

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

Π.Μ.Σ. «ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΙΟΥ»

*«Επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε αυτοφυή και ξενικά είδη τα οποία αναπτύσσονται σε συνθήκες εκτατικών φυτοδωμάτων.»*



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΗΡΩ

ΑΘΗΝΑ 2015

## ΠΗΓΗ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος: Ερευνητική και τεχνολογική συνεργασία για την επιλογή και σύσταση υποστρωμάτων και φυτικών συνθέσεων για φυτοδώματα - Urban BioRoof (Cooperation for R&D on screening and formulation of substrates and plants for green roofs - Urban BioRoof), το οποίο χρηματοδοτείται από τη Γενική Γραμματεία έρευνας και Τεχνολογίας (Γ.Γ.Ε.Τ.).

Το Πρόγραμμα Urban BioRoof συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

The Project Urban BioRoof is co-funded by Greece and European Union.



(Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ II), ΠΕΠ Μακεδονίας - Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας - Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής)

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ  
Π.Μ.Σ. «ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΙΟΥ»

*«Επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε αυτοφυή και ξενικά είδη τα οποία αναπτύσσονται σε συνθήκες εκτατικών φυτοδωμάτων.»*

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΗΡΩ

### **ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Επιβλέπων: Νεκτάριος Παναγιώτης (Αναπληρωτής Καθηγητής)

Μέλος: Παπαφωτίου Μαρία (Καθηγήτρια)

Μέλος: Κάργας Γεώργιος (Επίκουρος Καθηγητής)

ΑΘΗΝΑ 2015

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Νεκτάριο Παναγιώτη, για την πολύτιμη και συνεχή καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης και κατά την συγγραφή της παρούσας μελέτης.

Επίσης, ευχαριστώ πολύ τον Δρ. Ντούλα Νίκο για την σημαντικότερη συνεισφορά του σε πολλούς τομείς της μελέτης αυτής και την υποψήφια Διδάκτορα Βαρελά Δήμητρα για την παραχώρηση του φυτικού υλικού και την σημαντική βοήθεια της στη διεξαγωγή της έρευνας.

Ακόμα, ευχαριστώ θερμά όλους όσους βοήθησαν, προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, στο στήσιμο των πειραμάτων αυτών, τους φίλους μου και την οικογένειά μου για την στήριξη που μου προσέφεραν όλο αυτό το διάστημα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Α.....	12
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β.....	13
ABSTRACT OF SUBSTUDY A.....	14
ABSTRACT OF SUBSTUDY B.....	15
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
1.1. Αστικοποίηση και υποβάθμιση αστικού περιβάλλοντος.....	16
1.2. Φυτοδώματα: Λύση για την αύξηση του αστικού πρασίνου.....	17
1.3. Τύποι φυτοδώματος.....	20
1.3.1. Εντατικός τύπος.....	20
1.3.2. Ημιεντατικός ή ημικτατικός τύπος.....	21
1.3.3. Εκτατικός τύπος φυτοδώματος.....	21
1.3.4. Προσαρμόσιμος τύπος φυτοδώματος.....	22
1.4. Προβλήματα στατικότητας λόγω βάρους.....	22
1.5. Εκτατικά φυτοδώματα: η καταλληλότερη λύση.....	22
1.6. Βάρος φυτοδώματος .....	25
1.7. Φυτικό υλικό κατάλληλο για χρήση σε εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα.....	26
1.7.1. CAM-φυτά.....	26
1.7.2. Χρήση των φυτών <i>Sedum</i> στα εκτατικά φυτοδώματα.....	27
1.7.3. Χρήση αυτοφυών αρωματικών φυτών στα εκτατικά φυτοδώματα.....	29
1.8. Αντοχή των αρωματικών φυτών σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης.....	29
1.9. Σκοπός της μελέτης.....	33
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	34
2.1. Υπομελέτη Α.....	34

2.1.1. Εγκατάσταση πειράματος με ξενικά είδη Sedum.....	34
2.1.2.Διαστρώσεις πειραματικών τεμαχίων.....	34
2.1.3.Υπόστρωμα ανάπτυξης.....	35
2.1.4.Φυτικό υλικό.....	35
2.1.5.Εγκατάσταση φυτικού υλικού.....	38
2.1.6.Άρδευση.....	38
2.1.7.Πειραματικό σχέδιο και επεμβάσεις.....	39
2.1.8.Μετρήσεις.....	39
1. Υγρασία Υποστρωμάτων.....	40
2. Καταμέτρηση των φυτικών ειδών που εκπύχθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	40
2.2. Υπομέλετη Β.....	41
2.2.1. Εγκατάσταση πειράματος με αρωματικά-φαρμακευτικά φυτά.....	41
2.2.2.Διαστρώσεις πειραματικών τεμαχίων.....	41
2.2.3.Υπόστρωμα ανάπτυξης.....	41
2.2.4.Φυτικό υλικό.....	42
2.2.5.Εγκατάσταση φυτικού υλικού.....	42
2.2.6.Άρδευση.....	43
2.2.7.Πειραματικό σχέδιο και επεμβάσεις.....	44
2.2.8.Μετρήσεις.....	44

1. Υγρασία Υποστρωμάτων.....	44
2. SPAD.....	45
3. Αντίσταση Στοματίων.....	45
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	46
3.1.Αποτελέσματα Υπομελέτης Α που αφορά τα ξενικά είδη <i>Sedum</i> .....	46
3.1.1.Προσδιορισμός των φυτικών ειδών.....	46
3.1.2. Υγρασία υποστρώματος .....	51
3.1.2.1. Υγρασία υποστρώματος κατά το πρώτο έτος της μελέτης (2013) των φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με τον παράγοντα άρδευση.....	51
3.1.2.2. Υγρασία υποστρώματος κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014) των φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με τον παράγοντα άρδευση.....	52
3.1.2.3. Υγρασία υποστρώματος κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2013) των φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με τον παράγοντα του φυτικού μείγματος.....	53
3.1.2.4. Υγρασία υποστρώματος κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014) των φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με τον παράγοντα είδος φυτικού μείγματος.....	54
3.1.2.5. Υγρασία υποστρώματος κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2013) των φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με τον παράγοντα του βάθους του υποστρώματος .....	55
3.1.2.6. Υγρασία υποστρώματος κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014) των φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με τον παράγοντα του βάθους του υποστρώματος.....	56
3.1.3. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους <i>Sedum</i> .....	57
3.1.3.1. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με τον παράγοντα άρδευση.....	57
3.1.3.2. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με είδος του φυτικού μίγματος.....	58

3.1.3.3. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους <i>Sedum</i> , σε σχέση με το βάθος του υποστρώματος.....	59
3.1.4. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών ανά φυτικό είδος του γένους <i>Sedum</i> .....	60
3.1.4.1. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους <i>Sedum album</i> .....	60
3.1.4.2. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους <i>Sedum acre</i> .....	61
3.1.4.3. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους <i>Sedum sexangulare</i> .....	62
3.1.4.4. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους <i>Sedum reflexum (rupestre)</i> .....	63
3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β.....	64
Αντοχή αυτοφυών αρωματικών φυτών στην υδατική καταπόνηση.....	64
3.2.1. Υγρασία υποστρώματος.....	64
3.2.1.1. Υγρασία υποστρώματος κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.....	64
3.2.1.2. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Ballota acetabulosa</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	65
3.2.1.3. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Helichrysum orientale</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	67
3.2.1.4. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Melissa officinalis</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	68
3.2.1.5. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Rosmarinus officinalis</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	69
3.2.1.6. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Salvia fruticosa</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	70
3.2.2. Αντίσταση στοματίων.....	72



3.2.2.1. Αντίσταση των στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.....	72
3.2.2.2. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Ballota acetabulosa</i> .....	73
3.2.2.3. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Helichrysum orientale</i> .....	74
3.2.2.4. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Melissa officinalis</i> .....	75
3.2.2.5. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Salvia fruticosa</i> .....	76
3.2.2.6. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	77
3.2.3. Μέτρηση SPAD.....	78
3.2.3.1. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.....	78
3.2.3.2. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>B. acetabulosa</i> .....	79
3.2.3.3. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>H. orientale</i> .....	80
3.2.3.4. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Melissa officinalis</i> .....	81
3.2.3.5. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	82
3.2.3.6. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Salvia fruticosa</i> .....	83
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	84
4.1. Συζήτηση Υπομελέτης Α που αφορά τα ξενικά είδη <i>Sedum</i> .....	84
4.1.2. Υγρασία υποστρώματος.....	84

4.1.3. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους <i>Sedum</i> .....	85
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Α.....	87
4.2. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β.....	88
Αντοχή αυτοφυών αρωματικών φυτών στην υδατική καταπόνηση.....	88
4.2.1. Υγρασία υποστρώματος.....	88
4.2.1.1. Υγρασία υποστρώματος κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.....	88
4.2.1.2. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Ballota acetabulosa</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	90
4.2.1.3. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Helichrysum orientale</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	90
4.2.1.4. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Melissa officinalis</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	91
4.2.1.5. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Rosmarinus officinalis</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	95
4.2.1.6. Υγρασία υποστρώματος για το είδος <i>Salvia fruticosa</i> στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.....	93
4.2.2. Αντίσταση στοματίων.....	94
4.2.2.1. Αντίσταση των στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.....	94
4.2.2.2. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Ballota acetabulosa</i> .....	94
4.2.2.3. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Helichrysum orientale</i> .....	95
4.2.2.4. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Melissa officinalis</i> .....	96
4.2.2.5. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Salvia fruticosa</i> .....	97

4.2.2.6. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	98
4.2.3. Μέτρηση SPAD.....	99
4.2.3.1. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.....	99
4.2.3.2. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Ballota acetabulosa</i> .....	99
4.2.3.3. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Helichrysum orientale</i> .....	100
4.2.3.4. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Melissa officinalis</i> .....	100
4.2.3.5. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	101
4.2.3.6. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά <i>Salvia fruticosa</i> .....	102
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Α

Τα φυτεμένα δώματα είναι μια υποσχόμενη τεχνολογία για την επανεισαγωγή της χλωρίδας στα υποβαθμισμένα αστικά περιβάλλοντα. Η παρούσα έρευνα έγινε με σκοπό να καθοριστούν τα αποτελέσματα του τύπου μείγματος, του βάθους υποστρώματος και της ποσότητας άρδευσης, κατά τη διάρκεια περιόδου ξηρασίας πάνω στην ανάπτυξη και την αντοχή στην υδατική καταπόνηση τεσσάρων ξενικών ειδών του γένους *Sedum* (*Sedum album*, *Sedum sexangulare*, *Sedum acre*, *Sedum reflexum* (repestre)).

Οι επεμβάσεις συμπεριλάμβαναν α) δύο τύπους φυτικού μείγματος: φυτικό μείγμα M1 και φυτικό μείγμα M2. Β) Δύο βάθη υποστρώματος (6,0 cm και 12 cm) και γ) δύο ποσότητες άρδευσης κατά την περίοδο ξηρασίας: 60% και 30% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης (ET<sub>c</sub>) κατά την περίοδο εφαρμογής υδατικής καταπόνησης το 2013 και 30% και 0% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης (ET<sub>c</sub>) αντίστοιχα κατά τη δεύτερη περίοδο εφαρμογής υδατικής καταπόνησης το 2014.

Στις μετρήσεις συμπεριλαμβάνονταν η επιτόπια μέτρηση της υγρασίας και η καταμέτρηση του συνολικού αριθμού των φυτών του γένους *Sedum*, καθώς και η επιμέρους καταμέτρηση του συνολικού αριθμού των φυτών του κάθε είδους εκ των τεσσάρων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σημαντικότεροι παράγοντες για την ανάπτυξη και την επιβίωση των φυτών του γένους *Sedum* κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, ήταν η ποσότητα άρδευσης (60% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης το 2013 και 30% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης το 2014) και το βάθος του υποστρώματος (12 cm), καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Ο παράγοντας μείγμα επέδρασε σημαντικά μόνο το δεύτερο έτος διεξαγωγής του πειράματος.

Τα είδη που βρέθηκαν πιο ανθεκτικά κάτω από συνθήκες καταπόνησης ήταν το *S. reflexum* και το *S. album*, διότι κατάφεραν να ανταποκριθούν καλύτερα εντός των περιόδων υδατικής καταπόνησης, σε αντίθεση με το *S. acre* και το *S. sexangulare*. Εν κατακλείδι, η παρούσα έρευνα έδειξε ότι στην αντοχή και την ανάπτυξη των ειδών αυτών κάτω από συνθήκες ξηρασίας επέδρασαν θετικά οι υψηλές συχνότητες άρδευσης καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης σε συνδυασμό με το μεγάλο βάθος υποστρώματος.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β

Η μελέτη αυτή έγινε με σκοπό να καθοριστούν τα αποτελέσματα πέντε διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα άρδευσης πάνω στην αντοχή στην υδατική καταπόνηση πέντε αυτοφυών αρωματικών ειδών: *Melissa officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia fruticosa*, *Ballota acetabulosa* και *Helichrysum orientale*. Τα επίπεδα της άρδευσης που εφαρμόστηκαν ήταν πέντε (100%, 75%, 50%, 25% και 0% της ημερήσιας εξάτμισης  $E_{pan}$ ).

Στις μετρήσεις συμπεριλαμβάνονταν η επιτόπια μέτρηση της υγρασίας, η μέτρηση της αντίστασης των στοματίων και η μέτρηση των τιμών *spad*.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι τα είδη που μελετήθηκαν παρουσιάζουν υψηλή αντοχή κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Ειδικότερα, το *Helichrysum orientale*, η *Ballota acetabulosa* και το *Rosmarinus officinalis* κατά σειρά, επέδειξαν πολύ υψηλή αντοχή στην ξηρασία, αφού φυτά από τα δύο πρώτα είδη επιβίωσαν χωρίς άρδευση για 20 ημέρες κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες και φυτά του είδους *R. officinalis* επιβίωσαν για 18 ημέρες χωρίς άρδευση κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Τα είδη *S. fruticosa* και *M. officinalis* κατά σειρά αξιολογήθηκαν ως λιγότερα ανθεκτικά από τα τρία προηγούμενα διότι τα φυτά *S. fruticosa* που δεν αρδεύτηκαν καθόλου άντεξαν για 10 συνεχόμενες ημέρες και τέλος τα φυτά *M. officinalis* που δεν δέχτηκαν καμία επέμβαση άρδευσης κατάφεραν να επιβιώσουν για 7 ημέρες από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης, γεγονός που τα καθιστά τα λιγότερο ανθεκτικά σε συνθήκες ξηρασίας. Επομένως, καταλληλότερα φυτικά είδη για την κάλυψη δωματίων εκτατικού τύπου φάνηκαν να είναι το *Helichrysum orientale*, η *Ballota acetabulosa* και το *Rosmarinus officinalis*, λόγω της αυξημένης αντοχής που παρουσίασαν υπό συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης και υδατικής καταπόνησης.

## **ABSTRACT OF SUBSTUDY A**

Green roofs are a promising technology for the reintroduction of the flora in degraded urban environments. The present study was designed to determine the effects of the mixture type, depth of substrate and the amount of irrigation during drought on growth and resistance to water stress of four exotic species of the genus *Sedum* (*Sedum album*, *Sedum sexangulare*, *Sedum acre*, *Sedum reflexum* (*repestre*)).

Treatments included a) two types of mixture: mixture M1 and mixture M2. b) Two substrate depths (6,0 cm and 12 cm) and c) two different irrigation regimes during the dry season: 60% and 30% of the cumulative daily evaporation (ETc) during water stress application in 2013 and 30% and 0 % of the cumulative daily evaporation (ETc) respectively during the second water stress application in 2014.

Measurements included in situ determination of substrate moisture and counting the total number of plants of the genus *Sedum* and the sub-count of the total number of plants of each of the four species.

Results showed that the important factors for the growth and survival of plants of the genus *Sedum* under water stress conditions, were the amount of irrigation (60% cumulative daily exhaust 2013 and 30% of the cumulative daily exhaust 2014) and the depth of the substrate (12 cm), throughout the duration of the study. The mixture factor had a significant impact only the second year of conducting the experiment.

The species were more resistant under stress conditions were *S. reflexum* and *S. album*, because that species tried to respond better during the water stress periods, in contrast to *S. acre* and *S. sexangulare*. In conclusion, this study has shown that the strength and growth of these species under drought conditions impacted positively of high irrigation frequencies throughout the study in conjunction with deep substrate.

## **ABSTRACT OF SUBSTUDY B**

This study was designed to determine the effects of five different levels of irrigation factor on the resistance to water stress of five native aromatic species: *Melissa officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia fruticosa*, *Ballota acetabulosa* and *Helichrysum orientale*. The levels of irrigation were applied five (100%, 75%, 50%, 25% and 0% of the daily evaporation Epan).

Measurements included in situ determination of substrate moisture, measurement of the resistance of stomata and measurement of spad values.

Measurement results showed that the species studied have a high resistance under water stress conditions. Specifically, *Helichrysum orientale*, *Ballota acetabulosa* and *Rosmarinus officinalis* sequentially showed very high resistance to drought, since plants by the first two species survived without irrigation for 20 days under high temperatures and plants of *R. officinalis* survived 18 days without irrigation under the same conditions. The species of *S. fruticosa* and *M. officinalis* consecutively assessed as less resistant than the previous three because the non-irrigated plants of *S. fruticosa* endured for 10 consecutive days and finally the plants of *M. officinalis* that received no irrigation intervention managed to survive for seven days from the onset of water stress, making them less resistant to drought conditions. Therefore, more appropriate plant species for covering roofs of extensive type seemed to be *Helichrysum orientale*, *Ballota acetabulosa* and *Rosmarinus officinalis*, because of the increased strength exhibited under conditions of deficit irrigation and water stress.

# 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1.Αστικοποίηση και υποβάθμιση αστικού περιβάλλοντος

Η ραγδαία οικιστική ανάπτυξη που έχει σημειωθεί τις τελευταίες δεκαετίες στα μεγάλα ελληνικά αστικά κέντρα, έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη μορφή και στις κλιματολογικές συνθήκες των πόλεων. Η υψηλή πυκνότητα κατοίκησης, ιδιαίτερα στο κέντρο των πόλεων, ο τρόπος δόμησης και η έλλειψη κοινόχρηστων αλλά και ιδιωτικών χώρων πρασίνου είναι κάποια από τα βασικότερα ελλείμματα των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας σήμερα, τα οποία επηρεάζουν σημαντικά το κλίμα και την ποιότητα του αέρα στις αστικές περιοχές, με συνέπεια την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, την επιβάρυνση της υγείας και του επιπέδου άνεσης των κατοίκων.



Εικόνα 1: Αστική περιοχή της Αθήνας με παντελή έλλειψη πρασίνου (πηγή: Google-Earth)



## 1.2.Φυτοδώματα: Λύση για την αύξηση του αστικού πρασίνου

Η ανάπλαση και φύτευση των ακάλυπτων χώρων, το συνολικό εμβαδόν των οποίων κυμαίνεται σε ένα ποσοστό από 20% έως 30% στις οικοδομημένες με το συνεχές οικοδομικό σύστημα περιοχές, είναι ένα μέτρο που προβλέπεται στον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό. Το μέτρο αυτό, σε συνδυασμό μάλιστα με τη συνένωση των χώρων αυτών, μπορεί να δημιουργήσει στα οικοδομικά τετράγωνα τοπικούς πνεύμονες πρασίνου σημαντικότητας για τη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος και της καθημερινότητας των κατοίκων.

Πέραν της αξιοποίησης των ακάλυπτων χώρων που σήμερα στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι ανεκμετάλλετοι και αποτελούν εστίες υποβάθμισης του αστικού περιβάλλοντος, πρέπει να τονισθεί η ανάγκη αξιοποίησης των δωμάτων (ταρατσών και εσοχών ρετιρέ). Οι χώροι αυτοί καλύπτουν τη μεγαλύτερη επιφάνεια του δομημένου αστικού χώρου σε σύγκριση με τους ακάλυπτους, κυρίως στα τμήματα των πόλεων με πυκνή δόμηση όπου υπάρχει και η μεγαλύτερη ανάγκη για τη δημιουργία πράσινων και ελεύθερων χώρων.

Η φύτευση των δωμάτων δίνει τη δυνατότητα μερικής αποκατάστασης του χαμένου πρασίνου λόγω της ανοικοδόμησης συμμετέχοντας στη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών περιβάλλοντος των κτηρίων και του άμεσου μικροκλίματος του περιβάλλοντος χώρου, ιδιαίτερα όταν η εφαρμογή τους αφορά μεγάλες αστικές επιφάνειες.



Εικόνα 2: Φυτεμένο δώμα πολυώροφου κτιρίου εντατικού τύπου (πηγή: [media2.feed.gr/filesystem/images/2008504/eng](https://media2.feed.gr/filesystem/images/2008504/eng))

Ειδικότερα, με τα φυτεμένα δώματα επιτυγχάνεται:

1. Μερική βελτίωση του άμεσου μικροκλίματος της περιοχής μέσω:

- Της μείωσης της νυχτερινής αποβολής θερμότητας από τις επιφάνειες των δωματίων κατά τη θερινή περίοδο, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (δροσισμός) (Simmons et al., 2008; Lundholm et al., 2009; Kumar and Kaushik, 2004).
- Της αύξησης της σχετικής υγρασίας πάνω από τα δώματα, που βοηθάει στην εξουδετέρωση των θερμοκρασιακών εντάσεων του κύκλου μέρας-νύχτας
- Της μείωσης της εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Της μείωσης της διαχεόμενης ακτινοβολίας λόγω της μικρής ανακλαστικότητας των φυτών σε σύγκριση με εκείνης των οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται στα δώματα.
- Της παραγωγής οξυγόνου με τη φωτοσύνθεση των φυτών των δωματίων. Αξίζει να σημειωθεί εδώ, ότι 8 m<sup>2</sup> φυτεμένου δώματος με γρασίδι και χαμηλή φύτευση καλύπτουν τις ετήσιες ανάγκες σε οξυγόνο ενός ατόμου, το οποίο χρειάζεται 30 g O<sub>2</sub>/ημερισίως (Ευμορφοπούλου, 1992).
- Της επίτευξης μικρής θερμοκρασιακής διακύμανσης στην επιφάνεια του δώματος, με συνέπεια τη μείωση των θερμοκρασιακών εντάσεων στο περιβάλλον (Simmons et al., 2008; Lundholm et al., 2009; Kumar and Kaushik, 2004). Οι τιμές της εξωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας παρουσιάζουν εύρος 5°C κατά τη θερμή περίοδο (Aravantinos et al., 1999).

2. Εξοικονόμηση ενέργειας για τη ψύξη των υποκείμενων ορόφων. Γενικά, όλοι οι τύποι φυτεμένων δωματίων μειώνουν περίπου κατά 55-65% τα φορτία για ψύξη σε σχέση με ένα αμόνωτο δώμα και κατά 13-35% σε σχέση με ένα μονωμένο δώμα κατά ΚΕΝΑΚ, ανάλογα με την κλιματική ζώνη (Kotsiris et al., 2013)

3. Μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων όπως CO<sub>2</sub>, σκόνη, TSP (ολικά αιωρούμενα σωματίδια), SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, αφενός λόγω απορρόφησης ή συγκράτησης αυτών από τη φύτευση και αφετέρου λόγω της μείωσης εκπομπής τους, εφόσον ελαττώνεται η χρήση κλιματιστικών:

- TSP: δέσμευση ολικών αιωρούμενων σωματιδίων που προκαλούν σοβαρά προβλήματα υγείας στον άνθρωπο. Υπολογίζεται ότι θα κατακρατούνται 250 kg/έτος. Ο υπολογισμός βασίζεται σε σχετικές μετρήσεις που έδειξαν ότι προκύπτει κατακράτηση περίπου ίση με 0,46 kg σωματιδίων /έτος /m<sup>2</sup> εφαρμογής φύτευσης (Peck, 2003)

4. Ηχοπροστασία. Ελάττωση του ήχου με απορρόφηση, διάχυση και ανάκλαση. Ο θόρυβος στην περιοχή της εφαρμογής κυμαίνεται σε 70-77db. Μια πράσινη στέγη με πάχος υποστρώματος 12 cm μειώνει τον θόρυβο κατά 40db όταν η πηγή του θορύβου προέρχεται από ψηλά. Το συγκεκριμένο πόρισμα διεξήχθη από μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε φυτοδώμα κτηρίου σε περιοχή πλησίον του αεροδρομίου της Φρανκφούρτης. (Peck, 2003).

5. Μείωση των πλημμυρικών φαινομένων της πόλης με τη μείωση και επιβράδυνση των απορροών αιχμής των όμβριων στα δίκτυα αποχέτευσης της πόλης έως και 50% (Van Woert et al., 2005; Compton and Whitlow, 2006; Oberndorfer et al., 2007; Simmons et al., 2008; Lundholm et al., 2009).

6. Αξιοποίηση των δωμάτων με τη δημιουργία χρηστικών, ασφαλών χώρων αναψυχής και παιχνιδιού, και με τη δυνατότητα ανάπτυξης επικοινωνίας μεταξύ χρηστών. Ένα βατό φυτεμένο δώμα σε μια πολυκατοικία έχει το πλεονέκτημα να βρίσκεται σε μικρή υψομετρική διαφορά από τα άλλα κτίρια της πόλης και όχι στο κατώτατο σημείο όπου βρίσκεται ο ακάλυπτος του οικοπέδου.



Εικόνα 3: Φυτεμένο δώμα εντατικού τύπου στην Αθήνα (πηγή: ZinCo-egreen)

7. Αισθητική αναβάθμιση της περιοχής, όσον αφορά τη θέα των κτιρίων από τα γειτονικά κτίρια. Συγχρόνως δημιουργούνται ενδιαυτήματα για πτηνά, έντομα και μικροοργανισμούς.

8. Εξοικονόμηση χρημάτων μακροπρόθεσμα από το κόστος λειτουργίας των κτιρίων, κυρίως λόγω της μείωσης της ζήτησης των φορτίων θέρμανσης-ψύξης (Sfakianaki et al., 2009; Axarli and Despotidou, 2005) και της αύξησης της μακροζωίας των υλικών οροφής.

### **1.3. Τύποι φυτοδώματος**

Ανάλογα με τις δυνατότητες και αντοχές του κάθε κτίσματος, τις χρήσεις που προορίζεται το φυτοδώμα, τις επιθυμίες και την οικονομική δυνατότητα των ιδιοκτητών/χρηστών, τα φυτεμένα δώματα χωρίζονται σε τρεις τύπους. Τον εντατικό τύπο, τον ημιεντατικό τύπο ή ημιεκτατικό τύπο και τον εκτατικό τύπο. Παραλλαγή των παραπάνω εκτατικών φυτοδωμάτων είναι τα προσαρμοσίμα φυτοδώματα τα οποία συνιστούνται για τις ερημικές ή ημι-ερημικές κλιματικές ζώνες και συστήνονται για τις Μεσογειακές περιοχές.

#### **1.3.1. Εντατικός τύπος**

Το σύστημα του εντατικού τύπου συνίσταται στη δημιουργία ενός κανονικού κήπου, σε υπόστρωμα βάθους από 15 cm και άνω. Το εντατικό σύστημα χαρακτηρίζεται ως η προσομοίωση του φυσικού τοπίου, ενώ έχει αυξημένες απαιτήσεις διαχείρισης και συντήρησης. Συνήθως σχεδιάζονται ως οροφόμενοι για ανθρώπινη χρήση και απαιτούν άρδευση, τακτική συντήρηση και πρόσθετη δομική ενίσχυση της οροφής (Oberndorfer et al., 2007).

Ο εντατικός τύπος (Εικ.2) περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία βλάστησης από ποώδη φυτά μέχρι δένδρως και θαμνώδη είδη. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτού του τύπου τα φυτοδώματα έχουν κανονικές ή αυξημένες απαιτήσεις όσον αφορά την υποδομή, τη διαθεσιμότητα νερού και των θρεπτικών στοιχείων.

Στους εντατικούς τύπους φυτεμένων δωματίων (Εικ.3) υπάρχει ευρύ φάσμα διαθέσιμων επιλογών για σχέδια και χρήσεις, το οποίο σημαίνει ότι οι προς κατασκευή χώροι μπορούν να τροποποιηθούν και να κατασκευαστούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείται μια θελκτικότητα συγκρίσιμη των πάρκων που βρίσκονται στο επίπεδο του φυσικού εδάφους. Τα εντατικά φυτοδώματα καλύπτουν ουσιαστικά μια ολόκληρη σειρά επιλογών φυτικού υλικού αλλά και επιλογών

εξωραϊσμού όμοιων με αυτές που χρησιμοποιούνται στις επίγειες κατασκευές κήπων (FLL, 2008).

### **1.3.2. Ημιεντατικός ή ημiekτατικός τύπος**

Ο ημιεντατικός τύπος φυτοδώματος έχει περισσότερους περιορισμούς απ' ό τι ο εντατικός τύπος καθώς και μειωμένη ποικιλομορφία σε φυτικά είδη και εξοπλισμό. Για τη φύτευση ενός ημιεντατικού συστήματος συμπεριλαμβάνεται η χρήση χλοοταπήτων, αυτοφυών φυτών και θάμνων, φυτών εδαφοκάλυψης και θαμνοσυστάδες. Οι διαθέσιμες επιλογές όσον αφορά το φυτικό υλικό δεν είναι τόσο ευρείες ό πως του εντατικού συστήματος. Οι απαιτήσεις του εγκατεστημένου φυτικού υλικού τόσο σε άρδευση όσο και σε επάρκεια θρεπτικών στοιχείων είναι μειωμένες σε σχέση με τις απαιτήσεις των φυτών των εντατικών φυτοδωμάτων. Όπως είναι φυσικό, και η οικονομική επιβάρυνση είναι μικρότερη από ό τι των εντατικών φυτοδωμάτων (FLL, 2002).

Ο ημιεντατικός τύπος φυτοδώματος συνδυάζει πολλά από τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα του εκτατικού τύπου με μερικές από τις αισθητικές δυνατότητες που προσφέρει ο εντατικός τύπος. Ίσως το πιο σημαντικό που προσφέρει είναι, ό τι επιτρέπει ένα ευρύ φάσμα επιλογής φυτικών ειδών που δύνανται να αναπτυχθούν σε φυτοδώματα χωρίς να χρειάζονται σημαντικές διαρθρωτικές τροποποιήσεις των κτιρίων (Dunnett and Nolan, 2004).

### **1.3.3. Εκτατικός τύπος φυτοδώματος**

Χαρακτηρίζεται ως το σύστημα φύτευσης με το μικρότερο φορτίο για τον φέροντα οργανισμό (από 20 μέχρι 120 kg m<sup>2</sup>). Το υπόστρωμα ανάπτυξης έχει βάθος μέχρι 15 cm, ενώ δεν προβλέπεται η οποιαδήποτε καλλιεργητική φροντίδα. Τα εκτατικά φυτοδώματα δημιουργούν μια διαρκή κλειστή φυτική οροφή η οποία δίνει την εντύπωση του φυσικού εδάφους. Τα εκτατικά φυτοδώματα (Εικ.7) θεωρούνται περισσότερο ως ένα κομμάτι της φύσης παρά ως μέρος ενός αρχιτεκτονικού σχεδίου.

Τα φυτά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι ιδιαίτεως κατάλληλα για την αντιμετώπιση του ευρέως φάσματος δυσμενών συνθηκών που πρόκειται να αντιμετωπίσουν, ενώ χρειάζεται να είναι ικανά για αυτό-πολλαπλασιασμό (FLL, 2008). Χρησιμοποιούνται φυτά χαμηλών απαιτήσεων και ανθεκτικά στην ξηρασία και στο κρύο. Έτσι, η μεγάλη ικανότητα αναγέννησης των φυτών συνεκτιμάται κατά την επιλογή τους, ενώ προτιμητέα είναι τα αυτοφυή φυτά της τοπικής κλωρίδας της

κάθε περιοχής καθώς και βρύα, παχύφυτα (όπως είδη του γένους *Sedum*), ποώδη φυτά, και φυτά εδαφοκάλυψης. Επιθυμητή είναι και η μίξη των φυτικών ειδών καθώς και η εμφάνιση νέων ειδών επί του φυτοδώματος.

#### **1.3.4. Προσαρμόσιμος τύπος φυτοδώματος**

Τα προσαρμόσιμα φυτοδώματα χρησιμοποιούν το ελάχιστο δυνατό βάθος υποστρώματος (5-15 cm) σε συνδυασμό με φυτά ανθεκτικά στην υδατική καταπόνηση. Στην περίπτωση των προσαρμόσιμων φυτοδωμάτων είναι δυνατή η εφαρμογή άρδευσης καθώς και η χρήση χλοοτάπητα, ποωδών και ξηροφυτικών φυτών με στόχο τη δημιουργία βατών και προσπελάσιμων φυτοδωμάτων με ελάχιστο βάρος (Kotsiris et al., 2013; Ntoulas et al., 2012a, 2012b, 2013, 2015).

#### **1.4. Προβλήματα στατικότητας λόγω βάρους**

Η τεχνολογία των φυτεμένων δωματίων μπορεί να εφαρμοστεί σε νέα ή σε προϋπάρχοντα κτήρια. Στην πρώτη περίπτωση επειδή μελετώνται εξ αρχής όλες οι παράμετροι εφαρμογής (στατικός υπολογισμός, δίκτυο απορροών, κλπ), μπορεί να εφαρμοστεί οποιαδήποτε φύτευση, ενώ στη δεύτερη περίπτωση είναι απαραίτητο να προηγηθεί μια σειρά ελέγχων ώστε να επιλεγεί ο καταλληλότερος τύπος φυτεμένου δώματος, όπως:

- Η στατική επάρκεια του φέροντος οργανισμού.

