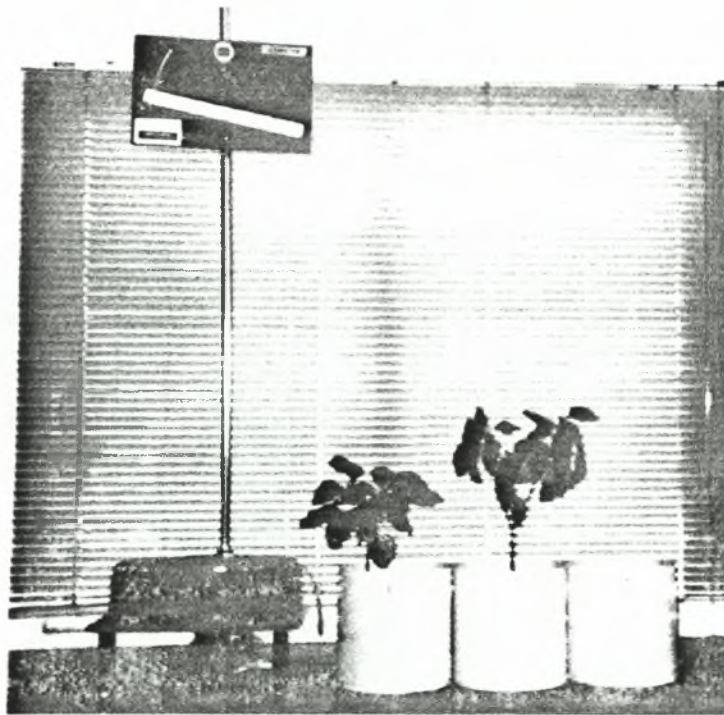


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Μέτρηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής με λυσίμετρο



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
υπό
ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Φ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ-ΣΙΟΥΛΑ

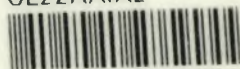
ΒΟΛΟΣ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 1999



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 1624/1
Ημερ. Εισ.: 10-10-2003
Δωρεά:
Ταξιδιοτικός Κωδικός: ΠΤ ΓΦΖΠ
1999
ΑΘΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070289

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κα. Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη για την πολύτιμη βοήθειά της κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κίττα, Πρόεδρο του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Θεοφάνη Γέμτο, για την εκπαιδευτική τους φροντίδα κατά την διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της Πτυχιακής μου διατριβής.

Εκφράζω, ακόμα, τις θερμές μου ευχαριστίες στο Γεωπόνο κ. Δημήτριο Χριστάλη, για τη συμβολή του στην αποπεράτωση του έργου μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την αδερφή μου, το σύζυγό της και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους και τη στήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αφιερώνεται στους αγαπητούς μου γονείς Φίλιππο και

Πηνελόπη Αθανασίου-Σιούλα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κα. Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη για την πολύτιμη βοήθειά της κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου διατριβής. Επίσης εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στο Γεωπόνο κ. Δημήτριο Χριστάλη, για τη συμβολή του στην αποπεράτωση του έργου μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την αδερφή μου, το σύζυγό της και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους και τη στήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

**Αφιερώνεται στους αγαπητούς μου γονείς Φίλιππο και
Πηνελόπη Αθανασίου-Σιούλα**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη της γεωργίας, που να μπορεί να σταθεί στις ανταγωνιστικές συνθήκες που διαμορφώνονται στο σημερινό κόσμο, αποτελούν οι έγγειες βελτιώσεις. Ο τομέας των εγγείων βελτιώσεων αποτελεί τη συνισταμένη πλήθους επί μέρους επιστημών όπως είναι η υδραυλική, οι αρδεύσεις, οι στραγγίσεις και η υδρολογία και αποτελεί ξεχωριστή γεωπονική ειδικότητα. Είναι όμως αναγκαίο να ερευνηθούν και να γίνουν γνωστότερες οι σχέσεις που διέπουν την αλληλεπίδραση του φυτού με τα υδρολογικά φαινόμενα που επιδρούν στην ανάπτυξή του.

Αυτά τα φαινόμενα αφορούν τις σχέσεις νερού-εδάφους-φυτού, τις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών, την απομάκρυνση του ύδατος μέσω της στράγγισης. Κυρίως όμως ενδιαφέρει η ένταση, η ποιότητα και η ποσότητα της εξάτμισης, της διαπνοής, και κυρίως η αλληλεπίδραση και οι επιπτώσεις αυτών των δύο στο φυτό, μέσω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής.

Τα περιεχόμενα της παρούσης πτυχιακής διατριβής στηρίζονται σε μετρήσεις εξατμισοδιαπνοής σε συγκεκριμένο φυτικό είδος (πιπεριά), είναι απαραίτητη όμως μια πιο επισταμένη έρευνα σε περισσότερα καλλιεργούμενα φυτικά είδη, αφού οι περιορισμένοι πόροι ύδατος, παράλληλα με τις ενεργειακές εισροές στη γεωργία, προβληματίζουν ολοένα και περισσότερο την επιστημονική κοινότητα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. Εισαγωγή	1
2. Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας	2
2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες	3
3. Βασικές έννοιες για την υγρασία του εδάφους	3
3.1. Υγρασία του εδάφους	3
3.2. Η ωφέλιμη για τις καλλιέργειες υγρασία του εδάφους	5
3.2.1. Η υδατοϊκανότητα του εδάφους	5
3.2.2. Το σημείο μόνιμης μάρανσης	6
3.2.3. Το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους	6
3.2.4. Το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών	7
3.2.5. Η διαθέσιμη και ωφέλιμη υγρασία στα φυτά	8
3.2.6. Η διηθητικότητα του εδάφους	8
4. Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Blaney-Criddle	8
5. Νεότερες μέθοδοι υπολογισμού της ET	11
5.1. Εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής (ET_r) με την τροποποιημένη μέθοδο των Blaney-Criddle	11
5.2. Εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής με την τροποποιημένη μέθοδο του Penman	12
5.3. Προσδιορισμός των φυτικών συντελεστών (k_c)	19
5.4. Υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής	24
5.5. Εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με μετρήσεις στο χωράφι	25
5.5.1. Μέθοδος των πειραματικών αγροτεμαχίων	25
5.5.2. Μέθοδος των διαδοχικών δειγματοληψιών	26
5.5.3. Μέθοδος του ισοζυγίου υγρασίας	27
5.5.4. Μέθοδος του λυσιμέτρου	27
6. Περιγραφή και πειραματική χρήση του λυσιμέτρου	29
6.1. Περιγραφή του λυσιμέτρου	30
6.2. Πρώτη φάση συναρμολόγησης του λυσιμέτρου	31
6.3. Δεύτερη φάση συναρμολόγησης του λυσιμέτρου	31
6.4. Προετοιμασία του μανομέτρου	34
6.4.1. Ρουτίνα συντήρησης του μανομέτρου	34
6.4.2. Φύλλα δεδομένων πειραματικής διαδικασίας	34
7. Πειραματική διαδικασία	40
8. Παρατηρήσεις κατά τη λήψη των μετρήσεων	52
9. Συμπεράσματα-παρατηρήσεις	62
10. Παράρτημα	64
11. Βιβλιογραφία	88

1. Εισαγωγή

Σα σκοπό της έχει η άρδευση τον εφοδιασμό των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για κανονική ανάπτυξη και τη μέγιστη απόδοση τόσο σε ποιοτικό όσο και ποσοτικό επίπεδο. Το φυτό που αναπτύσσεται απορροφά μέσω του ριζικού του συστήματος νερό μαζί με τα διαλυμένα εντός αυτού θρεπτικά στοιχεία τα οποία καταλήγουν μέσω των ιστών στα φύλλα. Στη συνέχεια το νερό, ως υδρατμοί, κινείται από το φύλλωμα στην ατμόσφαιρα. Νερό, όμως χάνεται και από την επιφάνεια του εδάφους, μέσω της εξάτμισης, όταν αυτή η επιφάνεια είναι υγρή. Το νερό που απομακρύνεται από το χωράφι με τις πιο πάνω διαδικασίες αποτελεί την *εξατμισοδιαπνοή*. Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τα *χαρακτηριστικά της καλλιέργειας* και από τις *συνθήκες* που επικρατούν στην ατμόσφαιρα η οποία περιβάλλει το φύλλωμά της.

Τα είδη των φυτών που απαρτίζουν τις διάφορες καλλιέργειες διαφέρουν μεταξύ τους σε ό,τι αφορά τη βλαστική τους περίοδο, το βάθος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος, την πυκνότητα, την έκταση και την ανακλαστικότητα του φυλλώματος και τον τρόπο που καλλιεργούνται. Οι διαφορές αυτές συνεπάγονται αντίστοιχες διαφοροποιήσεις της εξατμισοδιαπνοής από καλλιέργεια σε καλλιέργεια.

Γενικά, η εξατμισοδιαπνοή είναι ένα φαινόμενο εξάτμισης που γίνεται κάτω από κάποιες ειδικές συνθήκες. Για να υπάρξει εξάτμιση χρειάζεται ενέργεια και, συγκεκριμένα, για την εξάτμιση ενός γραμμαρίου νερού χρειάζεται ενέργεια ίση περίπου με 590cal. Στη φύση η πηγή που προμηθεύει την ενέργεια αυτή στις καλλιέργειες είναι ο ήλιος. Όταν οι υδρατμοί εγκαταλείψουν την καλλιέργεια γίνονται μέρος της ατμόσφαιρας και υπόκεινται σε όλες τις διαδικασίες ανάμειξης που αποσκοπούν στην ομογενοποίηση σε ό,τι αφορά την πυκνότητα, τη σύνθεση και τη θερμοκρασία του αέρα που περιβάλλει το φύλλωμα. Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής είναι συνάρτηση της κινητικότητας των υδρατμών που, κατά κύριο λόγο, διαμορφώνεται από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Τα παραπάνω δείχνουν ότι η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας διαμορφώνεται: α) Από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμά της και β) Από κλιματικούς παράγοντες, κυριότεροι από τους οποίους είναι η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Κάθε σχέση υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, για να είναι αξιόπιστη, πρέπει να βασίζεται στην ποσοτική εκτίμηση των παραμέτρων που έχουν σχέση με την καλλιέργεια και το κλίμα.

Το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ενός χωραφιού (πλήρης ή μερική διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας, προσβολή ή όχι από ασθένειες, γονιμότητα του χωραφιού κ.ά.) αναφέρεται σαν *πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET_d)*. Γενικά, η εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με μετρήσεις στο χωράφι γίνεται με τις ακόλουθες μεθόδους: α) Μέθοδος των πειραματικών αγροτεμαχίων, β) Μέθοδος των διαδοχικών δειγματοληψιών, γ) Μέθοδος του ισοζυγίου υγρασίας και δ) Μέθοδος του λυσιμέτρου.

Η παρούσα διατριβή διαπραγματεύεται τη μελέτη των γενικότερων φαινομένων της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών στοχεύοντας στην εκτίμηση των υδατικών αναγκών καλλιεργούμενων φυτών πιπεριάς σε εργαστηριακές ελεγχόμενες συνθήκες, μέσω του υπολογισμού, με τη μέθοδο του λυσιμέτρου, των εγγενών φαινομένων με την εξατμισοδιαπνοή και κυρίως με τη μέτρηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής του εν λόγω φυτικού είδους.

2. Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας

Το νερό που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και τη βέλτιστη απόδοση μιας καλλιέργειας εκφράζεται με τον όρο *ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας* και αντιπροσωπεύεται από την *εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας* ή *πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET_d)*, είναι δε η εξατμισοδιαπνοή αυτή το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια που είναι ελεύθερη από κάθε είδους φυτικές ασθένειες, αναπτύσσεται σε μεγάλα χωράφια, χωρίς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών και επιτυγχάνει το μέγιστο της απόδοσης κάτω από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται.

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, εξαρτάται από το κλίμα και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Η επίδραση του κλίματος στην ET_c εκφράζεται από την *εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή (ET_r)*, η οποία ορίζεται σαν η εξατμισοδιαπνοή από μια καλλιέργεια “αναφοράς ή βάσης” που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού. Σαν καλλιέργεια βάσης συνήθως θεωρείται ένας εκτεταμένος χορτοτάπητας που σκιάζει πλήρως το έδαφος και έχει ομοιόμορφο ύψος από 8 μέχρι 15cm. Άλλοι θεωρούν σαν καλλιέργεια βάσης τη μηδική. Ακόμη, σαν τέτοια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μια “ιδεατή” καλλιέργεια με “επιθυμητά” χαρακτηριστικά. Η βασική εξατμισοδιαπνοή θεωρείται ότι διαμορφώνεται από τους κλιματικούς και μόνο παράγοντες μιας περιοχής. Η εξατμισοδιαπνοή κάθε άλλης καλλιέργειας διαφέρει από τη βασική εξατμισοδιαπνοή σαν συνέπεια των διαφορών που παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της, μορφολογικά και φυσιολογικά,

από αυτά της καλλιέργειας βάσης. Η διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (E_{T_c}) από τη βασική εξατμισοδιαπνοή (E_{T_r}) εκφράζεται από το φυτικό συντελεστή (k_c).

2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες

Γενικά, για την εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας μπορεί να ειπωθεί ότι:

α) Καλλιέργειες με χαμηλή διαμόρφωση φυλλώματος (πρακτικά ολική κάλυψη της επιφάνειας του χωραφιού) με ανάπτυξη σε χωράφια με επαρκή υγρασία σε όλη τη βλαστική περίοδο παρουσιάζουν την ίδια εξατμισοδιαπνοή άσχετα με τα φυτικά είδη που απαρτίζουν αυτές τις καλλιέργειες και των εδαφικών χαρακτηριστικών στο οποίο καλλιεργούνται.

β) Σ' αυτή την περίπτωση το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτώνται μόνο από τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που περιβάλλει το φύλλωμα της καλλιέργειας.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εμφάνιση της εξάτμισης είναι η ενέργεια η οποία, στις καλλιέργειες, παρέχεται από τον ήλιο. Συνεπώς η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας καθώς και η κινητικότητα των υδρατμών αποτελούν τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που επιδρούν στο μέγεθος και στο ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής.

Συμπερασματικά, η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας διαμορφώνεται ανάλογα με το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμα της καλλιέργειας, την ένταση της ηλιακής ενέργειας, την ταχύτητα του ανέμου καθώς και από τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

3. Βασικές έννοιες για την υγρασία του εδάφους

3.1. Υγρασία του εδάφους

Οι εδαφικοί πόροι, δηλαδή τα διαστήματα που μένουν ανάμεσα στα στερεά μόρια του εδάφους, σχηματίζουν ένα πολύπλοκο δίκτυο από διασυνδεδεμένους αγωγούς κάθε σχήματος, διαμέτρου και μεγέθους. Αν σε ένα αρχικά ξερό έδαφος προστεθεί νερό, αυτό σχηματίζει αρχικά λεπτές στρώσεις σε επαφή με τα τοιχώματα των πόρων, που συγκρατούνται κυρίως με δυνάμεις συνοχής και συνάφειας, μετατοπίζει αέρα από τους πόρους και, αν η ποσότητα του νερού είναι αρκετή, γεμίζει εντελώς τους πόρους αυτούς. Αν όλοι οι πόροι του εδάφους, μικροί και μεγάλοι, γεμίσουν με νερό λέμε ότι το έδαφος έφθασε στον *κορεσμό*.

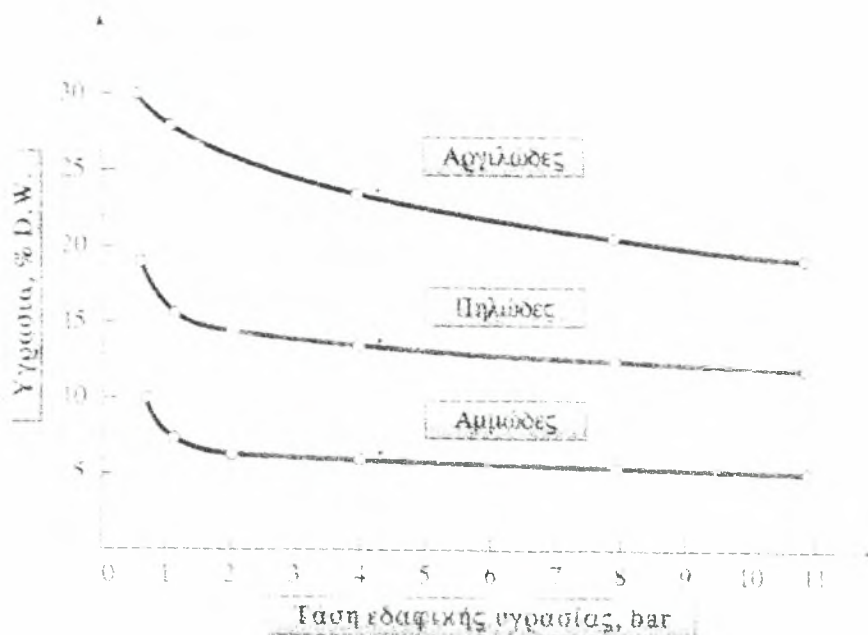
Έτσι, ο κορεσμός αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να χωρέσει ένα έδαφος.

Αν ένα κορεσμένο με νερό έδαφος αφηθεί να στραγγίσει, μια ποσότητα νερού που βρίσκεται στους μεγάλους πόρους κινείται υπό την επίδραση της βαρύτητας σχετικά εύκολα προς τα κάτω. Το νερό αυτό λέγεται *νερό της βαρύτητας ή ελεύθερο νερό*, μετά δε την απομάκρυνσή του τη θέση ξαναπαίρνει ο αέρας. Το νερό που παραμένει στο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου λέγεται *τριχοειδές νερό*, που και αυτό κινείται προς κάθε κατεύθυνση ανάλογα με τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις, αλλά με πολύ μικρότερη ταχύτητα από ότι το ελεύθερο νερό. Αν νερό συνεχίσει να απομακρύνεται φτάνει κάποια στιγμή που αυτό που απομένει συγκρατείται πολύ ισχυρά από τα μόρια του εδάφους, ιδιαίτερα από τα κολλοειδή του, και σε σημαντική αναλογία δεν είναι πια σε υγρή κατάσταση, μετακινούμενο με τη μορφή υδρατμών. Το νερό αυτό λέγεται *υγροσκοπικό*.

Οι δυνάμεις που συγκρατούν το νερό στο έδαφος εκφράζονται γενικά με τους ισοδύναμους όρους *αρνητική πίεση ή τάση ή μύζηση*, είναι ανάλογες προς την περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία και σχετίζονται με τα φαινόμενα της *συνάφειας* και της *συνοχής*. Οι *δυνάμεις συνάφειας* αντιπροσωπεύουν κατά κάποιο τρόπο την έλξη που ασκούν τα εδαφομόρια με την επιφάνειά τους πάνω στο νερό. Οι *δυνάμεις συνοχής* αντιπροσωπεύουν την έλξη που ασκούν τα μόρια του νερού το ένα στο άλλο. Κάτω από την επίδρασή τους το νερό γεμίζει τους μικρούς εδαφικούς πόρους και σχηματίζει στρώσεις σε επαφή με τα τοιχώματα των μεγάλων πόρων. Καθώς το πάχος των στρώσεων μεγαλώνει, τα μόρια του νερού που είναι προς το εσωτερικό των πόρων συγκρατούνται λιγότερο ισχυρά και μπορεί να μετακινηθούν υπό την επίδραση της βαρύτητας ή την έλξη που ασκούν άλλες γειτονικές, με μικρότερο πάχος, στρώσεις. Έτσι, πολύ μικρό έργο χρειάζεται να καταβληθεί για την απομάκρυνση νερού από ένα έδαφος που η υγρασία του βρίσκεται κοντά στον κορεσμό. Όσο το νερό στο έδαφος λιγοστεύει τόσο μεγαλύτερο έργο χρειάζεται για την απομάκρυνσή του.

Η *αρνητική πίεση ή τάση* της εδαφικής υγρασίας είναι το μέτρο που δείχνει πόσο ισχυρά συγκρατείται το νερό στο έδαφος και είναι αντιπροσωπευτική του μεγέθους της δύναμης ανά μονάδα επιφάνειας που πρέπει να καταβληθεί για την απομάκρυνσή του από τους εδαφικούς πόρους. Η δύναμη αυτή εκφράζεται συνήθως σε ατμόσφαιρες ή σε ισοδύναμο ύψος υδάτινης στήλης (μια τεχνική ατμόσφαιρα ή bar ισοδυναμεί με 10m στήλης νερού σε θερμοκρασία 21°C). Μια συγκεκριμένη τάση δεν αντιπροσωπεύει μονότιμα την ποσότητα νερού που υπάρχει σε οποιοδήποτε έδαφος ούτε, κατ' επέκταση, την ποσότητα του νερού που μπορεί να απομακρυνθεί από ένα έδαφος αν εφαρμοστεί

μια δύναμη ίση και αντίθετη προς την τάση αυτή. Οι ποσότητες αυτές είναι συνάρτηση της υφής και της δομής του εδάφους.



Σχήμα 3.1: Χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας των τριών βασικών εδαφικών τύπων υφής.

Για να γίνει δυνατή η εκτίμηση της ποσότητας του νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος κάτω από διαφορετικές τάσεις, κατασκευάζονται καμπύλες που συνδέουν την υγρασία του εδάφους με τις αντίστοιχες τάσεις (πιέσεις). Οι καμπύλες αυτές είναι αντιπροσωπευτικές κάθε τύπου εδάφους και λέγονται *χαρακτηριστικές καμπύλες*. Στο Σχήμα 3.1 δίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες τριών βασικών εδαφικών τύπων υφής.

3.2. Η ωφέλιμη για τις καλλιέργειες υγρασία του εδάφους

Στις αρδεύσεις επιθυμούμε να γνωρίζουμε την ποσότητα του νερού που μπορεί ν' αποθηκευθεί σε ένα χωράφι και που μπορεί να παρασχεθεί με ευχέρεια στις καλλιέργειες με σκοπό την κανονική ανάπτυξη και απόδοση αυτών. Σημαντικό για την εκτίμηση αυτής της ποσότητας είναι να προσδιοριστούν ορισμένες εδαφικές παράμετροι και να ακολουθηθούν κάποιες διαδικασίες, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

3.2.1. Η υδατοϊκανότητα του εδάφους

Σαν *υδατοϊκανότητα* ορίζεται η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο έδαφος, αφού απομακρυνθεί το ελεύθερο νερό. Πιο συγκεκριμένα, σαν *υδατοϊκανότητα* ορίζουμε το όριο εκείνο της εδαφικής υγρασίας στο οποίο η τιμή της τριχοειδούς

αγωγιμότητας που αντιστοιχεί είναι τόσο μικρή ώστε πρακτικά να έχει πάψει κάθε ουσιαστική κίνηση νερού στο έδαφος, ανεξάρτητα από τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις.

Πρακτικά, θεωρούμε ότι η υγρασία του εδάφους φτάνει στην υδατοϊκανότητα τρεις με πέντε ημέρες μετά τη βροχή ή άρδευση, αναλόγως με την υφή και τη δομή του εδάφους. Έτσι συμπεραίνουμε ότι η υδατοϊκανότητα αποτελεί το *άνω όριο εδαφικής υγρασίας που μπορεί να είναι χρήσιμη στα φυτά*. Αντικειμενικά, η υδατοϊκανότητα προσδιορίζεται με μέτρηση της τάσεως της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στα φυτά. Η αντιστοιχία μεταξύ υδατοϊκανότητας και τάσεως σε ανάλογους τύπους εδαφών είναι η ακόλουθη:

Τύπος εδάφους	Τάση στην υδατοϊκανότητα (cm)
Αμμώδες	60
Αμμοπιλώδες	100
Ιλυοπιλώδες	300
Αργιλώδες	600

Εργαστηριακό προσδιορισμός της υδατοϊκανότητας γίνεται με τη μέθοδο της *ισοδύναμης υγρασίας*, κυρίως όμως για συνεκτικά εδάφη.

3.2.2. Το σημείο μόνιμης μάρανσης

Ενώ η υδατοϊκανότητα αποτελεί το άνω όριο της χρήσιμης υγρασίας για τα φυτά, το αντίστοιχο κάτω όριό της είναι το *σημείο μάρανσης*. Σ' αυτό το σημείο εδαφικής υγρασίας τα φυτά δεν προσλαμβάνουν το απαραίτητο νερό για την κάλυψη των αναγκών τους, με αποτέλεσμα να αρχίζουν να μαραίνονται. Σαν αντιπροσωπευτική τάση του σημείου μόνιμης μάρανσης όλων των εδαφών, έχει γίνει δεκτή η τάση των 15atm. Αν η υγρασία ελαττωθεί περαιτέρω προκαλείται μάρανση και θάνατος των φυτών, οπότε βρισκόμαστε στο *έσχατο σημείο μάρανσης*. Η τάση που αντιστοιχεί σε αυτό το σημείο μπορεί να φτάσει τις 60atm.

3.2.3. Το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους

Ένα αποξηραμένο έδαφος αποτελείται από στερεά σωματίδια και πόρους γεμάτους με αέρα. Το ειδικό βάρος των στερεών σωματιδίων, δηλαδή το *πραγματικό ειδικό βάρος του εδάφους (SWS)* είναι σχεδόν σταθερό για όλα τα εδάφη και κυμαίνεται από 2,6-2,7g/cm³. Το ειδικό βάρος του εδάφους, μαζί με τους γεμάτους με αέρα πόρους, δηλαδή το *φαινόμενο ειδικό βάρος (ASW)* εξαρτάται κυρίως από την υφή και τη δομή του. Το ASW και το SWS συνδέονται με τη σχέση:

$$ASW=(1-n) SWS \quad (3.1)$$

όπου: n=το πορώδες του εδάφους.

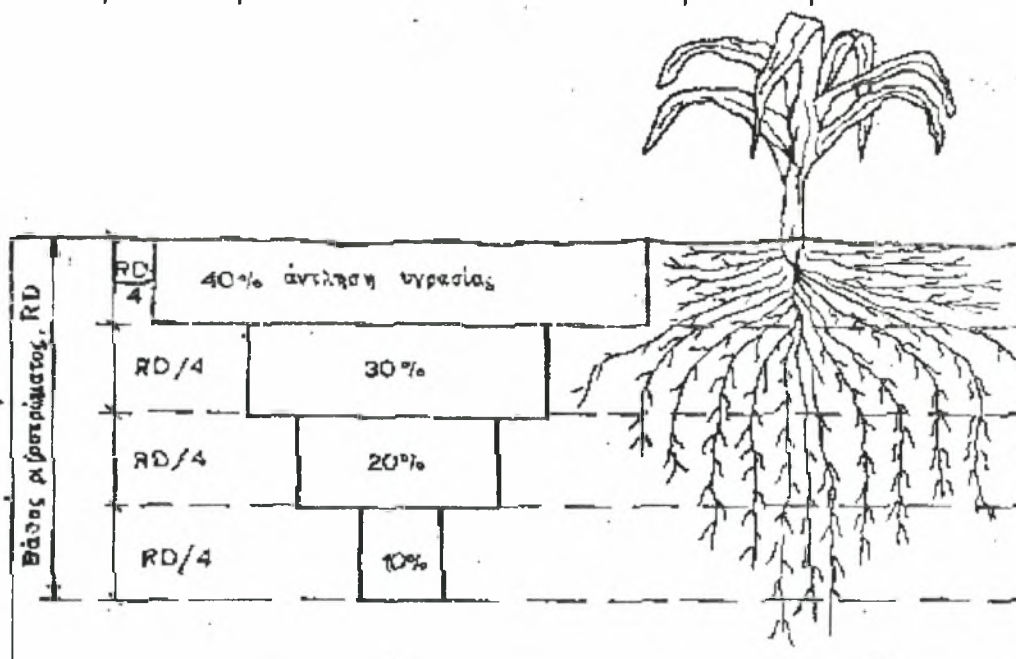
Από τη σχέση (3.1) συμπεραίνουμε ότι όσο το φαινόμενο ειδικό βάρος μικραίνει τόσο το πορώδες του εδάφους μεγαλώνει. Έτσι, τα

αμμώδη εδάφη, που το πορώδες τους είναι μικρό, έχουν μεγαλύτερο φαινόμενο ειδικό βάρος σε σχέση με τα αργιλώδη εδάφη.

3.2.4. Το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών

Για κάθε ποσοτική εκτίμηση του νερού που είναι απαραίτητο στα φυτά, χρήσιμο είναι να γνωρίζουμε την κατανομή, την πυκνότητα και το βάθος του κυρίου όγκου των ριζών τους, δηλαδή τη ζώνη ριζοστρώματος. Αυτή η ζώνη καθορίζει κυρίως το μέγεθος της εδαφικής δεξαμενής, όπου βρίσκεται το απαραίτητο νερό για τις καλλιέργειες. Η πυκνότητα και η κατανομή των ριζών σε αυτή τη ζώνη καθορίζει το ποσοστό άντλησης της εδαφικής υγρασίας από τα διάφορα επίπεδά της.

Στα περισσότερα φυτά οι ρίζες συγκεντρώνονται στο πάνω μέρος του ριζοστρώματος, κοντά στη βάση του φυτού. Όταν το έδαφος είναι ομοιογενές σε όλη τη ζώνη του ριζοστρώματος και η υγρασία είναι επαρκής σε όλο το βάθος του, τότε τα φυτά αντλούν το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας από την περιοχή της επιφάνειας και λιγότερο από τις υποκείμενες επιφάνειες. Σε αυτές τις συνθήκες το διάγραμμα αντλήσεως υγρασίας, για όλες σχεδόν τις καλλιέργειες, προσομοιάζει με αυτό στο Σχήμα 3.2, όπου η άντληση νερού γίνεται κατά 40% στο πάνω τέταρτο της ζώνης του ριζοστρώματος, κατά 30% από το δεύτερο τέταρτο, κατά 20% από το τρίτο τέταρτο και κατά 10% από το τέταρτο τέταρτο.



Σχήμα 3.2.: Διάγραμμα αντλήσεως υγρασίας από φυτά που αναπτύσσονται σε βαθιά διαπερατά εδάφη με υγρασία που προσεγγίζει την υδατοϊκανότητα σε όλο το βάθος του ριζοστρώματος.

Στην πραγματικότητα, ο ρυθμός αντλήσεως και το βάθος του ριζοστρώματος διαμορφώνονται από την κατανομή της υγρασίας στο

έδαφος, το είδος της καλλιέργειας και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Έτσι, το βάθος του ριζοστρώματος πρέπει να καθορίζεται τοπικά για τα φυτά που πρόκειται να καλλιεργηθούν.

3.2.5. Η διαθέσιμη και ωφέλιμη υγρασία στα φυτά

Στην άρδευση μας ενδιαφέρει συγκεκριμένα η *υγρασία ανάμεσα στην υδατοϊκανότητα και το σημείο μόνιμης μάρανσης στο βάθος της ζώνης του ριζοστρώματος* και η οποία ονομάζεται *διαθέσιμη υγρασία*.

Παλιότερα επικρατούσε η αντίληψη ότι οι καλλιέργειες μπορούσαν να αντλήσουν αποδοτικά όλη τη διαθέσιμη υγρασία. Αυτό, όμως, είναι λάθος. Η υγρασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών είναι κλάσμα της διαθέσιμης υγρασίας, το μέγεθος του οποίου εξαρτάται από το συνδυασμό φυτικών, εδαφικών και κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή. Το κλάσμα αυτό της υγρασίας λέγεται *ωφέλιμη υγρασία*. Μπορούμε δε, να ισχυριστούμε ότι *η ωφέλιμη υγρασία αντιπροσωπεύει το νερό που πρέπει να αποθηκεύεται στο χωράφι με κάθε άρδευση*.

3.2.6. Η διηθητικότητα του εδάφους

Κατά τη διάρκεια μιας βροχής ή άρδευσης το νερό κινείται από την επιφάνεια του εδάφους στα βαθύτερα στρώματα. Η διείσδυση αυτή του νερού στο έδαφος, που εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας, τη δομή, την υφή, τη σε βάθος ομοιογένεια και, στα αρχικά στάδια, από την εδαφική υγρασία, αποτελεί το φαινόμενο της *διήθησης*.

