

T.E.I. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ-ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ & ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ
ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ RICHARDS**

ΔΡΟΥΛΙΑ ΣΟΦΙΑ

ΜΠΑΚΟΓΙΑΝΝΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΣΤΑΜΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

ΚΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2004

Πρόλογος

Η μεγάλη αξία για όσους υπολογίζουν το αρδευτικό νερό, είναι ότι μπορούν να προσδιορίσουν, την μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος, χωρίς άλλες αξιοσημείωτες μειώσεις από την εσωτερική στράγγιση.

Η χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας επιτρέπει την μελέτη της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην μύζηση και την ποσότητα του εδαφικού νερού σε όλο το εύρος της εδαφικής υγρασίας.

Αυτό ήταν η βάση για την πραγματοποίηση μιας πτυχιακής εργασίας με θέμα ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.

Για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής, χρειάστηκε αρκετός χρόνος και κόπος. Επίσης η υπευθυνότητα ήταν άλλος ένας παράγοντας που έπρεπε να υπάρχει στην ομάδα κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Συναντήθηκαν πολλές δυσκολίες, τόσο έξω στον αγρό, όσο και μέσα στο εργαστήριο, που ξεπεράσθηκαν όμως με σωστή συνεργασία καθώς δόθηκαν έγκαιρες και έγκυρες λύσεις. Έτσι εκτελέσθηκαν, καταγράφηκαν και σας παρουσιάζεται αυτή την εργασία.

Αυτή ήταν η πρώτη μας πειραματική εργασία. Ελπίζουμε να είναι το έναυσμα για μια καλή σταδιοδρομία πάνω στον τομέα μας και η αρχή και για άλλα εξίσου αξιόλογα πειράματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία με την οποία ασχοληθήκαμε και σας παρουσιάζουμε, είναι η κατασκευή των χαρακτηριστικών καμπυλών εδαφικής υγρασίας από δυο αγρούς στον περιβάλλοντα χώρο του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.

Τα πειράματα έγιναν στο εργαστήριο Αρδεύσεων του τμήματος ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ & ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ της σχολής ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.

Η συσκευή η οποία χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της εργασίας είναι η συσκευή των πιεστικών δίσκων (Richards).

Τα δείγματα εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν διαταραγμένα. Η λήψη τους έγινε το δεύτερο 15ήμερο του Απριλίου του 2003. Έγινε εδαφολογική ανάλυση των δειγμάτων στο εργαστήριο “εδαφολογικών αναλύσεων και φυλλοδιαγνωστικής” της Ε.Α.Σ. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ & ΝΑΥΠΑΚΤΙΑΣ.

Οι αγροί στους οποίους έγινε η δειγματοληψία ήταν ένας καλλιεργημένος και ένας ακαλλιεργητος. Τα βάθη για τα οποία κατασκευάστηκαν καμπύλες εδαφικής υγρασίας ήταν 30cm, 60cm και 90cm, έτσι ώστε να καλυφθεί όλο το εδαφικό προφίλ σε τέσσερα διαφορετικά σημεία για κάθε αγρό, για τον καλύτερο προσδιορισμό της καμπύλης εδαφικής

υγρασίας. Η μεθοδολογία στην οποία στηρίχθηκε και πραγματοποιήθηκε η εργασία δόθηκε από το τμήμα “Γεωργικής Υδραυλικής” του Γ.Π.Α.

Τα δείγματα μετά την δειγματοληψία ξηράθηκαν, κονιορτοποιήθηκαν και περάστηκαν από κόσκινο των 2mm. Στην συνέχεια κορέστηκαν πάνω στις ήδη κορεσμένες πορώδεις πλάκες της συσκευής. Μετά τον κορεσμό τα δείγματα τοποθετήθηκαν στην συσκευή και ασκήθηκε πίεση από 0atm-15atm. Οι ενδεικτικές πιέσεις που ασκήθηκαν ήταν: 0atm, 1/3atm, 1atm, 3atm, 6atm, 9atm, 12atm και 15atm. Ο υπολογισμός της εδαφικής υγρασίας έγινε με την σταθμική μέθοδο.

Τα αποτελέσματα καταγράφηκαν σε πίνακες από τα οποία κατασκευάστηκαν οι χαρακτηριστικές καμπύλες εδαφικής υγρασίας. Για κάθε σημείο, βάθος και αγρό κατασκευάστηκαν ξεχωριστές καμπύλες, καθώς επίσης και καμπύλες συγκρίσεων των τριών βαθμών για κάθε σημείο, και συνολικές συγκρίσεις μεταξύ καλλιεργημένου και ακαλλιεργητού αγρού, από το μέσο όρο των τεσσάρων σημείων για κάθε ένα από αυτά.

Από τις συγκρίσεις που έγιναν, εξάχθηκαν συμπεράσματα για το ποσοστό της υγρασίας που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος για κάθε σημείο πάνω στην χαρακτηριστική καμπύλη.

2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο σύστημα που ταυτόχρονα είναι:

- 1) Μια αποθήκη θρεπτικών στοιχείων.
- 2) Ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και δρα ένα πολύ μεγάλο πλήθος μικροοργανισμών.
- 3) Ένα μέσο στερεώσεως των φυτών.
- 4) Ένα μέσο διακινήσεως του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις
- 5) Μια αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά αντλούν την απαραίτητη για την ανάπτυξή τους υγρασία.

Τα βασικά φυσικά χαρακτηριστικά ενός εδάφους είναι η υφή ή χημική σύσταση και η δομή.

2.1 Υφή του εδάφους

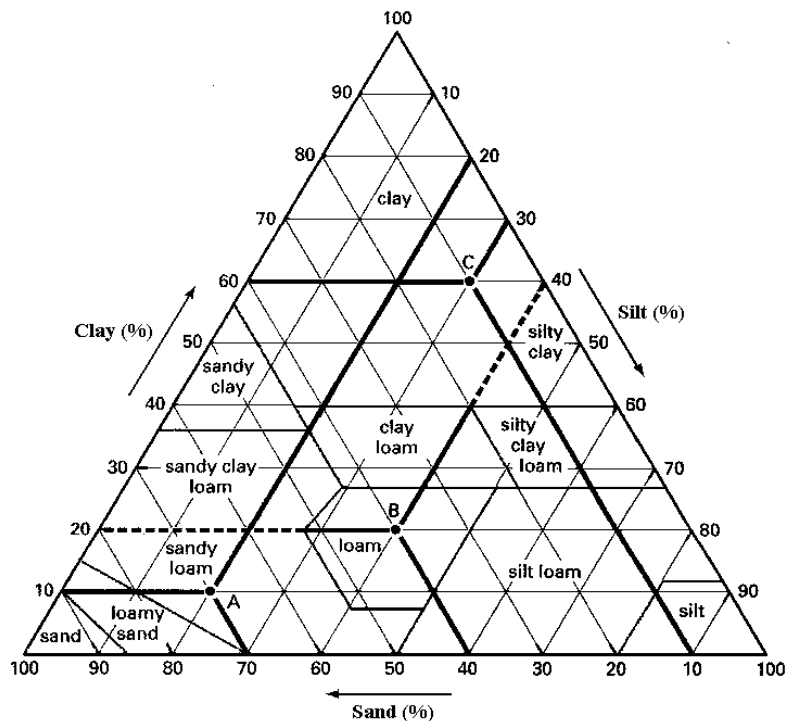
Η υφή του εδάφους είναι η διεργασία που κάνουμε για να διαχωρίσουμε σε ομάδες με διαφορετική διάμετρο σωματιδίων όπου κυμαίνεται:

Χαρακτηρισμός σωματιδίων	Διάμετρος κόκκων (mm)
Άμμος	2,00-0,05
Πολύ χονδρή	2,00-1,00
Χονδρή	1,00-0,50
Ενδιάμεση	0,50-0,25
Λεπτή	0,25-0,10
Πολύ λεπτή	0,10-0,05
Ιλύς	0,05-0,002
Άργιλλος	< 0,002

Πίνακας 2.1: Χαρακτηρισμός σωματιδίων ανάλογα με την διάμετρο κόκκων

Τα εδάφη έχουν καταταχθεί σε 12 κατηγορίες ή είδη εδαφών από άποψη μηχανικής σύστασης. Κάθε κατηγορία περιλαμβάνει καθορισμένους ποσοτικούς συνδυασμούς άμμου, ιλύος, αργίλλου.

Οι τύποι αυτοί του εδάφους δείχνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα κατάταξης των εδαφών με βάση την μηχανική σύσταση.

Οι 12 τύποι εδαφών είναι οι εξής:

Αμμώδη εδάφη ή ελαφράς σύστασης	1. Αμμώδες	S	Sand
	2. Πηλοαμμώδες	LS	Loamy Sand
Πηλώδη εδάφη ή μέσης σύστασης	3. Αμμοπηλώδες	SL	Sandy Loam
	4. Πηλώδες	L	Loam
	5. Ιλυοπηλώδες	SiL	Silty Loam
	6. Ιλυώδες	Si	Silt
	7. Αμμοαργιλλοπηλώδες	SCL	Sandy Clay Loam
	8. Αργιλλώδες	CL	Clay Loam
	9. Ιλυοαργιλλοπηλώδες	SiCL	Silty Clay Loam
Αργιλλώδη εδάφη ή βαριάς σύστασης	10. Αμμοαργιλλώδες	SC	Sandy Clay
	11. Ιλυοαργιλλώδες	SiC	Silty Clay
	12. Αργιλλώδες	C	Clay

Πίνακας 2.2: Τύποι εδαφών

2.1.1 Ιδιότητες της άμμου

Τα τεμαχίδια της άμμου έχουν την ελάχιστη ελεύθερη επιφάνεια ανά μονάδα βάρους και για τον λόγο αυτό η συμμετοχή τους στις χημικές και φυσικές δραστηριότητες του εδάφους είναι σχετικά μηδαμινή. Η άμμος δεν συγκρατεί νερό.

2.1.2 Ιδιότητες της ιλύος

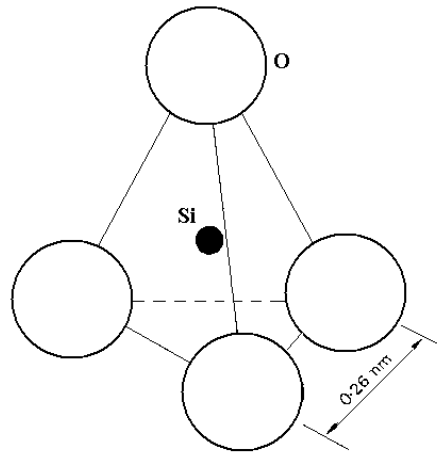
Τα χονδρότερα τεμάχια της ιλύος έχουν σχεδόν την ίδια συμπεριφορά με την άμμο. Ενώ τα λεπτότερα τεμάχια της ιλύος έχουν αρκετή εκτεθειμένη επιφάνεια ανά μονάδα βάρους και εμφανίζει κάποια δραστηριότητα στην ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η ιλύς συγκρατεί περισσότερο νερό

2.1.3 Ιδιότητες της αργίλλου

Μεγαλύτερη εκτεθειμένη επιφάνεια για κάθε γραμμάριο βάρους εδάφους. Συγκρατεί μεγάλη ποσότητα νερού με μορφή μεμβράνης γύρω από τα εδαφικά τεμάχια της αργίλλου. Η αργίλλος ενεργεί σαν αποθήκη θρεπτικών στοιχείων και νερού.

Η αργίλλος αποτελείται από διάφορα είδη ορυκτών όμως σε κάθε έδαφος κυριαρχεί μια ομάδα ορυκτών της αργίλλου. Τα ορυκτά αποτελούνται από κρυστάλλους όπου είναι:

1) Το τετράεδρο με τέσσερα μεγάλα ανιόντα οξυγόνου που περιβάλλουν ένα μικρό κατιόν Si^{4+} .

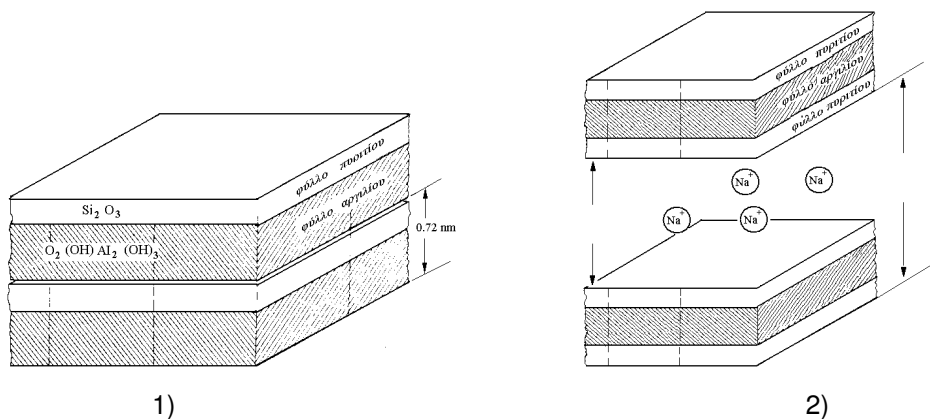


Σχήμα 2.2: Τετράεδρο με τέσσερα ανιόντα οξυγόνου που περιβάλλουν ένα κατιόν Si^{4+}

2) Το οκτάεδρο έξι ανιόντων οξυγόνου που περιβάλλουν ένα μικρό κατιόν Al^{3+} .

Τα ορυκτά της αργίλου χωρίζονται σε δύο ομάδες:

- ♦ Της ομάδας του καολινίτη όπου σε αυτό έχουμε μία στρώση τετράεδρων Si^{4+} και μία στρώση οκτάεδρων Al^{3+} . Η κρυσταλλική δομή της είναι 1:1 δηλαδή μία στρώση τετράεδρων Si^{4+} και μία στρώση οκτάεδρων Al^{3+} . Έχει μικρή εναλλακτική ικανότητα 3 έως 15mg/100gr, τα ορυκτά του καολινίτη δεν διογκώνονται.
- ♦ Της ομάδας του μοντμοριλονίτη έχουν διάταξη 2:1 δηλαδή δύο στρώσεις τετράεδρων Si^{4+} και μία στρώση οκτάεδρων Al^{3+} . Έχουν μεγάλη εναλλακτική ικανότητα από 80 έως 100 mg/100gr, εύκολα διογκώνονται και συρρικνώνονται.



Σχήμα 2.3: 1) Οκτάεδρο της ομάδας του καολινίτη.
2) Οκτάεδρο της ομάδας του μοντμοριλονίτη.

2.2 Δομή του εδάφους

Δομή εδάφους ονομάζουμε τον τρόπο διάταξης των εδαφικών σωματιδίων μεταξύ τους. Η δομή έχει σχέση με την γονιμότητα των εδαφών αφού συνδέεται με την ελεύθερη κίνηση του νερού και του αέρα μέσα στο έδαφος την ανάπτυξη των ριζών καθώς και την αποθήκευση του νερού. Η δομή του εδάφους μπορεί να είναι ομοιόμορφη ή να διαφέρει από ορίζοντα σε ορίζοντα.

Η δομή του εδάφους μπορεί να αλλάξει με διάφορες επεμβάσεις από το χειρότερο στο καλύτερο και το αντίθετο.

Η δομή του εδάφους από γεωργικής άποψης διακρίνεται:

1) Σε **μονόκοκκη δομή**. Στην κατηγορία αυτή τα σωματίδια του εδάφους δεν είναι ενωμένα μεταξύ τους αυτή η δομή συναντάται σε ελαφρά και αμμώδη εδάφη.

2) Σε **συσσωματώδη δομή**. Στην κατηγορία αυτή η άργιλλος αναμειγνύεται με την άμμο και έτσι σχηματίζονται συσσωματώματα. Η δομή αυτή εξασφαλίζει κανονική κυκλοφορία νερού και αέρα και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Στην συσσωμάτωση του εδάφους βοηθάνε και οι μικροοργανισμοί.

Τα συσσωματώματα ανάλογα με την διάμετρο διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

- Μακροσυσσωματώματα > 5 mm.
- Μεσοσυσσωματώματα 5- 0,2 mm.
- Μικρόσυσσωματώματα < 0,2 mm.

Για την διάκριση της συσσωματώδους δομής επινοήθηκε ο **βαθμός συσσωματώσεως** που εκφράζει τον λόγο % των συσσωματωμάτων με διάμετρο μεγαλύτερο των 0,05-0,1 mm προς το συνολικό ποσοστό του δείγματος σε ίλυ και άργιλλο.

$$B.\Sigma = \frac{A}{B} \cdot 100 \quad (2.1)$$

όπου B.Σ. = ο βαθμός συσσωματώσεως σε %

A = συσσωματώματα με διάμετρο μεγαλύτερο των 0,05

B = συνολικό ποσοστό του δείγματος σε ίλυ και άργιλλο.

2.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την δομή του εδάφους

1) Η διαβροχή του εδάφους μπορεί να προκαλέσει θρυμματισμό των συσσωματωμάτων με την διάλυση των συγκολλητικών ουσιών.

- 2) Η αποξήρανση τείνει να θρυμματίσει τα μεγάλα και να σταθεροποιήσει τα μικρά συσσωματώματα.
- 3) Ο παγετός και η τήξη προκαλεί στην δομή του εδάφους αύξηση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων με αποτέλεσμα την διατήρηση της καλής δομής .
- 4) Η ύπαρξη της οργανικής ουσίας συντελεί στην σταθερότητα των συσσωματωμάτων λόγω συγκολλησεως των τεμαχιδίων.
- 5) Η ύπαρξη σκουληκιών και μικροοργανισμών του εδάφους συντελούν στην καλή δομή του εδάφους .
- 6) Το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) προκαλεί συσσωμάτωση ιδιαίτερα στα αργιλώδη εδάφη.
- 7) Το ασβέστιο και μαγνήσιο (Ca & Mg) όπου είναι απαραίτητα λιπαντικά στοιχεία.
- 8) Η προσθήκη γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) στα αλκαλιωμένα και ασβεστίου στα όξινα.

2.3 Ειδικά βάρη εδάφους

2.3.1 Πραγματικό ειδικό βάρος

Πραγματικό ειδικό βάρος είναι η μάζα των στερεών υλικών του εδάφους στην μονάδα του όγκου. Αυτό κυμαίνεται από 2,6 μέχρι 2,7 gr/cm^3 (Παναγιωτόπουλος Λ. 2002).

$$E_{\pi} = \frac{M_{\sigma\tau}}{O_{\sigma\tau}} \quad (2.2)$$

όπου M_{σ} = μάζα στερεών υλικών εδάφους
 $O_{\sigma\tau}$ = στερεός όγκος εδάφους χωρίς πόρους.

2.3.2 Φαινόμενο ειδικό βάρος

Φαινόμενο ειδικό βάρος είναι ο λόγος της μάζας ξηρού εδάφους προς τον συνολικό όγκο στην φυσική του κατάσταση (αδιατάραχτα δείγματα). Για βαριά εδάφη είναι 1,0-1,6 gr/cm^3 και για ελαφριά 1,2-1,8 gr/cm^3 (Παναγιωτόπουλος Λ. 2002).

$$E_{\phi} = \frac{M_{\xi}}{O_{\sigma\tau}} \quad (2.3)$$

όπου B_{ξ} = μάζα ξηρού εδάφους
 $O_{\sigma\tau}$ = συνολικός όγκος εδάφους και πόρων

Με το φαινόμενο ειδικό βάρος επηρεάζει την δόση άρδευσης.

Μπορούμε να το υπολογίσουμε :

- 1) Με ογκομετρική συσκευή.
- 2) Με ειδικό εδαφολήπτη για αδιατάραχτα δείγματα εδάφους και δακτυλίδια γνωστού όγκου.
- 3) Με χρήση ακτίνων γ.

2.4 Πορώδες του εδάφους

Το πορώδες του εδάφους ορίζεται ως το ποσοστό επί τοις εκατό του όγκου του, το οποίο στην φυσική κατάσταση καταλαμβάνεται από τους μεταξύ των στερεών συστατικών πόρους του εδάφους και έχει άμεση εξάρτηση από την δομή του εδάφους.

$$\Pi = \frac{E_{\pi} - E_{\phi}}{E_{\pi}} \cdot 100 \quad (2.4)$$

όπου E_{π} = πραγματικό ειδικό βάρος

E_{ϕ} = φαινόμενο ειδικό βάρος

Τα χονδρόκοκκα, αμμώδη εδάφη έχουν μικρό πορώδες από 36% ενώ τα λεπτόκοκκα ή αργιλώδη εδάφη έχουν μεγάλο πορώδες 60% (Αλεξιάδης 1977)

3. ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

3.1 Γενικά

Κάτω από φυσικές συνθήκες το έδαφος περιέχει πάντα μία ποσότητα νερού που αν εκφραστεί στη μονάδα βάρους ή όγκου του εδάφους ή σαν ποσοστό επί τις εκατό ονομάζεται εδαφική υγρασία.

Το νερό είναι απαραίτητο για τα φυτά γιατί συμμετέχει σε πολλές λειτουργίες. Οι σπουδαιότερες από αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Το νερό μεταφέρει διαλυμένα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στις ρίζες ή τα θρεπτικά στοιχεία διαχέονται μέσα στο νερό προς τις ρίζες και στη συνέχεια απορροφώνται από τα φυτά.
2. Συμμετέχει στη παραγωγή υδατανθράκων με τη φωτοσύνθεση.

3. Είναι το σπουδαιότερο περιβάλλον για όλες τις χημικές και βιολογικές διεργασίες του μεταβολισμού των φυτών.

4. Διατηρεί σε σπαργή (υπό πίεση) όλα τα κύτταρα των φυτών. Το 60-90% του νωπού βάρους ενός φυτού αποτελείται από νερό.

5. Χρησιμοποιείται για τη διάλυση και τη μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης (σάκχαρα) και του μεταβολισμού μέσα στο φυτό.

6. Με τη διαπνοή ελέγχεται η θερμοκρασία γενικά του φυτού. Ειδικότερα με την εξάτμιση του νερού στους μεσοκυττάριους χώρους επιτυγχάνεται η ψύξη και επομένως η διατήρηση της κατάλληλης θερμοκρασίας για τις διεργασίες του μεταβολισμού.

Η μεταφορά του νερού δια μέσου του φυτού είναι συνεχής. Υπάρχει συνεχής κίνηση του νερού από το έδαφος στις ρίζες και από τις ρίζες στα διάφορα μέρη του φυτού και τελικά στα φύλλα από τα οποία με τη μορφή ατμών μέσω των στομάτων απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Η λειτουργία αυτή του φυτού λέγεται διαπνοή και καταναλώνει σχεδόν το 99% του νερού που απαιτείται για την ανάπτυξή του. Η διαπνοή μαζί με την εξάτμιση το νερού από την επιφάνεια του εδάφους και τα υγρά φυτικά μέρη λέγεται **εξατμισοδιαπνοή** και αποτελεί την συνολική ποσότητα νερού που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

3.2 Ταξινόμηση της εδαφικής υγρασίας

Πολλοί είναι οι ερευνητές που ασχολήθηκαν με την ταξινόμηση της εδαφικής υγρασίας. Επικράτησε όμως εκείνο του BRIGGS με τη προσθήκη του LEBEDEF (1928). Το σύστημα αυτό κατατάσσει την εδαφική υγρασία σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Νερό βαρύτητας ή διηθήσεως (Drainage water): το νερό αυτό δεν συγκρατείται από το έδαφος αλλά στραγγίζεται από την επίδραση της βαρύτητας. Αυτό προκαλεί πολλές φορές ζημιές στη καλλιέργεια όταν η στράγγιση είναι πολύ βραδέα.

Δύο μέρες περίπου μετά από μία άρδυσή το νερό στραγγίσεως απομακρύνεται από τη κυρίως ζώνη του ριζοστρώματος στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

2. Τριχοειδές νερό (Capillary water): το νερό κρατείται στο έδαφος από δυνάμεις επιφανειακής τάσης ή έλξεως σαν συνεχείς μεμβράνες γύρω από τους εδαφικούς κόκκους και μέσα στους τριχοειδούς πόρους αυτού.

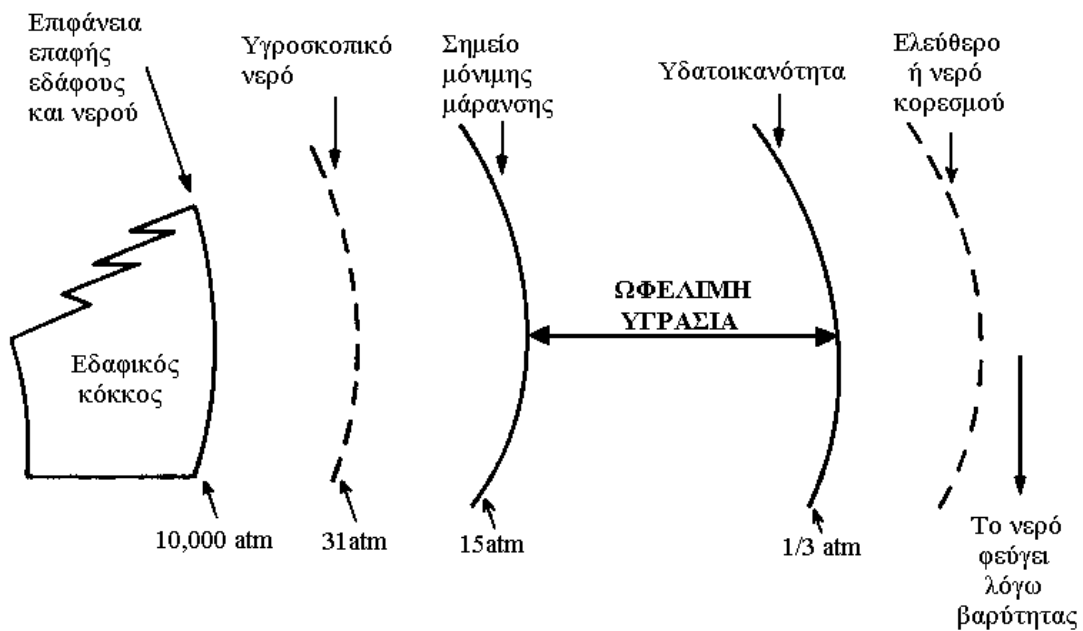
Το τριχοειδές νερό είναι η μοναδική πηγή τροφοδοσίας των καλλιεργειών γι' αυτό ονομάζεται και ωφέλιμο ή διαθέσιμο. Συγκρατείται από το έδαφος με τάση 1/3 μέχρι 31 atm.

