Tirado, R 2009, '5220 Matorrales arborescentes con *Ziziphus*', in: *VVAA Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino Madrid.

Tirado, R & Pugnaire, FI 2003, 'Shrub spatial aggregation and consequences for reproductive success', *Oecologia*, vol. 136, pp. 296–301.

Tirado, R & Pugnaire, FI 2005, 'Community structure and positive interactions in constraining environments', *Oikos*, vol. 111, pp. 437-444.

Tsintides, T, Christodoulou, CS, Delipetrou, P & Georghiou, K 2007, *The Red Data Book of the Flora of Cyprus*, Cyprus Forestry Association, Lefkosia.

Valiente-Banuet, A & Ezcurra, E 1991, 'Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetezo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley Mexico', *Journal of Ecology*, vol. 79, pp. 961–971.

Van Hees, AFM 1997, 'Growth and morphology of *Quercus robur* L and *Fagus sylvatica* L seedlings in relation to shading and drought', *Ann Sci For*, vol. 54, pp. 9–18.

Von Willert, DJ, Eller, BM, Werger, MJA & Brinckmann, E 1990, 'Desert succulents and their life strategies', *Vegetation*, vol. 90, pp. 133–143.

Walker, LR & del Moral, R, 2003, *Primary succession and ecosystem rehabilitation* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Watt, AD 1992, 'Insect pest population dynamics: effects of tree species diversity', pp. 267-276, in Cannell, MGR, Malcolm, DC & Robertson, PA, editors, *The ecology of mixed-species stands of trees*, Special publication series, no. 11, Blackwell, Oxford, United Kingdom.

Whitford, WG, Anderson, & Rice, PM 1997, 'Stemflow contribution to the 'fertile island' effect in creosote bush *Larrea tridentata*', *Journal of Arid Environments*, vol. 35, pp. 451-457.

Williams, K, Caldwell, MM & Richards, JH 1993, 'The influence of shade and clouds on soil water potential: the buffered behavior of hydraulic lift', *Plant Soil*, vol. 157, pp. 83-95.

Στα Ελληνικά

Βάθης, Ε 2002, *Τα φυτά του πάρκου της αρχαίας αγοράς*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Ζερλέντης, Κ 1981, *Συστηματική Βοτανική Μέρος 2^ο (Αγγειόσπερμα)*, Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών-Εργαστήριο Συστηματικής Βοτανικής, Αθήνα.

Μελετητικό Γραφείο IACO Environmental and Water Consultants Ltd 2008, *Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Καταπολέμηση της Απερήμωσης*, Λευκωσία.

Διαδικτυακές πηγές

Τμήμα Μετεωρολογίας 1995, *Το κλίμα της Κύπρου* Λευκωσία [online] available from: <http://www.mo.gov.cy/moa/ms/msnsf/DMLclimatological_gr/DMLclimatological_gr?OpenDocument> [accessed 05/03/2016]