Η διήθηση του νερού στο έδαφος εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του. Εδάφη με μεγάλους πόρους και ανοικτή δομή παρουσιάζουν μεγάλη διηθητικότητα. Το αντίθετο συμβαίνει με τα συνεκτικά εδάφη. Άλλα εδάφη διαστέλλονται όταν διαβρέχονται με αποτέλεσμα να κλείνουν οι πόροι τους και να γίνονται σχεδόν αδιαπέρατα στο νερό. Τα ίδια εδάφη, κατά κανόνα, όταν ξεραίνονται, σχηματίζουν ρωγμές, από τις οποίες το νερό διεισδύει ταχύτατα, με αποτέλεσμα να έχουν μεγάλη αρχική διηθητικότητα.

4. Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Blaney-Criddle

Οι αρδεύσεις στηρίζονται στην ποσοτική εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής και στον υπολογισμό της ωφέλιμης εδαφικής υγρασίας. Έχουν επινοηθεί πολλές μέθοδοι για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής που στηρίζονται κυρίως σε κλιματικές παραμέτρους, μετρήσεις των οποίων αποκτούνται σχετικά εύκολα. Από αυτές τις μεθόδους μεγαλύτερη εξάπλωση είχε η μέθοδος των Blaney-Criddle. Η βασική σχέση αυτής της

μεθόδου, η οποία εκτιμά την εποχιακή εξατμισοδιαπνοή (το συνολικό νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου) έχει τη μορφή:

$$ET=KF \quad (4.1)$$

όπου: ET= η εποχιακή εξατμισοδιαπνοή σε mm νερού,

K= ένας εποχιακός φυτικός συντελεστής (οι τιμές του δίνονται από τον πίνακα 4.1),

F= ένας κλιματικός παράγοντας που δίνεται από τη σχέση:

$$F = \sum_{j=1}^n [0,46T_j + 8,16]p_j \quad (4.2)$$

όπου: T_j = η μέση θερμοκρασία καθενός από τους μήνες της βλαστικής περιόδου της καλλιέργειας σε °C.

P_j = ένας μηνιαίος παράγοντας που εκφράζει τις ώρες ημέρας κάθε μήνα σαν ποσοστό των ωρών ημέρας του έτους.

Τιμές του παράγοντα P σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος δίνονται στον πίνακα 4.2.

Καλλιέργεια	Βλαστική περίοδος	Φυτικός συντελεστής K	
		Κλίμα υγρό	Κλίμα ξηρό
(1)	(2)	(3)	(4)
Μηδική	Μεταξύ παγετών	0,80	0,90
Αραβόσιτος	4-5 μήνες	0,65	0,75
Δημητριακά	2 μήνες	0,60	0,70
Τεύτλα	6 μήνες	0,65	0,75
Ρύζι	3-5 μήνες	1,00	1,10
Πατάτες	3-5 μήνες	0,65	0,75
Ντομάτες	4 μήνες	0,65	0,70
Φασόλια	3 μήνες	0,60	0,70
Βαμβάκι	7 μήνες	0,60	0,70
Καπνός	4 μήνες	0,70	0,80
Φυλλοβόλα οπώρ.	Μεταξύ παγετών	0,60	0,70
Εσπεριδοειδή	Μεταξύ παγετών	0,45	0,55
Αμπέλια	5-7 μήνες	0,50	0,60
Λειβάδια	Μεταξύ παγετών	0,70	0,80

Πίνακας 4.1.: Εποχιακοί φυτικοί συντελεστές K διαφόρων καλλιεργειών.

Βορειο πλάτος	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
48	6,13	6,42	8,22	9,15	10,50	10,72	10,83	9,92	8,45	7,56	6,24	5,86
46	6,30	6,50	8,24	9,09	10,37	10,54	10,66	9,82	8,44	7,61	6,38	6,05
44	6,45	6,59	8,25	9,04	10,22	10,38	10,50	9,73	8,43	7,67	6,51	6,23
42	6,60	6,66	8,28	8,97	10,10	10,21	10,37	9,64	8,42	7,73	6,63	6,39
40	6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,34	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53
38	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66
36	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79
34	7,10	6,91	8,36	8,80	9,72	9,70	9,88	9,33	8,36	7,90	7,02	6,92
32	7,20	6,97	8,37	8,72	9,63	9,60	9,77	9,28	8,34	7,93	7,11	7,05
30	7,30	7,03	8,38	8,72	9,53	9,49	9,66	9,22	8,34	7,99	7,19	7,14
28	7,40	7,07	8,39	8,68	9,46	9,38	9,58	9,16	8,32	8,02	7,27	7,27
26	7,49	7,12	8,40	8,64	9,37	9,30	9,49	9,10	8,32	8,06	7,36	7,35
24	7,58	7,17	8,41	8,60	9,30	9,19	9,41	9,05	8,31	8,10	7,43	7,46

Πίνακας 4.2.: Ποσοστό στα εκατό των ωρών ημέρας κάθε μήνα προς τις ώρες ημέρας του έτους (ρ) για βόρεια πλάτη από 24° μέχρι 48°.

Μια άλλη σχέση που υπολογίζεται η *μηνιαία εξατμισοδιαπνοή*, κατά τους Blaney-Criddle, είναι η ακόλουθη:

$$ET_m = k f \quad f = [0,46T + 8,16] \rho \quad (4.3)$$

όπου: ET_m = η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή σε mm νερού όταν η θερμοκρασία του αέρα T είναι σε °C.

k = ο μηνιαίος φυτικός συντελεστής που προσδιορίζεται χωριστά για κάθε περιοχή γιατί η βλαστική περίοδος των καλλιεργειών διαφέρει από τόπο σε τόπο ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες.

Σε περίπτωση που αυτός ο συντελεστής δεν έχει προσδιοριστεί άμεσα σε κάποιο τόπο τότε εκτιμάται έμμεσα από τη σχέση:

$$k = k_i k_c \quad (4.4)$$

Ο μερικός συντελεστής k_i υπολογίζεται σε συνάρτηση με τη μηνιαία θερμοκρασία T (°C) με τη σχέση:

$$k_i = 0,0311T + 0,212 \quad (4.5)$$

Ο μερικός συντελεστής k_c διαφέρει τόσο από καλλιέργεια σε καλλιέργεια όσο και στην ίδια καλλιέργεια κατά τη βλαστική περίοδο. Προσδιορίζεται δε, πειραματικά.

Στη μέθοδο Blaney-Criddle χρησιμοποιείται σα κλιματική παράμετρος μόνο η θερμοκρασία του αέρα. Η μέθοδος, συνεπώς, δίνει εκτιμήσεις ET που απέχουν πολύ από την πραγματική αφού δεν λαμβάνονται υπόψη και οι υπόλοιπες κλιματικές παράμετροι που προαναφέρονται και οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με τη θερμοκρασία του αέρα.

5. Νεότερες μέθοδοι υπολογισμού της ET

Λόγω της ασάφειας που παρουσιάζει η μέθοδος των Blaney-Criddle ο υπολογισμός της ET προσεγγίσθηκε λίγο διαφορετικά. Έτσι εισήχθηκε ο όρος *βασική εξατμισοδιαπνοή (ET_b)*. Σαν ET_b θεωρείται η εξατμισοδιαπνοή από ένα καλλιεργούμενο χωράφι που έχει σημαντική έκταση, η επιφάνειά του καλύπτεται ολικά από χαμηλά φυτά που αναπτύσσονται δυναμικά και σε κανένα στάδιό τους δεν υποφέρουν από έλλειψη νερού. Συνεπώς η ET_b είναι ανεξάρτητη από το είδος της καλλιέργειας και εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες ενός τόπου. Ο ρόλος της καλλιέργειας για την εκτίμηση της *πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET_c)*, που είναι το σύνολο του νερού που χάνεται από το χωράφι με οποιονδήποτε τρόπο, αντιπροσωπεύεται από ένα *φυτικό συντελεστή (k_c)*. Έτσι η πραγματική και η βασική εξατμισοδιαπνοή σε σχέση με το φυτικό συντελεστή συνδέονται ως ακολούθως:

$$ET_c = k_c \cdot ET_b \quad (5.1)$$

Οι τιμές του k_c είναι ανεξάρτητες από τη μέθοδο υπολογισμού της ET_b, είναι ενιαίες για κάθε καλλιέργεια, όχι όμως σταθερές, και εξαρτώνται από ποικίλους παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, η εποχή σποράς ή φυτεύσεως, ο ρυθμός ανάπτυξης, η διάρκεια περιόδου ανάπτυξης καθώς και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε τόπο.

5.1. Εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής (ET_b) με την τροποποιημένη μέθοδο των Blaney-Criddle.

Η βασική εξατμισοδιαπνοή εκτιμάται μόνο μέσω των κλιματικών συνθηκών ενός τόπου. Αυτή η εκτίμηση γίνεται και με έναν τροποποιημένο τρόπο των Blaney-Criddle όπου, εκτός της θερμοκρασίας, εισέρχονται και άλλες κλιματικές παράμετροι. Η ανάλογη σχέση έχει τη μορφή:

$$ET_b = a + bF \quad (\text{σε mm την ημέρα}) \quad (5.1.1)$$

$$\text{όπου: } F = (0,46T + 8,16)\rho \quad (5.1.2)$$

$$a = 0,0043(RH_{\min}) - (n/N) = 1,41 \quad (5.1.3)$$

με: T= μέση ημερήσια θερμοκρασία σε °C.

RH_{min}= η μέση ελάχιστη σχετική υγρασία του αέρα.

n= η πραγματική ηλιοφάνεια σε συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους ενός τόπου.

N= η θεωρητική ηλιοφάνεια σε συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους ενός τόπου (Πίνακας 5.1).

b = συντελεστής του οποίου οι τιμές δίνονται από τον Πίνακα 5.2 σε συνάρτηση με το RH_{\min} , n/N και U_2 (ταχύτητα ανέμου σε m/sec σε ύψος 2m από την επιφάνεια του εδάφους).

Μήνας	Βόρειο πλάτος					
	32°	34°	36°	38°	40°	42°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ιανουάριος	10.3	10.2	10.0	9.8	9.6	9.4
Φεβρουάριος	11.3	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6
Μάρτιος	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
Απρίλιος	13.0	13.1	13.1	13.2	13.3	13.4
Μάιος	13.8	13.9	14.1	14.3	14.4	14.6
Ιούνιος	14.2	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2
Ιούλιος	14.1	14.2	14.4	14.6	14.7	14.9
Αύγουστος	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.9
Σεπτέμβριος	12.4	12.4	12.4	12.5	12.5	12.6
Οκτώβριος	11.4	11.3	11.3	11.2	11.2	11.1
Νοέμβριος	10.5	10.4	10.2	10.1	10.0	9.8
Δεκέμβριος	10.0	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1

Πίνακας 5.1.: Μέση ημερήσια θεωρητική ηλιοφάνεια (N) για κάθε μήνα και βόρεια γεωγραφικά πλάτη από 32° μέχρι 42°, εκφρασμένη σε ώρες.

Σε περίπτωση που η ταχύτητα ανέμου έχει μετρηθεί σε διαφορετικό ύψος τότε ανάγεται στο ύψος των 2m ως εξής:

$$U_2 = U_z(2/z)^{0.2} \quad (5.1.4)$$

όπου: U_z = η ταχύτητα του αέρα σε ύψος z μέτρων πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

Μηνιαίες τιμές του παράγοντα ρ δίνονται στον Πίνακα 4.2. Στη σχέση (5.1.2) χρησιμοποιούνται οι ημερήσιες τιμές, που προκύπτουν από τις μηνιαίες αν διαιρεθούν με τον αριθμό ημερών εκάστου μηνός.

Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο των Blaney-Criddle κύρια κλιματική παράμετρος παραμένει και εδώ η θερμοκρασία αέρα. Συνεπώς η μέθοδος πρέπει να εφαρμόζεται προσεκτικά στις εξής περιπτώσεις: α) Σε νησιά και παράκτιες περιοχές όπου η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζεται σημαντικά από αυτή της θάλασσας, β) Σε μεγάλα υψόμετρα, όπου η μέση 24ωρη θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλή λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών της νύχτας και γ) Σε τόπους με μέσο γεωγραφικό πλάτος όπου έχουμε διακύμανση της ηλιοφάνειας την άνοιξη ή το φθινόπωρο.

5.2. Εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής με την τροποποιημένη μέθοδο του Penman

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο ακριβής και γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται πρώτη απ' όλες. Η μέθοδος των Blaney-Criddle χρησιμοποιείται μόνο όταν η απόκτηση στοιχείων, για τις κλιματικές παραμέτρους που απαιτούνται στη μέθοδο Penman, δυσχεραίνεται. Η

σχέση που εκφράζει την τροποποιημένη μέθοδο του Penman είναι η ακόλουθη:

$$ET_r = c[W R_n + (1-W) f(u)(e_a - e_d)] \text{ (mm την ημέρα)} \quad (5.2.1)$$

όπου: W = αντισταθμιστικός παράγοντας που αντιπροσωπεύει την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην ET_r (τιμές του W για διάφορες θερμοκρασίες του αέρα και υψόμετρα δίνονται στον Πίνακα 5.3).

$1-W$ = αντιπροσωπεύει την επίδραση του ανέμου και της ατμοσφαιρικής υγρασίας.

R_n = Η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος εξατμιζόμενου νερού (mm/ημέρα). Συνήθως η R_n υπολογίζεται έμμεσα με τη χρήση της θεωρητικής ηλιακής ακτινοβολίας, της ηλιοφάνειας, της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής υγρασίας.

Ο υπολογισμός της R_n γίνεται ως ακολούθως:

α) Υπολογίζεται η *θεωρητική ηλιακή ακτινοβολία* (R_a), δηλαδή η ακτινοβολία που φθάνει στο ανώτατο άκρο της ατμόσφαιρας. Η R_a παίρνεται από πίνακα (Πίνακας 5.4) για τα διάφορα γεωγραφικά πλάτη που καλύπτουν τον ελληνικό χώρο.

β) Με χρήση της R_a υπολογίζεται η *πραγματική ηλιακή ακτινοβολία* (R_s), δηλαδή αυτή που φθάνει στην επιφάνεια της γης, από τη σχέση:

$$R_s = [\alpha + \beta(n/N)] R_a \quad (5.2.2)$$

με α, β = σταθερές που υπολογίζονται πειραματικά για κάθε τόπο, αλλά κατά προσέγγιση λαμβάνονται $\alpha=0,25$ και $\beta=0,5$ οπότε:

$$R_s = [0,25 + 0,5(n/N)] R_a \quad (5.2.3)$$

με n/N = ο λόγος στην πραγματική (n) και τη θεωρητική (N) ηλιοφάνεια που δίνεται στον Πίνακα 5.1.

γ) Έπειτα υπολογίζεται η *καθαρή ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους* (R_{ns}), αυτή δηλαδή που απομένει αφού ανακλαστεί η R_s απ' την επιφάνεια της γης και δίνεται απ' τη σχέση:

$$R_{ns} = (1-a) R_s \quad (5.2.4)$$

όπου: a = η ανακλαστικότητα του εδάφους και δη της καλλιέργειας.

Με μέση τιμή $a=0,25$ η σχέση γίνεται:

$$R_{ns} = 0,75 R_s \quad (5.2.5)$$

n/N	RH _{min} , %						Ταχύτητα ανέμου, m/sec
	0	20	40	60	80	100	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0,0	0,84	0,80	0,74	0,64	0,52	0,38	U ₂ =0
0,2	1,03	0,95	0,87	0,76	0,63	0,48	
0,4	1,22	1,10	1,01	0,88	0,74	0,57	
0,6	1,38	1,24	1,13	0,99	0,85	0,66	
0,8	1,54	1,37	1,25	1,09	0,94	0,75	
1,0	1,68	1,50	1,36	1,18	1,04	0,84	
0,0	0,97	1,90	0,81	0,68	0,54	0,40	
0,2	1,19	1,08	0,96	0,84	0,66	0,50	
0,4	1,41	1,26	1,11	0,97	0,77	0,60	
0,6	1,60	1,42	1,25	1,09	0,89	0,70	
0,8	1,79	1,59	1,39	1,21	1,01	0,79	
1,0	1,98	1,74	1,52	1,31	1,11	0,89	
0,0	1,08	0,98	0,87	0,72	0,56	0,42	U ₂ =4
0,2	1,33	1,18	1,03	0,87	0,69	0,52	
0,4	1,56	1,38	1,19	1,02	0,82	0,62	
0,6	1,78	1,56	1,34	1,15	0,94	0,73	
0,8	2,00	1,74	1,50	1,28	1,05	0,83	
1,0	2,19	1,90	1,64	1,39	1,16	0,92	
0,0	1,18	1,06	0,92	0,74	0,58	0,43	
0,2	1,44	1,27	1,10	0,91	0,72	0,54	
0,4	1,70	1,48	1,27	1,06	0,85	0,64	
0,6	1,94	1,67	1,44	1,21	0,97	0,75	
0,8	2,18	1,86	1,59	1,34	1,09	0,85	
1,0	2,39	2,03	1,74	1,46	1,20	0,95	
0,0	1,26	1,11	0,96	0,76	0,60	0,44	U ₂ =8
0,2	1,52	1,34	1,14	0,93	0,74	0,55	
0,4	1,79	1,56	1,32	1,10	0,87	0,66	
0,6	2,05	1,76	1,49	1,25	1,00	0,77	
0,8	2,30	1,96	1,66	1,39	1,12	0,87	
1,0	2,54	2,14	1,82	1,52	1,24	0,98	
0,0	1,29	1,15	0,98	0,78	0,61	0,45	
0,2	1,58	1,38	1,17	0,96	0,75	0,56	
0,4	1,86	1,61	1,36	1,13	0,89	0,68	
0,6	2,13	1,83	1,54	1,28	1,03	0,79	
0,8	2,39	2,03	1,71	1,43	1,15	0,89	
1,0	2,63	2,22	1,86	1,56	1,27	1,00	

Πίνακας 5.2.: Τιμές του συντελεστή b στη σχέση 5.1.1.

Θερμο- κρασία °C	Υψόμετρο, m				Θερμο- κρασία °C	Υψόμετρο, m			
	0	500	1000	2000		0	500	1000	2000
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	0,43	0,45	0,46	0,49	22	0,71	0,72	0,73	0,75
4	0,46	0,48	0,49	0,52	24	0,73	0,74	0,75	0,77
6	0,49	0,51	0,52	0,55	26	0,75	0,76	0,77	0,79
8	0,52	0,54	0,55	0,58	28	0,77	0,78	0,79	0,81
10	0,55	0,57	0,58	0,61	30	0,78	0,79	0,80	0,82
12	0,58	0,60	0,61	0,64	32	0,80	0,81	0,82	0,84
14	0,61	0,62	0,64	0,66	34	0,82	0,82	0,84	0,85
16	0,64	0,65	0,66	0,69	36	0,83	0,84	0,85	0,86
18	0,66	0,67	0,69	0,71	38	0,84	0,85	0,86	0,87
20	0,68	0,70	0,71	0,73	40	0,85	0,86	0,87	0,88

Πίνακας 5.3.: Τιμές του σταθμικού παράγοντα W , που αντιπροσωπεύει την επίδραση της R_s στην ET_r για διάφορες θερμοκρασίες και υψόμετρα.

Μήνας	Βόρειο πλάτος					
	32°	34°	36°	38°	40°	42°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ιανουάριος	8,3	7,9	7,4	6,9	6,4	5,9
Φεβρουάριος	10,2	9,8	9,4	9,0	8,6	8,1
Μάρτιος	12,8	12,4	12,1	11,8	11,4	11,0
Απρίλιος	15,0	14,8	14,7	14,5	14,3	14,0
Μάιος	16,5	16,5	16,4	16,4	16,4	16,2
Ιούνιος	17,0	17,1	17,2	17,2	17,3	17,3
Ιούλιος	16,8	16,8	16,7	16,7	16,7	16,7
Αύγουστος	15,6	15,5	15,4	15,3	15,2	15,0
Σεπτέμβριος	13,6	13,4	13,1	12,8	12,5	12,2
Οκτώβριος	11,2	10,8	10,6	10,0	9,6	9,1
Νοέμβριος	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5
Δεκέμβριος	7,8	7,2	6,6	6,1	5,7	5,2

Πίνακας 5.4.: Θεωρητική ηλιακή ακτινοβολία (R_a), για κάθε μήνα και βόρεια γεωγραφικά πλάτη από 32° μέχρι 42°, εκφρασμένη σε ισοδύναμο πάχος εξατμιζόμενου νερού σε mm/ημέρα.

δ) Στη συνέχεια υπολογίζεται η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία μεγάλου μήκους (R_{nl}) ως η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που ακτινοβολεί η γη προς το περιβάλλον και αυτής που δέχεται απ' το περιβάλλον σαν

ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Έμμεσα η R_{nl} υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_{nl} = f(T) f(e_d) f(n/N) \quad (5.2.6)$$

$$\text{όπου: } f(T) = \sigma T_k^{-4} \quad \sigma = 8,14 \cdot 10^{-11} \text{ ly/min } ^\circ K^4 \quad (5.2.7)$$

$$f(e_d) = 0,34 - 0,044(e_d)^{1/2} \quad (5.2.8)$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9(n/N) \quad (5.2.9)$$

με: T_k = απόλυτη θερμοκρασία αέρα σε $^\circ K$

e_d = πραγματική πίεση των υδρατμών σε mbar

Η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία (R_n) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (5.2.10)$$

ε) Έπειτα υπολογίζεται η επίδραση του ανέμου στην εξατμισοδιαπνοή με τη συνάρτηση $f(u)$ μέσω της σχέσης:

$$f(u) = 0,27(1 + U_2/100) \quad (5.2.11)$$

με: U_2 = ταχύτητα του ανέμου ανά 24ωρο σε ύψος 2m πάνω απ' την επιφάνεια του εδάφους (km/ημέρα)

στ) Στη συνέχεια υπολογίζεται η επίδραση της ατμοσφαιρικής υγρασίας στην εξατμισοδιαπνοή με τη χρήση του παράγοντα ($e_a - e_d$) με:

e_a = η πίεση κορεσμού των υδρατμών στη μέση θερμοκρασία του αέρα σε mbar (υπολογίζεται από τον Πίνακα 5.5 σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα).

e_d = η πραγματική πίεση των υδρατμών της ατμόσφαιρας σε mbar.

Η e_d υπολογίζεται από τη σχέση:

$$e_d = e_a \cdot RH_{\text{mean}}/100 \quad (5.2.12)$$

Αν είναι γνωστό το σημείο δρόσου η e_d δίνεται από τον Πίνακα 5.5.

Αν είναι γνωστά δεδομένα ξηρού και υγρού θερμομέτρου, η e_d υπολογίζεται από τον Πίνακα 5.6 ή 5.7 ανάλογα με τον τύπο του ψυχρόμετρου από το οποίο προέρχονται τα δεδομένα.

ζ) Τέλος υπολογίζεται ο παράγοντας c , που είναι ενδεικτικός της διαφοράς των συνθηκών που επικρατούν σ' έναν τόπο κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύκτας. Στον Πίνακα 5.8 δίνονται τιμές του c σε σχέση με την R_s , RH_{max} , U_d (ταχύτητα του ανέμου κατά τη διάρκεια της ημέρας) και της U_d/U_n (U_n = η ταχύτητα του ανέμου κατά τη διάρκεια της νύκτας). Το c επίσης υπολογίζεται και από τη σχέση:

$$c = \alpha_0 + \alpha_1(RH_{\text{max}}) + \alpha_2(R_s) + \alpha_3(U_d) + \alpha_4(U_d/U_n) + \alpha_5(U_d^2/U_n) + \alpha_6(RH_{\text{max}}R_sU_d) + \alpha_7(RH_{\text{max}}R_sU_d/U_n) \quad (5.2.13)$$

$$\text{όπου: } \alpha_0 = 0,6817006$$

$$\alpha_4 = 0,0126514$$

$$\alpha_1 = 0,0027864$$

$$\alpha_5 = 0,0097297$$

$$\alpha_2 = 0,0181768$$

$$\alpha_6 = 0,43025 \cdot 10^{-4}$$

$$\alpha_3 = -0,0682501$$

$$\alpha_7 = 0,92118 \cdot 10^{-7}$$

Θερμο- κρασία, °C	e_a , mbar	Θερμο- κρασία, °C	e_a , mbar	Θερμο- κρασία, °C	e_a , mbar	Θερμο- κρασία, °C	e_a , mbar
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0	6,1	10	12,3	20	23,4	30	42,4
1	6,6	11	13,1	21	24,9	31	44,9
2	7,1	12	14,0	22	26,4	32	47,6
3	7,6	13	15,0	23	28,1	33	50,3
4	8,1	14	16,0	24	29,8	34	53,2
5	8,7	15	17,1	25	31,7	35	56,2
6	9,3	16	18,2	26	33,6	36	59,4
7	10,0	17	19,4	27	35,7	37	62,8
8	10,7	18	20,6	28	37,8	38	66,3
9	11,5	19	22,0	29	40,1	39	69,9

Πίνακας 5.5: Πίεση κορεσμού υδρατμών (e_a) για διάφορες θερμοκρασίες του αέρα (T), σε mbar. Ο πίνακας δίνει και την πραγματική πίεση υδρατμών (e_d) αν αντί της T χρησιμοποιηθεί το σημείο δρόσου (D_p).

Td-Tw °C	Θερμοκρασία ξερού θερμομέτρου, °C																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	1. Υψόμετρο από 0 μέχρι 1000m																	
0	9.3	10.7	12.3	14.0	16.0	18.2	20.6	23.4	26.4	29.8	33.6	37.8	42.4	47.5	53.2	59.4	66.3	73.8
2	6.8	8.0	9.4	10.9	12.7	14.6	16.8	19.3	22.0	25.1	28.5	32.3	36.5	41.1	46.2	51.9	58.1	64.9
4	4.4	5.5	6.7	8.1	9.6	11.4	13.3	15.5	18.0	20.7	23.5	27.2	30.9	35.1	39.8	44.9	50.5	56.8
6	2.1	3.1	4.1	5.3	6.7	8.3	10.0	12.0	14.2	16.6	19.4	22.4	25.8	29.6	33.8	38.4	43.6	49.2
8		0.8	1.7	2.8	4.0	5.4	6.9	8.7	10.6	12.8	15.3	18.0	21.1	24.5	28.3	32.5	37.1	42.2
10				1.5	2.7	4.1	5.6	7.4	9.3	11.5	14.0	16.7	19.8	23.2	26.9	31.1	35.8	
12					1.4	2.7	4.3	6.0	8.0	10.2	12.6	15.4	18.4	21.8	25.6	29.8		
14							1.4	2.9	4.7	6.7	8.8	11.3	14.0	17.1	20.5	24.3		
16									1.6	3.4	5.3	7.5	10.0	12.7	15.8	19.2		
18												4.0	6.2	8.6	11.4	14.4		
20														4.9	7.3	10.1		
22																6.0		
	2. Υψόμετρο από 1000 μέχρι 2000m																	
0	9.3	10.7	12.3	14.0	16.0	18.2	20.6	23.4	26.4	29.8	33.6	37.8	42.4	47.5	53.2	59.4	66.3	73.8
2	7.0	8.2	9.6	11.2	12.9	14.9	17.1	19.5	22.3	25.3	28.7	32.5	36.7	41.3	46.4	52.1	58.2	65.2
4	4.8	5.8	7.0	8.4	10.0	11.7	13.7	15.9	18.3	21.1	24.1	27.5	31.3	35.5	40.1	45.2	50.9	57.1
6	2.7	3.7	4.7	5.9	7.3	8.9	10.6	12.6	14.3	17.2	20.0	23.0	26.4	30.2	34.4	39.0	44.1	49.8
8	0.7	1.6	2.6	3.6	4.8	6.2	7.8	9.5	11.5	13.9	16.1	18.9	21.9	25.3	29.9	33.3	37.9	43.0
10			0.4	1.4	2.4	3.6	5.0	6.6	8.3	10.3	12.5	14.9	17.7	20.7	24.1	32.1	36.7	41.8
12				0.3	1.3	2.5	3.9	5.5	7.2	9.2	11.4	13.8	16.6	19.6	23.0	26.8	31.0	
14					0.1	1.3	2.7	4.3	6.0	8.0	10.2	12.6	15.4	18.4	21.8	25.6		
16						0.2	1.6	3.2	4.9	6.9	9.1	11.5	14.3	17.3	20.7			
18							0.5	2.1	3.8	5.8	8.0	10.4	13.2	16.2				
20								0.9	2.6	4.6	6.8	9.2	12.0					
22									1.5	3.5	5.7	8.1						

Πίνακας 5.6: Πραγματική πίεση υδρατμών (e_d) σε mbar από παρατηρήσεις θερμοκρασίας ξερού (Td) και υγρού (Tw) θερμομέτρου (Ψυχρόμετρο με αερισμό).

Td-Tw °C	Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου, °C																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	1. Υψόμετρο από 0 μέχρι 1000m																	
0	9.3	10.7	12.3	14.0	16.0	18.2	20.6	23.4	26.4	29.8	33.6	37.8	42.4	47.5	53.2	59.4	66.3	73.8
2	6.5	7.7	9.1	10.7	12.4	14.4	16.6	19.0	21.8	24.8	28.2	32.0	36.2	40.8	45.9	51.6	57.8	64.7
4	3.9	4.9	6.1	7.5	9.1	10.8	12.8	15.0	17.4	20.2	23.2	26.6	30.4	34.6	39.2	44.4	50.0	56.2
6	1.5	2.3	3.3	4.6	5.9	7.5	9.2	11.2	13.4	15.8	18.6	21.6	25.0	28.8	33.0	37.6	42.8	48.4
8			0.7	1.7	3.0	4.3	5.9	7.6	9.6	11.8	14.2	17.0	20.0	23.4	27.2	31.4	36.0	41.2
10					0.1	1.4	2.7	4.3	6.0	8.0	1.2	12.6	15.4	18.4	21.8	25.6	29.8	34.4
12								1.1	2.7	4.4	6.4	8.6	11.0	13.8	16.8	20.2	24.0	28.2
14										1.1	2.8	4.8	7.0	9.4	12.2	15.2	18.6	22.4
16												1.2	3.2	5.4	7.8	10.6	13.6	17.0
18														1.6	3.8	6.2	9.0	12.0
20																2.2	4.6	7.4
22																	0.6	3.0
	2. Υψόμετρο από 1000 μέχρι 2000m																	
0	9.3	10.7	12.3	14.0	16.0	18.2	20.6	23.4	26.4	29.8	33.6	37.8	42.4	47.5	53.2	59.4	66.3	73.8
2	6.7	7.9	9.3	10.9	12.6	14.6	16.8	19.2	22.0	25.0	28.4	32.2	36.4	41.0	46.1	51.8	58.0	64.9
4	4.4	5.4	6.7	8.0	9.6	11.3	13.3	15.5	17.9	20.7	23.7	27.1	30.9	35.1	39.7	44.8	50.5	56.7
6	2.0	3.0	4.0	5.2	6.6	8.2	9.9	11.9	14.1	16.5	19.3	22.3	25.7	29.5	33.7	38.3	43.4	49.1
8		0.6	1.6	2.6	3.8	5.2	6.8	8.5	10.5	12.7	15.1	17.9	20.9	24.3	28.1	32.3	36.9	42.0
10				0.3	1.3	2.5	3.9	5.5	7.2	9.2	11.4	13.8	6.6	19.6	23.0	26.8	31.0	35.6
12							1.1	2.5	4.1	5.8	7.8	10.0	12.4	15.2	18.2	21.2	25.4	29.6
14									1.2	2.8	4.5	6.5	8.7	11.1	13.9	16.9	20.3	24.1
16											1.4	3.1	5.1	7.3	9.7	12.5	15.5	18.9
18													1.7	3.7	5.9	8.3	11.1	14.1
20														0.4	2.4	4.6	7.0	9.8
22																1.0	3.2	5.6

Πίνακας 5.7: Πραγματική πίεση υδρατμών (e_a) σε mbar από παρατηρήσεις θερμοκρασίας ξηρού (Td) και υγρού (Tw) θερμομέτρου (Ψυχρόμετρο χωρίς αερισμό).