3. Υγροσκοπικό νερό (hygroscopic water): το νερό αυτό συγκρατείται πολύ ισχυρά από δυνάμεις επιφανειακής τάσεως σαν μία λεπτή μεμβράνη που περιβάλλει τους

εδαφικούς πόρους. Η τάση συγκρατήσεως είναι τόσο ισχυρή που φτάνει στις 10.000 atm. Και τα φυτά δεν μπορούν να το προσλάβουν.

Το υγροσκοπικό νερό αυξάνει με την ελάττωση του μεγέθους των κόκκων του εδάφους και μάλιστα με την αύξηση της περιεκτικότητας σε άργιλλο και χούμο.

4. Νερό σε αέρια φάση ή προσροφημένο νερό (absorbed water): το νερό αυτό οφείλεται στην εξάτμιση, κινείται δε από περιοχές υψηλών πιέσεων προς χαμηλότερες πιέσεις. Το νερό αυτό δεν χρησιμοποιείται από τα φυτά.



Σχήμα 3.1: Κατάταξη εδαφικής υγρασίας.

3.3 Επηρεασμός της εδαφικής υγρασίας

Το έδαφος αποτελείται από στερεά τεμαχίδια, με διαφορετικό μέγεθος και σχήμα με διάφορους τρόπους διατεταγμένα στο χώρο, αφήνουν μεταξύ τους κενά (πόρους) που έχουν ποικιλία διαστάσεων και σχημάτων. Οι πόροι καταλαμβάνονται από εδαφικό νερό και αέρα σε αναλογίες που ποικίλουν και εξαρτώνται από την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους.

Το εδαφικό νερό δεν είναι χημικά καθαρό νερό αλλά ένα υδατικό διάλυμα στερεών και αερίων που γι αυτό το λόγο θα πρέπει σωστότερα να αναφέρεται σαν **εδαφικό διάλυμα (soil solution)**. Η σύσταση και η συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος εξαρτάται απ' τις αυξομειώσεις του διαλύτη (νερού), τη προέλευση και σύσταση της στερεής φάσης του

εδάφους καθώς και από το ρυθμό ανάπτυξης αλλά και από την πυκνότητα των φυτικών οργανισμών που ζουν και αναπτύσσονται στο έδαφος.

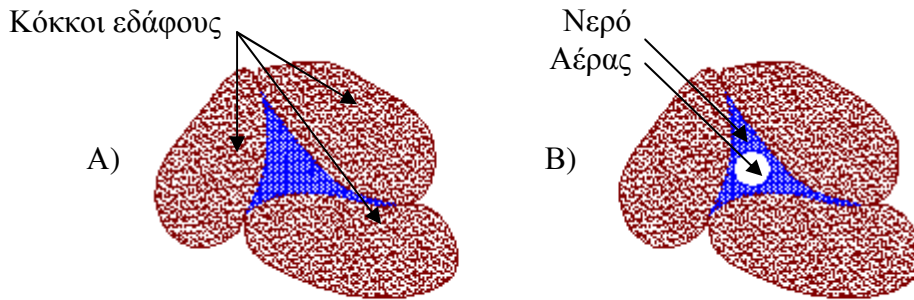
Η εδαφική υγρασία ποικίλει πάρα πολύ στα διάφορα σημεία του εδάφους πράγμα που οφείλεται τόσο σε εδαφικά χαρακτηριστικά όσο και στα φυτά που αναπτύσσονται σε αυτό. Τα εδαφικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τη τιμή της εδαφικής υγρασίας είναι κυρίως η μηχανική σύσταση και η δομή, που με τη σειρά τους επηρεάζουν την φαινομενική πυκνότητα, το πορώδες, τις διαστάσεις, τη κατανομή μεγέθους και την γεωμετρία των πόρων καθώς και την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους. Η υδραυλική αγωγιμότητα ή υδατοπερατότητα (infiltration) καλείται η ταχύτητα με την οποία το νερό μπορεί να κινηθεί μέσω της μάζας του εδάφους. Άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάζει την τιμή της εδαφικής υγρασίας είναι η τοπογραφία της επιφάνειας του εδάφους. Τα καλλιεργούμενα φυτά δεν κατανέμονται ομοιόμορφα στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά και το ριζικό τους σύστημα παρουσιάζει ανομοιόμορφη ανάπτυξη. Έτσι, τα φυτά δεν εκμεταλλεύονται όλα ίσο όγκο εδάφους, και κατά συνέπεια απομακρύνουν διαφορετικά ποσά νερού από διάφορα σημεία του εδάφους.

3.4 Σταθερές εδαφικής υγρασίας

Η εδαφική υγρασία, μπορεί να μεταβάλλεται από μηδέν, όταν το εδαφικό δείγμα ξηρανθεί για 48 ώρες σε 105 °C, μέχρι μια τιμή ίση με το πορώδες του εδάφους, όταν το έδαφος είναι **κορεσμένο** με νερό. Βρίσκουν εφαρμογή όμως και δύο ενδιάμεσα στάδια εδαφικής υγρασίας.

Το πρώτο ονομάζεται **υδατοϊκανότητα ή υδατοχωρητικότητα** (field capacity) του εδάφους. Για μεγάλο χρονικό διάστημα είχε αναγνωρισθεί παγκοσμίως ότι η υδατοϊκανότητα (ΥΔ) ή υδατοχωρητικότητα είναι μία φυσική και χαρακτηριστική σταθερά του εδάφους. Σύμφωνα με το αρχικό ορισμό από τους Veihmeyer και Hendrickson (1952) υδατοϊκανότητα είναι το ποσό του νερού (περιεχόμενη υγρασία, gr νερού ανά cm³ εδάφους) που συγκρατεί το έδαφος, όταν η περίσσεια του νερού έχει απομακρυνθεί (έχει στραγγίσει) και η ταχύτητα της διήθησης του προς τα κάτω είναι αμελητέα. Η στράγγιση αυτή συνήθως διαρκεί 2-3 ημέρες μετά από την άρδευση ή τη βροχόπτωση ενός ομοιόμορφου όσο αναφορά τη δομή και υφή του εδάφους. Στη κατάσταση αυτή το νερό από τους μεγάλους πόρους, που δεν μπορεί να συγκρατηθεί λόγω της βαρύτητας, έχει απομακρυνθεί ενώ οι μικροπόροι είναι πλήρεις με νερό. Η μεγάλη αξία για όσους υπολογίζουν το αρδευτικό νερό, του ορισμού της υδατοϊκανότητας είναι ότι προσδιορίζει τη μέγιστη ποσότητα νερού

περίπου που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος χωρίς άλλες αξιοσημείωτες μειώσεις από την εσωτερική στράγγιση.



Σχήμα 3.2 A) Έδαφος σε κατάσταση κορεσμού.
B) Έδαφος σε κατάσταση υδατοϊκανότητας.

Είναι όμως σήμερα γνωστό ότι η υδατοϊκανότητα δεν είναι μία σταθερά της εδαφικής υγρασίας γιατί η εσωτερική στράγγιση του νερού συνεχίζεται με αργό ρυθμό για μερικές ημέρες. Στα χονδρόκοκκα εδάφη η στράγγιση διαρκεί 2-3 ημέρες αλλά στα λεπτόκοκκα μπορεί να διαρκέσει 7 ημέρες ή και περισσότερο.

Ως υδατοϊκανότητα αναφέρεται επίσης η εδαφική υγρασία που συγκρατείται στο έδαφος όταν υποστεί τάση (εφελκυσμό) $1/3$ της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Οι προσπάθειες για να συσχετιστεί το σημείο υδατοϊκανότητας με μία συγκεκριμένη τάση υγρασίας αγνοούν το γεγονός ότι η υγρασία σε ένα προφίλ εδάφους δεν εξαρτάται μόνο από τις δυνάμεις που το συγκρατούν αλλά και από την υδατοπερατότητα ολόκληρου του προφίλ του εδάφους. Η προς τα κάτω παροχή q του νερού ανά μονάδα επιφανείας του εδάφους είναι:

$$q = k \left(\frac{ds_m}{dz} + 1 \right) \quad (3.1)$$

- όπου
- s_m = η τάση της εδαφικής υγρασίας (cm στήλης νερού).
 - z = το βάθος (cm)
 - k = ο συντελεστής υδατοπερατότητας (cm/day)

Η ύπαρξη υψηλού υπόγειου ορίζοντα ή αδιαπέραστου εδαφικού στρώματος σε μικρό βάθος επιμηκύνει το χρόνο της στράγγισης. Επίσης εάν ένα βαθύ έδαφος κορεσθεί αρχικά σε μεγάλο βάθος η εσωτερική στράγγιση θα είναι αργή και επομένως το επιφανειακό έδαφος θα φτάσει στην υδατοϊκανότητα πιο γρήγορα σε σύγκριση με ένα άλλο έδαφος της ίδια δομής που έχει κορεσθεί σε μικρό βάθος. Η ομοιογένεια του εδάφους επίσης επηρεάζει την υδατοϊκανότητα. Για παράδειγμα ένα λεπτόκοκκο έδαφος που βρίσκεται πάνω σε ένα χονδρόκοκκο εδαφικό ορίζοντα θα έχει μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα από ένα ομοιογενή έδαφος. Γενικότερα η υδατοϊκανότητα ενός εδάφους εξαρτάται από τις συνθήκες που γίνεται η μέτρηση και από τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Η υδατοϊκανότητα συνδέεται στενά με τη φυσικοχημική κατάσταση του εδάφους, δεδομένου ότι αυτή εξαρτάται από τη μηχανική σύσταση του εδάφους, της περιεχόμενης οργανικής ουσίας, της υφής, του ποσού και το είδους του, των ενυπαρχόντων κolloειδών συστατικών και του ποσού και το είδος των προσφερομένων εναλλακτικών κατιόντων. Η τιμή της υδατοϊκανότητας ποικίλει από 4% για τα ελαφρά αμμώδη εδάφη έως και 40% για ή και περισσότερο για τα βαριά αργιλλώδη εδάφη. Γενικά το νερό πληρεί το 40 έως το 60% των κενών χώρων ενός εδάφους.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εσωτερική στράγγιση και επομένως την υδατοϊκανότητα είναι:

1. Η υφή του εδάφους. Τα αργιλλώδη εδάφη συγκρατούν περισσότερο νερό και έχουν τη τάση να το διατηρούν για περισσότερο χρόνο από τα αμμώδη. Επομένως όσο περισσότερο άργιλλο περιέχει ένα έδαφος τόσο μεγαλύτερη είναι η υδατοϊκανότητα. Μετά το κορεσμό του, το αργιλλώδες έδαφος θέλει περισσότερες μέρες από ότι τα αμμώδη για να φτάσει στην υδατοϊκανότητα.

2. Ο τύπος της αργίλλου που επικρατεί. Εάν σε ένα έδαφος το κυρίαρχο ορυκτό της αργίλλου είναι ο μοντμοριλλονίτης τότε απορροφάει και συγκρατεί περισσότερη ποσότητα νερού στην υδατοϊκανότητα από έδαφος με κυρίαρχο ορυκτό το καολινίτη.

3. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα ενός εδάφους σε οργανική ουσία τόσο περισσότερο νερό συγκρατεί.

4. Η δομή του εδάφους. Ένα έδαφος με σταθερά συσσωματώματα και καλή δομή στραγγίζει πιο γρήγορα από τους μακροπόρους ενώ οι μικροπόροι συγκρατούν αρκετό νερό. Συμπιεσμένα εδάφη με κακή δομή συγκρατούν λιγότερο νερό και στραγγίζουν αργά.

5. Το βάθος κορεσμού του εδάφους. Όταν ένα βαθύ έδαφος κορεσθεί με νερό σε μεγάλο βάθος η ανακατανομή του νερού θα είναι πολύ αργή και το επιφανειακό έδαφος θα

φτάσει στην υδατοϊκανότητα πιο αργά, αλλά θα έχει μεγαλύτερη τιμή από ένα έδαφος που έχει κορεσθεί αρχικά σε μικρό βάθος.

6. Η ύπαρξη εδαφικών στρωμάτων με διαφορετικές υδραυλικές ιδιότητες παρεμποδίζουν την εσωτερική στράγγιση και κατανομή του νερού. Έτσι παρατηρείται επιβράδυνση της κίνησης του νερού. Ιδιαίτερα ένα αδιαπέραστο στρώμα παρεμποδίζει τη κίνηση του νερού στο υπερκείμενο εδαφικό στρώμα.

7. Η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να επηρεάσει την εδαφική υγρασία πριν την διήθηση και επομένως και τη διήθηση.

Το δεύτερο ενδιάμεσο στάδιο εδαφικής υγρασίας ονομάζεται **ποσοστό μόνιμης μάρανσης** (permanent wilting percentage). Όταν η εδαφική υγρασία φτάσει στο σημείο αυτό, τα φυτά δεν μπορούν να πάρουν από το έδαφος το νερό που χρειάζονται για τη κάλυψη των αναγκών τους και για το λόγο αυτό αρχίζουν και μαραίνονται. Όταν φτάσουν σε αυτό το σημείο δεν μπορούν να επανέρθουν στη ζωή και όταν ακόμα τοποθετηθούν για ένα 24ωρο σ' ένα θάλαμο με κορεσμένη από υδρατμούς ατμόσφαιρα.

Το σημείο μόνιμης μάρανσης ΣΜΜ (*Permanent Wilting Point*) δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από υφή και δομή του εδάφους, το είδος και τη κατάσταση που βρίσκονται τα φυτά, τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Για τους λόγους αυτούς, η τάση της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό είναι κυμαινόμενη.

Οι Furr και Reeve με εργασίες τους σε μεγάλο αριθμό ζευγών εδάφους-φυτού, εξακρίβωσαν ότι, οι δυνάμεις συνάφειας εδάφους-νερού στο σημείο διαρκούς μάρανσης των φυτών, κυμαίνονται μεταξύ 9-22 ατμοσφαιρών. Όμως, κάτω από την επίδραση τόσο υψηλών τιμών πίεσης επί των δειγμάτων εδάφους απομακρύνεται μικρό μόνο ποσοστό του εδαφικού νερού. Έτσι, για υγιή εδάφη, με μικρή ποσότητα επιβλαβών αλάτων, ως σημείο μόνιμης μάρανσης μπορεί να ληφθεί η δύναμη συνάφειας εδάφους-νερού της τάξης των 15 ατμοσφαιρών.

Για τις μελέτες των αρδευτικών έργων έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του σημείου μόνιμης μάρανσης με μέτρηση της υγρασίας που απομένει στο έδαφος μετά από άσκηση πίεσης 15 ατμοσφαιρών. Η υγρασία στο σημείο μάρανσης εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό βάρους ξηρού εδάφους.

Όταν η υγρασία του εδάφους φτάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης η ανάπτυξη των φυτών σταματά. Τα φυτά εξακολουθούν να παίρνουν νερό από το έδαφος και κάτω από το σημείο αυτό, αυτό όμως είναι μόλις αρκετό να τα κρατά στη ζωή. Αν η υγρασία ελαττωθεί

λίγο περισσότερο θα προκαλέσει ξήρανση των φυτών. Το όριο της εδαφικής υγρασίας κάτω από το οποίο τα φυτά ξεραίνονται λέγεται **έσχατο σημείο μάρανσης**.

Η υδατοϊκανότητα και το ποσοστό μόνιμης μάρανσης είναι τα δύο όρια, από πλευράς εδαφικής υγρασίας, μέσα στα οποία τα φυτά μπορούν να επιζήσουν. Η περιοχή ανάμεσα στα δύο αυτά όρια εκφράζει το διαθέσιμο για την ανάπτυξη των φυτών νερό. Το **διαθέσιμο νερό** (*available water*) βρίσκεται από την διαφορά της εδαφικής υγρασίας του ποσοστού μόνιμης μάρανσης από την εδαφική υγρασία που αντιστοιχεί στην υδατοϊκανότητα. Είναι το ποσοστό της εδαφικής, που μπορεί να προσληφθεί με ευχέρεια από το ριζικό σύστημα των φυτών και εκφράζεται ως επί τοις εκατό ξηρό βάρος % D.w. (Dry weight) .

$$aw = fc - pwp \quad (3.2.)$$

όπου aw = διαθέσιμη υγρασία (% D.w.)
 fc = υδατοϊκανότητα (% D.w.)
 pwp = ποσοστό μόνιμης μάρανσης (% D.w.)

Η μεταβολή της εδαφικής υγρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την σε διαφορετικό βαθμό εκδήλωση ορισμένων φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους όπως είναι η δομή, η διόγκωση και η συρρίκνωση, η υδραυλική αγωγιμότητα, η συνεκτικότητα, η συμπίεστικότητα και η μηχανική αντοχή.

Το διαθέσιμο νερό έχει ιδιαίτερη σημασία για τις αρδεύσεις και ποικίλει από έδαφος σε έδαφος. Είναι περισσότερο στα βαριά εδάφη και λιγότερο στα ελαφριά.

Σε ένα έδαφος με καλλιέργεια η διαθέσιμη υγρασία εξαντλείται εύκολα ενώ σε ένα γυμνό έδαφος, αυτή εξαντλείται ελάχιστα και βραδέως σε σχέση με το χρόνο και παραμένει κοντά στη υδατοϊκανότητα με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει από την επιφάνεια εξάτμιση.

Για τις αρδεύσεις η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους είναι μεγάλης σημασίας διότι ανάλογα με την εξάντληση αυτή στο έδαφος καθορίζεται η δόση αλλά και η συχνότητα άρδευσης.

Δεν πρέπει να αφήνουμε στο έδαφος να εξαντλείται ολόκληρη η διαθέσιμη υγρασία αλλά να αρδεύουμε πριν την εξάντληση της. Για το θέμα αυτό ασχολήθηκαν πολλοί ερευνητές σε διάφορες καλλιέργειες. Οι περισσότεροι όμως συμφωνούν ότι οι αρδεύσεις

πρέπει να πραγματοποιούνται όταν στο έδαφος θα εξαντληθεί το 50% μέχρι το 75% της διαθέσιμης υγρασίας.

Στο πίνακα 3.1 δίνονται οι διακυμάνσεις διαφόρων μεγεθών όπως η ταχύτητα διήθησης, το πορώδες, η υδατοϊκανότητα, το σημείο μάρανσης και η διαθέσιμη υγρασία σε διάφορους τύπους εδάφους.

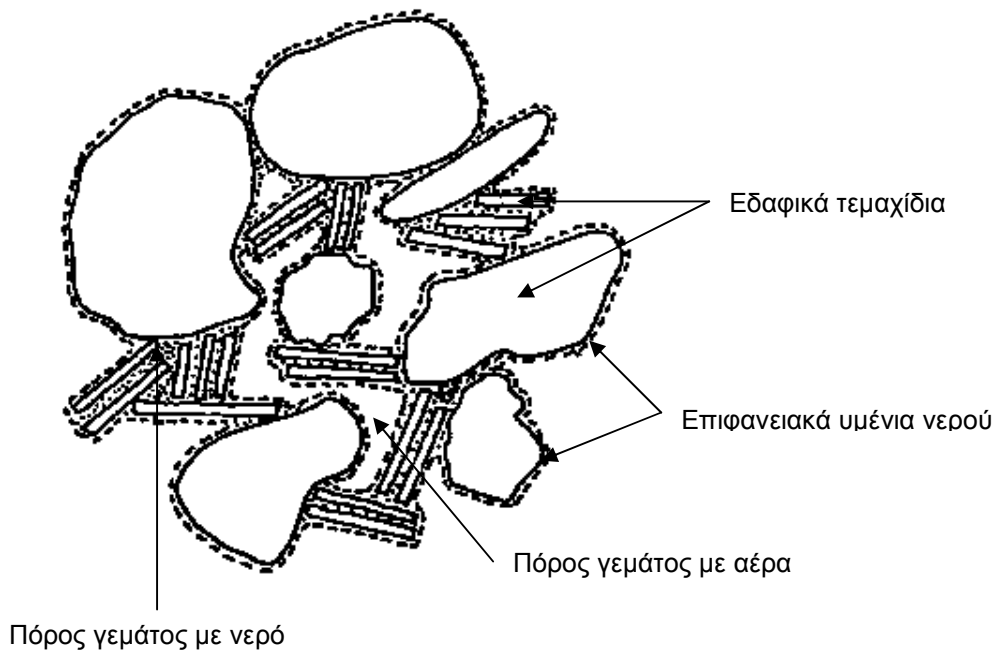
Μηχανική σύσταση	Τελική ταχύτητα διηθήσεως cm/hr	Πορώδες % n	Υδατοϊκανότητα % D.w.	Σημείο μάρανσης % D.w.	Διαθέσιμη υγρασία % D.w.
Αμμώδες	5 (2,5-25)	38 (32-42)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)
Αμμοπηλώδες	2,5 (1,3-7,6)	43 (40-47)	14 (10-18)	8 (4-8)	8 (6-10)
Πηλός	1,3 (0,8-2,0)	47 (43-49)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)
Αργιληλώδες	0,8 (0,25-1,5)	49 (47-51)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)
Ιλυοπηλώδες	0,25 (0,03-0,5)	51 (49-53)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)
Αργιλλώδες	0,05 (0,01-0,1)	53 (51-55)	35 (31-39)	18 (15-21)	17 (16-18)

Πίνακας 3.1: Διακυμάνσεις διαφόρων μεγεθών σε διάφορους τύπους εδάφους.

3.5 Οι δυνάμεις συγκράτησης του εδαφικού νερού

Το εδαφικό νερό δεν βρίσκεται συγκεντρωμένο και απομονωμένο σε διάφορες θέσεις μέσα στους πόρους του εδάφους αλλά αποτελεί κατά κάποιο τρόπο ένα συνεχόμενο σύστημα (δίκτυο) σχήμα 3.3. Η συνέχεια του δικτύου αυτού γίνεται δυνατή, ακόμα και όταν η τιμή της εδαφικής υγρασίας βρίσκεται κοντά στο μηδέν, επειδή κάθε εδαφικό τεμαχίδιο καλύπτεται από ένα πολύ λεπτή μεμβράνη νερού. Στα σημεία επαφής δύο εδαφικών τεμαχιδίων ή όπου δύο ή περισσότερα εδαφικά τεμαχίδια βρίσκονται πολύ κοντά το ένα με το άλλο, προκαλείται συνένωση των επιφανειακών μεμβρανών νερού. Επειδή μέσα στους πόρους του εδάφους όπου δεν υπάρχει εδαφικό νερό υπάρχει αέρας στις περιοχές που οι υδατικές μεμβράνες συνενώνονται, δημιουργούνται καμπύλες διαχωριστικές επιφάνειες

(μηνίσκοι) υγρού-αερίου. Οι δυνάμεις με τις οποίες συγκρατείται το νερό στο έδαφος οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ύπαρξη των παραπάνω διαχωριστικών επιφανειών υγρού-στερεού και υγρού-αερίου. Το εδαφικό νερό δεν είναι χημικά καθαρό άλλα ένα υδατικό διάλυμα, και όπως είναι φυσικό εμφανίζει οσμωτική πίεση. Η οσμωτική αυτή πίεση αποτελεί ακόμη ένα παράγοντα συγκράτησης του εδαφικού νερού από το έδαφος.



Σχήμα 3.3: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής του εδαφικού νερού σε ακόρεστο έδαφος.

Η ύπαρξη **διαχωριστικής επιφανείας υγρού-στερεού** έχει μεγάλη σπουδαιότητα για τη συγκράτηση του νερού στο έδαφος καθώς και για την αλληλεπίδραση του νερού και εδάφους. Οι πιθανοί μηχανισμοί απορρόφησης και συγκράτησης του νερού απ' το έδαφος είναι κατά τον Low (1961) οι παρακάτω:

- Δεσμοί υδρογόνου.
- Εφυδάτωση των προσροφημένων κατιόντων.
- Έλξη λόγω διαφοράς οσμωτικής πίεσης.
- Έλξη μεταξύ αρνητικά φορτισμένης επιφάνειας και δίπολων μορίων νερού.
- Έλξη που οφείλεται σε δυνάμεις London-van der Waals που αναπτύσσονται μεταξύ στερών και μορίων νερού.

Αν και οι περισσότεροι απ' τους παραπάνω μηχανισμούς συγκράτησης του εδαφικού νερού δρουν ταυτόχρονα, η σχετική σπουδαιότητα που αποκτούν για τη συγκράτηση του νερού εξαρτάται τόσο απ' τη ποσότητα του εδαφικού νερού όσο και από ορισμένες ιδιότητες της στερεής φάσης του εδάφους όπως, η μηχανική σύσταση, το είδος των ορυκτών της αργίλλου και το είδος των προσροφημένων κατιόντων.