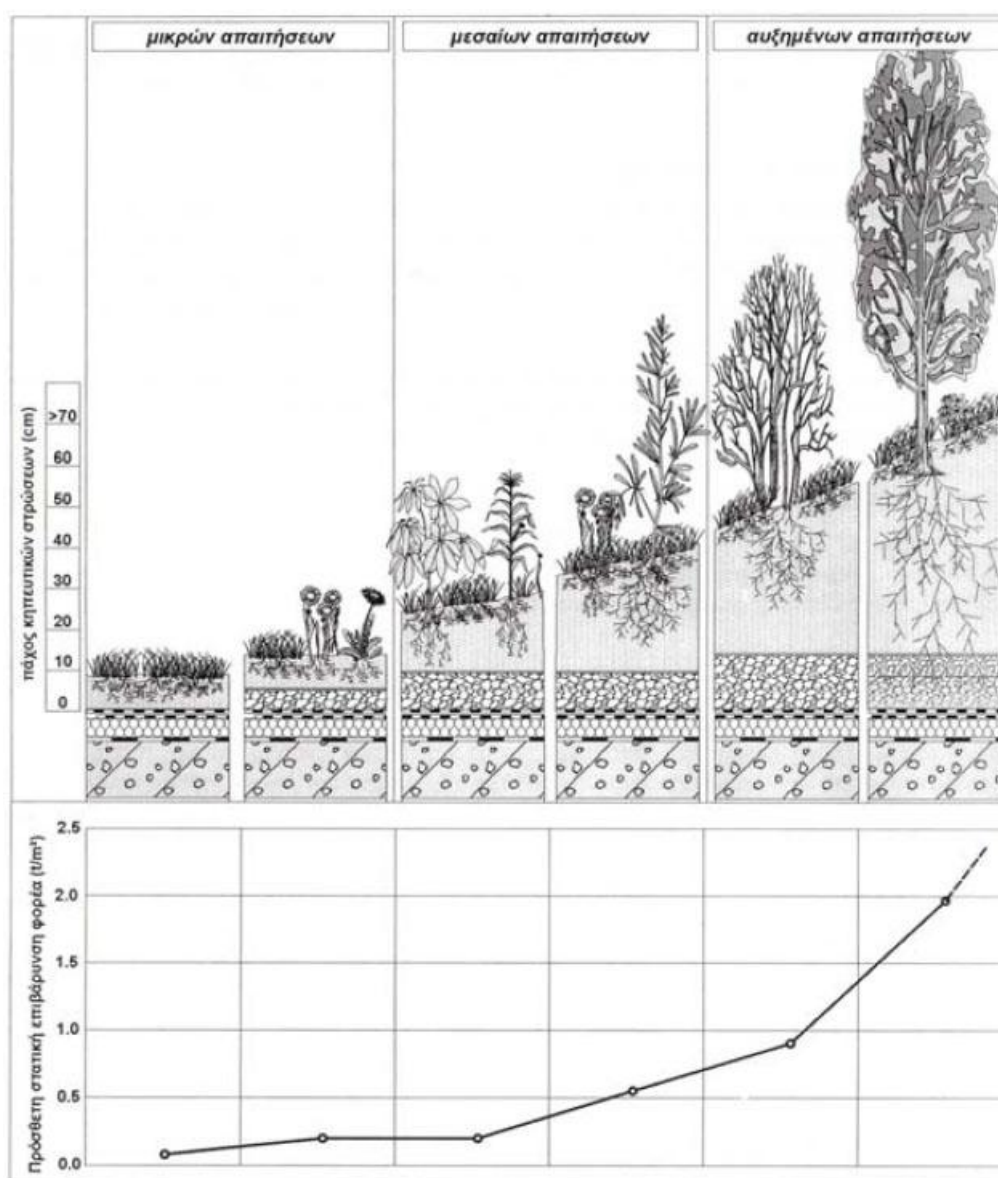
Συνήθως η μέγιστη φέρουσα ικανότητα μιας βατής στέγης στην Ελλάδα είναι  $200 \text{ kg m}^{-1}$ , γεγονός που αποκλείει τη δημιουργία φυτοδωμάτων μεγάλων απαιτήσεων (εντατικού τύπου φυτεμένα δώματα) που το βάθος τους κυμαίνεται από 20 έως και 150 cm και επιβαρύνουν στατικά μια συμβατική κατασκευή με μη ανεκτό για τα δεδομένα της βάρος. Αντίθετα, η εφαρμογή δωματίων μικρών απαιτήσεων (εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα) που το βάθος τους κυμαίνεται μεταξύ 5-15 cm, επιβαρύνει στατικά μια συμβατική κατασκευή με ανεκτό βάρος για τα δεδομένα της (Nektarios et al., 2011; Ntoulas et al., 2013)

#### **1.5. Εκτατικά φυτοδώματα: η καταλληλότερη λύση**

Η πλειοψηφία των κτηρίων στα μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας και ειδικότερα της Αθήνας απαρτίζεται από κτίσματα τα οποία έχουν κατασκευαστεί με

παλαιότερες προδιαγραφές (Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός) ώστε να αδυνατούν να αντέξουν φορτίο υψηλότερο από  $200 \text{ kg m}^{-1}$  (Εικ.4), όπως προαναφέρθηκε.

Επομένως, ο πλέον κατάλληλος τύπος φυτοδώματος για τους ελληνικούς αστικούς ιστούς και ειδικότερα για το κέντρο της Αθήνας, μιας πόλης φτωχής σε αναλογούν πράσινο ανά κάτοικο, είναι ο εκτατικός και ο προσαρμόσιμος. Λόγω του μικρού βάθους του υποστρώματος των φυτών, τα φυτά που φυτεύονται θα πρέπει να είναι μικρού ύψους, ανθεκτικά, κατά προτίμηση αυτοφυή της περιοχής και να ευδοκιμούν στο αντίστοιχο κλίμα.



Εικόνα 4: Στατική επιβάρυνση φορέα ανάλογα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος (Πηγή: Μελέτη για την Φύτευση Δωμάτων Δημοσίων Κτιρίων, Τσαμπίκα Μιχαλάκη. Εξοικονόμηση ενέργειας κατά το σχεδιασμό των κτιρίων ημερίδα 1-2-2007)

Η κλίση του δώματος (Εικ.6) είναι περιοριστική παράμετρος για τον τύπο του φυτεμένου δώματος που θα επιλεγεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι στα ελληνικά αστικά κέντρα η συντριπτική πλειονότητα των υφισταμένων κτιρίων διαθέτουν οριζόντιο δώμα (Εικ.5).



Εικόνα 5: Οριζόντιο φυτεμένο δώμα (πηγή: Χρηστίδου Βαγγελιώ - Βήτου Όλγα. Εργασία στα πλαίσια του μεταπτυχιακού μαθήματος Οικονομική Προσέγγιση στην Περιβαλλοντική Διαχείριση. Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος Π.Μ.Σ. «Γεωργία & Περιβάλλον». Μυτιλήνη 2008.



Εικόνα 6: Κεκλιμένο φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου σε περιοχή της Σκωτίας.



## 1.6. Βάρος φυτοδώματος

Σήμερα η έρευνα στον τομέα των εκτατικών φυτεμένων δωματίων εστιάζεται σε δύο κυρίως τομείς:

α. Στην ολοένα και περισσότερη μείωση του βάρους και του βάθους των υποστρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να επιτευχθεί η επιτυχέστερη εγκατάστασή τους στις ταράτσες των κτηρίων και κυρίως των παλαιών, για τα οποία η δυνατότητα ανάληψης φορτίων στο δώμα είναι περιορισμένη.

Η μείωση επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων υλικών, τα οποία διαθέτουν μικρό ειδικό βάρος και απαιτούν μικρό βάθος υποστρώματος ανάπτυξης, αλλά συγκρατούν υψηλά ποσοστά υγρασίας .

β. Στην ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων των φυτεμένων δωματίων τους σε αρδευτικό νερό για εξοικονόμηση του σημαντικού αυτού φυσικού πόρου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κατάλληλων ξηροφυτικών φυτών, προσαρμοσμένων στις περιβαλλοντικές τοπικές συνθήκες, ανθεκτικών στις καταπονήσεις των φυτοδωμάτων και κατά προτίμηση αυτοφυών.

Κατά την εγκατάσταση βλάστησης είναι επιθυμητό η επιλογή του υποστρώματος να εστιαστεί στο όσο το δυνατόν μικρότερο βάρος με ταυτόχρονη δυνατότητα υποστήριξης και ανάπτυξης του φυτικού υλικού (Nektarios et al., 2003). Μείωση του βάρους αφενός επιτυγχάνεται με τη χρήση ελαφροβαρών υλικών που απαρτίζουν ένα υπόστρωμα και αφετέρου, με την εφαρμογή ρηχών υποστρωμάτων. Τα αβαθή υποστρώματα, είναι περισσότερο επιθυμητά από τα βαθύτερα διότι τα κτήρια που υποδέχονται και υποστηρίζουν τις εγκαταστάσεις φυτοδωμάτων θα πρέπει να έχουν επαρκώς ισχυρή δομή (Getter and Rowe, 2007; Ntoulas et al., 2013; Kotsiris et al. 2013; Nektarios et al., 2014).



Εικόνα 7: Παράδειγμα φυτεμένου δώματος εκτατικού τύπου (πηγή: International Green Roof Association, 2015)

## 1.7. Φυτικό υλικό κατάλληλο για χρήση σε εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα

### 1.7.1. CAM-φυτά

Τα φυτά του γένους *Sedum* διαθέτουν κάποια μορφή όξινου μεταβολισμού (Crassulacean Acid Metabolism - CAM) (Kludge, 1977; Teeri et al., 1986; Gravatt and Martin, 1992; Lee and Kim, 1994; Sayed et al., 1994; Gravvat, 2003). Ο μεταβολικός κύκλος CAM είναι μια εναλλακτική μετάβαση για τη φωτοσυνθετική σταθεροποίηση του άνθρακα σύμφωνα με τον οποίο τα στομάτια είναι κλειστά κατά τη διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε η απώλεια ύδατος από τη διαπνοή να ελαχιστοποιείται. Τα στομάτια ανοίγουν για να απορροφήσουν το CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της νύκτας (Cushman, 2001). Αυτό οδηγεί σε μια βελτιωμένη αποδοτικότητα χρήσης του ύδατος που κυμαίνεται από 3-5 φορές σε υψηλότερα επίπεδα για τα φυτά CAM σε σύγκριση με τα φυτά C<sub>3</sub> (Kluge and Ting, 1978).

### 1.7.2. Χρήση των φυτών *Sedum* στα εκτατικά φυτοδώματα

Οι περισσότερες έρευνες που γίνονται για την καταλληλότητα του φυτικού υλικού των φυτοδωμάτων καταλήγουν στο ότι τα παχύφυτα και ιδιαίτερα τα φυτά του γένους *Sedum* θεωρούνται ως τα πλέον κατάλληλα για τις συνθήκες που επικρατούν σε ένα άνυδρο εκτατικό φυτοδώμα με μικρό βάθος υποστρώματος (Durhman et al., 2007; Getter and Rowe, 2008, 2009; Monterusso et al., 2005; Nagase and Dunnett, 2010; Snodgrass, 2005; VanWoert et al., 2005; Wolf and Loundholm, 2008, Nektarios et al., 2014). Η χρήση των ειδών *Sedum* είναι πολύ δημοφιλής στα συστήματα φυτεμένων δωμάτων εκτατικού τύπου στη Βόρεια Αμερική και Ευρώπη, όπως πολύ συχνή είναι και η χρήση αγριολούλουδων (Wark and Wark, 2003). Οι Durman et al. (2006) μελέτησαν την επίδραση της υδατικής καταπόνησης πάνω στη χλωροφύλλη και στην ανάπτυξη φυτών σε φυτοδώματα. Η μελέτη περιελάμβανε τόσο είδη *Sedum* όσο και C<sub>3</sub> και C<sub>4</sub> είδη σε βάθος υποστρώματος 7,5 cm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ακόμα και μετά από περίοδο ανυδρίας τεσσάρων μηνών τα είδη *Sedum* επιβίωσαν και διατήρησαν ενεργό φωτοσυνθετικό μεταβολισμό σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από τα C<sub>3</sub> και C<sub>4</sub> είδη. Επιπλέον όταν τα *Sedum* αρδεύτηκαν μετά από 28 ημέρες ξηρασίας οι τιμές τις χλωροφύλλης επανήλθαν άμεσα στις χαρακτηριστικές πριν την καταπόνηση τιμές. Αντίθετα τα C<sub>3</sub> και C<sub>4</sub> φυτά για να επιβιώσουν απαιτούσαν αυξημένη συχνότητα άρδευσης κάθε δεύτερη μέρα ώστε να διατηρήσουν την αύξηση και την ανάπτυξή τους. Επίσης, σε έρευνα που διεξήχθη, αξιολογήθηκε η επίδραση του βάθους των υποστρωμάτων σε πράσινες στέγες (5, 7 και 10 cm), 12 ειδών *Sedum* σε ένα δυτικό αμερικανικό κλίμα (Getter and Rowe, 2008). Τα περισσότερα είδη επέδειξαν τη μεγαλύτερη αύξηση και κάλυψη στο βάθος των 7 cm και των 10 cm. Τη μεγαλύτερη αύξηση και κάλυψη παρουσίασε το είδος *S. sarmentosum*, σε όλα τα εξεταζόμενα βάθη καθώς το είδος αυτό μπορεί να επιδείξει πάρα πολύ επιθετική ανάπτυξη. Άλλα κατάλληλα είδη για εκτατικά φυτοδώματα αποδείχτηκαν τα *S. floriferum*, *S. stefco* και *S. spurium*. Αντίθετα αποδείχτηκε ότι λιγότερο κατάλληλα ήταν τα *S. caudicola*, *S. ochroleucum* και *S. reflexum*. Για τα παραπάνω είδη, ένα ελάχιστο βάθος υποστρώματος των 7 cm βελτίωσε την ανάπτυξη και επιβίωση των φυτών ενώ για υποστρώματα βάθους μικρότερου από 7 cm, η γρηγορότερη κάλυψη αναμένεται από τα είδη *S. sarmentosum* και *S. stefco* (Getter and Rowe, 2008). Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, η αντοχή στην ξηρασία των ειδών *Sedum* έχει εξεταστεί αρκετά καλά. Ο Lassalle (1998) διαπίστωσε ότι το *S. album* θα μπορούσε να επιζήσει για πάνω από 100 ημέρες χωρίς άρδευση ή βροχοπτώσεις. Και άλλοι ερευνητές έχουν επιβεβαιώσει ότι το *S. album* είναι ένα ανθεκτικό είδος στην

ξηρασία (Kirschstein, 1997), και μαζί με το *S. acre*, το *S. kamtschaticum ellacombianum*, το *S. pulchellum*, το *S. reflexum*, και το *S. spurium*, επέζησαν 88 ημέρες χωρίς νερό (VanWoert et al., 2005b). Στην πραγματικότητα, ένα μόνο είδος *Sedum* βρέθηκε ότι μπορεί να επιζήσει τουλάχιστον για δυο χρόνια χωρίς νερό σε ένα θερμοκήπιο (Teeri et al., 1986). Οι Durman et al. (2006) βρήκαν τρία είδη *Sedum* τα οποία διατηρούσαν τη φωτοσυνθετική τους ικανότητα σε δράση, ακόμα και μετά από 4 μήνες χωρίς άρδευση. Τέλος, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε, βρέθηκε ότι σε βάθος υποστρώματος 10 cm, η ανάπτυξη των ειδών *Sedum* που χρησιμοποιήθηκαν ήταν παρόμοια με αυτή των 7 cm. Επτά είδη *Sedum*, το *S. floriferum*, το *S. hispanicum*, το *S. sarmentosum*, το *S. sediforme*, το *S. sexangulare*, το *S. spurium* και το *S. stefco* παρουσίασαν τις σημαντικότερες αυξήσεις τους από την 6<sup>η</sup> έως και την 135<sup>η</sup> ημέρα διεξαγωγής του πειράματος, ενώ τα είδη *S. cauticola*, *S. ewersii*, *S. ochroleucum* και *S. reflexum* δεν παρουσίασαν καμία αλλαγή στην ανάπτυξή τους καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης (Getter and Rowe, 2008). Οι VanWoert (2005) μελέτησαν την ανάπτυξη και την επιβίωση μείγματος που περιείχε διάφορα είδη *Sedum* ως προς το βάθος υποστρώματος και τη συχνότητα άρδευσης. Παρατήρησαν, ότι τα φυτά στα βαθύτερα υποστρώματα (6 cm) είχαν μεγαλύτερη ανάπτυξη όταν εφαρμοζόταν επαρκής ποσότητα νερού. Πιο συγκεκριμένα, τα φυτά που βρίσκονταν σε υπόστρωμα βάθους 2 cm έπρεπε να αρδεύονται τουλάχιστον μια φορά ανά 14 ημέρες ώστε να προωθηθεί η ανάπτυξη αυτών, ενώ τα φυτά των 6 cm υποστρώματος άντεχαν στο διπλάσιο χρόνο χωρίς άρδευση. Σε μελέτη του αυτοφυούς φυτού *Sedum sediforme* παρατηρήθηκε ότι το συγκεκριμένο φυτικό είδος *Sedum* είχε μεγαλύτερη αύξηση του ύψους του στα ρηχά υποστρώματα (7,5 cm) από ότι στα πιο βαθιά (15 cm) στον πρώτο χρόνο ανάπτυξής του, ενώ αντίθετα, κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης, η ανάπτυξη των φυτών βελτιώθηκε κυρίως στα βαθύτερα υποστρώματα (15 cm) (Nektarios et al., 2015). Το 1999 ο Liesecke μελέτησε διαφορετικά είδη κατασκευής φυτοδωμάτων και βρήκε ότι τα είδη *S. album* και *S. sexangulare* L. κυριάρχησαν σε όλους τους τύπους φυτοδωμάτων χωρίς κανένα πρόβλημα.

### **1.7.3. Χρήση αυτοφυών αρωματικών φυτών στα εκτατικά φυτοδώματα**

Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερο, τόσο στο εξωτερικό όσο και στην Ελλάδα παρατηρείται μια στροφή των πολιτών σε πιο υγιεινά μοντέλα διατροφής. Στο πλαίσιο αυτό έχει εκτιναχθεί η ζήτηση για προϊόντα με φυσικά συστατικά, με τη ζήτηση από τη βιομηχανία τροφίμων -ποτών, φαρμάκων-καλλυντικών, να μεγιστοποιείται, καθώς κατά κανόνα τα είδη αυτά διαθέτουν και υψηλή προστιθέμενη αξία. Η χλωρίδα της Ελλάδας αποτελείται από περισσότερα από 6000 είδη βοτάνων (Panagiotidou et al. 2001; Skroumpis, 1998) εκ των οποίων τα 1.300 είναι ενδημικά και η γενικότερη εκτίμηση είναι πως αρκετά από αυτά μπορούν να καλλιεργηθούν σε επιχειρηματική βάση αλλά και να συλλεχθούν με επαγγελματικό τρόπο. Τα ενδημικά είδη αρωματικών φυτών, φυτά δηλαδή που ευδοκιμούν στο ελληνικό οικοσύστημα, είναι είδη τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν και να αναπτυχθούν επιτυχώς σε ένα φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου έχοντας ελάχιστες απαιτήσεις σε νερό και δημιουργώντας επί της ουσίας ένα αυτοσυντηρούμενο σύστημα πάνω στην ταράτσα.

### **1.8. Αντοχή των αρωματικών φυτών σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης.**

Η Ελλάδα, ως μεσογειακή χώρα με θερμά και ξηρά καλοκαίρια, υποφέρει συχνά από μακρές περιόδους ανομβρίας και ως εκ τούτου απαιτείται συνετή και ορθολογική διαχείριση του νερού, ιδιαίτερα όταν αυτό χρησιμοποιείται σε άρδευση φυτεμένων δωματίων-κήπων. Απαιτείται ευαισθησία και προσοχή στη διαχείριση του νερού άρδευσης, αλλά και σεβασμός στον οικολογικό χαρακτήρα της χώρας μας αποφεύγοντας ακατάλληλα είδη φυτών με μεγάλες απαιτήσεις σε νερό. Ιδιαίτερα σήμερα, που οι κλιματικές αλλαγές επηρεάζουν τις μεγάλες αστικές περιοχές της χώρας, η ανάγκη για τη δημιουργία φυτεμένων δωματίων προσαρμοσμένων στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των πόλεων, με μικρές απαιτήσεις τόσο σε νερό όσο και στη συντήρησή τους, καθίσταται περισσότερο από επιτακτική.

Τέτοιου είδους κήποι, που βασικός τους στόχος είναι η εξοικονόμηση και η ορθολογικότερη χρήση νερού, είναι οι κήποι με ξηροφυτικά είδη φυτών, είδη δηλαδή τα οποία παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε συνθήκες ξηρασίας.

Τα πλεονεκτήματα ενός κήπου με τέτοιου είδους φυτικά είδη είναι η εξοικονόμηση και η αποδοτική χρήση των υδατικών πόρων, με αποτέλεσμα αφενός τη θετική συμβολή στο υδατικό ισοζύγιο και αφετέρου το μικρότερο οικονομικό κόστος για τα ίδια τα νοικοκυριά. Επιπλέον, η επιλογή των κατάλληλων φυτών που είναι προσαρμοσμένα στο κλίμα και στα εδάφη της Ελλάδας, εξασφαλίζει τη βιωσιμότητά τους και περιορίζει τις ανάγκες σε άρδευση ή λίπανση, προστατεύοντας τον

υδροφόρο ορίζοντα τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Τα φυτά αυτά διαθέτουν μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν αξιοποιώντας και την ελάχιστη διαθέσιμη υγρασία του εδάφους. Είναι πλήρως προσαρμοσμένα στις Μεσογειακές συνθήκες, με φύλλα δερματώδη και με λίγα στόματα στην κάτω επιφάνεια του φύλλου, που σε περιόδους ξηρασίας κλείνουν, περιορίζοντας στο ελάχιστο την απώλεια νερού από το φυτό. Είδη φυτών που αντέχουν στη ξηρασία και χρειάζονται αραιές αρδεύσεις είναι μεταξύ άλλων και τα αρωματικά φυτά. Η χρήση μεσογειακών ειδών, όπως και το *Rosmarinus officinalis*, είναι μια ενδιαφέρουσα λύση για την κάλυψη των φυτοδωμάτων λόγω της αντοχής που παρουσιάζουν στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Save et al., 1993; Sanchez-Blanco et al., 1998; Franco et al., 2000). Μελέτες έχουν ήδη δείξει ότι οι μεσογειακοί θάμνοι που αναπτύσσονται στον αγρό έχουν την ικανότητα να αντέχουν σε πολύ χαμηλές περιεκτικότητες υγρασίας εδάφους για πολλές εβδομάδες (Kypris et al., 1995). Πολλοί ερευνητές έχουν αναφέρει την ικανότητα της οσμωτικής προσαρμογής που παρουσιάζει το *R. officinalis* υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Sanchez-Blanco et al., 2004a). Έρευνα των Munne-Bosch et al. (1999) έδειξε ότι το φυτικό είδος *Rosmarinus officinalis* κάτω από συνθήκες πολύ έντονης ξηρασίας, μείωσε την αφομοίωση του CO<sub>2</sub> περίπου κατά 80%. Έδειξαν ακόμα ότι η ικανότητα που παρουσιάζει το *Rosmarinus officinalis* να αυξάνει την συγκέντρωση της ατοκοφερόλης στα φύλλα του και να διατηρεί τη λειτουργικότητα του κύκλου της ξανθοφύλλης σε πολύ χαμηλές περιεκτικότητες νερού στο φύλλο, πιθανώς βοηθάει στην πρόληψη από ολοκληρωτική καταστροφή του φυτού κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής ξηρασίας. Έτσι, είναι εφικτή η ανάκτηση των λειτουργικών μεμβρανών του φυτού ύστερα από τις φθινοπωρινές βροχές. Επίσης, η μείωση της χλωροφύλλης είναι ένας επιπλέον παράγοντας που συνεισφέρει στην επιβίωση του φυτού μετά από έντονη υδατική καταπόνηση, μειώνοντας την ποσότητα των φωτονίων που απορροφώνται από τα φύλλα, πράγμα το οποίο οδηγεί σε μια ενισχυμένη φωτοπροστατευτική και αντιοξειδωτική ικανότητα των φύλλων του φυτού ανά ποσότητα απορροφημένων φωτονίων. Το 2000 οι Munne-Bosch & Alegre παρατήρησαν ότι το *R. officinalis* αποφεύγει την υποκυτταρική καταστροφή του φωτοσυνθετικού του μηχανισμού κατά τη διάρκεια υποβολής του σε μακρά περίοδο υδατικής καταπόνησης. Πρότειναν ότι αυτή του η ικανότητα προκύπτει από τη δραστηριοποίηση του κύκλου της ξανθοφύλλης και της συσσώρευσης τοκοφερόλης, αποφεύγοντας έτσι την καταστροφή που προκαλείται από την παραγωγή ελευθέρων ριζών στα φυτά που υπόκεινται σε υδατικές καταπονήσεις. Σε μελέτη των Sanchez-Blanco et al. (2004), οι αλλαγές που συνέβησαν σε φυτά *R. officinalis*

εξαιτίας της ελλειμματικής άρδευσης μπορούν να θεωρηθούν ως μια μορφολογική προσαρμογή του συγκεκριμένου είδους στην υδατική καταπόνηση ώστε να μειώσει το ρυθμό διαπνοής του και να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση νερού. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Nogues and Baker (2000) και των Nogues et al. (2001) έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια πολύ έντονης περιόδου ξηρασίας μέσα στο καλοκαίρι, το *R. officinalis* εμφάνισε μεγάλη μείωση του φωτοσυνθετικού του ρυθμού. Αυτό πιθανώς εξηγείται μερικώς από ισχυρό κλείσιμο των στοματιών (Gratani and Varone, 2003). Σε μελέτη των Munne-Bosch et al. το 1998, αποδείχτηκε ότι το *R. officinalis* εμφανίζει μια εξαιρετική ικανότητα να αντέχει σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας αποφεύγοντας την καταστροφή του φωτοσυνθετικού του μηχανισμού μέσω της συντηρητικής διαχείρισης του νερού από το ίδιο το φυτό και της μείωσης του ρυθμού διαπνοής. Τέλος, το 2006 σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Olmos et al. παρατήρησαν ότι φυτά του είδους *R. officinalis* που αναπτύχθηκαν κάτω από διαφορετικές συχνότητες άρδευσης παρουσίασαν σημαντικές ανατομικές και υπερδομικές προσαρμογές στην αντίσταση στην ξηρασία. Τέτοιου είδους μηχανισμοί προσαρμογής καθιστούν το συγκεκριμένο φυτικό είδος χρήσιμο στις καλλιέργειες για τη βελτίωση των περιοχών που έχουν πληγεί από τις πολύ έντονες συνθήκες ξηρασίας που επικρατούν σε αρκετά μέρη της Μεσογείου. Στα φύλλα των καταπονημένων φυτών, το υδατικό δυναμικό και η σπαργή μειώθηκαν. Οι ανατομικές έρευνες έδειξαν ότι τόσο τα μεσοκυττάρια διαστήματα του μεσόφυλλου όσο και το μέγεθος των επιδερμικών κυττάρων μειώθηκαν σημαντικά κάτω από τις πιο έντονες συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Σε υποκυτταρικό επίπεδο, οι χλωροπλάστες παρουσίασαν συσσώρευση πλαστοσφαιριδίων και φορείς λιπιδίων, και το πάχος της επιδερμίδας των φυτών αυξήθηκε κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Στο πείραμά αυτό, οι ανατομικές και υπερδομικές τροποποιήσεις του *R. officinalis* θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως μια επιπλέον προσαρμογή του φυτού στην ξηρασία.

Φυτά *Melissa officinalis* βρέθηκαν ιδιαίτερα ανθεκτικά σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Η απόδοση τους σε ξηρό βάρος υπό συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης (0, 12.5, 25, 37.5 και 50%) κυμαίνονταν από 13,05 έως 19,2 g/φυτό. Η μείωση στην απόδοση δεν ήταν στατιστικά σημαντική έως και το επίπεδο του 25% της ελλειμματικής άρδευσης, ενώ το ποσοστό του αιθέριου ελαίου αυξανόταν όσο αυξανόταν και το επίπεδο άρδευσης (Ozturk et al., 2004). Το 1998 οι Munne-Bosch and Alegre, μετά από έρευνα που διεξήγαν υποστήριξαν ότι η άμεση απορρόφηση της δροσιάς από τα φύλλα ίσως είναι ένας σημαντικός μηχανισμός που έχουν αναπτύξει τα φυτά *M. officinalis* ώστε να επαναενυδατώνονται και να

επανενεργοποιούν τον μεταβολισμό των ιστών τους που έχει υποστεί ξήρανση κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου.

Σε μια άλλη μελέτη των Corel et al. (2009) φυτά του είδους *Salvia officinalis* υποβλήθηκαν σε πέντε διαφορετικές συχνότητες άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% ET<sub>0</sub>) υπό συνθήκες εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών. Βρέθηκε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των παρακολουθούμενων ποσοστών άρδευσης όσον αφορά στην υπάρχουσα σχέση μεταξύ των μονάδων του ξηρού βάρους και της απόδοσης σε αιθέριο έλαιο. Έρευνα των Savi et al. (2013) που πραγματοποιήθηκε σε φυτά *S. officinalis* τα οποία εγκαταστάθηκαν σε πειραματικά τεμάχια σε φυτοδώμα, αναπτύχθηκαν επιτυχώς σε παρατεταμένη περίοδο καλοκαιρινής ξηρασίας. Ο Poldini το 1989 έδειξε ότι το είδος *S. officinalis* διαθέτει μηχανισμούς αντίστασης σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Οι Battaieb et al. (2009) μετά από μελέτη που πραγματοποίησαν σε φυτά *S. officinalis*, έδειξαν ότι η αρνητική επίδραση της ξηρασίας στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών παρατηρείται από τη δεύτερη εβδομάδα υποβολής τους στην υδατική καταπόνηση και είναι περισσότερη έντονη με την αύξηση του περιορισμού του νερού. Φυτά που υποβλήθηκαν σε πολύ αυστηρή υδατική καταπόνηση παρουσίασαν λεπτότερους βλαστούς με λιγότερα και πιο αφυδατωμένα φύλλα απ ότι τα υπόλοιπα φυτά που αρδεύονταν με υψηλότερες συχνότητες άρδευσης.

Ακόμα, έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Parafotiou et al. (2013), έδειξε ότι φυτά του είδους *Helichrysum orientale* μπορούν να αναπτυχθούν αρκετά καλά υπό συνθήκες αραιής συχνότητας άρδευσης (5 ή 7 ημέρες) σε υποστρώματα βάθους 7,5 cm.



## 1.9. Σκοπός της μελέτης

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διαπίστωση της αντοχής αυτοφυών και ξενικών φυτών στην υδατική καταπόνηση σε συνθήκες αστικών φυτοδωμάτων. Για την ολοκλήρωση της μελέτης διεξήχθησαν δύο διακριτές υπομελέτες:

**1.9.1. Η πρώτη υπομελέτη αφορούσε τη χρήση ξενικών φυτών του γένους *Sedum* και ως σκοπό είχε:**

α) να καθοριστεί η επίδραση του τύπου φυτικού μείγματος στην ανάπτυξη των δύο διαφορετικών μειγμάτων των φυτών του γένους *Sedum*.

β) να καθοριστεί η επίδραση του βάθους του υποστρώματος εκτατικού τύπου φυτοδώματος (6 cm και 12 cm) στην ανάπτυξη των δύο διαφορετικών μειγμάτων φυτών του γένους *Sedum*.

γ) να εκτιμηθεί η δυνατότητα επιβίωσης των δύο διαφορετικών μειγμάτων φυτών του γένους *Sedum* κατά τη θερινή περίοδο υπό συνθήκες ελλιπούς ποσότητας άρδευσης (60% και 30% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης ( $ET_c$ ) κατά το έτος 2013 και 30% και 0% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης ( $ET_c$ ) αντίστοιχα το 2014).

**1.9.2. Η δεύτερη υπομελέτη αφορούσε τη χρήση αυτοφυών φυτών σε εκτατικά φυτοδωμάτια και ως σκοπό είχε:**

να αξιολογηθεί η εγκατάσταση και η ανάπτυξη πέντε διαφορετικών ειδών αυτοφυών αρωματικών φυτών (*Melissa officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia fruticosa*, *Ballota acetabulosa*, *Helichrysum orientale*) σε συνθήκες εκτατικού φυτοδώματος υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, εφαρμόζοντας πέντε διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (0%, 25%, 50%, 75% και 100% της ημερήσιας εξάτμισης).

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1. Υπομελέτη Α**

#### **2.1.1. Εγκατάσταση πειράματος με ξενικά είδη Sedum**

Η υπομελέτη Α πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η πειραματική μελέτη ξεκίνησε την 1<sup>η</sup> Απριλίου 2013 και ολοκληρώθηκε την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2014.

Η μελέτη αποτελούταν από 40 πειραματικά τεμάχια, τα οποία εγκαταστάθηκαν σε δοχεία (GreenTech Inc, 470 Clubfield Drive Roswell, GA 30075 Richmond, Virginia) από το 2012 και τα οποία είχαν εσωτερικές διαστάσεις 1,2 x 1,2 m. Το ύψος του υποστρώματος, εντός των δοχείων αυτών, ρυθμίστηκε με τη χρήση πλαστικών φύλλων που τοποθετούνταν περιμετρικά του δοχείου. Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων έγινε σε 5 σειρές σύμφωνα με το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο (ΕΤΣ).

#### **2.1.2. Διαστρώσεις πειραματικών τεμαχίων**

Τα πειραματικά τεμάχια διαστρώθηκαν σύμφωνα με τις απαραίτητες διατάξεις που αφορούν τα εκτατικά φυτοδώματα. Τα κατώτερα 12 cm των δοχείων πληρώθηκαν με γαρμπίλι ως αδρανές υλικό αποστράγγισης. Στη συνέχεια διαστρώθηκαν με τα εξής υλικά:

α) Ύφασμα προστασίας και συγκράτηση υγρασίας VLU 300 (Diadem, Πράσινη Στέγη, Αθήνα, Ελλάδα).

β) Αποστραγγιστική στρώση Diadrain 25 (Diadem, Πράσινη Στέγη, Αθήνα, Ελλάδα).

γ) Γεώφασμα VLF 150 (Diadem, Πράσινη Στέγη, Αθήνα, Ελλάδα).

### 2.1.3.Υπόστρωμα ανάπτυξης

Το υπόστρωμα ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκε δημιουργήθηκε από το Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου και περιελάμβανε ελαφρόπετρα, επεξεργασμένο θερμικά υλικό, τύρφη, κομπόστα και ζεόλιθο. Το υπόστρωμα ήταν το  $Cl_{40}:Pum_{40}:P_8:C_7:Z_5$  (όπου Cl =θερμικώς κατεργασμένο υλικό, Pum = ελαφρόπετρα 0-8 mm, P = τύρφη με διορθωμένο pH, C = κομπόστα, Z = ζεόλιθος) σε κατ' όγκο αναλογίες όπως αυτές προσδιορίζονται από τους δείκτες.

Ο τύπος της ελαφρόπετρας που χρησιμοποιήθηκε στο υπόστρωμα ήταν Besser κοκκομετρίας 0-8 mm και η προμήθειά της έγινε από την εταιρεία ΛΑΒΑ Μεταλλευτική και Λατομική Α.Ε. (Παιανία, Αττική). Η εξόρυξη της ελαφρόπετρας πραγματοποιείται στη νήσο Γυαλί που ανήκει στα Δωδεκάνησα. Το compost που χρησιμοποιήθηκε περιείχε φυτικά υπολείμματα από άχυρο, πριονίδι, κομμένο γρασίδι, αποξέσματα ξύλου, και ζωική κοπριά από αγελάδες, πουλερικά και άλογα, και η προμήθειά του έγινε από την εταιρεία Λ. Καμπάνης ΑΕ (Σπάτα, Αττική). Η τύρφη χρησιμοποιήθηκε για να διορθώσει το pH και να αυξήσει την οργανική ουσία του υποστρώματος. Τέλος, ο κλινοπτινολιτικός ζεόλιθος συμμετείχε στο υπόστρωμα για να αυξήσει την ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων σε αυτό. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει λόγω της ικανότητας του ζεόλιθου να απορροφά και να διατηρεί κατιόντα  $NH_4^+$  και  $K^+$  στα σωματίδιά του που στη συνέχεια τα παρέχει στα φυτά (Fassman et al., 2010). Έτσι, λειτουργεί ως αργής αποδέσμευσης λίπασμα (Fassman et al., 2010). Η κοκκομετρική ανάλυση του ζεόλιθου έδειξε ότι τα σωματίδια του είναι 0,8 έως 2,5 mm και η προμήθειά του έγινε από την εταιρεία S&B Βιομηχανία Ορυκτών Α.Ε.