U_d m/sec	$RH_{\max}=30\%$				$RH_{\max}=60\%$				$RH_{\max}=90\%$			
	Πραγματική ηλιακή ακτινοβολία (R_s), mm/ημέρα											
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
1. $U_d/U_n=1,0$												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.68	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96
2. $U_d/U_n=2,0$												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.76	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	1.89	0.98	1.10	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.94	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
3. $U_d/U_n=3,0$												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.76	0.81	1.88	1.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
4. $U_d/U_n=4,0$												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	1.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.78	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.16	1.27

Πίνακας 5.8: Διορθωτικός παράγοντας (c) που βρίσκει εφαρμογή στη σχέση (5.2 1) του Penman.

5.3. Προσδιορισμός των φυτικών συντελεστών (k_c)

Οι φυτικοί συντελεστές (k_c) διαφέρουν τόσο από καλλιέργεια σε καλλιέργεια όσο και εντός της ίδιας καλλιέργειας. Οι τιμές του φυτικού συντελεστή εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου και τις κλιματικές συνθήκες. Για ετήσιες δε καλλιέργειες οι τιμές του k_c εξαρτώνται και από το χρόνο σποράς ή φυτεύσεως, το ρυθμό ανάπτυξης και τη συχνότητα των βροχών ή αρδεύσεων κατά το αρχικό στάδιο ανάπτυξης. Σε πολυετείς χορτοδοτικές καλλιέργειες λαμβάνεται υπόψη και ο αριθμός των κοπών. Έτσι:

α) Στις ετήσιες καλλιέργειες για διευκόλυνση του προσδιορισμού των τιμών του k_c χωρίζουμε τη βλαστική περίοδο σε τέσσερα στάδια.

1ο στάδιο: περίοδος αρχικής ανάπτυξης. Η περίοδος από το φύτευμα έως την ανάπτυξη των φυτών που να καλύπτεται έδαφος έως 10%.

2ο στάδιο: περίοδος κύριας ανάπτυξης. Περίοδος από το τέλος του προηγούμενου σταδίου έως την πλήρη κάλυψη του εδάφους από την καλλιέργεια (ποσοστό κάλυψης από 70-100%).

3ο στάδιο: περίοδος αναπτυγμένης καλλιέργειας. Περίοδος από το προηγούμενο στάδιο μέχρι την έναρξη της ωριμότητας. Πολλές φορές έχουμε επέκταση του σταδίου μέχρι την ανθοφορία ή και μέχρι τη συγκομιδή.

4ο στάδιο: τέλος της βλαστικής περιόδου. Περίοδος από το τέλος του προηγούμενου σταδίου ως την πλήρη ωριμότητα ή συγκομιδή.

Κατά το πρώτο στάδιο η k_c επηρεάζεται από τη συχνότητα των βροχών ή αρδεύσεων. Κατά το στάδιο αυτό πάνω από το 90% του χωραφιού είναι γυμνό, με αποτέλεσμα η εξάτμιση από την εδαφική επιφάνεια να είναι σημαντική, κυρίως μετά από βροχή ή άρδευση, που το χώμα είναι υγρό. Αντίστοιχα, συνεπώς, επηρεάζεται και η k_c . Οι βλαστικές περιόδους και τα 4 στάδια στα οποία διακρίνονται, όπως αυτά διαμορφώνονται στο γεωγραφικό χώρο της βόρειας Ελλάδας, για τις πιο συνηθισμένες ετήσιες καλλιέργειες, δίνονται στον πίνακα 5.9.

Μεγαλύτερη επίδραση στους φυτικούς συντελεστές έχουμε κυρίως στο 3ο και 4ο στάδιο από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και ιδιαίτερα από τον άνεμο και τη σχετική υγρασία. Ιδίως στα ξηρά και ημίξηρα κλίματα η επίδραση του ανέμου είναι εντονότερη στην εξατμισοδιαπνοή σε ψηλές καλλιέργειες. Οι τιμές του k_c για τα ανάλογα στάδια ανάπτυξης, αλλά και για τις διάφορες καλλιέργειες δίνονται από τον πίνακα 5.10.

Ο προσδιορισμός των μεταβολών της τιμής των φυτικών συντελεστών από την αρχή ως το τέλος της βλαστικής περιόδου επιτυγχάνεται με διαγράμματα που συντάσσονται χωριστά για κάθε καλλιέργεια και τόπο.

β) Στη μηδική, οι τιμές του k_c μεταβάλλονται κατά τρόπο ανάλογο προς τις ετήσιες καλλιέργειες, μόνο που τα στάδια από 1 μέχρι 4 επαναλαμβάνονται τόσες φορές κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, όσος είναι ο αριθμός των κοπών. Το k_c παίρνει τη μικρότερη τιμή του αμέσως μετά από μια κοπή και τη μεγαλύτερη λίγο πριν την επόμενη. Οι ενδιάμεσες τιμές επηρεάζονται από την ποσότητα και τη συχνότητα των αρδεύσεων.

γ) Χόρτα που καλλιεργούνται για σανό παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή του k_c 6 με 8 ημέρες μετά την κοπή. Η τιμή αυτή κυμαίνεται στο ίδιο επίπεδο με την αντίστοιχη της μηδικής. Αντίθετα, η χαμηλή τιμή του k_c είναι κατά 20-20% ανώτερη από την αντίστοιχη της μηδικής γιατί μετά την κοπή του χόρτου παραμένει στο χωράφι ακετή βλάστηση. Ανάλογη με την παραπάνω συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα διάφορα τριφύλλια ή διάφοροι συνδυασμοί χόρτων και ψυχανθών.

Καλλιέργεια	Βλαστική Περίοδος και στάδια αναπτύξεως
(1)	(2)
Σιτάρι	Σπορά από 15/10 μέχρι 30/11 ή και αργότερα, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Συγκομιδή από 5-25/6 στα πεδινά και 1-20/7 στα ορεινά (Κοζάνη-Φλώρινα). Αντίστοιχες βλαστικές περιόδους (μέρες) 205 και 230 ημέρες. Διάρκεια σταδίων αναπτύξεως στα πεδινά 20/115/50/20 και στα ορεινά 20/140/50/20 (οι αριθμοί αναφέρονται στη διάρκεια κατά σειρά των τεσσάρων σταδίων).
Κριθάρι	Ημερομηνίες σποράς αντίστοιχες με του σιταριού. Συγκομιδή στα πεδινά από 30/5-15/6 και στα ορεινά από 20/6-10/7. Μέση βλαστική περίοδος 190 και 215 ημέρες αντίστοιχα. Στάδια αναπτύξεως στα πεδινά 20/105/45/20 και στα ορεινά 20/130/45/20.
Σίκαλη	Η καλλιέργειά της πολύ περιορισμένη. Σπορά όπως στο σιτάρι και κριθάρι, συγκομιδή 5 ημέρες πριν το κριθάρι. Στάδια αναπτύξεως στα πεδινά 20/100/45/20 (185) και στα ορεινά 20/125/45/20 (210). (Οι αριθμοί στις παρενθέσεις αναφέρονται στη μέση διάρκεια της βλαστικής περιόδου).
Σόργο	Δεν καλλιεργείται στην Περιοχή.
Καλαμπόκι	Ποικιλίες καλαμποκιού πρώιμες με πλήρη βιολογικό κύκλο σπέρνονται στα πεδινά από 10-30/4 και συγκομίζονται από 1-5/9. Τα στάδια αναπτύξεως είναι 25/40/60/25 (150). Στα ορεινά η σπορά γίνεται 10 ημέρες αργότερα. Στα Τενάγη των Φιλίπων, λόγω ειδικών συνθηκών, η σπορά γίνεται το Μάιο και η συγκομιδή τον Οκτώβριο ή ακόμα και το Νοέμβριο.
Βαμβάκι	Το ελλειποειδές καλαμπόκι σπέρνεται γύρω στις 25/6 και χρησιμοποιούνται υβρίδια με βιολογικό κύκλο 100 ημερών. Τα στάδια είναι 15/25/45/15 (100). Καλλιεργείται μόνο στα Πεδινά.
Ζαχαρότευτλα	Καλλιεργείται μόνο στα Πεδινά. Ιδανική ημερομηνία σποράς 20/4, μπορεί και να παραταθεί μέχρι 15/5. Συγκομιδή από 1-20/10 που μπορεί να παραταθεί μέχρι το πρώτο 15ήμερο του Νοεμβρίου. Στάδια αναπτύξεως 30/60/45/25 (160).
Φασόλια ξερά	Σπορά, ανάλογα με τις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες, από 1/3 μέχρι 30/4. Η συγκομιδή γίνεται όταν τα τεύτλα φτάσουν τη μέγιστη περιεκτικότητα σε ζάχαρο. Δεν υπάρχει ευκρινής διάκριση μεταξύ 3ου και 4ου σταδίου. Στάδιο αναπτύξεως (α) για σπορά την 1/3, 30/40/80/10 (160), (β) για σπορά την 31/3, 25/35/90/10 (160), (γ) για σπορά την 30/4, 20/30/95/15 (160).
Φασολάκια	Σπορά στις αρχές Μαΐου, συγκομιδή το δεύτερο 15ήμερο του Αυγούστου για τα πλακέ και από τον Αύγουστο μέχρι αρχές Νοεμβρίου για τους γίγαντες (κυρίως περιοχή Δ. Μακεδονίας). Στάδια αναπτύξεως 15/25/50/20 (110).
Πατάτες	Στα πεδινά σπορά Μάιος και Ιούνιος. Συγκομιδή Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβριος. Στάδια αναπτύξεως 20/30/30/10 (90).
Ντομάτες, νωπές και βιομηχανικές	Στα πεδινά σπορά 25-30/6, συγκομιδή 1/10-15/11, στάδια αναπτύξεως 25/30/40/25 (120). Στα ορεινά σπορά 15-25/4, συγκομιδή 25/8-25/9, στάδια αναπτύξεως 30/35/50/25 (140).
Πιπεριές	Νωπή ντομάτα στα πεδινά (όψιμη) μεταφύτευση 1-5/6, συγκομιδή 1/9-30/11, στάδια αναπτύξεως 35/45/70/30 (180), στα ορεινά (όψιμη) μεταφύτευση 25-30/6, συγκομιδή 20/9-20/11, στάδια 20/30/30/20 (100). Βιομηχανική ντομάτα στα πεδινά μεταφύτευση 15/4-5/6, συγκομιδή 25/7-10/10, στάδια αναπτύξεως 25/35/35/20 (115).
Κρεμμύδια ξερά	Μεταφύτευση στα πεδινά 1/4-5/5, στα ορεινά 1-31/5. Συγκομιδή Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβριος. Στάδια αναπτύξεως 25/35/35/20 (115).
Μπιζέλια	Σπορά 15/2-31/3, συγκομιδή 25/6-31/7 στα πεδινά και τον Αύγουστο στα ορεινά. Στάδια αναπτύξεως στα πεδινά 15/25/60/30 (130) και στα ορεινά 15/25/70/40 (150).
	Σπορά νωρίς την άνοιξη, στάδια αναπτύξεως 15/25/35/15 (90). Αρακάς βιομηχανικός, σπορά 1-10/5, συγκομιδή 1-10/7, στάδια 10/20/20/10 (60).

Πίνακας 5.9 (συνεχίζεται)

Πίνακας 5.9 (συνέχεια)

Σπανάκι	Ανοιξιάτικη σπορά, στάδια αναπτύξεως 20/20/15/5 (60). Φθινοπωρινή σπορά, στάδια αναπτύξεως 20/20/25/5 (70).
Πεπόνια, Καρπούζια	Σπορά Απρίλιος-Μάιος, συγκομιδή Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβριος-Οκτώβριος, στάδια αναπτύξεως 25/35/40/20 (120).
Λάχανα, Κουνουπίδια	Μεταφύτευση Ιούλιος-Αύγουστος, συγκομιδή από τέλος Σεπτεμβρίου μέχρι Φεβρουάριο, στάδια αναπτύξεως 20/30/20/10 (80).
Μαρούλια	Ανοιξιάτικα, μεταφύτευση 10-15/4, συγκομιδή 15-30/5, στάδια αναπτύξεως 10/15/10/5 (40). Φθινοπωρινά, μεταφύτευση 1/8-30/9, συγκομιδή 1/10-30/11, στάδια αναπτύξεως 15/25/15/10 (65).
Μελιτζάνες	Στα πεδινά μεταφύτευση 1/4-5/5, συγκομιδή από Ιούνιο μέχρι Οκτώβριο, στάδια αναπτύξεως 20/30/25/15 (90). Στα ορεινά μεταφύτευση 1-31/5, συγκομιδή Αύγουστος-Σεπτέμβριος, στάδια 20/35/35/15 (105).
Σέλινο	Ολόκληρο το χρόνο, στάδια αναπτύξεως 25/40/40/15 (120).
Καρότα	Ολόκληρο το χρόνο, στάδια αναπτύξεως για τις ζεστές εποχές 20/30/30/20 (100), για τις δροσερές εποχές 25/35/40/20 (120).
Καπνός	Μεταφύτευση από 15/4 μέχρι 10/6 ανάλογα με την ποικιλία και την περιοχή. Διάρκεια συγκομιδής περίπου 40 ημέρες. Πέρασ συγκομιδής 20/8 μέχρι 10/9 ανάλογα με την ποικιλία και την περιοχή. Στάδια αναπτύξεως 10/20/50/15 (95).

Πίνακας 5.9: Βλαστική περίοδος και στάδια αναπτύξεως ετήσιων καλλιεργειών και λαχανικών όπως διαμορφώνονται στο βορειοελλαδικό χώρο.

α.α	Καλλιέργεια	Στάδιο Αναπτύξεως	RHmin			
			>70%		<70%	
			Ταχύτητα ανέμου, m/sec			
			0-5	5-8	0-5	5-8
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Σιτάρι	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,25	0,25	0,20	0,20
2	Κριθάρι	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,25	0,25	0,20	0,20
3	Σίκαλη	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,25	0,25	0,20	0,20
4	Σόργο	3	1,00	1,05	1,10	1,15
		4	0,50	0,50	0,55	0,55
5	Καλαμπόκι	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,55	0,55	0,60	0,60
6	Βαμβάκι	3	1,05	1,15	1,20	1,25
		4	0,65	0,65	0,65	0,70
7	Ζαχαρότευτλα	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,90	0,95	1,00	1,00
8	Φασόλια ξερά	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,30	0,30	0,25	0,25
9	Φασολάκια	3	0,95	0,95	1,00	1,05
		4	0,85	0,85	0,90	0,90

Πίνακας 5.10 (συνεχίζεται)

Πίνακας 5.10 (συνέχεια)

10	Πατάτες	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,70	0,70	0,75	0,75
11	Ντομάτες	3	1,05	1,10	1,20	1,25
		4	0,60	0,60	0,65	0,65
12	Πιπεριές	3	0,95	1,00	1,05	1,10
		4	0,80	0,85	0,85	0,90
13	Κρεμμύδια ξερά	3	0,95	0,95	1,05	1,10
		4	0,75	0,75	0,80	0,85
14	Μπιζέλια	3	1,05	1,10	1,15	1,20
		4	0,95	1,00	1,05	1,10
15	Σπανάκι	3	0,95	0,95	1,00	1,05
		4	0,90	0,90	0,95	1,00
16	Πεπόνια, Καρπούζια	3	0,95	0,95	1,00	1,05
		4	0,65	0,65	0,75	0,75
17	Λάχανα, Κουνουπίδια	3	0,95	1,00	1,05	1,10
		4	0,80	0,85	0,90	0,95
18	Μαρούλια	3	0,95	0,95	1,00	1,05
		4	0,90	0,90	0,90	1,00
19	Μελιτζάνες	3	0,95	1,00	1,05	1,10
		4	0,80	0,85	0,85	0,90
20	Σέλινο	3	1,00	1,05	1,10	1,15
		4	0,90	0,95	1,00	1,05
21	Καρότα	3	1,00	1,05	1,10	1,15
		4	0,70	0,75	0,80	0,85
22	Καπνός	3	0,95	0,95	1,00	1,00
		4	0,90	0,90	0,95	0,95

Πίνακας 5.10: Φυτικοί συντελεστές (k_c) ετήσιων καλλιεργειών και λαχανικών του 3ου και 4ου σταδίου αναπτύξεως για διάφορες κλιματικές συνθήκες.

δ) Στην περίπτωση των λειβαδιών η τιμή του k_c κυμαίνεται ανάλογα με την ακολουθούμενη πρακτική. Αν τα φυτά στο λειβάδι είναι πυκνά, η γονιμότητα είναι υψηλή και η άρδευση πλήρης, η διακύμανση του k_c είναι ανάλογη με αυτή των χόρτων που αναφέρθηκαν παραπάνω.

ε) Στα φυλλοβόλα οπωροφόρα οι φυτικοί συντελεστές διαφέρουν ανάλογα με το είδος των δένδρων, το βαθμό καλύψεως του χωραφιού και τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες, κυρίως από την ταχύτητα του ανέμου και την υγρασία της ατμόσφαιρας. Οι συντελεστές επίσης επηρεάζονται σημαντικά αν στους οπωρώνες αφήνεται να αναπτυχθούν ελεύθερα τα ζιζάνια ή αν το έδαφος διατηρείται καθαρό από αυτά και είναι καλά καλλιεργημένο. Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο του τόπου διαμορφώνεται και η διάρκεια της βλαστικής τους περιόδου. Στα μεσογειακά κλίματα, σε περιοχές κοντά στη θάλασσα, η ανθοφορία εμφανίζεται έναν μήνα ή περισσότερους πιο πριν από ότι στα

βόρεια, με ποικιλία ημερομηνιών συγκομιδής, που αρχίζουν και τελειώνουν αρκετές εβδομάδες πιο μπροστά από τα βόρεια, για τις ίδιες ποικιλίες και είδη.

στ) Τα εσπεριδοειδή κατά κανόνα καλλιεργούνται σε ξηρά, μεσογειακού τύπου κλίματα. Η επίδραση του ανέμου σε αυτά τα δένδρα δεν είναι σημαντική γιατί διαθέτουν μηχανισμούς ελέγχου της διαπνοής με ρύθμιση της αντιστάσεως των στομάτων τους. Η αντίσταση αυτή ποικίλει με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και υγρασία, με αυτή να μεγαλώνει κάτω από συνθήκες ξερού και θερμού καιρού και να μικραίνει όταν ο καιρός είναι δροσερός και υγρός. Οι συντελεστές ποικίλουν ανάλογα με το αν ο οπωρώνας καλλιεργείται καλά και κρατιέται ελεύθερος από ζιζάνια ή αν αυτά αφήνονται να αναπτυχθούν ελεύθερα.

ζ) Τα ελαιόδενδρα είναι κατ' εξοχήν ανθεκτικά στην ξηρασία, αν όμως αυτή παρατηρηθεί υπέρμετρα σημειώνεται μείωση στην απόδοση. Περισσότερο νερό χρειάζονται οι ελιές που προορίζονται ως επιτραπέζιες. Οι ελιές καλλιεργούνται σε περιοχές με ετήσια βροχόπτωση από 400-600mm, αλλά εμφανίζονται ακόμη και σε κλίματα με βροχόπτωση της τάξεως των 200mm, έχουν δε μια κρίσιμη περίοδο πριν από το δέσιμο του καρπού και μια μετά το γέμισμά του. Εφαρμογή κατά τις περιόδους αυτές άρδευσης ύψους 200mm δίνει άριστα αποτελέσματα. Για αναπτυγμένα δένδρα, ανάλογα με τις αποστάσεις φυτεύσεως και την ηλικία τους, οι τιμές του k_c κυμαίνονται από 0,4-0,7.

η) Στα αμπέλια οι τιμές του k_c διαμορφώνονται ανάλογα με την καλλιεργητική πρακτική και τα χαρακτηριστικά αναπτύξεως των διαφόρων ποικιλιών. Γενικά, τα αμπέλια διατηρούνται ελεύθερα από ζιζάνια, καλύπτουν 30-50% της επιφάνειας του χωραφιού και καταναλώνουν λιγότερο νερό απ' ό,τι οι περισσότερες καλλιέργειες, κυρίως με καλύτερο έλεγχο της διαπνοής μέσω των στομάτων τους. Στην Ελλάδα τα αμπέλια καλλιεργούνται σε περιοχές με σχετικά ήπιο χειμώνα και ζεστό-ξηρό καλοκαίρι, καλύπτουν 30-35% της επιφάνειας του εδάφους, συνήθως εφαρμόζονται αραιές αρδεύσεις και η επιφάνεια του εδάφους παραμένει ξηρή το μεγαλύτερο μέρος της βλαστικής περιόδου.

θ) Για τους ορυζώνες, τέλος, το k_c εξαρτάται από την ποικιλία, με συνέπεια το k_c να προσαρμόζεται ανάλογα με τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης.

5.4. Υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής

Μετά την εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής (E_T) και τον προσδιορισμό των φυτικών συντελεστών (k_c), η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (E_{T_c}) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E_{T_c} = k_c \cdot E_T$$

που δόθηκε πιο πριν σε σχέση (5.1). Η ET_c που δίνει η σχέση αυτή είναι κατά κανόνα μια μέση τιμή, γιατί οι τιμές των κλιματικών παραμέτρων που χρησιμοποιούνται είναι οι μέσοι όροι παρατηρήσεων μιας σειράς ετών. Έτσι, σε κάποιες χρονιές η ET_c μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από αυτή που υπολογίστηκε. Γενικά, σε κλίματα όπως το ελληνικό, οι αποκλίσεις σε ετήσια βάση μπορεί να φτάσουν το 25%. Είναι δε οπωσδήποτε μεγαλύτερες όταν αναφερόμαστε σε μηνιαίες ή ημερήσιες τιμές. Το γεγονός αυτό πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό αρδευτικών έργων. Μια κοινή πρακτική αποτελεί η ET_c να υπολογίζεται για κάθε μήνα χωριστά για όλη την περίοδο που υπάρχουν παρατηρήσεις και σαν τιμή σχεδιάσεως να παίρνεται αυτή που καλύπτει το 80% των περιπτώσεων. Ακόμη, το μέγεθος και η κατανομή της ET_c επηρεάζεται σημαντικά από την ύπαρξη υψηλής υπόγειας στάθμης νερού στο χωράφι και από τη μέθοδο αρδύσεως που εφαρμόζεται.

5.5. Εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με μετρήσεις στο χωράφι

Εκτίμηση της ET_c μπορεί να γίνει στο χωράφι. Έτσι, δίνονται παρακάτω ορισμένες διαδικασίες.

5.5.1. Μέθοδος των πειραματικών αγροτεμαχίων

Εδώ υπολογίζεται η εποχιακή εξατμισοδιαπνοή (ET_s). Αφού εγκατασταθεί στο χωράφι η καλλιέργεια που μας ενδιαφέρει, επιλέγεται ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα του χωραφιού, του οποίου προσδιορίζεται η περιεχόμενη υγρασία στην αρχή και στο τέλος της βλαστικής περιόδου. Προσδιορίζεται επίσης, με κάθε δυνατή ακρίβεια, η ωφέλιμη βροχόπτωση και το νερό που δόθηκε με άρδευση κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Αν P είναι η ωφέλιμη βροχόπτωση σε mm, I_r είναι το νερό της αρδύσεως σε mm, SM_1 και SM_2 είναι αντίστοιχα η εδαφική υγρασία στην αρχή και στο τέλος της βλαστικής περιόδου σαν ποσοστό % ξηρού βάρους, ASW το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους και RD το βάθος του ριζοστρώματος σε mm, η εποχιακή εξατμισοδιαπνοή σε mm μπορεί να υπολογιστεί με τη σχέση:

$$ET_s = P + I_r + \frac{SM_1 - SM_2}{100} * ASW * RD \quad (5.5.1.1)$$

Η σχέση αυτή βρίσκει εφαρμογή όταν το έδαφος είναι ομοιόμορφο σε όλο το βάθος του ριζοστρώματος. Στην περίπτωση που το έδαφος αποτελείται από στρώσεις οι υπολογισμοί της υγρασίας γίνονται για κάθε στρώση χωριστά και η ET_s υπολογίζεται με τη σχέση:

$$ET_s = P + I_r + \sum_{i=1}^n \frac{SM_{1i} - SM_{2i}}{100} * ASW_i * d_i \quad (5.5.1.2)$$

όπου η είναι ο αριθμός των στρώσεων, SM_{1i} , SM_{2i} , ASW_i , και d_i είναι αντίστοιχα οι υγρασίες, το φαινόμενο ειδικό βάρος και το πάχος κάθε εδαφικής στρώσεως.

Στη μέθοδο αυτή πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του πειραματικού τεμαχίου, έτσι που να αποκλείεται κατά την άρδευση η επιφανειακή απορροή και η βαθιά διήθηση, έτσι που το νερό που αποθηκεύεται στο ριζόστρωμα αντιπροσωπεύει περιορισμένο ποσοστό βροχής. Περισσότερο νερό χάνεται όταν η καλλιέργεια καλύπτει περιορισμένη επιφάνεια του εδάφους. Αντίθετα, η ωφέλιμη βροχή αντιπροσωπεύει περίπου το 100%, όταν οι βροχές είναι συχνές, με μικρό ύψος και ένταση και όταν η επιφάνεια του εδάφους καλύπτεται πρακτικά από την καλλιέργεια. Τα παραπάνω δείχνουν τις δυσκολίες που παρουσιάζει ο ακριβής υπολογισμός της ωφέλιμης βροχής και της αντίστοιχης προσοχής που πρέπει να δοθεί.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι η μέθοδος δίνει καλά αποτελέσματα όταν το πείραμα είναι καλοσχεδιασμένο, έτσι που πρακτικά να μηδενίζεται η επιφανειακή απορροή και η βαθιά διήθηση και να υπολογίζεται με ακρίβεια η ωφέλιμη βροχή.

5.5.2. Μέθοδος των διαδοχικών δειγματοληψιών

Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή για μικρές χρονικές περιόδους (2-5 ημερών) με διαδοχική λήψη εδαφοδειγμάτων σε πειραματικά κομμάτια. Σ' αυτά τα δείγματα προσδιορίζεται η υγρασία, οπότε η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$ET = \frac{SM_1 - SM_2}{100} * ASW * D \quad (5.5.2.1)$$

όταν το έδαφος είναι ομοιόμορφο, ή με τη σχέση:

$$ET = \sum_{i=1}^n \frac{SM_{1i} - SM_{2i}}{100} * ASW_i * D_i \quad (5.5.2.2)$$

όταν το έδαφος αποτελείται από στρώσεις. Στις σχέσεις αυτές SM_1 και SM_2 είναι η υγρασία του εδάφους αντίστοιχα, στην αρχή και στο τέλος της χρονικής περιόδου εκφρασμένη στα % ξηρού βάρους, ASW είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος και D η ζώνη δειγματοληψίας σε mm.

Η εφαρμογή της μεθόδου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Τα πειραματικά κομμάτια πρέπει να επιλέγονται σε θέσεις όπου η υπόγεια στάθμη του νερού είναι πολύ κάτω από το ριζόστρωμα, να μην παρατηρείται επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση, ενώ οι δειγματοληψίες να αρχίζουν 3-4 ημέρες μετά από άρδευση ή βροχή και να εκτείνονται σε κάποιο βάθος κάτω από το ριζόστρωμα.

5.5.3. Μέθοδος του ισοζυγίου υγρασίας

Στη μέθοδο αυτή επιλέγεται μια αρκετά μεγάλη έκταση με την καλλιέργεια της οποίας πρόκειται να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή. Στη ζώνη του ριζοστρώματος, κατά τη διάρκεια κάποιας χρονικής περιόδου, νερό μπορεί να μπει με άρδευση ή/και βροχή και να την εγκαταλείψει με επιφανειακή απορροή, βαθιά διήθηση και εξατμισοδιαπνοή. Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας ανάμεσα στην αρχή και στο τέλος της περιόδου, θετική ή αρνητική. Κάτω, από τέτοιες συνθήκες, το ισοζύγιο υγρασίας της ζώνης του ριζοστρώματος μπορεί να εκφραστεί με τη σχέση:

$$ET=I_r+P-SRO-D\pm\Delta SM \quad (5.5.3.1)$$

όπου ET =εξατμισοδιαπνοή, I_r =νερό άρδευσεως, P =βροχή, SRO =επιφανειακή απορροή, D =βαθιά διήθηση, ΔSM =μεταβολή της εδαφικής υγρασίας.

Η εξατμισοδιαπνοή κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου θα μπορούσε να υπολογιστεί αν οι παράγοντες στο δεξιό μέρος της εξίσωσης (5.5.3.1) μπορούσαν να μετρηθούν. Αν η διαμόρφωση του χωραφιού και η εφαρμογή του νερού γίνεται με τρόπο που μηδενίζει την επιφανειακή απορροή και τη βαθιά διήθηση, η μέθοδος δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

5.5.4. Μέθοδος του λυσιμέτρου

Η μέθοδος αυτή κάνει χρήση μιας εγκαταστάσεως που λέγεται *λυσίμετρο* με την οποία μπορεί με ακρίβεια να ελεγχθούν και υπολογιστούν όλοι οι όροι της σχέσεως (5.5.3.1). Το κύριο σώμα του λυσιμέτρου είναι ένα μεγάλο, κατά προτίμηση κυλινδρικό δοχείο από μέταλλο ή ενισχυμένο πλαστικό, που τοποθετείται μέσα στο έδαφος έτσι που το ελεύθερο άκρο του να ταυτίζεται με την επιφάνειά του. Το δοχείο είναι γεμάτο με χώμα και καλλιεργείται με τα φυτά των οποίων πρόκειται να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή. Το βάθος του δοχείου πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί ανεμπόδιστα το ριζικό σύστημα της καλλιέργειας και να έχει αρκετή επιφάνεια, όχι μικρότερη από $4m^2$. Σε μια τέτοια διάταξη είναι εύκολο να μηδενιστούν η επιφανειακή απορροή και η βαθιά διήθηση έτσι που η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί σαν η διαφορά ανάμεσα στο νερό που δέχεται το λυσίμετρο και τη μεταβολή της υγρασίας του εδάφους που περιέχει.

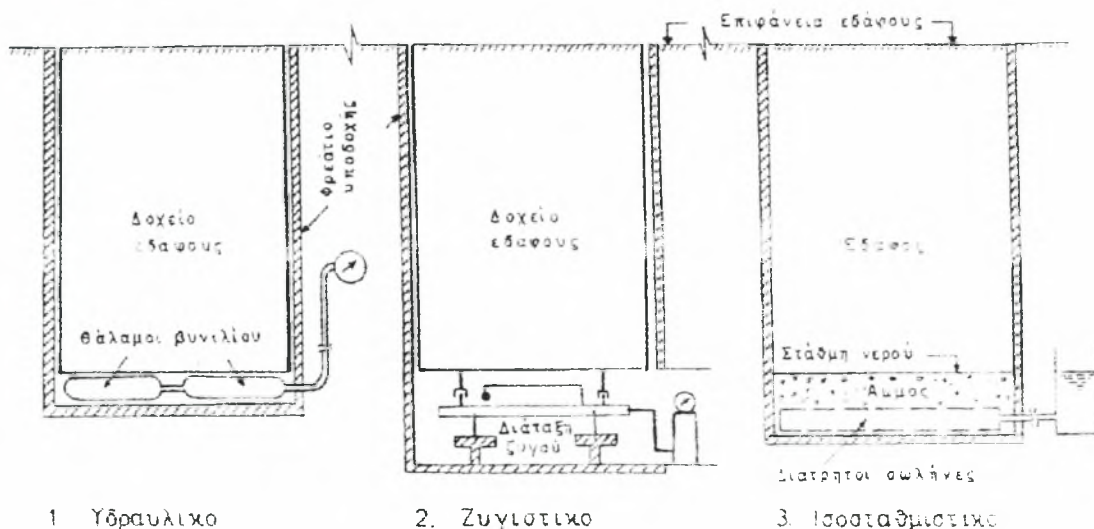
Για να είναι αντιπροσωπευτικές και ακριβείς οι μετρήσεις της εξατμισοδιαπνοής πρέπει να εξασφαλίζονται ορισμένες προϋποθέσεις. Είναι βασικό και απαραίτητο το λυσίμετρο να τοποθετείται στο κέντρο ενός εκτεταμένου χωραφιού που, λυσίμετρο και χωράφι, πρέπει να έχουν την ίδια καλλιέργεια και να ποτίζονται, λιπαίνονται και γενικά να καλλιεργούνται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Οι θερμικές ιδιότητες του

δοχείου πρέπει να είναι παραπλήσιες με αυτές του εδάφους. Διάφορα εμπόδια, φυτοφράχτες, κάθε είδους κατασκευές, δρόμοι και γενικά επιφάνειες γυμνές που δεν εξατμίζουν νερό δεν επιτρέπεται να υπάρχουν στο χωράφι που περιβάλλει το λυσίμετρο. Τέτοιου είδους εμπόδια αλλοιώνουν σημαντικά το μικροκλίμα με αποτέλεσμα μη αντιπροσωπευτικές παρατηρήσεις.