Ακόμα και όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό είναι μικρή, υπάρχουν καμπύλες διαχωριστικής επιφάνειας (μηνίσκοι) νερού-αέρα μέσα στους πόρους του εδάφους. Επειδή η γωνία επαφής του νερού με τα περισσότερα ανόργανα στερεά εδαφικά υλικά είναι μικρότερη από 90° , δηλαδή τα ανόργανη προέλευσης εδαφικά τεμαχίδια διαβρέχονται από το νερό, οι μηνίσκοι είναι κοίλοι προς τη πλευρά της αέριας φάσης. Αυτό σημαίνει ότι η πίεση μέσα στη μάζα του νερού και ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του μηνίσκου είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Λόγο αυτής της ύπαρξης των μηνίσκων και της επακόλουθης υποπίεσης, το νερό συγκρατείται με κάποια δύναμη απ' τη στερεή φάση του εδάφους. Η δύναμη αυτή συγκράτησης είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη η καμπυλότητα του μηνίσκου, όσο δηλαδή μικρότερη είναι η ακτίνα των πόρων. Έτσι οι πόροι με μεγαλύτερη ακτίνα αδειάζουν πρώτοι σε σχέση με τους μικρότερους πόρους. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή κατά τη προσθήκη νερού στο έδαφος θα γεμίσουν πρώτα οι πόροι με μικρότερη ακτίνα (μικροπόροι) και μετά οι πόροι μεγαλύτερης ακτίνας (μακροπόροι).

Οι διαφορετικές κατηγορίες δυνάμεων συγκράτησης του νερού στο έδαφος που οφείλονται στις διαχωριστικές επιφάνειες υγρού-στερεού και υγρού-αερίου, δρουν ταυτόχρονα και η ύπαρξη ή η δράση της μίας δεν παρεμποδίζει ή απαγορεύει την δράση της άλλης, ανεξάρτητα απ' την ποσότητα του εδαφικού νερού.

Λόγω των δυνάμεων των διαχωριστικών επιφανειών υγρού-στερεού και υγρού-αερίου που αναπτύσσονται στο έδαφος και της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού νερού, το εδαφικό νερό βρίσκεται κάτω από μία υποπίεση (αρνητική πίεση) ή τάση ή με άλλα λόγια το νερό μζάται κάτω από το έδαφος. Έτσι αντί να αναφέρονται περιφραστικά όλες οι δυνάμεις συγκράτησης του νερού από το έδαφος είναι προτιμότερο να μιλάμε για **αρνητική πίεση** (*negative pressure*) ή **τάση** (*tension*) ή **μύζηση** (*suction*) του εδαφικού νερού.

Η μύζηση εκφράζει τη δύναμη συγκράτησης του εδαφικού νερού απ' το έδαφος ανά μονάδα επιφάνειας του εδάφους ή η δύναμή ανά μονάδα επιφάνειας που πρέπει να εφαρμοστεί στο εδαφικό νερό για να απομακρυνθεί από το έδαφος. Η μύζηση του εδαφικού νερού ονομάζεται συνήθως **ολική μύζηση** επειδή αποτελεί το άθροισμα δύο διαφορετικών παραγόντων. Ο πρώτος οφείλεται στη στερεά φάση του εδάφους (matric suction) ενώ ο

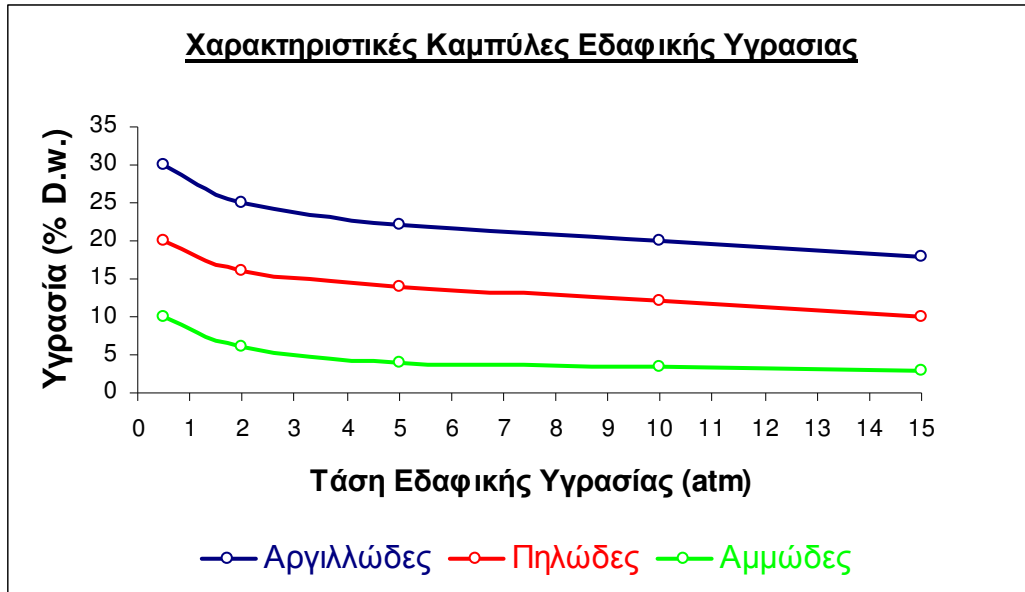
δεύτερος οφείλεται στην **οσμωτική πίεση** του εδαφικού διαλύματος (*osmotic suction*). Αφού η μύζηση του εδαφικού νερού είναι στην πραγματικότητα αρνητική πίεση, έχει πάντα τιμές μικρότερες από απ' την ατμοσφαιρική πίεση. Κατά συνθήκη όμως λαμβάνεται να έχει θετική τιμή, με εξαίρεση τη περίπτωση του κορεσμένου εδάφους όπου είναι ίση με μηδέν.

Ο εδαφικός παράγοντας που επηρεάζει από κάθε άλλο τις δυνάμεις με τις οποίες το εδαφικό νερό συγκρατείται απ' το έδαφος είναι η μηχανική σύσταση του εδάφους. Η μηχανική σύσταση επηρεάζει κατά κύριο λόγο το πορώδες, τη κατανομή μεγέθους, το σχήμα και τη γεωμετρία των πόρων και την τιμή της ειδικής επιφάνειας των στερεών τεμαχιδίων του εδάφους, που με της σειρά τους καθορίζουν την ένταση των δυνάμεων συγκράτησης του νερού στο έδαφος. Η διαφορετική μηχανική σύσταση σημαίνει διαφορετική δύναμη συγκράτησης του εδαφικού νερού στην στερεή φάση του εδάφους δηλαδή διαφορετική μύζηση που είναι ο καθοριστικός παράγοντας εφοδιασμού των φυτών με νερό. Ας θεωρηθεί ως παράδειγμα η ακραία περίπτωση ενός αμμώδους και ενός αργιλλώδους εδάφους που έχουν και οι δύο υγρασία ίση με $0,15 \text{ cm}^3(\text{H}_2\text{O})/\text{cm}^3(\text{εδάφους})$. Ενώ το αμμώδες έδαφος θα είναι σε θέση να εφοδιάσει τα φυτά με νερό, δεν θα συμβεί το ίδιο με το αργιλλώδες έδαφος επειδή οι δυνάμεις συγκράτησης του νερού από το έδαφος είναι πολύ μεγάλες και τα φυτά δεν μπορούν να της υπερνικήσουν και να προσλάβουν το νερό για τη θρέψη τους.

3.6 Η χαρακτηριστική καμπύλη εδαφικής υγρασίας

Για ένα συγκεκριμένο έδαφος, η μύζηση του εδαφικού νερού μεταβάλλεται με την εδαφική υγρασία, σε κάθε τιμή της εδαφικής υγρασίας αντιστοιχεί και μια τιμή μύζησης. Αν τέτοια ζευγάρια τομών μύζησης-υγρασίας, τοποθετηθούν σ' ένα σύστημα ορθογώνιων συντεταγμένων δίνουν μία ομαλή και συνεχή καμπύλη. Μία τέτοια καμπύλη ονομάζεται **χαρακτηριστική καμπύλη συγκράτησης εδαφικής υγρασίας** (*soil water retention characteristic curve*) που επιτρέπει τη μελέτη της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην μύζηση και στην ποσότητα του εδαφικού νερού σε όλο το εύρος της εδαφικής υγρασίας.

Στο σχήμα 3.4 δίνονται κάποιες χαρακτηριστικές καμπύλες τριών βασικών τύπων εδάφους

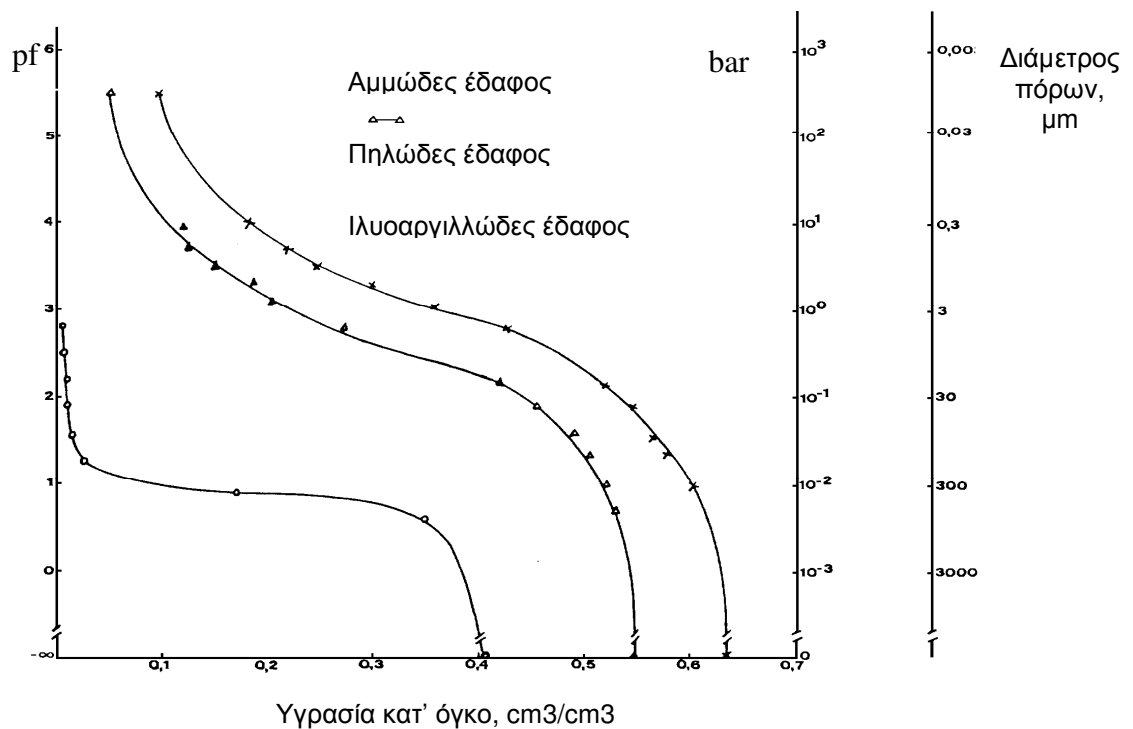


Σχήμα 3.4: Χαρακτηριστικές καμπύλες εδαφικής υγρασίας σε τρεις τύπους εδαφών.

Ο Schofield (1935) εισήγαγε μία καινούρια μορφή έκφρασης της μύζησης του εδαφικού νερού, το pf . Σαν pf ορίζεται ο δεκαδικός λογάριθμος της μύζησης του εδαφικού νερού όταν αυτή εκφράζεται σε εκατοστόμετρα στήλης νερού.

$$pf = \log s_m \quad (3.3)$$

Έτσι αν η μύζηση του εδαφικού νερού σε ένα έδαφος είναι 1,2 bar ή $1,2 \times 10^3$ cm H_2O αντιστοιχεί σε τιμή $pf=3,079$. Στο σχήμα 3.5 δίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες συγκράτησης του νερού τριών δειγμάτων. Το πρώτο δείγμα είναι καθαρή άμμος με διάμετρο τεμαχιδίων που κυμαίνεται από 0,5 έως 2 mm. Τα άλλα δύο είναι εδαφικά δείγματα, ένα πηλώδες και ένα ιλυοαργιλλώδες. Από τη σύγκριση των τριών χαρακτηριστικών καμπυλών γίνεται φανερό πράγμα που θα έπρεπε να περιμένει κανείς, ότι για κάθε τιμή μύζησης ένα βαρύ έδαφος συγκρατεί περισσότερο νερό από ένα ελαφρότερο ή με άλλη διατύπωση η ίδια ποσότητα εδαφικής υγρασίας, συγκρατείται με μεγαλύτερη μύζηση σ' ένα βαρύ απ' ότι σε ένα ελαφρύ έδαφος.



Σχήμα 3.5: Χαρακτηριστικές καμπύλες συγκράτησης της εδαφικής υγρασίας σε τρία εδαφικά δείγματα.

Η παραπάνω διατύπωση μπορεί πολύ εύκολα να εξηγηθεί από τους παράγοντες που καθορίζουν την ένταση των δυνάμεων συγκράτησης του νερού στο έδαφος, που καθορίζουν δηλαδή την τιμή της μύζησης του εδαφικού νερού. Σε ένα βαρύ για παράδειγμα έδαφος, λόγω του μικρού μεγέθους των τεμαχιδίων, η ειδική επιφάνεια των εδαφικών τεμαχιδίων έχει πολύ μεγάλη τιμή και γι' αυτό το λόγο οι δυνάμεις συγκράτησης του εδαφικού νερού που οφείλονται στην ύπαρξη της διαχωριστικής επιφάνειας υγρού-στερεού θα έχουν υψηλή τιμή. Από την άλλη μεριά, ενώ ένα βαρύ έδαφος έχει μεγαλύτερο ολικό πορώδες από ένα ελαφρύ έδαφος, οι επί μέρους πόροι του είναι πολύ μικρότερων διαστάσεων απ' ό,τι οι πόροι σ' ένα ελαφρύ έδαφος και επομένως οι διαχωριστικές επιφάνειες υγρού-αερίου (μηνίσκοι) που σχηματίζονται έχουν μεγαλύτερη καμπυλότητα. Ένας τρίτος λόγος είναι ότι ένα βαρύ έδαφος, έχει περισσότερα προσροφημένα κατιόντα αλλά και το εδαφικό του διάλυμα έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυτών αλάτων. Κατά συνέπεια, το νερό που συγκρατείται με τη μορφή εφυδατώματος των προσροφημένων κατιόντων ή λόγω μεγαλύτερης οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος είναι περισσότερο σ' ένα βαρύ έδαφος απ' ό,τι σ' ένα ελαφρότερης μηχανικής σύστασης.

Το ότι η χαρακτηριστική καμπύλη συγκράτησης του εδαφικού νερού είναι ομαλή επιβεβαιώνει η άποψη που αναφέρθηκε. Οι δυνάμεις συγκράτησης του νερού στο έδαφος έχουν συνεχή δράση και εφαρμογή και δεν αρχίζουν ή σταματούν να εμφανίζονται σε κάποια συγκεκριμένη περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό.

Η χαρακτηριστική καμπύλη συγκράτησης του εδαφικού νερού χρησιμοποιείται πολλές φορές, και προκειμένου για εδάφη που δεν εμφανίζουν καθόλου ή εμφανίζουν σε πολύ μικρό βαθμό το φαινόμενο της διόγκωσης-συρρίκνωσης, για τη μελέτη της κατανομής της **ενεργού ακτίνας των πόρων του εδάφους**.

Σαν ενεργός ακτίνα (effective radius) ενός εδαφικού πόρου ορίζεται η ακτίνα ενός υποθετικού πόρου που έχει κυλινδρικό σχήμα και στον οποίο το εδαφικό νερό συγκρατείται με την ίδια μύζηση με την οποία συγκρατείται το νερό και στον υπόψη εδαφικό πόρο.

Η ανύψωση του νερού σε ένα τριχοειδή σωλήνα, κατασκευασμένο από υλικό που διαβρέχεται από το νερό, δίνεται από την εξίσωση (3.4) στην οποία έχει αντικατασταθεί η τριχοειδής ανύψωση του νερού με την μύζηση.

$$S_m = \frac{2\gamma}{\gamma_w \cdot g \cdot r} \quad (3.4)$$

όπου	S_m = μύζηση
	γ = επιφανειακή τάση
	γ_w = πυκνότητα
	g = επιτάχυνση της βαρύτητας
	r = ενεργός ακτίνα των πόρων

Επειδή η επιφανειακή τάση και η πυκνότητα του νερού έχουν σταθερή τιμή για συγκεκριμένη θερμοκρασία και επειδή η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει σταθερή τιμή για συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος, η μύζηση εξαρτάται μόνο από την ακτίνα των πόρων. Αν στην παραπάνω εξίσωση αντικατασταθούν αυτές οι σταθερές τιμές (για 20°C $\gamma=72,75$ dyne/cm, και $\gamma_w=0,998$ gr/cm³) καθώς και ($g=9,81$ erg/gr/cm) η εξίσωση γίνεται:

$$S_m = \frac{0,149}{r} \quad (3.5)$$

3.7 Υστέρηση της εδαφικής υγρασίας

Η σχέση μεταξύ της μύζησης και της εδαφικής υγρασίας δεν είναι μοναδική και αμετάβλητη γιατί εξαρτάται από την προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση του εδάφους. Στη

περίπτωση κορεσμένου εδάφους που έχει υποβληθεί σε προοδευτική αφαίρεση (εκρόφηση) του νερού, ακολουθηθεί η αντίθετη διαδικασία, δηλαδή ξηρό έδαφος υποβληθεί σε προοδευτική διύγνωση (προσφόρηση), τότε το αποτέλεσμα θα είναι διαφορετικό. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια μία διαφορετική χαρακτηριστική καμπύλη συγκράτησης του εδαφικού νερού. Το φαινόμενο της μη ταύτισης των δύο χαρακτηριστικών καμπυλών του ίδιου εδάφους, που οφείλεται στην διαφορετική διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη κατασκευή τους, ονομάζεται **υστέρηση της εδαφικής υγρασίας** (*hysteresis of soil water*).

3.8 Μέθοδοι προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας

Επειδή η περιεκτικότητα της μάζας του εδάφους σε νερό διαφέρει στα διάφορα σημεία του εδάφους, θα πρέπει για να έχουν σχέση τα αποτελέσματα με την πραγματικότητα, η μέτρηση της υγρασίας να γίνεται σε πολλά και αντιπροσωπευτικά δείγματα.

Η εδαφική υγρασία μετριέται είτε άμεσα (σταθμική μέθοδος) ή υπολογίζεται απ' τη σχέση μεταξύ αυτής και μίας άλλης ιδιότητας του εδάφους, όπως στις μεθόδους της ηλεκτρικής αντίστασης, μέθοδος νετρονίων και απόσβεσης ακτίνων γ.

1. Σταθμική μέθοδος: είναι η κλασική μέθοδος της υγρασίας ανά μονάδα βάρους ξηρού εδάφους. Βασίζεται στη λήψη εδαφικών δειγμάτων και στον προσδιορισμό της υγρής και ξηρής μάζας. Η υγρή μάζα προσδιορίζεται ζυγίζοντας κάθε εδαφικό δείγμα όπως αυτό βρίσκεται και τη στιγμή της δειγματοληψίας ενώ η ξηρή μάζα βρίσκεται με ζύγιση αφού προηγουμένα το δείγμα ξηραθεί σε 105°C για 24 έως 48 ώρες αναλόγως με την υγρασιακή κατάσταση του δείγματος.

Η εδαφική υγρασία κατά βάρος βρίσκεται από τη σχέση:

$$m = \frac{m_w - m_d}{m_d} * 100 \quad (3.6)$$

όπου m = εδαφική υγρασία κατά μάζα (% D.w.)

m_w = υγρή μάζα (gr)

m_d = ξηρή μάζα (gr)

Πολλές φορές είναι απαραίτητο η εδαφική υγρασία να εκφράζεται ανά μονάδα όγκου. Ο υπολογισμός της εδαφικής υγρασίας κα' όγκο, απαιτεί τη γνώση της εδαφικής υγρασίας κατά βάρος και της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους. Δίνεται από τη σχέση:

$$\Theta = m \frac{\gamma_d}{\gamma_w} \quad (3.7)$$

- όπου
- θ = εδαφική υγρασία κατ' όγκο ($\text{cm}^3\text{H}_2\text{O} / \text{cm}^3\text{εδάφους}$)
 - m = εδαφική υγρασία κατά βάρος (% D.w.)
 - γ_w = πυκνότητα του νερού (gr / cm^3)
 - γ_d = φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους (gr / cm^3)

Η εδαφική υγρασία κατ' όγκο, μπορεί να θεωρηθεί σαν το ισοδύναμο ύψος νερού στη μονάδα βάθους του εδάφους και είναι το ύψος που θα καταλάμβανε η ίδια ποσότητα νερού αν βρισκόταν σε μία οριζόντια και αδιαπέραστη επιφάνεια.

Η έκφρασή της εδαφικής υγρασίας κατ' όγκο πλεονεκτεί, από φυσικής άποψη, σε σύγκριση με τη κατά βάρος εδαφική υγρασία επειδή λαμβάνεται υπ' όψη τις μεταβολές της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους που συμβαίνουν όταν μεταβάλλεται η υγρασία.

2. Άλλοι μέθοδοι προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας:

- Μέθοδοι που βασίζονται στη μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους.
- Χημικές μέθοδοι (*chemical methods*)
- Μέθοδος νετρονίων (*methods neutron*).
- Μέθοδος απόσβεσης ακτίνων γ (γ - *attenuation*).
- Ζυγός υγρασίας (*scale water*).

3.9 Η ανακατανομή της εδαφικής υγρασίας

Όταν η παροχή νερού, με βροχή ή άρδευση, στην επιφάνεια του εδάφους σταματήσει, σταματά φυσικά και η διήθηση του νερού δια μέσου της μάζας του εδάφους. Η κίνηση όμως του νερού μέσα στη μάζα του εδάφους δεν σταματά αλλά συνεχίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα προς τα κάτω καθώς το εδαφικό νερό ανακατανέμεται κατά μήκος της εδαφικής κατανομής.

Το επιφανειακό εδαφικό στρώμα που είναι κορεσμένο με νερό κατά τη διάρκεια της διήθησης, δεν συγκρατεί πια όλη την υγρασία καθώς ένα μέρος του νερού απομακρύνεται υπό την επίδραση της κλίσης δυναμικού του νερού που υπάρχει ανάμεσα σ' αυτό και στα

βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Αν η εδαφική κατανομή είναι αρχικά κορεσμένη σ' όλο το βάθος της ή η υπεδάφεια στάθμη του νερού βρίσκεται σε μικρό βάθος απ' την επιφάνεια τότε η κίνηση του νερού, μετά το σταμάτημα της διήθησης, ονομάζεται **εσωτερική στράγγιση** (*internal drainage*). Όταν δεν υπάρχει καθόλου υπεδάφεια στάθμη ή βρίσκεται σε μεγάλο βάθος ή όταν ένα μόνο λεπτό στρώμα του επιφανειακού εδάφους είναι κορεσμένο, η κίνηση του νερού ονομάζεται **ανακατανομή** (*redistribution*) του εδαφικού νερού. Αποτέλεσμα της ανακατανομής του εδαφικού νερού είναι η αύξηση της υγρασίας σε διαδοχικά βαθύτερα στρώματα και η αντίστοιχη μείωση της υγρασίας του αρχικά κορεσμένου εδαφικού στρώματος.

Η σπουδαιότητα της ανακατανομής του εδαφικού νερού κατά μήκους της εδαφικής κατανομής είναι πολύ σημαντική καθώς αυτή προσδιορίζει το ποσό του νερού που θα συγκρατηθεί, σε διάφορα χρονικά διαστήματα, σε διάφορα βάθη, επηρεάζοντας κατ' αυτό τον τρόπο την ποσότητα του νερού που μπορεί να παραληφθεί σε κάθε περίπτωση από τα φυτά.

3.10 Σχέση νερού-φυτού

Το νερό κατ' αρχήν αποτελεί στοιχείο της δομής των φυτών και αντιπροσωπεύει σε ποσοστό που κυμαίνεται από 60% μέχρι 95% του βάρους τους. Το 96% με 99,5% της ξηράς ουσίας του φυτού αποτελείται από CO₂ και H₂O.

Τα φυτά με τη διαπνοή τους αποβάλλουν το 99,8% του προσλαμβανόμενου νερού απ' της ρίζες και μόνο το 0,2% χρησιμοποιούν για τη δημιουργία των ιστών. Το νερό είναι το μέσο δια του οποίου διαλύονται τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και μεταφέρονται από τις ρίζες στα φύλλα για τη περαιτέρω διεργασία της θρέψης των φυτών.

Η πρόσληψη του νερού γίνεται απ' τα ριζικά τριχίδια του φυτού. Η δύναμη (τάση) με την οποία προσλαμβάνεται το εδαφικό νερό απ' τα ριζικά τριχίδια μιας καλλιέργειας φαίνεται στο πίνακα 3.6.

Είδος φυτού	Ατμόσφαιρες
Χειμερινά σιτηρά	25,5 - 34,5
Θερινά σιτηρά	23,5 - 32,0

Βρίζα	29,5 - 34,5
Βρώμη	17,7 - 23,4
Αραβόσιτος	25,5 - 29,5
Μπιζέλια	21,5 - 29,5
Μηδική	27,0
Ζαχαρότευτλα	14,0
Τριφύλλι	11,0

Πίνακας 3.6: Η τάση με την οποία προσλαμβάνεται το εδαφικό νερό από τα ριζικά τριχίδια σε κάθε καλλιέργεια.