### 2.1.4.Φυτικό υλικό

Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά μείγματα σπόρων από φυτά του είδους *Sedum*, το μείγμα **Green Roof Standard *Sedum* Mix for Roof Greening** και το μείγμα ***Sedum* - Mixture**. Τα δύο μείγματα εφεξής θα αναφέρονται ως M1 και M2, αντίστοιχα. Η προμήθεια των δύο μειγμάτων έγινε από την εταιρεία Jelitto Staudensamen GmbH (29685 Schwarmstedt, Postfach 1264, Γερμανία). Το μείγμα M1 περιείχε 16 διαφορετικά είδη *Sedum* (Πίνακας 2.1.4.1.) ενώ το μείγμα M2 περιείχε 28 διαφορετικά είδη *Sedum* (Πίνακας 2.1.4.2.).

Πίνακας 2.1.4.1: Φυτικά είδη που συμμετέχουν στο μείγμα M1

A/A	Φυτικό είδος
1	<i>Sedum acre</i>
2	<i>Sedum acre 'Oktoberfest'</i>
3	<i>Sedum aizoon</i>
4	<i>Sedum <u>album</u></i>
5	<i>Sedum floriferum</i>
6	<i>Sedum hispanicum</i>
7	<i>Sedum hybridum 'Czar's Gold'</i>
8	<i>Sedum montanum</i>
9	<i>Sedum pulchellum</i>
10	<i>Sedum oreganum</i>
11	<i>Sedum reflexum (rupestre)</i>
12	<i>Sedum ellacombianum</i> ( <i>selskianum hort.</i> )
13	<i>Sedum sexangulare</i>
14	<i>Sedum spurium 'Coccineum'</i>
15	<i>Sedum stoloniferum</i>
16	<i>Sedum telephium fabaria</i>

Πίνακας 2.1.4.2: Φυτικά είδη που συμμετέχουν στο μείγμα M2

A/A	Φυτικό είδος		'Goldilocks'
1	<i>Sedum acre</i>	20	<i>Sedum sexangulare</i>
2	<i>Sedum acre</i> 'Oktoberfest'	21	<i>Sedum spathulifolium</i>
3	<i>Sedum aizoon</i>	22	<i>Sedum spurium</i> 'Summer Glory'
4	<i>Sedum album</i>	23	<i>Sedum spurium</i> 'Coccineum'
5	<i>Sedum ewersii</i>	24	<i>Sedum spurium</i> 'Voodoo'
6	<i>Sedum floriferum</i>	25	<i>Sedum stoloniferum</i>
7	<i>Sedum forsterianum</i> ssp. <i>elegans</i> 'Silver Stone'	26	<i>Sedum telephium</i> ssp. <i>Maximum</i>
8	<i>Sedum hispanicum</i>	27	<i>Sedum telephium</i> 'Emperor's Waves'
9	<i>Sedum hybridum</i> 'Czar's Gold'	28	<i>Sedum ternatum</i>
10	<i>Sedum montanum</i>		
11	<i>Sedum kamtschaticum</i>		
12	<i>Sedum lanceolatum</i>		
13	<i>Sedum pulchellum</i>		
14	<i>Sedum oreganum</i>		
15	<i>Sedum populifolium</i> ( <i>Hylotelephium</i> )		
16	<i>Sedum glaucophyllum</i> ( <i>nevii</i> )		
17	<i>Sedum reflexum</i> ( <i>rupestre</i> )		
18	<i>Sedum ellacombianum</i> ( <i>selskianum hort.</i> )		
19	<i>Sedum selskianum</i> ( <i>true</i> )		

### 2.1.5. Εγκατάσταση φυτικού υλικού

Η σπορά των μειγμάτων πραγματοποιήθηκε την 19<sup>η</sup> Ιουλίου 2011 αφού πρωτίτερα οι σπόροι των μειγμάτων αναμείχθηκαν με άμμο. Το συνολικό βάρος του μείγματος M1 ήταν 19,91 g, ενώ σε κάθε πειραματικό τεμάχιο σπάρθηκε 1 g·m<sup>-2</sup>. Αντίστοιχα, το συνολικό βάρος του μείγματος M2 ήταν 19,82 g, ενώ, ομοίως, σε κάθε πειραματικό τεμάχιο σπάρθηκε 1 g·m<sup>-2</sup>.

### 2.1.6. Άρδευση

Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκαν δύο διαφορετικά επίπεδα άρδευσης κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής του πειράματος και επίσης δύο διαφορετικά επίπεδα κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής του. Η πρώτη φάση άρδευσης πραγματοποιήθηκε κατά το πρώτο έτος (2013), από την 30<sup>η</sup> Μαΐου έως τις 26<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2013, ενώ η δεύτερη φάση άρδευσης, κατά το δεύτερο έτος (2014) διεξαγωγής του πειράματος, πραγματοποιήθηκε από την 21<sup>η</sup> Μαΐου έως και την 26<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2014.

Κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής του πειράματος, κατά την περίοδο καταπόνησης, η άρδευση εφαρμοζόταν ανά 5 ημέρες και γινόταν με ψηφιακό μετρητή ροής της εταιρείας Gardena (8188). Η ποσότητα άρδευσης καθοριζόταν από την αθροιστική εξάτμιση που προέκυπτε μεταξύ των διαδοχικών αρδεύσεων επί το 60% για τα μισά πειραματικά τεμάχια, ενώ τα υπόλοιπα αρδεύονταν με το 30% της ημερήσιας εξάτμισης. Η εξάτμιση μετριοταν με παχύμετρο καθημερινά από το δοχείο εξάτμισης (εξατμισήμετρο) που βρισκόταν εντός του πειραματικού αγρού.

Για τον υπολογισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων άρδευσης χρησιμοποιήθηκε ένα Class-A-Pan εξατμισήμετρο προκειμένου να προσδιορίζεται η ημερήσια εξάτμιση ( $E_{pan}$ ). Από την αθροιστική εξάτμιση για το διάστημα των πέντε ημερών το 2013 και των τριών ημερών το 2014 υπολογίζονταν η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας ( $ET_c$ ) βάση της σχέσης:

$$ET_c = E_{pan} \times K_c \times K_p$$

όπου  $E_{pan}$  = η εξάτμιση ελεύθερης επιφάνειας νερού (mm), Ο συντελεστής  $K_p$  είναι ο συντελεστής του εξατμισήμετρου και αναφέρεται στη διακύμανση των τιμών η οποία σχετίζεται με την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας του σημείου στο οποίο βρίσκεται τοποθετημένο το εξατμισήμετρο και της παρουσίας άλλων εμποδίων στο χώρο (Νικολάου, 2010). Στη συγκεκριμένη μελέτη έχει πάρει την τιμή

0,6. Το  $K_c$  είναι ο συντελεστής καλλιέργειας που ποικίλει ανάλογα με την καλλιέργεια και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού (Νικολάου, 2010). Για το φυτικό γένος *Sedum* η τιμή για το  $K_c$  θεωρήθηκε 0,6.

Τέλος, οι διαστάσεις των πειραματικών τεμαχίων 1,2 x 1,2 m.

Το δεύτερο έτος της μελέτης κατά την περίοδο υδατικής καταπόνησης των φυτών, η άρδευση εφαρμοζόταν κάθε τρεις ημέρες. Η ποσότητα άρδευσης υπολογιζόταν με το πολλαπλασιασμό της αθροιστικής ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής επί το 30% με τις διαστάσεις του πειραματικού τεμαχίου και η άρδευση εφαρμοζόταν στα μισά πειραματικά τεμάχια, ενώ τα υπόλοιπα δεν αρδεύονταν καθόλου.

### 2.1.7. Πειραματικό σχέδιο και επεμβάσεις

Το πειραματικό σχέδιο ήταν πολυπαραγοντικό με τρεις, προς εξέταση, παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί ήταν το μείγμα των φυτικών ειδών, το βάθος του υποστρώματος και η παροχή ποσότητας άρδευσης εντός της περιόδου της υδατικής καταπόνησης. Πιο αναλυτικά, η μελέτη περιελάμβανε τις παρακάτω επεμβάσεις: α) δύο τύπους μειγμάτων φυτικών ειδών (M1 και M2), β) δύο βάθη υποστρώματος (6 cm και 12 cm) και γ) δύο διαφορετικές ποσότητες άρδευσης κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης [60% και 30% της αθροιστικής ημερήσιας εξατμίσσης ( $E_{pan}$ ) κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής του πειράματος (2013) και 30% και 0% της αθροιστικής ημερήσιας εξατμίσσης  $E_{pan}$  το δεύτερο έτος διεξαγωγής του πειράματος (2014)]. Συνολικά η μελέτη διέθετε 40 πειραματικά τεμάχια ( $2_{\text{μείγματα}} \times 2_{\text{βάθη}} \times 2_{\text{αρδεύσεις}} \times 5_{\text{επαναλήψεις}} = 40$  πειραματικά τεμάχια).

Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων έγινε ακολουθώντας το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και η ανάλυση της διασποράς των συλλεχθέντων στοιχείων, πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα STATGRAPHICS plus, version 2.1. Λόγω του κύριου ερευνητικού ενδιαφέροντος το οποίο ήταν τα αποτελέσματα των επιδράσεων των παραπάνω επεμβάσεων πάνω στην ανάπτυξη και την αντοχή στην ξηρασία των ειδών *Sedum*, η στατιστική ανάλυση διεξήχθη, χρησιμοποιώντας την πολυπαραγοντική ανάλυση της διακύμανσης, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των επεμβάσεων σε κάθε δειγματοληπτική ημερομηνία ξεχωριστά. Η σύγκριση για όλες τις στατιστικές αναλύσεις έγινε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ελαχίστης σημαντικής διαφοράς (LSD), η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων εξετάστηκε με τη γενική δοκιμασία του F για επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0,05$ .

## **2.1.8.Μετρήσεις:**

### **1. Υγρασία Υποστρώματων**

Κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης το πρώτο έτος διεξαγωγής του πειράματος (2013) καταγραφόταν η υγρασία (% v/v), η θερμοκρασία (°C) και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECp και ECb) του υποστρώματος ( $\text{ms m}^{-1}$ ) καθημερινά. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε ο διηλεκτρικός αισθητήρας TDR 300 (HH2, Delta-T Devise, Cambridge, U.K) τη χρονική περίοδο από την 30<sup>η</sup> Μαΐου έως και την 22<sup>η</sup> Ιουλίου 2013. Στη συνέχεια, από την 23<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 26<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2013 για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας, χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας, ο οποίος εισάγεται στην επιφάνεια του υποστρώματος και καταγράφει την υγρασία σε 65 mm βάθος και σε 45 mm πλάτος (WET sensor, Delta-T Devise). Πριν και μετά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης των φυτών οι μετρήσεις υγρασίας λαμβάνονταν σε μηνιαία βάση και όσο πλησίαζε η εποχή επιβολής της υδατικής καταπόνησης η συχνότητα των μετρήσεων αύξαινε και πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση. Κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης του δεύτερου έτους διεξαγωγής του πειράματος (2014), η υγρασία (% v/v) καταγραφόταν κάθε τρεις ημέρες με τον ίδιο αισθητήρα (WET sensor, Delta-T Devise), τη χρονική περίοδο από την 21<sup>η</sup> Μαΐου έως και την 26<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2014. Ελήφθησαν τρεις τουλάχιστον μετρήσεις από το κάθε πειραματικό τεμάχιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος ως η περιεκτικότητά του σε υγρασία. Ομοίως καταγράφηκαν και η θερμοκρασία και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Πριν και μετά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης των φυτών, οι μετρήσεις υγρασίας λαμβάνονταν σε μηνιαία βάση και όσο πλησίαζε η εποχή επιβολής της υδατικής καταπόνησης η συχνότητα των μετρήσεων αύξαινε και πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση.

### **2. Καταμέτρηση των φυτικών ειδών που εκπτώχθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.**

Η καταμέτρηση των φυτικών ειδών σε κάθε πειραματικό τεμάχιο πραγματοποιούνταν από όλη την επιφάνεια του πειραματικού τεμαχίου και όχι από υπόδειγμά του, με τη βοήθεια καννάβου που υποδιαιρούνταν σε εννέα υποτεμάχια για τη διευκόλυνση των μετρήσεων. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιούνταν μία φορά κάθε μήνα.



## **2.2. Υπομέλετη Β**

### **2.2.1. Εγκατάσταση πειράματος με αρωματικά-φαρμακευτικά φυτά.**

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην ταράτσα του κτηρίου που φιλοξενεί το κυλικείο και το εστιατόριο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η πειραματική μελέτη ξεκίνησε την 23<sup>η</sup> Ιουλίου 2013 και ολοκληρώθηκε την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2013.

Η μελέτη αποτελούταν από 90 πειραματικά τεμάχια, τα οποία εγκαταστάθηκαν σε πλαστικές λεκάνες οι οποίες είχαν εσωτερικές διαστάσεις 22,5 cm x 22,5 cm. Το ύψος του υποστρώματος εντός των λεκανών διαμορφώθηκε στα 8 cm. Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων έγινε σε 5 σειρές σύμφωνα με το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο (ΕΤΣ).

### **2.2.2. Διαστρώσεις πειραματικών τεμαχίων**

Οι λεκάνες διαστρώθηκαν σύμφωνα με τις απαραίτητες διατάξεις που αφορούν τα εκτατικά φυτοδώματα και πληρώθηκαν με τα εξής υλικά:

α) Ύφασμα προστασίας και συγκράτηση υγρασίας VLU 300 (Diadem, Πράσινη Στέγη, Αθήνα, Ελλάδα).

β) Αποστραγγιστική στρώση Diadrain 25 (Diadem, Πράσινη Στέγη, Αθήνα, Ελλάδα).

γ) Γεώφασμα VLF 150 (Diadem, Πράσινη Στέγη, Αθήνα, Ελλάδα).

### **2.2.3. Υπόστρωμα ανάπτυξης**

Το υπόστρωμα ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκε δημιουργήθηκε από το Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου και περιελάμβανε ελαφρόπετρα, τύρφη, κομπόστα και ζεόλιθο. Το υπόστρωμα ήταν το  $P_{75}:P_8:C_7:Z_{10}$  (όπου,  $P_{75}$  = ελαφρόπετρα,  $P_8$  = τύρφη,  $C_7$  = κομπόστα,  $Z_{10}$  = ζεόλιθος) σε κατ' όγκο αναλογίες όπως αυτές προσδιορίζονται από τους δείκτες.

#### 2.2.4. Φυτικό υλικό

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν πέντε διαφορετικά είδη αυτοφυών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών της ελληνικής γης και συγκεκριμένα συλλεγμένα από την Κύθνο, τα Κύθηρα, κάποια άλλα νησιά των Κυκλάδων και την Κρήτη. Η συλλογή των φυτών πραγματοποιήθηκε από την υποψήφια Διδάκτορα Βαρελά Δήμητρα.

1. *Melissa officinalis* (κοινώς Μέλισσα)
2. *Rosmarinus officinalis* (κοινώς Δενδρολίβανο)
3. *Salvia fruticosa* (κοινώς Φασκόμηλο)
4. *Ballota acetabulosa* (κοινώς Βαλλωτή)
5. *Helichrysum orientale* (κοινώς Ελίχρυσο)

Από το είδος *Melissa officinalis* εγκαταστάθηκαν 15 φυτά, από το είδος *Rosmarinus officinalis* εγκαταστάθηκαν 20 φυτά, από τη *Salvia fruticosa* 15 φυτά, από τη *Ballota acetabulosa* 20 φυτά και τέλος από το *Helichrysum orientale* επίσης 20 φυτά. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο εγκαταστάθηκε ένα φυτό. Συνολικά στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 90 φυτά και από τα πέντε φυτικά είδη.

#### 2.2.5. Εγκατάσταση φυτικού υλικού

Ο πολλαπλασιασμός των φυτών πραγματοποιήθηκε από την Υποψήφια Διδάκτορα Δήμητρα Βαρελά εντός του χώρου του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, με τη δημιουργία μοσχευμάτων. Η φύτευση των φυτών στις λεκάνες πραγματοποιήθηκε την 15<sup>η</sup> και 16<sup>η</sup> Ιουνίου 2013. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της φύτευσης, τα φυτά παρέμειναν σε σκιερό μέρος για 20 συνεχείς ημέρες. Για το διάστημα αυτό εφαρμόστηκε αυτόματη άρδευση που αντιστοιχούσε σε 4 L ανά πειραματικό τεμάχιο καθημερινά στις 5:00 το πρωί. Εν συνεχεία, την 5<sup>η</sup> Ιουλίου 2013 τα φυτά μεταφέρθηκαν σε ηλιόλουστη θέση εκτός αυτόματης άρδευσης όπου και ποτίζονταν με το λάστιχο ανά 2-3 ημέρες μέχρι την 23<sup>η</sup> Ιουλίου, μια μέρα πριν ξεκινήσει η περίοδος υδατικής καταπόνησής τους. Την 23<sup>η</sup>

Ιουλίου εφαρμόστηκε άρδευση μέχρι απορροής ώστε να ξεκινήσει η περίοδος υδατικής καταπόνησης και ελλειμματικής άρδευσης.

### 2.2.6. Άρδευση

Στο παρόν πείραμα κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης/ελλειμματικής άρδευσης, εφαρμόστηκαν πέντε διαφορετικά επίπεδα άρδευσης σύμφωνα με την ημερήσια εξάτμιση, η οποία μετριόταν με τη χρήση ενός παχύμετρου καθημερινά από εξατμισήμετρο που είχε τοποθετηθεί επί του πειραματικού δώματος και τα οποία διακρίνονταν στα εξής:

- Επίπεδο 1 (100% της ημερήσιας εξάτμισης)
- Επίπεδο 2 (75% της ημερήσιας εξάτμισης)
- Επίπεδο 3 (50% της ημερήσιας εξάτμισης)
- Επίπεδο 4 (25% της ημερήσιας εξάτμισης)
- Επίπεδο 5 (0% της ημερήσιας εξάτμισης) Καθόλου άρδευση.

Η διάταξη των διαφορετικών επιπέδων άρδευσης ανάλογα με το κάθε πειραματικό τεμάχιο (σε κάθε πειραματικό τεμάχιο αναλογούσε πάντα ένα συγκεκριμένο ποσοστό άρδευσης), διαμορφώθηκε σύμφωνα με το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ). Η πορεία της άρδευσης καθ όλη τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης των φυτών διαμορφώθηκε χρονικά σε τρεις διαφορετικές φάσεις:

- Φάση 1, η οποία διήρκησε από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου.
- Φάση 2, η οποία διήρκησε από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου.
- Φάση 3, η οποία διήρκησε από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου.

Κατά την Φάση 1, από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, εφαρμόστηκαν τα πέντε προαναφερθέντα επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση. Κατά την Φάση 2, από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, εφαρμόστηκαν τα ίδια πέντε επίπεδα άρδευσης αλλά πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Τέλος, κατά την Φάση 3, τις δύο τελευταίες εβδομάδες του Σεπτεμβρίου (15<sup>η</sup> - 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου), δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση στα φυτά (περίοδος υδατικής καταπόνησης).

Τα φυτά αρδεύονταν κάθε μέρα κατά τη διάρκεια της περιόδου της ελλειμματικής άρδευσης μέχρι και πριν την έναρξη της ξηράς περιόδου, μόλις ολοκληρωνόταν η

διαδικασία των καθημερινών μετρήσεων την ίδια πάντα ώρα, αυτή των 4:00 μ.μ. Η άρδευση πραγματοποιούνταν με τη χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου ο οποίος ήταν βαθμονομημένος, λόγω της πολύ μικρής ποσότητας νερού που δέχονταν τα φυτά σε καθημερινή βάση.

### 2.2.7. Πειραματικό σχέδιο και επεμβάσεις

Το πειραματικό σχέδιο ήταν μονοπαραγοντικό με έναν, προς εξέταση, παράγοντα. Ο παράγοντας αυτός ήταν το επίπεδο άρδευσης, δηλαδή η παροχή ποσότητας άρδευσης στο κάθε πειραματικού τεμαχίου εντός της περιόδου της υδατικής καταπόνησης/ελλειμματικής άρδευσης. Πιο αναλυτικά, η μελέτη περιελάμβανε την εξής επέμβαση: πέντε διαφορετικές ποσότητες άρδευσης κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης [100%, 75%, 50%, 25% και 0% της εξάτμισης ( $E_{pan}$ )]. Συνολικά η μελέτη διέθετε 90 πειραματικά τεμάχια και 90 φυτά ( $90_{\text{τεμάχια}} \times 1_{\text{φυτό/τεμάχιο}} = 90 \text{ φυτά}$ ).

Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων έγινε ακολουθώντας το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και η ανάλυση της διασποράς των συλλεχθέντων στοιχείων, πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα STATGRAPHICS plus, version 2.1. Λόγω του κύριου ερευνητικού ενδιαφέροντος το οποίο ήταν τα αποτελέσματα των επιδράσεων της παραπάνω επέμβασης πάνω στην αντοχή των πέντε φυτικών αρωματικών ειδών *Melissa officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia fruticosa*, *Ballota acetabulosa* και *Helichrysum orientale*, υπό συνθήκες ελλιπούς άρδευσης και παντελούς ξηρασίας των φυτών η στατιστική ανάλυση διεξήχθη, χρησιμοποιώντας την μονοπαραγοντική ανάλυση της διακύμανσης, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της επέμβασης σε κάθε δειγματοληπτική ημερομηνία ξεχωριστά. Η σύγκριση για όλες τις στατιστικές αναλύσεις έγινε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ελαχίστης σημαντικής διαφοράς (LSD) και η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων εξετάστηκε με τη γενική δοκιμασία του F για επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0,05$ .

### 2.2.8. Μετρήσεις:

#### 1. Υγρασία Υποστρωμάτων

Κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης καταγραφόταν η υγρασία (% v/v) καθημερινά, την ίδια περίπου ώρα κάθε μέρα, αυτήν της 3<sup>ης</sup> μεσημβρινής. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε ο διηλεκτρικός αισθητήρας WET με μήκος ραβδίων 65 mm και πλάτος αισθητήρα 45 m. Ο όγκος αναφοράς των μετρήσεων είναι περίπου 0,5 L

(WET sensor, Delta-T Devise). Ελήφθη μια μέτρηση από το κάθε πειραματικό τεμάχιο. Ομοίως καταγράφηκαν και η θερμοκρασία και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).

## **2. SPAD**

Σε καθημερινή βάση, γύρω στην 1:30 μ.μ., γινόταν μέτρηση με το χλωροφυλλόμετρο χειρός (SPAD-502 Chlorophyll meter) της εταιρείας Konica Minolta με χώρα κατασκευής την Ιαπωνία, το οποίο είναι μια συσκευή φτιαγμένη έτσι ώστε να δίνει τιμές που χαρακτηρίζουν την περιεκτικότητα του φύλλου σε ολική χλωροφύλλη, χωρίς όμως να διευκρινίζεται το ακριβές μήκος κύματος στο οποίο απορροφά, ούτε επίσης και η μονάδα μέτρησης. Η επιλογή των φύλλων για τη μέτρηση του SPAD, γινόταν με το κριτήριο να είναι τα νεότερα σε ηλικία πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα.

## **3. Αντίσταση Στοματίων**

Σε καθημερινή βάση, την 12<sup>η</sup> μεσημβρινή, πραγματοποιούταν μέτρηση της στοματικής αντίστασης των φύλλων του κάθε φυτού ανά πειραματικό τεμάχιο με τη χρήση του πορομέτρου (POROMETER A24, DELTA-T DEVICES-Cambridge-U.K.), το οποίο είναι μια συσκευή η οποία καταγράφει την αγωγιμότητα των στοματίων των φύλλων. Η επιλογή των φύλλων για τη μέτρηση αυτή, γινόταν επίσης με το κριτήριο να είναι τα νεότερα σε ηλικία πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1.Αποτελέσματα Υπομελέτης Α που αφορά τα ξενικά είδη *Sedum*.

##### 3.1.1.Προσδιορισμός των φυτικών ειδών

Κατά τη διάρκεια της παρούσας υπομελέτης προσδιορίστηκαν τα φυτικά είδη του γένους *Sedum* που εκπύχθηκαν στα πειραματικά τεμάχια, από τα φυλλικά χαρακτηριστικά τους και από τα άνθη όσων φυτών ανθοφόρησαν, ειδικά κατά τη διάρκεια του δεύτερου έτους της μελέτης (2014). Παρακάτω παρατίθενται οι φωτογραφίες του κάθε είδους και το επιστημονικό όνομα αυτού.



Εικόνα 8. *Sedum album*



Εικόνα 9. *Sedum album*



Εικόνα 10. *Sedum reflexum (rupestre)*



Εικόνα 11. *Sedum reflexum (rupestre)*



Εικόνα 12. *Sedum sexangulare*





Εικόνα 13. *Sedum sexangulare*



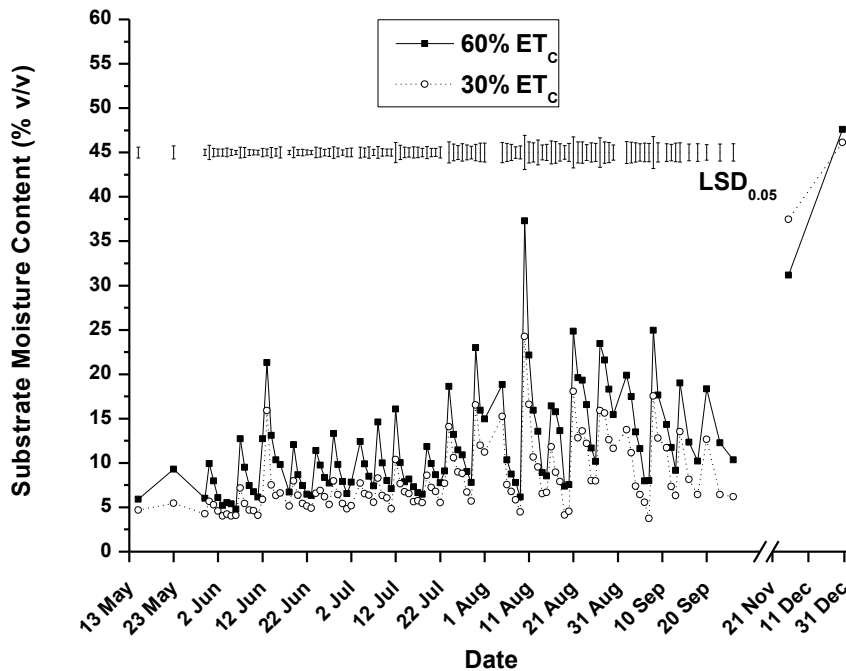
Εικόνα 14. *Sedum sexangulare*



Εικόνα 15. *Sedum acre*

### 3.1.2. Υγρασία υποστρώματος

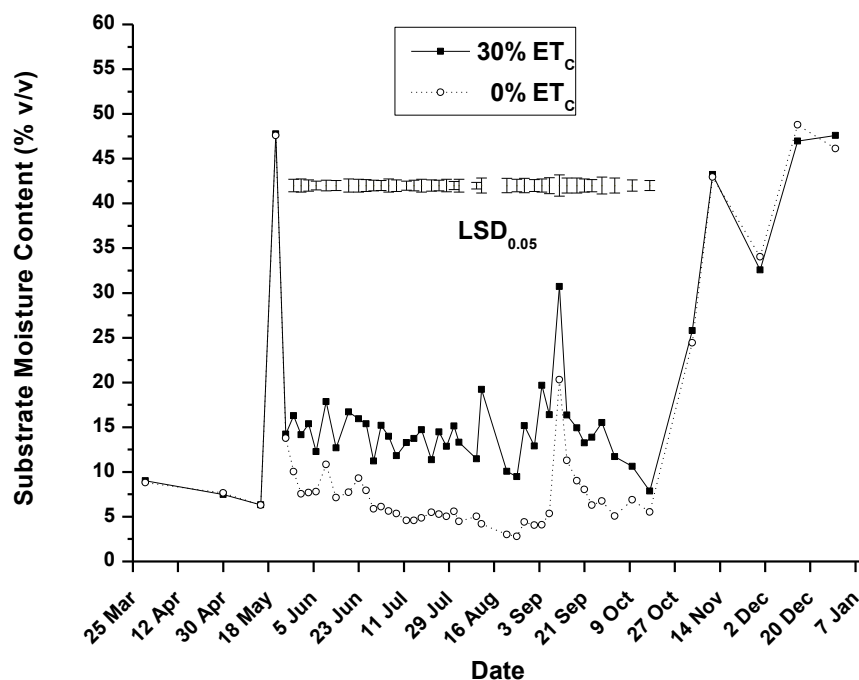
3.1.2.1. Υγρασία υποστρώματος κατά το πρώτο έτος της μελέτης (2013) των φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με τον παράγοντα άρδευση.



**Διάγραμμα. 3.1.2.1.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (60% και 30% ET<sub>c</sub>) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του πρώτου έτους της μελέτης (2013). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Από το Διάγρ.3.1.2.1. της υγρασίας παρατηρείται ότι κατά το έτος 2013 την περίοδο υδατικής καταπόνησης των φυτών *Sedum*, οι υψηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος σημειώθηκαν στα πειραματικά τεμάχια τα οποία αρδεύονταν με το 60% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης με σημαντικές διαφορές καθ όλη τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης, σε σχέση με εκείνα τα πειραματικά τεμάχια που αρδεύονταν με το 30% της αθροιστικής εξάτμισης.

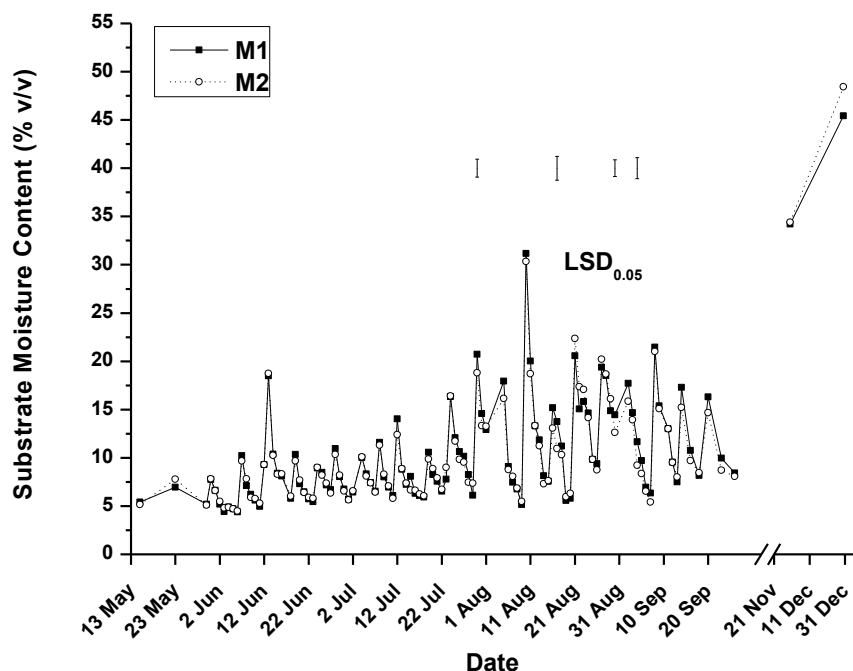
### 3.1.2.2. Υγρασία υποστρώματος κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014) των φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με τον παράγοντα άρδευση.



**Διάγραμμα. 3.1.2.2.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (30% και 0% ET<sub>c</sub>) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του δεύτερου έτους της μελέτης (2014). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Κατά την περίοδο υδατικής καταπόνησης των φυτών *Sedum* το έτος 2014, (Διάγρ.3.1.2.2.), από την 20<sup>η</sup> Μαΐου που ξεκινάει η περίοδος καταπόνησης μέχρι και την 16<sup>η</sup> Οκτωβρίου, οι υψηλότερες τιμές εδαφικής υγρασίας σημειώθηκαν στα τεμάχια που αρδεύονταν με το 30% της ημερήσιας αθροιστικής εξάτμισης με σημαντικές διαφορές καθ' όλο σχεδόν αυτό το διάστημα, σε σχέση με τα τεμάχια που δεν αρδεύονταν καθόλου. Την περίοδο πριν ξεκινήσει η υδατική καταπόνηση των φυτών *Sedum*, δηλαδή από την 30<sup>η</sup> Μαρτίου μέχρι και την 19<sup>η</sup> Μαΐου, οι τιμές της υγρασίας του υποστρώματος όλων των επεμβάσεων συμπίπτουν χωρίς καμία σημαντική διαφορά. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και από την 16<sup>η</sup> Οκτωβρίου, που έχει τελειώσει πλέον η περίοδος καταπόνησης, μέχρι και την 30<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. Οι τιμές δηλαδή της υγρασίας υποστρώματος όλων των πειραματικών τεμαχίων σχεδόν συμπίπτουν, χωρίς καμία σημαντική στατιστικά διαφορά κατά το διάστημα αυτό.

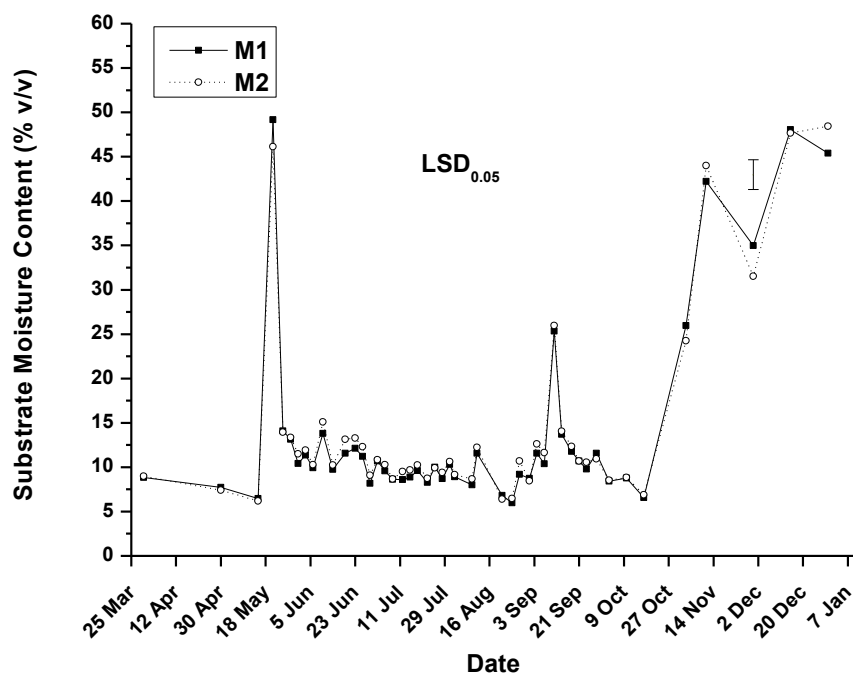
3.1.2.3. Υγρασία υποστρώματος κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2013) των φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με τον παράγοντα του φυτικού μείγματος.