Η μέτρηση του νερού που μπαίνει στο δοχείο του λυσιμέτρου με άρδευση ή βροχή και του νερού που φεύγει με την εξατμισοδιαπνοή μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Ανάλογα μ' αυτούς, τα λυσίμετρα διακρίνονται σε τρεις τύπους. Στον ένα τύπο, το δοχείο τοποθετείται μέσα σε ένα φρεάτιο υποδοχής που είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στον πυθμένα του φρεατίου τοποθετούνται εύκαμπτοι ασκοί, που είναι συνήθως σωλήνες από βυνίλιο μεγάλης αντοχής και διαμέτρου, γεμάτοι με νερό. Το δοχείο κάθεται πάνω στους ασκούς και ασκεί πίεση ανάλογη προς το βάρος του. Η πίεση αυτή, με κατάλληλη διάταξη, καταγράφεται και μετατρέπεται σε ένδειξη βάρους. Οι μεταβολές του βάρους που καταγράφονται μεταξύ των διαδοχικών αναγνώσεων αντιστοιχούν στην εξατμισοδιαπνοή. Ο τύπος αυτός αναφέρεται σαν *υδραυλικό* λυσίμετρο.

Ένας άλλος τύπος έχει την ίδια διάταξη με το υδραυλικό λυσίμετρο, μόνο που εδώ το δοχείο τοποθετείται πάνω σε ένα ζυγιστικό μηχανισμό (γεφυροπλάστιγγα ακριβείας ή ζυγιστικά κύτταρα), ο οποίος δίνει απ' ευθείας τις μεταβολές του βάρους από τις οποίες υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή. Ο τύπος αυτός λέγεται *ζυγιστικό* λυσίμετρο.

Ο τρίτος τύπος διαφέρει ουσιαστικά από τους δυο προηγούμενους. Κατ' αυτόν, στο έδαφος κατασκευάζεται μια δεξαμενή από σκυρόδεμα που στη συνέχεια γεμίζεται με χώμα. Στον πυθμένα της δεξαμενής τοποθετούνται διάτρητοι σωλήνες μέσα σε μια στρώση από χονδρόκοκκο υλικό πάχους 30cm περίπου. Οι διάτρητοι σωλήνες συνδέονται, με κατάλληλη διάταξη, με ένα ογκομετρικό δοχείο νερού έτσι που η στάθμη του νερού στη δεξαμενή να διατηρείται σταθερή και να ταυτίζεται με το πάνω όριο της στρώσης του χονδρόκοκκου υλικού. Το πάνω από τη στρώση αυτή κανονικό έδαφος εφοδιάζεται με υγρασία με τριχοειδή ανύψωση. Το νερό που καταναλώνεται από τα φυτά που καλλιεργούνται μέσα στη δεξαμενή αναπληρώνεται από το ογκομετρικό δοχείο, που κρατάει σταθερή τη στάθμη του νερού μέσα στη δεξαμενή. Έτσι, η εξατμισοδιαπνοή κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου υπολογίζεται από τη μεταβολή του όγκου του νερού στο δοχείο. Η διάταξη αυτή είναι γνωστή σαν *ισοσταθμιστικό* λυσίμετρο. Διατάξεις των τριών αυτών τύπων λυσιμέτρων φαίνονται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1: Διατάξεις των τριών βασικών τύπων λυσιμέτρων.

Αν η σχεδίαση και εγκατάσταση γίνει με σωστό τρόπο, το λυσιόμετρο δίνει ακριβείς υπολογισμούς της εξατμισοδιαπνοής. Ειδικότερα οι δύο πρώτοι τύποι που αναφέρθηκαν υπολογίζουν με απόλυτη σχεδόν ακρίβεια την εξατμισοδιαπνοή και χρησιμοποιούνται σαν μέσα ελέγχου της ακρίβειας των υπολογισμών που δίνουν οι έμμεσες μέθοδοι που αναφέρθηκαν προηγούμενα.

6. Περιγραφή και πειραματική χρήση του λυσιμέτρου

Στα πλαίσια του συστήματος “φυτό-έδαφος-νερό” η υγρασία που κερδίζεται μέσω της καθίζησης (υγροποίησης) χάνεται από τη διήθηση, άδειασμα της επιφάνειας και την εξατμισοδιαπνοή, δηλαδή απώλεια υγρασίας λόγω άμεσης εξάτμισης της επιφάνειας του χώματος και από τις ανάγκες του φυτού για ανάπτυξη και εφίδρωση.

Μία άμεση μέθοδος υπολογισμού της ισορροπίας του νερού στο σύστημα είναι να απομονωθεί μια ποσότητα του συστήματος “φυτό-έδαφος” από το περιβάλλον του και να μετρηθεί η εισροή και εκροή νερού από το σύστημα.

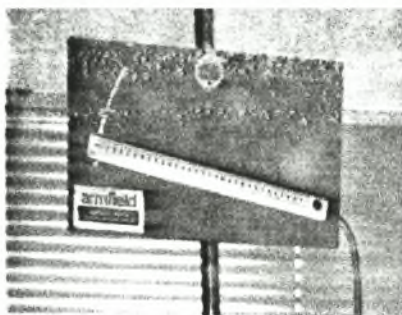
Το λυσιόμετρο είναι μία συσκευή που μετράει τις διαφοροποιήσεις στις απώλειες και τα κέρδη νερού από το έδαφος και τα φυτά εξαιτίας των διαδικασιών εξατμισοδιαπνοής, καθίζησης και αποστράγγισης. Για να επιτευχθεί ακριβέστερη μέτρηση, είναι προτιμότερο να εγκαθίσταται σε χώρο που προσεγγίζει τις φυσικές συνθήκες. Σ’ αυτό το είδος λυσιμέτρου, οι μεταβολές στην ποσότητα υγρασίας στο σύστημα “φυτό-έδαφος-νερό” καταχωρίζονται ως μεταβολές βάρους. Τα κέρδη και οι απώλειες του νερού σε βάρος μπορούν να συσχετιστούν άμεσα με την κλίμακα ενός μανομέτρου που έχει συνδεθεί με τη συσκευή.

6.1. Περιγραφή του λυσιμέτρου

Η συσκευή (Σχήμα 6.1) αποτελείται από μια υδραυλική ζυγαριά πάνω στην οποία μπορούν να τοποθετηθούν δοχεία (1) για περιοδική ή συνεχή παρατήρηση. Η βάση (2) στηρίζεται σε τρία ρυθμιζόμενα πόδια (3) και οριζοντιώνεται χρησιμοποιώντας την κεντρική φυσαλίδα (4), που βρίσκεται στον αιωρούμενο δίσκο ζυγίσεως (13). Ένας κάθετος σωλήνας (5) στηρίζεται στη βάση και φέρει επάνω της ένα μανόμετρο (6) με βαθμολογημένη κλίμακα. Ο σωλήνας και η κλίμακα του μανομέτρου (της οποίας η γωνία μπορεί να μεταβληθεί ώστε να αυξηθεί η ευαισθησία της σε αλλαγές βάρους) είναι τοποθετημένα πάνω σε ένα πίνακα (7) που μπορεί να μετακινηθεί ολόκληρος κάθετα επάνω στο δοκάρι, έτσι ώστε να προσφέρεται μία ρυθμιζόμενη κλίμακα όπου θα μπορέσουν να προσαρμοστούν διάφορα είδη δοχείων. Ένας κύλινδρος (8) με χαμηλά τοιχώματα είναι τοποθετημένος πάνω στην τετράγωνη βάση και είναι κομμένος στο κέντρο. Στο εξωτερικό τοίχωμα του κυλίνδρου είναι προσαρμοσμένα ένα σημείο σύνδεσης (9) και ένα σημείο απώλειας (10). Μέσα στον κύλινδρο βρίσκεται ένας λαστιχένιος σωλήνας (11) τοποθετημένος οριζόντια με κυκλικούς δίσκους στις πάνω και κάτω επιφάνειες. Τα δοχεία (γλάστρες) γεμισμένα με χώμα (15-20 κιλά) τοποθετούνται στον αιωρούμενο δίσκο. Οι μεταβολές του νερού καταλήγουν σε αλλαγές στην πίεση του λαστιχένιου σωλήνα που είναι γεμάτος με νερό και αντανακλάται σε αλλαγή κατά τη μέτρηση στο μανόμετρο.



α



β



γ

Εικόνα 1: α)Σύστημα λυσιμέτρου με γλάστρα, β)Ταμπλό λυσιμέτρου και γ)Σύστημα λυσιμέτρου.

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο ότι η συσκευή χρειάζεται μία παροδική παροχή κρύου νερού και μία αεραντλία για να προετοιμαστεί ο λαστιχένιος σωλήνας (Εικόνα 1α, 1β, 1γ).

6.2. Πρώτη φάση συναρμολόγησης του λυσιμέτρου

1.Στηρίζεται η βάση στο πάτωμα ή σε έναν πάγκο με την υποδοχή (πρίζα) στο πίσω μέρος. Ισορροπείται η συσκευή χρησιμοποιώντας τα ρυθμιζόμενα πόδια. Αφήνεται αρκετός χώρος ανάμεσα στο πάτωμα ή στον πάγκο και στη βάση του λυσιμέτρου για να τοποθετηθεί ο διαβαθμισμένος σωλήνας αποστράγγισης.

2.Τοποθετείται κάθετη υποστήριξη στην υποδοχή στη βάση του λυσιμέτρου και σφίγγονται οι βίδες.

3.Συναρμολογείται ο μανομετρικός σωλήνας και η κλίμακα στον πίνακα υποστήριξης. Ο πίνακας υποστήριξης κινείται, όπου είναι τοποθετημένοι οι δείκτες, κάτω από τον κάθετο ορθοστάτη και σφίγγεται το κομβίο που προεξέχει.

4.Στη συνέχεια τοποθετείται ο λαστιχένιος σωλήνας με τα συνδεδεμένα δισκία στον κύλινδρο, στην κορυφή της βάσης, έτσι ώστε η κεφαλή της βαλβίδας να βλέπει μπροστά.

5.Τέλος συνδέονται οι εύκαμπτοι σωλήνες από το τμήμα σύνδεσης στην κεφαλή βαλβίδας του λαστιχένιου σωλήνα και από το τμήμα σύνδεσης στο χαμηλότερο σημείο του σωλήνα του μανομέτρου.

Η συσκευή είναι τώρα έτοιμη για χρήση.

6.3. Δεύτερη φάση συναρμολόγησης του λυσιμέτρου

Η διαδικασία συναρμολόγησης συνίσταται στην εξαγωγή αέρα από το σύστημα ζυγίσεως και στο γέμισμα με νερό, ώστε όταν ένα φυτό κοντά στο σημείο κορεσμού τοποθετηθεί πάνω στο λυσίμετρο, το επίπεδο του νερού στην κολώνα του μανομέτρου να είναι στο ανώτατο σημείο της κλίμακας.

1.Τοποθετείται ένα εύκαμπτο σωληνάκι και μία κάνουλα απομόνωσης στην κορυφή του σωλήνα του μανομέτρου. Ο εύκαμπτος σωλήνας καταλήγει σε μία προσωρινή δεξαμενή νερού που στηρίζεται από πάνω.

2.Προσαρμόζεται μία αεραντλία ή ανάλογο σύστημα εξαγωγής αέρα, στο τμήμα σύνδεσης που είναι τοποθετημένο στο πλευρό της βάσης του κυλίνδρου.

3.Ξεβιδώνεται η βαλβίδα και τίθεται σε λειτουργία η αεραντλία. Όταν όλος ο αέρας έχει εξαχθεί από το σύστημα, κλείνεται η βαλβίδα προσεκτικά.

4.Κλείνεται η αεραντλία και αποσυνδέεται.

5. Θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι ο πίνακας υποστήριξης του μανομέτρου είναι στην κορυφή της διαδρομής του στον κάθετο ορθοστάτη.

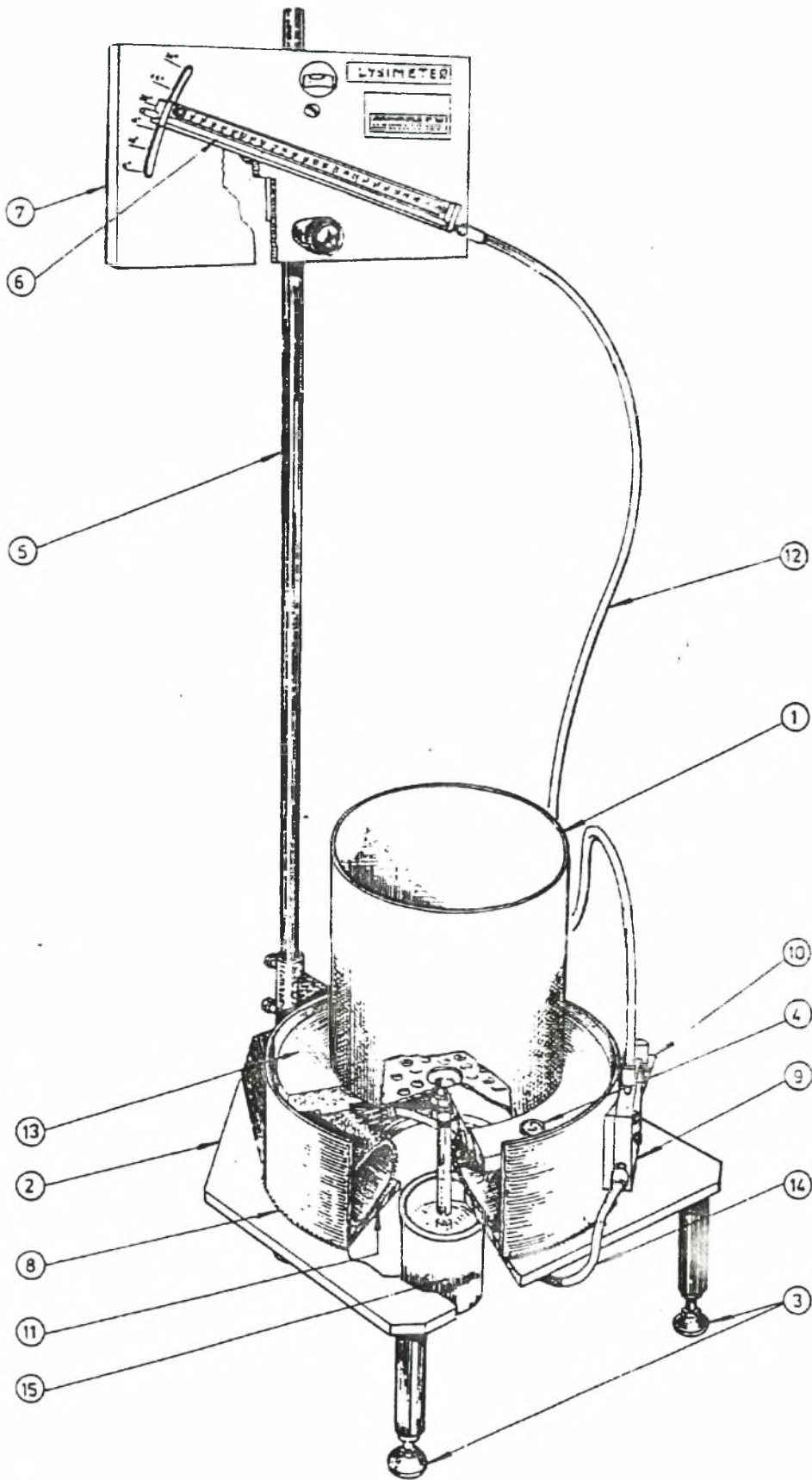
6. Ανοίγεται η κάνουλα στη δεξαμενή νερού. Αφήνεται ζεστό, αποσταγμένο, χωρίς αέρα νερό να εισέλθει στον εσωτερικό σωλήνα. Η χρήση ζεστού νερού επιτρέπει μερική απορρόφηση αέρα, όταν το νερό κρυσταλλωθεί, εάν υπάρχει καθόλου αέρας που απέμεινε στο σύστημα. Η προσθήκη απιονισμένου νερού θα αποτρέψει αποφράξεις εξαιτίας αλάτων, κατά τη διάρκεια μεγάλων περιόδων χρήσης και θα παρατείνει τη ζωή των ελαστικών και πλαστικών εξαρτημάτων. Προστίθενται μερικές σταγόνες απορρυπαντικού στο νερό για να μειωθεί το ιξώδες του νερού. Όταν το σύστημα είναι γεμάτο με νερό μέχρι την κορυφή του σωλήνα του μανομέτρου, κλείνεται η κάνουλα και αποσυνδέεται η δεξαμενή και η σωλήνωση. Τοποθετείται κεντρικά ο εσωτερικός σωλήνας, που είναι εφοδιασμένος με ευθεία γραμμή, μέσα στην κυλινδρική βάση.

8. Τοποθετείται ο αιωρούμενος δίσκος πάνω στον εσωτερικό σωλήνα, έτσι ώστε ο σωλήνας αποστράγγισης να κρέμεται προς τα κάτω. Συνδέεται ο σωλήνας αποστράγγισης με το διαγραμμισμένο δοχείο αποστράγγισης.

9. Θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι το λυσιμέτρο είναι οριζοντιωμένο (αναφορικά με τη φυσαλίδα) στον αιωρούμενο δίσκο του λυσιμέτρου και θα πρέπει να ισορροπηθεί, αν είναι αναγκαίο, ρυθμίζοντας τις βίδες με τα τρία πόδια.

10. Ένα φυτό σε βρεγμένο χώμα θα ζυγίζει 15-20 κιλά περίπου, ανάλογα με το πείραμα που πρόκειται να διεξαχθεί. Έτσι παρέχεται το μέγιστο βάρος, που μπορεί να εμφανιστεί στο πείραμα που είναι επιθυμητό, πάνω στον αιωρούμενο δίσκο, ενώ αφήνεται το νερό να εκκρεύσει από την κορυφή του μανομετρικού σωλήνα. Ελέγχονται τα εσωτερικά τοιχώματα ώστε να μην επηρεάζονται από τα τοιχώματα της βάσης του λυσιμέτρου. Οποιαδήποτε επίδραση θα επηρεάσει τη κλίση της καμπύλης. Αν υπάρχει επίδραση, τότε χαμηλώνεται ο μανομετρικός πίνακας της υποστήριξης και αφήνεται περισσότερο νερό να εκκρεύσει από τον εσωτερικό σωλήνα έως ότου να εξαληφθεί η επιρροή.

11. Υπολογίζεται η ενδεχόμενη έκταση απώλειας νερού, και συνεπώς, η αλλαγή βάρους στο πείραμα, που πρόκειται να διεξαχθεί (βλέπε πείραμα Α). Προσαρμόζεται η γωνία της μανομετρικής κλίμακας, έτσι ώστε το μέγιστο και το ελάχιστο βάρος να καλύπτει κατά το δυνατό περισσότερο την πλήρη έκταση της μανομετρικής κλίμακας. Η ευαισθησία του λυσιμέτρου μπορεί να αυξηθεί σημαντικά ελαττώνοντας τη γωνία της μανομετρικής κλίμακας.



Σχήμα 6.1: Σχηματική απεικόνιση του λυσιμέτρου.

12. Ευθυγραμμίζεται η μανομετρική στήλη χρησιμοποιώντας τη στάθμη που έχει προσαρμοστεί στον πίνακα υποστήριξης.

13. Βαθμονομείται το λυσίμετρο σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στο πείραμα Α.

6.4. Προετοιμασία του μανομέτρου

6.4.1. Ρουτίνα συντήρησης του μανομέτρου

1. Πριν από την πειραματική χρήση, θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι όλα τα παξιμάδια, τα μπουλόνια και οι βίδες είναι σφιχτά και ότι όλες οι συνδέσεις είναι υδατοστεγείς.

2. Λαδώνονται ελαφρά οι βίδες των ποδιών, οι δείκτες και οι βίδες στο μανομετρικό ορθοστάτη του πίνακα υποστήριξης.

3. Γίνεται έλεγχος του εσωτερικού σωλήνα για φθορά, γδαρσίματα και σημεία αλλοιώσεων. Βεβαιώνεται ότι ο εσωτερικός σωλήνας παραμένει ασφαλώς συνδεδεμένος στον αιωρούμενο δίσκο.

4. Ελέγχονται οι εύκαμπτοι συνδετικοί σωλήνες για φθορά.

5. Βεβαιώνεται ότι το σύστημα δεν έχει συσσωρεύσει άλατα. Αποσυνδέονται και καθαρίζονται τα εξαρτήματα που έχουν άλατα.

6. Περιοδικά γίνεται έλεγχος στη βαθμονόμηση σε προκαθορισμένα επίπεδα νερού επί γνωστής κλίμακας βάρους, καθώς οι συμφειείς ελαστικές ιδιότητες των λαστιχένιων σωληνώσεων θα προκαλέσουν μακροχρόνια παρέκκλιση της κλίσης της καμπύλης (βλέπε πείραμα Α).

6.4.2. Φύλλα δεδομένων πειραματικής διαδικασίας

α) Διαθέσιμο νερό εδάφους

Διαθέσιμο νερό είναι το νερό στο έδαφος το οποίο μπορούν να προσλάβουν τα φυτά, δηλαδή μεταξύ της υδατοϊκανότητας του εδάφους (νερό που κρατείται στο χώμα σε τάσεις 0,1-0,3 ατμόσφαιρες) και μονίμου σημείου μάρανσης (που συνήθως λαμβάνεται στις 15 ατμόσφαιρες).

Η ποσότητα του διαθέσιμου νερού που κρατείται στο χώμα εξαρτάται από τη σύστασή του. Κατά προσέγγιση, τιμές του διαθέσιμου νερού, εκφραζόμενες σε $\text{mm H}_2\text{O m}^{-1}$, δίνονται στον Πίνακα 6.1.

Αργιλλώδες	180
Ψλοαργιλλώδες	190
Πηλώδες	200
Ψλοπηλώδες	250
Ψλοαργιλλώδες	160
Αμμοαργιλλοπηλώδες	140
Αμμοπηλώδες	130
Λεπτό πηλοαμμώδες	140
Μέσο πηλοαμμώδες	60

Πίνακας 6.1.: Διαθέσιμο νερό εδάφους ανά κατηγορία εδάφους.

ΟΜΑΔΑ	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
1	Κρεμμύδι, πιπεριά, πατάτα
2	μπανάνα, λάχανο, σταφύλι, αρακάς, τομάτα
3	alfalfa, φασόλι, εσπεριδοειδή, φιστίκι (αράπικο), ανανάς, ηλιοτρόπιο, καρπούζι, σιτάρι
4	βαμβάκι, καλαμπόκι, ελιά, ηλιοτρόπιο, σόργο, σόγια, ζαχαρότευτλο, ζαχαροκάλαμο, καπνός

Πίνακας 6.2.: Κατηγορίες καλλιεργειών με βάση την ευαισθησία στη μείωση του κλάσματος του εδαφικού νερού.

ET_m mm/ημέρα

ΟΜΑΔΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,42	0,35	0,30	0,25	0,22	0,20	0,20	0,17
2	0,67	0,57	0,47	0,40	0,35	0,32	0,27	0,25	0,22
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,30
4	0,87	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,42	0,40

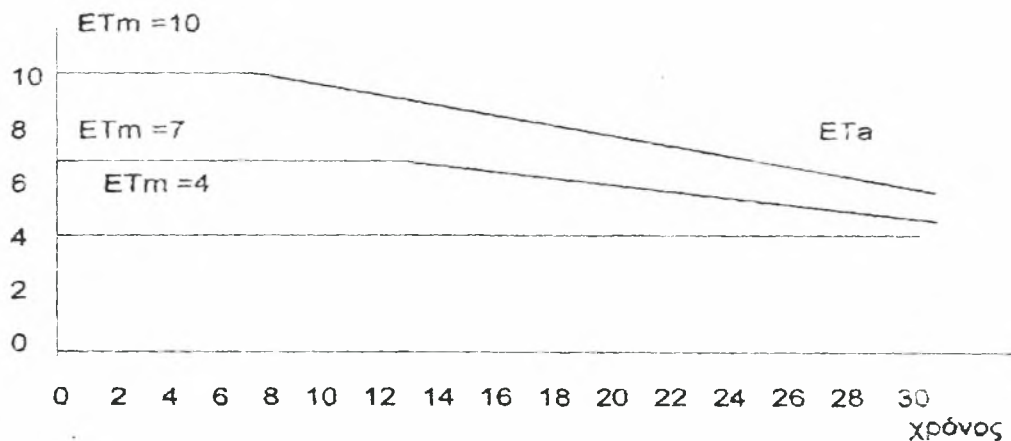
Πίνακας 6.3.: Μείωση του κλάσματος του εδαφικού νερού για κατηγορίες καλλιεργειών σε σχέση με τη μέγιστη εξατμισοδιαπνοή (ET_m).

β) Πείραμα Α: Θεωρητική προσέγγιση

Αντικείμενο πειράματος: Προσδιορισμός ευαισθησίας του λυσίμετρου στις απώλειες και τα κέρδη σε βάρος υπό διαφορετικές μανομετρικές γωνίες και συσχέτισή τους με απώλειες ή κέρδη σε νερό.

Εγκατάσταση εξοπλισμού: Ένα δοχείο του λυσιμέτρου γεμίζεται με αεροξηραθέν χώμα στην επιθυμητή πυκνότητα και αφήνεται το λυσίμετρο να ισορροπήσει.

Ελάχιστη εξατμισοδιαπνοή mm/ημέρα



Σχήμα 6.2.: Μέση πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET_a) σε σχέση με το χρόνο μετά από άρδευση για διάφορες τιμές μέγιστης εξατμισοδιαπνοής.

Περίληψη της θεωρίας: Οι αλλαγές στην ποσότητα νερού μέσα στο δοχείο του λυσιμέτρου λόγω της εξατμισοδιαπνοής, άρδευσης ή αποστράγγισης αντανακλούν μία αντίστοιχη αλλαγή στο επίπεδο του νερού στο μανόμετρο. Μία αλλαγή στο ύψος του νερού της στήλης όπως αναγράφεται στη μανομετρική κλίμακα για μια δεδομένη αλλαγή βάρους, μπορεί να αυξηθεί σημαντικά εάν το μανόμετρο κλείνει σε μικρότερες γωνίες σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, αυξάνοντας έτσι την ακρίβεια του υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής.

Πριν να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή, πρέπει να σχεδιαστεί μια βαθμονομημένη καμπύλη της αλλαγής του βάρους, σε σχέση με την εκτροπή. Η σχεδιασμένη καμπύλη βαθμονόμησης θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον την έκταση της αλλαγής βάρους στο διαθέσιμο νερό που κρατείται στο χώμα. Η έκταση της αλλαγής βάρους του διαθέσιμου νερού θα λειτουργεί και για τιμές μικρότερης έκτασης και για την επιθυμητή πυκνότητα που χρησιμοποιείται στο πείραμα. Αν τα δεδομένα για το διαθέσιμο νερό του εδάφους δεν είναι γνωστά, μία κατά προσέγγιση εκτίμηση παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.1 και η έκταση βάρους επί της οποίας το λυσίμετρο θα βαθμονομηθεί, μπορεί να υπολογιστεί βάσει αυτού του πίνακα. Πρέπει να σημειωθεί ότι εξαιτίας των συμφυών ελαστικών ιδιοτήτων που υπάρχουν στις λαστιχένιες στήλες υδραυλικής

φόρτισης, μπορεί να παρουσιαστεί απόκλιση στη βαθμονόμηση. Είναι επομένως, σημαντικό να επαναβαθμονομούμε το λυσίμετρο επιμελώς πριν από ένα πείραμα.

Διαδικασία

1. Γεμίζεται ένα δοχείο του λυσιμέτρου με χώμα που έχει υποστεί εξαέρωση, στον απαιτούμενο όγκο. Τοποθετείται το δοχείο στο λυσίμετρο και ρυθμίζεται ο ορθοστάτης κεφαλής του μανομέτρου (ή αποδεσμεύεται νερό) έως ότου το επίπεδο του νερού στη στήλη του μανομέτρου να ισορροπήσει, περίπου στα 20mm στην κλίμακα.

2. Υπολογίζεται η έκταση βάρους επί του οποίου το λυσίμετρο θα βαθμονομηθεί, χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$WR = \frac{AW}{d} * A * \rho_w$$

όπου WR=Έκταση βάρους βάσει του οποίου έχει ρυθμιστεί το λυσίμετρο

AW=Το διαθέσιμο νερό που φαίνεται στον πίνακα 6.1 σύμφωνα με τη σύσταση εδάφους mm H₂O m⁻¹

A=Επιφάνεια του δοχείου (cm²)

d=Βάθος χώματος στο δοχείο (cm)

ρ_w =πυκνότητα νερού θεωρούμενη ως ενιαίο μέγεθος

3. Χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα βάρη, γεμίζεται το δοχείο ομοιόμορφα με χώμα, μέχρι να καλυφθεί το διαθέσιμο νερό. Σημειώνεται η μανομετρική απόκλιση έπειτα από κάθε αύξηση βάρους. Επαναλαμβάνεται η διαδικασία αντιστρόφως εκφορτώνοντας κατά ίσο βάρος αύξησης.

4. Επαναλαμβάνεται η δοκιμασία βαθμονόμησης χρησιμοποιώντας μανομετρικές γωνίες των 20°, 10° και 5° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο (Εικόνα 1β).

Σημείωση: Είναι πλέον σημαντικό να αφηθεί αρκετός χρόνος ώστε ο μηνίσκος της στήλης νερού να εξισοροπήσει με κάθε αλλαγή βάρους.

Αποτελέσματα

Σχεδιάζεται ένας πίνακας αποτελεσμάτων και καταστρώνεται γραφική παράσταση της μανομετρικής απόκλισης σε σχέση με το βάρος που χρησιμοποιήθηκε για φόρτωση και εκφόρτωση. Κατασκευάζονται παρόμοιες γραφικές παραστάσεις για διαφορετικές μανομετρικές γωνίες κλίσης.

Από τους πίνακες και τις γραφικές παραστάσεις υπολογίζεται η σχέση της μανομετρικής εκτροπής με την αλλαγή βάρους.

Υπολογίζεται το αντίστοιχο βάρος για 1mm εξατμισοδιαπνοής πολλαπλασιάζοντας με την επιφάνεια του χώματος και η ανάλογη μανομετρική απόκλιση για κάθε μανομετρική γωνία.

γ) Πείραμα Β: Θεωρητική προσέγγιση

Αντικείμενο: Περιγράφει τη σχέση του συστήματος έδαφος-φυτό-νερό με τη χρήση του λυσιμέτρου.