Για τον υπολογισμό του διαθέσιμου νερού ενός εδάφους προς όφελος της καλλιέργειας είναι απαραίτητη η γνώση του βάθους της εδαφικής ζώνης, που εφοδιάζει κυρίως τα φυτά με νερό. Η κύρια μάζα του ριζικού συστήματος των φυτών αναπτύσσεται κυρίως στις ανώτερες προς την επιφάνεια του εδάφους εδαφικές στρώσεις. Τιμές βάθους ενεργού ριζοστρώματος για διάφορες καλλιέργειες σε cm φαίνονται στο πίνακα 3.7.

Αγκινάρες	30-50	Καρότα	40-60	Πεπονοειδή	50-70
Αγγούρια	30-50	Κρεμμύδια	20-40	Ζαχαρότευτλα	50-70
Άμπελος	60-80	Λάχανα	30-50	Σιτηρά	30-50
Αραβόσιτος	40-60	Λειμώνες	40-50	Σόγια	30-50
Αραχίδα	30-50	Λινάρι	30-50	Σόργο	40-60
Σπαράγγι	50-70	Μαρούλια	20-30	Σπανάκι	20-30
Βαμβάκι	60-80	Μηδική	60-80	Τομάτα	30-50
Πατάτες	40-60	Μπιζέλια	40-60	Φασόλια	30-50
Καπνός	50-70	Οπωροφόρα	50-70	Φράουλα	20-30

Πίνακας 3.7: Τιμές βάθους ενεργού ριζοστρώματος για διάφορες καλλιέργειες σε cm.

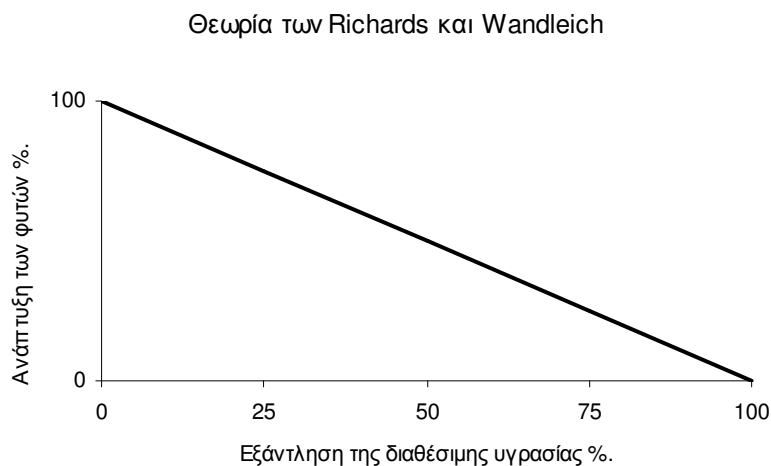
Η έλλειψη του νερού στο έδαφος αλλά και η περίσσεια αυτού έχει δυσμενή επίδραση στην ανάπτυξη και απόδοση των φυτών. Εκείνο που απασχολεί τους επιστήμονες στις αρδεύσεις είναι μέχρι πιο σημείο η εξάντληση της διαθέσιμης υγρασίας επηρεάζει την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Κατά τη **θεωρία των Veihmeyer και Hendrickson** τα φυτά παίρνουν το απαιτούμενο νερό με ευχέρεια σε όλη τη ζώνη μεταξύ υδατοϊκανότητας και σημείου μόνιμης μάρανσης όπως φαίνεται στο σχήμα 3.8.



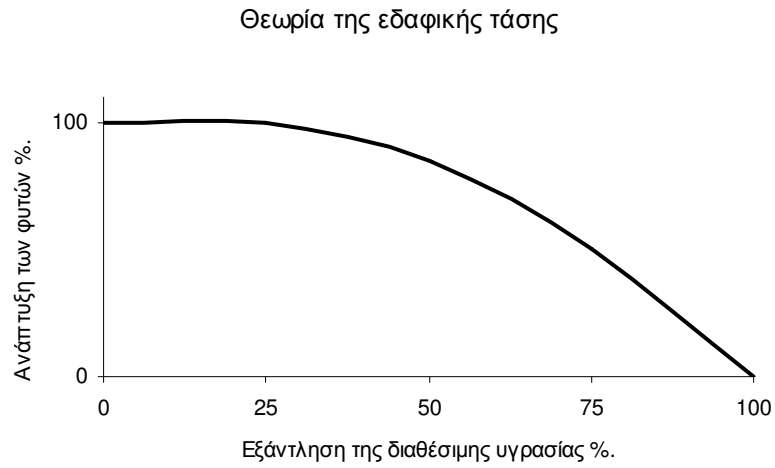
Σχήμα 3.6: Θεωρία των Veihmeyer και Hendrickson.

Κατά τη **θεωρία των Richards και Wandleich** η ανάπτυξη των φυτών μειώνεται προοδευτικά και παύει τελείως όταν φτάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.7: Θεωρία των Richards και Wandleich

Κατά τη **θεωρία της εδαφικής τάσης** η ανάπτυξη των φυτών είναι συνάρτηση της τάσης της εδαφικής υγρασίας όπως φαίνεται στο σχήμα 3.10.



Σχήμα 3.8: Θεωρία της εδαφικής τάσης.

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

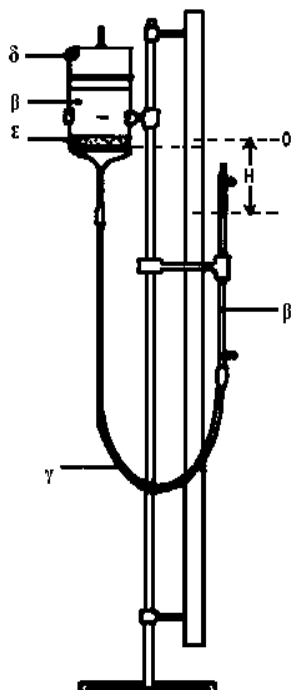
Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών καμπυλών εδαφικής υγρασίας μπορεί να γίνει είτε στο εργαστήριο, είτε στον αγρό.

4.1 Εργαστηριακές μέθοδοι προσδιορισμού χαρακτηριστικών καμπυλών εδαφικής υγρασίας.

4.1.1 Η μέθοδος Haines

Η μέθοδος Haines χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1930. Αποτελείται από ένα χωνί Bucher που έχει στο κάτω μέρος του ένα πορώδες διάφραγμα, είναι συνδεδεμένο μέσω λαστιχένιο σωλήνα και καταλήγει σε μία προχοίδα. Το σύστημα αυτό πληρώνεται με εξαερισμένο αποσταγμένο νερό. Το δείγμα του εδάφους μπορεί να είναι διαταραγμένο ή αδιατάραχτο και τοποθετείται πάνω στο διάφραγμα και η αύξηση ή η μείωση της εφαρμοζόμενης πίεσης προκαλεί της απομάκρυνση ή απορρόφηση νερού από το έδαφος. Η ισορροπία μεταξύ της συγκρατούμενης εδαφικής υγρασίας και της αρνητικής πίεσης που εφαρμόστηκε διαπιστώνεται από την σταθερότητα του μηνίσκου στην προχοίδα. Το μέγεθος της αρνητικής πίεσης που μπορεί να εφαρμοστεί στο διάφραγμα εξαρτάται από το μέγεθος των πόρων του θεωρητικά το σύστημα μπορεί να επιτρέψει την εφαρμογή της αρνητικής πίεσης μέχρι μιας ατμόσφαιρας στην πράξη περιορίζεται σε αρνητικές πιέσεις από μηδέν έως 0,85 atm . Χρησιμοποιείται για θετικές και για αρνητικές πιέσεις Όταν λέμε αρνητικές πιέσεις είναι η πίεση μικρότερη από 1 atm. Η πίεση του νερού στο διάφραγμα δίνεται από την σχέση :

$$P = g$$



όπου $P = \rho h$

$P =$ πίεση σε Nt

$g =$ επιτάχυνση της βαρύτητας m/sec^2

$h =$ ύψος (φορτίου πίεσης) σε m

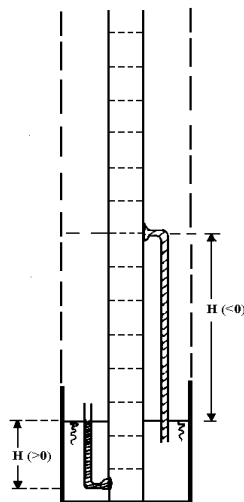
$\rho =$ πυκνότητα υγρού σε Kg/m^3

- α. Χωνί Buchner
- β. Προχοίδα
- γ. Λαστιχένια σωλήνας
- δ. Πώμα για μείωση απωλειών λόγω εξάτμισης
- ε. Δείγμα εδάφους

Σχήμα 4.1 Συσκευή Haines

4.1.2 Η μέθοδος στήλης σε ισορροπία με σταθερή στάθμη

Αν μία κορεσμένη πορώδης στήλη αποστραγγιστεί ενώ το κάτω άκρο της είναι βυθισμένο σε σταθερή μάζα ύδατος. Τότε μέσα στην κατάσταση ισορροπίας διαμορφώνεται μέσα σε μία στήλη μία κατατομή υγρασίας. Κατάσταση ισορροπίας είναι η μη ροή ύδατος κατά μήκος της στήλης τόσο προς την ελεύθερη στάθμη του ύδατος, όσο και προ την πάνω επιφάνεια της. Για αποφυγή ή τουλάχιστον μείωση της ροής προς το πάνω άκρο της στήλης η πάνω επιφάνεια καλύπτεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται η επικοινωνία της με τον ατμοσφαιρικό αέρα.



Σχήμα 4.2. Σχηματική παράσταση στήλης με μικρά τασίμετρα

4.1.3 Η μέθοδος στήλης με διάφραγμα πίεσης

Όταν σε μια στήλη πορώδους υλικού που βρίσκεται κάτω από σταθερή ροή (αυτό εξασφαλίζεται με την διατήρηση μιας σταθερής ταχύτητας ροής νερού στο πάνω άκρο της)

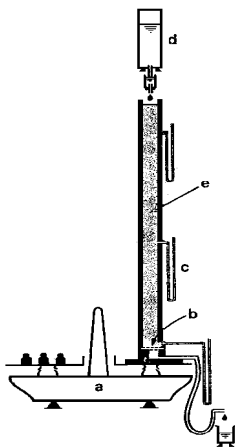
και αποστραγγίζεται με σταθερή στάθμη νερού που βρίσκεται στο κάτω άκρο της, έτσι σχηματίζεται μια ζώνη που τόσο η περιεκτικότητα της σε νερό όσο και η τιμή του φορτίου πίεσης H είναι σταθερές. Η υδραυλική αγωγιμότητα δίνεται από την σχέση :

$$q = K$$

q = η σταθερή ποσότητα ροής νερού που διατηρείται στο πάνω άκρο της στήλης.

Στην συσκευή αυτή το πορώδες υλικό στο κάτω άκρο της στήλης βρίσκεται σε επαφή με το πορώδες διάφραγμα στο οποίο μπορούν να εφαρμοστούν αρνητικές πιέσεις. Έτσι είναι δυνατόν να εφαρμοστεί φορτίο πίεσης H , που επικρατεί στο πάνω άκρο της στήλης, με αποτέλεσμα ολόκληρη η στήλη αποστραγγισμένη σε κατάσταση ομοιομορφίας δηλαδή να έχει την αυτή περιεκτικότητα σε νερό κάτω από το ίδιο φορτίο.

Η στήλη τοποθετείται σε ζυγό και έτσι η περιεκτικότητα σε νερό της στήλης στην κατάσταση ομοιομορφίας μπορεί να προσδιοριστεί ενώ το φορτίο H προσδιορίζεται με τασίμετρα τοποθετημένα κατά μήκος της στήλης. Η μεταβολή της ποσότητας q επιτρέπει την λήψη διαφόρων καταστάσεων ομοιομορφίας που η καθεμιά τους χαρακτηρίζεται από διάφορο θ , H και K . Έτσι προσδιορίζεται τόσο η χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας όσο και η σχέση μεταξύ περιεκτικότητας σε νερό και της υδραυλικής αγωγιμότητας K .



- α. Ζυγαριά
- β. Πορώδες διάφραγμα
- γ. Τασίμετρο
- δ. Σύστημα σταθερής παροχής
- ε. Στήλη άμμου

Σχήμα 4.3. Σχηματική παράσταση στήλης με διάφραγμα πίεσης

4.1.4 Μέθοδος σχετικής υγρασίας

Το δείγμα του εδάφους τοποθετείται σε ένα αεροστεγές δοχείο που περιέχει ένα διάλυμα συνήθως θειικού οξέως, χλωριούχου νατρίου που διατηρεί το χώρο στην επιθυμητή υγρασία. Αφήνεται το δείγμα μέσα ώστε να έρθει σε κατάσταση ισορροπίας. Μετά το δείγμα ζυγίζεται, ξηραίνεται και επαναζυγίζεται. Έτσι προσδιορίζεται η σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό και της σχετικής υγρασίας. Η στήλη τοποθετείται σε έναν ζυγό όπου έτσι μπορούμε να προσδιορίσουμε την περιεκτικότητα σε νερό της στήλης σε κατάσταση ομοιομορφίας. Κατά μήκος της στήλης υπάρχουν τα τασίμετρα όπου προσδιορίζουν το φορτίο Η.

4.1.5 Μέθοδος του σημείου πήξης του ύδατος του εδάφους

Σε δείγματα εδάφους τοποθετούνται σωλήνες ζέσης προστίθενται διάφορες ποσότητες ύδατος και αφήνονται μέχρι να επανέλθει ομοιόμορφα η κατανομή υγρασίας. Μετά οι σωλήνες τοποθετούνται σε ψυκτικό μείγμα ενώ σε κάθε σωλήνα βυθίζεται στην μάζα του εδάφους το θερμόμετρο Beckman.

Με την έναρξη της πήξης παρατηρείται άνοδος της θερμοκρασίας. Η τελική θερμοκρασία που παρατηρείται δίνει το σημείο πήξης. Η διαφορά μεταξύ της αρχικής θερμοκρασίας από την τελική θερμοκρασίας βρίσκεται η ποσότητα νερού που μετράμε σε πάγο την πήξη.

4.1.6 Μέθοδος πιεστικού δίσκου - Συσκευή Richards

Με την συσκευή Richards μπορούμε να κατασκευάσουμε καμπύλες εδαφικής υγρασίας με αποτελέσματα που παίρνουμε από την άσκηση πίεσης σε διαταραγμένα είτε αδιατάραχτα δείγματα.

4.1.6.1 Με διαταραγμένα δείγματα

Για την κατασκευή χαρακτηριστικών καμπυλών εδαφικής υγρασίας με την συσκευή Richards με διαταραγμένα δείγματα, ασχοληθήκαμε στο εργαστήριο Αρδεύσεων του τμήματος μας και όπου μέθοδος, διαδικασία και αποτελέσματα θα αναπτυχθούν στα επόμενα κεφάλαια.

4.1.6.2 Με αδιατάραχτα δείγματα

Μια μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στο Γ.Π.Α. για την κατασκευή καμπυλών εδαφικής υγρασίας με αδιατάραχτα δείγματα είναι εξής.

4.1.6.2.1 Γενικά

Τα αδιατάραχτα δείγματα εδάφους, λήφθηκαν από το έδαφος, με ειδικό εδαφολήπτη αδιατάραχτων δειγμάτων. Η κατασκευή του εδαφολήπτη αυτού είναι διαφορετική από τον απλό εδαφολήπτη διαταραγμένων δειγμάτων, όμως η βασική ιδέα είναι ίδια. Η διαφορά υφίσταται στο κατασκευαστικό μέρος.

Για την εύρεση της εδαφικής υγρασίας καθώς και για την κατασκευή των χαρακτηριστικών καμπυλών τις ακολουθήθηκε ο τρόπος που αναπτύσσετε στην συνέχεια.

4.1.6.2.2 Συσσκευή

Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα στηρίζεται στην ίδια κατασκευαστική αρχή με την συσκευή Richards. Η συσκευή αποτελείται από επιμέρους συσκευές (κύτταρα πίεσης) οι οποίες είναι μικρές, για ένα δείγμα η κάθε μια. Σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να υπάρχει μεγάλη ευχέρεια στην τοποθέτηση αδιατάρακτων δειγμάτων.

Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των κυττάρων πίεσης είναι το Plexiglass λόγω της διαφάνειας του και της σχετικής αντοχής του στις μεγάλες πιέσεις καθώς επίσης και της μεγάλης ευκολίας χειρισμού του.

Το κάθε κύτταρο αποτελείται από δυο τετράγωνα και παράλληλες πλάκες που μεταξύ αυτών τοποθετείται ο κύλινδρος που περιέχει το εδαφικό δείγμα. Στο κέντρο της επάνω πλάκας υπάρχει μια οπή, όπου προσαρμόζεται η ειδική βαλβίδα απομόνωσης ή σύνδεσης της συσκευής με το δίκτυο πίεσης. Ο κύλινδρος έχει την δυνατότητα να αποσπάται από την υπόλοιπη συσκευή και να μεταφέρεται ανεξάρτητα, για την τοποθέτηση του δείγματος κατά την δειγματοληψία. Στα σημεία επαφής του κυλίνδρου με τις πλάκες υπάρχουν κυκλικές υποδοχές, όπου τοποθετούνται ελαστικοί δακτύλιοι για στεγανοποίηση.

Η κάτω πλάκα αποτελείται από δυο επαπτόμενα μέρη. Στο κέντρο του επάνω μέρους υπάρχει οπή, όπου εφαρμόζεται μια πορώδης κεραμική πλάκα. Περιφερειακά αυτής υπάρχει η υποδοχή με τον ελαστικό δακτύλιο, όπου εφαρμόζει απόλυτα το κάτω μέρος κυλίνδρου έτσι ώστε το εδαφικό δείγμα, που περιέχεται σ' αυτόν να βρίσκεται σε επαφή με το επάνω μέρος της πορώδους κεραμικής πλάκας. Οι κεραμικές πλάκες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι μεγάλης περατότητας (high flow) και η μέγιστη πίεση, που οι πορώδεις πλάκες παραμένουν κορεσμένες (air-entry pressure).

Η κατασκευή των δυο κομματιών που αποτελούν την κάτω πλάκα είναι τέτοια ώστε κατά την εφαρμογή τους να δημιουργείται μια εσωτερική κοιλότητα, που έχει για οροφή το κάτω μέρος της πορώδης πλάκας. Η κοιλότητα αυτή χρησιμεύει για αποθήκη υγρού. Στο κέντρο του πυθμένα της κάτω πλάκας υπάρχει μια ειδική οπή από όπου γίνεται η είσοδος και η έξοδος του υγρού κατά τις διαδικασίες της διαβροχής και της στραγγίσης του εδαφικού δείγματος. Τέλος η κοιλότητα αυτή επικοινωνεί με τον εξωτερικό χώρο δια μέσου και μιας πλευρικής οπής από όπου γίνεται η εξαέρωση της.

Όλο αυτό το σύστημα ενώνεται και ασφαρίζεται με τέσσερις μεταλλικές ράβδους που διαπερνούν συμμετρικά τις τέσσερις γωνίες της πάνω και της κάτω πλάκας και στο επάνω μέρος βιδώνονται με σφικτήρες.

Αυτή η συσκευή είναι σχεδιασμένη για την μελέτη αδιατάραχτων δειγμάτων. Είναι μικρού βάρους, μεταφέρονται με ευχέρεια καθώς επίσης η κατασκευή τους επιτρέπει τον προσδιορισμό της στραγγιζόμενης ποσότητας υγρού απευθείας.

4.1.6.2.3 Δίκτυο και εφαρμογή πίεσης

Το δίκτυο αποτελείται από τον αεροσυμπιεστή, που τροφοδοτεί το σύστημα με αέρα υπό πίεση, όπως και στην συσκευή Richards. Εδώ όμως έχουμε 10 εξόδους όπου κάθε έξοδος έχει ειδικό ρυθμιστή πίεσης, μανόμετρο και ρυθμιστή παροχής, ο οποίος συνδέεται με ειδική συσκευή ρύθμισης, πολύ χαμηλών πιέσεων. Με την βοήθεια αυτών εξασφαλίζεται σταθερή την επιλεγόμενη πίεση σε κάθε κύτταρο πίεσης. Η πίεση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί ταυτόχρονα σε πολλά κύτταρα μέσω διανομέα με πολλές εξόδους.

Η ρύθμιση πολύ χαμηλών πιέσεων επιτυγχάνεται με ακρίβεια με ρυθμιστή πολύ χαμηλών πιέσεων, που συνδέεται με το δίκτυο μέσω ρυθμιστή παροχής. Ο ρυθμιστής αυτός αποτελείται από διαφανείς κατακόρυφους σωλήνες από Plexiglass. Αυτοί είναι σταθερά κλειστοί στη βάση τους και στο πάνω μέρος κλείνουν με ελαστικά πώματα, είναι επίσης συνδεδεμένη σε σειρά μεταξύ τους. Οι σωλήνες γεμίζονται με νερό σε ύψος ίσο με το φορτίο πίεσης που έχουμε να εφαρμόσουμε. Στον πρώτο σωλήνα βυθίζεται μέχρι κάτω άλλος πλαστικός σωλήνας μικρότερης διαμέτρου, που διαπερνά το πώμα και συνδέεται με το δίκτυο πίεσης. Η πίεση που εξασφαλίζεται είναι ίση με το συνολικό ύψος του νερού που υπάρχει στην συστοιχία των σωλήνων.

Με αυτό το σύστημα ρυθμίσθηκε και να προσδιορίστηκε με ακρίβεια η εφαρμοζόμενη πίεση και ιδιαίτερα στις χαμηλές πιέσεις καθώς επίσης αποφεύχθηκαν οι αυξομειώσεις.

Αυτή η συσκευή παρεμβάλλεται μεταξύ του δικτύου πίεσης και των κυττάρων πίεσης για πίεση από 5-300cm στήλης νερού.

4.1.6.2.4 Τοποθέτηση των δειγμάτων στα κύτταρα πίεσης

Το κύτταρο πίεσης απομακρύνθηκε από την συσκευή και κλείστηκε η ειδική οπή εξόδου του υγρού στο κάτω μέρος της συσκευής με ειδικό πώμα που προηγουμένως ζυγίστηκε. Στην συνέχεια η συσκευή αποσυναρμολογήθηκε και ζυγίστηκε ξεχωριστά το κάτω μέρος της συσκευής με την αποθήκη γεμάτη υγρό και ξεχωριστά τα υπόλοιπα τμήματα της. Καθορίστηκαν με λεπτομέρεια όλα τα σημεία επαφής του κυλίνδρου με τις πλάκες για να μην υπάρξουν προβλήματα στην στεγανοποίηση. Ζυγίστηκε ο κύλινδρος με το δείγμα μαζί και με πολύ προσοχή και τοποθετήθηκε στην συσκευή, έτσι ώστε η επαφή του κάτω μέρους του δείγματος με την πορώδη πλάκα να είναι απόλυτη. Η συσκευή ξανά συνδέθηκε και ζυγίστηκε μαζί με το δείγμα. Από τις μετρήσεις που πήραμε είναι δυνατός ο υπολογισμός της μάζας του δείγματος στην αρχική ξηρή του κατάσταση.

4.1.6.2.5 Κορεσμός δείγματος

Η συσκευή με το εδαφικό δείγμα προσαρμόστηκε στην συσκευή Marriotte για να κορεσθεί το δείγμα με white spirit. Η στάθμη του υγρού στην συσκευή ρυθμίστηκε έτσι ώστε να είναι στο μέσο επίπεδο δείγματος για να κορεσθεί πλήρως το δείγμα και να φύγει ο αέρας από το εσωτερικό του. Το μέσο του δείγματος ορίζεται και σαν επίπεδο αναφοράς. Στο εργαστήριο μπορούσαμε να έχουμε ταυτόχρονο κορεσμό πολλών δειγμάτων. Στον κορεσμό το δείγμα αφέθηκε κατά μέσο όρο 5 ημέρες. Μετά τον κορεσμό το κύτταρο πίεσης αποσυνδέθηκε από την συσκευή Marriotte, κλείστηκε η ειδική οπή εξόδου του υγρού και ζυγίστηκε για να προσδιοριστεί το ποσό του white spirit που συγκρατήθηκε για να κορεσθεί το δείγμα.

4.1.6.2.6 Στράγγιση

Ασκήθηκε πίεση στα δείγματα και το white spirit άρχισε να εκρέει από την οπή στράγγισης. Η εκροή παρακολουθήθηκε με προσοχή μέχρις ότου σταμάτησε και επιτεύχθηκε υγρασιακή ισορροπία στην τιμή πίεσης που είχε ασκηθεί. Σαν σημείο ισορροπίας θεωρήθηκε η στιγμή όπου το δείγμα δεν στραγγιζόταν πλέον και στην οπή στράγγισης άρχισε ο σχηματισμός κοίλου μηνίσκου του υγρού λόγω εξάτμισης. Συνήθως η υγρασιακή ισορροπία επιτυγχάνεται μετά από δυο ημέρες. Κατά την διάρκεια αυτή λήφθηκε

μέριμνα να μην υπάρξει επίδραση της εξάτμισης στο σημείο εκροής, και ως εκ τούτου είσοδος αέρα στην αποθήκη του υγρού. Η συσκευή στην συνέχεια αποσυνδέθηκε από το δίκτυο, κλείνοντας το σημείο εκροής και ζυγίστηκε.

4.1.6.2.7 Πειραματικός προσδιορισμός του όγκου και του ύψους του δείγματος

Μετά το τέλος του πειράματος εκροής ενός βήματος κορέσθηκαν πάλι τα δείγματα μέσα στις συσκευές Richards.