**Διάγραμμα. 3.1.2.3.** Επίδραση του τύπου μείγματος σπόρων (M1 και M2) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του πρώτου έτους της μελέτης (2013). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Όσον αφορά στο παράγοντα μείγμα σε σχέση με την υγρασία των υποστρωμάτων των επεμβάσεων, κατά το έτος 2013, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις τιμές της εδαφικής υγρασίας, μεταξύ των επεμβάσεων που ήταν φυτοκαλυμμένα με το μείγμα M1 σε σχέση με εκείνα που ήταν φυτοκαλυμμένα με το μείγμα M2, όπως παρατηρείται και από το Διαγρ.3.1.2.3. Οι μόνες σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται είναι την 30<sup>η</sup> Ιουλίου, την 17<sup>η</sup> Αυγούστου, την 30<sup>η</sup> Αυγούστου και την 4<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου με τις τιμές της εδαφικής υγρασίας των πειραματικών τεμαχίων με το μείγμα M1 να είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις τιμές υγρασίας υποστρώματος των τεμαχίων εκείνων που ήταν φυτοκαλυμμένα με το μείγμα M2.

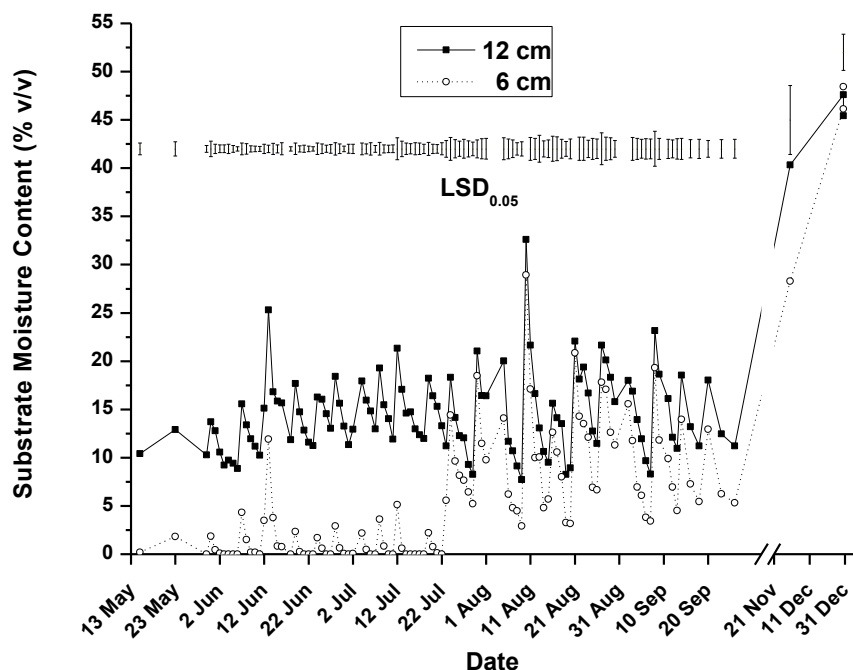
3.1.2.4. Υγρασία υποστρώματος κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014) των φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με τον παράγοντα είδος φυτικού μείγματος.



**Διάγραμμα. 3.1.2.4.** Επίδραση του τύπου μείγματος σπόρων (M1 και M2) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του δεύτερου έτους της μελέτης (2014). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Το έτος 2014, κατά το οποίο πραγματοποιήθηκε η δεύτερη υδατική καταπόνηση στα φυτά του γένους *Sedum*, (Διάγρ.3.1.2.4.), δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στις τιμές της εδαφικής υγρασίας μεταξύ των πειραματικών τεμαχίων που ήταν φυτοκαλυμμένα με το μείγμα M1 και αυτών με το μείγμα M2, πλην της 30<sup>η</sup> Νοεμβρίου όπου οι τιμές υγρασίας των πειραματικών τεμαχίων με το μείγμα M1 ήταν σημαντικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές των πειραματικών τεμαχίων που ήταν καλυμμένα με το μείγμα M2 των φυτών του γένους *Sedum*. Γενικά, δεν φάνηκε να επηρεάζει το είδος του φυτικού μίγματος την υγρασία του υποστρώματος το έτος 2014.

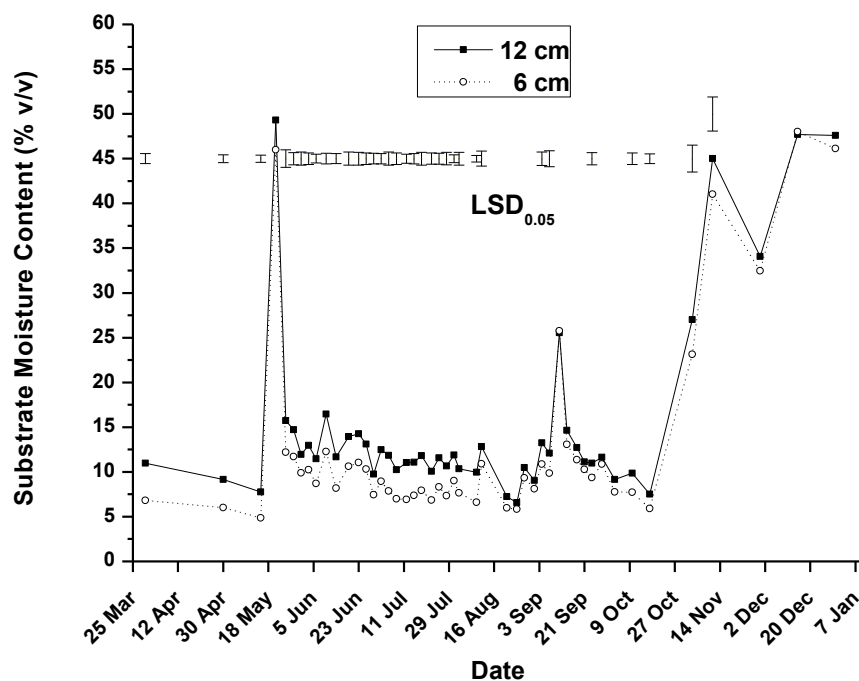
3.1.2.5. Υγρασία υποστρώματος κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2013) των φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με τον παράγοντα του βάθους του υποστρώματος .



**Διάγραμμα. 3.1.2.5.** Επίδραση του βάθους υποστρώματος (6.0 και 12 cm) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του πρώτου έτους της μελέτης (2013). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Όσον αφορά τον παράγοντα βάθος, παρατηρήθηκε ότι κατά το έτος 2013, από την 13<sup>η</sup> Μαΐου έως και την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2013, η υγρασία των υποστρωμάτων με βάθος 12 cm ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με εκείνη των υποστρωμάτων με βάθος 6 cm, καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια του παραπάνω χρονικού διαστήματος. Οπότε, φαίνεται ότι ο παράγοντας βάθος επηρεάζει σημαντικά την υγρασία του υποστρώματος των πειραματικών τεμαχίων.

3.1.2.6. Υγρασία υποστρώματος κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014) των φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με τον παράγοντα του βάθους του υποστρώματος.



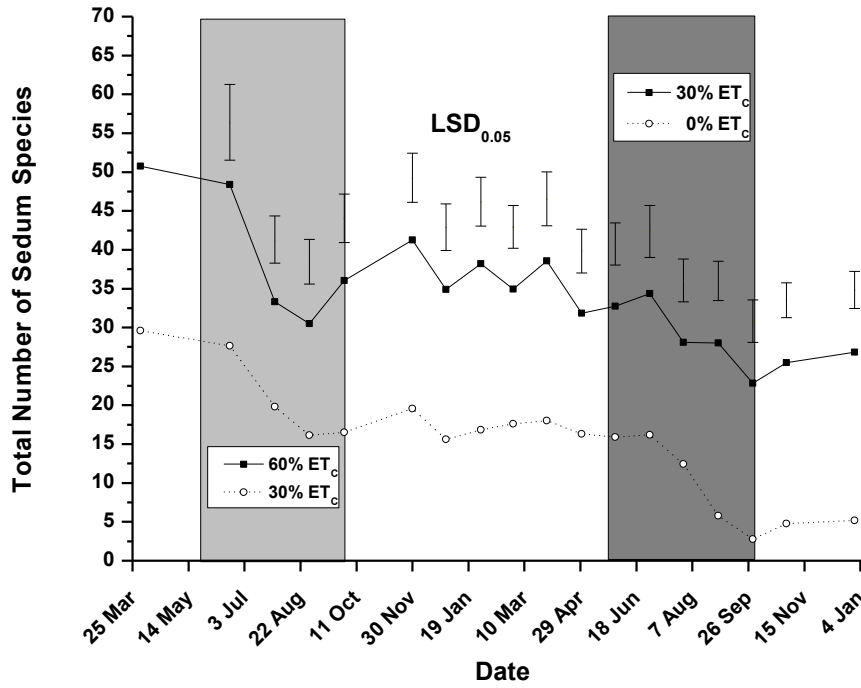
**Διάγραμμα. 3.1.2.6.** Επίδραση του βάθους υποστρώματος (6.0 και 12 cm) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του δεύτερου έτους της μελέτης (2014). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Από το Διάγρ. 3.1.2.6., παρατηρείται ότι με την έναρξη της υδατικής καταπόνησης το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης, από την 20<sup>η</sup> Μαΐου έως και την 16<sup>η</sup> Οκτωβρίου, τα βαθύτερα υποστρώματα παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα υποστρώματα βάθους 6 cm. Το διάστημα πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης, από την 30<sup>η</sup> Μαρτίου έως και την 19<sup>η</sup> Μαΐου, όπως και το διάστημα μετά την περίοδο καταπόνησης έως και την 30<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2014, δε σημειώθηκαν ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών της υγρασίας των υποστρωμάτων. Επομένως, ο παράγοντας βάθος φάνηκε να επηρεάζει την υγρασία υποστρώματος εντός της περιόδου καταπόνησης.



### 3.1.3. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους *Sedum*.

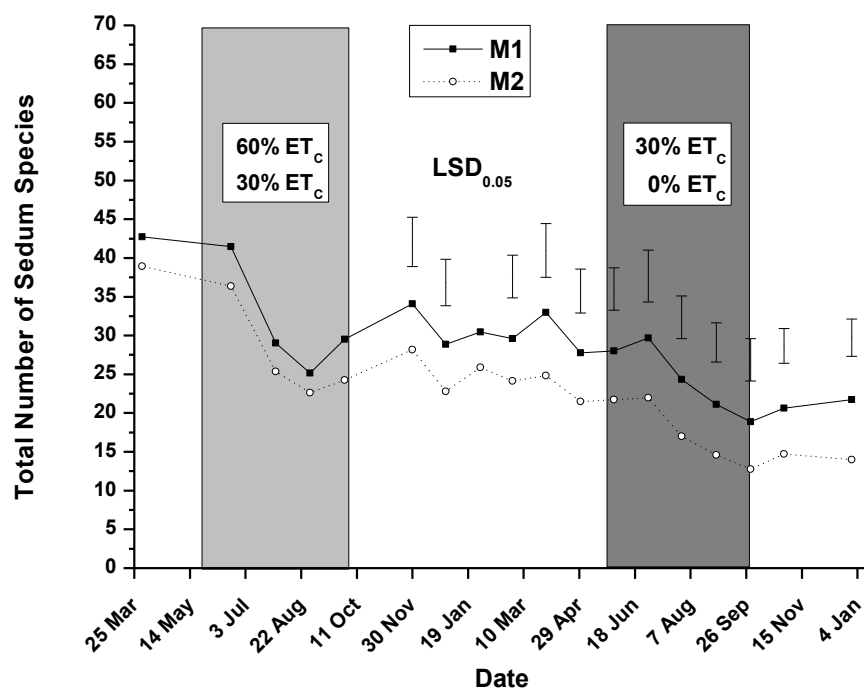
#### 3.1.3.1. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με τον παράγοντα άρδευση.



**Διάγραμμα. 3.1.3.1.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (60% και 30% ET<sub>c</sub> το 2013 και 30% και 0% E<sub>pan</sub> το 2014) στη διακύμανση του συνολικού αριθμού ειδών *Sedum* κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Η άρδευση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις τιμές του συνολικού αριθμού των φυτών του γένους *Sedum* σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια της διετούς διεξαγωγής της μελέτης (Διάγρ.3.1.3.1.). Παρατηρήθηκε ότι ο συνολικός αριθμός φυτών *Sedum* ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στις επεμβάσεις που αρδεύονταν με το υψηλό επίπεδο άρδευσης (60% της αθροιστική ημερήσιας εξάτμισης το 2013 και 30% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης το 2013) σε σχέση με τις επεμβάσεις στις οποίες εφαρμόστηκε το χαμηλό επίπεδο άρδευσης (30% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης και καθόλου άρδευση το 2014).

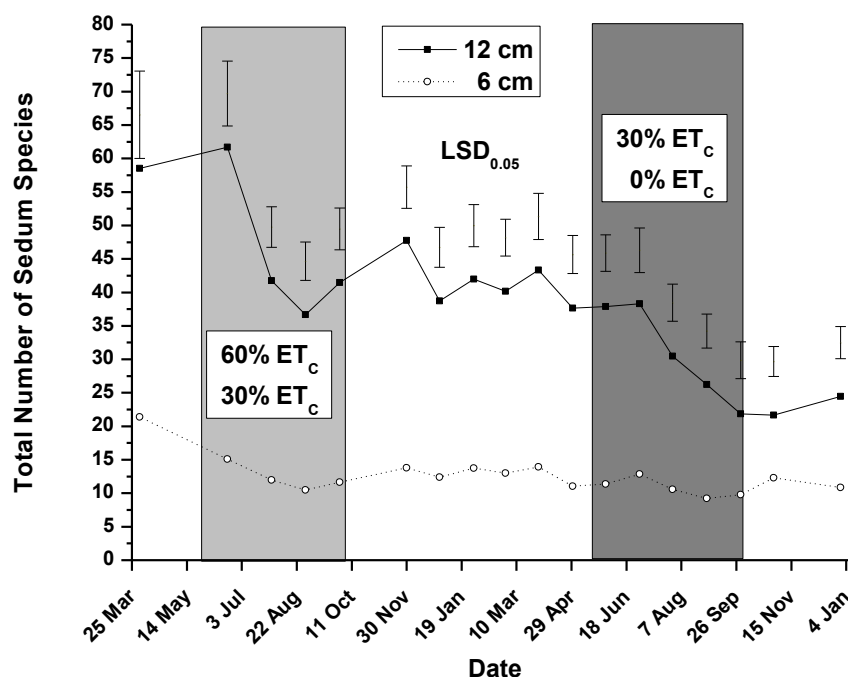
### 3.1.3.2. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με είδος του φυτικού μίγματος.



**Διάγραμμα. 3.1.3.2.** Επίδραση του είδους του μείγματος σπόρων (M1 και M2) στη διακύμανση του συνολικού αριθμού των ειδών *Sedum* κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Όπως παρατηρείται από το παραπάνω Διάγρ.3.1.3.2., το είδος του φυτικού μίγματος επηρέασε το συνολικό αριθμό των φυτών του γένους *Sedum* μόνο κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής του πειράματος (2014). Από τον Απρίλιο του 2013 μέχρι και το Νοέμβριο του 2013 δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στο συνολικό αριθμό φυτών *Sedum* μεταξύ των δύο ειδών φυτικών μιγμάτων. Από τον Δεκέμβριο του 2013 έως και τον Δεκέμβριο του 2014 ο συνολικός αριθμός των φυτών *Sedum* ήταν σημαντικά αυξημένος στο φυτικό μείγμα M1 σε σχέση με το φυτικό μείγμα M2.

3.1.3.3. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους *Sedum*, σε σχέση με το βάθος του υποστρώματος.

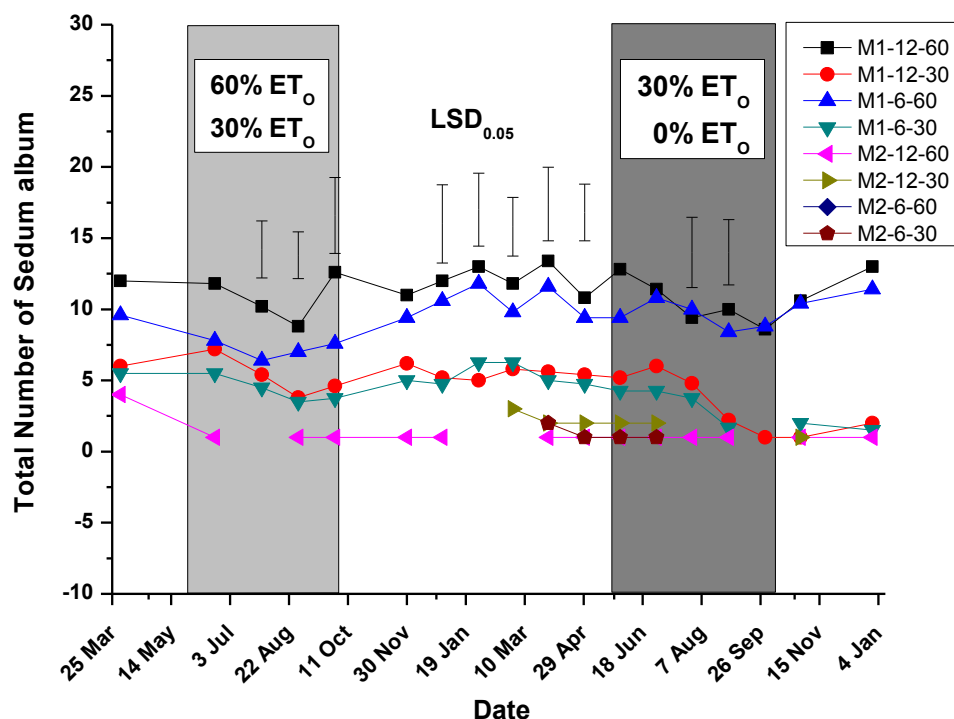


**Διάγραμμα. 3.1.3.3.** Επίδραση του βάθους υποστρώματος (6.0 και 12 cm) στη διακύμανση του συνολικού αριθμού των ειδών *Sedum* κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Το βάθος του υποστρώματος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε σχέση με το συνολικό αριθμό φυτών του γένους *Sedum* και στα δύο έτη διεξαγωγής του πειράματος (Διάγρ.3.1.3.3.). Τα φυτά τα οποία αναπτύσσονταν σε βάθος υποστρώματος 12 cm εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερο συνολικό αριθμό φυτών σε σχέση με εκείνα τα οποία ήταν εγκατεστημένα σε βάθος υποστρώματος 6 cm. Οι διαφορές αυτές ήταν διακριτές καθ όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της μελέτης, δηλαδή από τον Απρίλιο του 2013 έως και τον Δεκέμβριο.

### 3.1.4. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών ανά φυτικό είδος του γένους *Sedum*.

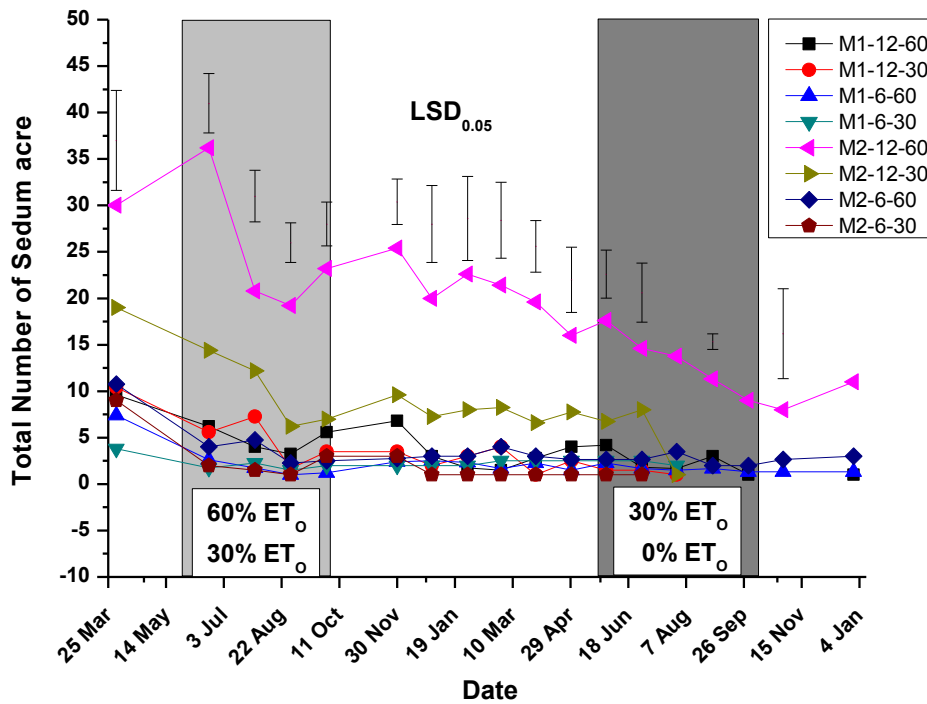
#### 3.1.4.1. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους *Sedum album*.



**Διάγραμμα. 3.1.4.1.** Επίδραση του συνδυασμού των παραγόντων (Μείγμα- Βάθος υποστρώματος- Άρδευση) στη διακύμανση του συνολικού αριθμού των φυτών του είδους *Sedum album* κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Όπως παρατηρείται από το Διαγρ.3.1.4.1. το είδος *S. album* δεν παρουσίασε ιδιαίτερες διακυμάνσεις στο συνολικό αριθμό των φυτών του κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της μελέτης (2013-2014). Εντός της πρώτης περιόδου υδατικής καταπόνησης το 2013, παρατηρείται πτώση στον αριθμό των φυτών του είδους *S. album*. Εν συνεχεία, παρατηρείται πάλι πτώση του αριθμού των φυτών του είδους, λόγω της δεύτερης υδατικής καταπόνησης το 2014. Η πτώση αυτή είναι μεγαλύτερη από εκείνη που συμβαίνει στην υδατική καταπόνηση του 2013, λόγω του ότι τα μισά πειραματικά τεμάχια το 2014 δεν αρδεύτηκαν καθόλου. Μόλις τελειώνει η περίοδος καταπόνησης παρατηρείται από το Διαγρ.3.1.4.1. ότι η τιμή του αριθμού των φυτών του είδους ανακάμπτει αμέσως και εμφανίζει ανοδική πορεία.

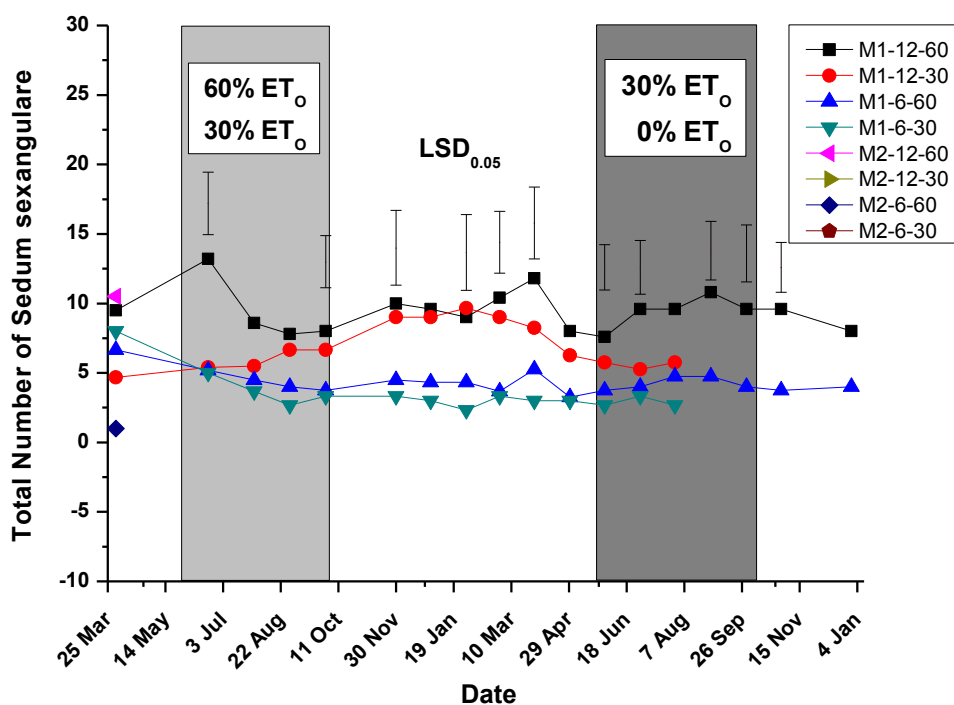
### 3.1.4.2. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους *Sedum acre*.



**Διάγραμμα. 3.1.4.2.** Επίδραση του συνδυασμού των παραγόντων (Μείγμα- Βάθος υποστρώματος- Άρδευση) στη διακύμανση του συνολικού αριθμού των φυτών του είδους *Sedum acre* κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Το είδος *S. acre* όπως παρατηρείται από το Διαγρ.3.1.4.2. ακολουθεί μειούμενη πορεία από την έναρξη της μελέτης την 1 Απριλίου του 2013 έως και τη λήξη της την 30 Δεκεμβρίου του 2014. Η πιο έντονη πτώση στις τιμές του αριθμού των φυτών του είδους εμφανίζεται εντός των περιόδων εφαρμογής των υδατικών καταπονήσεων και τα δυο έτη 2013-2014. Βέβαια οι τιμές πέφτουν πολύ περισσότερο κατά τη διάρκεια της δεύτερης υδατικής καταπόνησης το 2014 λόγω του ότι τα μισά πειραματικά τεμάχια δεν αρδεύονταν καθόλου, με αποτέλεσμα ο αριθμός των φυτών να μειωθεί πάρα πολύ τους μήνες αυτούς. Το διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των δύο καταπονήσεων, παρατηρείται μια μικρή άνοδος και μια σχετικά σταθερή πορεία των τιμών του αριθμού των φυτών του είδους *S. acre*.

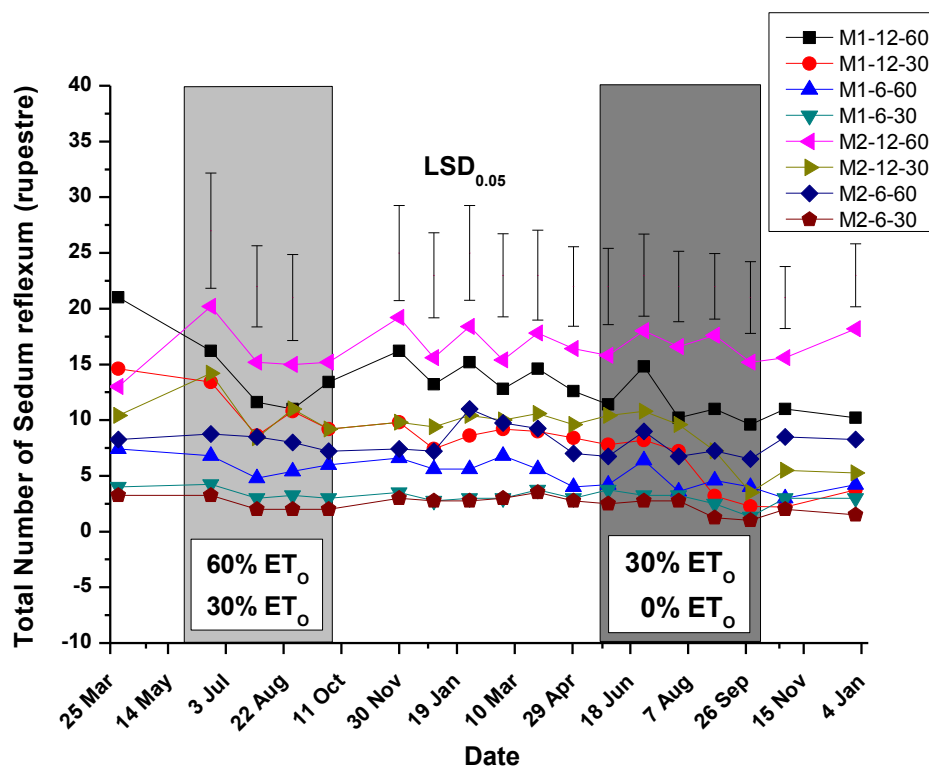
3.1.4.3. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους *Sedum sexangulare*.



**Διάγραμμα. 3.1.4.3.** Επίδραση του συνδυασμού των παραγόντων (Μείγμα- Βάθος υποστρώματος- Άρδευση) στη διακύμανση του συνολικού αριθμού των φυτών του είδους *Sedum sexangulare* κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Το είδος *S. sexangulare* όπως παρατηρείται και από το Διαγρ.3.1.4.3. εμφανίζει πτώση των τιμών του αριθμού των φυτών του εντός της περιόδου υδατικής καταπόνησης και τα δυο έτη της μελέτης 2013-2014. Στο διάστημα όμως που μεσολαβεί μεταξύ των δύο καταπονήσεων, δηλαδή από τον Οκτώβριο του 2013 έως και τον Απρίλιο του 2014, οι τιμές του αριθμού των φυτών του είδους *S. sexangulare* ακολουθούν μια σταθερή πορεία και όπως φαίνεται και από το Διαγρ.3.1.3.3. με το πέρας των περιόδων υδατικής καταπόνησης σημειώνεται μια σχετική άνοδος των τιμών του αριθμού των φυτών του είδους.

3.1.4.4. Διακύμανση του συνολικού αριθμού φυτών του φυτικού είδους *Sedum reflexum (rupestre)*.



**Διάγραμμα. 3.1.4.4.** Επίδραση του συνδυασμού των παραγόντων (Μείγμα- Βάθος υποστρώματος- Άρδευση) στη διακύμανση του συνολικού αριθμού των φυτών του είδους *Sedum reflexum (rupestre)* κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

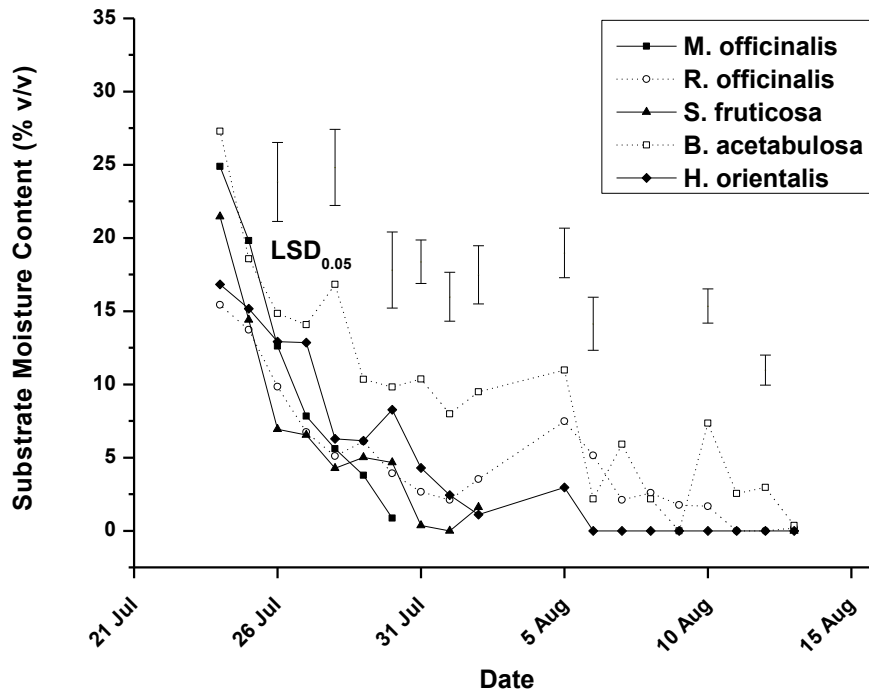
Το είδος *Sedum reflexum (rupestre)* είναι είδος το οποίο αναπτύχθηκε σε όλα τα πειραματικά τεμάχια, δηλαδή και σε αυτά που εμπεριείχαν το φυτικό μείγμα M1 και σε αυτά που είχαν το M2. Κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2013), παρατηρείται από το Διαγρ.3.1.4.4. ότι την περίοδο εφαρμογής της υδατικής καταπόνησης, ο αριθμός των φυτών του είδους μειώθηκε αρκετά αλλά με το πέρας της περιόδου αυτής εμφανίζεται πάλι άνοδος των τιμών μέχρι και το μισό της δεύτερης περιόδου υδατικής καταπόνησης το 2014. Κατά την περίοδο της καταπόνησης αυτής (2014), η πτώση στον αριθμό των φυτών του είδους *Sedum reflexum (rupestre)* παρατηρείται από τον μήνα Ιούλιο και μετά ενώ το προηγούμενο διάστημα της υδατικής καταπόνησης (Μάιο - Ιούλιο) παρατηρείται σχετική άνοδος των τιμών στον αριθμό των φυτών.

## 3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β

### Αντοχή αυτοφυών αρωματικών φυτών στην υδατική καταπόνηση

#### 3.2.1. Υγρασία υποστρώματος.

##### 3.2.1.1. Υγρασία υποστρώματος κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.



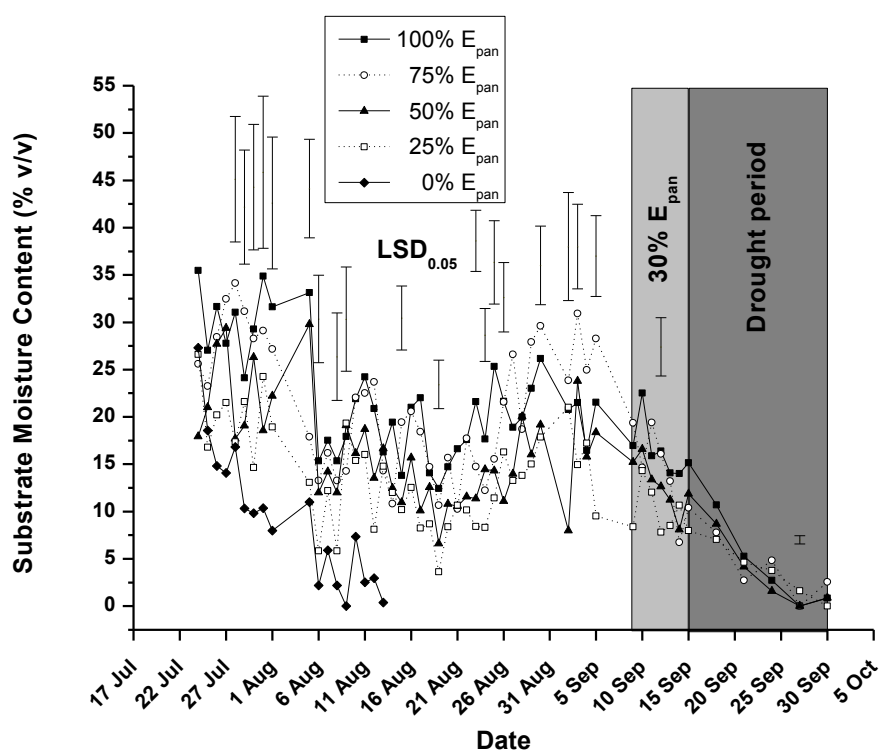
**Διάγραμμα. 3.2.1.1.** Επίδραση της μη άρδευσης στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των πέντε επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Από το Διάγρ.3.2.1.1. παρατηρείται ότι από την έναρξη της περιόδου υδατικής καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών και έως τη ξήρανσή τους (13<sup>η</sup> Αυγούστου 2013), τα φυτά του είδους *B. acetabulosa* είχαν τις υψηλότερες τιμές στην υγρασία του υποστρώματος σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη. Το είδος *H. orientale* κατάφερε να επιβιώσει έχοντας φτάσει τις μικρότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτικά είδη για αρκετές ημέρες. Τα φυτά *H. orientale* επιβίωσαν για 20 ημέρες από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης, (24<sup>η</sup> Ιουλίου - 13<sup>η</sup> Αυγούστου 2013) οπότε και ξηράνθηκαν καθώς η υγρασία του υποστρώματος βρισκόταν σε μηδενικά ποσοστά από την 6<sup>η</sup> Αυγούστου έως και την 13<sup>η</sup> Αυγούστου, δηλαδή την τελευταία εβδομάδα της καταπόνησής τους. Επίσης, τα φυτά *B. acetabulosa* ξηράνθηκαν την ίδια



μέρα με τα φυτά *H. orientale*, δηλαδή την 13<sup>η</sup> Αυγούστου έχοντας σχεδόν μηδενικά ποσοστά υγρασίας υποστρώματος. Τα φυτά του είδους *R. officinalis* ξηράνθηκαν 18 ημέρες μετά την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (10<sup>η</sup> Αυγούστου) οπότεν το ποσοστό της υγρασίας του υποστρώματος έφθασε περίπου στο 2%. Τα *S. fruticosa* παρουσίασαν απότομη πτώση της υγρασίας στα υποστρώματά τους ώσπου και ξηράνθηκαν 10 ημέρες από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης. Τα μη αρδευόμενα φυτά του *M. officinalis* ήταν εκείνα που ξηράνθηκαν πρώτα σε σχέση με τα υπόλοιπα, μια εβδομάδα μετά από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (24<sup>η</sup> Ιουλίου - 31<sup>η</sup> Ιουλίου), οπότεν το ποσοστό υγρασίας του υποστρώματος μειώθηκε περίπου στο 1%.