Εγκατάσταση εξοπλισμού: Το λυσίμετρο είναι ρυθμισμένο κανονικά για εργαστηριακή χρήση. Οι τρεις γλάστρες γεμίζονται με χώμα της ίδιας επιθυμητής φαινομενικά πυκνότητας. Δύο απ' τις γλάστρες θα περιέχουν ίδια είδη φυτών (στα ίδια βλαστικά στάδια), χαμηλής διαπνοής. Οι γλάστρες είναι κορεσμένες από ύδωρ και αφήνονται να στεγνώσουν για 2 μέρες με σκοπό να επιτευχθεί η επιθυμητή υδατοϊκανότητα.

Περίληψη της θεωρίας: Το λυσίμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της ποσότητας των συστατικών μερών του υδρολογικού κύκλου όπως παρουσιάζονται στην παρακάτω εξίσωση:

$$ET = P_n + I - R_0 - \Delta de - D_r$$

όπου ET=εξάτμισοδιαπνοή

P_n =βροχόπτωση

I=άρδευση

R_0 =καθαρή απορροή

Δde =η μεταβολή του εδαφικού νερού στη δεξαμενή αποθηκεύσεως

D_r =στράγγιση

Η απορροή επομένως, κανονικά λαμβάνεται υπόψη εντός του λυσιμέτρου και μπορεί να παραληφθεί. Την παραπάνω εξίσωση (εξίσωση ισοζυγίου ύδατος) συχνά τη χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό των απαιτήσεων άρδευσης των καλλιεργειών.

Τα λυσίμετρα συχνά χρησιμοποιούνται για συγκρίσεις, στην αξιολόγηση των εμμέσων μεθόδων, τα οποία λυσίμετρα χρησιμοποιούν την εξίσωση του ισοζυγίου του νερού, στον υπολογισμό ή την πρόβλεψη της ET. Το πλεονέκτημα της χρήσης των λυσιμέτρων στην αξιολόγηση της ET είναι ότι όλοι οι παράγοντες της εξίσωσης του ισοζυγίου νερού μπορούν να μετρηθούν, ενώ αντίθετα στις έμμεσες μεθόδους στηρίζονται στις εκτιμώμενες τιμές μερικών από τις παραμέτρους. Το μειονέκτημά τους είναι ότι αυτές δεν μπορούν να αντιπροσωπεύσουν τις πραγματικές συνθήκες εδάφους. Η ET μπορεί να διαχωριστεί στην εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και στη διαπνοή από τα φυτά. Στην κατάσταση της καλλιέργειας, η εξάτμιση από το έδαφος είναι σπουδαία κατά την αρχική ανάπτυξη, πριν η καλλιέργεια κατορθώσει να καλύψει όλο το έδαφος.

Διαδικασία

1. Προετοιμάζονται τρεις γλάστρες για το λυσίμετρο, όπως περιγράφεται στην εγκατάσταση.

2. Τοποθετείται μία γλάστρα με φυτό πάνω στο λυσίμετρο, διαποτίζεται με νερό και επιτρέπεται να ισορροπήσει πάνω από δύο ημέρες για να επιτευχθεί υδατοϊκανότητα.

Προσαρμόζεται το μανόμετρο στον πίνακα, έτσι ώστε ο μηνίσκος της στήλης νερού να ισορροπεί με κατεύθυνση προς το τέταρτο της κορυφής της κλίμακας, με την κλίμακα του μανομέτρου στην επιθυμητή γωνία. Αδειάζεται το δοχείο στράγγισης και σημειώνεται η αρχική μέτρηση.

3. Χρησιμοποιώντας τοπικές ημερήσιες εγγραφές βροχόπτωσης και όπου είναι εφικτό, εγγραφές άρδευσης για την περιοχή μας, εφαρμόζουμε την μετρούμενη ποσότητα νερού ομοιόμορφα στη γλάστρα του λυσιμέτρου. Συνεχίζουμε την εφαρμογή του νερού σύμφωνα με τις εγγραφές ανά 15-20 μέρες (Εικόνα 2α, 2β).

Αποτελέσματα

Σχεδιάζουμε έναν πίνακα, καταγράφοντας, την ίδια ώρα κάθε μέρα, το ύψος σε mm των βροχοπτώσεων της άρδευσης, τη μεταβολή στην αποθήκευση νερού στο έδαφος (από τις βαθμονομημένες διαφορές στην κλίμακα ανάγνωσης του μανομέτρου) και τη στράγγιση. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση της ισορροπίας νερού, αλλά αγνοώντας τις απώλειες, υπολογίζουμε τις ημερήσιες τιμές της ET. Επαναλαμβάνεται το πείραμα χρησιμοποιώντας το 2ο φυτό σε δοχείο έχοντας σκεπάσει προσεκτικά την επιφάνεια του χώματος για να αποφευχθεί η εξάτμιση από το έδαφος (κάλυψη της επιφάνειας με αλουμινόχαρτο) και υπολογίζουμε τη διαπνοή. Τέλος, χρησιμοποιούμε το άδειο δοχείο με χώμα και υπολογίζουμε την εξάτμιση του γυμνού εδάφους.

Σχεδιάζονται γραφικές παραστάσεις εξατμισοδιαπνοής, διαπνοής και εξάτμισης σε σχέση με το χρόνο. Μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας είδη φυτών ανθεκτικά στη διαπνοή.



α

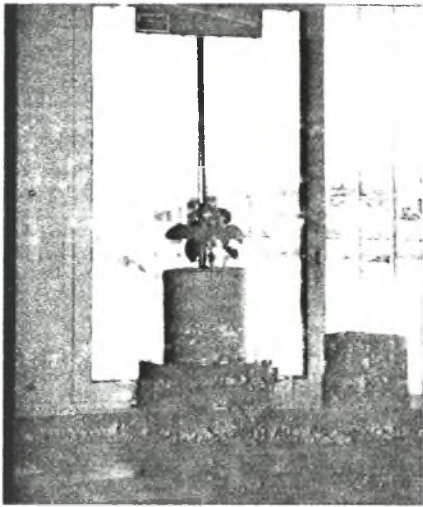


β

Εικόνα 2: Το σύστημα λυσιμέτρου με τις γλάστρες όπως διεξήχθη το πείραμα (α και β).

7. Πειραματική διαδικασία

Σημειώνεται ότι όλα όσα περιγράφονται στη συνέχεια αποτελούν εργασίες εντός του εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής. Το εργαστήριο βρίσκεται κοντά σε παραθαλάσσια περιοχή. Η εγκατάσταση του λυσιμέτρου, καθώς και οι γλάστρες βρίσκονται δίπλα σε παράθυρο, από όπου εξασφαλιζόνταν το κατάλληλο ποσό ηλιοφάνειας για την ομαλή ανάπτυξη των φυτικών ειδών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Το σημείο που διεξήχθη το πείραμα και ο περιβάλλοντας χώρος

26/2/97: Το χώμα απλώνεται για να αεροξηραθεί. Προέρχεται από την περιοχή Φαρσάλων, ενώ μετά από ανάλυση μηχανικής σύστασης του εδάφους βρέθηκε ότι είναι αργιλώδης πηλός (CL), ενώ η σύστασή του ήταν άμμος 28,48%, ιλύς 31,62%, άργιλος 39,9%.

6-7/3/97: Συλλογή του αεροξηραθέντος χώματος και θρυμματισμός περίπου 50kg σε μύλο στο Αγρόκτημα του Βελεστίνου.

Ακολούθησε ανάδευση και κοσκίνισμα.

10/3/97: Τοποθέτηση του χώματος σε γλάστρες, με ιδιαίτερη φροντίδα στην ομοιομορφία του συνολικού βάρους κάθε γλάστρας-χώματος (γεμίστηκαν 3 γλάστρες με μικτό βάρος, κατόπιν ζύγισης, 10kg η καθεμιά).

Έπειτα μετρήθηκαν οι ακόλουθοι παράμετροι:

Διάμετρος γλάστρας: 24cm

Ύψος γλάστρας: 22cm

Βάρος κενής γλάστρας: 954,5gr

Βάρος γλάστρας με χώμα: 10kg (10000gr)

Ύψος χώματος εντός γλάστρας: 22cm-6,5cm=15,5cm

Καθαρό βάρος χώματος: Βάρος γλάστρας με χώμα - Βάρος γλάστρας = 10000gr-954,5gr=9045,5gr

Υπολογισμός πυκνότητας του χώματος:

$d=m/V$, όπου d =πυκνότητα, m =μάζα χώματος, V =όγκος ($V=A \cdot h = \pi r^2 \cdot h$, με A =επιφάνεια του χώματος στη γλάστρα, r =ακτίνα γλάστρας και h =ύψος χώματος εντός γλάστρας).

Συνεπώς:

$$d=m/V \Rightarrow d=m/\pi r^2 h \Rightarrow d=9045,5\text{gr}/3,14 \cdot 12^2 \cdot 15,5\text{cm}^3 \Rightarrow d \approx 1,3\text{gr}/\text{cm}^3$$

Αναφέρεται ότι η οπή των γλαστρών είχε καλυφθεί εσωτερικά με κομμάτι από τούλι, για να αποφευχθεί απώλεια του χώματος.

Υπολογισμός της έκτασης βάρους (WR):

$WR = \frac{AW}{d} \cdot A \cdot \rho_w$ (WR=Έκταση βάρους βάσει του οποίου έχει ρυθμιστεί το λυσίμετρο, AW=Το διαθέσιμο νερό που φαίνεται στον πίνακα 6.1 σύμφωνα με τη σύσταση εδάφους $\text{mm H}_2\text{O m}^{-1}$, A=Επιφάνεια του δοχείου (cm^2), d=Βάθος χώματος στο δοχείο (cm), ρ_w =πυκνότητα νερού θεωρούμενη ως ενιαίο μέγεθος).

Συνεπώς:

$$WR = \frac{AW}{d} \cdot A \cdot \rho_w \Rightarrow WR = \frac{180}{15,5} \frac{\text{mm}}{\text{cm}} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \text{ cm}^2 \cdot 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \Rightarrow WR \approx 525 \text{ gr/cm}$$

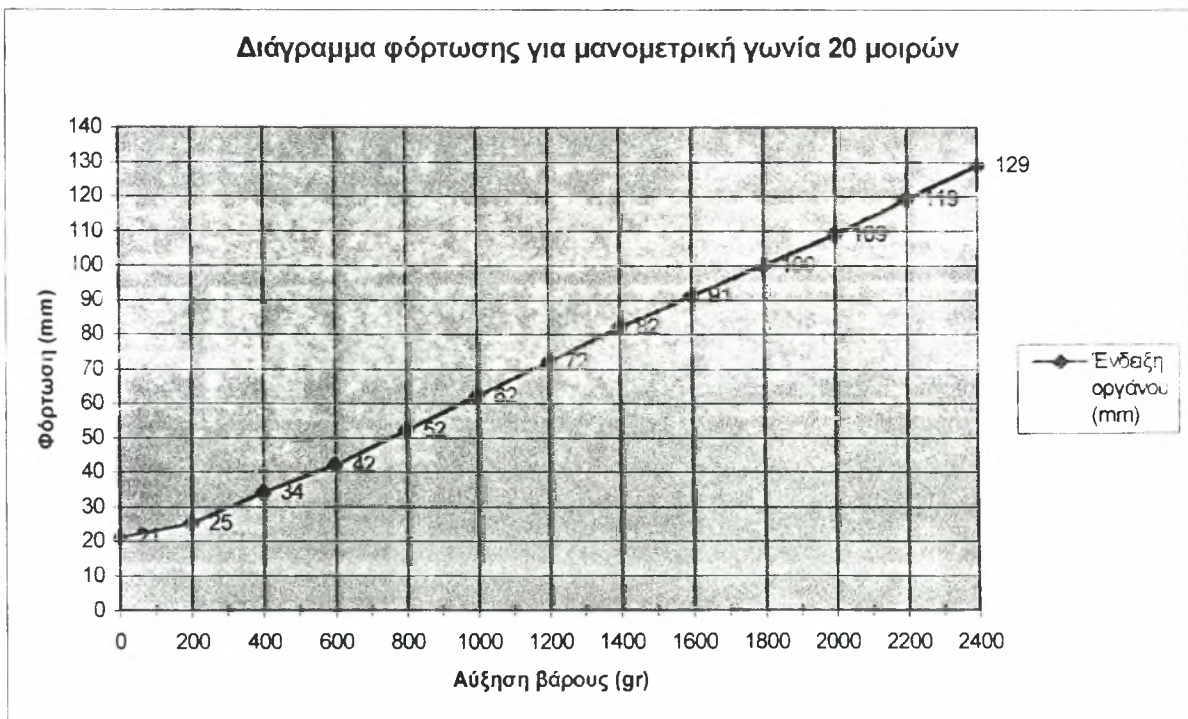
13/3/97: Εξαγωγή φυσαλίδων και εξαερισμός λυσιμέτρου, συντήρηση του οργάνου και προετοιμασία του για βαθμονόμηση.

15/3/97: Για τη βαθμονόμηση του οργάνου έγιναν τα ακόλουθα:

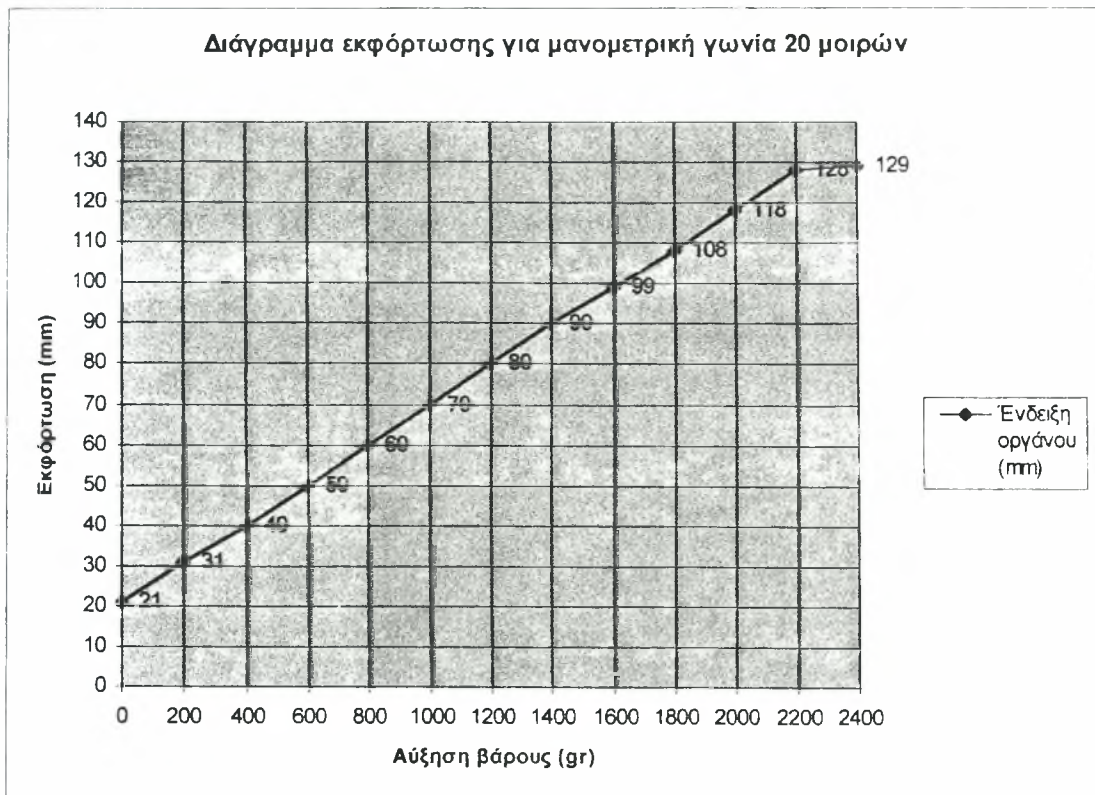
Ρυθμίστηκε, αρχικά, το όργανο σε μανομετρική γωνία 20° . Έπειτα τοποθετήθηκε μία γλάστρα στο όργανο και αφέθηκε για τον απαραίτητο χρόνο πάνω στο όργανο μέχρι να ισορροπήσει όλο το σύστημα (αυτή η διαδικασία διήρκτησε 24 ώρες και ξεκίνησε από την προηγούμενη ημέρα). Στη συνέχεια καταγράφηκε η πρώτη ένδειξη, η οποία ήταν 21mm. Για τη λήψη της επόμενης μέτρησης προστίθεντο 200gr βάρους, περιμετρικά της γλάστρας και όχι στο κέντρο της, με σκοπό να αποφευχθεί πιθανή συμπίεση του χώματος. Ο χρόνος μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων, για τη συγκεκριμένη μανομετρική γωνία ήταν 4min. Αφού ολοκληρώνονταν η φόρτωση, έως τα 2400gr και επέρχονταν ισορροπία του οργάνου, ακολουθούσε η εκφόρτωση, με τον ίδιο χρονικό ρυθμό. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για μανομετρικές γωνίες των 10° και 5° , αφού είχε προηγηθεί η ρύθμιση του οργάνου στις προαναφερόμενες μανομετρικές γωνίες, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Σημειώνεται ότι, μετά από κάθε αλλαγή μανομετρικής γωνίας το όργανο αφήνονταν να ισορροπήσει για 30min. Όλες οι μετρήσεις που ελήφθησαν αναφέρονται στους πίνακες 7.1, 7.2, 7.3, με τη βοήθεια των οποίων δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα γραφήματα 7.1.1, 7.1.2, 7.2.1, 7.2.2, 7.3.1 και 7.3.2, μέσω των οποίων μας δίνεται η δυνατότητα να μετατρέπουμε τα ml των ενδείξεων σε mm, με σκοπό τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής.

ΦΟΡΤΩΣΗ-ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ ΒΑΡΟΥΣ ΓΙΑ ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ 20°		
Αύξηση βάρους (gr)	Φόρτωση (mm)	Εκφόρτωση (mm)
0	21	21
200	25	31
400	34	40
600	42	50
800	52	60
1000	62	70
1200	72	80
1400	82	90
1600	91	99
1800	100	108
2000	109	118
2200	119	128
2400	129	129

Πίνακας 7.1.: Δεδομένα βαθμονόμησης λυσιμέτρου φόρτωσης και εκφόρτωσης βάρους σε μανομετρική γωνία 20°.



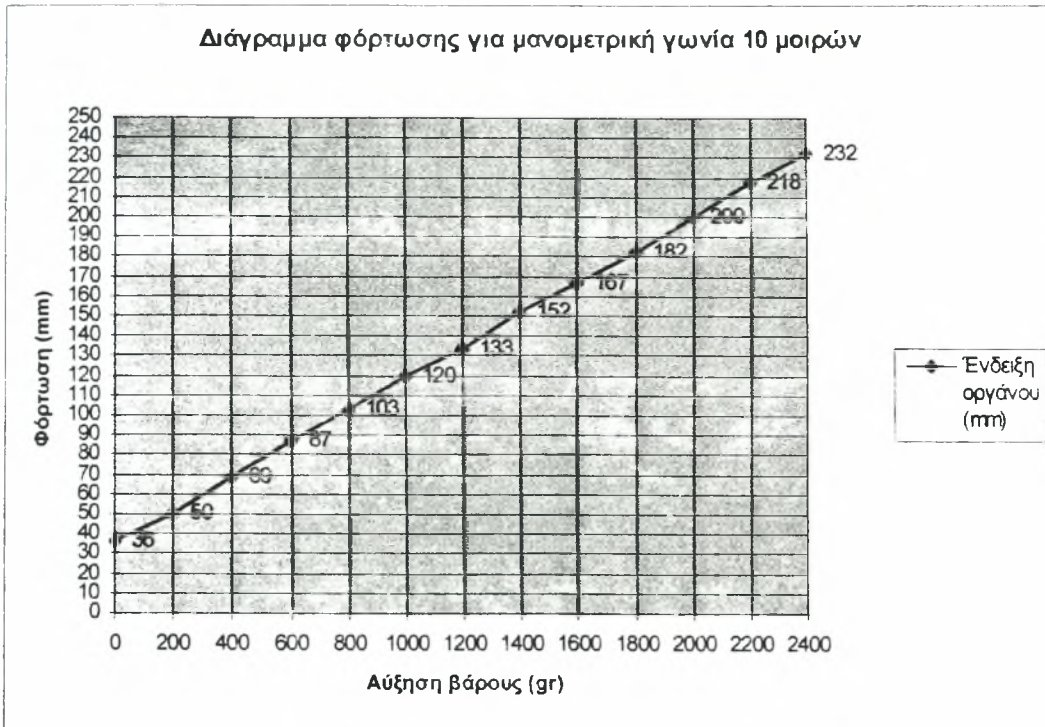
Διάγραμμα 7.1.1.: Γράφημα φόρτωσης βάρους για μανομετρική γωνία λυσιμέτρου 20°, που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των ml άρδευσης-στράγγισης σε mm στήλης νερού.



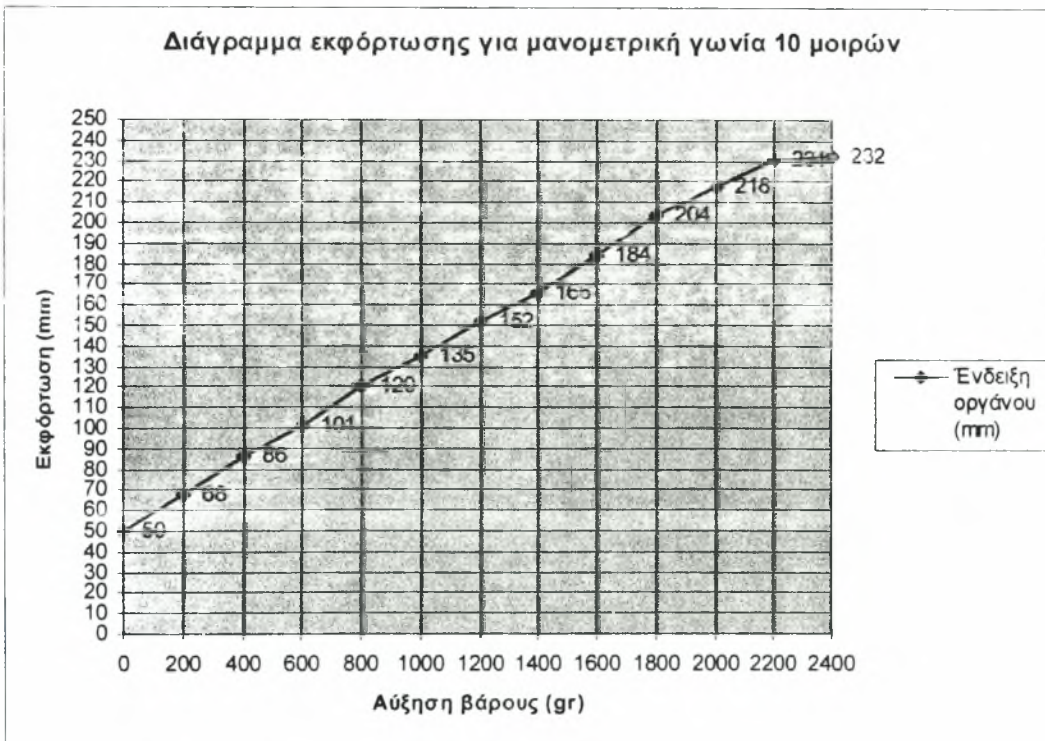
Διάγραμμα 7.1.2.: Γράφημα εκφόρτωσης βάρους για μανομετρική γωνία λυσιμέτρου 20° , που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των ml άρδευσης-στράγγισης σε mm στήλης νερού.

ΦΟΡΤΩΣΗ-ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ ΒΑΡΟΥΣ ΓΙΑ ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ 10°		
Αύξηση βάρους (gr)	Φόρτωση (mm)	Εκφόρτωση (mm)
0	36	50
200	50	68
400	69	86
600	87	101
800	103	120
1000	120	135
1200	133	152
1400	152	166
1600	167	184
1800	182	204
2000	200	218
2200	218	231
2400	232	232

Πίνακας 7.2.: Δεδομένα βαθμονόμησης λυσιμέτρου φόρτωσης και εκφόρτωσης βάρους σε μανομετρική γωνία 10° .



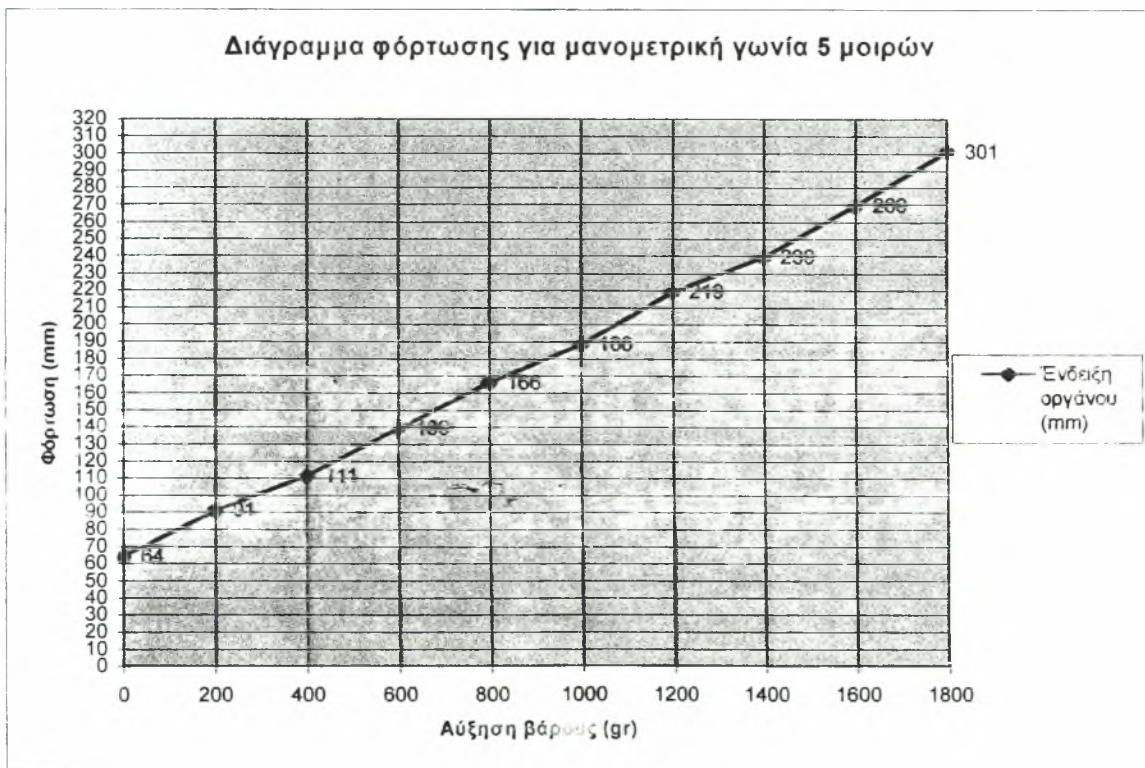
Διάγραμμα 7.2.1.: Γράφημα φόρτωσης βάρους για μανομετρική γωνία λυσιμέτρου 10° , που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των ml άρδευσης-στράγγισης σε mm στήλης νερού.



Διάγραμμα 7.2.2.: Γράφημα εκφόρτωσης βάρους για μανομετρική γωνία λυσιμέτρου 10° , που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των ml άρδευσης-στράγγισης σε mm στήλης νερού.

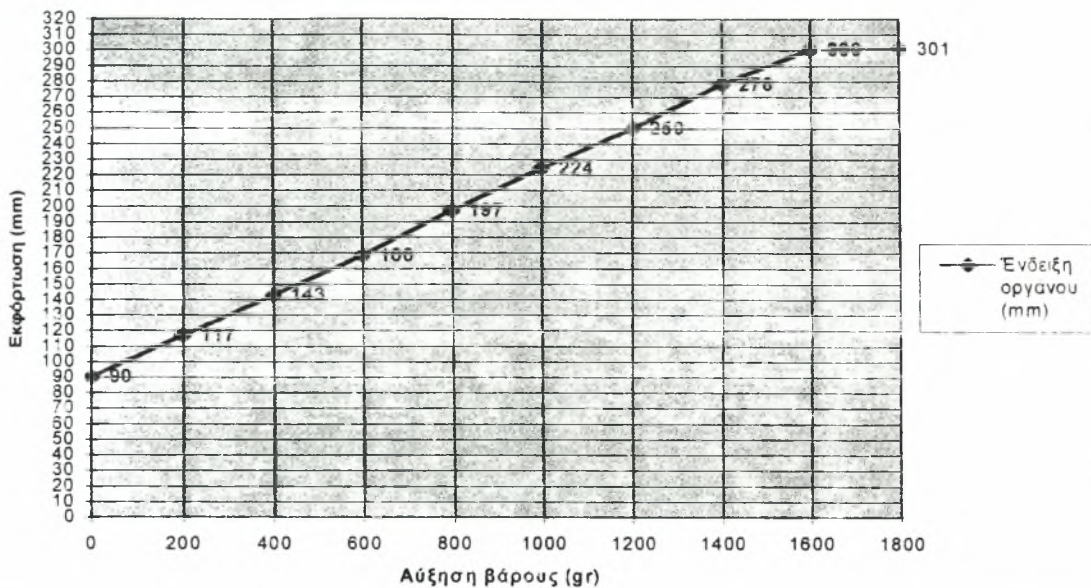
ΦΟΡΤΩΣΗ-ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ ΒΑΡΟΥΣ ΓΙΑ ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ 5°		
Αύξηση βάρους (gr)	Φόρτωση (mm)	Εκφόρτωση (mm)
0	64	90
200	91	117
400	111	143
600	139	168
800	166	197
1000	188	224
1200	219	250
1400	239	278
1600	269	300
1800	301	301

Πίνακας 7.3.: Δεδομένα βαθμονόμησης λυσιμέτρου φόρτωσης και εκφόρτωσης βάρους σε μανομετρική γωνία 5° (στη συγκεκριμένη περίπτωση το βάρος αυξήθηκε έως τα 1800gr γιατί δεν ήταν εοικτή η παροχή ένδειξης στο λυσίμετρο).



Διάγραμμα 7.3.1.: Γράφημα φόρτωσης βάρους για μανομετρική γωνία λυσιμέτρου 5°, που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των ml άρδευσης-στράγγισης σε mm στήλης νερού.

Διάγραμμα εκφόρτωσης για μανομετρική γωνία 5 μοιρών



Διάγραμμα 7.3.2.: Γράφημα εκφόρτωσης βάρους για μανομετρική γωνία λυσιμέτρου 5° , που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των ml άρδευσης-στράγγισης σε mm στήλης νερού.

16/3/97: Πραγματοποιείται η προμήθεια 3 πλαστικών κουβάδων, μεγαλύτερης χωρητικότητας από αυτή των γλαστρών, μέσα στους οποίους τοποθετήθηκαν οι γλάστρες, χωρίς να εφάπτονται στον πυθμένα των κουβάδων. Έπειτα οι κουβάδες γεμίστηκαν με νερό, λίγο πιο χαμηλά από το ύψος της γλάστρας, με σκοπό τη λήψη ύδατος από τη γλάστρα μέσω της οπής του πυθμένα της, με τη βοήθεια τριχοειδών φαινομένων. Σκοπός της εν λόγω διαδικασίας ήταν ο κορεσμός της καθεμιάς γλάστρας.

17-30/3/97: Συμπλήρωση του νερού που απορροφούσαν οι γλάστρες εντός των κουβάδων.

31/3/97: Παρατηρείται ότι η επιφάνεια του χώματος εντός των γλαστρών αρχίζει να σκουραίνει, σημείο που δηλώνει ότι οι γλάστρες άρχισαν να κορέννυνται.

1/4/97: Συνεχίζεται η διαδικασία κορεσμού των γλαστρών με συμπλήρωση νερού στους κουβάδες.

2/4/97: Η επιφάνεια του χώματος εντός των γλαστρών εμφανίζει κρούστα, που είναι το πρώτο στρώμα νερού και υποδηλώνει τον πλήρη κορεσμό των γλαστρών. Το νερό που καταναλώθηκε για τον πλήρη κορεσμό των γλαστρών υπολογίζεται περίπου σε 3250ml νερού για κάθε γλάστρα.