Στην συνέχεια αποσυνδέθηκε το πάνω μέρος της συσκευής και συγκρατήθηκε ο κύλινδρος με το δείγμα σε σταθερή επαφή με το κάτω μέρος της συσκευής. Έτσι δεν υπήρχε διαρροή υγρού από τα κάτω χείλη του κυλίνδρου. Με μια προχοίδα προστέθηκε white spirit με προσοχή στον κύλινδρο μέχρι να καλυφθεί πλήρως η πάνω επιφάνεια του δείγματος. Σημειώθηκε ο όγκος του υγρού που προστέθηκε με την προχοίδα. Τέλος με την χρήση ενός παχυμέτρου μετρήθηκε η υψομετρική διαφορά της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού σε σχέση με την σταθερή άνω επιφάνεια της κάτω πλάκας του κυλίνδρου και οι ακριβείς διαστάσεις του κυλίνδρου που βρισκόταν το δείγμα.

Από τα παραπάνω δεδομένα υπολογίστηκε με ακρίβεια τον όγκο και το μέσο ύψος του δείγματος.

4.2 Μέθοδοι προσδιορισμού χαρακτηριστικών καμπυλών εδαφικής υγρασίας στον αγρό

Από τις μεθόδους και τα όργανα προσδιορισμού εδαφικής υγρασίας που υπάρχουν θα αναπτυχθούν παρακάτω εκείνες που η χρησιμότητα τους αποδείχθηκε από την μακρόχρονη εφαρμογή τους.

4.2.1 Τασίμετρα

Αποτελείται από ένα κύπελλο κατασκευασμένο από πορώδες κεραμικό υλικό, από ένα μανόμετρο και ένα διαφανή σωλήνα. Όλο αυτό το σύστημα πληρώνεται με απιονισμένο νερό και καταβάλλεται προσπάθεια απομάκρυνσης φυσαλίδων αέρα και στην συνέχεια ανοίγουμε οπή στο έδαφος και το τοποθετούμε. Για την κανονική λειτουργία του οργάνου πρέπει να έχουμε καλή επαφή μεταξύ της επιφάνειας του πορώδες δοχείου και του εδάφους που περιβάλλει το όργανο.

Το τασίμετρο μετράει την μύζηση της εδαφικής υγρασίας και ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό σε διάφορες τιμές μύζησης επιτρέπει τον καθορισμό της χαρακτηριστικής καμπύλης του εδάφους. Τα όρια πιέσεων που χρησιμοποιούνται στα τασίμετρα είναι από μηδέν έως μία ατμόσφαιρα.

4.2.2 Πορώδη σώματα

Αν ένα πορώδες σώμα, που απορροφά το νερό, τοποθετηθεί μέσα στη μάζα του εδάφους τείνει να προσλάβει ή να αποδώσει νερό μέχρις ότου η υγρασία του να έλθει σε ισορροπία με την εδαφική υγρασία. Στην κατάσταση αυτή του σώματος είναι ίση με την πίεση της εδαφικής υγρασίας.

Τα πορώδη σώματα που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι από διάφορα υλικά όπως ύφασμα νάιλον, υαλοβάμβακα και γύψο. Οι συνηθέστεροι είναι η χρήση γύψινων σωμάτων.

4.2.3 Μέθοδος νετρονίων

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην μείωση της ταχύτητας των νετρονίων που προκαλείται από τις συγκρούσεις τους με πυρήνες υδρογόνου που αφθονούν στο έδαφος. Η συσκευή περιλαμβάνει πηγή νετρονίων που αποτελείται από μείγμα Πολωνίου-Βηρυλλίου ή Ραδίου-Βηρυλλίου ή Αμερικού-Βηρυλλίου.

Οι πυρήνες του Βηρυλλίου αποσυντίθεται από το βομβαρδισμό με τα τεμαχίδια της ραδιενεργούς ουσίας και ένα ηλεκτρόνιο ελευθερώνεται από κάθε πυρήνα Βηρυλλίου.

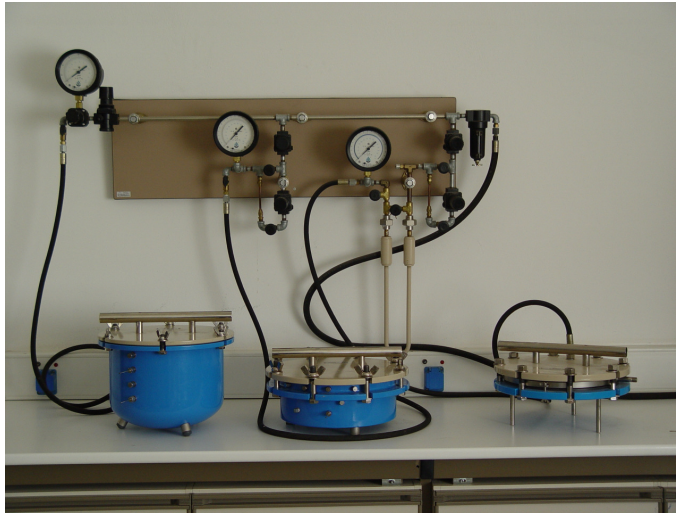
Η συσκευή συνοδεύεται από καμπύλη συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των παλμών και περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό κατά όγκο. Η συσκευή θα πρέπει να χρησιμοποιείται πάντα με συσκευή.

Η χρησιμοποίηση της συσκευής των νετρονίων σε συνδυασμό με τα τασίμετρα επιτρέπει τον καθορισμό των χαρακτηριστικών καμπύλων υγρασίας και αποτελεί ένα αποτελεσματικό μέσο για παρακολούθηση των καταστάσεων ισορροπίας και της κίνησης του εδαφικού νερού.

5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ RICHARDS

5.1 Συσκευή Richards

Πρώτος ο Richards ανέπτυξε τα αρχικά σχέδια για τη συσκευή πιεστικού δίσκου. Υπάρχουν συσκευές που χρησιμοποιούν ως πορώδες μέσω, είτε μία πορώδες πλάκα είτε μια μεμβράνη οξικού άλατος κυτταρίνης. Ο πεπιεσμένος αέρας παρέχεται μέσω των ρυθμιστών και των μετρητών από έναν αεροσυμπιεστή.

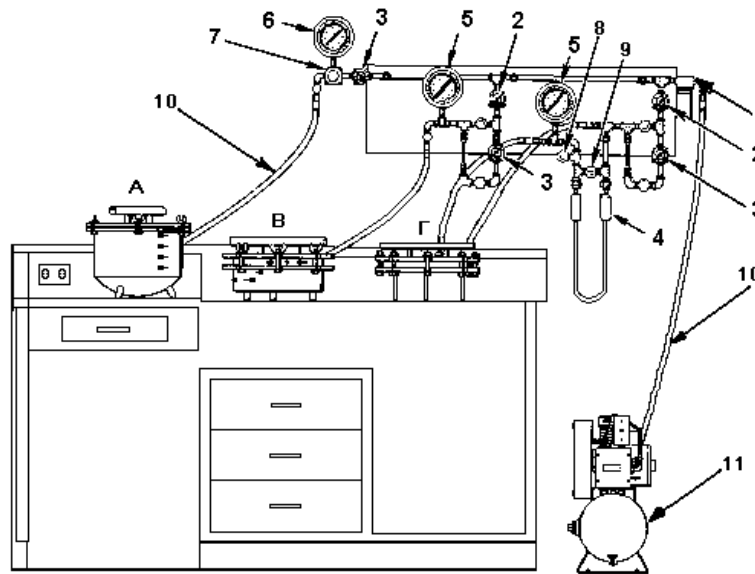


Εικόνα 5.1: Συσκευές Richards του εργαστηρίου Αρδεύσεων.

Οι περισσότερες συσκευές Richards μπορούν να δεχτούν αδιατάρακτα δείγματα εδάφους. Ο χρόνος ισορρόπησης στα κύτταρα πίεσης εξαρτάται από το ύψος του εδαφολογικού δείγματος, δείγματα εδάφους ύψους παραπάνω από 5cm ανεπιθύμητα. Για πίεση έως 1500 kPa (15atm), ένα ύψος δειγμάτων 1cm είναι κατάλληλο. Επειδή το νερό στα δείγματα που εξισορροπούνται κρατιέται στους μικρούς πόρους, είναι καλύτερα να χρησιμοποιηθούν διαταραγμένα δείγματα, υπό τον όρο ότι το χώμα δεν συμπιέζεται.

Με την ανάπτυξη της πορώδους κεραμικής πλάκας πίεσεως έχουν διατεθεί για να καλύψουν μια σειρά πιέσεων κάτω από 1500 kPa και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για κατασκευή χαρακτηριστικών καμπύλων εδαφικής υγρασίας. Στις συσκευές τοποθετούνται εδαφικά δείγματα μέσα σε ελαστικά δακτυλίδια, τα οποία είναι σε επαφή με τη πορώδες πλάκα αφού σφραγιστεί η συσκευή εφαρμόζεται η επιθυμητή πίεση. Ισορροπία στα

δείγματα έχει επιτευχθεί όταν παύει η εκροή του νερού. Τα δείγματα μπορούν έπειτα να βγουν από τη συσκευή και μετριέται η περιεκτικότητά τους σε υγρασία.



Σχήμα 5.1: Συσκευές Richards του εργαστηρίου Αρδεύσεων.

A. Συσκευή μετρήσεις εδαφικής υγρασίας με πεδίο έως 3 bar

B. Συσκευή μετρήσεις εδαφικής υγρασίας με πεδίο έως 15 bar

Γ. Συσκευή μετρήσεις εδαφικής υγρασίας με πεδίο έως 20 bar

1. Φίλτρο αέρα 2. Ρυθμιστής πίεσης (2) 3. Ρυθμιστής πίεσης (3) 4. Ρυθμιστής υδραργύρου 5. Μανόμετρο (0-20bar) 6. Μανόμετρο (0-5bar) 7. Ρυθμιστής πίεσης (1) 8. Βαλβίδα εξαερώσεως 9. Στραγγαλιστική βαλβίδα 10. Σωλήνας σύνδεσης 11. Αεροσυμπιεστής

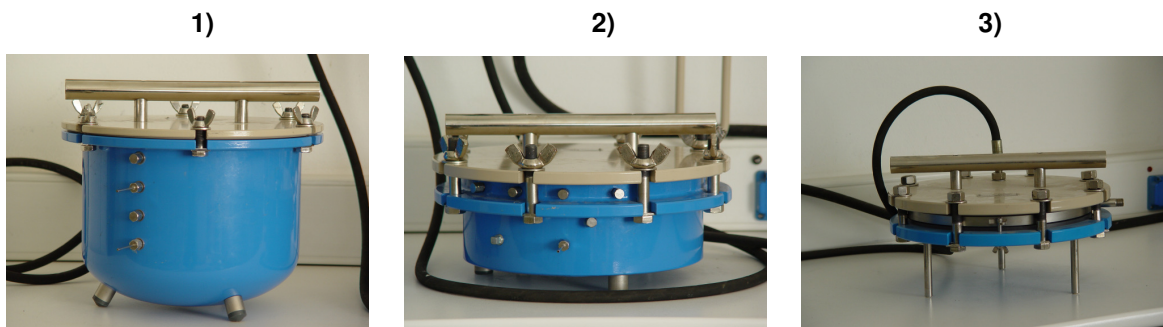
Η μέθοδος είναι αρκετά ακριβείς με συντελεστή σφάλματος έως δύο τοις εκατό. Η έμφραξη των πορώδων πλακών από τα εδαφικά μόρια μπορεί να εμφανιστεί μετά από την επαναλαμβανόμενη χρήση τους. Επιπλέον, ο Chahal και ο Yong ανακάλυψαν ότι λόγω των αεροφουσαλίδων που παγιδεύονται στους γεμάτους με νερό πόρους, οι τιμές της χαρακτηριστικής καμπύλης εδαφικής υγρασίας που λαμβάνονται με τις συσκευές πιεστικών δίσκων στις υψηλές πιέσεις είναι υψηλότερες από αυτές που πάρθηκαν από τη μέθοδο Haines.

Γενικά μια συσκευή Richards αποτελείται από τον χώρο που τοποθετούνται οι κεραμικές πλάκες με τα δείγματα τους εδάφους που προορίζονται για την μέτρηση

εδαφικής υγρασίας, από το καπάκι της συσκευής που φέρει περιμετρικές εγκοπές και από τους κοχλίες σύνδεσης της συσκευής που τοποθετούνται στις εγκοπές. Μεταξύ της συσκευής και του καλύμματος, τοποθετείται ένας δακτύλιος από ελαστικό υλικό (O-ring) το οποίο στεγανοποιεί την συσκευή έτσι ώστε να μην υπάρχουν διαρροές κατά την εφαρμογή πίεσης στην συσκευή.

Στο εσωτερικό της συσκευής υπάρχουν περιμετρικές προεξοχές ρυθμιζόμενου ύψους όπου στηρίζονται οι κεραμικές πλάκες. Μια συσκευή μπορεί να δεχθεί από μία έως και τέσσερις κεραμικές πλάκες για ταυτόχρονη μέτρηση υγρασίας των εδαφικών δειγμάτων.

Η βάση της συσκευής φέρει ακροφύσια εκροής υγρού (τόσα στον αριθμό όσες και οι πλάκες που μπορεί να δεχθεί κάθε συσκευή). Εσωτερικά το ακροφύσιο συνδέεται με την βαλβίδα της κεραμικής πλάκας και εξωτερικά είναι ελεύθερο στην ατμόσφαιρα. Κατά την εφαρμογή πίεσης στην συσκευή που γίνεται από ειδική είσοδο, η υγρασία των δειγμάτων εδάφους συσσωρεύεται στην πλάκα και ακολουθεί την πορεία προς την βαλβίδα, έπειτα στο ακροφύσιο που είναι συνδεδεμένο και τελικά η εξαγωγή της υγρασίας σε μορφή νερού.



Εικόνα 5.2: 1) Συσκευή μετρήσεις εδαφικής υγρασίας με πεδίο έως 3 bar.
2) Συσκευή μετρήσεις εδαφικής υγρασίας με πεδίο έως 15 bar.
3) Συσκευή μετρήσεις εδαφικής υγρασίας με πεδίο έως 20 bar.

Στο εργαστήριο Αρδεύσεων του τμήματός μας υπάρχουν τρεις συσκευές μέτρησης εδαφικής υγρασίας Richards. Στην πρώτη το πεδίο μέτρησης της είναι 0-3bar πίεση. Στην δεύτερη μπορούν να ασκηθούν πιέσεις έως και 15bar. Και στην τρίτη το πεδίο εφαρμογής πίεσης είναι από 0-20bar και επιπλέον μπορεί να μετρήσει διαφορική πίεση με την βοήθεια υδραργυρικού σωλήνα.

5.2 Δειγματοληψία

Πριν την δειγματοληψία για τη χρήση του εδάφους στο εργαστήριο, προηγήθηκε η δειγματοληψία για την ανάλυση του. Έτσι ώστε να γνωρίζουμε τις ιδιότητες του. Η αντιπροσωπευτικότητα του σωστού δείγματος εξασφαλίστηκε με τη λήψη επί μέρους δειγμάτων από ένα αγρό που πρέπει να έχουν το ίδιο βάρος, να προέρχονται από το ίδιο βάθος και ο αγρός να είναι ομοιόμορφος. Για τα σημεία της δειγματοληψίας ισχύει ο γενικός κανόνας της ομοιογένειας και της αντιπροσωπευτικότητας.

Γενικά κατά την δειγματοληψία πρέπει:

1. Να αποφευχθεί η δειγματοληψία κοντά σε δρόμους, στάβλους, σε αυλάκια ή από τοποθεσίες που παρουσιάζουν διάβρωση.
2. Τα δείγματα πρέπει να παρθούν από αγρούς ή τμήματα αγρών που είναι ομοιογενή.
3. Όταν ένας αγρός παρουσιάσει ανομοιομορφία πρέπει να χωρισθεί σε τμήματα ομοιογενή, τα οποία θα δειγματίζονται ξεχωριστά.
4. Σε όλες τις περιπτώσεις η δειγματοληψία θα πρέπει να μην γίνεται μετά από κάποια ασβέστωση ή προσθήκη οργανικών ουσιών ή μετά από λίπανση.
5. Κατά τη δειγματοληψία το έδαφος πρέπει να βρίσκεται στο ρώγο του, δηλαδή να τρίβεται εύκολα ώστε τα επί μέρους δείγματα να μπορούν να ανακατευθούν με σχετική ευκολία.
6. Σε καμία περίπτωση να μην γίνεται ανάμειξη δειγμάτων που προήλθαν από διαφορετικά εδάφη.

5.2.1 Τρόπος δειγματοληψίας εδάφους για ανάλυση του:

Από ένα εύκολα αναγνωρίσιμο σημείο του αγρού ακολουθήθηκε μια γραμμή ζικ-ζακ και κάθε 30-50 βήματα με το σχήμα του αγρού πάρθηκε ένα δείγμα εδάφους 200-300gr. Από όλο τον αγρό πάρθηκαν 5-6 επιμέρους δείγματα, τοποθετήθηκαν σ' ένα καθαρό δοχείο, αναμείχθηκαν και σχηματίσθηκε ένα σύνθετο δείγμα με τελικό βάρος 2kg. Τα δείγματα που πάρθηκαν για κάθε αγρό θα είναι για τρία διαφορετικά βάθη (30-60-90cm).

Η ανάλυση έγινε στο εδαφολογικό εργαστήριο της ΕΑΣ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ-ΝΑΥΠΑΚΤΙΑΣ. Τα αποτελέσματα της εδαφολογικής ανάλυσης έχουν ως εξής:

ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στοιχεία Παραγωγού
ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΓΕΜΑ

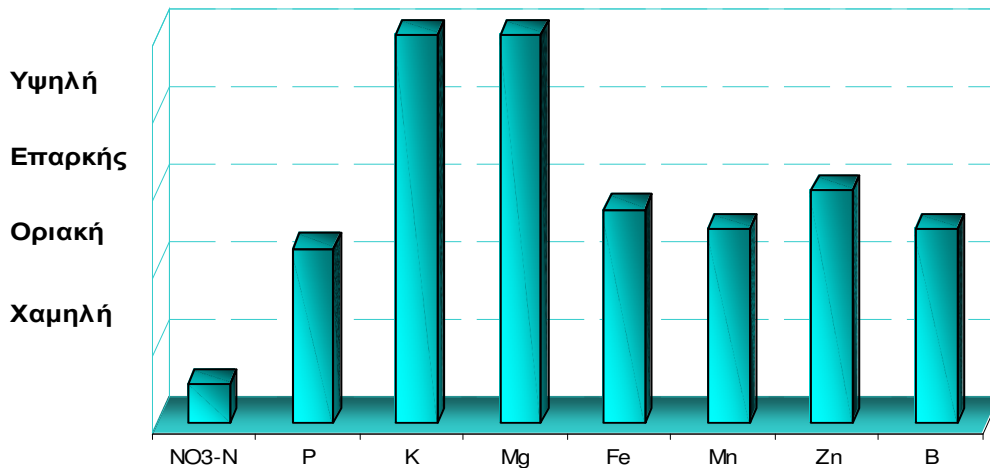
Στοιχεία δείγματος
Ημερ. Δειγματοληψίας: 15/4/2003
Ημερ. Ανάλυσης: 26/5/2003
Ακαλλιέργητο 30cm

Φυσικοχημικές ιδιότητες

pH(1:2 H₂O): **8,3**
Οργανική Ουσία(%): **2,35**
Ολικό CaCO₃(%): **10,6**

Άμμος(%): **10**
Ίλος (%): **50**
Άργιλλος(%): **40**
Ιλυοαργιλλώδες

Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών



NO₃-N **2,33** KCl₂ 1M
P **8,5** Olsen
K **340** οξ. Αμμ.
Mg **530** οξ. Αμμ.
Fe **58,2** DTPA
Mn **8** DTPA
Zn **2,2** DTPA
B **0,69** Ζέον ύδωρ

*Εργαστήριο Εδαφολογικών
Αναλύσεων και Φυλλοδιαγνωστικής*

ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στοιχεία Παραγωγού
ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΓΕΜΑ

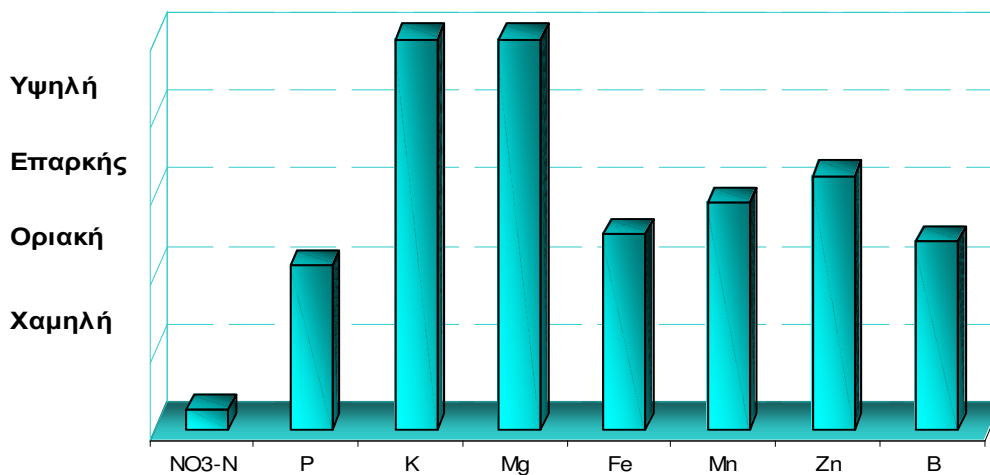
Στοιχεία δείγματος
Ημερ. Δειγματοληψίας: 15/4/2003
Ημερ. Ανάλυσης: 26/5/2003
Ακαλλιέργητο 60cm

Φυσικοχημικές ιδιότητες

pH(1:2 H₂O): **8,7**
Οργανική Ουσία(%): **1,21**
Ολικό CaCO₃(%): **14,5**

Άμμος(%): **6**
Ίλος (%): **56**
Άργιλλος(%): **38**
Ιλυσσαργιλλοπηλιδες

Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών



NO ₃ -N	1 KCl ₂ 1M
P	7,9 Olsen
K	260 οξ. Αμμ.
Mg	510 οξ. Αμμ.
Fe	28,2 DTPA
Mn	9,6 DTPA
Zn	2,3 DTPA
B	0,71 Ζέον ύδωρ

*Εργαστήριο Εδαφολογικών
Αναλύσεων και Φυλλοδιαγνωστικής*

ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στοιχεία Παραγωγού
ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΓΕΜΑ

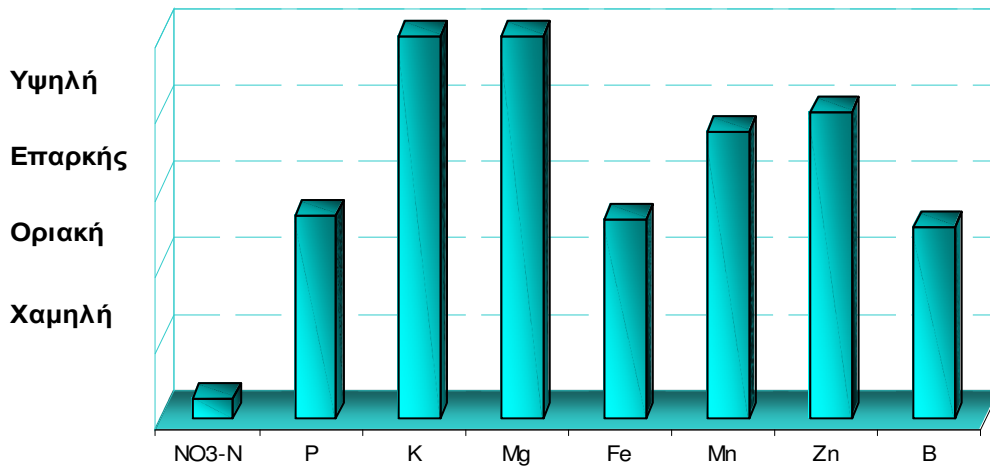
Στοιχεία δείγματος
Ημερ. Δειγματοληψίας: 15/4/2003
Ημερ. Ανάλυσης: 26/5/2003
Ακαλλιέργητο 90cm

Φυσικοχημικές ιδιότητες

pH(1:2 H₂O): **9**
Οργανική Ουσία(%): **1,15**
Ολικό CaCO₃(%): **11**

Άμμος(%): **20**
Ίλος (%): **30**
Άργιλλος(%): **50**
Αργιλλώδες

Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών



NO₃-N **1** KCl₂ 1M
P **11,9** Olsen
K **490** οξ. Αμμ.
Mg **620** οξ. Αμμ.
Fe **27** DTPA
Mn **12,6** DTPA
Zn **3,8** DTPA
B **0,74** Ζέον ύδωρ

*Εργαστήριο Εδαφολογικών
Αναλύσεων και Φυλλοδιαγνωστικής*

ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στοιχεία Παραγωγού
ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΓΕΜΑ

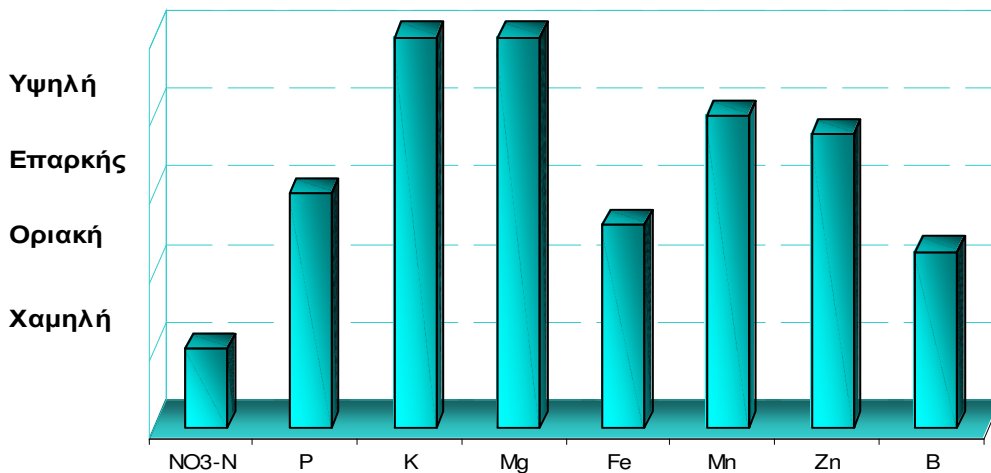
Στοιχεία δείγματος
Ημερ. Δειγματοληψίας: 15/4/2003
Ημερ. Ανάλυσης: 26/5/2003
Καλλιεργημένο 30cm

Φυσικοχημικές ιδιότητες

pH(1:2 H₂O): **8,5**
Οργανική Ουσία(%): **2,21**
Ολικό CaCO₃(%): **11**

Άμμος(%): **18**
Ίλος (%): **50**
Άργιλλος(%): **32**
Ιλυοαργιλλοπηλώδες

Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών



NO₃⁻-N **3,15** KCl₂ 1M
P **14,9** Olsen
K **410** οξ. Αμμ.
Mg **580** οξ. Αμμ.
Fe **43** DTPA
Mn **13,2** DTPA
Zn **2,8** DTPA
B **0,68** Ζέον ύδωρ

Εργαστήριο Εδαφολογικών
Αναλύσεων και Φυλλοδιαγνωστικής

ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στοιχεία Παραγωγού
ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΓΕΜΑ

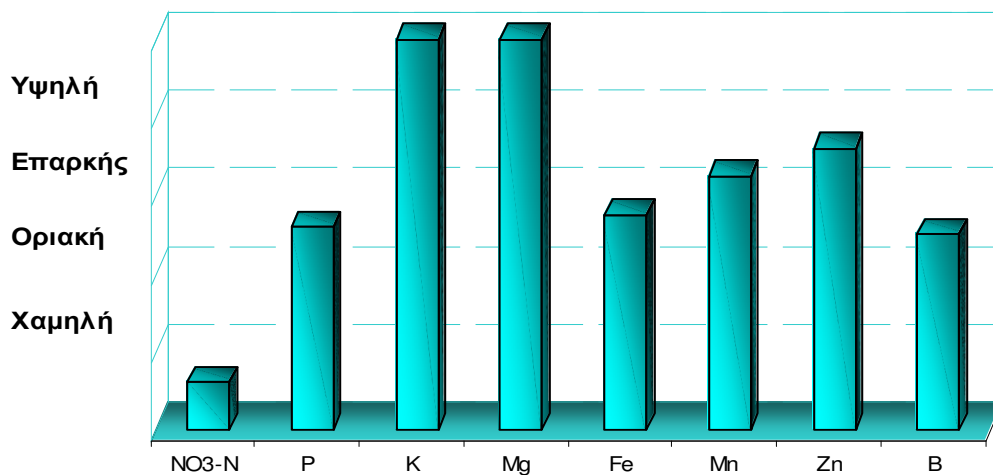
Στοιχεία δείγματος
Ημερ. Δειγματοληψίας: 15/4/2003
Ημερ. Ανάλυσης: 26/5/2003
Καλλιεργημένο 60cm

Φυσικοχημικές ιδιότητες

pH(1:2 H₂O): **9**
Οργανική Ουσία(%): **1,75**
Ολικό CaCO₃(%): **11,5**

Άμμος(%): **18**
Ίλος (%): **46**
Άργιλλος(%): **36**
Ιλυοαργιλλοπηλώδες

Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών



NO₃-N **1,08** KCl₂ 1M
P **10,4** Olsen
K **510** οξ. Αμμ.
Mg **720** οξ. Αμμ.
Fe **38,8** DTPA
Mn **11** DTPA
Zn **3,8** DTPA
B **0,73** Ζέον ύδωρ

*Εργαστήριο Εδαφολογικών
Αναλύσεων και Φυλλοδιαγνωστικής*

ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στοιχεία Παραγωγού
 ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
 ΓΕΜΑ

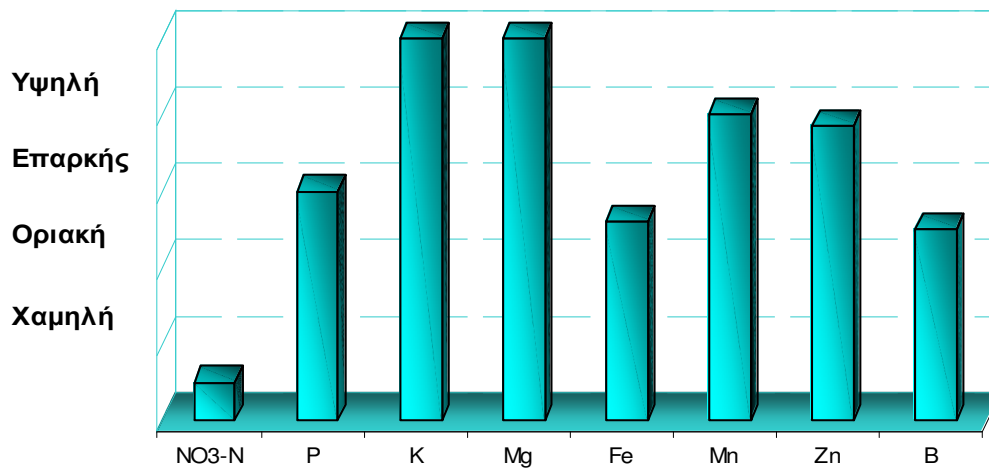
Στοιχεία δείγματος
 Ημερ. Δειγματοληψίας: 15/4/2003
 Ημερ. Ανάλυσης: 26/5/2003
Καλλιεργημένο 90cm

Φυσικοχημικές ιδιότητες

pH(1:2 H₂O): **9,4**
 Οργανική Ουσία(%): **1,51**
 Ολικό CaCO₃(%): **11**

Άμμος(%): **18**
 Ίλος (%): **28**
 Άργιλλος(%): **54**
Αργιλλώδες

Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών



NO ₃ -N	1 KCl ₂ 1M
P	14,5 Olsen
K	750 οξ. Αμμ.
Mg	680 οξ. Αμμ.
Fe	25,6 DTPA
Mn	13,4 DTPA
Zn	3,1 DTPA
B	0,77 Ζέον ύδωρ

*Εργαστήριο Εδαφολογικών
 Αναλύσεων και Φυλλοδιαγνωστικής*

Μετά την εδαφολογική ανάλυση, έπεται η δειγματοληψία εδάφους για τη χρήση του στο εργαστήριο. Η δειγματοληψία έγινε σε τέσσερα σημεία για κάθε αγρό και για τρία διαφορετικά βάθη (30-60-90cm). Τα σημεία από τα οποία έγινε η δειγματοληψία διακρίνονται στο τοπογραφικό διάγραμμα αγρών. Η δειγματοληψία έγινε με τη βοήθεια ενός εδαφολήπτη κλειστού τύπου.

Τα δείγματα που πάρθηκαν από τον αγρό τα τοποθετήθηκαν μέσα σε πλαστικές συσκευασίες και αριθμήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΑΓΡΟΣ	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ			ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ		
ΒΑΘΟΣ (cm)	30	60	90	30	60	90
Σημείο1ο	K-30-1	K-60-1	K-90-1	A-30-1	A-60-1	A-90-1
Σημείο2ο	K-30-2	K-60-2	K-90-2	A-30-2	A-60-2	A-90-2
Σημείο3ο	K-30-3	K-60-3	K-90-3	A-30-3	A-60-3	A-90-3
Σημείο4ο	K-30-4	K-60-4	K-90-4	A-30-4	A-60-4	A-90-4

Πίνακας 5.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων για κάθε σημείο.

5.3 Πειραματική διαδικασία

5.3.1 Ξήρανση και κονιορτοποίηση δειγμάτων

Αφού πάρθηκαν τα δείγματα από τα χωράφια για τα οποία έγινε η μελέτη, ακολουθήθηκε ξήρανση, κονιορτοποίηση, και ο διαχωρισμός από χονδροειδείς σβόλους.

Αφαιρέθηκαν τα δείγματα από τις πλαστικές συσκευασίες όπου ήταν αποθηκευμένα και τοποθετήθηκαν σε μεταλλικά δοχεία. Καταγράφηκε σε καρτελάκι το ακριβές σημείο του χωραφιού από όπου προήλθε το κάθε δείγμα και το τοποθετήθηκε στο αντίστοιχο δοχείο.

Τα δείγματα, 24 στον αριθμό, τοποθετήθηκαν στο πυριαντήριο στους 33 βαθμούς Κελσίου. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ανακατεύθηκαν και θρυμματίστηκαν από τυχόν σβόλους εδάφους προκειμένου να επιτευχθεί ξήρανση σε όλη τη μάζα του δείγματος.



Εικόνα 5.3: Κονιορτοποίηση των δειγμάτων.

Μετά την ξήρανση και βγήκαν τα δείγματα από το πυριαντήριο, τοποθετήθηκαν τα δείγματα ένα-ένα σε πορσελάνινο γουδί του εργαστηρίου και κονιορτοποιήθηκαν.



Εικόνα 5.4: Αρίθμηση δειγμάτων.

Μετά την κονιορτοποίηση, το κάθε δείγμα περάστηκε από κόσκινο με διάμετρο οπής 2mm. Μετά τον διαχωρισμό του εδάφους με μέγεθος κόκκων έως και 2mm, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε μεταλλικά δοχεία.

5.3.2 Κορεσμός πλάκας

Οι κεραμικές πλάκες που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία μας είναι το μέσο πάνω στο οποίο έγινε ο κορεσμός των δειγμάτων. Οι πλάκες είναι κατασκευασμένες από πορώδες κεραμικό υλικό και στο κάτω μέρος τους είναι επενδυμένες με ένα ελαστικό

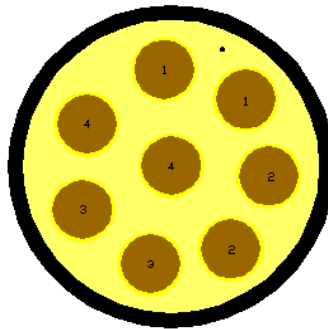
περίβλημα. Οι πλάκες που χρησιμοποιήθηκαν αντέχουν μέγιστη πίεση 1bar, 3bar και 15bar. Το βάρος της πλάκας κυμαίνεται από 850-900gr.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον κορεσμό της πλάκας είναι η παρακάτω: Μέσα σε λεκάνη τοποθετήθηκαν οι πλάκες πάνω σε μια μεταλλική βάση. Πληρώθηκε με απιονισμένο νερό έως ότου η πλάκα βρέθηκε στη μέση του ύψους της συνολικής στάθμης του νερού. Η πλάκα έμεινε μέσα στην λεκάνη για 24 ώρες όποτε και επήλθε ο κορεσμός.

5.3.3 Κορεσμός δειγμάτων

Μετά το κορεσμό της πλάκας, αφαιρέθηκε το νερό που βρισκόταν πάνω από τη πλάκα με τη βοήθεια ενός μικρού σιφωνίου. Η στάθμη του νερού μέσα στη λεκάνη έπρεπε να κατέλθει έως στο ύψος της πλάκας, αφήνοντας μία λεπτή μεμβράνη νερού πάνω σε αυτή.

Πάνω στη πλάκα τοποθετήθηκαν οχτώ ελαστικά δαχτυλίδια διαστάσεων $d=5\text{ cm}$, $h=1\text{ cm}$. Τα δαχτυλίδια τα τοποθετήθηκαν περιμετρικά πάνω στη κεραμική πλάκα και ένα στο κέντρο της (σχ 5.2). Το κάθε δείγμα εδάφους τοποθετήθηκε σε δύο δαχτυλίδια. Έτσι για παράδειγμα τα τέσσερα δείγματα του καλλιεργημένου εδάφους τοποθετήθηκαν στα οχτώ δαχτυλίδια που βρίσκονται πάνω στη πλάκα.



Σχήμα 5.2: Αρίθμηση των δειγμάτων στην πλάκα.

Τα δαχτυλίδια γεμίστηκαν με δείγμα εδάφους με τη βοήθεια ενός χωνιού και μιας σέσουλας. Όταν το δαχτυλίδι γεμίσει με έδαφος ισοπεδώθηκε η επιφάνεια του εδάφους, με μία σπάτουλα προσέχοντας να μην το συμπιεστούν. Αφού ολοκληρώθηκε το γέμισμα των δαχτυλιδιών με τα δείγματα εδάφους, αφέθηκαν για 48ώρες. Μετά το πέρας αυτού του χρονικού ορίου το νερό ανέρχεται με βάση του τριχοειδούς φαινομένου και το έδαφος θεωρείται κορεσμένο. Κατά το χρονικό αυτό διάστημα έγιναν ταχτικοί έλεγχοι, για τη

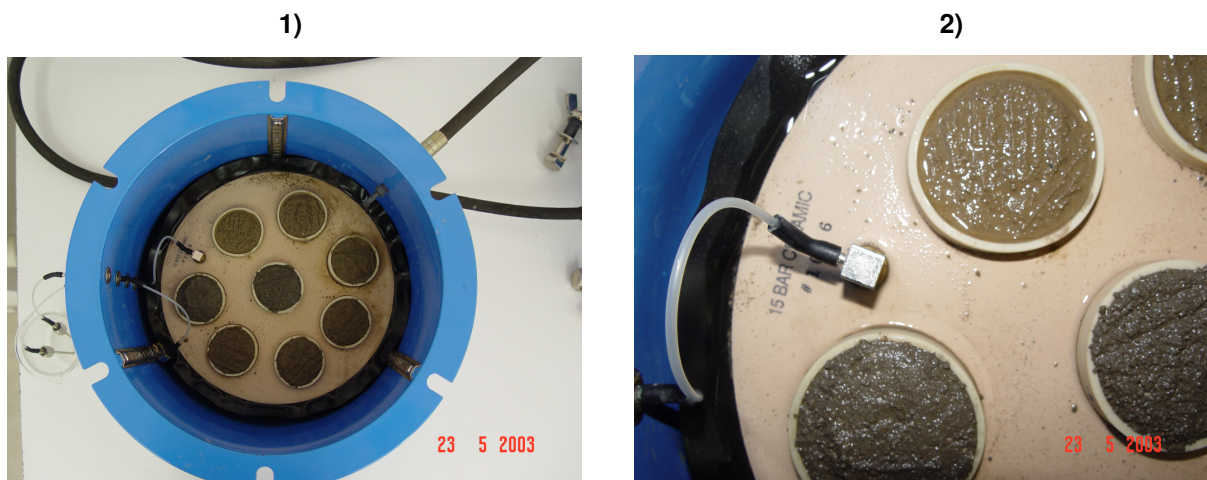
παρατήρηση της στάθμης του νερού μέσα στη λεκάνη. Σε περίπτωση πτώσης της στάθμης αναπληρώνεται το νερό προσέχοντας για την σωστή διατήρηση της στάθμης .



Εικόνα 5.5: Κορεσμός των δειγμάτων μέσα στην λεκάνη.

5.3.4 Τοποθέτηση της πλάκας στην συσκευή πιεστικού δίσκου

Μετά το κορεσμό των δειγμάτων μέσα στη λεκάνη, ακολουθήθηκε η τοποθέτηση της πλάκας στη συσκευή Richards. Αφαιρέθηκε όλο το νερό από τη λεκάνη με ένα μικρό σιφώνιο. Η πλάκα πάρθηκε από τη βάση στήριξης με μεγάλη προσοχή και τοποθετήθηκε μέσα στη συσκευή πιεστικού δίσκου πάνω στα στηρίγματα της συσκευής. Μετά τη τοποθέτηση της πλάκας συνδέθηκε το σημείο εκροής νερού της πλάκας με την υποδοχή του εσωτερικού σωλήνα απορροής του νερού. Έπειτα σφραγίσθηκε η συσκευή και σφίχτηκαν με τους κοχλίες σύσφιξης οι οποίοι κοχλιώθηκαν ανά δύο αντιδιαμετρικά.



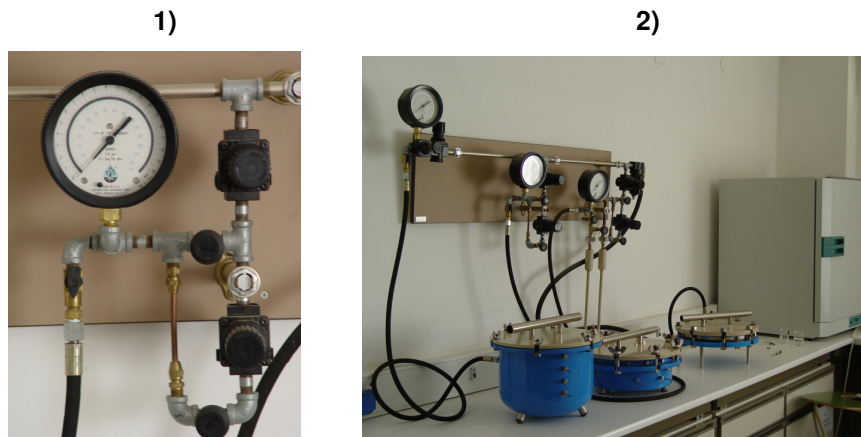
Εικόνα 5.6: 1,2) Τοποθέτηση της πλάκας στη συσκευή.

5.3.5 Άσκηση πίεσης στα δείγματα μέσω της συσκευής

Η πίεση εφαρμόστηκε μετά από την τοποθέτηση των δειγμάτων, μέσα στην συσκευή Richards. Ο αεροσυμπιεστή τέθηκε σε λειτουργία, ο οποίος διοχετεύσε την συσκευή με πεπιεσμένο αέρα.

Για την εκμετάλλευση του αέρα, ανοίχθηκε ο χειρομοχλό εισαγωγής αέρος της συσκευής και σιγά-σιγά η πίεση ανέβηκε μέχρι το επιθυμητό σημείο. Όταν έφτασε σε αυτό το σημείο σταμάτησε να ανεβαίνει η πίεση και ασφαλίστηκε ο χειρομοχλός. Οι πιέσεις που ασκήθηκαν στα δείγματα είναι 1/3, 1, 3, 6, 9, 12 και 15 atm.

Με αυτόν τον τρόπο, ασκήθηκε η επιθυμητή πίεση μέσα στην συσκευή. Η διαφορετική πίεση που δημιουργήθηκε ανάμεσα στην συσκευή και στο περιβάλλον, είχε σαν αποτέλεσμα την αφαίρεση της υγρασίας από τα δείγματα και την απομάκρυνση του νερού αυτού από την πλάκα μέσω του ακροφυσίου απορροή του νερού. Ακολουθώντας την πορεία αυτή, το νερό εξήλθε από την συσκευή.



Εικόνα 5.7: 1,2) Μανόμετρα συσκευής.

Τα δείγματα θα παρέμειναν στην συσκευή έως ότου επιτευχθεί υγρασιακή ισορροπία σε σχέση με την ασκούμενη πίεση. Αυτό διαπιστώθηκε όταν σταμάτησε η εκροή νερού από το εξωτερικό ακροφύσιο (περίπου 48 ώρες). Το ποσοστό της υγρασίας που παρέμεινε στα δείγματα, θα είναι αντιπροσωπευτικό της πίεσης που ασκήθηκε.

Όταν τα δείγματα ήλθαν σε ισορροπία, απασφαλίστηκε ο χειρομοχλός εισαγωγής του αέρα και μηδενίστηκε η πίεση που ασκήθηκε στο εσωτερικό της συσκευής. Η συσκευή αποσφραγίστηκε και βγήκαν τα δείγματα από αυτές.

5.3.6 Εξαγωγή των δειγμάτων από την συσκευή

Αφού επιτεύχθηκε υγρασιακή ισορροπία στα δείγματα και σταμάτησε να εκρέει νερό από το ακροφύσιο τα δείγματα βγάλθηκαν από την συσκευή, τα οποία τοποθετήθηκαν σε αριθμημένες κάψες (αφού πρώτα είχαν ζυγιστεί και έχει καταγραφεί η μάζα τους) και ζυγίστηκαν μαζί με την κάψα και καταγράφηκε την μάζα τους.

Η μάζα που βρέθηκε είναι η μάζα του εδαφικού δείγματος μαζί με την κάψα και την υγρασία που συγκρατήθηκε κατά την κατάσταση που ήλθε σε υγρασιακή ισορροπία με την αντίστοιχη ασκούμενη πίεση. Η μάζα αυτή μείον η μάζα της κάψας ονομάζεται υγρή μάζα (m_w).

5.3.7 Τοποθέτηση και εξαγωγή των δειγμάτων από το πυριαντήριο

Αφού ζυγίστηκαν τα δείγματα, τοποθετήθηκαν στο πυριαντήριο στους 105 °C για 48ώρες περίπου. Στο διάστημα αυτό επιτυγχάνεται ξήρανση των δειγμάτων, δηλαδή αφαίρεση όλης της υγρασίας που περιείχαν πριν την τοποθέτησής τους στο πυριαντήριο.

Μετά το πέρας του διαστήματος αυτού, τα δείγματα βγάλθηκαν από το πυριαντήριο και ξαναζυγίστηκαν μαζί με τις κάψες. Η μάζα που βρέθηκε μείον την μάζα της κάψας την ονομάζεται ξηρή μάζα (m_d).

5.3.8 Υπολογισμός εδαφικής υγρασίας

Ο υπολογισμός του ποσοστού της υγρασίας που συγκρατήθηκε στο δείγμα μετά την συσκευή, για την συγκεκριμένη πίεση που ασκήθηκε, γίνεται χρήση του παρακάτω τύπου:

$$m = \frac{m_w - m_d}{m_d} * 100$$

όπου m = εδαφική υγρασία κατά μάζα(% D.w.)

m_w = υγρή μάζα (gr)

m_d = ξηρή μάζα (gr)

6. ΠΙΝΑΚΕΣ - ΚΑΜΠΥΛΕΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ RICHARDS

Πίνακας καταγραφής μετρήσεων Ακαλλιέργητου εδάφους

ΔΕΙΓΜΑ		ΠΙΕΣΗ															
		0 atm		1/3 atm		1 atm		3 atm		6 atm		9 atm		12 atm		15 atm	
		M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d
A-30-1	A	40,60	23,65	28,19	20,63	26,54	19,63	25,66	20,14	25,27	20,36	25,74	21,15	23,86	19,91	22,51	18,99
	B	37,53	21,97	28,00	20,48	25,43	20,83	24,93	19,59	27,02	21,77	24,47	19,83	23,15	19,47	21,98	18,51
A-30-2	A	39,37	23,42	23,74	17,81	27,26	20,28	27,33	21,70	26,76	21,69	25,91	21,04	25,90	21,85	25,63	21,70
	B	40,50	24,00	26,93	23,02	27,33	20,53	25,91	20,50	27,98	22,58	27,60	22,20	25,64	21,17	24,53	20,84
A-30-3	A	37,61	22,81	24,56	18,58	22,81	17,39	23,95	13,38	33,01	27,02	21,16	17,48	24,24	20,18	25,18	21,54
	B	39,99	24,14	26,91	20,52	26,16	19,93	32,62	26,61	27,42	22,52	24,56	20,86	24,28	20,44	21,72	18,68
A-30-4	A	36,70	22,09	27,09	20,34	26,84	20,68	22,19	17,85	27,38	21,99	25,35	20,81	23,47	19,14	24,87	20,72
	B	39,55	23,83	26,53	19,83	26,11	19,73	25,01	19,94	26,86	21,83	26,52	21,36	23,77	19,58	26,68	22,12
A-60-1	A	34,78	21,84	30,18	22,63	28,26	22,16	29,09	23,80	25,22	20,90	25,84	21,99	26,28	22,57	26,26	22,80
	B	34,20	21,12	29,16	21,95	30,06	24,00	28,75	23,34	26,10	21,43	25,33	21,41	29,65	25,49	26,61	22,95
A-60-2	A	33,45	20,93	30,04	22,91	29,14	23,43	24,58	20,03	27,60	22,96	28,22	23,49	29,60	25,07	27,47	23,34
	B	34,64	21,55	28,85	22,10	30,29	24,22	24,14	19,56	28,37	23,57	29,16	24,46	28,03	23,55	25,69	22,10
A-60-3	A	33,41	21,06	29,67	22,69	28,80	23,32	23,90	20,16	26,39	22,30	28,32	24,59	27,00	23,50	26,36	23,10
	B	32,14	20,33	28,62	21,96	28,49	23,01	27,35	22,91	25,21	21,27	27,58	23,65	26,76	23,30	25,67	22,80
A-60-4	A	33,66	20,85	29,60	22,19	30,08	23,83	28,55	22,80	25,42	20,52	26,39	21,76	27,42	23,24	26,00	22,06
	B	35,86	22,47	27,83	21,00	30,04	23,81	25,54	20,41	27,35	21,87	25,78	21,11	27,34	23,10	25,62	21,98
A-90-1	A	34,55	23,03	28,35	21,59	32,48	26,81	27,87	23,56	29,43	25,06	30,71	26,74	23,69	20,58	21,44	19,13
	B	31,81	21,03	27,93	22,04	31,32	25,77	28,71	24,21	26,92	23,27	31,16	26,98	25,37	22,32	21,29	19,11
A-90-2	A	34,25	21,00	28,02	21,78	31,43	25,13	29,26	24,07	23,99	19,91	25,11	20,98	29,11	24,67	23,71	20,21
	B	33,12	20,20	26,51	20,66	29,98	24,17	30,18	24,85	24,69	20,44	25,94	21,65	28,06	23,59	25,14	21,40
A-90-3	A	32,38	20,52	28,36	22,12	28,88	23,09	27,19	22,13	27,66	22,86	24,95	20,75	25,20	21,04	21,93	18,54
	B	35,18	22,58	25,74	19,61	26,37	20,95	27,43	22,29	27,00	22,37	27,69	23,20	28,79	24,27	22,48	19,16
A-90-4	A	31,31	20,98	28,36	22,61	28,08	23,55	26,68	22,77	27,93	24,26	28,06	24,89	23,18	20,72	23,08	20,70
	B	32,80	21,58	29,43	23,42	31,11	25,85	26,55	22,90	28,92	25,03	24,36	21,63	26,91	24,09	21,88	19,73