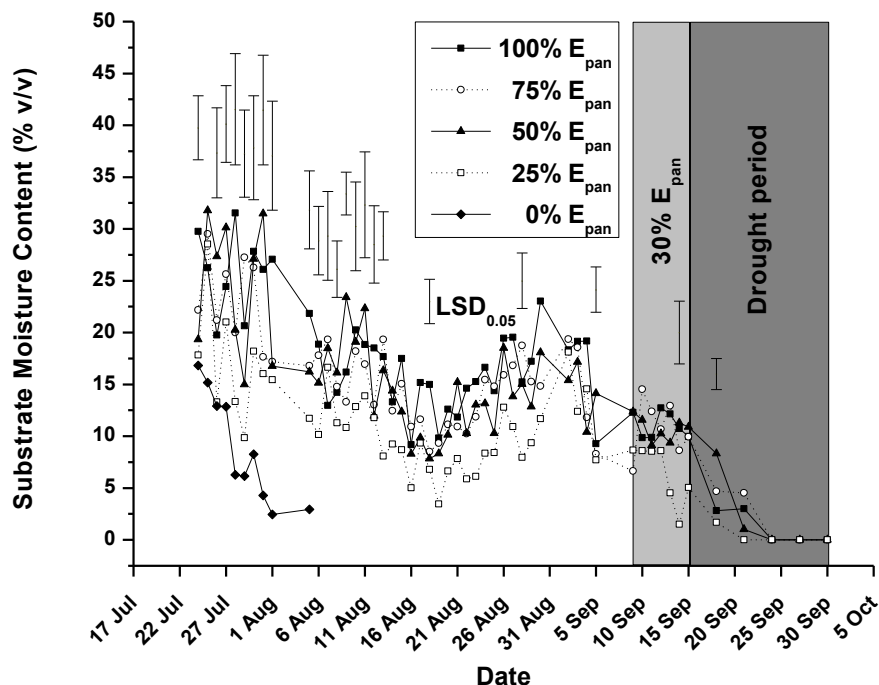
3.2.1.2. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Ballota acetabulosa* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.



**Διάγραμμα. 3.2.1.2.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0%  $E_{pan}$ ) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *B. acetabulosa*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τριών επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Κατά την έναρξη της περιόδου της υδατικής καταπόνησης, παρατηρήθηκε από το Διαγρ.3.2.1.2. ότι η υγρασία του υποστρώματος στα φυτά του είδους *B. acetabulosa* τα οποία αρδεύονταν με 100%, 75% και 50%  $E_{pan}$  κυμαινόταν σε παρόμοια επίπεδα, ενώ αυτών που αρδεύονταν με το 25% και το 0%  $E_{pan}$  είχαν μικρότερη υγρασία υποστρώματος. Εν συνεχεία, από την 28<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 6<sup>η</sup> Αυγούστου, η υψηλότερη εδαφική υγρασία παρουσιάστηκε στα φυτά που αρδεύτηκαν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα μη αρδευόμενα φυτά που παρουσίασαν πολύ χαμηλότερες τιμές υγρασίας στα υποστρώματά τους. Αυτό μετά την 30<sup>η</sup> Ιουλίου ανατρέπεται ξανά και στα φυτά που αρδεύτηκαν με το 100%  $E_{pan}$  εμφανίζονται πάλι οι υψηλότερες τιμές υγρασίας στο υπόστρωμά τους, με σημαντική πτώση των τιμών υγρασίας των υποστρωμάτων που αρδεύτηκαν με το 75%  $E_{pan}$ , σε βαθμό τέτοιο που κατά το διάστημα από 1<sup>η</sup> Αυγούστου έως και 6<sup>η</sup> Αυγούστου τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε το 50%  $E_{pan}$  εμφάνισαν υψηλότερες τιμές εδαφικής υγρασίας από αυτά που αρδεύτηκαν με το 75%  $E_{pan}$ . Στα φυτά τα οποία εφαρμόστηκε άρδευση με το 25% και το 0% της ημερήσιας εξάτμισης παρατηρήθηκε από την αρχή της ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης σταθερή μειούμενη πορεία στην εδαφική τους υγρασία. Εκείνα τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου επιβίωσαν μέχρι και την 13<sup>η</sup> Αυγούστου σε μηδενικά ποσοστά εδαφικής υγρασίας, ενώ εκείνα με το 25%  $E_{pan}$  επέζησαν μέχρι και την 20<sup>η</sup> Αυγούστου σε υγρασία υποστρώματος που έφτασε το 4%.

3.2.1.3. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Helichrysum orientale* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

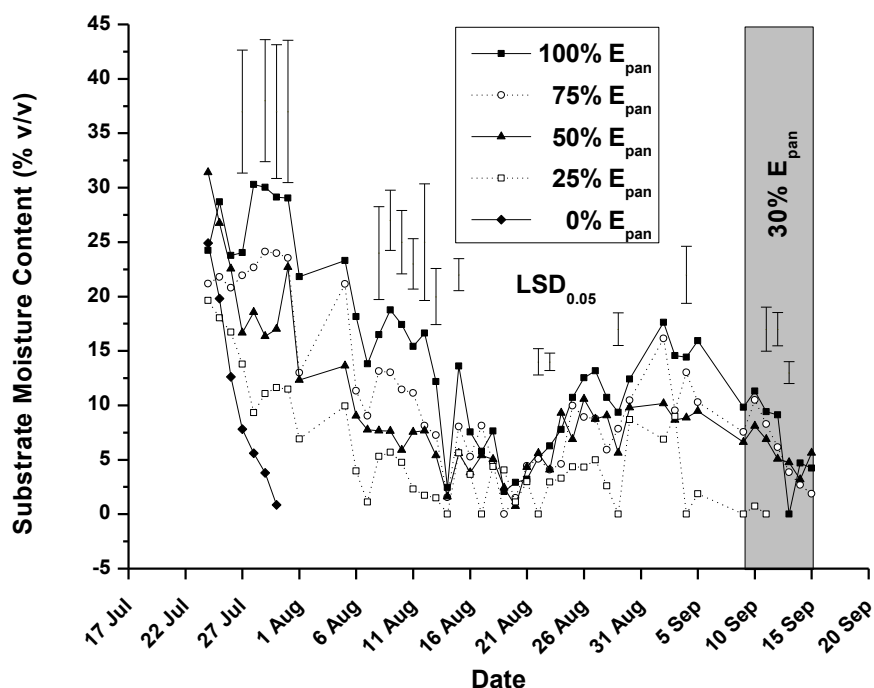


**Διάγραμμα. 3.2.1.3.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *H. orientale*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Όσον αφορά το *H. orientale*, παρατηρήθηκε από το Διαγρ.3.2.1.3. ότι κατά τις πρώτες 10 ημέρες περίπου της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης (από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 13<sup>η</sup> Αυγούστου), οι χαμηλότερες τιμές εδαφικής υγρασίας με αρκετές σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες, εμφανίσθηκαν στα φυτά στα οποία δεν εφαρμόστηκε άρδευση. Κατά το υπόλοιπο διάστημα της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης μέχρι και το τέλος της ξηράς περιόδου την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2013, τα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης είχαν την τάση να εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος οι οποίες ήταν σημαντικά διαφορετικές από τις υπόλοιπες επεμβάσεις άρδευσης μόνο όμως σε περιορισμένες ημερομηνίες. Γενικά, καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης, οι υψηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος του είδους *H. orientale*

καταγράφηκαν από τα φυτά εκείνα τα οποία αρδεύτηκαν με το 100%, το 75% και το 50% της ημερήσιας εξάτμισης.

3.2.1.4. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Melissa officinalis* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

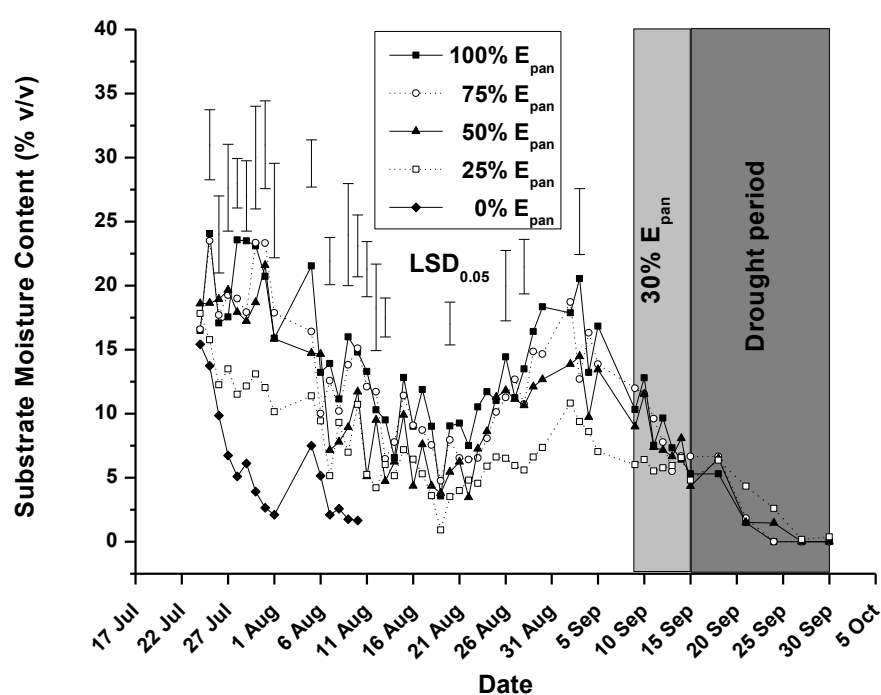


**Διάγραμμα. 3.2.1.4.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *M. officinalis*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τριών επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Όπως παρατηρείται από το Διαγρ.3.2.1.4. οι τιμές της εδαφικής υγρασίας στα φυτά *M. officinalis* παρουσιάζουν ομαλές σχετικά διακυμάνσεις ανάλογα με τα επίπεδα άρδευσης που τους εφαρμόστηκαν. Δηλαδή, τις πιο υψηλές τιμές υγρασίας υποστρώματος καθ' όλη τη διάρκεια της ελλειμματικής άρδευσης/καταπόνησης εμφανίζουν τα φυτά που αρδεύτηκαν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης με σημαντικές διαφορές από εκείνα που δεν αρδεύτηκαν καθόλου και εμφάνισαν και τις χαμηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα φυτά που αρδεύονταν με τις διάφορες επεμβάσεις άρδευσης. Τα μη αρδευόμενα φυτά του

*M. officinalis* ξηράθηκαν μια εβδομάδα μετά την έναρξης της υδατικής καταπόνησης (31<sup>η</sup> Ιουλίου) οπότεν το ποσοστό της υγρασίας του υποστρώματος είχε μειωθεί περίπου στο 1%. Η αμέσως επόμενη ομάδα φυτών *M. officinalis* με τις πιο χαμηλές τιμές υγρασίας υποστρώματος ήταν αυτά που αρδεύονταν με το 25%  $E_{pan}$ , καθ όλη τη διάρκεια της ελλειμματικής άρδευσης και της υδατικής καταπόνησης φθάνοντας σε ποσοστά υγρασίας υποστρώματος που έφτασαν το 1%.

3.2.1.5. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Rosmarinus officinalis* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

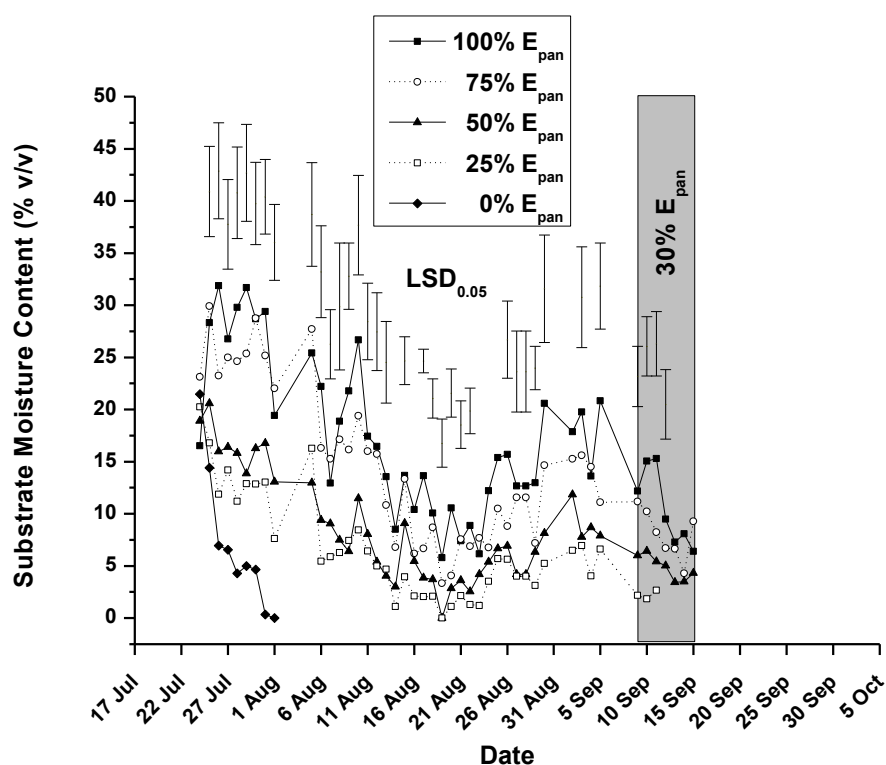


**Διάγραμμα. 3.2.1.5.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0%  $E_{pan}$ ) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *R. officinalis*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Από το Διάγρ. 3.2.1.5. παρατηρείται ότι τα φυτά *R. officinalis* που αρδεύονταν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης εμφάνισαν καθ όλη σχεδόν τη διάρκεια της ελλειμματικής άρδευσης, μεγαλύτερες τιμές υγρασίας υποστρώματος σε σχέση με εκείνα που αρδεύονταν με τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης, εκτός από την περίοδο

ξηρασίας που εφαρμόστηκε, οπότε οι υψηλότερες τιμές υγρασίας του υποστρώματος εμφανίστηκαν στα φυτά τα οποία αρδεύονταν με ελλειμματική άρδευση στο 25% της ημερήσιας εξάτμισης. Συγκεκριμένα, όπως παρατηρείται από το διάγραμμα, τα φυτά του είδους *R. officinalis* που αρδεύονταν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη υγρασία υποστρώματος σε σχέση με τα μη αρδευόμενα φυτά και εν συνεχεία με τα φυτά που αρδεύονταν με ελλειμματική άρδευση στο 25% της ημερήσιας εξάτμισης. Την περίοδο από την 9<sup>η</sup> μέχρι και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου όπου η άρδευση μειώθηκε κατά 30% και κατά τη ξηρά περίοδο δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα επίπεδα άρδευσης των φυτών *R. officinalis*. Τα μη αρδευόμενα φυτά παρουσίασαν τις χαμηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος απ όλα τα υπόλοιπα και άντεξαν μέχρι και την 10<sup>η</sup> Αυγούστου οπότε και ξηράθηκαν έχοντας φτάσει σε ποσοστό εδαφικής υγρασίας στο 2%.

3.2.1.6. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Salvia fruticosa* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.



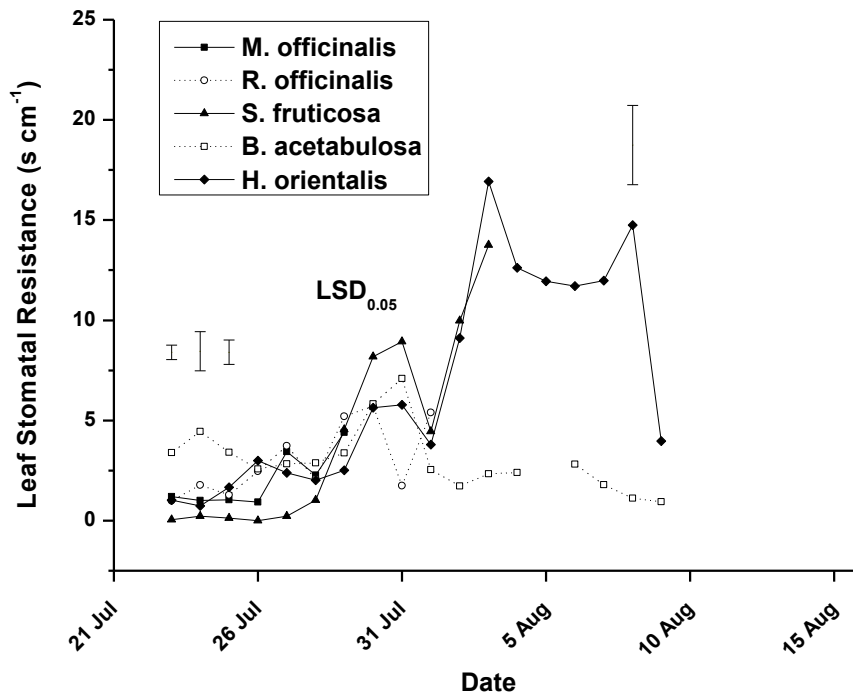
**Διάγραμμα. 3.2.1.6.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *S. fruticosa*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων

επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Τα εδαφικά υποστρώματα των φυτών *S. fruticosa* τα οποία αρδεύονταν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές υγρασίας υποστρώματος σε όλη σχεδόν τη διάρκεια της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης. Μετά ακολουθούν, χωρίς σημαντικές διαφορές, οι τιμές της εδαφικής υγρασίας των φυτών εκείνων στα οποία εφαρμόστηκε το 75%  $E_{pan}$  και έτσι συνεχίζεται μέχρι και το τέλος της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης. Οι αμέσως επόμενες χαμηλότερες τιμές εδαφικής υγρασίας που παρατηρούνται, αλλά με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα δυο προηγούμενα επίπεδα άρδευσης (100% και 75% της ημερήσιας εξάτμισης), είναι οι τιμές της υγρασίας των υποστρωμάτων των φυτών που αρδεύτηκαν με το 50%  $E_{pan}$ . Εν συνεχεία, ακολουθούν οι τιμές της υγρασίας των φυτών εκείνων στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης, οι οποίες είναι μικρότερες από τις τιμές εκείνων των φυτών που αρδεύτηκαν με τα προηγούμενα τρία επίπεδα άρδευσης. Τέλος, οι μικρότερες τιμές εδαφικής υγρασίας παρουσιάστηκαν στα φυτά τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου, με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις υγρασίες των υπολοίπων και ειδικά εκείνων που αρδεύτηκαν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης. Τα φυτά αυτά επέζησαν χωρίς νερό για δέκα ημέρες, μέχρι και την 3<sup>η</sup> Αυγούστου φτάνοντας σε μηδενικά ποσοστά υγρασίας.

### 3.2.2. Αντίσταση στοματίων

#### 3.2.2.1. Αντίσταση των στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.

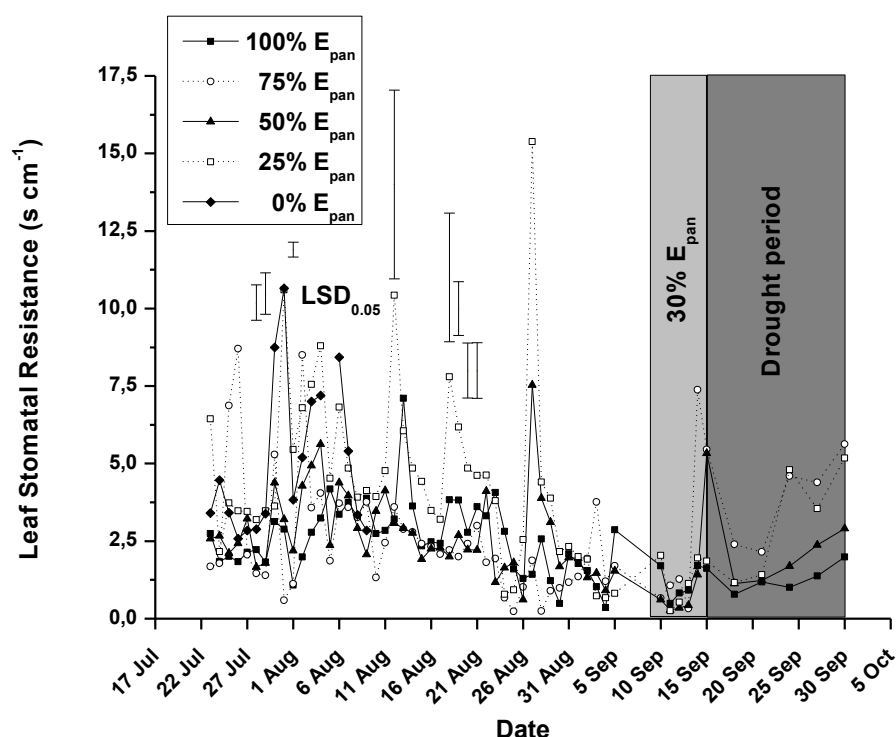


**Διάγραμμα. 3.2.2.1.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0%  $E_{pan}$ ) στη διακύμανση της αντίστασης των στοματίων κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των επαναλήψεων του κάθε είδους. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Όπως παρατηρείται από το Διαγρ. 3.2.2.1., τις πρώτες δυο ημέρες της περιόδου υδατικής καταπόνησης των φυτών (24<sup>η</sup>-25<sup>η</sup> Ιουλίου), παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των μη αρδευόμενων φυτών του είδους *B. acetabulosa* που εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές στοματικής αντίστασης σε σχέση με τα μη αρδευόμενα φυτά *S. fruticosa* που εμφάνισαν τις χαμηλότερες. Εν συνεχεία, σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης των μη αρδευόμενων φυτών απ' όλα τα είδη, παρατηρείται ότι τις μεγαλύτερες τιμές αντίστασης των στοματίων παρουσίασαν τα φυτά *H. orientale*, που άγγιξαν τα 17,5 s cm<sup>-1</sup>, την 3<sup>η</sup> Αυγούστου 2013, και τα φυτά *S. fruticosa*, ενώ τις μικρότερες τιμές σημείωσαν τα φυτά *B. acetabulosa*.



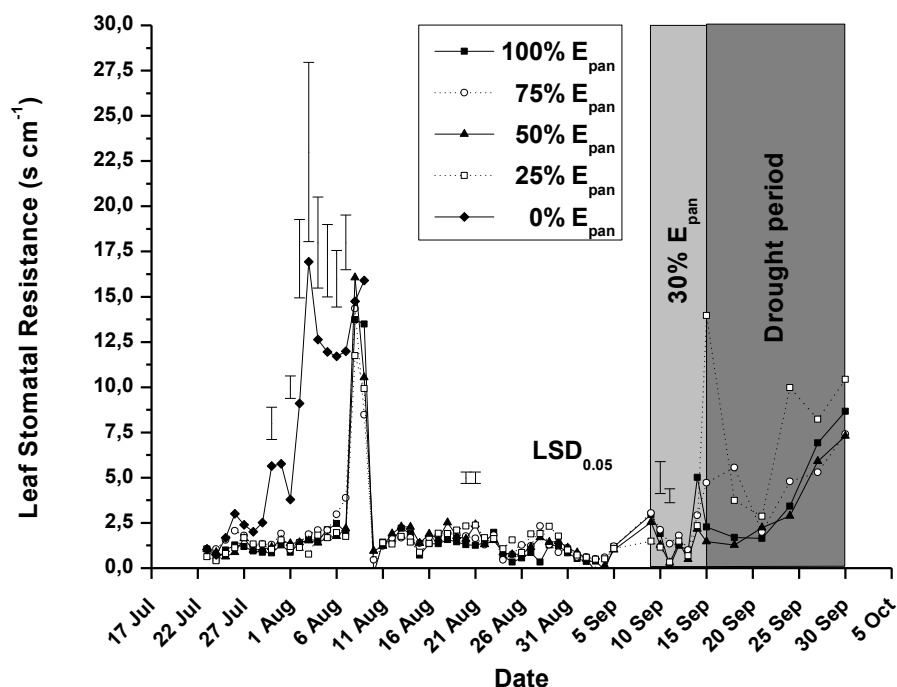
### 3.2.2.2. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Ballota acetabulosa*.



**Διάγραμμα. 3.2.2.2.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη της αντίστασης των στοματίων κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *B. acetabulosa*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τριών επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Όσον αφορά στην αντίσταση των στοματίων των φυτών *B. acetabulosa*, από το διάγραμμα παρατηρείται ότι από την έναρξη της περιόδου της ελλειμματικής άρδευσης και μέχρι και την 6<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, οι μεγαλύτερες τιμές αντίστασης στοματίων ανήκουν στα φυτά εκείνα που δεν αρδεύονταν καθόλου. Εν συνεχεία, όλο το υπόλοιπο διάστημα εφαρμογής της ελλειμματικής άρδευσης μέχρι και την ξηρά περίοδο, παρατηρείται ότι τις υψηλότερες τιμές στοματικής αντίστασης εμφάνισαν τα φυτά εκείνα τα οποία δέχτηκαν άρδευση με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις τιμές που σημείωσαν τα φυτά *B. acetabulosa* στα οποία εφαρμόστηκαν τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης.

### 3.2.2.3. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Helichrysum orientale*.

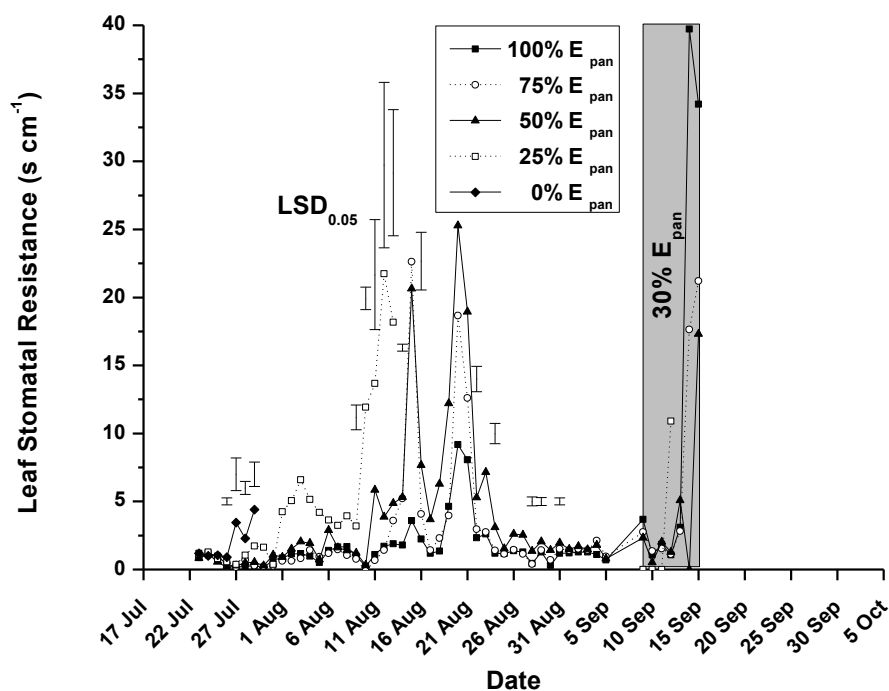


**Διάγραμμα. 3.2.2.3.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση της αντίστασης των στοματίων κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *H. orientale*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Όπως παρατηρείται από το Διαγρ. 3.2.2.3. τα φυτά *H. orientale* τα οποία δεν αρδεύτηκαν ποτέ εμφάνισαν και τις μεγαλύτερες τιμές στοματικής αντίστασης με σημαντική διαφορά από τις τιμές των υπολοίπων φυτών κατά τις δυο πρώτες εβδομάδες της υδατικής καταπόνησης (24<sup>η</sup> έως 10<sup>η</sup> Αυγούστου). Στα υπόλοιπα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν τα τέσσερα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης, κατά τη διάρκεια του ίδιου διαστήματος, οι τιμές της αντίστασης στοματίων σχεδόν συμπίπτουν. Την 9<sup>η</sup> Αυγούστου παρατηρείται μια ταυτόχρονη τάση ανόδου των τιμών όλων των φυτών, η οποία όμως μετά επανέρχεται στα προηγούμενα επίπεδα. Από την 10<sup>η</sup> Αυγούστου μέχρι και την 5<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, οι τιμές της στοματικής αντίστασης όλων των φυτών κυμαίνονται σχεδόν στα ίδια επίπεδα, χωρίς ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές. Κατά την περίοδο ξηρασίας, από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2013, τις μεγαλύτερες τιμές στοματικής αντίστασης εμφανίζουν τα φυτά εκείνα που πριν αρδεύονταν με το

25% της ημερήσιας εξάτμισης, χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα υπόλοιπα.

#### 3.2.2.4. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Melissa officinalis*.

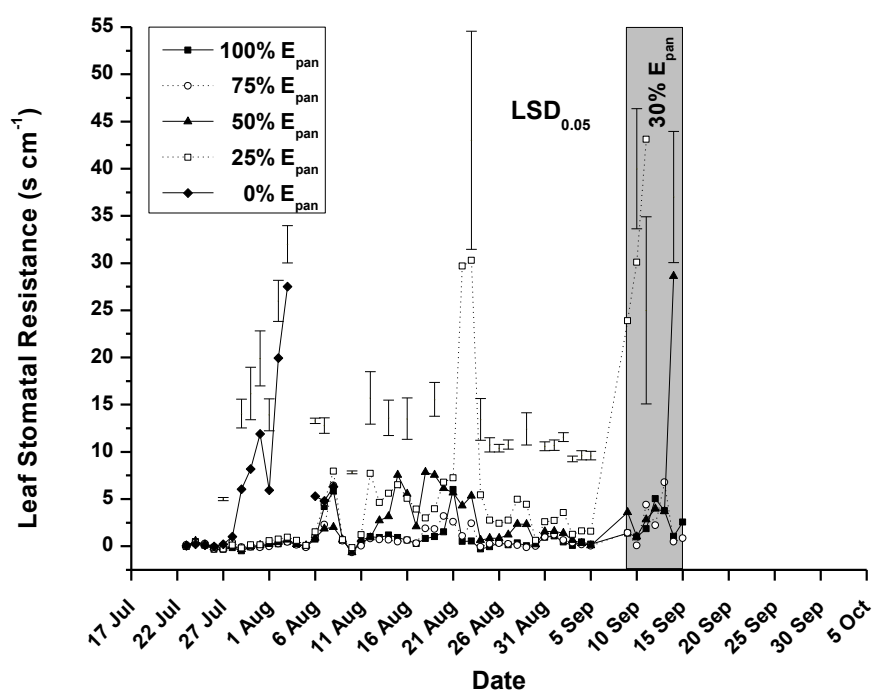


**Διάγραμμα. 3.2.2.4.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση της αντίστασης των στοματίων κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *M. officinalis*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τριών επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Με την έναρξη της περιόδου της υδατικής καταπόνησης και κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών εφαρμογής της παρατηρείται από το Διαγρ.3.2.2.4. ότι στα φυτά *M. officinalis* τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου εμφανίσθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές αντίστασης των στοματίων με σημαντική διαφορά σε σχέση με τις τιμές των υπολοίπων φυτών που δέχτηκαν τις διάφορες επεμβάσεις άρδευσης. Τα φυτά αυτά που δέχτηκαν μηδενική ποσότητα νερού ξηράθηκαν μια εβδομάδα μετά την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (31<sup>η</sup> Ιουλίου 2013). Από την ημέρα αυτή μέχρι και την 13<sup>η</sup> Αυγούστου, οι μεγαλύτερες τιμές στοματικής αντίστασης εμφανίζονται στα φυτά που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης, παρουσιάζοντας σημαντικές διαφορές ειδικά σε σχέση με τα υπόλοιπα. Στην πορεία και μέχρι και την 31<sup>η</sup> Αυγούστου οι υψηλότερες τιμές

αντίστασης των στοματίων παρατηρούνται στα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης με κάποιες σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα υπόλοιπα. Από την 31<sup>η</sup> Αυγούστου μέχρι και το τέλος της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης, δεν παρατηρούνται σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης στις τιμές της αντίστασης στοματίων των φυτών.