3/4/97: Αφότου επήλθε πλήρης κορεσμός των γλαστρών αφαιρούνται οι κουβάδες και ακολουθεί η αρίθμηση των γλαστρών (γλάστρες 1 και 2) και το μαρκάρισμα της γλάστρας-μάρτυρα. Ακολούθησε σπορά 30 σπόρων πιπεριάς σε καθεμιά από τις γλάστρες 1 και 2, σε σχήμα κυκλικό. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στους σπόρους του κέντρου, ώστε να πάρουμε στη συνέχεια το πιο εύρωστο φυτό. Η γλάστρα-μάρτυρας τοποθετήθηκε στο λυσίμετρο, υπό μανομετρική γωνία 20°, με σκοπό τη διακρίβωση της ορθής βαθμονόμησης του οργάνου. Η ένδειξη που καταγράφηκε ήταν 211mm. Οι άλλες δύο γλάστρες αφέθηκαν για στράγγιση. Σε αυτού του είδους τις γλάστρες η στράγγιση πραγματοποιείται μέσα από την οπή της βάσης. Οι γλάστρες ανασηκώθηκαν σε κατάλληλα διαμορφωμένη βάση, ενώ κάτω από αυτές τοποθετήθηκε δοχείο για τη συλλογή του νερού από τη στράγγιση. Το νερό που συλλέγονταν μετρούνταν σε ογκομετρικό σωλήνα, ώστε να καταγράφεται κάθε φορά το ποσό του νερού που στραγγίστηκε.

4/4/97: Στις 14:15, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 125ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 172mm, σε μανομετρική γωνία 20°. Η γλάστρα 1 στράγγισε 70ml νερού, ενώ η γλάστρα 2, 55ml. Έπειτα, το λυσίμετρο ρυθμίστηκε σε μανομετρική γωνία 10°.

5/4/97: Στις 13:55, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 2ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 304mm, σε μανομετρική γωνία 10°. Η γλάστρα 1 στράγγισε 27ml νερού, ενώ η γλάστρα 2, 26ml.

6/4/97: Στις 17:40 η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 1ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 293mm, σε μανομετρική γωνία 10°. Η γλάστρα 1 στράγγισε 1ml νερού, ενώ η γλάστρα 2, 0,5ml. Η θερμοκρασία εντός του εργαστηρίου ήταν 18,5°C. Στη συνέχεια, η γλάστρα 1 τοποθετήθηκε στο λυσίμετρο και, αφού αφέθηκε για αρκετό χρονικό διάστημα για να επέλθει ισορροπία στο όργανο, λήφθηκε ένδειξη 315mm. Το ίδιο επαναλήφθηκε και για τη γλάστρα 2, η οποία έδωσε ένδειξη 310mm. Έπειτα από αυτά, επανατοποθετήθηκε στο λυσίμετρο η γλάστρα-μάρτυρας.

7/4/97: Στις 19:00, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 295mm, σε μανομετρική γωνία 10°. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Έπειτα, το λυσίμετρο ρυθμίστηκε σε μανομετρική γωνία 20°.

8/4/97: Στις 14:50, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 157mm, σε μανομετρική γωνία 20°. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος.

9/4/97: Στις 13:20, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 156mm, σε μανομετρική γωνία 20°. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Έπειτα, το

λυσίμετρο ρυθμίστηκε σε μανομετρική γωνία 10° . Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος.

10/4/97: Στις 17:50, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 291mm. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος.

11/4/97: Στις 15:00, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 285mm. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος.

12/4/97: Στις 17:10, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 281mm. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος.

13/4/97: Στις 16:40, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 276mm. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος. Η θερμοκρασία εργαστηρίου ήταν 16°C , ενώ ο καιρός ήταν βροχερός.

14/4/97: Στις 13:40, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 257mm. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος. Η θερμοκρασία εργαστηρίου ήταν $18,5^\circ\text{C}$, ενώ ο καιρός ήταν εν μέρει συννεφώδης.

15/4/97: Στις 12:05, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 255mm. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ακόμη δεν είχε φυτρώσει κανένας σπόρος. Η θερμοκρασία εργαστηρίου ήταν 19°C , ενώ ο καιρός ήταν εν μέρει συννεφώδης.

16/4/97: Στις 20:30, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 253,5mm. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Ένας σπόρος άρχισε να φυτρώνει στη γλάστρα 2. Η θερμοκρασία εργαστηρίου ήταν 19°C .

17/4/97: Στις 15:15, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού. Η γλάστρα 1 στράγγισε 0ml νερού, ενώ και η γλάστρα 2, 0ml. Η θερμοκρασία εργαστηρίου ήταν $20,5^\circ\text{C}$, ενώ έχουμε αρκετή ηλιοφάνεια. Όλες οι γλάστρες ποτίστηκαν ομοιόμορφα από 90ml νερού.

6/5/97: Στις 16:15, η γλάστρα-μάρτυρας είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 159mm. Στις 17:20, η γλάστρα 1 είχε στραγγίσει 0,3ml νερού και η ένδειξη στο λυσίμετρο ήταν 193mm. Στις 17:30, η γλάστρα 2 είχε στραγγίσει 0ml νερού και η ένδειξη στο

λυσίμετρο ήταν 174mm. Η θερμοκρασία εργαστηρίου ήταν 25°C, ενώ έχουμε αρκετή ηλιοφάνεια.

7/5/97: Στις 12:15, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 6 φυτά, ενώ 1 έχει αρχίσει να βγαίνει ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 162mm.

8/5/97: Στις 10:05, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 7 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 154mm. Στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 6 φυτά.

9/5/97: Στις 14:30, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 6 φυτά, ενώ 2 έχουν αρχίσει να βγαίνουν ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 157mm, ενώ στραγγίστηκαν 0,3ml νερού. Στις 15:05, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 7 φυτά, ενώ 1 έχει αρχίσει να βγαίνει ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 147mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 27,5°C. Στις 18:50, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 131mm, ενώ η θερμοκρασία ήταν 27°C

10/5/97: Στις 15:00, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 7 φυτά, ενώ 2 έχουν αρχίσει να βγαίνουν ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 144mm, ενώ στραγγίστηκαν 0,2ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 26°C. Στις 17:45, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 8 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 132mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 17:50, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 118mm. Παρασχέθηκαν 110ml νερού ομοιόμορφα σε κάθε γλάστρα. Υπήρχε αρκετή ηλιοφάνεια.

11/5/97: Στις 15:00, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 9 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 138mm. Στις 15:35, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 9 φυτά, ενώ 1 έχει αρχίσει να βγαίνει ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 129mm. Στις 16:15, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 114mm. Υπήρχε αρκετή ηλιοφάνεια.

12/5/97: Στις 16:30, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 9 φυτά, ενώ 2 έχουν αρχίσει να βγαίνουν ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 126mm, ενώ στραγγίστηκαν 7ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 25,5°C. Στις 16:37, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 9 φυτά, ενώ 1 έχει αρχίσει να βγαίνει ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 116mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 18:07, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 104mm. Παρασχέθηκαν 100ml νερού ομοιόμορφα σε κάθε γλάστρα. Υπήρχε αρκετή ηλιοφάνεια.

13/5/97: Στις 15:00, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 11 φυτά, ενώ 1 έχει αρχίσει να βγαίνει ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 127mm, ενώ στραγγίστηκαν 0,2ml

νερού. Η θερμοκρασία ήταν 26,5°C. Στις 15:25, η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 118mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 17:35, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 103mm. Υπήρχε αρκετή ηλιοφάνεια. Στις 17:45, η ένδειξη της γλάστρας 1 είναι 126mm.

14/5/97: Στις 12:30, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 12 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 116mm, ενώ στραγγίστηκαν 0,2ml νερού. Στις 13:30, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 9 φυτά, ενώ 3 έχουν αρχίσει να βγαίνουν ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 109mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 25°C. Στις 14:00, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 97mm. Υπήρχε αρκετή ηλιοφάνεια.

15/5/97: Στις 13:45, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 12 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 105mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 21:15, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 11 φυτά, ενώ 2 έχουν αρχίσει να βγαίνουν ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 93mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 21:25, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 80mm. Η θερμοκρασία ήταν 25°C. Υπήρχε αρκετή ηλιοφάνεια.

16/5/97: Στις 14:10, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 12 φυτά, ενώ 1 έχει αρχίσει να βγαίνει ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 98mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 26°C. Στις 14:30, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 13 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 89mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 26°C. Στις 17:25, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 75mm. Η θερμοκρασία ήταν 26°C. Στις 17:50 η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 96mm. Παρασχέθησαν 200ml νερού ομοιόμορφα σε κάθε γλάστρα. Υπήρχε αρκετή ηλιοφάνεια. Στις 18:10 η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 106mm.

17/5/97: Στις 15:50, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 13 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 101mm, ενώ στραγγίστηκαν 1ml νερού. Στις 17:30, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 13 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 90mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 17:55, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσίμετρο 79mm. Η θερμοκρασία ήταν 26°C.

18/5/97: Στις 18:50, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 13 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 94mm, ενώ στραγγίστηκαν 0,2ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 26,5°C. Στις 19:10, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 13 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2

ήταν 82mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 19:30, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσιμέτρο 69mm.

19/5/97: Στις 14:35, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 13 φυτά, ενώ 1 έχει αρχίσει να βγαίνει ευδιάκριτα από το έδαφος. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 83mm, ενώ στραγγίστηκαν 0,2ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 27°C. Στις 17:00, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 13 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 71mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 17:55, η γλάστρα-μάρτυρας έδωσε ένδειξη στο λυσιμέτρο 60mm. Η θερμοκρασία ήταν 27°C.

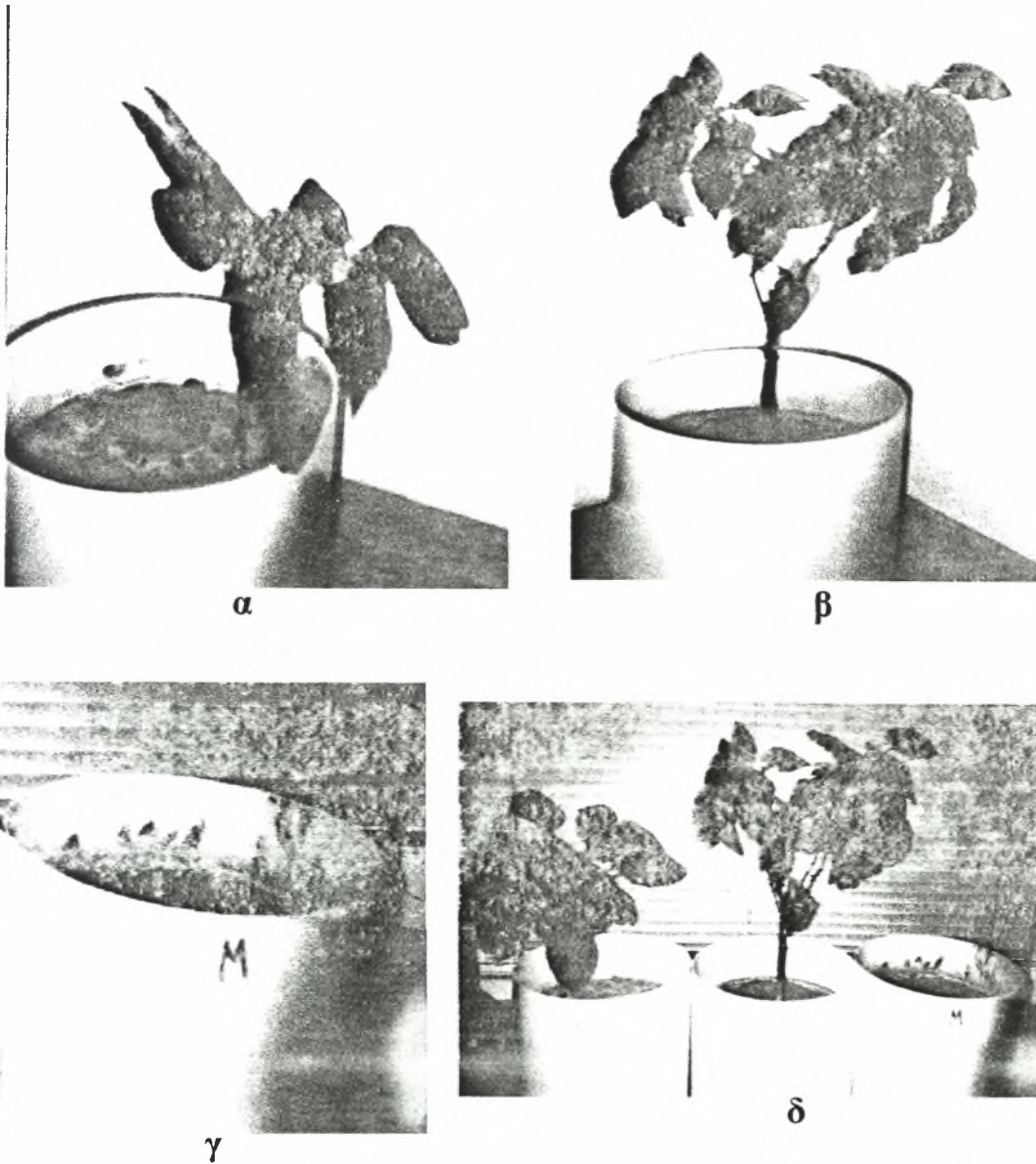
20/5/97: Στις 16:15, στη γλάστρα 1 έχουν φυτρώσει 14 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 1 ήταν 73mm, ενώ στραγγίστηκαν 0,2ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 27,5°C. Στις 17:35, στη γλάστρα 2 έχουν φυτρώσει 13 φυτά. Η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα 2 ήταν 61mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Στις 17:36 αφαιρούνται από τις γλάστρες 1 και 2 όλα τα φυτά, ενώ κρατείται από 1 φυτό σε κάθε γλάστρα, για το οποίο δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή να βρίσκεται στο κέντρο της γλάστρας, αλλά και να είναι το πιο εύρωστο. Έπειτα η γλάστρα 1 σκεπάστηκε περιμετρικά του φυτού με σακούλα, ώστε να διαπνέει μόνο το φυτό και, εφεξής, ονομάστηκε **γλάστρα διαπνοής** (Εικόνα 4α, 4δ). Η γλάστρα 2 παρέμεινε ως είχε, ώστε να έχουμε εξατμισοδιαπνοή και, εφεξής, ονομάστηκε **γλάστρα εξατμισοδιαπνοής** (Εικόνα 4β, 4δ). Στις 18:00, η **γλάστρα-μάρτυρας** (Εικόνα 4γ, 4δ) έδωσε ένδειξη στο λυσιμέτρο 50mm. Παρασχέθηκαν 350ml νερού ομοιόμορφα σε κάθε γλάστρα.

21/5/97: Στις 12:00 η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα διαπνοής ήταν 93mm, ενώ στραγγίστηκαν 1ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 27,5°C. Στις 13:00, η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής ήταν 80mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 27,5°C. Στις 14:00, η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα-μάρτυρας ήταν 67mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Παρασχέθηκαν 200ml νερού ομοιόμορφα σε κάθε γλάστρα.

22/5/97: Στις 12:00 η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα διαπνοής ήταν 100mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 28,5°C. Το φυτό έχει 6 φύλλα, με ύψος φυτού 4,5cm. Στις 13:00, η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής ήταν 85mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Η θερμοκρασία ήταν 28,5°C. Το φυτό έχει 5 φύλλα, με ύψος φυτού 4,5cm. Στις 14:00, η ένδειξη του λυσιμέτρου για τη γλάστρα-μάρτυρας ήταν 75mm, ενώ στραγγίστηκαν 0ml νερού. Παρασχέθηκαν 350ml νερού ομοιόμορφα σε κάθε γλάστρα.

Από 21/5/97-10/10/97 οι μετρήσεις παρέχονται στους πίνακες 10.1, 10.2 και 10.3. Οι ώρες λήψης των μετρήσεων είναι σταθερές, ενώ πάντα η γλάστρα διαπνοής, μετά τη λήψη όλων των μετρήσεων, παρέμενε πάνω

στο λυσίμετρο κατά τη διάρκεια της υπόλοιπης μέρας. Επίσης, αφού καταγράφονταν η ένδειξη για τη γλάστρα διαπνοής, τοποθετούνταν αμέσως πάνω στο λυσίμετρο η γλάστρα εξατμισοδιαπνοής και αφήνονταν για 1 περίπου ώρα, ώστε να επέλθει ισορροπία στο όργανο, με σκοπό την ακριβέστερη μέτρηση. Το ίδιο επαναλαμβάνονταν και για τη γλάστρα-μάρτυρα. Σημειώνεται, επίσης, ότι για κάθε μετακίνηση των γλαστρών ακολουθούσε και μετακίνηση του αντίστοιχου δοχείου στράγγισης για να μην επηρεάζεται η λήψη της ένδειξης για την στράγγιση.



Εικόνα 4: α)Γλάστρα διαπνοής με φυτό πιπεριάς, β)Γλάστρα εξατμισοδιαπνοής με φυτό πιπεριάς, γ)Γλάστρα μάρτυρας και δ)Όλες οι γλάστρες μαζί (με σειρά αναφοράς 1, 2, M).

Επισημαίνεται, τέλος, ότι αποφασίστηκε πως, εφεξής οι μετρήσεις θα λαμβάνονται με μανομετρική γωνία στο λυσίμετρο 10° , κρίνοντας με βάση τη βαθμονόμηση του οργάνου, ότι στο συγκεκριμένο πείραμα θα παρέχονταν μεγαλύτερη πιστότητα και ευαισθησία στις μετρήσεις. Με τη χρήση του πίνακα 7.2 και των γραφημάτων 7.2.1 και 7.2.2 υπολογίστηκε ο συντελεστής μετατροπής των ml ενδείξεων του οργάνου σε mm. Ο εν λόγω συντελεστής είναι 0,082 και ο οποίος πολλαπλασιαζόμενος με τα ml άρδευσης και στράγγισης δίνει τα αντίστοιχα mm τα οποία φαίνονται στους αντίστοιχους πίνακες 10.1, 10.2 και 10.3.

8. Παρατηρήσεις κατά τη λήψη των μετρήσεων

23/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 5cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 4,5cm και 5 φύλλα.
 24/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 5cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 4,8cm και 6 φύλλα.
 25/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 5,5cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 5,2cm και 6 φύλλα.
 26/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 5,8cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 5,7cm και 6 φύλλα.
 27/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,2cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 6cm και 6 φύλλα.
Στη γλάστρα διαπνοής παρατηρείται στράγγιση νερού σε σχέση με τη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής, κάτι που οφείλεται στο γεγονός ότι η γλάστρα διαπνοής δεν παρουσιάζει εξάτμιση.
 28/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,5cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 6,5cm και 6 φύλλα.
 29/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,5cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 6,5cm και 6 φύλλα.
 30/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,5cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 6,8cm και 6 φύλλα.
 31/5/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,7cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 7cm και 6 φύλλα.
 1/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,8cm και 6 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 7,5cm και 6 φύλλα.
Στους πίνακες για αυτήν την ημερομηνία παρατηρείται ότι η ένδειξη του οργάνου είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη, κάτι που μπορεί να οφείλεται στο ότι από την προηγούμενη ημέρα υπήρχαν ανοικτά παράθυρα στο εργαστήριο, με αποτέλεσμα την αύξηση της υγρασίας στο εργαστήριο.
 2/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,8cm και 7 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 7,5cm και 7 φύλλα.
 Η ημέρα ήταν βροχερή.

3/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 6,8cm και 7 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 7,8cm και 7 φύλλα.
 4/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,2cm και 7 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 8,4cm και 7 φύλλα.
 5/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,2cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 8,9cm και 8 φύλλα.
 6/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,3cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 9,5cm και 8 φύλλα.
 7/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,3cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 9,8cm και 8 φύλλα.
 8/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,4cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 10,2cm και 8 φύλλα.
 9/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,5cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 10,3cm και 8 φύλλα.
 Στους πίνακες για αυτήν την ημερομηνία παρατηρείται ότι η ένδειξη του οργάνου είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη, κάτι που μπορεί να οφείλεται στο ότι από την προηγούμενη ημέρα υπήρχαν ανοικτά παράθυρα στο εργαστήριο, λόγω εργασιών που πραγματοποιούνταν για την επέκτασή του, με αποτέλεσμα την αύξηση της υγρασίας στο εργαστήριο. Οι εργασίες διήρκησαν και για κάποιες επόμενες ημέρες.

10/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,5cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 10,4cm και 9 φύλλα.
 11/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,7cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 10,8cm και 9 φύλλα.
 12/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 7,8cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 10,9cm και 10 φύλλα.
 13/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 8cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 11,2cm και 10 φύλλα.
 14/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 8,3cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 11,3cm και 10 φύλλα.
 15/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 8,5cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 11,4cm και 11 φύλλα.
 16/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 8,6cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 11,6cm και 11 φύλλα.
 17/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 8,8cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 12cm και 11 φύλλα.
 18/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 9,1cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 12,5cm και 12 φύλλα.
 Από αυτή την ημερομηνία, λόγω της παρουσίας υπερβολικού νερού στην επιφάνεια της γλάστρας διαπνοής, αποφασίστηκε να παρέχεται νερό σε αυτήν μόνο όταν το ποσό της υγρασίας (RH) έφτανε περίπου το 20%. Επίσης, λόγω τεχνικού προβλήματος στην ικανότητα του λυσιμέτρου για

παροχή ενδείξεων, αποφασίστηκε να κατέβει το ταμπλώ του οργάνου χαμηλότερα, κάτι που δεν επηρεάζει την ακρίβεια των επόμενων μετρήσεων.

19/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 9,4cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 14cm και 12 φύλλα.
 20/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 9,8cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 14,5cm και 12 φύλλα.
 21/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 10,2cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 15,2cm και 12 φύλλα.
 22/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 10,5cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 15,8cm και 13 φύλλα.
 23/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 10,7cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 16,3cm και 13 φύλλα.
 24/6/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 10,9cm και 8 φύλλα.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 16,6cm και 13 φύλλα.
 7/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 12cm και 8 φύλλα, ενώ το ένα είναι έτοιμο να πέσει και ο βλαστός είναι λίγο φαγωμένος από ακρίδα.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 23cm και 19 φύλλα, ενώ ένα φύλλο είναι τρυπημένο από ακρίδα.

Τέλος, αυξάνεται η παροχή νερού από 350ml σε 500ml.

8/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 12,5cm και 8 φύλλα (και 3 μικρά).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 23,5cm και 21 φύλλα.

9/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13cm και 8 φύλλα (και 3 μικρά).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 24,5cm και 21 φύλλα.

10/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13cm και 8 φύλλα (και 3 μικρά).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 25cm και 21 φύλλα.

11/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 25,5cm και 21 φύλλα.

12/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm και 11 φύλλα (1 φύλλο μαραμένο).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 25,6cm και 21 φύλλα.

13/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm και 10 φύλλα (1 φύλλο πεσμένο).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 26cm και 22 φύλλα.

Λόγω τεχνικού προβλήματος στην ικανότητα του λυσιμέτρου για παροχή ενδείξεων, αποφασίστηκε να κατέβει το ταμπλώ του οργάνου χαμηλότερα, κάτι που δεν επηρεάζει την ακρίβεια των επόμενων μετρήσεων.

14/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm. Παρατηρούνται προσβολές από τετράνυχο.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 26cm. Έχουμε πτώση ενός φύλλου της κορυφής. Παρατηρούνται προσβολές από τετράνυχο.

15/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 26cm.

Εφαρμόζεται ψεκάσμος με εντομοκτόνο Thiona (θερινός πολτός της Shell) για ακάρεα και τετράνυχο.

16/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 26,5cm.

Λόγω τεχνικού προβλήματος στην ικανότητα του λυσιμέτρου για παροχή ενδείξεων, αποφασίστηκε να κατέβει το ταμπλώ του οργάνου χαμηλότερα, κάτι που δεν επηρεάζει την ακρίβεια των επόμενων μετρήσεων.

17/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm και 10 φύλλα.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 27cm και 22 φύλλα.

18/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 27cm.

19/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 28cm.

20/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 29cm.

21/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 29cm.

22/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14cm και 9 φύλλα (πτώση ενός φύλλου, ενώ τα φύλλα είναι κίτρινα).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 29cm (πτώση ενός φύλλου, ενώ τα φύλλα είναι κίτρινα).

Συνεχίζεται η προσβολή από τετράνυχο και επαναλαμβάνεται η εφαρμογή του ίδιου εντομοκτόνου.

23/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14cm και 8 φύλλα (πτώση ενός ακόμη φύλλου, το φυτό είναι ασθενές).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 29cm (το φυτό είναι ασθενές).

Προφανώς, η εφαρμογή του προηγούμενου εντομοκτόνου δεν απέφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα και αποφασίζεται η εφαρμογή του ακαρεοκτόνου OMITE 30 WP (propargit 30%).

24/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14cm. Καμία μεταβολή στην αύξηση του φυτού.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 29cm. Πτώση ενός κατακίτρινου φύλλου.

25/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει 7 φύλλα. Πτώση ενός φύλλου.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει 18 φύλλα. Πτώση δύο φύλλων.

Η κατάσταση των φυτών παραμένει σταθερή.

26/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει 6 φύλλα. Πτώση ενός φύλλου.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής αρχίζει να εμφανίζει καινούρια φύλλα.

27/7/97: Στο φυτό της γλάστρας διαπνοής παρατηρείται καθολική μάρανση των φύλλων.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής εμφανίζει καινούρια φύλλα, ενώ τα παλιότερα κιτρινίζουν.

28/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έμεινε με τρία φύλλα (πτώση ακόμα 3 φύλλων).

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει 17 φύλλα (και 3 μικρά, ενώ έχουμε πτώση ενός φύλλου).

29/7/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει 2 φύλλα.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχασε 2 φύλλα.

2/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει 2 φύλλα, ενώ εμφανίζεται ένα καινούριο στην κορυφή.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει 18 φύλλα, ενώ αρχίζουν να εμφανίζονται καινούρια φύλλα.

3/8/97: Στο φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής παρατηρείται πτώση ενός φύλλου.

4/8/97: Στο φυτό στη γλάστρα διαπνοής εμφανίζεται ένα φύλλο.

Στο φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής εμφανίζονται σγουρά φύλλα.

5/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής αρχίζει να ανακαμπτει.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχασε 1 φύλλο.

6/8/97: Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει 21 φύλλα, ενώ αρχίζουν να εμφανίζονται καινούρια φύλλα.

13/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,8cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 35cm.

Λόγω τεχνικού προβλήματος στην ικανότητα του λυσιμέτρου για παροχή ενδείξεων, αποφασίστηκε να κατέβει το ταμπλώ του οργάνου χαμηλότερα, κάτι που δεν επηρεάζει την ακρίβεια των επόμενων μετρήσεων.

14/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 13,9cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 36cm.

15/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 36,1cm, πτώση ενός φύλλου.

Παρατηρείται περίσσεια νερού στην επιφάνεια του χώματος στη γλάστρα-μάρτυρας.

19/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14,1cm.

- 20/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14,2cm.
Παρατηρείται περίσσεια νερού στην επιφάνεια του χώματος στη γλάστρα-μάρτυρας.
- 21/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14,2cm.
- 22/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14,5cm.
- 23/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 14,5cm.
- 24/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 16cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής αρχίζει να εμφανίζει ανάπτυξη ανθέων.
- 25/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 16,2cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 39cm.
- 26/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 16,2cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40cm. Έντονη ανάπτυξη ανθέων.
- 27/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 16,4cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40,2cm, πτώση ενός φύλλου. Εμφάνιση 6 ανθέων.
- 28/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 16,5cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40,3cm.
- 29/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 17cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40,5cm.
Παρατηρείται περίσσεια νερού στην επιφάνεια του χώματος στη γλάστρα-μάρτυρας.
- 30/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 17cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40,6cm.
- 31/8/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 17,3cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40,6cm.
- 1/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 17,5cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40,7cm. Τα άνθη είναι 5, ενώ τα δύο από αυτά έχουν πλήρη ανάπτυξη.
- 2/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 17,9cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 40,7cm. Ανοίγει το ένα άνθος. Εφαρμογή του ακαρεοκτόνου OMITE 30 WP.
- 3/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 19cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 41cm. Ανοίγει ακόμα ένα άνθος, ενώ παρατηρείται καφέτιασμα στο πρώτο άνθος που είχε ανοίξει. Ορισμένα φύλλα εμφανίζουν καρούλιασμα.
- 4/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 20,5cm.
Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 41cm. Πτώση του άνθους που παρουσίασε καφέτιασμα. Παρατηρείται περίσσεια νερού στην επιφάνεια του χώματος στη γλάστρα-μάρτυρας.
- 5/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 21,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 41cm.

6/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 22cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 41cm. Ανοίγει ακόμα ένα άνθος.

7/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 22,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 41cm. Ένα άνθος εμφανίζει καφέτιασμα και μάρανση.

8/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 23,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 41,5cm. Πτώση ενός άνθους, αλλά εμφάνιση ενός νέου άνθους.

9/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 25cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42cm.

Λόγω τεχνικού προβλήματος στην ικανότητα του λυσιμέτρου για παροχή ενδείξεων, αποφασίστηκε να κατέβει το ταμπλώ του οργάνου χαμηλότερα, κάτι που δεν επηρεάζει την ακρίβεια των επόμενων μετρήσεων.

10/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42cm.

11/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm.

12/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm. Ξήρανση ενός άνθους.

13/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm.

14/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm.

Διαπιστώνεται αυξημένη ανθόρροια.

Παρατηρείται περίσσεια νερού στην επιφάνεια του χώματος στη γλάστρα-μάρτυρας, ενώ η στράγγιση παραμένει σε ποσότητα σταθερή, κάτι που είναι λάθος. Πιθανός να έχει βουλώσει η οπή της γλάστρας. Εμφανίζεται πλαγκτόν στην επιφάνεια της γλάστρας.

15/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm.

16/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm.

17/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm.

18/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,2cm. Αν και το φυτό είχε αναπτυχθεί αρκετά, παρατηρείται μια στασιμότητα στην ανάπτυξή του, κάτι που μπορεί να οφείλεται στο ότι το χώμα εμφανίζεται τσιμεντοποιημένο, ενώ οι ρίζες του είναι επιφανειακές.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 42,5cm. Παρατηρείται φυλλόπτωση (φύλλα κιτρινοπράσινα).

19/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43cm.

Στη γλάστρα μάρτυρας απομακρύνθηκε το πλαγκτόν και με σύρμα ανοίχθηκε η οπή της βάσης. Παρατηρήθηκε άμεση απορροή νερού.

20/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,2cm. Συνεχίζεται η φυλλόπτωση.

21/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,2cm. Συνεχίζεται η ανθόρροια.

22/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,3cm.

Το φυτό της γλάστρας εξατμισοδιαπνοής φαίνεται πιο χλωρωτικό και ταλαιπωρημένο σε σχέση με το φυτό της γλάστρας διαπνοής.

23/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,3cm.

24/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 26,5cm. Παρέχεται νερό 350ml, αφού αρχίζει να παρατηρείται μαρανση.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,3cm.

25/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 27cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,6cm.

26/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 27cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,6cm.

27/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 27,1cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,6cm.

28/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 27,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,6cm.

29/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 28cm. Εμφάνιση ανθέων.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 43,8cm. Εμφανίζονται δυο άνθη.

30/9/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 28,5cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm.

1/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 29cm. Πλήρης ανάπτυξη ανθέων.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm.

2/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 29,2cm. Εμφανίζονται 3 άνθη σε πλήρη ανάπτυξη και 10 νέα άνθη.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm. Εμφανίζονται 6 άνθη πλήρως ανεπτυγμένα, 7 νέα άνθη και 1 καρπός.

3/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 29,2cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm.

4/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 30cm.

Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm. Εμφανίζονται 2 καρποί.



α



β



γ



δ

Εικόνα 5: α)Γλάστρα διαπνοής με φυτό πιπεριάς πλήρως ανθισμένο, β)Γλάστρα εξατμισοδιαπνοής με φυτό πιπεριάς πλήρως ανθισμένο, γ)Όλες οι γλάστρες μαζί κατά το τέλος του πειράματος και δ)Άποψη του εργαστηριακού χώρου όπου έλαβε χώρα το πείραμα υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής στην πιπεριά.