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ RICHARDS

Πίνακας καταγραφής μετρήσεων Καλλιεργημένου εδάφους

ΔΕΙΓΜΑ		ΠΙΕΣΗ															
		0 atm		1/3 atm		1 atm		3 atm		6 atm		9 atm		12 atm		15 atm	
		M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d	M.w.	M.d
K-30-1	A	21,65	21,74	28,81	22,68	27,00	21,96	27,79	23,13	26,45	22,38	25,89	22,27	26,50	23,13	23,37	20,52
	B	33,25	21,44	29,59	23,32	27,86	22,53	26,72	22,21	26,26	22,19	26,40	22,59	23,24	20,35	24,46	21,54
K-30-2	A	39,01	24,38	28,05	21,97	28,83	22,95	27,80	23,16	26,94	22,95	25,86	22,83	23,63	20,92	26,12	23,35
	B	36,11	22,43	28,31	22,22	28,34	22,55	28,65	23,84	25,27	21,47	24,30	21,42	23,65	20,95	25,55	22,80
K-30-3	A	35,08	22,03	30,07	23,17	28,01	21,73	30,39	25,27	25,49	21,63	24,68	21,21	23,74	20,59	23,14	20,27
	B	35,19	22,14	27,95	21,60	32,47	25,31	27,06	22,53	25,00	21,68	24,32	20,89	24,64	21,29	23,15	20,26
K-30-4	A	37,16	22,39	28,69	21,65	29,42	22,56	29,29	23,67	25,54	21,21	24,98	21,09	22,66	19,39	25,86	22,40
	B	35,08	21,03	28,55	21,50	27,91	21,47	32,49	26,34	26,17	21,77	22,68	19,17	26,32	22,59	24,94	21,52
K-60-1	A	35,90	24,59	31,22	24,40	29,52	24,00	27,79	22,79	30,48	25,26	29,10	24,34	30,29	25,51	27,64	23,55
	B	29,88	20,59	32,04	24,90	29,81	24,27	25,78	21,24	30,36	25,17	28,81	24,13	25,20	21,27	28,12	23,89
K-60-2	A	35,37	23,70	29,78	23,41	32,41	21,54	28,19	23,29	25,19	20,89	22,71	19,38	27,08	23,54	26,09	23,00
	B	34,59	23,41	34,41	27,00	28,48	22,74	30,66	25,32	29,13	24,14	24,02	20,49	24,28	21,13	19,33	16,98
K-60-3	A	31,67	20,82	29,10	22,65	28,43	23,01	27,42	22,60	24,34	20,30	27,94	23,47	27,20	22,96	24,10	20,47
	B	32,86	21,97	30,49	23,73	25,82	20,85	28,31	23,40	26,40	21,98	24,81	20,80	27,48	23,23	25,77	21,94
K-60-4	A	35,14	21,50	31,97	24,33	26,82	21,13	24,73	19,92	24,24	19,71	24,15	19,90	30,67	25,45	24,08	20,14
	B	33,82	20,92	32,20	24,74	30,50	24,12	25,50	20,51	25,56	20,94	26,35	21,62	26,47	21,93	25,66	21,51
K-90-1	A	34,28	23,78	28,69	22,76	36,47	30,00	32,51	27,61	31,63	27,34	27,46	24,03	26,98	23,85	26,33	23,51
	B	37,46	25,77	26,00	20,65	34,33	28,24	29,48	25,06	32,66	28,11	26,09	22,72	27,21	24,07	26,71	23,93
K-90-2	A	36,85	24,00	33,36	25,66	35,63	28,72	28,21	22,92	32,03	26,41	25,48	25,48	30,78	26,01	19,73	19,73
	B	36,18	23,62	33,00	25,55	34,05	27,42	26,09	21,31	22,01	22,01	23,40	23,40	23,18	23,18	21,30	21,30
K-90-3	A	37,10	23,29	29,20	23,63	28,38	23,46	30,96	26,40	27,77	23,97	25,00	22,56	29,19	26,58	22,53	20,77
	B	34,51	22,00	27,71	22,51	30,68	25,43	33,70	28,84	26,34	22,83	23,71	21,42	29,14	26,59	22,03	20,24
K-90-4	A	38,47	22,97	26,83	20,40	26,27	26,27	28,13	22,56	25,92	21,03	30,41	25,08	21,64	21,64	20,94	20,94
	B	36,80	22,01	29,53	22,40	32,61	25,79	20,83	20,83	25,01	20,37	29,06	24,06	22,14	22,14	20,06	20,06

6.1 Ακαλλιέργητο έδαφος 30cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.1

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:1ο (A-30-1)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	71,67	36,91	35,2	27,4	24,11	21,7	19,83	18,53	18,38
	B	70,82	36,71	34,75	27,56	24,11	23,39	18,90	18,74	17,97
	MO	71,24	36,81	34,97	27,48	24,11	22,5	19,36	18,63	18,18

Καμπύλη I

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.2

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:2ο (A-30-2)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	68,1	34,41	33,29	25,94	23,37	23,14	18,53	18,11	16,3
	B	68,75	34,88	33,12	26,39	23,91	21,57	21,11	17,7	17,18
	MO	68,42	34,64	33,2	26,16	23,64	22,35	19,82	17,9	16,74

Καμπύλη II

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.3

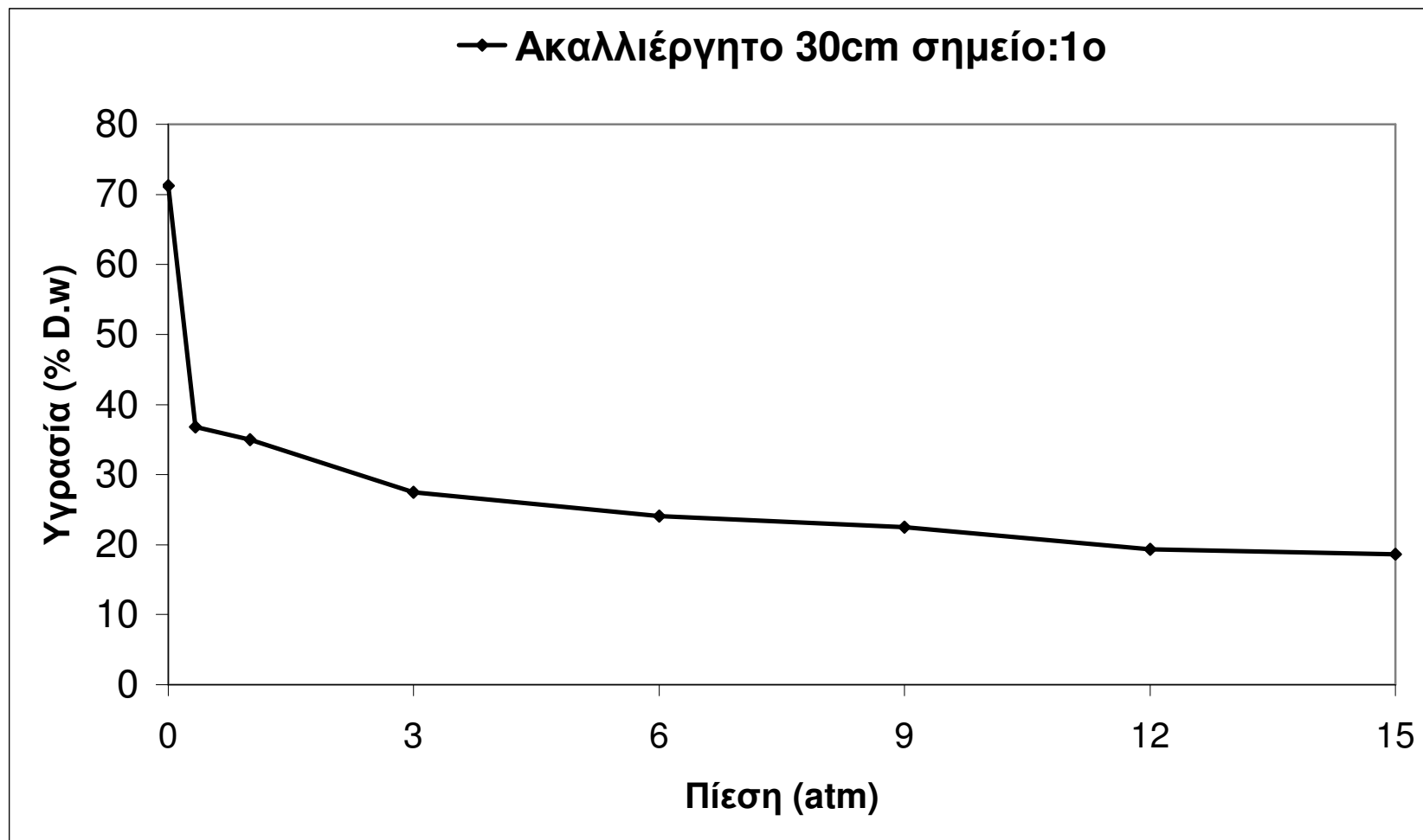
ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:3ο (A-30-3)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	64,88	32,18	31,16	23,78	22,16	21,05	17,73	16,89	15,29
	B	65,58	31,14	31,25	22,58	21,75	20,11	18,78	16,27	14,87
	MO	65,23	31,66	31,2	23,18	21,95	20,58	18,25	16,58	15,08

Καμπύλη III

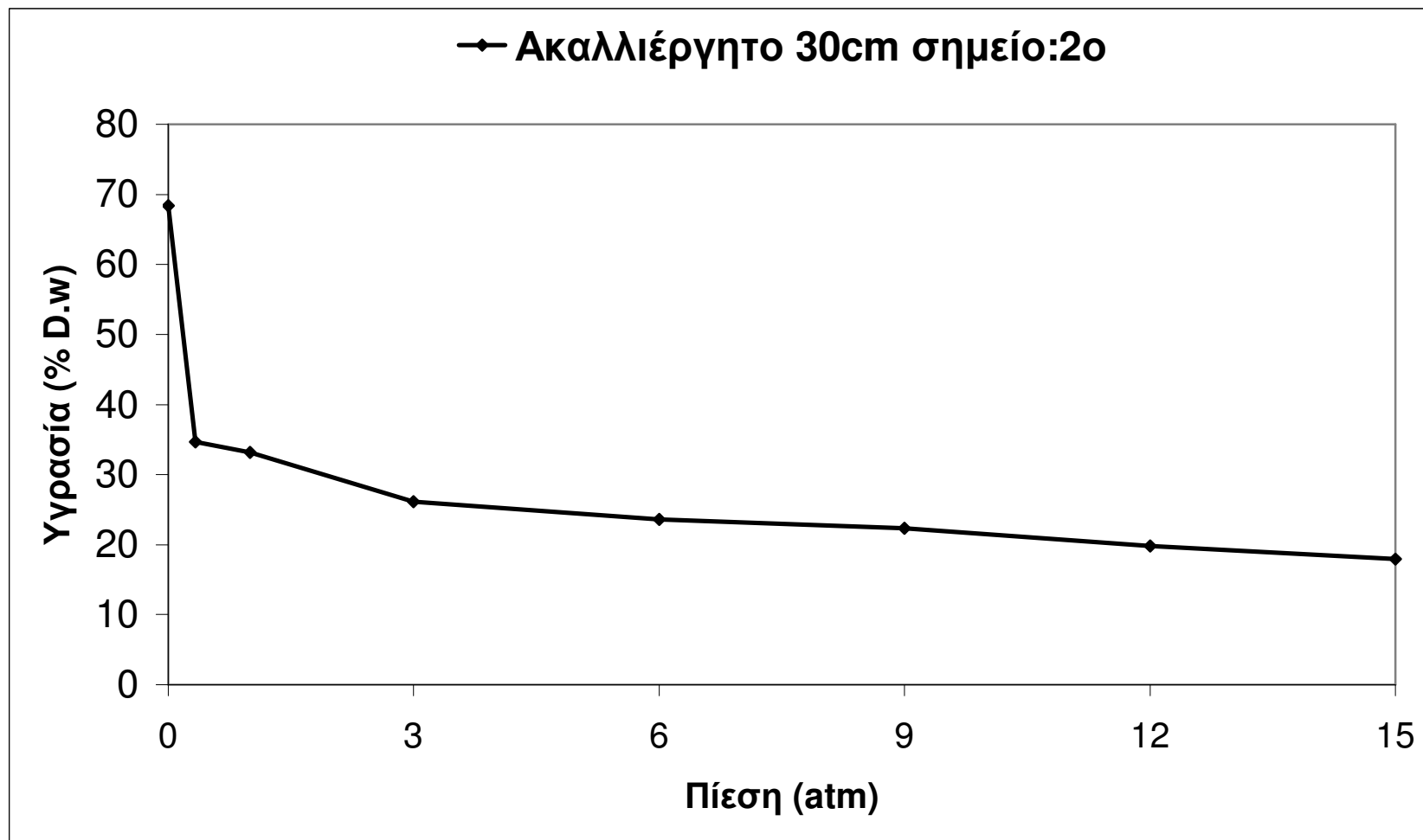
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.4

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:4ο (A-30-4)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	66,13	33,18	29,78	24,31	24,51	21,81	22,62	20,02	13,16
	B	65,96	33,78	32,33	25,42	23,04	24,15	21,39	20,61	13,17
	MO	66,04	33,48	31,05	24,86	23,77	22,98	22	20,31	13,17

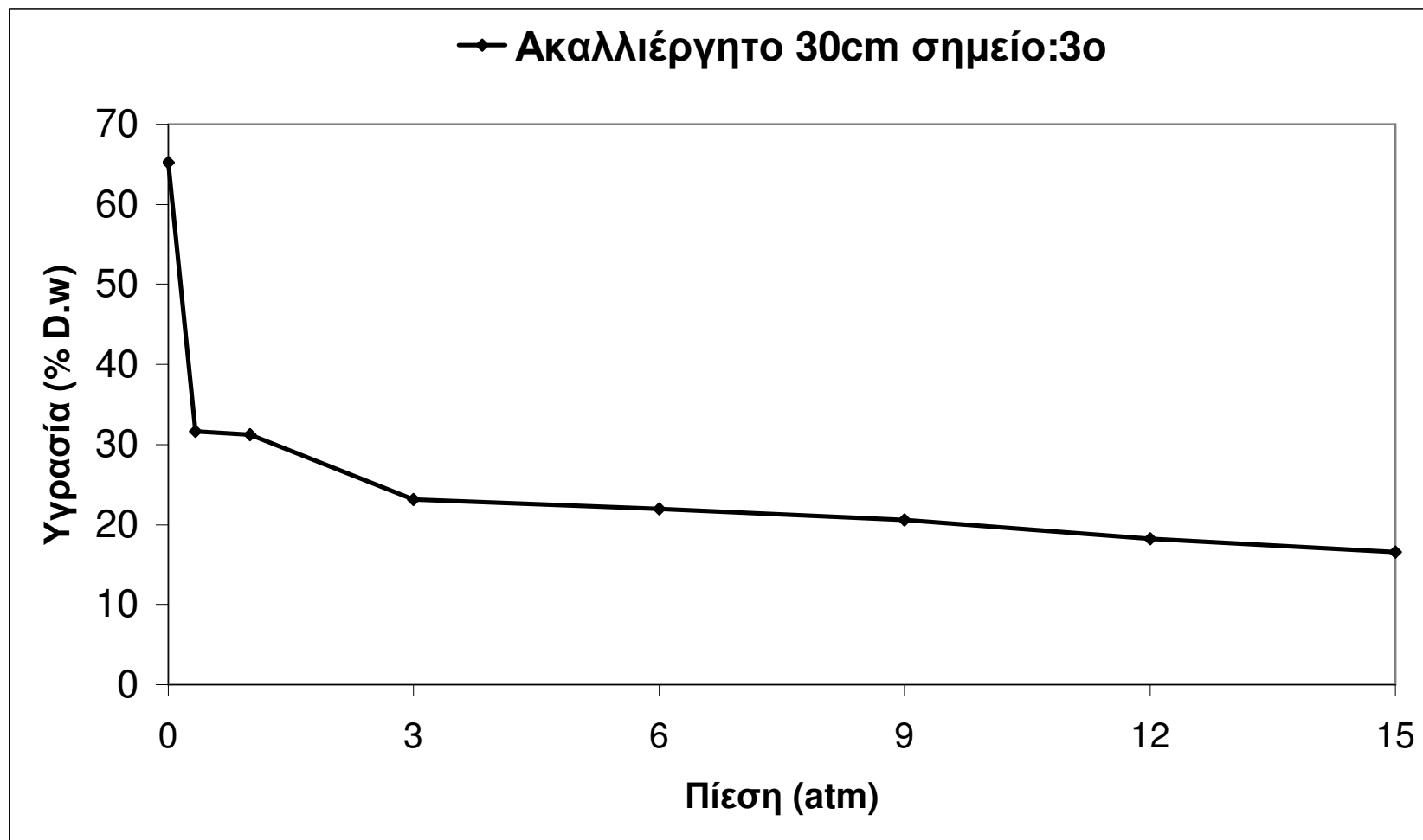
Καμπύλη IV



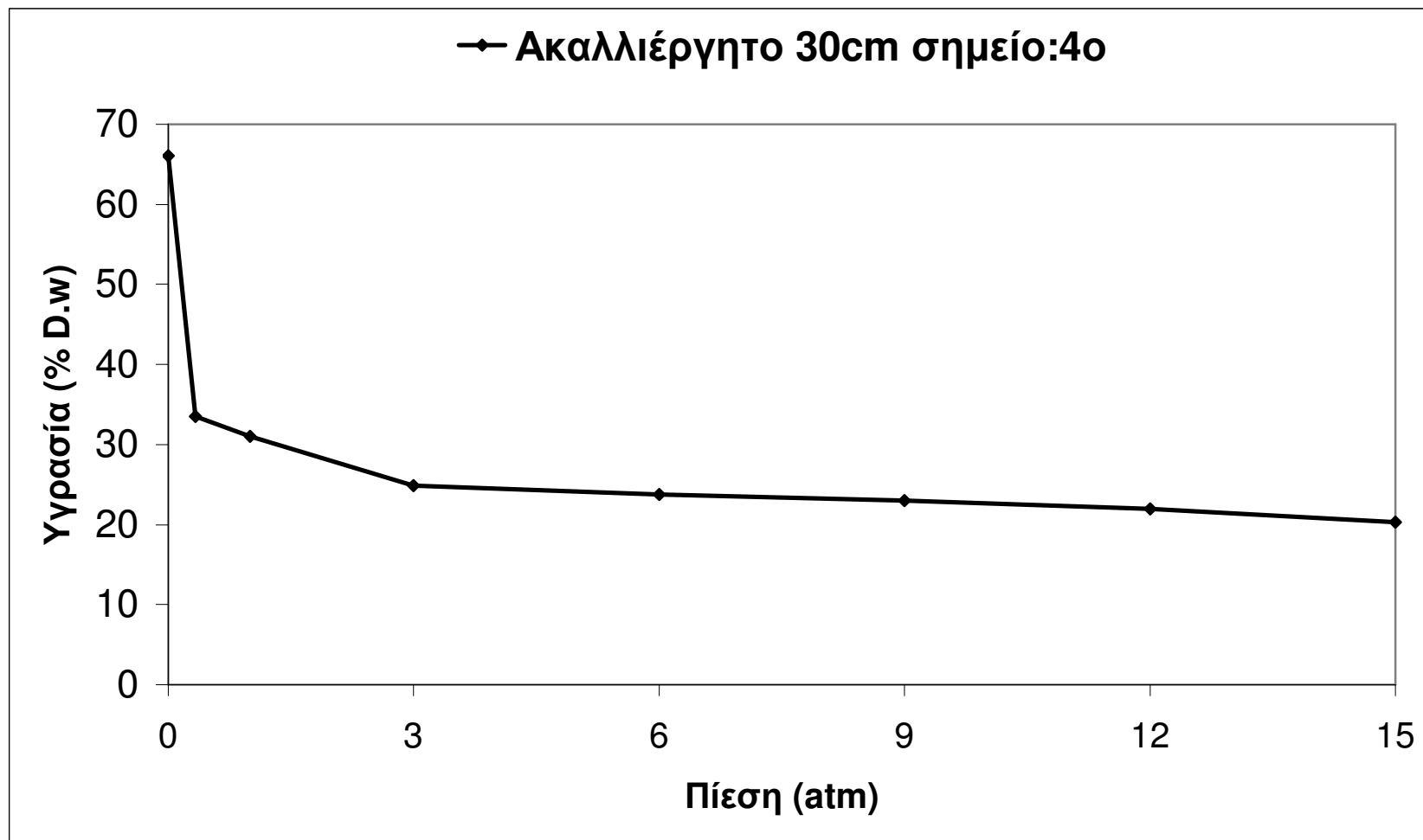
Καμπύλη I (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 30cm)



Καμπύλη II (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 30cm)



Καμπύλη III (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 30cm)



Καμπύλη IV (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 30cm)

6.2 Ακαλλιέργητο έδαφος 60cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.1

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:1ο (A-60-1)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	59,24	33,36	27,52	22,22	20,66	17,5	16,43	15,17	18,19
	B	61,93	32,84	25,25	23,17	21,79	18,3	16,32	15,94	16,9
	MO	60,58	33,6	23,38	22,69	21,22	17,9	16,37	15,55	18,05

Καμπύλη V

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.2

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:2ο (A-60-2)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	59,81	31,12	24,37	22,71	20,2	20,13	18,06	17,69	13,43
	B	60,74	30,54	25,06	23,41	23,36	19,21	19,02	16,24	14,3
	MO	60,27	30,83	24,71	23,06	20,28	19,67	18,54	16,96	13,87

Καμπύλη VI

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.3

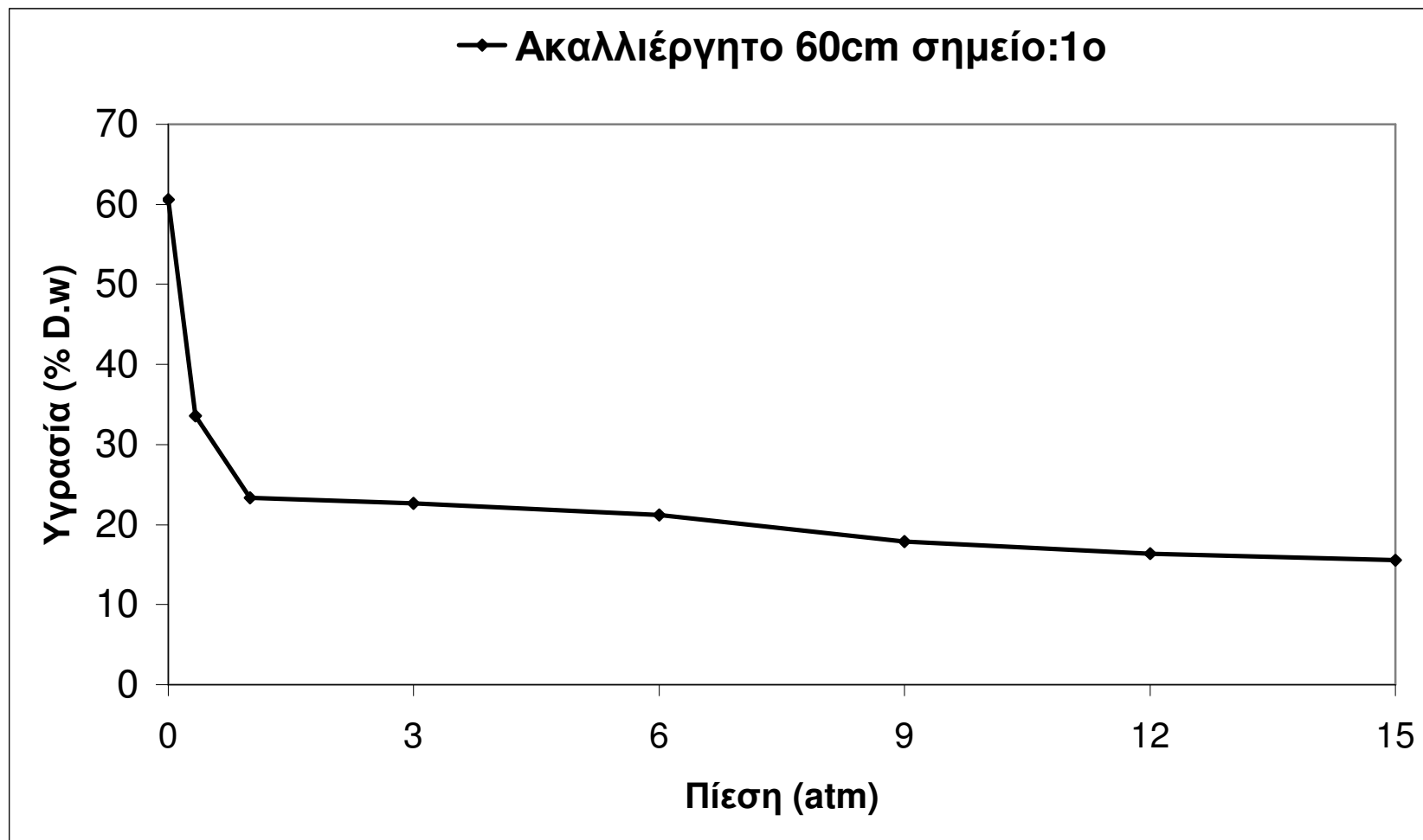
ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:3ο (A-60-3)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	58,68	30,76	23,49	18,55	18,34	15,16	14,89	14,11	16,65
	B	58,09	30,32	23,81	19,38	18,52	16,61	14,86	12,58	17,74
	MO	58,38	30,54	23,65	18,96	18,43	15,88	14,87	13,34	17,2