### 3.2.2.5. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Salvia fruticosa*.

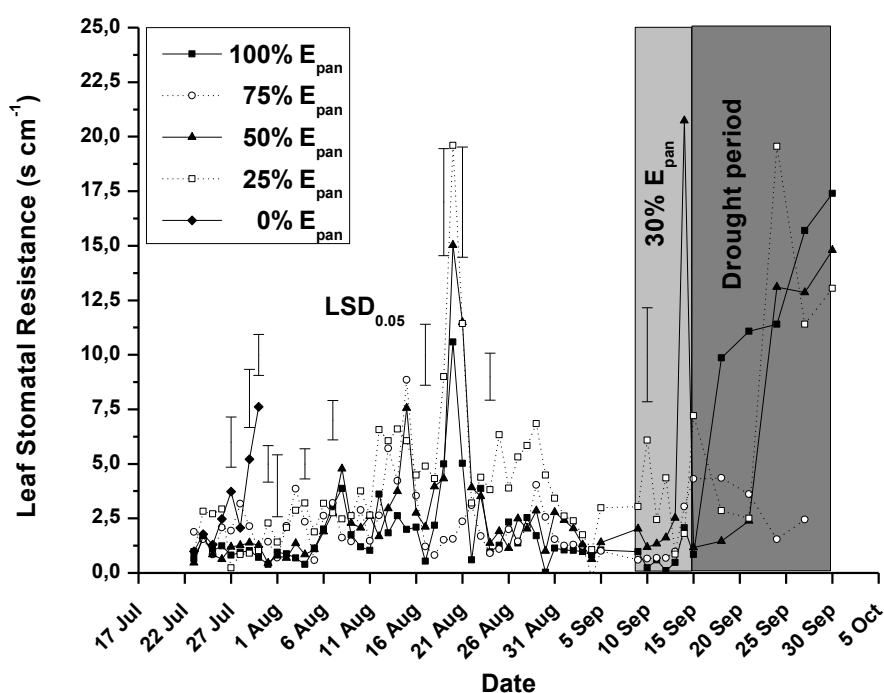


**Διάγραμμα. 3.2.2.5.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση της αντίστασης των στοματίων κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *S. fruticosa*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Από την έναρξη της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης έως και την 3<sup>η</sup> Αυγούστου, παρατηρείται από το Διαγρ.3.2.2.5. ότι τα φυτά *S. fruticosa* τα οποία δεν δέχτηκαν καμία επέμβαση άρδευσης παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές αντίστασης των στοματίων με σημαντικές στατιστικά διαφορές σε σχέση με τις τιμές των υπόλοιπων φυτών που αρδεύονταν με τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης. Οι τιμές

στοματικής αντίστασης των φυτών στα οποία εφαρμόστηκαν τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης (100%, 75%, 50% και 25%  $E_{pan}$ ) σχεδόν συμπίπτουν μεταξύ τους κατά την περίοδο αυτή έως και την 5<sup>η</sup> Αυγούστου. Από την 6<sup>η</sup> Αυγούστου και μετά παρατηρείται από το διάγραμμα ότι τις πιο υψηλές τιμές αντίστασης στοματίων με σημαντικές στατιστικά διαφορές, εμφανίζουν τα φυτά εκείνα που δέχτηκαν άρδευση με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης και αυτό συνεχίζει να συμβαίνει σχεδόν μέχρι το τέλος της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης. Κατά την περίοδο από την 9<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου και συγκεκριμένα την 14<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, τις μεγαλύτερες τιμές αντίστασης στοματίων παρουσίασαν τα φυτά εκείνα τα οποία αρδεύονταν με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης.

### 3.2.2.6. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Rosmarinus officinalis*.

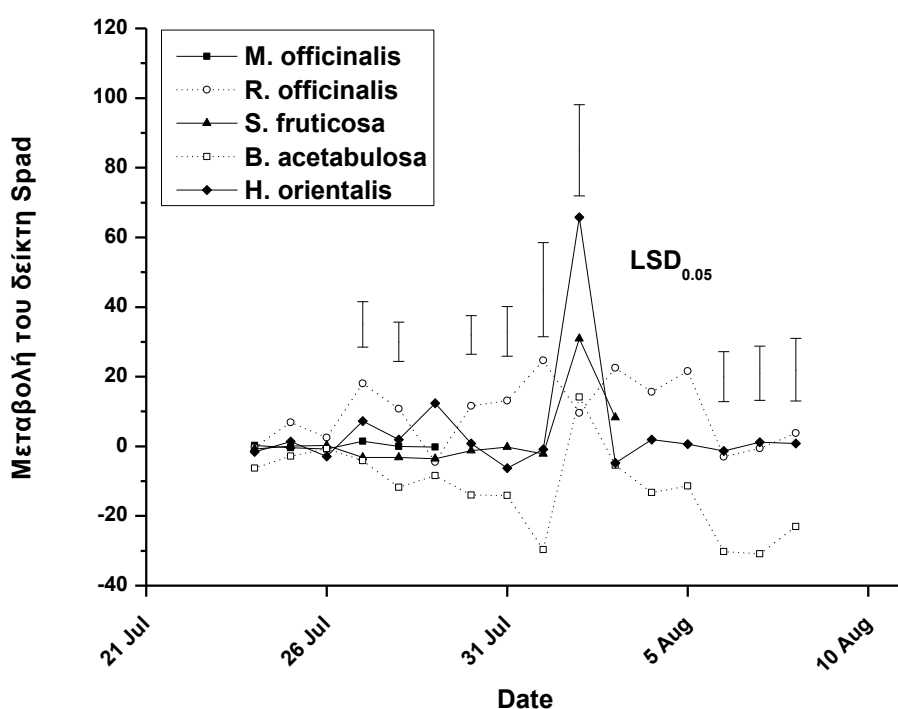


**Διάγραμμα. 3.2.2.6.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0%  $E_{pan}$ ) στη διακύμανση της αντίστασης των στοματίων κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *R. officinalis*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Τα φυτά *R.officinalis* τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου, εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές στοματικής αντίστασης με σημαντικές διαφορές από τις τιμές των υπολοίπων κατά τις πρώτες ημέρες της περιόδου υδατικής καταπόνησης έως και την 30<sup>η</sup> Ιουλίου (Διάγρ.3.2.2.6.). Στη συνέχεια, ακολουθούν οι τιμές των φυτών που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης, οι οποίες είναι μεγαλύτερες από εκείνες των υπολοίπων φυτών που αρδεύονταν με τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης μέχρι και την ξηρά περίοδο με σημαντικές στατιστικά διαφορές. Κατά την περίοδο ξηρασίας δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές στατιστικά διαφορές στις τιμές της στοματικής αντίστασης των φυτών *R. officinalis* μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης.

### 3.2.3. Μέτρηση SPAD

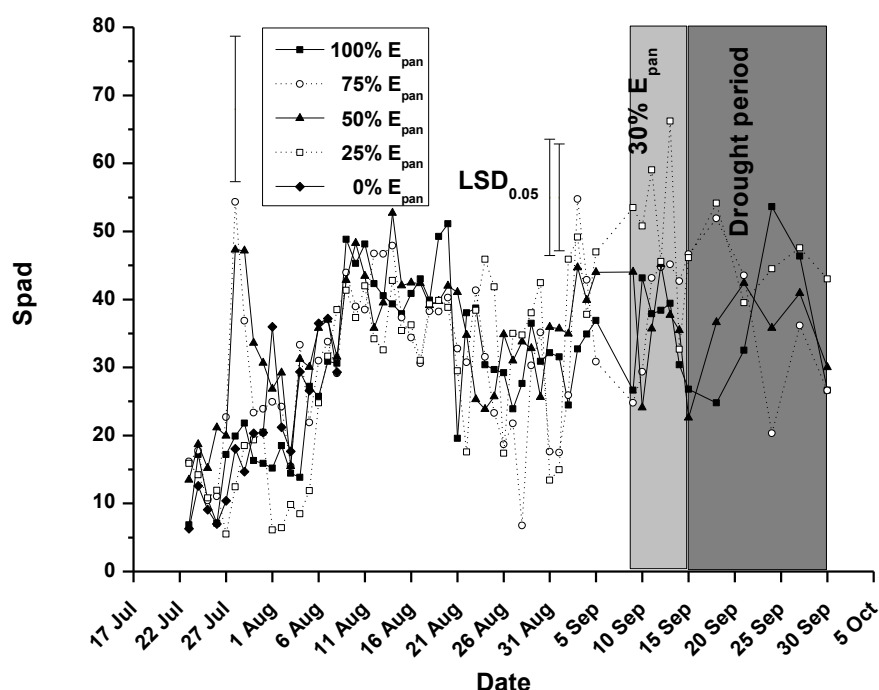
3.2.3.1. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.



**Διάγραμμα. 3.2.3.1.** Επίδραση της εφαρμογής μηδενικής άρδευσης στη διακύμανση των τιμών spad κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των επαναλήψεων του κάθε είδους. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ .

Από το παραπάνω Διαγρ.3.2.3.1. παρατηρείται ότι σε γενικές γραμμές καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών, τις μεγαλύτερες τιμές spad εμφάνισαν τα φυτά *R. officinalis* και τις μικρότερες τιμές spad με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτικά είδη σημείωσαν τα φυτά *B. acetabulosa*.

3.2.3.2. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Ballota acetabulosa*.

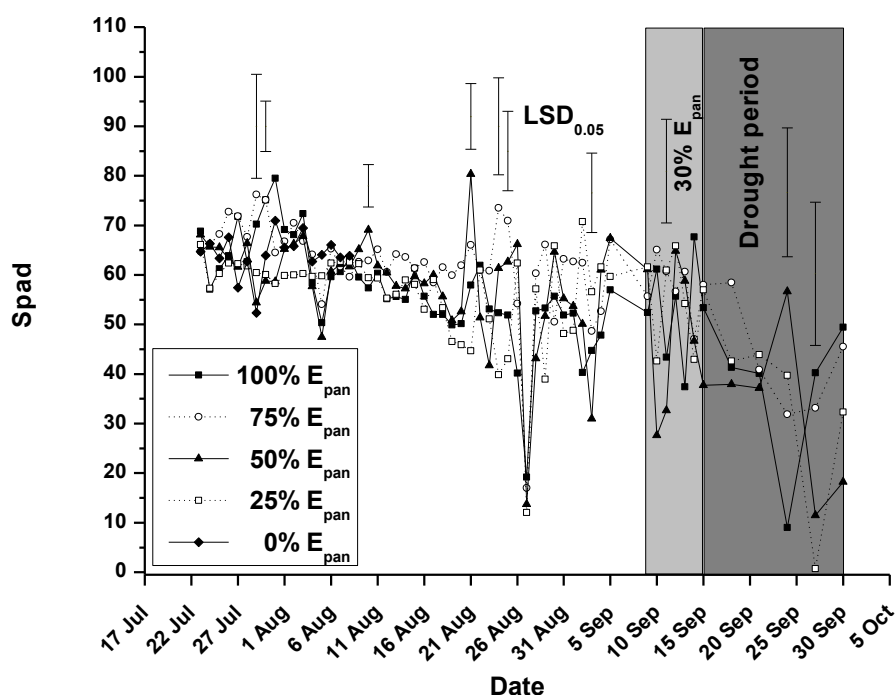


**Διάγραμμα. 3.2.3.2.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση των τιμών spad κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *B. acetabulosa*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τριών επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Από την έναρξη της περιόδου της υδατικής καταπόνησης των φυτών *B. acetabulosa* μέχρι και την 17<sup>η</sup> Αυγούστου παρατηρείται από το Διαγρ.3.2.3.2. μια γενική άνοδος των τιμών spad όλων των φυτών συνολικά, με τις μικρότερες τιμές να εμφανίζονται στα φυτά εκείνα που αρδευόνταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης. Από την 17<sup>η</sup> Αυγούστου και σχεδόν καθ' όλο το διάστημα που ακολουθεί μέχρι και την περίοδο ξηρασίας, παρατηρείται μια γενική πτώση των τιμών του spad σε όλα τα φυτά

ανεξαρτήτως επέμβασης άρδευσης με τις μικρότερες και στατιστικά σημαντικές σε περιορισμένες ημερομηνίες, τιμές spad να εμφανίζονται στα φυτά εκείνα τα οποία αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης.

3.2.3.3. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Helichrysum orientale*.

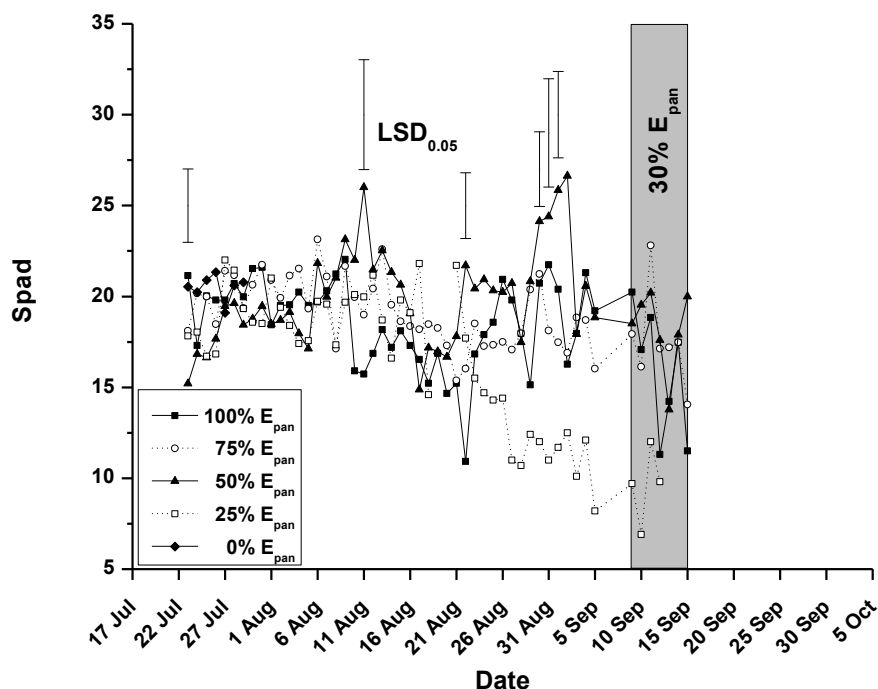


**Διάγραμμα. 3.2.3.3.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση των τιμών spad κατά τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης του *H. orientale*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05

Κατά την πρώτη εβδομάδα εφαρμογής της ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης των φυτών *H. orientale*, όπως παρατηρείται από το Διαγρ.3.2.3.3., τις υψηλότερες τιμές spad σημείωσαν τα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 75% και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης. Στην συνέχεια και για έναν περίπου μήνα μετά (10<sup>η</sup> Αυγούστου - 10<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου), παρατηρείται ότι τις μεγαλύτερες τιμές spad εμφάνισαν τα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 50% και το 75% της ημερήσιας εξάτμισης.



### 3.2.3.4. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Melissa officinalis*.

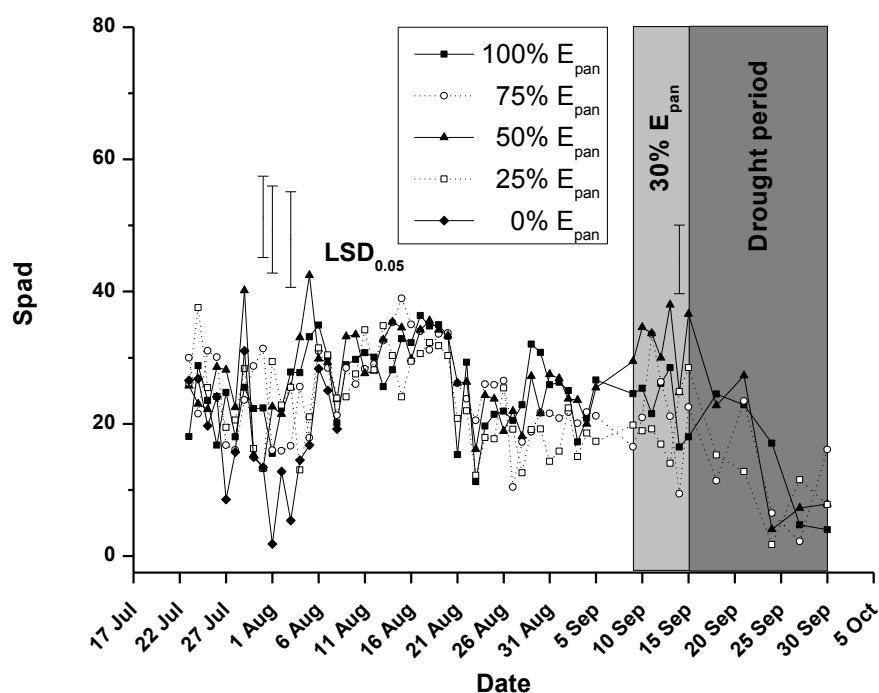


**Διάγραμμα. 3.2.3.4.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση των τιμών spad κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του *M. officinalis*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τριών επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Από το Διάγρ.3.2.3.4. παρατηρείται ότι κατά την έναρξη της υδατικής καταπόνησης των φυτών *M. officinalis*, την 24<sup>η</sup> Ιουλίου οι υψηλότερες τιμές spad εμφανίζονται στα φυτά εκείνα που δέχτηκαν το 50% και οι χαμηλότερες τιμές με σημαντική διαφορά από τις προαναφερθείσες τιμές, στα φυτά εκείνα που δέχτηκαν άρδευση με το 0% της ημερήσιας εξάτμισης. Καθώς προχωράει η περίοδος εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης παρατηρείται ότι την 11<sup>η</sup> και την 22 Αυγούστου οι μικρότερες τιμές spad ήταν των φυτών εκείνων που αρδεύονταν με το 100% με σημαντική στατιστική διαφορά σε σχέση με εκείνα που αρδεύονταν με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης που παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές. Από την 22<sup>η</sup> Αυγούστου και μετά παρατηρείται σημαντική μείωση των τιμών των *M. officinalis* στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση με το 25%, τα οποία λαμβάνουν τις μικρότερες τιμές συγκριτικά

με όλα τα υπόλοιπα φυτά των διαφορετικών επεμβάσεων άρδευσης μέχρι και το τέλος της υδατικής καταπόνησης, ενώ τα *M.officinalis* που αρδεύονταν με το 50% εξακολούθησαν να εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές spad με σημαντικές στατικά διαφορές την 28<sup>η</sup> Αυγούστου μέχρι και την 2<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου.

3.2.3.5. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Rosmarinus officinalis*.

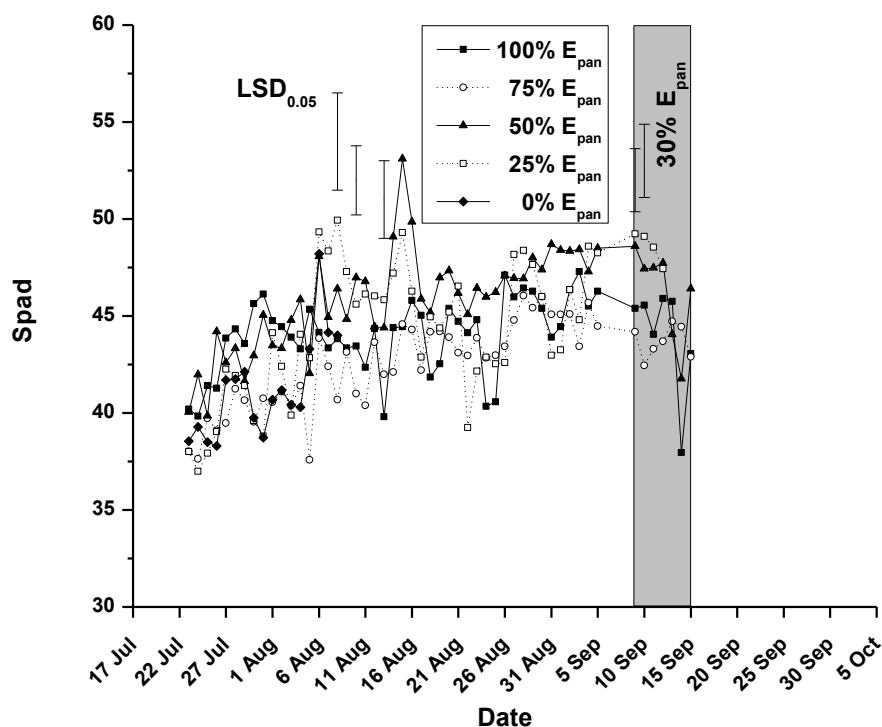


**Διάγραμμα. 3.2.3.5.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση των τιμών spad κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του *R. officinalis*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Από την 15<sup>η</sup> έως και την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Από το παραπάνω Διάγρ.3.2.3.5. παρατηρείται ότι τα φυτά *R. officinalis* τα οποία αρδεύονταν με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα μη αρδευόμενα που εμφάνισαν τις μικρότερες τιμές spad. Στο διάστημα που ακολουθεί μέχρι και την 13<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου δεν παρατηρούνται σημαντικές στατιστικά διαφορές των τιμών του spad στα φυτά μεταξύ των διαφόρων επεμβάσεων άρδευσης. Την 14<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου σημειώνεται μια σημαντική διαφορά στα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης τα οποία εμφάνισαν σημαντικά

μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με εκείνα τα φυτά που αρδεύτηκαν με το 75%. Κατά την περίοδο ξηρασίας, από την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου έως και την 30 Σεπτεμβρίου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές στατιστικά διαφορές στις τιμές spad των φυτών μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης.

### 3.2.3.6. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Salvia fruticosa*.



**Διάγραμμα. 3.2.3.6.** Επίδραση της ποσότητας άρδευσης (100%, 75%, 50%, 25% και 0% E<sub>pan</sub>) στη διακύμανση των τιμών spad κατά τη διάρκεια της περιόδου καταπόνησης του *S. fruticosa*. Από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 9<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση, ενώ από την 10<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα άρδευσης πολλαπλασιασμένα επί την ημερήσια εξάτμιση μειωμένη κατά 30%. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων επαναλήψεων. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05.

Από το Διάγρ.3.2.3.6. του spad των φυτών *S.fruticosa* κατά την περίοδο της εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες τιμές spad εμφανίζονται στα φυτά με το 100% και το 50% της ημερήσιας εξάτμισης και οι μικρότερες στα φυτά εκείνα που δέχτηκαν άρδευση με το 0%, και το 75% E<sub>pan</sub>. Την 8<sup>η</sup> - 10<sup>η</sup> Αυγούστου οι μεγαλύτερες τιμές spad καταγράφονται στα φυτά εκείνα με το 25%, ενώ οι μικρότερες με σημαντική διαφορά από τις τιμές των υπολοίπων συνεχίζουν να σημειώνονται στα φυτά *S. fruticosa* με το 75%. Επίσης, το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και την 10<sup>η</sup> - 13<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, όπου οι υψηλότερες τιμές spad

σημειώνονται από τα φυτά που αρδεύονταν με το 25% με σημαντική διαφορά από εκείνα που αρδεύονταν με το 75% της ημερήσιας εξάτμισης και που εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές spad. Σε γενικές γραμμές, δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης σε σχέση με τις τιμές του spad του φυτού *S. fruticosa*.

## **4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

### **4.1.Συζήτηση Υπομελέτης Α που αφορά τα ξενικά είδη *Sedum*.**

#### **4.1.2. Υγρασία υποστρώματος**

Όσον αφορά στην ποσότητα άρδευσης που εφαρμόστηκε εντός της περιόδου υδατικής καταπόνησης (60% και 30% ET<sub>c</sub>) κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής της μελέτης, αυτό που παρατηρήθηκε (Διάγρ.3.1.2.1.) ήταν ότι το ποσοστό υγρασίας ήταν αυξημένο στην άρδευση με ποσοστό 60% σε σχέση με αυτό των 30%, λόγω της αυξημένης ποσότητας ύδατος που εφαρμοζόταν. Όσον αφορά στην ποσότητα άρδευσης που εφαρμόστηκε κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014) εντός της περιόδου υδατικής καταπόνησης (30% και 0% ET<sub>c</sub>), παρατηρείται (Διάγρ.3.1.2.2.) αυτό που συνέβη και το πρώτο έτος της μελέτης (2013), ότι δηλαδή το ποσοστό υγρασίας ήταν αυξημένο στην άρδευση με ποσοστό 30% σε σχέση με αυτό των 0%, λόγω της μη εφαρμογής άρδευσης.

Κατά το πρώτο έτος της μελέτης (2013), η υγρασία του υποστρώματος σε σχέση με τον παράγοντα του φυτικού μείγματος δεν παρουσίασε ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές, εκτός από ελάχιστες ημερομηνίες κατά την περίοδο υδατικής καταπόνησης (Διαγρ.3.1.2.3.). Στις περιπτώσεις αυτές, οι τιμές της υγρασίας ήταν υψηλότερες στα πειραματικά τεμάχια που ήταν φυτοκαλυμμένα με το φυτικό μείγμα M1 σε σχέση με αυτά που εμπεριείχαν το φυτικό μείγμα M2. Το 2014 δεν παρατηρείται καμία σημαντική στη διακύμανση της υγρασίας του υποστρώματος σε σχέση με τον παράγοντα του φυτικού μείγματος (Διάγρ.3.1.2.4.).

Συγκρίνοντας τα δύο διαφορετικά βάθη των υποστρωμάτων που μελετήθηκαν το πρώτο έτος της μελέτης (2013), δηλαδή αυτό των 6,0 cm και αυτό των 12 cm, παρατηρήθηκε (Διαγρ.3.1.2.5.) ότι τα υποστρώματα με βάθος 12 cm παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας και αυτό οφείλεται στο ότι στα υποστρώματα αυτά η εξάτμιση ήταν μικρότερη λόγω του μεγαλύτερου βάθους. Στην περίπτωση των ρηκών υποστρωμάτων, η εγγύτητα του νερού στην επιφάνειά τους είχε ως αποτέλεσμα τη γρηγορότερη εξάτμισή του, πράγμα το οποίο απεικονίζεται ως ταχύτερη απώλεια

υγρασίας των ρηχών υποστρώματων. Η αρχική τους υγρασία βέβαια είναι μεγαλύτερη λόγω του ότι το νερό που αρδεύονται διανέμεται σε μικρότερο όγκο απ' ό,τι στα βαθιά. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και άλλοι ερευνητές όπως οι (Latshaw et al., 2009; Durhman et al., 2007; Getter and Rowe, 2008; Rowe et al., 2006; Kotsiris et al., 2012; Ntoulas et al., 2012; Nektarios et al., 2011) που κατέγραψαν ότι τα βαθύτερα υποστρώματα, προωθούσαν τη διατήρηση της υγρασίας. Το ίδιο ακριβώς συνέβη και το δεύτερο έτος της μελέτης σε σχέση με τον παράγοντα του βάθους του υποστρώματος. Τα βαθιά υποστρώματα (12 cm) παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας σε σχέση με τα υποστρώματα των 6 cm, για τους ίδιους λόγους όπως και την προηγούμενη χρονιά (Διάγρ.3.1.2.6).

#### 4.1.3. Συνολικός αριθμός φυτών του γένους *Sedum*.

Ο συνολικός αριθμός των φυτών *Sedum* (Διάγρ.3.1.3.1.) ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στις επεμβάσεις που αρδεύονταν με το υψηλό επίπεδο άρδευσης (60% της αθροιστική ημερήσιας εξάτμισης το 2013 και 30% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης το 2013) σε σχέση με τις επεμβάσεις στις οποίες εφαρμόστηκε το χαμηλό επίπεδο άρδευσης (30% της αθροιστικής ημερήσιας εξάτμισης και καθόλου άρδευση το 2014). Αυτό εξηγείται λόγω της αυξημένης ποσότητας ύδατος που εφαρμόστηκε στα πειραματικά τεμάχια που παρουσίασαν τις υψηλότερες υγρασίες και τα δύο έτη, η οποία προήγαγε την καλύτερη ανάπτυξη και αντοχή των φυτών εντός της περιόδου της ελλειμματικής άρδευσης και της υδατικής καταπόνησης. Παρόμοιες μελέτες έχουν γίνει και σε φυτά του ενδημικού είδους *Sedum sediforme*, τα οποία προέρχονταν από μόσχευμα, όπου δεν αντιμετώπισαν κανένα πρόβλημα με την έλλειψη νερού (Nektarios et al., 2015). Ωστόσο σε μελέτη των Dunnett and Nolan (2004) πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της ανάπτυξης εννέα φυτικών ειδών σε φυτοδώματα. Σε αυτή τη μελέτη δημιουργήθηκαν δύο βάθη υποστρώματος (10 cm 20 cm) καθώς και δύο αρδεύσεις (συμπληρωματική άρδευση μία φορά την εβδομάδα και καθόλου άρδευση). Η επέμβαση των 10 cm υποστρώματος σε συνδυασμό με την συμπληρωματική άρδευση επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη του *Sedum acre*. Το είδος του φυτικού μείγματος επηρέασε το συνολικό αριθμό των φυτών του γένους *Sedum* μόνο κατά το δεύτερο έτος διεξαγωγής της μελέτης (2014). Από το Δεκέμβριο του 2013 έως και τον Δεκέμβριο του 2014 ο συνολικός αριθμός των φυτών *Sedum* ήταν σημαντικά αυξημένος στο μείγμα M1 σε σχέση με το μείγμα M2 (Διάγρ.3.1.3.2.). Αυτό συνέβη διότι στο φυτικό μείγμα M2 εκπύχθηκαν και αναπτύχθηκαν μόνο δύο είδη φυτών του γένους *Sedum*, το *S. reflexum (rupestre)* και το *S. acre*, ενώ στο φυτικό μείγμα M1 εκπύχθηκαν και αναπτύχθηκαν περισσότερα είδη, τα οποία ήταν το *S. sexangulare*, *S. album*, *S. acre* και *S. reflexum (rupestre)*.

Επιπροσθέτως, γεγονός που συνετέλεσε στον σημαντικά μειωμένο συνολικό αριθμό φυτών στο φυτικό μείγμα M2 κατά τη διάρκεια του δεύτερου έτους της μελέτης ήταν ότι τα φυτά του ενός εκ των δύο ειδών, αυτά του *S. acre*, που αναπτύχθηκαν στα πειραματικά τεμάχια που είχαν καλυφθεί με το μείγμα M2, ως επί το πλείστον ξηράνθηκαν κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης (30% και 0% ET<sub>c</sub>) το 2014. Σε έρευνα των Schuber and Kluge (1981), σύμφωνα με την οποία μελετήθηκαν τα είδη *S. acre* και *S. mite* υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης στο Βοτανικό Κήπο του Darmstadt της Γερμανίας, βρέθηκε ότι κατά το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους τα φυτά και των δύο ειδών απορροφούσαν το CO<sub>2</sub> κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, δηλαδή απευθείας μέσω της C<sub>3</sub> οδού. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί παρά τη βασική ικανότητα που έχουν τα είδη αυτά να αλλάζουν το μεταβολισμό τους σε CAM όταν υπόκεινται σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Kluge 1977), η διάκριση των ισοτόπων που βρέθηκαν στο *S. acre* και στο *S. mite* ήταν αυτή των φυτών C<sub>3</sub>. Πιθανώς, το ίδιο να συνέβη και στην παρούσα μελέτη, δηλαδή το είδος *S. acre* να μην λειτούργησε ως φυτό CAM αλλά ως φυτό C<sub>3</sub>, με αποτέλεσμα να μην επέδειξε αντοχή στην ξηρασία.

Το βάθος του υποστρώματος διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο σε σχέση με το συνολικό αριθμό φυτών του γένους *Sedum* και στα δύο έτη διεξαγωγής του πειράματος (Διάγρ.3.1.3.3.). Τα φυτά τα οποία αναπτύσσονταν σε βάθος υποστρώματος 12 cm εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερο συνολικό αριθμό φυτών σε σχέση με εκείνα τα οποία ήταν εγκατεστημένα σε βάθος υποστρώματος 6 cm. Αυτό μπορεί να αιτιολογηθεί από μελέτες που αποδεικνύουν ότι το μεγαλύτερο βάθος υποστρώματος αυξάνει τη συγκράτηση υγρασίας στο υπόστρωμα λόγω του μεγαλύτερου όγκου και κατά συνέπεια αυξάνεται η βιωσιμότητα των φυτών (Latshaw et al., 2009; Durhman et al., 2007; Getter and Rowe, 2008; Rowe et al., 2006; Kotsiris et al., 2012; Ntoulas et al., 2012; Nektarios et al., 2011, 2015). Επιπλέον, τα ρηχά υποστρώματα παρουσιάζουν υψηλότερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας οι οποίες καταπονούν τα φυτά (Fassman et al., 2010; Boivin et al., 2001). Τέλος, παρόμοια αποτελέσματα ως προς το βάθος παρατήρησαν και οι VanWoert et al. (2005), ενώ οι Nektarios et al. (2015) σε πειραματική μελέτη βρήκαν ότι το είδος *Sedum sediforme* είχε μεγαλύτερη αύξηση του ύψους του στα ρηχά υποστρώματα (7,5 cm) από ότι στα πιο βαθιά (15 cm) στο πρώτο έτος ανάπτυξής του, σε αντίθεση με το δεύτερο έτος όπου η ανάπτυξη των φυτών βελτιώθηκε κυρίως στα βαθύτερα υποστρώματα (15 cm).

## ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Α

Κατά το πρώτο έτος της μελέτης (2013) ο παράγοντας άρδευση επηρέασε σημαντικά την υγρασία υποστρώματος των φυτών, όπου όπως προαναφέρθηκε η υψηλή συχνότητα άρδευσης (60% ET<sub>c</sub>) έδειξε ότι προκάλεσε σημαντική αύξηση των τιμών της υγρασίας. Το ίδιο ακριβώς συνέβη και την επόμενη χρονιά της μελέτης (2014), όπου η υψηλή συχνότητα άρδευσης (30% ET<sub>c</sub>) έδωσε σημαντικά αυξημένες τιμές υγρασίας στα υποστρώματα των φυτών σε σχέση με τη χαμηλή (0% ET<sub>c</sub>). Ο παράγοντας του τύπου του φυτικού μείγματος δεν φάνηκε ότι διαδραματίζει κάποιον ιδιαίτερο ρόλο στη διαμόρφωση των τιμών της υγρασίας σε κανένα από τα δύο έτη της μελέτης. Συγκρίνοντας τα δύο διαφορετικά βάθη των υποστρωμάτων που μελετήθηκαν το πρώτο έτος της μελέτης (2013), δηλαδή αυτό των 6,0 cm και αυτό των 12 cm, παρατηρήθηκε (Διαγρ.3.1.2.5.) ότι τα υποστρώματα με βάθος 12 cm παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας και αυτό οφείλεται στο ότι στα υποστρώματα αυτά η εξάτμιση ήταν μικρότερη λόγω του μεγαλύτερου βάθους. Το ίδιο ακριβώς συνέβη και την επόμενη χρονιά. Τον συνολικό αριθμό των φυτών του γένους *Sedum* αποδείχθηκε ότι επηρέασε θετικά η υψηλή συχνότητα άρδευσης και τα δύο έτη διεξαγωγής του πειράματος (60% ET<sub>c</sub> το 2013 και 30% ET<sub>c</sub> το 2014) και το μεγαλύτερο βάθος υποστρώματος (12 cm) και τα δύο έτη της μελέτης. Ο τύπος του φυτικού μείγματος δεν επέδρασε ιδιαίτερα στον συνολικό αριθμό των φυτών του πειράματος το πρώτο έτος, ενώ το δεύτερο αποδείχθηκε ότι διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο, με το μείγμα M1 να δίνει αυξημένο σημαντικά συνολικό αριθμό φυτών σε σχέση με το μείγμα M2, λόγω της ανάπτυξης περισσότερων ειδών και μεγαλύτερου αριθμού φυτών στο M1. Εν κατακλείδι, η παρούσα έρευνα έδειξε ότι στην ανάπτυξη και την επιβίωση των ειδών αυτών κάτω από συνθήκες ξηρασίας επέδρασαν θετικά οι υψηλές συχνότητες άρδευσης καθ όλη τη διάρκεια της μελέτης σε συνδυασμό με το μεγάλο βάθος υποστρώματος. Επομένως, από τα αποτελέσματα των μετρήσεων μπορεί να διεξαχθεί το συμπέρασμα ότι τα συγκεκριμένα ξενικά είδη *Sedum* προκειμένου να αναπτυχθούν και να αντέξουν στην υδατική καταπόνηση κάτω από την επίδραση των υψηλών καλοκαιριών θερμοκρασιών, σε συνθήκες εκτατικού φυτοδώματος, χρειάζονται υψηλή ποσότητα άρδευσης και μεγάλο βάθος υποστρώματος. Τέλος, από την στατιστική ανάλυση του συνολικού αριθμού των φυτών του κάθε είδους *Sedum* που συμμετείχαν στη παρούσα μελέτη (*S. acre*, *S. sexangulare*, *S. album* και *S. reflexum (rupestre)*), τα είδη που φάνηκε να έχουν υψηλότερη αντοχή στην ξηρασία ήταν το *S. reflexum (rupestre)* και το *S. album*, διότι κατάφεραν να ανταποκριθούν καλύτερα εντός των περιόδων υδατικής καταπόνησης, χωρίς να μειώνουν τον αριθμό των φυτών τους τόσο όσο το *S. acre* και *S. sexangulare*.