- 5/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 30,5cm.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm. Πτώση ενός φύλλου και τριών ανθέων.
- 6/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 30,5cm.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm.
- 7/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 31,5cm.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm. Εμφανίζονται 5 άνθη σε πλήρη ανάπτυξη, 2 καρποί και 2 άνθη έτοιμα να δώσουν καρπό.
- 8/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 32cm.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm.
- 9/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 32,5cm. Εμφάνιση ενός καρπού και 3 άνθη σε πλήρη ανάπτυξη.
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm. Εμφάνιση 5 καρπών, ενώ 1 βρίσκεται σε πλήρη ανάπτυξη και 5 άνθη σε πλήρη ανάπτυξη.
- 10/10/97: Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής έχει ύψος 33cm (Εικόνα 5α).
 Το φυτό στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής έχει ύψος 44cm (Εικόνα 5β).

9. Συμπεράσματα-παρατηρήσεις

Η παρούσα πτυχιική διατριβή έγινε με σκοπό να μετρηθεί η εξατμισοδιαπνοή στο εργαστήριο με πειραματικές μεθόδους, και συγκεκριμένα με λυσίμετρο εργαστηρίου, της εταιρείας ARMFIELD. Ως φυτό παρατήρησης επιλέχθηκε η πιπεριά, η οποία προτείνεται και στο εγχειρίδιο του οργάνου. Λαμβάνονταν μετρήσεις καθημερινά καθ' όλη τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου. Από την επεξεργασία αυτών προέκυψαν, όπως φαίνεται στα γραφήματα 10.3 και 10.4 και στον πίνακα 10.2 ότι από τα τέλη Ιουνίου έως τα μέσα Αυγούστου οι ανάγκες του φυτού σε άρδευση της γλάστρας εξατμισοδιαπνοής ολοένα και αυξανόταν, κάτι που φανερώνει την αυξανόμενη τάση της εξατμισοδιαπνοής εντός των θερμών περιόδων του καλοκαιριού. Αυτό ήταν αναμενόμενο, αφού και θεωρητικά η εξατμισοδιαπνοή έχει άμεση σχέση με τη θερμοκρασία και την υγρασία (η οποία έχει μικρότερες τιμές κατά τις θερινές περιόδους). Επίσης, κάτι ανάλογο παρατηρείται και στις γλάστρες διαπνοής (γραφήματα 10.1, 10.2 και πίνακας 10.2) και μάρτυρα (γραφήματα 10.5, 10.6 και πίνακας 10.3). Το φυτό στη γλάστρα διαπνοής διαπνέει εντονότερα κατά τη θερινή περίοδο λόγω της αναπτυσσόμενης φυλλικής επιφάνειας. Στη γλάστρα μάρτυρα, την αντίστοιχη χρονική περίοδο παρατηρείται έντονη εξάτμιση, αφού η εξάτμιση εξαρτάται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά την περίοδο αυτή.

Με βάση τα παραπάνω και συνδυάζοντας τα γραφήματα 10.1, 10.2 (γλάστρα διαπνοής), 10.5 και 10.6 (γλάστρα μάρτυρας) συμπεραίνουμε

ότι η τάση αύξησης της εξάτμισης είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τάση της διαπνοής. Θα αναμενόταν το άθροισμα διαπνοής-εξάτμισης να συνέπιπτε με την τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Προφανώς, όμως, αυτό δεν ήταν δυνατόν για τους εξής λόγους. Το πείραμα δεν έγινε στην ίδια γλάστρα, αλλά σε τρεις όμοιες. Στις γλάστρες αυτές βέβαια τοποθετήσαμε το ίδιο χώμα και προσπαθήσαμε να έχουμε όσο το δυνατόν την ίδια κατανομή, αλλά οπωσδήποτε θα υπήρχαν διαφορές στην κατανομή των πόρων του εδάφους και, κατά συνέπεια, στην υγρασία. Επίσης, δεν είχαμε το ίδιο ακριβώς μέγεθος φυτού και στις δύο γλάστρες, τον ίδιο αριθμό φύλλων και γενικά την ίδια ανάπτυξη, αν και τελικά επιλέγησαν φυτά όσο το δυνατόν πιο όμοια. Επιπλέον, η προσβολή των φυτών από τετράνυχο, η οποία δεν έγινε κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, αλλοίωσε διαφορετικά τα φυτά στις δύο γλάστρες.

Επιπρόσθετα, αναφέρεται το γεγονός ότι το φυτό της γλάστρας διαπνοής (έλλειψη εδαφικής εξάτμισης) παρουσίασε σχεδόν ελάχιστες ανάγκες σε άρδευση, αφού το νερό είτε δεν στραγγίζονταν επαρκώς είτε συγκεντρώνονταν σε περίσσεια στην επιφάνεια του εδάφους εντός της γλάστρας, λόγω έλλειψης εξάτμισης. Εξαιτίας του φαινομένου αυτού, παρατηρήθηκε επίσης επιπολαιόριζη ανάπτυξη στο φυτό της γλάστρας διαπνοής σε σχέση με το αντίστοιχο φυτό της γλάστρας εξατμισοδιαπνοής.

Τονίζεται, επίσης, ότι στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών, λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών τη δεδομένη χρονική περίοδο οι ανάγκες άρδευσης είναι μικρές. Με την αύξηση, όμως, τόσο των θερμοκρασιών όσο και της φυτικής επιφάνειας, οι ανάγκες σε νερό παρουσιάζονται ολοένα και αυξανόμενες. Κατά την περίοδο που τα φυτά περνούν από τη φάση της ανάπτυξης στη φάση της ωρίμανσης οι ανάγκες σε άρδευση εμφανίζονται πιο σταθερές, ενώ από τη φάση της ωρίμανσης και πέρα οι ανάγκες σε άρδευση εμφανίζονται ολοένα και μειούμενες, κάτι που οφείλεται τόσο στην ολοκλήρωση της φάσης ανάπτυξης των φυτών όσο και στην πτώση της θερμοκρασίας.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι από τα μέσα Ιουλίου μέχρι τα μέσα Αυγούστου τα φυτά υπέστησαν έντονο stress λόγω εντομολογικής προσβολής (εφαρμογή εντομοκτόνου ουσίας), κάτι το οποίο πιθανολογείται ότι επηρέασε τη γενικότερη υδατική συμπεριφορά του φυτού (εξατμισοδιαπνοή).

10. Παράρτημα

ΓΛΑΣΤΡΑ ΔΙΑΓΝΩΗΣ											
Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. Οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Διαπνοή (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
0	21-Μαΐ	200	16,4	93	109,4		1	0,082		27,5	
1	22-Μαΐ	350	28,7	100	128,7	9,4			9,400	28,5	
2	23-Μαΐ			150	150	-21,3	0,2	0,0164	-21,316	28	
3	24-Μαΐ	350	28,7	124	152,7	26	0,2	0,0164	25,984	27,5	
4	25-Μαΐ			131	131	21,7	83	6,806	14,894	26,5	
5	26-Μαΐ	350	28,7	124	152,7	7	10	0,82	6,180	26,5	
6	27-Μαΐ			113	113	39,7	175	14,35	25,350	24,5	
7	28-Μαΐ	350	28,7	105	133,7	8	38	3,116	4,884	24	
8	29-Μαΐ			130	130	3,7	128	10,496	-6,796	23,5	
9	30-Μαΐ			113	113	17	106	8,692	8,308	24	
10	31-Μαΐ			105	105	8	25	2,05	5,950	22	
11	1-Ιουν			120	120	-15	11	0,902	-15,902	23,5	
12	2-Ιουν			118	118	2	5	0,41	1,590	23	
13	3-Ιουν	350	28,7	108	136,7	10	3	0,246	9,754	23	
14	4-Ιουν			128	128	8,7	89	7,298	1,402	23,5	
15	5-Ιουν			114	114	14	105	8,61	5,390	25	
16	6-Ιουν			100	100	14	38	3,116	10,884	24	
17	7-Ιουν	350	28,7	83	111,7	17	19	1,558	15,442	21,5	
18	8-Ιουν			95	95	16,7	60	4,92	11,780	24	
19	9-Ιουν			98	98	-3	74	6,068	-9,068	26	
20	10-Ιουν			102	102	-4	52	4,264	-8,264	28,5	
21	11-Ιουν			93	93	9	29	2,378	6,622	28	
22	12-Ιουν			85	85	8	13	1,066	6,934	28	

Πίνακας 10.1 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.1 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. Οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Σιράγγισι (ml)	Σιράγγισι (mm)	Διαπνοή (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
23	13-Ιουν			85	85	0	7	0,574	-0,574	30	
24	14-Ιουν			80	80	5	3	0,246	4,754	30	30,4
25	15-Ιουν	350	28,7	71,5	100,2	8,5	1,5	0,123	8,377	30,5	
26	16-Ιουν			78	78	22,2	62	5,084	17,116	29,5	
27	17-Ιουν			69	69	9	45	3,69	5,310	30	
28*	18-Ιουν			59	59	10	31	2,542	7,458	30	32,9
29	19-Ιουν			146	146	9	13	1,066	7,934	31	
30	20-Ιουν			138	138	8	4	0,328	7,672	30	
31	21-Ιουν			134	134	4	1	0,082	3,918	28	32
32	22-Ιουν			131	131	3	0,5	0,041	2,959	29,5	
33	23-Ιουν			125	125	6	1	0,082	5,918	30,5	
34	24-Ιουν			121	121	4			4,000	30,5	
35	25-Ιουν			115	115	6			6,000	30	
36	26-Ιουν			107	107	8			8,000	29,5	31,1
37	27-Ιουν			118	118	-11			-11,000	29	
38	28-Ιουν			117	117	1			1,000	30	
39	29-Ιουν			116	116	1			1,000	30	
40*	30-Ιουν			90	90	26			26,000	31	
41	1-Ιουλ			154	154	15			15,000	30	
42	2-Ιουλ			150	150	4			4,000	31	33,6
43	3-Ιουλ			110	110	40			40,000	33	
44	4-Ιουλ			129	129	-19			-19,000	33	32,5
45	5-Ιουλ			119	119	10			10,000	33	
46	6-Ιουλ			112	112	7			7,000	33	30,8
47	7-Ιουλ			106	106	6			6,000	31	30,6
48	8-Ιουλ			119	119	-13			-13,000	32	30,5

Πίνακας 10.1 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.1 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. Οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Διαπνοή (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
49	9-Ιουλ		118	118	118	1			1,000	31	30,1
50	10-Ιουλ		109	109	109	9			9,000	32	28,9
51	11-Ιουλ		95	95	95	14			14,000	33	28,8
52	12-Ιουλ		73	73	73	22			22,000	31	29,6
53*	13-Ιουλ		50	50	50	23			23,000	30	28,7
54	14-Ιουλ		118	118	118	19			19,000	32	28,4
55	15-Ιουλ		103	103	103	15			15,000	33	28,1
56*	16-Ιουλ		84	84	84	19			19,000	30	28,5
57	17-Ιουλ		158	158	158	6			6,000	32	28
58	18-Ιουλ		165	165	165	-7			-7,000	31	
59	19-Ιουλ		163	163	163	2			2,000	30	
60	20-Ιουλ		161	161	161	2			2,000	30	
61	21-Ιουλ		159	159	159	2			2,000	31	
62	22-Ιουλ		150	150	150	9			9,000	31	
63	23-Ιουλ		157	157	157	-7			-7,000	32	
64	24-Ιουλ		137	137	137	20			20,000	33	
65	25-Ιουλ		114	114	114	23			23,000	30	
66	26-Ιουλ		102	102	102	12			12,000	30	
67	27-Ιουλ		118	118	118	-16			-16,000	32	
68	28-Ιουλ		115	115	115	3			3,000	33	
69	29-Ιουλ		108	108	108	7			7,000	33	
70	30-Ιουλ		95	95	95	13			13,000	31	
71	31-Ιουλ		90	90	90	5			5,000	30	
72	1-Αυγ		89	89	89	1			1,000	32	
73	2-Αυγ		87	87	87	2			2,000	32,5	
74	3-Αυγ		80	80	80	7			7,000	32	

Πίνακας 10.1 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.1 (συνέχεια)

Ημ.	Ημέρια 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ενδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
75	4-Aug			78	78	2		2,000	31	
76	5-Aug			70	70	8		8,000	31	
77	6-Aug			58	58	12		12,000	32	
78	7-Aug			44	44	14		14,000	32	
79	8-Aug			38	38	6		6,000	31,5	
80	9-Aug			25	25	13		13,000	30	
81	10-Aug			11	11	14		14,000	30,5	
82	11-Aug			4	4	7		7,000	30	
83	12-Aug			0	0	4		4,000	29	
84*	13-Aug			-7	-7	7		7,000	28	
85	14-Aug			112	112	7		7,000	29	
86	15-Aug			107	107	5		5,000	29	
87	16-Aug			102	102	5		5,000	29	
88	17-Aug			97	97	5		5,000	29	
89	18-Aug			94	94	3		3,000	29,5	
90	19-Aug			91	91	3		3,000	29,5	
91	20-Aug			90	90	1		1,000	29,5	
92	21-Aug			94	94	-4		-4,000	29,5	
93	22-Aug			91	91	3		3,000	29,5	
94	23-Aug			86	86	5		5,000	28	
95	24-Aug			77	77	9		9,000	24,5	
96	25-Aug			75	75	2		2,000	26,5	
97	26-Aug			79	79	-4		-4,000	28,5	
98	27-Aug			83	83	-4		-4,000	29,5	
99	28-Aug			82	82	1		1,000	30,5	
100	29-Aug			78	78	4		4,000	31	

Πίνακας 10.1 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.1 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Διαπνοή (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
101	30-Αυγ			76	76	2			2,000	31	
102	31-Αυγ			71	71	5			5,000	30	
103	1-Σεπ			69	69	2			2,000	29,5	
104	2-Σεπ			63	63	6			6,000	29,5	
105	3-Σεπ			42	42	21			21,000	26	
106	4-Σεπ			30	30	12			12,000	26	
107	5-Σεπ			21	21	9			9,000	25	
108	6-Σεπ			17	17	4			4,000	25	
109	7-Σεπ			12	12	5			5,000	25,5	
110	8-Σεπ			10	10	2			2,000	26,5	
111*	9-Σεπ			0	0	10			10,000	28	
112	10-Σεπ			94	94	3			3,000	30,5	
113	11-Σεπ			98	98	-4			-4,000	28,5	
114	12-Σεπ			92	92	6			6,000	27,5	
115	13-Σεπ			84	84	8			8,000	27,5	
116	14-Σεπ			78	78	6			6,000	27,5	
117	15-Σεπ			70	70	8			8,000	27,5	
118	16-Σεπ			64	64	6			6,000	24,5	
119	17-Σεπ			51	51	13			13,000	24,5	
120	18-Σεπ			47	47	4			4,000	22,5	
121	19-Σεπ			50	50	-3			-3,000	25,5	
122	20-Σεπ			46	46	4			4,000	25,5	
123	21-Σεπ			45	45	1			1,000	24,5	
124	22-Σεπ			40	40	5			5,000	24	
125	23-Σεπ			35	35	5			5,000	23,5	
126	24-Σεπ	350	28,7	34	62,7	1			1,000	24	

Πίνακας 10.1 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.1 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Άρδ. (ml)**	Άρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Άρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Διαπνοή (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
127	25-ΣΕΠ			61	61	1,7			1,700	23	
128	26-ΣΕΠ			56	56	5			5,000	21	
129	27-ΣΕΠ			53	53	3			3,000	23	
130	28-ΣΕΠ	350	28,7	51	79,7	2			2,000	24	
131	29-ΣΕΠ			80	80	-0,3			-0,300	23,5	
132	30-ΣΕΠ			75	75	5			5,000	24	
133	1-ΟΚΤ			68	68	7			7,000	25	
134	2-ΟΚΤ	350	28,7	62	90,7	6			6,000	24,5	
135	3-ΟΚΤ			90	90	0,7			0,700	26	
136	4-ΟΚΤ			80	80	10			10,000	23,5	
137	5-ΟΚΤ			70	70	10			10,000	24	
138	6-ΟΚΤ			70	70	0			0,000	23,5	
139	7-ΟΚΤ			60	60	10			10,000	24,5	
140	8-ΟΚΤ			50	50	10			10,000	24,5	
141	9-ΟΚΤ			40	40	10			10,000	24,5	
142	10-ΟΚΤ			30	30	10			10,000	24,5	

* Σ' αυτές τις ημέρες πρώτα παίρνεται η ένδειξη από το όργανο και μετά καταβάζουμε το ταιπλώ του λυσιμέτρου.

** Πρώτα πάρθηκε η ένδειξη οργάνου και η στράγγιση και μετά έγινε άρδευση.

Πίνακας 10.1: Δεδομένα μετρήσεων σε καθημερινή βάση, κατά τη διάρκεια του πειράματος και μέχρι την ωρίμανση του φυτού πιπεριάς στη γλάστρα διαπνοής, καθώς και υπολογισμός της αντίστοιχης διαπνοής.

ΓΛΑΣΤΡΑ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Ε.Τ. (mm)	Θερμοκρασία (C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
0	21-Mai	200	16,4	80	96,4					27,5	
1	22-Mai	350	28,7	85	113,7	11,4			11,400	28,5	
2	23-Mai			100	100	13,7			13,700	28	
3	24-Mai	350	28,7	84	112,7	16			16,000	28	
4	25-Mai			95	95	17,7	1	0,082	17,618	27	
5	26-Mai	350	28,7	86	114,7	9			9,000	27	
6	27-Mai			82	82	32,7			32,700	25	
7	28-Mai	350	28,7	80	108,7	2			2,000	24,5	
8	29-Mai			98	98	10,7	42	3,444	7,256	23,5	
9	30-Mai			85	85	13			13,000	24	
10	31-Mai			79	79	6			6,000	23	
11	1-Iouy			93	93	-14			-14,000	24	
12	2-Iouy			79	79	14			14,000	23	
13	3-Iouy	350	28,7	62	90,7	17			17,000	23,5	
14	4-Iouy			93	93	-2,3			-2,300	24	
15	5-Iouy			85	85	8			8,000	25	
16	6-Iouy			65	65	20			20,000	24,5	
17	7-Iouy	350	28,7	44	72,7	21			21,000	22	
18	8-Iouy			65	65	7,7	26	2,132	5,568	24,5	
19	9-Iouy			76	76	-11			-11,000	26	
20	10-Iouy			82	82	-6			-6,000	29	
21	11-Iouy			67	67	15			15,000	28	
22	12-Iouy			56	56	11			11,000	28	
23	13-Iouy			55	55	1			1,000	30	
24	14-Iouy			39	39	16			16,000	30	27,5
25	15-Iouy	350	28,7	20	48,7	19			19,000	30,5	23,7
26	16-Iouy			35	35	13,7			13,700	30	23,9

Πίνακας 10.2 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.2 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Ε.Τ. (mm)	Θερμοκρασία (C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
27	17-Ιουν			20	20	15			15,000	30,5	24,1
28*	18-Ιουν			9	9	11			11,000	31	22,4
29	19-Ιουν			95	95	12			12,000	31,5	28,1
30	20-Ιουν			82	82	13			13,000	30,5	
31	21-Ιουν			69	69	13			13,000	28,5	23,2
32	22-Ιουν			56	56	13			13,000	30	22,6
33	23-Ιουν	350	28,7	37	65,7	19			19,000	31	20,2
34	24-Ιουν			53	53	12,7			12,700	31	
35	25-Ιουν			38	38	15			15,000	30,5	
36	26-Ιουν	350	28,7	21	49,7	17			17,000	30	18,6
37	27-Ιουν			19	19	30,7			30,700	30	
38	28-Ιουν			15	15	4			4,000	30	
39	29-Ιουν			11	11	4			4,000	30	
40*	30-Ιουν	350	28,7	-10	18,7	21			21,000	31	
41	1-Ιουλ			41	41	22,3			22,300	30	
42	2-Ιουλ	350	28,7	50	78,7	27,5			27,500	31	16,2
43	3-Ιουλ			46	46	32,7			32,700	33	
44	4-Ιουλ	350	28,7	33	61,7	13			13,000	33	15,9
45	5-Ιουλ			22	22	39,7			39,700	33	23,6
46	6-Ιουλ			16	16	6			6,000	33	
47	7-Ιουλ	500	41	10	51	6			6,000	31,5	14,2
48	8-Ιουλ	500	41	17	58	34			34,000	32,5	15,8
49	9-Ιουλ			58	58	0			0,000	31,5	22,4
50	10-Ιουλ			43	43	15			15,000	32,5	21,4
51	11-Ιουλ	500	41	20	61	23			23,000	33,5	16,1
52	12-Ιουλ			21	21	40			40,000	31,5	20,7
53*	13-Ιουλ	500	41	-10	31	31			31,000	31,5	17,9

Πίνακας 10.2 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.2 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Ε.Τ. (mm)	Θερμοκρασία (C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
54	14-Ιουλ			78	78	20,5			20,500	32,5	21,6
55	15-Ιουλ			68	68	10			10,000	33,5	20,6
56*	16-Ιουλ			25	25	43			43,000	30,5	20,3
57	17-Ιουλ	500	41	107	148	33			33,000	32,5	16,9
58	18-Ιουλ			125	125	23			23,000	31,5	
59	19-Ιουλ			110	110	15			15,000	30,5	
60	20-Ιουλ	500	41	90	131	20			20,000	30,5	
61	21-Ιουλ			122	122	9			9,000	31,5	
62	22-Ιουλ			84	84	38			38,000	31,5	
63	23-Ιουλ	500	41	98	139	-14			-14,000	32,5	
64	24-Ιουλ			130	130	9			9,000	33,5	
65	25-Ιουλ			86	86	44			44,000	30	
66	26-Ιουλ			70	70	16			16,000	30,5	
67	27-Ιουλ	500	41	87	128	-17			-17,000	32,5	
68	28-Ιουλ			117	117	11			11,000	33,5	
69	29-Ιουλ			100	100	17			17,000	33,5	
70	30-Ιουλ			75	75	25			25,000	31	
71	31-Ιουλ	500	41	54	95	21			21,000	30	
72	1-Αυγ			95	95	0			0,000	32,5	
73	2-Αυγ			70	70	25			25,000	33	
74	3-Αυγ			80	80	-10			-10,000	32,5	
75	4-Αυγ	500	41	55	96	25			25,000	31,5	
76	5-Αυγ			90	90	6			6,000	31,5	
77	6-Αυγ			65	65	25			25,000	32,5	
78	7-Αυγ			48	48	17			17,000	32,5	
79	8-Αυγ	500	41	30	71	18			18,000	32	
80	9-Αυγ			25	25	46			46,000	30,5	

Πίνακας 10.2 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.2 (συνέχεια)

Ημ	Ημ/ία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Ε.Τ. (mm)	Θερμοκρασία (C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
81	10-Αυγ			19	19	6			6,000	31	
82	11-Αυγ			10	10	9			9,000	30,5	
83	12-Αυγ			0	0	10			10,000	29,5	
84*	13-Αυγ			-8	-8	8			8,000	28,5	
85	14-Αυγ	500	41	108	149	16,5			16,500	29	
86	15-Αυγ			124	124	25			25,000	29	
87	16-Αυγ			112	112	12			12,000	29,5	
88	17-Αυγ			100	100	12			12,000	29,5	
89	18-Αυγ			92	92	8			8,000	30	
90	19-Αυγ	500	41	85	126	7			7,000	30	
91	20-Αυγ			124	124	2			2,000	30	
92	21-Αυγ			106	106	18			18,000	30	
93	22-Αυγ			92	92	14			14,000	29,5	
94	23-Αυγ			83	83	9			9,000	28,5	
95	24-Αυγ	500	41	64	105	19			19,000	25	
96	25-Αυγ			101	101	4			4,000	26,5	
97	26-Αυγ			92	92	9			9,000	29	
98	27-Αυγ			80	80	12			12,000	30	
99	28-Αυγ	500	41	73	114	7			7,000	31	
100	29-Αυγ			100	100	14			14,000	31,5	
101	30-Αυγ			86	86	14			14,000	31,5	
102	31-Αυγ			73	73	13			13,000	30,5	
103	1-Σεπ	500	41	62	103	11			11,000	30	
104	2-Σεπ			82	82	21			21,000	30	
105	3-Σεπ			56	56	26			26,000	26,5	
106	4-Σεπ			40	40	16			16,000	26,5	
107	5-Σεπ	500	41	21	62	19			19,000	25,5	

Πίνακας 10.2 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.2 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Άρδ. (ml)**	Άρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Άρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Ε.Τ. (mm)	Θερμοκρασία (C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
108	6-Σεπ			52	52	10			10,000	25,5	
109	7-Σεπ			46	46	6			6,000	26	
110	8-Σεπ			38	38	8			8,000	27	
111*	9-Σεπ	500	41	20	61	18			18,000	28,5	
112	10-Σεπ			151	151	12			12,000	30,5	
113	11-Σεπ			145	145	6			6,000	29	
114	12-Σεπ			130	130	15			15,000	28	
115	13-Σεπ			114	114	16			16,000	28	
116	14-Σεπ			101	101	13			13,000	28	
117	15-Σεπ			88	88	13			13,000	28	
118	16-Σεπ			73	73	15			15,000	25	
119	17-Σεπ			63	63	10			10,000	25	
120	18-Σεπ	350	28,7	54	82,7	9			9,000	22,5	
121	19-Σεπ			84	84	-1,3			-1,300	26	
122	20-Σεπ			76	76	8			8,000	26	
123	21-Σεπ			71	71	5			5,000	25	
124	22-Σεπ			57	57	14			14,000	24,5	
125	23-Σεπ	350	28,7	47	75,7	10			10,000	24	
126	24-Σεπ			75	75	0,7			0,700	24,5	
127	25-Σεπ			65	65	10			10,000	23	
128	26-Σεπ			60	60	5			5,000	21,5	
129	27-Σεπ			57	57	3			3,000	23,5	
130	28-Σεπ	350	28,7	54	82,7	3			3,000	24,5	
131	29-Σεπ			80	80	2,7			2,700	24	
132	30-Σεπ			73	73	7			7,000	24,5	
133	1-Οκτ			64	64	9			9,000	25,5	
134	2-Οκτ	350	28,7	56	84,7	8			8,000	25	

Πίνακας 10.2 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.2 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεγαβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Ε.Τ. (mm)	Θερμοκρασία (C)	Υγρασία εδάφους (% κ.δ.)
135	3-ΟΚΤ			84	84	0,7			0,700	26,5	
136	4-ΟΚΤ			67	67	17			17,000	24	
137	5-ΟΚΤ			60	60	7			7,000	24,5	
138	6-ΟΚΤ			60	60	0			0,000	23,5	
139	7-ΟΚΤ			50	50	10			10,000	25	
140	8-ΟΚΤ	350	28,7	42	70,7	8			8,000	25	
141	9-ΟΚΤ			55	55	15,7			15,700	25	
142	10-ΟΚΤ			45	45	10			10,000	25	

* Σ' αυτές τις ημέρες πρώτα παίρνεται η ένδειξη από το όργανο και μετά καταβάζουμε το ταμπλώ του λυσιμέτρου.

** Πρώτα πάρθηκε η ένδειξη οργάνου και η στράγγιση και μετά έγινε άρδευση.

Πίνακας 10.2: Δεδομένα μετρήσεων σε καθημερινή βάση, κατά τη διάρκεια του πειράματος και μέχρι την ωρίμανση του φυτού πιπεριάς στη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής, καθώς και υπολογισμός της αντίστοιχης εξατμισοδιαπνοής (E.T.).