## 4.2.ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β

### Αντοχή αυτοφυών αρωματικών φυτών στην υδατική καταπόνηση

#### 4.2.1. Υγρασία υποστρώματος.

##### 4.2.1.1. Υγρασία υποστρώματος κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.

Από την έναρξη της περιόδου υδατικής καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών και έως τη ξήρανσή τους (13<sup>η</sup> Αυγούστου 2013), τα φυτά του είδους *B. acetabulosa* είχαν τις υψηλότερες τιμές στην υγρασία του υποστρώματος σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη (Διάγρ.3.2.1.1). Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το συγκεκριμένο είδος πιθανώς έχει τη δυνατότητα να ελαχιστοποιεί τις ανάγκες του σε υδατοκατανάλωση εντός της περιόδου ξηρασίας με αποτέλεσμα να διατηρούνται υψηλά ποσοστά υγρασίας στο υπόστρωμά του. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποίησαν οι Psaras and Rhizorouliou (1995) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα ώριμα φύλλα της *B. acetabulosa* έχουν μια υψηλή αναλογία εσωτερικής εκτεθειμένης επιφάνειας ανά φυλλική επιφάνεια και χαμηλές τιμές σπαργής. Αυτό πιθανώς υποδεικνύει μια οσμωτική προσαρμογή η οποία επιτρέπει στους ιστούς να εξάγουν περισσότερο νερό και να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των φυτών. Θεωρείται λοιπόν, ότι μια αύξηση της εσωτερικής εκτεθειμένης επιφάνειας είναι μια πιθανή προσαρμοστική λειτουργία για τους μικρούς πλατύφυλλους θάμνους που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού. Τα φυτά *H. orientale* επιβίωσαν για 20 ημέρες από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης, (24<sup>η</sup> Ιουλίου - 13<sup>η</sup> Αυγούστου 2013) οπότε και ξηράνθηκαν καθώς η υγρασία του υποστρώματος βρισκόταν σε μηδενικά ποσοστά από την 6<sup>η</sup> Αυγούστου έως και την 13<sup>η</sup> Αυγούστου, δηλαδή την τελευταία εβδομάδα της καταπόνησής τους. Τα φυτά *B. acetabulosa* ξηράνθηκαν την ίδια ημέρα με τα *H. orientale* δηλαδή την 13<sup>η</sup> Αυγούστου έχοντας φτάσει σε σχεδόν μηδενικά ποσοστά υγρασίας υποστρώματος τις τελευταίες 1-2 ημέρες πριν την ξήρανσή τους (Διάγρ.3.2.1.1). Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Parafotiou et al. (2013), έδειξε ότι φυτά του είδους *Helichrysum orientale* μπορούν να αναπτυχθούν πολύ καλά υπό συνθήκες αραιής συχνότητας άρδευσης (ανά 5 ή 7 ημέρες) σε υποστρώματα βάθους 7,5 cm, σε εκτατικό φυτοδώμα. Τα φυτά του είδους *R. officinalis* ξηράνθηκαν 18 ημέρες μετά την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (10<sup>η</sup> Αυγούστου) οπότε το ποσοστό της υγρασίας του υποστρώματος έφθασε περίπου στο 2% (Διάγρ.3.2.1.1). Πολλοί ερευνητές έχουν αναφέρει την ικανότητα της οσμωτικής προσαρμογής που παρουσιάζει το *R. officinalis* υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Sanchez-Blanco et al., 2004a). Έρευνα των Munne-Bosch et al. (1999) έδειξε ότι το



φυτικό είδος *R. officinalis* κάτω από συνθήκες πολύ έντονης ξηρασίας, μείωσε την αφομοίωση του CO<sub>2</sub> περίπου κατά 80%. Έδειξαν ακόμα ότι η ικανότητα που παρουσιάζει το *R. officinalis* να αυξάνει τη συγκέντρωση της α-τοκοφερόλης στα φύλλα του και να διατηρεί τη λειτουργικότητα του κύκλου της ξανθοφύλλης σε πολύ χαμηλές περιεκτικότητες νερού στο φύλλο, πιθανώς βοηθάει στην πρόληψη από ολοκληρωτική καταστροφή του φυτού κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής ξηρασίας. Έτσι, είναι εφικτή η ανάκτηση των λειτουργικών μεμβρανών του φυτού ύστερα από τις φθινοπωρινές βροχές. Σε μελέτη των Sanchez- Blanco et al. (2004), η μείωση της φυλλικής επιφάνειας που συνέβη σε φυτά *R. officinalis* εξαιτίας της ελλειμματικής άρδευσης, όχι μόνο οδήγησε σε μείωση της εξατμισοδιαπνοής αλλά και σε μείωση της φωτοσυνθετικής επιφάνειας, άρα και κατ'επέκταση σε μειωμένη ανάπτυξη των φυτών. Οι παραπάνω αλλαγές, μπορούν να θεωρηθούν ως μια μορφολογική προσαρμογή του συγκεκριμένου είδους στην υδατική καταπόνηση ώστε να μειώσει το ρυθμό διαπνοής του και να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση νερού. Σε μελέτη των Munne -Bosch et al. (1998), αποδείχτηκε ότι το *R. officinalis* εμφανίζει μια εξαιρετική ικανότητα να αντέχει σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας αποφεύγοντας την καταστροφή του φωτοσυνθετικού του μηχανισμού μέσω της συντηρητικής διαχείρισης του νερού από το ίδιο το φυτό και της μείωσης του ρυθμού διαπνοής. Τα μη αρδευόμενα φυτά του είδους *S. fruticosa* παρουσίασαν απότομη πτώση της υγρασίας στα υποστρώματά τους ώσπου και ξηράνθηκαν 10 ημέρες από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης. Έρευνα των Savi et al. (2013) που πραγματοποιήθηκε σε φυτά *S. officinalis* τα οποία εγκαταστάθηκαν σε πειραματικά τεμάχια σε φυτοδώμα, έδειξε ότι αναπτύχθηκαν επιτυχώς σε παρατεταμένη περίοδο καλοκαιρινής ξηρασίας. Ο Poldini (1989) έδειξε ότι το είδος *S. officinalis* διαθέτει μηχανισμούς αντίστασης σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Τα φυτά *M. officinalis* που δεν αρδεύτηκαν ήταν εκείνα που ξηράνθηκαν πρώτα σε σχέση με τα υπόλοιπα (Διάγρ.3.2.1.1), μια εβδομάδα μετά από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (24<sup>η</sup> Ιουλίου - 31<sup>η</sup> Ιουλίου), οπότε το ποσοστό υγρασίας του υποστρώματος μειώθηκε περίπου στο 1%. Αντίθετα με τα δικά μας ευρήματα, οι Ozturk et al. (2004), διαπίστωσαν ότι τα φυτά του είδους *M. officinalis* ήταν ιδιαίτερα ανθεκτικά σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Η απόδοση σε ξηρό βάρος υπό συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης ( 0, 12.5, 25, 37.5 και 50%) κυμαίνονταν από 13,05 έως 19,2 g/φυτό. Η μείωση στην απόδοση δεν ήταν στατιστικά σημαντική έως και το επίπεδο του 25% της ελλειμματικής άρδευσης, ενώ η αναλογία του αιθέριου ελαίου αυξανόταν όσο αυξανόταν και το επίπεδο άρδευσης.

4.2.1.2. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Ballota acetabulosa* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

Σε γενικές γραμμές παρατηρήθηκε ότι η υγρασία του υποστρώματος των φυτών *B. acetabulosa* που αρδεύονταν με 100%, 75% και 50%  $E_{pan}$  κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα, ενώ αυτών που αρδεύονταν με το 25% και το 0%  $E_{pan}$  είχαν μικρότερη υγρασία υποστρώματος. Εκείνα τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου επιβίωσαν για 20 ημέρες (13<sup>η</sup> Αυγούστου) σε μηδενικά ποσοστά εδαφικής υγρασίας, ενώ εκείνα με το 25%  $E_{pan}$  επιβίωσαν καθ' όλη τη διάρκεια τη μελέτης σε υγρασία υποστρώματος που έφτασε το 4% (Διαγρ.3.2.1.2). Από τα αποτελέσματα της έρευνας συνάγεται το συμπέρασμα ότι τα χαμηλά επίπεδα άρδευσης που εφαρμόζονται (0% και 25%  $E_{pan}$ ) στο είδος *B. acetabulosa*, δημιουργούν χαμηλά αποθέματα διαθέσιμης υγρασίας στο υπόστρωμά του, ενώ αυξημένα ποσοστά άρδευσης δίνουν μεγαλύτερες τιμές υγρασίας υποστρώματος. Τα φυτά *B. acetabulosa* στην παρούσα μελέτη που αρδεύονταν με το 25, το 50, το 75 και το 100%  $E_{pan}$  επιβίωσαν μέχρι και την τελευταία ημέρα της ξηράς περιόδου, δηλαδή την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, όπου και έληξε η μελέτη. Σε σχετική έρευνα των Psaras and Rhizoroulou (1995), βρέθηκε ότι τα ώριμα φύλλα της *B. acetabulosa* έχουν μια υψηλή αναλογία εσωτερικής εκτεθειμένης επιφάνειας ανά φυλλική επιφάνεια και χαμηλές τιμές σπαργής. Αυτό πιθανώς υποδεικνύει μια οσμωτική προσαρμογή η οποία επιτρέπει στους ιστούς να εξάγουν περισσότερο νερό και να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των φυτών.

4.2.1.3. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Helichrysum orientale* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

Όσον αφορά το *H. orientale*, παρατηρήθηκε από το Διαγρ.3.2.1.3. ότι κατά τις πρώτες 10 ημέρες περίπου της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης (από την 24<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 13<sup>η</sup> Αυγούστου), οι χαμηλότερες τιμές εδαφικής υγρασίας με αρκετές σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες, εμφανίσθηκαν στα φυτά στα οποία δεν εφαρμόστηκε άρδευση. Κατά το υπόλοιπο διάστημα της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης μέχρι και το τέλος της ξηράς περιόδου την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2013, τα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης είχαν την τάση να εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος οι οποίες ήταν σημαντικά διαφορετικές από τις υπόλοιπες επεμβάσεις άρδευσης μόνο όμως σε περιορισμένες ημερομηνίες. Γενικά, καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης, οι υψηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος του είδους *H. orientale* καταγράφηκαν από τα φυτά εκείνα τα οποία αρδεύτηκαν με 100%, 75% και 50% της

ημερήσιας εξάτμισης. Τα φυτά *H. orientale* στην παρούσα μελέτη που αρδεύονταν με το 25, το 50, το 75 και το 100%  $E_{pan}$  επιβίωσαν μέχρι και την τελευταία ημέρα της ξηράς περιόδου, δηλαδή την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, όπου και έληξε η μελέτη. Οπότε, συμπεραίνουμε ότι τα φυτά που καταπονήθηκαν περισσότερο ήταν αυτά που δέχτηκαν τις μικρότερες επεμβάσεις άρδευσης (25% και 0%  $E_{pan}$ ).

4.2.1.4. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Melissa officinalis* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

Τις πιο υψηλές τιμές υγρασίας υποστρώματος καθ' όλη τη διάρκεια της ελλειμματικής άρδευσης/καταπόνησης εμφανίζουν τα φυτά που αρδεύτηκαν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης με σημαντικές διαφορές από εκείνα που δεν αρδεύτηκαν καθόλου και εμφάνισαν και τις χαμηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα φυτά που αρδεύονταν με τις διάφορες επεμβάσεις άρδευσης (Διαγρ.3.2.1.4.). Τα μη αρδευόμενα φυτά του *M. officinalis* ξηράνθηκαν 7 ημέρες μετά την έναρξης της υδατικής καταπόνησης (31<sup>η</sup> Ιουλίου) οπότε το ποσοστό της υγρασίας του υποστρώματος είχε μειωθεί περίπου στο 1%. Η αμέσως επόμενη ομάδα φυτών *M. officinalis* με τις πιο χαμηλές τιμές υγρασίας υποστρώματος ήταν αυτά που αρδεύονταν με το 25%  $E_{pan}$ , καθ' όλη τη διάρκεια της ελλειμματικής άρδευσης και της υδατικής καταπόνησης φθάνοντας σε ποσοστά υγρασίας υποστρώματος που άγγιξαν το 1%. Γενικώς, ότι όσο μεγαλύτερο ήταν το ποσοστό άρδευσης που δέχονταν τα φυτά *M. officinalis* τόσο αυξανόταν και η υγρασία στα υποστρώματά του, ως αποτέλεσμα της αύξησης των υδατικών αποθεμάτων. Τα φυτά *M. officinalis* που αρδεύονταν με το 50, το 75 και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης κατάφεραν να επιβιώσουν μέχρι την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου όπου ήταν το τέλος της περιόδου εφαρμογής της μειωμένης άρδευσης κατά 30%. Τα φυτά που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης ξηράνθηκαν την 11<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, 4 μέρες δηλαδή νωρίτερα από τα προηγούμενα. Αν και από άλλες μελέτες το είδος *M. officinalis* έχει χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα ανθεκτικό σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Ozturk et al. 2004), στην παρούσα έρευνα διεξήχθη το συμπέρασμα ότι συγκριτικά με τα υπόλοιπα τέσσερα είδη που εξετάστηκαν, το είδος *M. officinalis* ήταν το λιγότερο ανθεκτικό υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Βέβαια, αυτό που διαφοροποίησε τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με την έρευνα των Ozturk et al. (2004) πιθανώς να είναι το γεγονός ότι τα φυτά *M. officinalis* στην παραπάνω μελέτη εγκαταστάθηκαν και αναπτύχθηκαν μέσα λυσιμέτρα διαμέτρου 62 cm και βάθους 22 cm τα οποία εμπεριείχαν υποστρώματα που αποτελούνταν από αμμοπηλώδες έδαφος. Ως εκ τούτου, λόγω του διαθέσιμου μεγάλου βάθους που είχαν

τα υποστρώματα αυτά, σε αντίθεση με το βάθος των 8 cm που είχαν τα υποστρώματα της δικής μας μελέτης, τα φυτά πιθανόν να μπόρεσαν να αναπτύξουν κάποιο είδος μηχανισμού αποφυγής όταν βρίσκονται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, στέλνοντας τις ρίζες τους σε μεγαλύτερα βάθη για να εκμεταλλευτούν τη βαθύτερη υγρασία των υποστρωμάτων. Ο μηχανισμός αυτός στα εκτατικά φυτοδώματα είναι ανεπαρκής λόγω του μικρού βάθους των υποστρωμάτων. Σε αντίθεση με τη *B. acetabulosa* και των υπολοίπων φυτών η μορφολογία των φύλλων του *M. officinalis* είναι πλατειά με λεία, χωρίς τρίχες δηλαδή, επιφάνεια φύλλου. Συγκριτικά με τα φύλλα των υπόλοιπων ειδών, το φύλλο του φυτού *M. officinalis* έχει αρκετά μεγαλύτερη επιφάνεια, πράγμα το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το φυτό εξατμισοδιαπνέει περισσότερο από τα υπόλοιπα είδη, γεγονός που το καθιστά περισσότερο ευάλωτο σε συνθήκες ελλιπούς άρδευσης/υδατικής καταπόνησης. Οι Munne-Bosch and Alegre, μετά από έρευνα που διεξήγαν το 1998, υποστηρίζουν ότι η άμεση απορρόφηση της δροσιάς από τα φύλλα ίσως είναι ένας σημαντικός μηχανισμός που έχουν αναπτύξει τα φυτά *M. officinalis* ώστε να επαναενυδατώνονται και να επανενεργοποιούν τον μεταβολισμό των ιστών τους που έχει υποστεί ξήρανση κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου και έτσι να μπορούν να ανακάμψουν μετά από συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό του Πανεπιστημίου της Βαρκελώνης.

4.2.1.5. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Rosmarinus officinalis* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

Τα φυτά του είδους *R. officinalis* που αρδεύονταν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη υγρασία υποστρώματος σε σχέση με τα μη αρδευόμενα φυτά και εν συνεχεία με τα φυτά που αρδεύονταν με ελλειμματική άρδευση στο 25% της ημερήσιας εξάτμισης. Την περίοδο από την 9<sup>η</sup> μέχρι και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου όπου η άρδευση μειώθηκε κατά 30% και κατά τη ξηρά περίοδο δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων άρδευσης (100%, 75%, 50% και 25%  $E_{pan}$ ) των φυτών *R. officinalis* (Διαγρ.3.2.1.5.). Τα μη αρδευόμενα φυτά παρουσίασαν τις χαμηλότερες τιμές υγρασίας υποστρώματος απ όλα τα υπόλοιπα και άντεξαν για 18 ημέρες (10<sup>η</sup> Αυγούστου) οπότεν και ξηράνθηκαν έχοντας φτάσει σε ποσοστό εδαφικής υγρασίας στο 2%. Τα φυτά *R. officinalis* στην παρούσα μελέτη που αρδεύονταν με το 25, το 50, το 75 και το 100%  $E_{pan}$  επιβίωσαν μέχρι και την τελευταία ημέρα της ξηράς περιόδου, δηλαδή την 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, όπου και έληξε η μελέτη. Παρόμοιες μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση του *R. officinalis* είναι μια ενδιαφέρουσα

λύση για την κάλυψη των φυτοδωμάτων λόγω της αντοχής που παρουσιάζει στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Save et al., 1993; Sanchez-Blanco et al., 1998; Franco et al., 2000). Πολλοί ερευνητές έχουν αναφέρει την ικανότητα της οσμωτικής προσαρμογής που παρουσιάζει το *R. officinalis* υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Sanchez-Blanco et al., 2004a). Σε μελέτη των Sanchez-Blanco et al. (2004), οι αλλαγές που συνέβησαν σε φυτά *R. officinalis* εξαιτίας της ελλειμματικής άρδευσης μπορούν να θεωρηθούν ως μια μορφολογική προσαρμογή του συγκεκριμένου είδους στην υδατική καταπόνηση ώστε να μειώσει το ρυθμό διαπνοής του και να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση νερού. Σε μελέτη των Munne -Bosch et al. (1998), αποδείχτηκε ότι το *R. officinalis* εμφανίζει μια εξαιρετική ικανότητα να αντέχει σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας αποφεύγοντας την καταστροφή του φωτοσυνθετικού του μηχανισμού μέσω της συντηρητικής διαχείρισης του νερού από το ίδιο το φυτό και της μείωσης του ρυθμού εξατμισοδιαπνοής.

4.2.1.6. Υγρασία υποστρώματος για το είδος *Salvia fruticosa* στο οποίο εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελλειμματικής άρδευσης.

Παρατηρήθηκε ότι τα υποστρώματα των φυτών *S. fruticosa* τα οποία αρδεύονταν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές υγρασίας υποστρώματος σε όλη σχεδόν τη διάρκεια της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης (Διαγρ.3.2.1.6.). Τα φυτά που αρδεύτηκαν με το 50%  $E_{pan}$  εμφάνισαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές εδαφικής υγρασίας, σε σχέση με τα δυο προηγούμενα επίπεδα άρδευσης (100% και 75% της ημερήσιας εξάτμισης. Τέλος, οι μικρότερες τιμές εδαφικής υγρασίας παρουσιάστηκαν στα φυτά τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου, με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις υγρασίες των υπολοίπων και ειδικά εκείνων που αρδεύτηκαν με το 100% της ημερήσιας εξάτμισης. Τα φυτά αυτά επέζησαν χωρίς νερό για 10 ημέρες (3<sup>η</sup> Αυγούστου) φτάνοντας σε μηδενικά ποσοστά υγρασίας. Τα φυτά *S. fruticosa* που αρδεύονταν με το 50, το 75 και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης κατάφεραν να επιβιώσουν μέχρι την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου όπου ήταν το τέλος της περιόδου εφαρμογής της μειωμένης άρδευσης κατά 30%. Τα φυτά που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης ξηράνθηκαν την 12<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, 3 μέρες δηλαδή νωρίτερα από τα προηγούμενα. Σε έρευνα που διεξήγαγαν οι Battaieb et al. (2009) σε φυτά *S. officinalis* έδειξαν ότι η αρνητική επίδραση της ξηρασίας στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών παρατηρείται από τη δεύτερη εβδομάδα υποβολής τους στην υδατική καταπόνηση και είναι περισσότερο έντονη με την αύξηση του περιορισμού του νερού. Φυτά *S. officinalis* που υποβλήθηκαν σε πολύ αυστηρή υδατική καταπόνηση

παρουσίασαν λεπτότερους βλαστούς με λιγότερα και πιο αφυδατωμένα φύλλα απ ό τι τα υπόλοιπα φυτά που αρδεύονταν με υψηλότερες συχνότητες άρδευσης.

#### 4.2.2. Αντίσταση στοματίων

4.2.2.1. Αντίσταση των στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.

Τις πρώτες δυο ημέρες της περιόδου υδατικής καταπόνησης των φυτών (24<sup>η</sup>-25<sup>η</sup> Ιουλίου), παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μη αρδευόμενων φυτών του είδους *B. acetabulosa* που εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές στοματικής αντίστασης σε σχέση με τα μη αρδευόμενα φυτά *S. fruticosa* που εμφάνισαν τις χαμηλότερες (Διαγρ.3.2.2.1.). Εν συνεχεία, σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης των μη αρδευόμενων φυτών, παρατηρήθηκε ότι τις μεγαλύτερες τιμές αντίστασης των στοματίων παρουσίασαν τα φυτά *H. orientale*, που άγγιξαν τα 17,5 s cm<sup>-1</sup>, 10 ημέρες μετά την έναρξη της καταπόνησης (3<sup>η</sup> Αυγούστου 2013) και τα φυτά *S. fruticosa*, ενώ τις μικρότερες τιμές σημείωσαν τα φυτά *B. acetabulosa*. Από αυτό συμπεραίνεται ότι το είδος *H. orientale* και το *S. fruticosa* έχουν την ικανότητα να κλείνουν σε μεγάλο ποσοστό τα στοματίά τους όταν δεν αρδεύονται καθόλου και να ελαχιστοποιούν έτσι την λειτουργία της εξατμισοδιαπνοής και κατ' επέκταση τις ανάγκες του σε υδατοκατανάλωση, ώστε να μπορούν να επιβιώσουν σε περιόδους ξηρασίας. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη συμπεριφορά που παρουσίασαν τα φυτά και των δύο ειδών που δέχτηκαν άρδευση με το 25, το 50, το 75 και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης, τα οποία διατήρησαν σχεδόν ανοιχτά τα στοματίά τους καθ όλη τη διάρκεια μελέτης τους, με τη διαφορά βέβαια ότι λόγω αυτού η *S. fruticosa* δεν μπόρεσε να αντέξει ώστε να υποβληθεί και για δύο εβδομάδες σε συνθήκες μηδενικής άρδευσης, όπως συνέβη με το *H. orientale* το οποίο ανταπεξήλθε πλήρως στις συνθήκες της ξηράς περιόδου έως και το τέλος της μελέτης.

4.2.2.2. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Ballota acetabulosa*.

Οι υψηλότερες τιμές αντίστασης στοματίων των φυτών *B. acetabulosa* σημειώθηκαν από τα φυτά εκείνα που δεν αρδεύονταν καθόλου. Μετά την ξήρανση αυτών, τις υψηλότερες τιμές εμφάνισαν τα φυτά εκείνα τα οποία δέχτηκαν άρδευση με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις τιμές που σημείωσαν τα φυτά *B. acetabulosa* στα οποία εφαρμόστηκαν τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης. Οι διαφορές αυτές παρέμειναν για όλο το υπόλοιπο διάστημα εφαρμογής της

ελλειμματικής άρδευσης μέχρι και την επιβολή της ξηράς περιόδου (Διαγρ.3.2.2.2.). Σε γενικές γραμμές, η *B.acetabulosa* κλείνει σε μεγάλο βαθμό τα στομάτιά της προκειμένου να μειώσει το ρυθμό εξατμισοδιαπνοής και κατ επέκταση την υδατοκατανάλωση της, προκειμένου να ανταπεξέλθει κάτω από συνθήκες ξηρασίας. Σε αντίθεση με την *M. officinalis*, αποδείχθηκε ιδιαίτερα ανθεκτικό είδος υπό συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης αφού τα φυτά που αρδεύονταν με το 25, το 50, το 75 και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης μπόρεσαν να επιβιώσουν καθ όλη τη διάρκεια της μελέτης, έως και την τελευταία ημέρα της ξηράς περιόδου. Η διακύμανση της στοματικής αγωγιμότητας στην *B.acetabulosa* συμβαδίζει με τα ευρήματα της υγρασίας του υποστρώματος. Η *B.acetabulosa* έχει χαρακτηριστεί ως κοινό αρωματικό ξηροφυτικό είδος της βόρειας και νότιας Ελλάδας (Heywood & Richardson, 1990). Μεταξύ των προσαρμογών των ξηροφυτικών ειδών περιλαμβάνονται τα μικρά και παχιά φύλλα, με υψηλό ειδικό ξηρό βάρος, μικρό όγκο του εσωτερικού πορώδους και ένα υψηλό ποσοστό κυττάρων στο πασαλώδες παρέγχυμα του μεσόφυλλου (Shields, 1950; Parkhurst & Loucks, 1972).

#### 4.2.2.3. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Helichrysum orientale*.

Τα φυτά *H. orientale* τα οποία δεν αρδεύτηκαν εμφάνισαν τις μεγαλύτερες τιμές στοματικής αντίστασης με σημαντική διαφορά από τις τιμές των υπολοίπων φυτών κατά τις δυο πρώτες εβδομάδες της υδατικής καταπόνησης (24<sup>η</sup> έως 10<sup>η</sup> Αυγούστου). Στα υπόλοιπα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν τα τέσσερα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης, κατά τη διάρκεια του ίδιου διαστήματος, οι τιμές της αντίστασης στοματίων σχεδόν συμπίπτουν (Διαγρ.3.2.2.3.). Από τα παραπάνω διεξάγεται το συμπέρασμα ότι το είδος *H. orientale* όσο αρδεύεται έστω και με ελάχιστη ποσότητα νερού δεν κλείνει τα στοματιά του σε μεγάλο βαθμό, δηλαδή συνεχίζει και εξατμισοδιαπνέει. Τα στομάτιά του κλείνουν στο μεγαλύτερο βαθμό κάτω από συνθήκες μηδενικής εφαρμογής άρδευσης, όπου τότε μειώνει σημαντικά το ρυθμό εξατμισοδιαπνοής για να μπορέσει να επιβιώσει εντός της περιόδου ξηρασίας. Λόγω της αντοχής που επέδειξαν τα φυτά *H. orientale* που αρδεύονταν με το 25, το 50, το 75 και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης καθ όλη τη διάρκεια της μελέτης, έχοντας στην ουσία ανοικτά τα στομάτιά τους κατά ένα μεγάλο ποσοστό καθ όλη σχεδόν τη διάρκεια της μελέτης, είναι πολύ πιθανό το συγκεκριμένο είδος να διαθέτει κάποιον άλλον μηχανισμό είτε μεταβολικού είτε μορφολογικού τύπου, προκειμένου να επιβιώνει κάτω από έντονες συνθήκες ξηρασίας.

#### 4.2.2.4. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Melissa officinalis*.

Τα φυτά *M. officinalis* που δεν αρδεύτηκαν καθόλου εμφάνισαν τις μεγαλύτερες τιμές αντίστασης των στοματίων με σημαντική διαφορά σε σχέση με τις τιμές των υπολοίπων φυτών που δέχτηκαν τις διάφορες επεμβάσεις άρδευσης. Τα φυτά αυτά που δέχτηκαν μηδενική ποσότητα νερού ξηράθηκαν 7 ημέρες μετά την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (31<sup>η</sup> Ιουλίου 2013). Από την ημέρα αυτή μέχρι και την 13<sup>η</sup> Αυγούστου, οι μεγαλύτερες τιμές στοματικής αντίστασης εμφανίστηκαν στα φυτά που αρδεύτηκαν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης, παρουσιάζοντας σημαντικές διαφορές ειδικά σε σχέση με τα υπόλοιπα. Στην πορεία και μέχρι και την 31<sup>η</sup> Αυγούστου οι υψηλότερες τιμές αντίστασης των στοματίων παρατηρούνται στα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης με κάποιες σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα υπόλοιπα (Διαγρ.3.2.2.4.). Από αυτό συμπεραίνεται ότι όσο λιγότερη ποσότητα άρδευσης δέχονταν τα φυτά *M. officinalis* τόσο μεγαλύτερες τιμές αντίστασης των στοματίων παρουσίασαν, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι το συγκεκριμένο είδος κάτω υπό συνθήκες έντονης υδατικής καταπόνησης κλείνει να στομάτιά του προκειμένου να μειώσει το ρυθμό εξατμισοδιαπνοής για να ελαχιστοποιήσει τις απώλειες του σε νερό και να επιβιώσει για όσο περισσότερο μπορεί υπό συνθήκες ξηρασίας. Αντίθετα οι Munne -Bosch and Alegre (1998) διαπίστωσαν ότι φυτά *M. officinalis* τα οποία είχαν υποβληθεί σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, βρήκαν ότι όταν η εδαφική υγρασία και η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό έφτασαν σε πολύ χαμηλές τιμές, τα φυτά *M. officinalis* ήταν ικανά να αποφύγουν την προοδευτική απώλεια νερού και να διατηρήσουν σχεδόν σταθερό το υδατικό τους για δυο εβδομάδες μειώνοντας δραστικά το άνοιγμα των στοματίων για την περισσότερη διάρκεια της ημέρας. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι ο μηχανισμός αυτός πιθανώς να διαδραματίζει ένα ρόλο κλειδί ώστε να αποφεύγεται η ολοκληρωτική καταστροφή του φωτοσυνθετικού μηχανισμού όταν η σχετική περιεκτικότητα νερού των φύλλων μειωθεί κάτω από το 30% (Kaiser, 1987). Οι διαφορές μεταξύ των ευρημάτων των δύο μελετών μπορεί να οφείλονται στο ότι η προαναφερθείσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό του Πανεπιστημίου της Βαρκελώνης και όχι σε συνθήκες εκτατικού φυτοδώματος όπου το βάθος θα ήταν πολύ περιορισμένο, γεγονός που προφανώς συνετέλεσε στην μειωμένη καταπόνηση των φυτών λόγω του ότι εφόσον υπήρχε βάθος, τα φυτά θα έστειλαν τις ρίζες του σε βαθύτερα επίπεδα του υποστρώματος προκειμένου να εκμεταλλευτούν τη βαθύτερη υγρασία. Πράγμα το οποίο στην δική μας μελέτη δεν μπορεί να συμβεί λόγω του περιορισμού του βάθους στα 8 cm.



#### 4.2.2.5. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Salvia fruticosa*.

Τα φυτά *S. fruticosa* τα οποία δε δέχτηκαν καμία επέμβαση άρδευσης παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές αντίστασης των στοματίων με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις τιμές των υπόλοιπων φυτών που αρδεύονταν με τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης έως και την ξήρανσή τους. Οι τιμές της αντίστασης των στοματίων των φυτών στα οποία εφαρμόστηκαν τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης (100%, 75%, 50% και 25%  $E_{pan}$ ) σχεδόν συμπίπτουν μεταξύ τους από την έναρξη της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης και για 12 ημέρες μετά, έως και την 5<sup>η</sup> Αυγούστου. Από την 6<sup>η</sup> Αυγούστου και μετά παρατηρήθηκε ότι τις πιο υψηλές τιμές αντίστασης στοματίων με σημαντικές στατιστικά διαφορές, εμφάνισαν τα φυτά εκείνα που δέχτηκαν άρδευση με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης και αυτό συνεχίζει να συμβαίνει σχεδόν μέχρι το τέλος της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης, έως και την ξήρανσή τους. Κατά την περίοδο από την 9<sup>η</sup> έως και την 15<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου και συγκεκριμένα την 14<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, τις μεγαλύτερες τιμές αντίστασης στοματίων παρουσίασαν τα φυτά εκείνα τα οποία αρδεύονταν με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης (Διαγρ.3.2.2.5.). Γενικά, στην περίπτωση του είδους *S. fruticosa* παρατηρήθηκαν σχετικά χαμηλές τιμές αντίστασης των στοματίων ειδικότερα στα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 50, το 75 και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης, που σημαίνει ότι τα φυτά αυτά είχαν ανοιχτά τα στομάτιά τους κατά το μεγαλύτερο ποσοστό. Κατ'επέκταση αυτού διεξάγεται το συμπέρασμα ότι τα φυτά είχαν αυξημένο ρυθμό εξατμισοδιαπνοής, άρα υδατοκατανάλωναν περισσότερο σε σχέση με αυτά που αρδεύτηκαν με το 0 και το 25% της ημερήσιας εξάτμισης. Φάνηκε ότι το είδος *S. fruticosa* είναι λιγότερο ανθεκτικό σε σχέση με το *H. orientale*, *B. acetabulosa* και *R. officinalis*, διότι δεν άντεξε να υποβληθεί στις συνθήκες της ξηράς περιόδου (15<sup>η</sup>-30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου) όπως τα υπόλοιπα, πιθανώς λόγω του ότι δεν κλείνουν αρκετά τα στομάτιά τους κάτω από συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης, σε αντίθεση με αυτά στα οποία δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση και παρουσίασαν ισχυρό κλείσιμο στοματίων. Μελέτες των Barlett et al. (2012), Lenz et al., (2006) έδειξαν ότι το υδατικό δυναμικό των φύλλων στο σημείο απώλειας σπαργής αναγνωρίζεται ως μια καθοριστική φυσιολογική αντίσταση του φυτού σε συνθήκες ξηρασίας. Σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Savi et al. (2013) όπου μελέτησαν φυτά του είδους *S. officinalis* τα οποία ήταν εγκατεστημένα σε πειραματικά τεμάχια πάνω σε φυτοδώμα στην περιοχή της Τεργέστης στην βορειοανατολική Ιταλία, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους πρότειναν ότι οι αλλαγές που προέκυψαν στη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στα κύτταρα των φυτών οδήγησαν στη μετατόπιση του σημείου απώλειας σπαργής προς

χαμηλότερες τιμές, και αξιολόγησαν ότι αυτού του είδους η οσμωτική προσαρμογή είναι ένας σπουδαίος μηχανισμός του φυτού προωθώντας τον εγκλιματισμό του στις συνθήκες ξηρασίας. Τέλος, σχετική μελέτη των Raimondo et al. (2015) που πραγματοποίησαν σε φυτά *S. officinalis* τα οποία ήταν εγκατεστημένα σε πειραματικά τεμάχια πάνω σε φυτοδώμα, έδειξε ότι τα φυτά που υποβλήθηκαν σε υδατική καταπόνηση μείωσαν το υδατικό δυναμικό των φύλλων έως το σημείο απώλειας της σπαργής μέσω της οσμωτικής προσαρμογής, προκειμένου να μειώσουν την υδατοκατανάλωσή τους ώστε να επιβιώσουν όσο περισσότερο μπορούν.