ΓΛΑΣΤΡΑ ΜΑΡΤΥΡΑΣ

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Σιράγγιση (ml)	Σιράγγιση (mm)	Εξάτμιση (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
0	21-Mai	200	16,4	67	83,4					27,5	
1	22-Mai	350	28,7	75	103,7	8,4			8,400	28,5	
2	23-Mai			89	89	14,7			14,700	28,5	
3	24-Mai	350	28,7	76	104,7	13			13,000	28	
4	25-Mai			88	88	16,7			16,700	27	
5	26-Mai	350	28,7	77	105,7	11			11,000	27	
6	27-Mai			75	75	30,7			30,700	25	
7	28-Mai	350	28,7	70	98,7	5			5,000	24,5	
8	29-Mai			91	91	7,7	49	4,018	3,682	23,5	
9	30-Mai			79	79	12			12,000	24,5	
10	31-Mai			73	73	6			6,000	23	
11	1-Iouv			87	87	-14			-14,000	24	
12	2-Iouv			73	73	14			14,000	23	
13	3-Iouv	350	28,7	59	87,7	14			14,000	23,5	
14	4-Iouv			88	88	-0,3			-0,300	24	
15	5-Iouv			78	78	10			10,000	26	
16	6-Iouv			59	59	19			19,000	24,5	
17	7-Iouv	350	28,7	37	65,7	22			22,000	22,5	
18	8-Iouv			60	60	5,7	41	3,362	2,338	24,5	
19	9-Iouv			69	69	-9			-9,000	25,5	
20	10-Iouv			76	76	-7			-7,000	29	
21	11-Iouv			63	63	13			13,000	28	
22	12-Iouv			50	50	13			13,000	28,5	
23	13-Iouv			45	45	5			5,000	30	
24	14-Iouv			34	34	11			11,000	30,5	28,7
25	15-Iouv	350	28,7	37	65,7	-3			-3,000	30	
26	16-Iouv			30	30	35,7			35,700	30	

Πίνακας 10.3 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.3 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Άρδ. (ml)**	Άρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Άρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Εξάτμιση (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
27	17-Ιουν			19	19	11			11,000	31	
28*	18-Ιουν			8	8	11			11,000	31,5	23,6
29	19-Ιουν			93	93	12			12,000	32	
30	20-Ιουν			80	80	13			13,000	30,5	
31	21-Ιουν			68	68	12			12,000	29	21,5
32	22-Ιουν			55	55	13			13,000	30,5	
33	23-Ιουν	350	28,7	40	68,7	15			15,000	31,5	
34	24-Ιουν			60	60	8,7			8,700	31,5	
35	25-Ιουν			53	53	7			7,000	29	
36	26-Ιουν	350	28,7	35	63,7	18			18,000	30	21,2
37	27-Ιουν			54	54	9,7			9,700	29	
38	28-Ιουν			49	49	5			5,000	30	
39	29-Ιουν			43	43	6			6,000	30	
40*	30-Ιουν	350	28,7	27	55,7	16			16,000	31	
41	1-Ιουλ			92	92	9,5			9,500	30	
42	2-Ιουλ	350	28,7	89	117,7	3			3,000	31	26,2
43	3-Ιουλ			98	98	19,7			19,700	33	
44	4-Ιουλ	350	28,7	71	99,7	27			27,000	33	28,1
45	5-Ιουλ			110	110	-10,3			-10,300	33	
46	6-Ιουλ			98	98	12			12,000	33	
47	7-Ιουλ	500	41	89	130	9			9,000	31,5	28,2
48	8-Ιουλ			115	115	15	3	0,246	14,754	32,5	30,1
49	9-Ιουλ			110	110	5			5,000	31,5	30,1
50	10-Ιουλ			89	89	21			21,000	32,5	29,6
51	11-Ιουλ	500	41	80	121	9			9,000	33,5	28,9
52	12-Ιουλ			88	88	33			33,000	31,5	31,1
53*	13-Ιουλ	500	41	65	106	23			23,000	31,5	29,5

Πίνακας 10.3 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.3 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & Ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Εξάτμιση (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
54	14-Ιουλ			160	160	18,5	60	4,92	13,580	32,5	33
55	15-Ιουλ			146	146	14	20	1,64	12,360	33,5	32,4
56*	16-Ιουλ			111	111	35			35,000	30,5	30,9
57	17-Ιουλ	500	41	188	229	26			26,000	32,5	29,7
58	18-Ιουλ			212	212	17			17,000	31,5	
59	19-Ιουλ			202	202	10	4	0,328	9,672	30,5	
60	20-Ιουλ	500	41	189	230	13			13,000	30,5	
61	21-Ιουλ			218	218	12	110	9,02	2,980	31,5	
62	22-Ιουλ			212	212	6	113	9,266	-3,266	31,5	
63	23-Ιουλ	500	41	203	244	9			9,000	32,5	
64	24-Ιουλ			222	222	22	117	9,594	12,406	33,5	
65	25-Ιουλ			182	182	40	20	1,64	38,360	30	
66	26-Ιουλ			173	173	9			9,000	30,5	
67	27-Ιουλ	500	41	185	226	-12			-12,000	32,5	
68	28-Ιουλ			207	207	19	102	8,364	10,636	33,5	
69	29-Ιουλ			186	186	21			21,000	33,5	
70	30-Ιουλ			167	167	19			19,000	31	
71	31-Ιουλ	500	41	148	189	19			19,000	30	
72	1-Αυγ			183	183	6	80	6,56	-0,560	32,5	
73	2-Αυγ			170	170	13	20	1,64	11,360	33	
74	3-Αυγ			165	165	5			5,000	32,5	
75	4-Αυγ	500	41	150	191	15			15,000	31,5	
76	5-Αυγ			177	177	14	51	4,182	9,818	31,5	
77	6-Αυγ			160	160	17	16	1,312	15,688	32,5	
78	7-Αυγ			138	138	22			22,000	32,5	
79	8-Αυγ	500	41	125	166	13			13,000	32	
80	9-Αυγ			110	110	56			56,000	31	

Πίνακας 10.3 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.3 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Εξάτμιση (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
81	10-Αυγ			92	92	18			18,000	31,5	
82	11-Αυγ			80	80	12			12,000	30,5	
83	12-Αυγ			72	72	8			8,000	29,5	
84*	13-Αυγ			65	65	7			7,000	28,5	
85	14-Αυγ	500	41	196	237	14			14,000	29	
86	15-Αυγ			216	216	21	44	3,608	17,392	29,5	
87	16-Αυγ			209	209	7	35	2,87	4,130	29,5	
88	17-Αυγ			199	199	10	16	1,312	8,688	30	
89	18-Αυγ			190	190	9	9	0,738	8,262	30	
90	19-Αυγ	500	41	180	221	10	5	0,41	9,590	30	
91	20-Αυγ			219	219	2	38	3,116	-1,116	30	
92	21-Αυγ			212	212	7	24	1,968	5,032	30	
93	22-Αυγ			201	201	11			11,000	29,5	
94	23-Αυγ			193	193	8			8,000	28,5	
95	24-Αυγ	500	41	174	215	19			19,000	25	
96	25-Αυγ			219	219	-4	33	2,706	-6,706	27	
97	26-Αυγ			212	212	7	23	1,886	5,114	29	
98	27-Αυγ			206	206	6	5	0,41	5,590	30	
99	28-Αυγ	500	41	200	241	6			6,000	31	
100	29-Αυγ			227	227	14	23	1,886	12,114	32	
101	30-Αυγ			220	220	7	23	1,886	5,114	31,5	
102	31-Αυγ			208	208	12	15	1,23	10,770	30,5	
103	1-Σεπ	500	41	200	241	8	17	1,394	8,000	30	
104	2-Σεπ			229	229	12	15	1,23	10,606	30	
105	3-Σεπ			200	200	29	15	1,23	27,770	26,5	
106	4-Σεπ			193	193	7	14	1,148	5,852	27	
107	5-Σεπ	500	41	173	214	20	12	0,984	19,016	25,5	

Πίνακας 10.3 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.3 (συνέχεια)

Ημ.	Ημ/νία 1997	Αρδ. (ml)**	Αρδ. (mm)	Ένδ. οργ. (mm)	Αρδ. & ένδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Σιράγγιση (ml)	Σιράγγιση (mm)	Εξάτμιση (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
108	6-ΣΕΠ			210	210	4	16	1,312	2,688	25,5	
109	7-ΣΕΠ			208	208	2	15	1,23	0,770	26	
110	8-ΣΕΠ			204	204	4	14	1,148	2,852	27	
111*	9-ΣΕΠ	500	41	188	229	16	14	1,148	14,852	28,5	
112	10-ΣΕΠ			316	316	10,5	18	1,476	9,024	30,5	
113	11-ΣΕΠ			311	311	5	14	1,148	3,852	29	
114	12-ΣΕΠ			298	298	13	15	1,23	11,770	28	
115	13-ΣΕΠ			286	286	12	14	1,148	10,852	28	
116	14-ΣΕΠ			275	275	11	16	1,312	9,688	28	
117	15-ΣΕΠ			264	264	11	14	1,148	9,852	28	
118	16-ΣΕΠ			254	254	10	13	1,066	8,934	25	
119	17-ΣΕΠ			240	240	14	13	1,066	12,934	25	
120	18-ΣΕΠ	350	28,7	228	256,7	12	2	0,164	11,836	23	
121	19-ΣΕΠ			245	245	11,7	63	5,166	6,534	26	
122	20-ΣΕΠ			226	226	19	185	15,17	3,830	26,5	
123	21-ΣΕΠ			222	222	4			4,000	25,5	
124	22-ΣΕΠ			212	212	10			10,000	24,5	
125	23-ΣΕΠ	350	28,7	205	233,7	7			7,000	24	
126	24-ΣΕΠ			214	214	19,7	180	14,76	4,940	24,5	
127	25-ΣΕΠ			206	206	8			8,000	23	
128	26-ΣΕΠ			202	202	4			4,000	21,5	
129	27-ΣΕΠ			199	199	3			3,000	23,5	
130	28-ΣΕΠ	350	28,7	198	226,7	1			1,000	24,5	
131	29-ΣΕΠ			214	214	12,7	147	12,054	0,646	24	
132	30-ΣΕΠ			205	205	9			9,000	24,5	
133	1-ΟΚΤ			203	203	2			2,000	25,5	
134	2-ΟΚΤ	350	28,7	198	226,7	5			5,000	25	

Πίνακας 10.3 (συνεχίζεται)

Πίνακας 10.3 (συνέχεια)

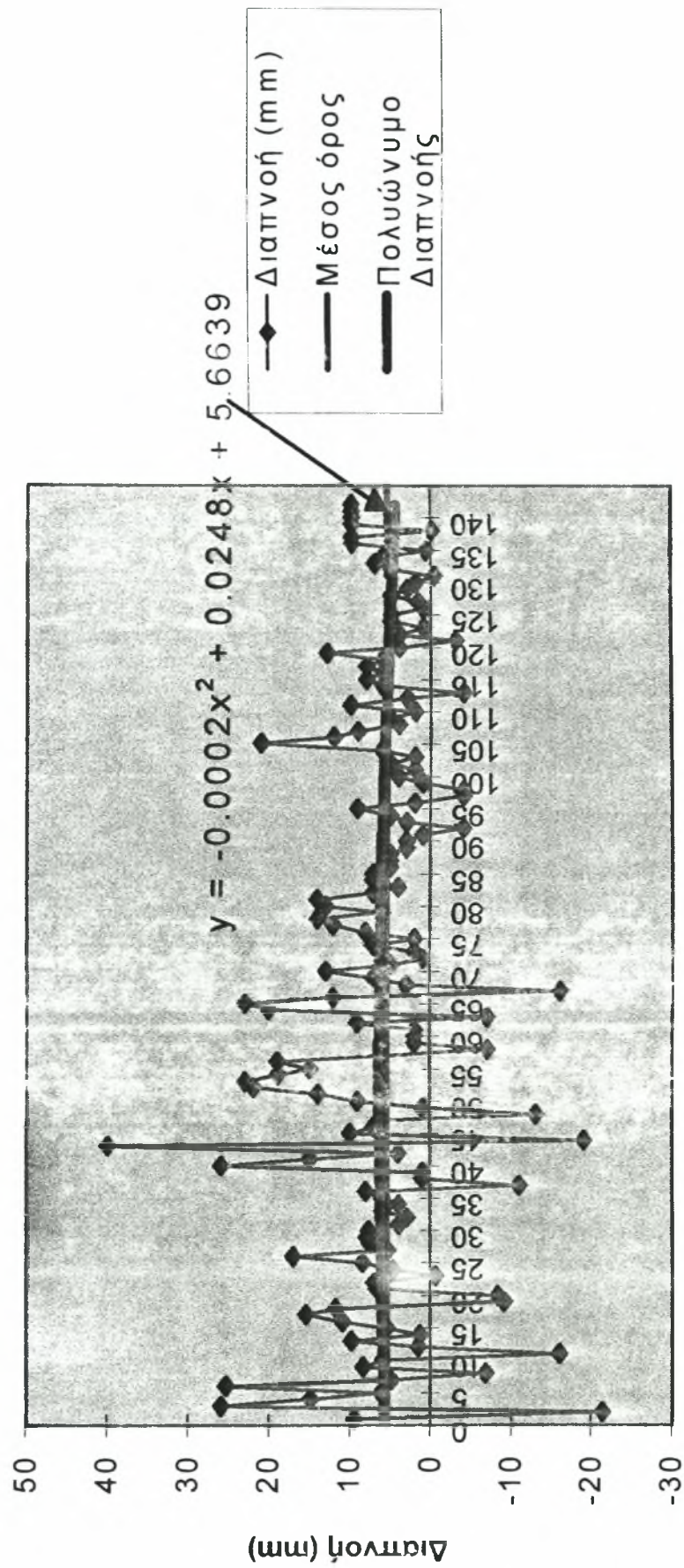
Ημ.	Ημ/νία 1997	Άρδ. (ml)**	Άρδ. (mm)	Ενδ. οργ. (mm)	Άρδ. & ενδ. οργάνου (mm)	Μεταβολή ένδειξης οργάνου (mm)	Στράγγιση (ml)	Στράγγιση (mm)	Εξάτμιση (mm)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία εδάφους (% κ.ό.)
135	3-Οκτ			208	208	18,7	175	14,35	4,350	26,5	
136	4-Οκτ			198	198	10			10,000	24	
137	5-Οκτ			195	195	3			3,000	24,5	
138	6-Οκτ			194	194	1			1,000	24	
139	7-Οκτ			185	185	9			9,000	25	
140	8-Οκτ	350	28,7	180	208,7	5			5,000	25	
141	9-Οκτ			192	192	16,7	115	9,43	7,270	25	
142	10-Οκτ			185	185	7			7,000	25	

* Σ' αυτές τις ημέρες πρώτα παίρνεται η ένδειξη από το όργανο και μετά καταβάζουμε το ταμπλό του λυσιμέτρου.

** Πρώτα πάρθηκε η ένδειξη οργάνου και η στράγγιση και μετά έγινε άρδευση.

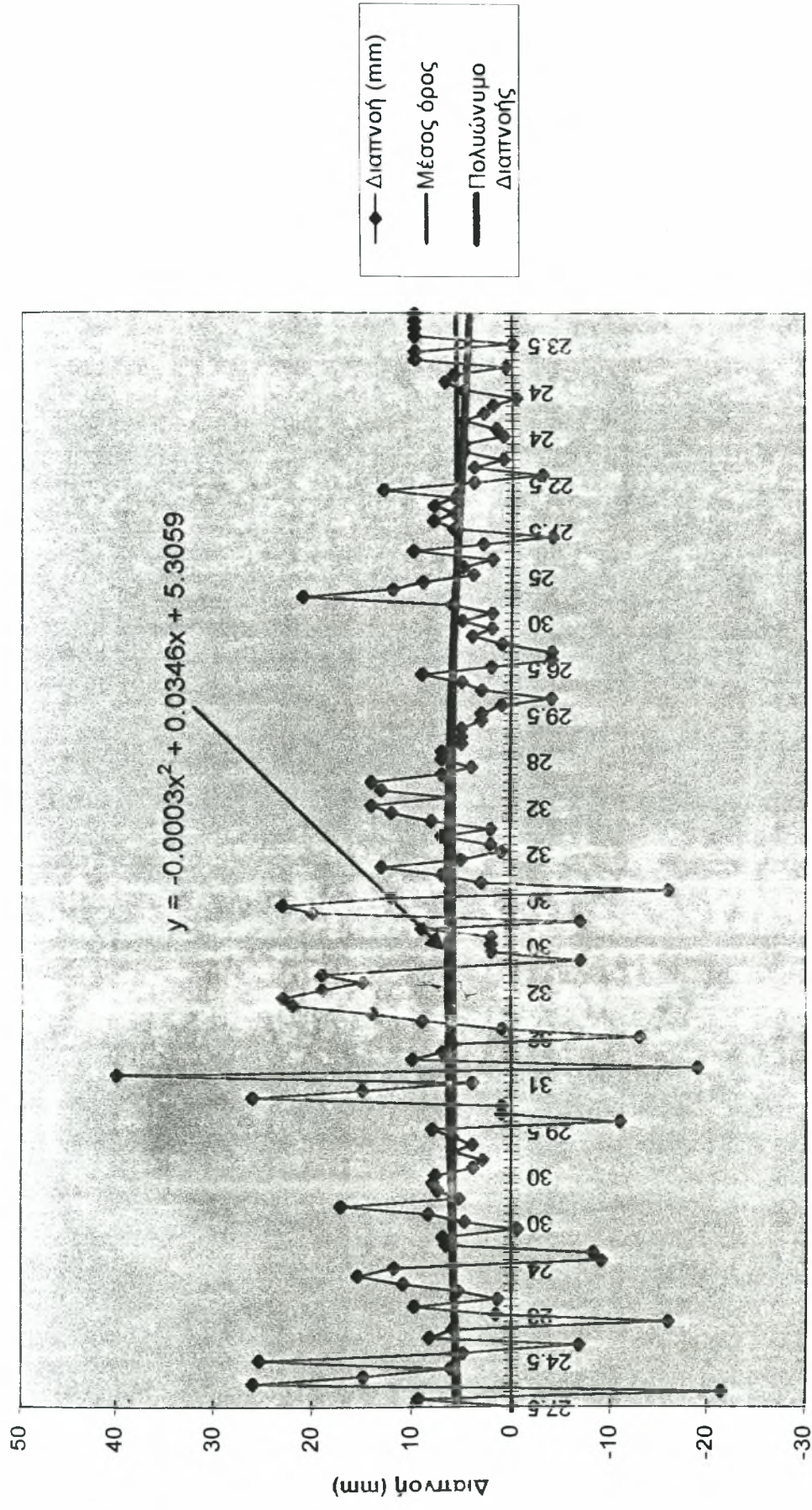
Πίνακας 10.3: Δεδομένα μετρήσεων σε καθημερινή βάση, κατά τη διάρκεια του πειράματος στη γλάστρα μάρτυρα, καθώς και υπολογισμός της αντίστοιχης εξάτμισης.

Γράφημα γλάστρας διαπνοής



Ημέρες (από 21/5/97 έως 10/10/97, 21/5/97=0)

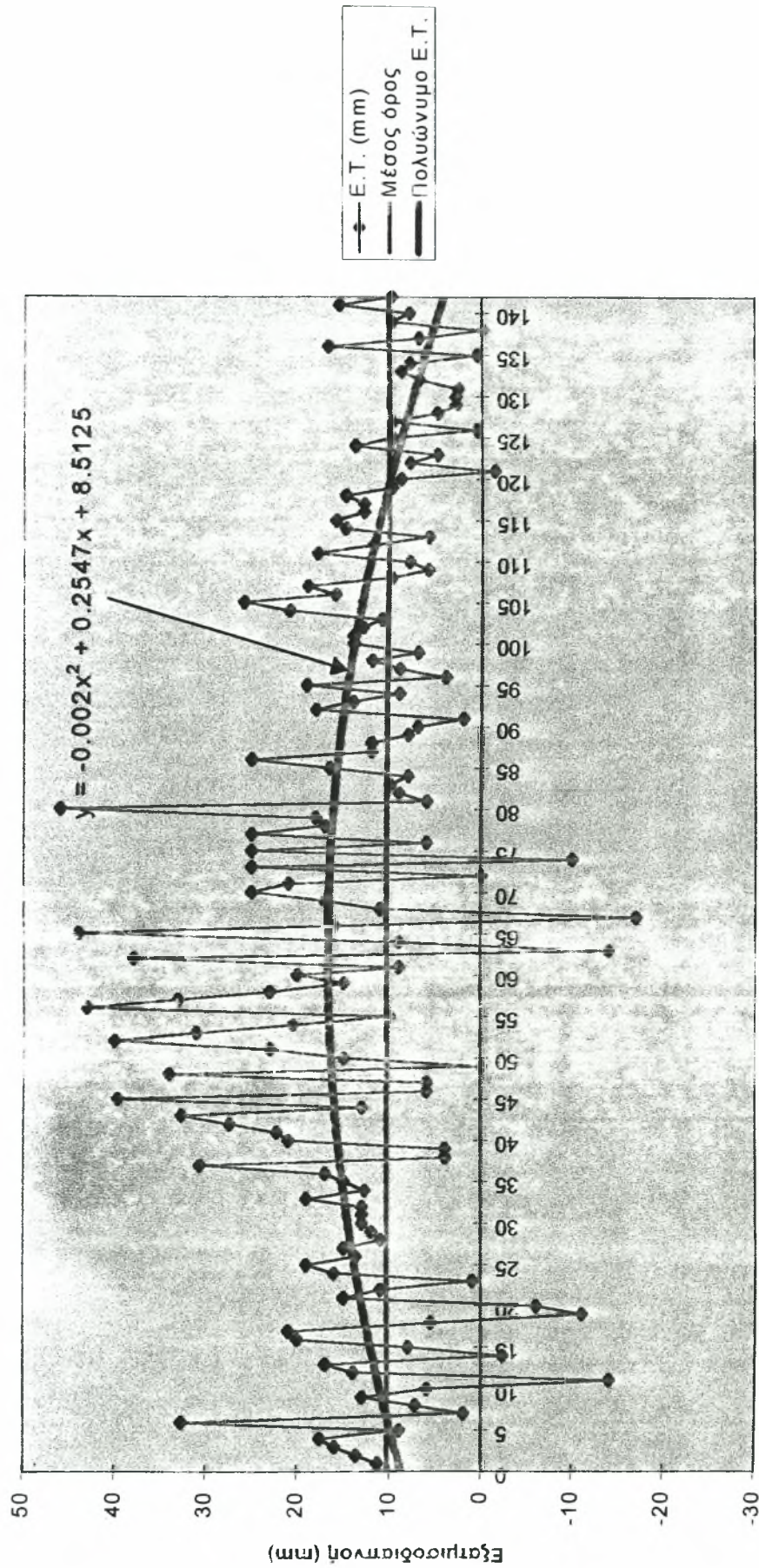
Γράφημα 10.1: Γράφημα διαπνοής σε σχέση με το χρόνο για τη γλάστρα διαπνοής. Στο γράφημα εμφανίζονται οι μετρήσεις που φαίνονται στον πίνακα 10.1, καθώς και ο μέσος όρος και το πολυώνυμο της διαπνοής.



Θερμοκρασία (C)

Γράφημα 10.2: Γράφημα διαπνοής σε σχέση με την ημερήσια θερμοκρασία (°C) για τη γλάστρα διαπνοής. Στο γράφημα εμφανίζονται οι μετρήσεις που φαίνονται στον πίνακα 10.1, καθώς και ο μέσος όρος και το πολυώνυμο της διαπνοής.

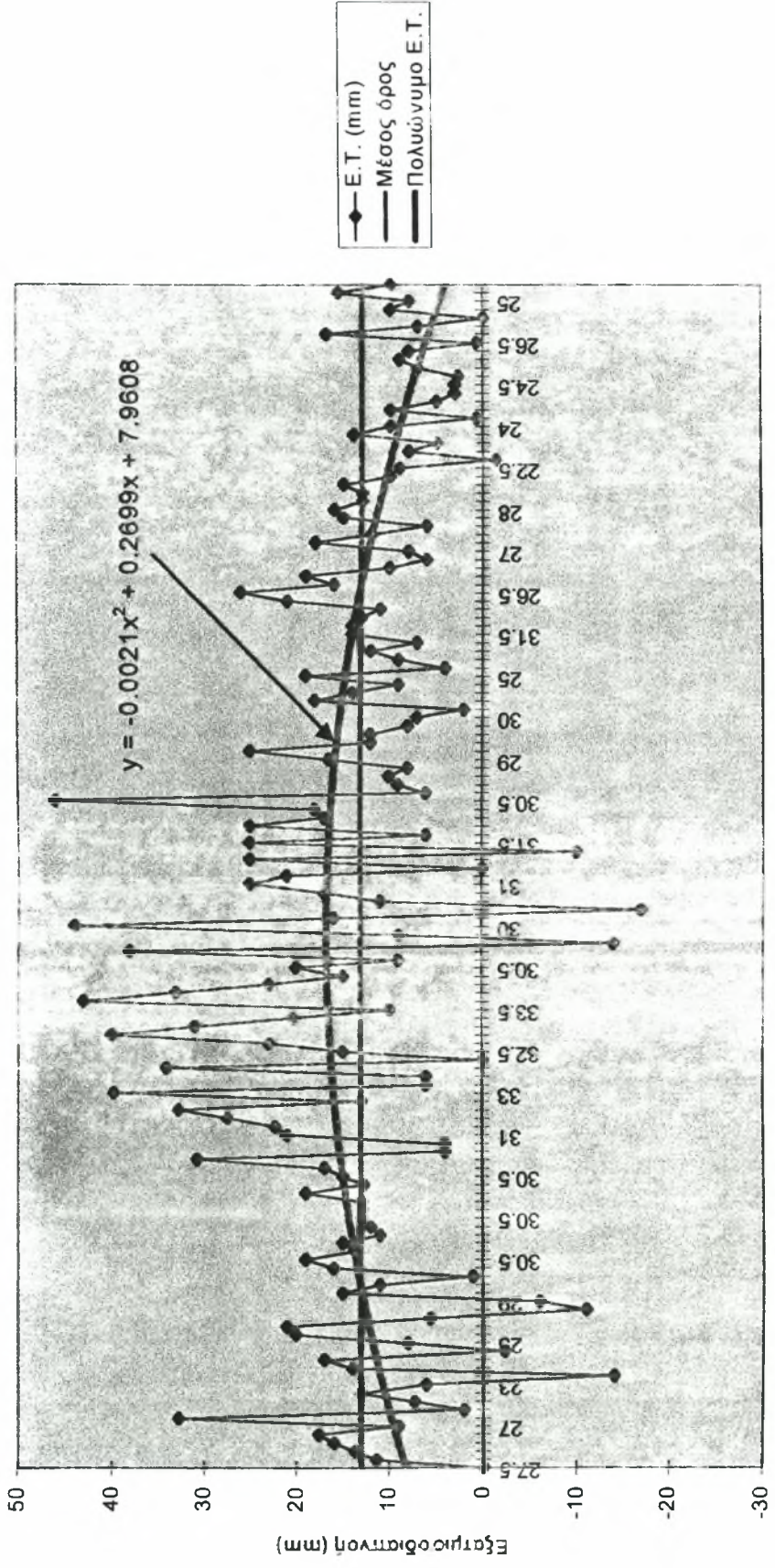
Γράφημα γλάστρας εξατμισοδιαπνοής



Ημέρες (από 21/5/97 έως 10/10/97, 21/5/97=0)

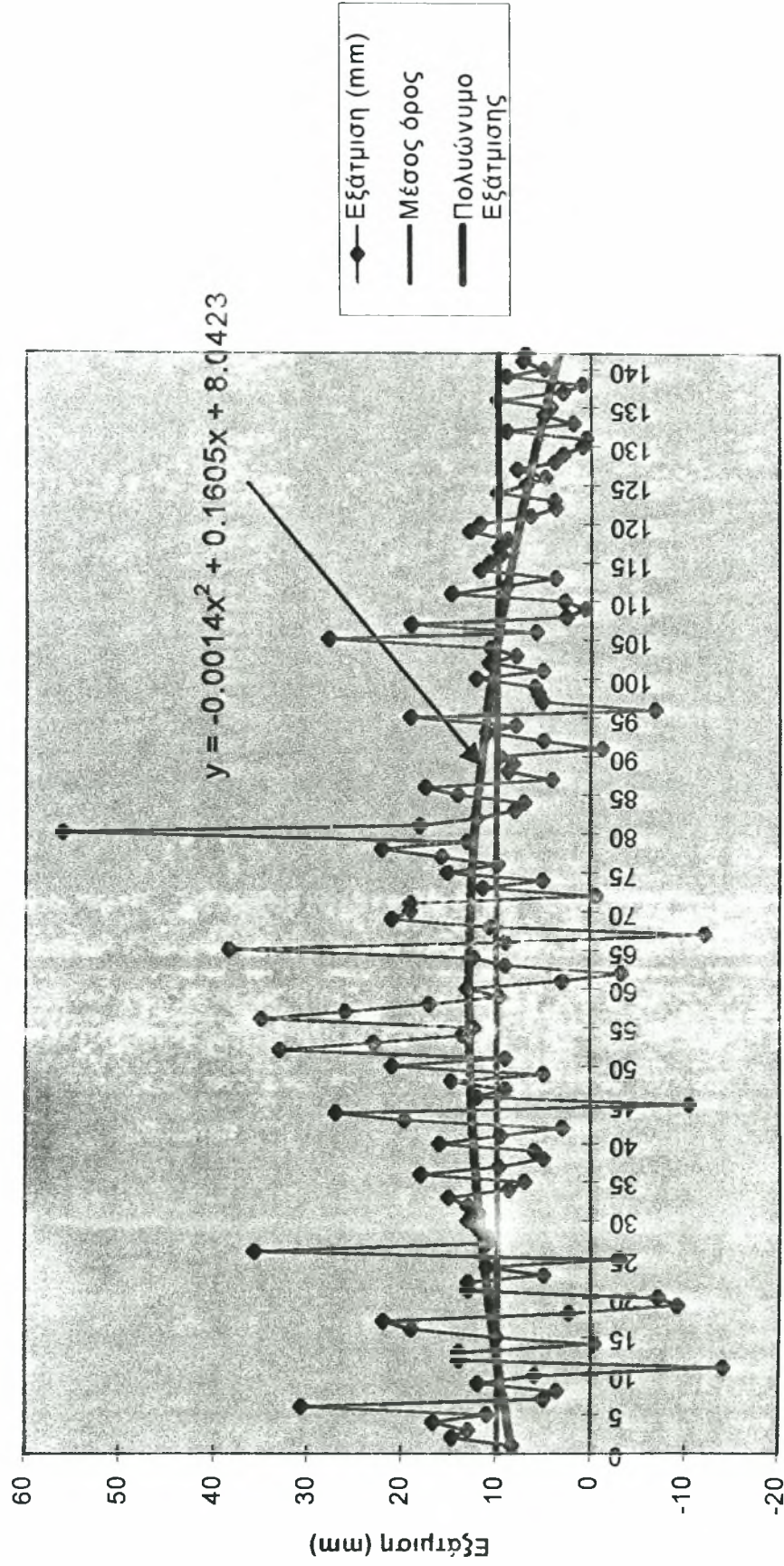
Γράφημα 10.3: Γράφημα εξατμισοδιαπνοής σε σχέση με το χρόνο για τη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής. Στο γράφημα εμφανίζονται οι μετρήσεις που φαίνονται στον πίνακα 10.2, καθώς και ο μέσος όρος και το πολυώνυμο της εξατμισοδιαπνοής.

Γράφημα γλάστρας εξατμισοδιαπνοής με θερμοκρασία



Γράφημα 10.4: Γράφημα εξατμισοδιαπνοής σε σχέση με την ημερήσια θερμοκρασία (°C) για τη γλάστρα εξατμισοδιαπνοής. Στο γράφημα εμφανίζονται οι μετρήσεις που φαίνονται στον πίνακα 10.2, καθώς και ο μέσος όρος και το πολύωνυμο της εξατμισοδιαπνοής.

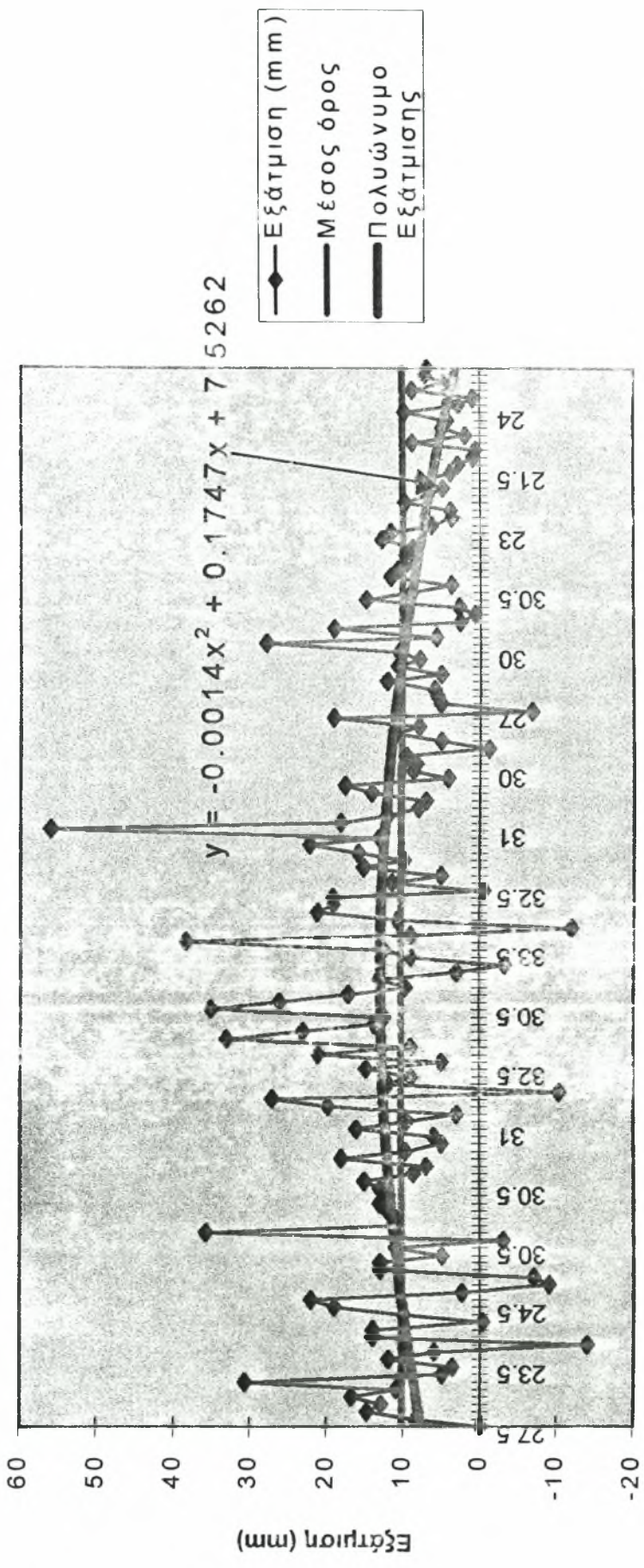
Γράφημα γλάστρας μάρτυρα



Ημέρες (από 21/5/97 έως 10/10/97, 21/5/97=0)

Γράφημα 10.5: Γράφημα εξάτμισης σε σχέση με το χρόνο για τη γλάστρα μάρτυρας. Στο γράφημα εμφανίζονται οι μετρήσεις που φαίνονται στον πίνακα 10.3, καθώς και ο μέσος όρος και το πολυώνυμο της εξάτμισης.

Γράφημα γλάστρας μάρτυρα με θερμοκρασία



Γράφημα 10.6: Γράφημα εξάτμισης σε σχέση με την ημερήσια θερμοκρασία (°C) για τη γλάστρα μάρτυρα. Στο γράφημα εμφανίζονται οι μετρήσεις που φαινόνται στον πίνακα 10.3, καθώς και ο μέσος όρος και το πολυώνυμο της εξάτμισης.

11. Βιβλιογραφία

1. ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ, Γ. Α. Τερζίδη και Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1987.
2. ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ, Ζαφείρη Γ. Παπαζαφειρίου, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1984.
3. ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ, Γ. Α. Τερζίδη και Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1997.
4. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Γεωργικής Υδραυλικής, Υδρολογίας και Αρδεύσεων, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 1993.