#### 4.2.2.6. Αντίσταση στοματίων κατά την περίοδο καταπόνησης του φυτού *Rosmarinus officinalis*.

Τα φυτά *R. officinalis* τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου, εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές στοματικής αντίστασης με σημαντικές διαφορές από τις τιμές των υπολοίπων κατά τις πρώτες 6 ημέρες της περιόδου υδατικής καταπόνησης ( 30<sup>η</sup> Ιουλίου, (Διάγρ.3.2.2.6.). Στη συνέχεια, ακολουθούν οι τιμές των φυτών που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης, οι οποίες είναι μεγαλύτερες από εκείνες των υπολοίπων φυτών που αρδεύονταν με τα υπόλοιπα επίπεδα άρδευσης μέχρι και την ξηρά περίοδο με σημαντικές διαφορές. Συμπερασματικά, όπως παρατηρείται και από το Διάγρ.3.2.2.6. το είδος *R. officinalis* κλείνει κατά ένα μεγάλο ποσοστό τα στοματίά του και ήταν ικανό να επιβιώσει καθ όλη τη διάρκεια της ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης ακόμα και με άρδευση της τάξης του 25%  $E_{pan}$ , κάτω από έντονες συνθήκες ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικό σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Πολλοί ερευνητές έχουν αναφέρει την ικανότητα της οσμωτικής προσαρμογής που παρουσιάζει το *R. officinalis* κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Sanchez-Blanco et al., 2004a). Έρευνα των Munne-Bosch et al. το 1999 έδειξε ότι το φυτικό είδος *R. officinalis* κάτω από συνθήκες πολύ έντονης ξηρασίας, μείωσε την αφομοίωση του CO<sub>2</sub> περίπου κατά 80%. Έδειξαν ακόμα ότι η ικανότητα που παρουσιάζει το *R. officinalis* να αυξάνει την συγκέντρωση της α-τοκοφερόλης στα φύλλα του και να διατηρεί τη λειτουργικότητα του κύκλου της ξανθοφύλλης σε πολύ χαμηλές περιεκτικότητες νερού στο φύλλο, πιθανώς βοηθάει στην πρόληψη από ολοκληρωτική καταστροφή του φυτού κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής ξηρασίας. Έτσι, είναι εφικτή η ανάκτηση των λειτουργικών μεμβρανών του φυτού ύστερα από τις φθινοπωρινές βροχές. Σε μελέτη των Sanchez- Blanco et al. (2004), οι αλλαγές που συνέβησαν σε φυτά *R. officinalis* εξαιτίας της ελλειμματικής άρδευσης μπορούν να θεωρηθούν ως μια μορφολογική προσαρμογή του συγκεκριμένου είδους στην υδατική καταπόνηση ώστε να μειώσει το ρυθμό διαπνοής του και να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση νερού. Τέλος, το 2006 σε έρευνα που

πραγματοποίησαν οι Olmos et al. παρατήρησαν ότι φυτά του είδους *R. officinalis* που αναπτύχθηκαν κάτω από διαφορετικές συχνότητες άρδευσης παρουσίασαν σημαντικές ανατομικές και υπερδομικές προσαρμογές στην αντίσταση στην ξηρασία. Τέτοιου είδους μηχανισμοί προσαρμογής καθιστούν το συγκεκριμένο φυτικό είδος χρήσιμο στις καλλιέργειες για την βελτίωση της ξηρασίας στην περιοχή της Μεσογείου. Στα φύλλα των καταπονημένων φυτών, το υδατικό δυναμικό και η σπαργή μειώθηκαν. Οι ανατομικές έρευνες έδειξαν ότι τόσο τα μεσοκυττάρια διαστήματα του μεσόφυλλου όσο και το μέγεθος των επιδερμικών κυττάρων μειώθηκαν σημαντικά κάτω από τις πιο έντονες συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

### 4.2.3. Μέτρηση SPAD

4.2.3.1. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών.

Από το Διαγρ.3.2.3.1. παρατηρείται ότι σε γενικές γραμμές καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια της περιόδου υδατικής καταπόνησης των μη αρδευόμενων φυτών, τις μεγαλύτερες τιμές spad εμφάνισαν τα φυτά *R. officinalis* και τις μικρότερες τιμές spad με σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτικά είδη σημείωσαν τα φυτά *B. acetabulosa*. Αυτό σημαίνει ότι σε συνθήκες έντονης υδατικής καταπόνησης, τα φυτά *R. officinalis* διατηρούν σε μεγαλύτερα ποσοστά την περιεκτικότητα της ολικής χλωροφύλλης στα φύλλα τους σε σύγκριση με τα φυτά του *B. acetabulosa* που φαίνεται ότι χάνουν σχεδόν τελείως την ολική χλωροφύλλη στα φύλλα τους, λόγω μείωσης της περιεκτικότητάς της, όταν υπόκεινται σε συνθήκες ξηρασίας.

4.2.3.2. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Ballota acetabulosa*.

Από την έναρξη της περιόδου της υδατικής καταπόνησης των φυτών *B. acetabulosa* και για 24 ημέρες (17<sup>η</sup> Αυγούστου) παρατηρήθηκε μια γενική άνοδος των τιμών spad όλων των φυτών συνολικά, με τις μικρότερες τιμές να εμφανίζονται στα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης (Διαγρ.3.2.3.1.). Εκείνα τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου επιβίωσαν για 20 ημέρες, ενώ εκείνα με το 25%  $E_{pan}$  επιβίωσαν καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Από την 17<sup>η</sup> Αυγούστου και σχεδόν καθ' όλο το διάστημα που ακολούθησε μέχρι και την περίοδο ξηρασίας, παρατηρήθηκε μια γενική πτώση των τιμών του spad σε όλα τα φυτά ανεξαρτήτως επέμβασης άρδευσης με τις

μικρότερες τιμές να σημειώνονται στα φυτά εκείνα τα οποία αρδεύτηκαν με το 25% της ημερήσιας εξάτμισης.

#### 4.2.3.3. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Helichrysum orientale*.

Κατά την πρώτη εβδομάδα εφαρμογής της ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης των φυτών *H. orientale*, όπως παρατηρείται από το Διαγρ.3.2.3.3., τις υψηλότερες τιμές spad σημείωσαν τα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 75% και το 100% της ημερήσιας εξάτμισης. Στην συνέχεια και για έναν περίπου μήνα μετά (10<sup>η</sup> Αυγούστου - 10<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου), παρατηρείται ότι τις μεγαλύτερες τιμές spad εμφάνισαν τα φυτά εκείνα που αρδεύονταν με το 50% και το 75% της ημερήσιας εξάτμισης .

#### 4.2.3.4. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Melissa officinalis*.

Στην αρχή της περιόδου ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης των φυτών *M. officinalis* παρατηρήθηκε ότι οι υψηλότερες τιμές spad εμφανίζονται στα φυτά εκείνα που δέχτηκαν το 50% και οι χαμηλότερες τιμές με σημαντική διαφορά από τις προαναφερθείσες τιμές, στα φυτά εκείνα που δέχτηκαν άρδευση με το 0% της ημερήσιας εξάτμισης. Καθώς προχωράει η περίοδος εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης παρατηρείται ότι την 11<sup>η</sup> και την 22 Αυγούστου οι μικρότερες τιμές spad ήταν των φυτών εκείνων που αρδεύονταν με το 100% με σημαντική στατιστική διαφορά σε σχέση με εκείνα που αρδεύονταν με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης που παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές (Διαγρ.3.2.3.4.). Από την 22<sup>η</sup> Αυγούστου και μετά παρατηρείται σημαντική μείωση των τιμών των *M. officinalis* στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση με το 25%, τα οποία λαμβάνουν τις μικρότερες τιμές συγκριτικά με όλα τα υπόλοιπα φυτά των διαφορετικών επεμβάσεων άρδευσης μέχρι και το τέλος της υδατικής καταπόνησης, ενώ τα *M. officinalis* που αρδεύονταν με το 50% εξακολούθησαν να εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές spad με σημαντικές στατικά διαφορές την 28<sup>η</sup> Αυγούστου μέχρι και την 2<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου. Σε γενικές γραμμές, από τα παραπάνω δεδομένα μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι όσο λιγότερη ποσότητα άρδευσης δέχεται το φυτό *M. officinalis* , τόσο χαμηλότερες τιμές spad παρουσιάζει πιθανώς λόγω της μείωσης της φυλλικής του επιφάνειας και κατ'επέκταση μείωση της περιεκτικότητας σε ολική χλωροφύλλη. Σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης η μείωση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών λειτουργεί ως προστατευτικός μηχανισμός προκειμένου να μειωθεί ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής τους και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες σε νερό έτσι ώστε να μπορέσει το φυτό να επιβιώσει κάτω από συνθήκες

ξηρασίας. Σε πάρα πολλές περιπτώσεις φυτών, όπως και στους χλοοτάπητες, όταν τα φυτά αρδεύονται με λίγο νερό και αρχίζουν να καταπονούνται, σκουραίνει το χρώμα τους, κυρίως λόγω απώλειας υγρασίας υποστρώματος και αύξησης της περιεκτικότητας σε ολική χλωροφύλλη στα φύλλα τους. Αν η καταπόνηση γίνει συνεχίσει και γίνει εντονότερη αρχίζουν να χάνουν το χρώμα τους, δηλαδή αρχίζει να μειώνεται η περιεκτικότητα των φύλλων σε ολική χλωροφύλλη. Αυτό εξηγεί γιατί σε κάποιες ημερομηνίες τα φυτά *M. officinalis* που αρδεύονταν με το 50% της ημερήσιας εξάτμισης εμφάνισαν υψηλότερες τιμές spad από αυτά που αρδεύτηκαν με το 25 και το 0%  $E_{pan}$ . Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Munne-Bosch and Alegre το 1998 σε φυτά *M. officinalis* τα οποία είχαν υποβληθεί σε διαφορετικές επεμβάσεις άρδευσης, βρέθηκε ότι όταν υπήρχαν διαθέσιμοι υδατικοί πόροι στα υποστρώματα των φυτών (φυτά που αρδεύονταν), επιτεύχθηκε μια καθημερινή κορύφωση των καμπυλών με υψηλούς φωτοσυνθετικούς ρυθμούς κατά τη διάρκεια του περισσότερου μέρους της ημέρας. Δεδομένου ότι η υδατική καταπόνηση δεν φαίνεται να προκαλεί κάποια επιπλέον μείωση της κβαντικής απόδοσης του PSII των φωτονίων στο σκοτάδι (φωτογήρανση) και μείωση της σύνθεσης της χρωστικής των φύλλων των φυτών *M. officinalis*, προτείνεται, σύμφωνα με τους Kyriakidis et al. (1995), ότι η υποβάθμιση των χρωστικών ουσιών μπορεί να θεωρηθεί ως ένας κανονισμός που επιτρέπει στα φυτά να μειώσουν τον κίνδυνο της υπερδιέγερση και της φωτοοξειδωτικής καταστροφής. Ένας άλλος φωτοπροστατευτικός μηχανισμός είναι η υψηλού φωτός που προκαλούμενη συσσώρευση της ζεαξανθίνης από τον μετασχηματισμό της βιολαξανθίνης, η οποία έχει παρατηρηθεί σε φυτά που αναπτύσσονται στον αγρό (Schindler και Lichtenthaler, 1996).

#### 4.2.3.5. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Rosmarinus officinalis*.

Από τα δεδομένα που πάρθηκαν από το Διαγρ.3.2.3.5., μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι όσο μικρότερο ποσοστό άρδευσης δέχεται το συγκεκριμένο είδος, τόσο περισσότερο μειώνονται οι τιμές του spad. Αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Munne- Bosch et al. το 1999 έδειξε ότι η μείωση της χλωροφύλλης σε φυτά *R. officinalis* είναι ένας επιπλέον παράγοντας που συνεισφέρει στην επιβίωση του φυτού μετά από έντονη υδατική καταπόνηση, μειώνοντας την ποσότητα των φωτονίων που απορροφώνται από τα φύλλα, πράγμα το οποίο οδηγεί σε μια ενισχυμένη φωτοπροστατευτική και αντιοξειδωτική ικανότητα των φύλλων του φυτού ανά ποσότητα απορροφημένων φωτονίων. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Nogues and

Baker (2000) και των Nogues et al. (2001) έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια πολύ έντονης περιόδου ξηρασίας μέσα στο καλοκαίρι, το *R. officinalis* εμφάνισε μεγάλη μείωση του φωτοσυνθετικού του ρυθμού. Αυτό πιθανώς εξηγείται μερικώς από ισχυρό κλείσιμο των στοματιών (Gratani and Varone, 2003). Σε μελέτη των Munne -Bosch et al. το 1998, αποδείχτηκε ότι το *R. officinalis* εμφανίζει μια εξαιρετική ικανότητα να αντέχει σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας αποφεύγοντας την καταστροφή του φωτοσυνθετικού του μηχανισμού μέσω της συντηρητικής διαχείρισης του νερού από το ίδιο το φυτό και της μείωσης του ρυθμού διαπνοής. Το 2000 οι Munne-Bosch and Alegre παρατήρησαν ότι το *R. officinalis* αποφεύγει την υποκυτταρική καταστροφή του φωτοσυνθετικού του μηχανισμού κατά τη διάρκεια υποβολής του σε μακρά περίοδο υδατικής καταπόνησης. Πρότειναν ότι αυτή του η ικανότητα προκύπτει από τη δραστηριοποίηση του κύκλου της ξανθοφύλλης και της συσσώρευσης τοκοφερόλης, αποφεύγοντας έτσι την καταστροφή που προκαλείται από την παραγωγή ελευθέρων ριζών στα φυτά που υπόκεινται σε υδατικές καταπονήσεις.

#### 4.2.3.6. Μέτρηση των τιμών του SPAD κατά την περίοδο καταπόνησης στα φυτά *Salvia fruticosa*.

Κατά την περίοδο της εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης/υδατικής καταπόνησης παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες τιμές spad εμφανίζονται στα φυτά με το 100% και το 50% της ημερήσιας εξάτμισης και οι μικρότερες στα φυτά εκείνα που δέχτηκαν άρδευση με το 0% και 75%  $E_{pan}$ . Την 8<sup>η</sup> - 10<sup>η</sup> Αυγούστου οι μεγαλύτερες τιμές spad καταγράφονται στα φυτά εκείνα με το 25%, ενώ οι μικρότερες με σημαντική διαφορά από τις τιμές των υπολοίπων συνεχίζουν να σημειώνονται στα φυτά *S. fruticosa* με το 75% (Διαγρ.3.2.3.6.). Επίσης, το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και την 10<sup>η</sup> - 13<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, όπου οι υψηλότερες τιμές spad σημειώνονται από τα φυτά που αρδεύονταν με το 25% με σημαντική διαφορά από εκείνα που αρδεύονταν με το 75% της ημερήσιας εξάτμισης και που εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές spad. Στην ουσία οι τιμές του spad σε σχέση με τις διάφορες επεμβάσεις άρδευσης δεν φάνηκε να παρουσιάζουν ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, στο είδος *S. fruticosa*. Επομένως, ο παράγοντας άρδευση δεν επέδρασε σημαντικά στην περιεκτικότητα των φύλλων σε ολική χλωροφύλλη στα φυτά *S. fruticosa*.

## ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΟΜΕΛΕΤΗΣ Β

Στην μελέτη αυτή, τα είδη αρωματικών φυτών που μελετήθηκαν τα οποία ήταν τα εξής πέντε: *Melissa officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia fruticosa*, *Ballota acetabulosa* και *Helichrysum orientale* σε συνθήκες εκτατικού φυτοδώματος, έδειξαν ότι παρουσιάζουν υψηλή αντοχή κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Ειδικότερα, το *Helichrysum orientale*, η *Ballota acetabulosa* και το *Rosmarinus officinalis* κατά σειρά, επέδειξαν πολύ υψηλή αντοχή στην ξηρασία, αφού φυτά από τα δύο πρώτα είδη επιβίωσαν χωρίς άρδευση για 20 ημέρες κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες και φυτά του είδους *R. officinalis* επιβίωσαν για 18 ημέρες χωρίς άρδευση κάτω από τις ίδιες συνθήκες χωρίς κανένα πρόβλημα. Τα είδη *S. fruticosa* και *M. officinalis* κατά σειρά αξιολογήθηκαν ως λιγότερα ανθεκτικά από τα τρία προηγούμενα διότι τα φυτά *S. fruticosa* που δεν αρδεύτηκαν καθόλου άντεξαν για 10 συνεχόμενες ημέρες και τέλος τα φυτά *M. officinalis* που δεν δέχτηκαν καμία επέμβαση άρδευσης κατάφεραν να επιβιώσουν για 7 ημέρες από την έναρξη της υδατικής καταπόνησης, γεγονός που τα καθιστά τα λιγότερο ανθεκτικά σε συνθήκες ξηρασίας σε σχέση με τα υπόλοιπα τέσσερα είδη που μελετήθηκαν. Επομένως, καταλληλότερα φυτικά είδη για την κάλυψη δωματίων εκτατικού τύπου φάνηκαν να είναι το *Helichrysum orientale*, η *Ballota acetabulosa* και το *Rosmarinus officinalis*, λόγω της αυξημένης αντοχής που παρουσίασαν υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης και ελλειμματικής άρδευσης.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Bartlett, M.K., Scoffoni, C., Sack, L., 2012. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. *Ecol. Lett.* 15, 393-405.
- Battaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. & Marzouk, B. (2008) Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae* 120 (2009) 271-275.
- Boivin, M.A., M.P. Lamy, A. Gosselin and B. Dansereau. 2001. Effect of artificial substrate depth on freezing injury of six herbaceous perennials grown in a green roof system. *HortTechnology* 11(3): 409-412
- Compton, J.S. and T.H. Whitlow, 2006. A zero discharge green roof system and species selection to optimize evapotranspiration and water retention, *In Proc. of 4th North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities*, The Cardinal Group, 241 Toronto, Boston, MA. 10-12 May, 2006.
- Corell, M., Castillo Garcia, M. & Cermeno, P. (2009) Effect of the direct watering in the production and quality of the essential oil, in the cultivation of *Salvia officinalis* L. *Acta Horticulturae* 826, 281-288.
- Cushman, J.C., 2001. Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments. *Plant Physiol* 127:1439-1448.
- Dunnett, N. and A. Nolan. 2004. The effect of substrate depth and supplementary watering on the growth of nine herbaceous perennials in a semi-extensive green roof. *Acta Hort. (ISHS)*, 643: 305-309.
- Durhman, A.K., D.B. Rowe, and C.L. Rugh. 2006. Effect of water regimen on chlorophyll fluorescence and growth of selected green roof plant taxa. *HortScience* 41:1623-1628.
- Durhman, A.K., D.B. Rowe, and C.L. Rugh. 2007. Effect of substrate depth on initial growth, coverage, and survival of 25 succulent green roof plant taxa. *HortScience* 42(3): 588-595.
- Fassman, E.A., R. Simcock and E. Voyde. 2010. Extensive green (Living) roofs for stormwater mitigation. Prepared by Auckland UniServices for Auckland Regional Council. Auckland Regional Council Technical Report 2010/017.
- Franco, J. A., Banon, S., Fernandez, J. A., and Leskovar, D. I. (2000) Effect of nursery regimes and establishment on root development of *Lotus creticus* seedlings following transplanting. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76, 174-179.
- Getter, K. L., and D.B. Rowe. 2008. Media depth influences *Sedum* green roof establishment. *Urban Ecosystems* 11(4): 361-372.



- Getter, K.L. and Rowe, D.B., 2007. Effect of substrate depth and planting season on *Sedum* plug survival on green roofs. *Journal of Environmental Horticulture* 25, 95-99.
- Getter, K.L., Rowe, D.B. and Andresen, J.A., 2007. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological Engineering* 31, 225-231.
- Getter, K.L., Rowe, D.B., Robertson, G.P., Cregg, B.M. and Andresen, J.A., 2009. Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental Science and Technology* 43, 7564-7570.
- Gratani, L. & Varone, L. (2003) Leaf key traits of *Erica arborea* L., *Erica multiflora* L. and *Rosmarinus officinalis* L. co-occurring in the Mediterranean maquis. *Flora* 199, 58-69 (2004).
- Gravatt, D.A., Martin, C.E., 1992. Comparative ecophysiology of five species of *Sedum* (Crassulaceae) under well-watered and drought-stressed conditions. *Oecologia* 92:532-541.
- Heywood VH, Richardson IBK. 1990. *Ballota acetabulosa* Benth, In: Tunin TG, Heywood VH, Burges NA, Moore DM, Valentine DH, Walters SM. Webb DA, eds. *Flora Europaea*. Cambridge: Cambridge University Press. *Volume 3*, 150.
- Kaiser, W.M.: Effect of water deficit on photosynthesis capacity. *Physiol. Plantarum* 71, 142-149 (1987).
- Kirschstein, C., 1997. Die durreresistenz einiger *Sedum*-arten. Abgeleitet aus der Bedeutung der Wurzesaugspannung- Teil 1. *Stadt und Grun* 46(4):252-256.
- Kluge M (1977) Is *Sedum acre* a CAM plant? *Oecologia* 29: 77-83
- Kluge, M. & Ting I.P., 1978. *Crassulacean Acid Metabolism: an ecological analysis*. Ecological Studies Series, vol.30. Springer, Berlin.
- Kotsiris, G., P.A. Nektarios and A.T. Paraskevopoulou. 2012. *Lavandula angustifolia* growth and physiology is affected by substrate type and depth when grown under Mediterranean semi-intensive green roof conditions. *HortScience* 47:311-317.
- Kotsiris, G., P.A. Nektarios, N.Ntoulas, G. Kargas. 2013. An adaptive approach to intensive roofs in the Mediterranean climatic region. *Urban Forestry & Urban Greening*. 12(3): 380-392.
- Kumar, R. and S.C. Kaushik., 2005. Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings. *Building and Environment*. 40(11):1505-1511
- Kyparissis, A., Petropoulou, Y., and Manetas, Y. (1995) Summer survival of leaves in a soft-leaved shrub (*Phlomis fruticosa* L., Labiatae) under Mediterranean field conditions: avoidance of photoinhibitory damage through decreased chlorophyll contents. *Journal of Experimental Botany* 46, 1825-1831.

- Lassalle, F., 1998. Wirkung von trockenstreb auf xerophile pflanzen. Stadt und Grun 47(6):437-443.
- Latshaw, K., J. Fitzgerald and R. Sutton. 2009. Analysis of green roof growing media porosity. RURALS: Review of Undergraduate Research in Agricultural and Life 4(2).
- Lee, K.S., and J. Kim., 1994. Changes in Crassula-cyan acid metabolism (CAM) of *Sedum* plants with special reference to soil moisture conditions. J. Plant Biol. 37:9-15.
- Lenz, T.I., Wright, I.J., Westboy, M., 2006. Interrelations among pressure-volume curve traits across species and water availability gradients. Physiol. Plant. 127, 423-433.
- Liesecke, H.J. 1999. Long-term development of another extensive roof vegetation (Langzeitentwicklung einer weiteren extensiven dachbegrunung). Stadt und Grun 48: 769 - 776.
- Lundholm, J.T., MacIvor, S.J. and Ranalli, M.A., 2009. Benefits of green roofs on Canada's East Coast. In: Paper presented at the Seventh Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show.
- Monterusso, M.A., D.B. Rowe, and C.L. Rugh., 2005. Establishment and persistence of *Sedum* spp. and native taxa for green roof applications. HortScience 40:391-396.
- Munne-Bosch, S. & Alegre, L. (1998) Role of Dew on the Recovery of Water-Stressed *Melissa officinalis* L. Plants. J. Plant Physiol. Vol.154. pp. 759-766 (1999).
- Munne-Bosch, S. and Alegre, L. (2004) Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. Functional Plant Biology 31, 203-216.
- Munne-Bosch, S., and Alegre, L. (2000) Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in *Rosmarinus officinalis* plants. Planta 210, 925-931.
- Munne-Bosch, S., Jubany-Mari, T., and Alegre, L. (2001) Droughtinduced senescence is characterized by a loss of antioxidant defences in chloroplasts. Plant, Cell and Environment 24,1319-1327.
- Munne-Bosch, S., Nogues, S.& Alegre, L.(1998) Daily patterns of photosynthesis of two Mediterranean shrubs in response to water de@cit. In: GarabG(ed) Photosynthesis: mechanisms and effects, vol V. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 4015±4018
- Munne-Bosch, S., Schwarz, K., and Alegre, L. (1999) Enhanced formation of  $\alpha$ -tocopherol and highly oxidized abietane diterpenes in water-stressed rosemary plants. Plant Physiology 121: 1047-1052.
- Nagase, A. and N. Dunnett. 2010. Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. Landsc. Urban Plan. 97 (4):318-327.

- Nektarios, P.A., I. Amountzias, I. Kokkinou and N. Ntoulas. 2011. Green roof substrate type and depth affect the growth of the native species *Dianthus fruticosus* under reduced irrigation regimes. *HortScience* 46(8): 1208-1216.
- Nektarios, P.A., P. Tsiotsiopolou and I. Chronopoulos. 2003. Soil amendments reduce roof garden weight and influence the growth rate of Lantana. *HortScience* 38:618-622.
- Nektarios, P.A., N. Ntoulas, A.T. Paraskevopoulou, A. Zacharopoulou, I. Chronopoulos. 2013. Substrate and drainage system selection and slope stabilization in an intensive-type roof garden park: case study of Athens Concert Hall. *Landscape and Ecological Engineering*. 10(1): 29-46.
- Nektarios, P.A., N. Ntoulas, E. Nydrioti, I. Kokkinou, E-M. Bali and I. Amountzias, 2015. Drought stress response of *Sedum sediforme* grown in extensive green roof systems with different substrate types and depths. *Scientia Horticulturae*. 181: 52-61.
- Nogués, S. & Baker, N. R. (2000): Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. - *J. Exp. Bot.* 51: 1309-1317.
- Nogués, S. ; Munné-Bosch, S. ; Casadesús, J. ; López-Carbonell M. & Alegre, L. (2001): Daily time course of whole-shoot gas exchange rates in two droughtexposed Mediterranean shrubs. - *Tree Physiol.* 21:51-58.
- Ntoulas, N., P.A. Nektarios, K. Spaneas and N. Kadoglou. 2012. Semi-extensive green roof substrate type and depth effects on *Zoysia matrella* 'Zeon' growth and drought tolerance under different irrigation regimens. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*.
- Ntoulas, N., Nektarios, P.A., Charalambous, E., Psaroulis, A. 2013. *Zoysia matrella* cover rate and drought tolerance in adaptive extensive green roof system. *Urban Forestry and Urban Greening*.12: 522-531.
- Oberndorfer, E., Lundholm J., Bass B., Coffman R.R., Doshi H., Dunnett N., Gaffin S., Köhler, M., Liu K.K.Y., Rowe B., 2007. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services, *BioScience*, American Institute of Biological Sciences, Washington; USA. pp. 823-833.
- Olmos, E., Sanchez-Blanco, M.J., Ferrandez, T. & Alarcon J.J. (2006) Subcellular Effects of Drought Stress in *Rosmarinus officinalis*.
- Osmond, CB, Ziegler H, Stichler W, Trimborn P (1975) Carbon isotope discrimination in alpine succulent plants supposed to be capable of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). *Oecologia (Berl)* 18: 209-217.
- Ozturk, A., Unlukara, A., Ipek, A. & Gurbuz, B. (2004) Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) *Pak. J. Bot.*, 36(4): 787-792, 2004.

- Papafotiou M, Pergialioti N, Tassoula L, Massas I, Kargas G. Growth of native aromatic xerophytes in an extensive Mediterranean green roof as affected by substrate type and depth and irrigation frequency. *HortSci* 2013;48:1327-33.
- Parkhurst DF, Loucks OL. 1972. Optimal leaf size in relation to environment. *Journal of Ecology* 60: 505–537.
- Peck, S., Private benefits - Public benefits, <http://www.greenroofs.org/>
- Pignatti S. Flora d'Italia. Bologna: Edagricole; 2002.
- Poldini, L., 1989. La vegetazione del Carso isontino e triestino. Edizioni Lint, Trieste.
- Psaras, G.K. & Rhizopoulou, S. (1995) Mesophyll structure during leaf development in *Ballota acetabulosa*. *New Phytol.* (1995), 131, 303-309.
- Raimondo, F., Trifilo, P., Lo Gullo, A.M., Andri, S., Savi, T. and Nardini, A. 2015. Plant performance on Mediterranean green roofs: interaction of species-specific hydraulic strategies and substrate water relations. *AoB PLANTS* 7: plv007; doi:10.1093/aobpla/plv007.
- Rowe, D.B., M.A. Monterusso and C.L. Rugh. 2006. Assessment of heat-expanded slate and fertility requirements in green roof substrates. *HortTechnology* 16: 471-477.
- Sanchez-Blanco, M. J., Ferrandez, F., Morales, M. A., Morte, A., and Alarcon J. J. (2004b). Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. *Journal of Plant Physiology* 161, 675-682.
- Sanchez-Blanco, M. J., Ferrandez, T., Navarro, A., Banon, S., and Alarcon, J. J. (2004a) Effects of irrigation on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting. *Journal of Plant Physiology* 161, 1133-1142.
- Sanchez-Blanco, M. J., Morales, M.A., Torrecillas, A., and Alarcon, J.J. (1998) Diurnal and seasonal osmotic potential changes in *Lotus creticus creticus* plants grown under saline stress. *Plant Science* 136, 1-10.
- Save, R., Alerge, L., Pery, M., and Terradas, J. (1993) Ecophysiology after fire resprouts of *Arbutus unedo* L. *Orsis* 8, 107-119.
- Savi, T., Andri, S. & Nardini, A. (2013) Impact of different green roof layering on plant water status and drought survival. *Ecological Engineering* 57 (2013) 188-186.
- Sayed, O.H., M.J. Earnshaw, and M. Cooper., 1994. Growth, water relations, and CAM induction in *Sedum album* in response to water stress. *Biol.Plant.* 36:383-388.
- Schindler, C. and Linchtenthaler, H.: Photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll fluorescence and zeaxanthin accumulation in field grown maple trees in the course of a sunny and a cloud day. *J. Plant Physiol.* 148, 399-412 (1996).

- Schuber, M. and Kluge, M., 1981. In situ Studies on Crassulacean Acid Metabolism in *Sedum acre* L. and *Sedum mite* Gil. *Oecologia* (Berl) (1981) 50: 82-87.
- Sfakianaki, A., Pagalou E., Pavlou K., Santamouris M. and Assimakopoulos M.N., 2009. Theoretical and experimental analysis of the thermal behavior of a green roof system installed in two residential buildings in Athens, Greece. *Int. J. Energy Res.* 2009; 33:1059-1069.
- Shields LM. 1950. Leaf xeromorphy as related to physiological and structural influences. *Botanical Reviews* 16: 399-447.
- Simmons, M.T., Gardiner, B., Windhager, S. and Tinsley, J., 2008. Green roofs are not created equal: the hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate. *Urban Ecosystems*, (2008) 11:339-348.
- Snodgrass, E. 2005. 100 Extensive green roofs: Lessons learned, p. 209-214. In: Proc. of 3<sup>rd</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities Washington, DC, 4-6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto, Canada.
- Taiz L, Zeiger E. 1991. *Plant physiology*. Redwood City USA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 256-259.
- Teeri, J., Turner, M., Gurevitch, J., 1986. The response of leaf water potential and crassulacean acid metabolism to prolonged drought in *Sedum rubrotinctum*. *Plant Physiol.* 81, 678-680.
- Teeri, J., Turner, M., Gurevitch, J., 1986. The response of leaf water potential and crassulacean acid metabolism to prolonged drought in *Sedum rubrotinctum*. *Plant Physiol.* 81, 678-680.
- VanWoert, N.D., D.B. Rowe, J.A. Andresen, C.L. Rugh, and L. Xiao. 2005. Watering regime and green roof substrate design affect *Sedum* plant growth. *HortScience* 40:659-664.
- Wark C.G. and Wark W.W., 2003. Green Roof Specification and Standards, Establishing an Emerging Technology. *The Construction Specifier*, August, Vol. 56, No 8.
- Wolf, D. and J.T. Lundholm. 2008. Water uptake in green roof microcosms: Effects of plant species and water availability. *Ecol. Eng.* 3:179-186.
- Αξαρχή, Κ., και Δεσποτίδου, Ε., 2005. Μετατροπή των δωματίων υφιστάμενων κτηρίων σε κήπους: Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα και Δυσκολίες εφαρμογής. Συνέδριο Αρχιτεκτονικής Τοπίου. Εκπαίδευση, Έρευνα, Εφαρμοσμένο Έργο. Πρακτικά: τόμος III, Συνεδρία 7-12, 11-14 Μαΐου, Θεσσαλονίκη, σς.223-234.
- Αραβαντινός, Α., 1999. Αστικές χρήσεις γης και οι συνεπαγόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο «Σχεδιασμός, περιβαλλοντικές και μέθοδοι εκτίμησης τους», ΕΑΠ.

- Αραβαντινός, Δ., Τσακίρης, Ν., Ψωμάς, Φ., 1999. Πειραματικός έλεγχος της διακύμανσης της θερμοκρασίας στις στρώσεις ενός φυτεμένου δώματος και ενός συμβατικού δώματος και αποτίμηση της επίδρασής της στη θερμική του συμπεριφορά, Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Συνεδρίου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Τόμος Α, 3-5 Νοεμβρίου, Βόλος, σσ.111-118.
- Ευμορφοπούλου, Α., 1992. Οι κήποι στα δώματα των κτηρίων. Η συμβολή τους στο οικοσύστημα των αστικών κέντρων. Κατασκευαστικές λύσεις και δυνατότητες εφαρμογής στον ελληνικό χώρο, Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη, σς 17-52.
- Νικολάου, Γ. 2010. Υδατικές ανάγκες των αρδευόμενων καλλιεργειών. Υπουργείο Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας. Λευκωσία - Κύπρος.
- Παναγιώτου, Ε., Κ. Παπανικολάου και Σ. Ζαμανίδης 2001. Η καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα, Γεωργία - Κτηνοτροφία 1: 36-42.
- Σκρουμπής, Β. 1998. Αρωματικά, φαρμακευτικά και μελισσοτροφικά φυτά της Ελλάδας. Εκδόσεις: Αγροτύπος, Αθήνα. 256 σελ.