Καμπύλη VII

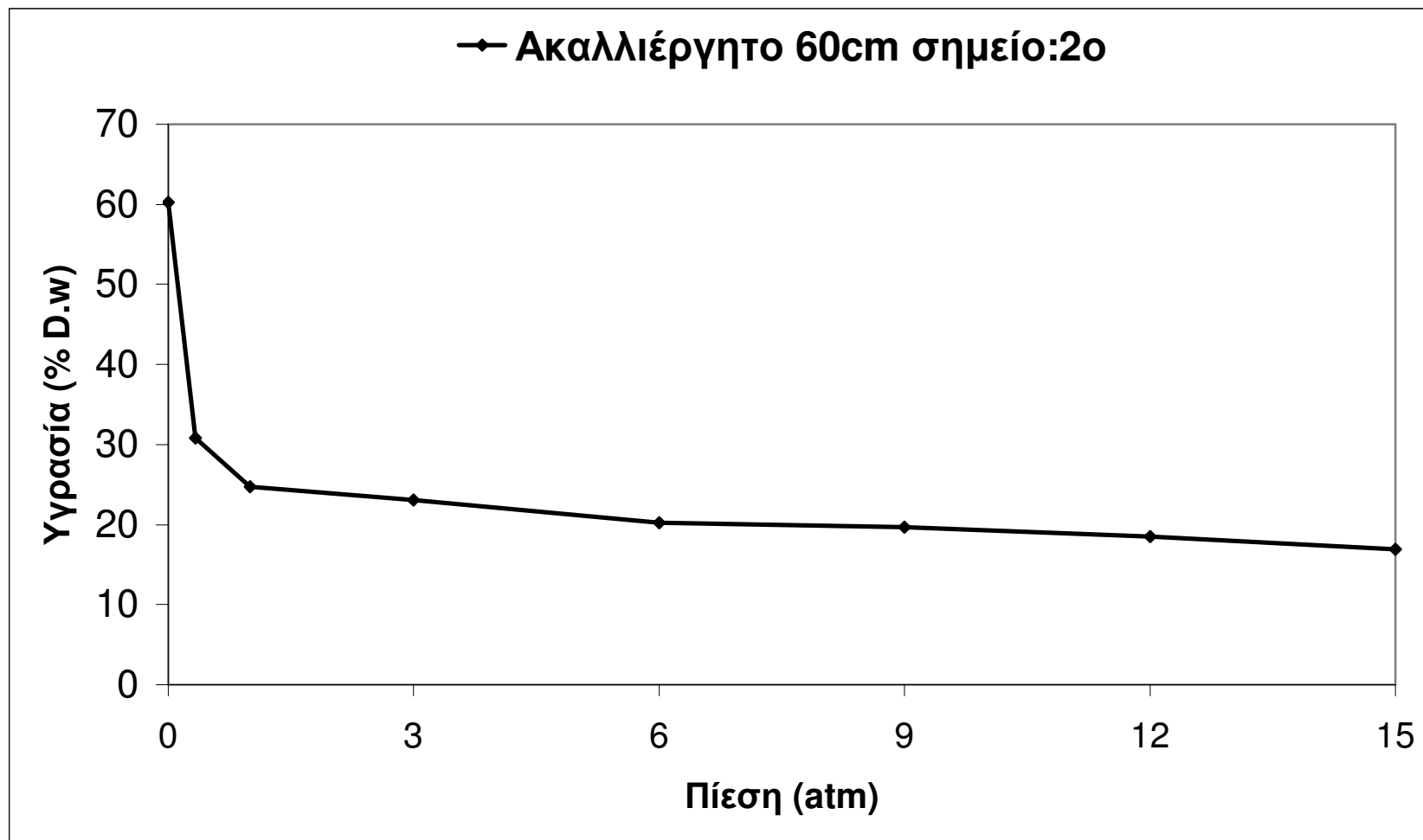
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.4

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:4ο (A-60-4)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	61,43	33,39	26,22	25,21	23,87	21,27	17,98	17,86	15,53
	B	59,59	32,52	26,16	25,13	25,05	22,12	18,35	16,56	15,96
	MO	60,51	32,95	26,19	25,17	24,46	21,69	18,16	17,21	15,74

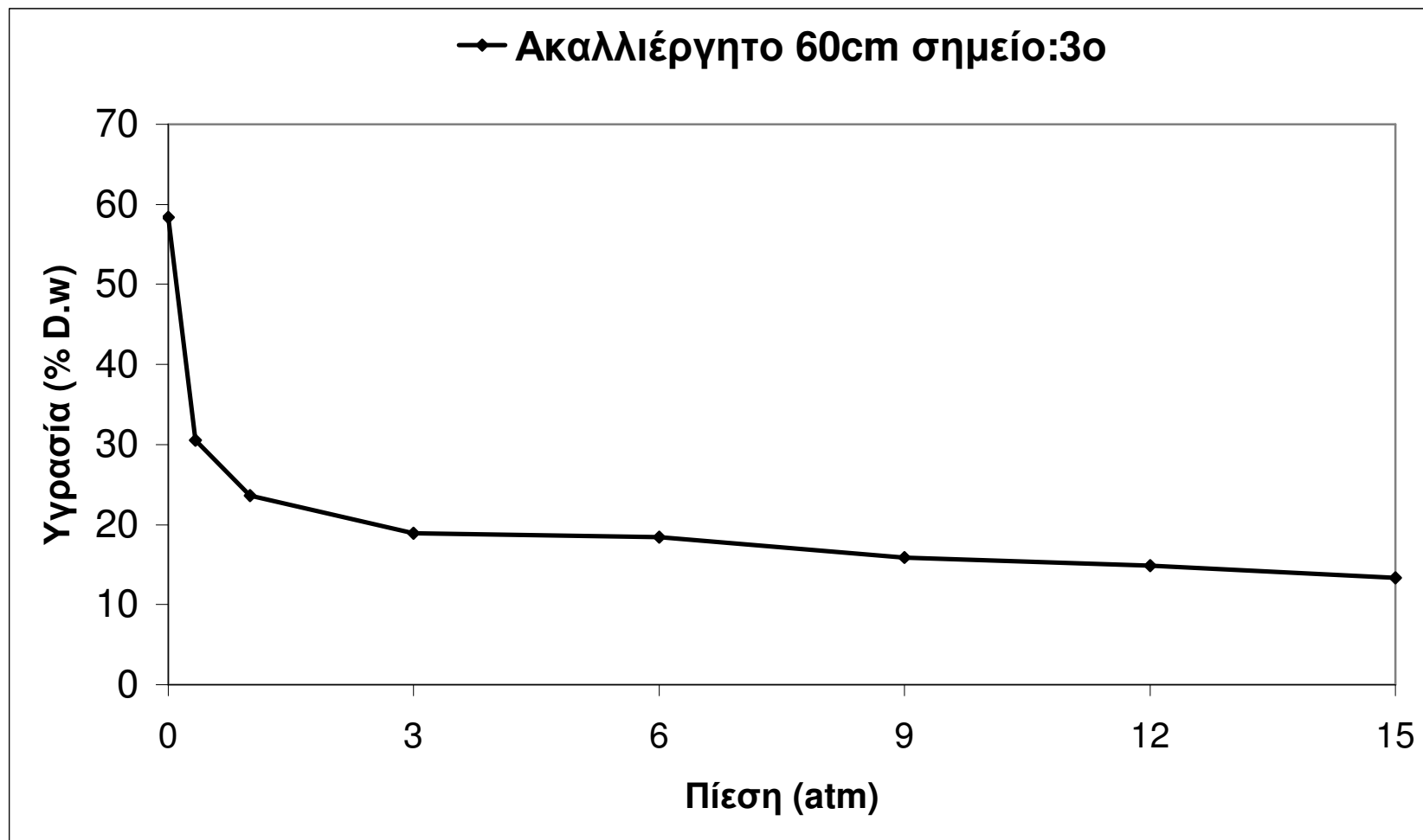
Καμπύλη VIII



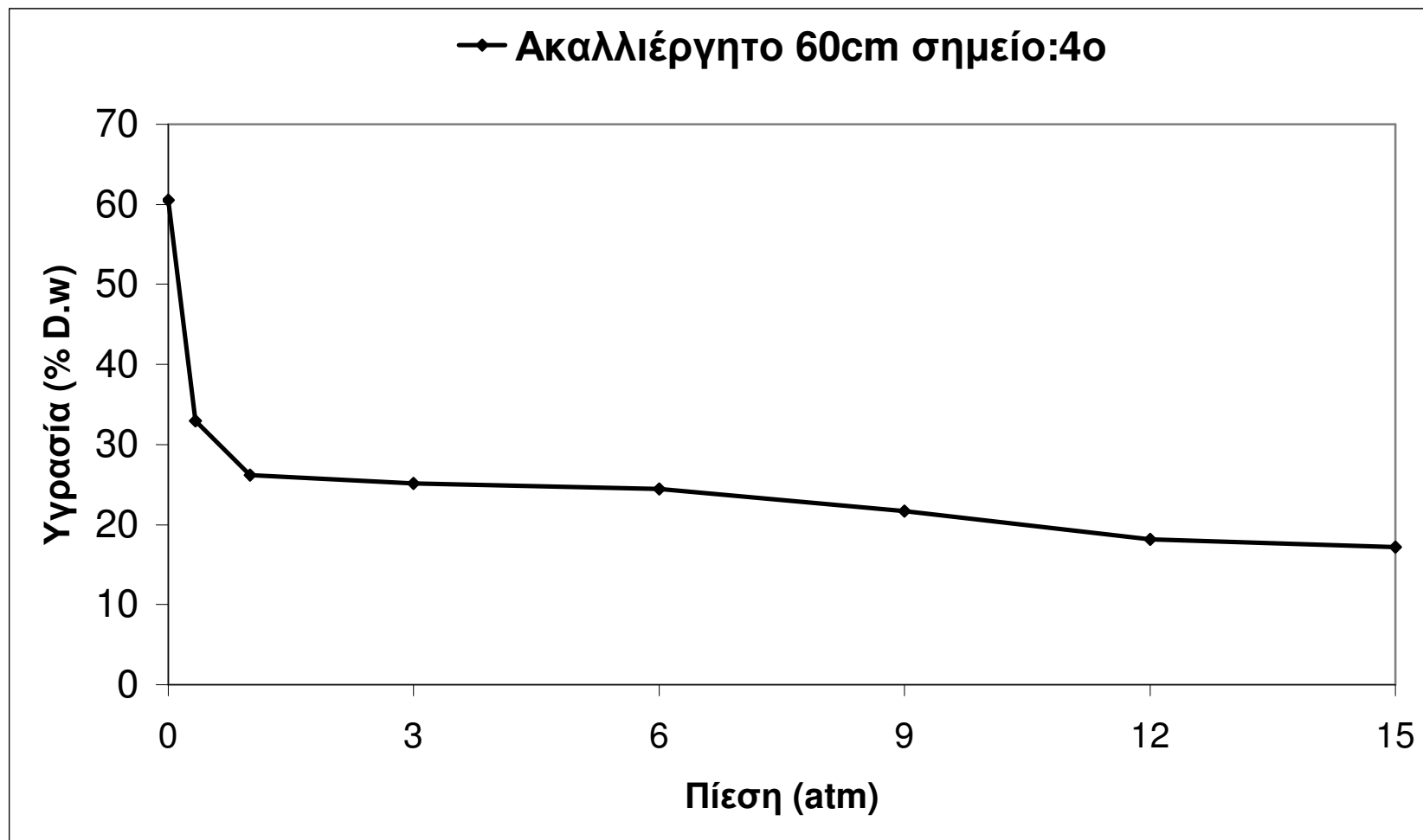
Καμπύλη V (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 60cm)



Καμπύλη VI (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 60cm)



Καμπύλη VII (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 60cm)



Καμπύλη VIII (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 60cm)

6.3 Ακαλλιέργητο έδαφος 90cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.1

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:1ο (A-90-1)										
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία	
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	50,02	31,31	21,14	18,29	17,43	14,84	15,11	12,07	19,24
	B	50,04	26,72	21,53	18,58	15,68	15,49	13,66	11,4	15,32
	MO	50,03	29,01	21,33	18,43	16,55	15,16	14,38	11,73	17,28

Καμπύλη ΙΧ

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.2

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:2ο (A-90-2)										
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία	
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	63,09	28,65	25,06	21,56	20,49	19,68	17,99	17,31	11,34
	B	63,6	28,31	24,03	21,44	20,76	19,81	18,94	17,47	10,84
	MO	63,34	28,48	24,54	21,5	20,62	19,74	18,47	17,39	11,09

Καμπύλη Χ

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.3

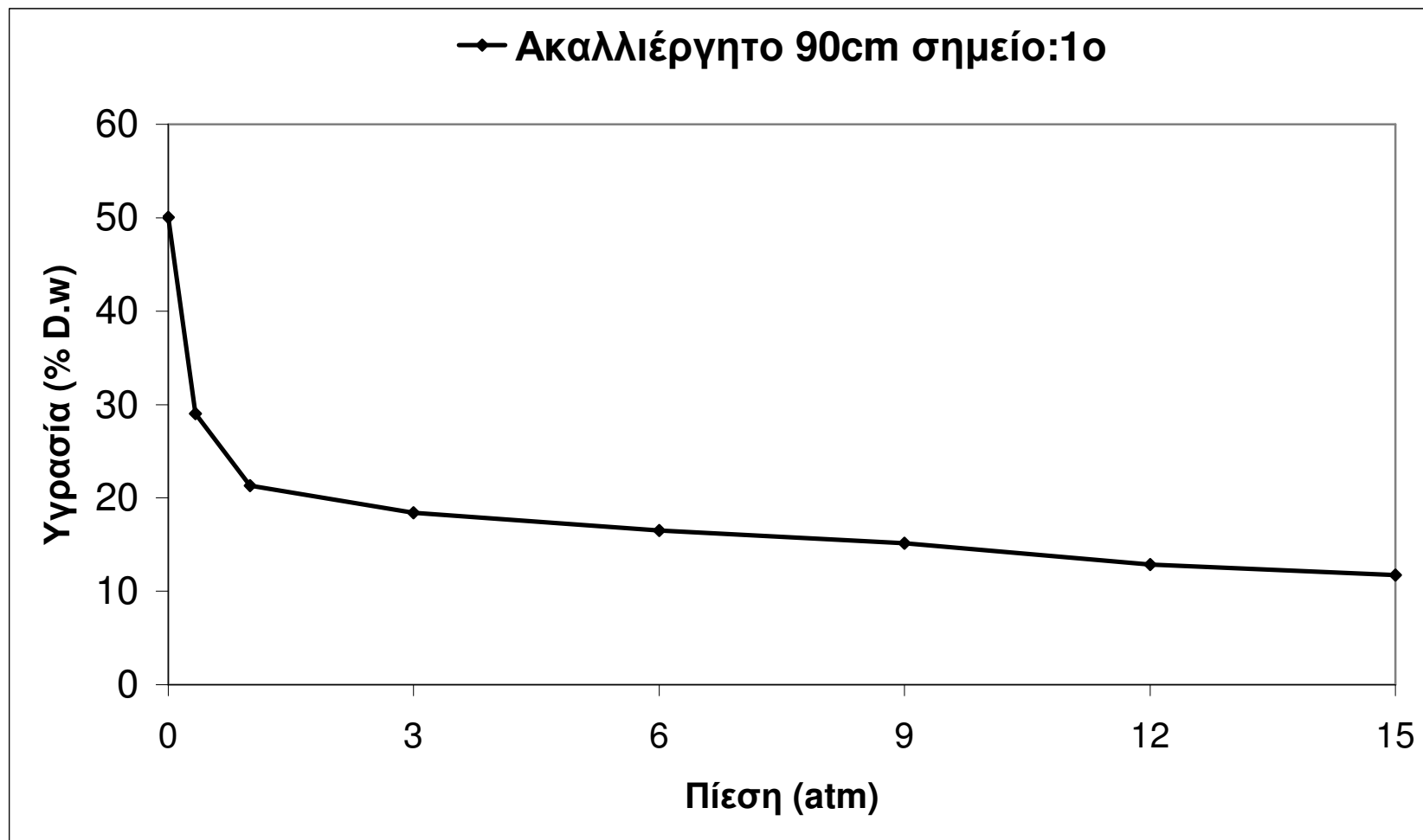
ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:3ο (A-90-3)										
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία	
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	57,79	28,2	25,07	22,86	20,99	20,24	19,77	18,15	10,05
	B	55,8	31,25	25,87	23,05	20,69	19,35	18,62	17,32	13,93
	MO	56,79	29,72	25,47	22,95	20,61	20,15	18,98	17,73	11,99

Καμπύλη ΧΙ

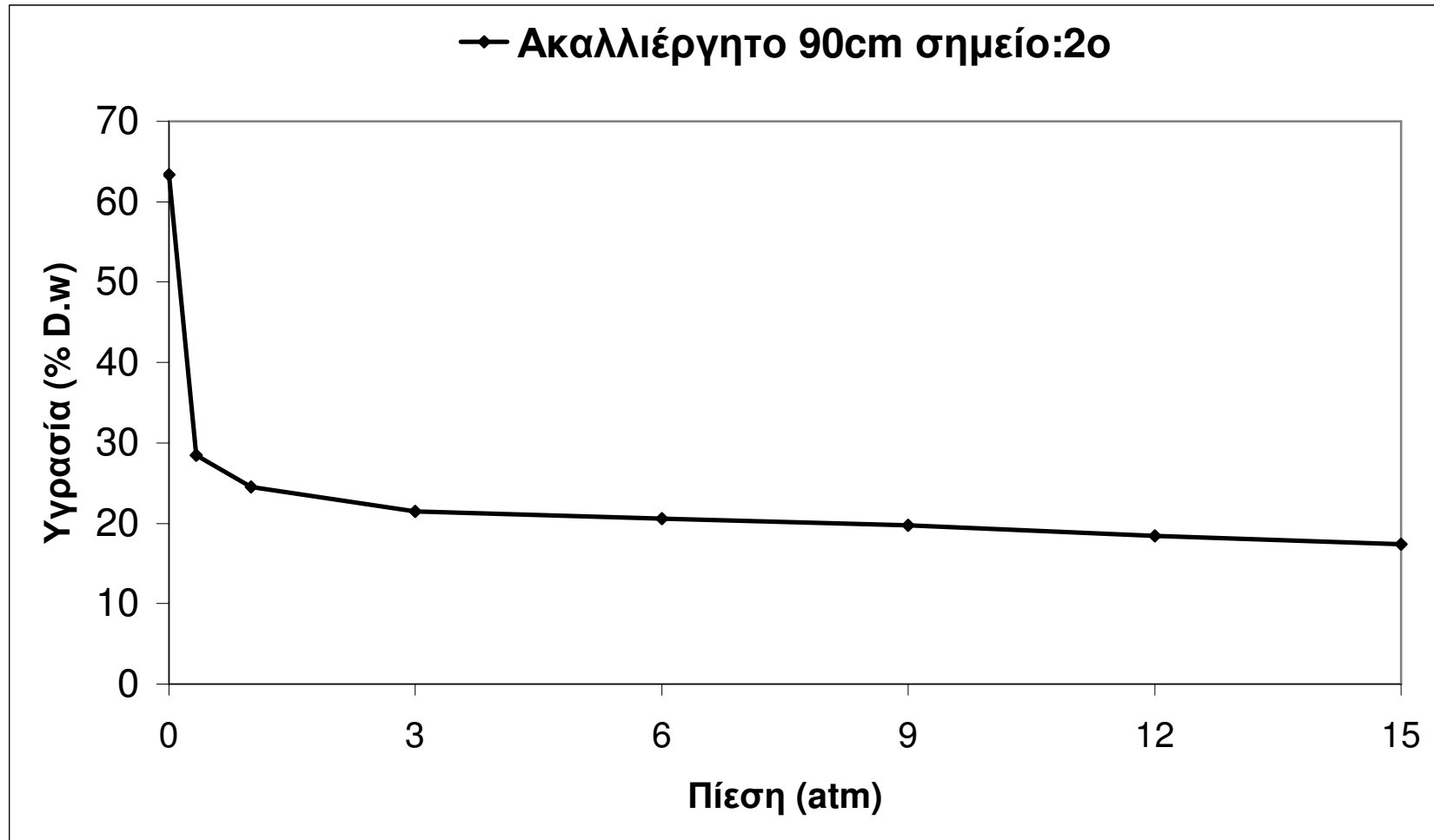
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.4

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:4ο (A-90-4)										
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία	
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	49,23	25,43	19,23	17,17	15,12	12,73	11,87	11,49	13,94
	B	51,99	25,66	20,34	15,93	15,54	12,62	11,7	10,89	14,77
	MO	50,61	25,54	19,78	16,55	15,33	12,67	11,87	11,19	14,35

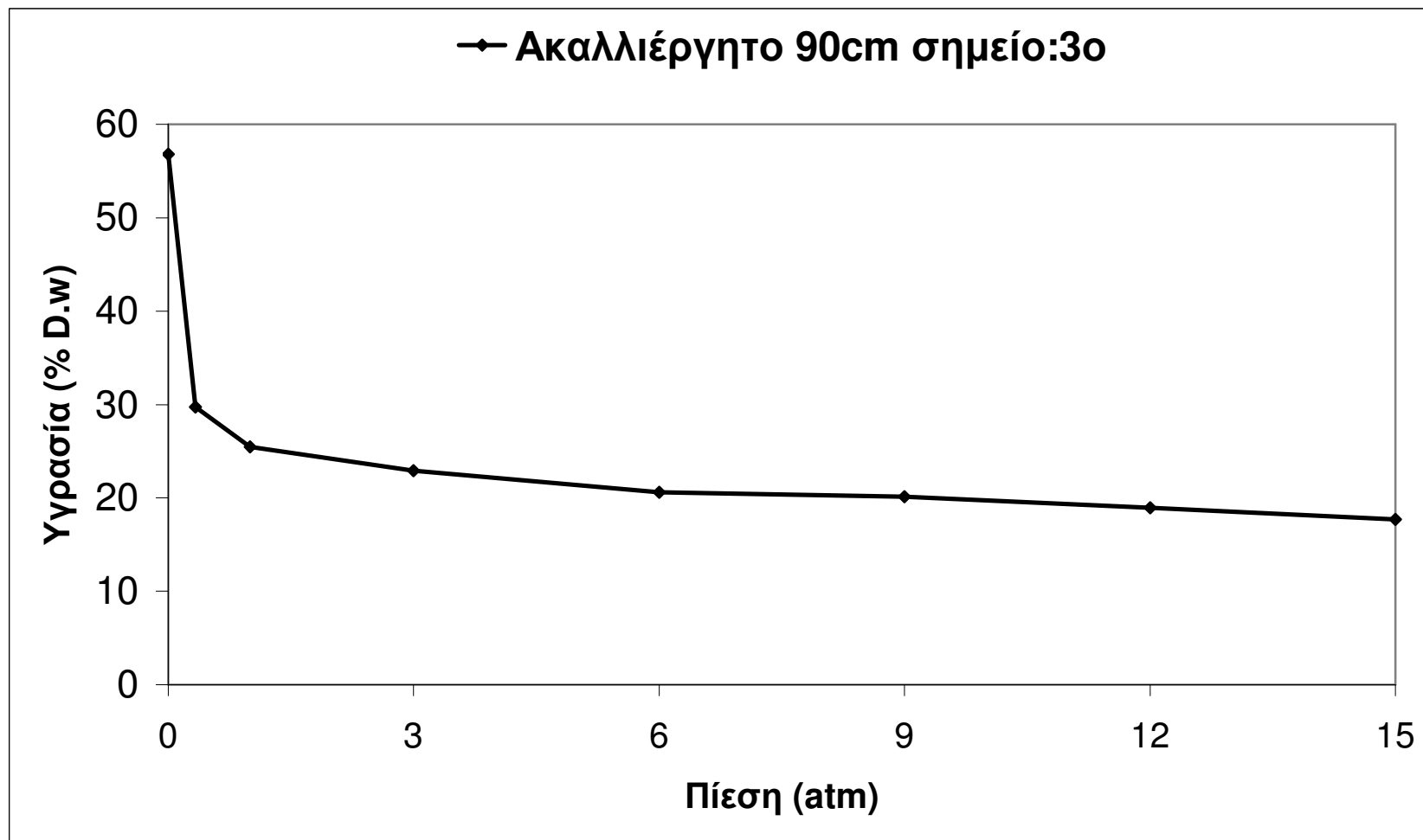
Καμπύλη ΧΙΙ



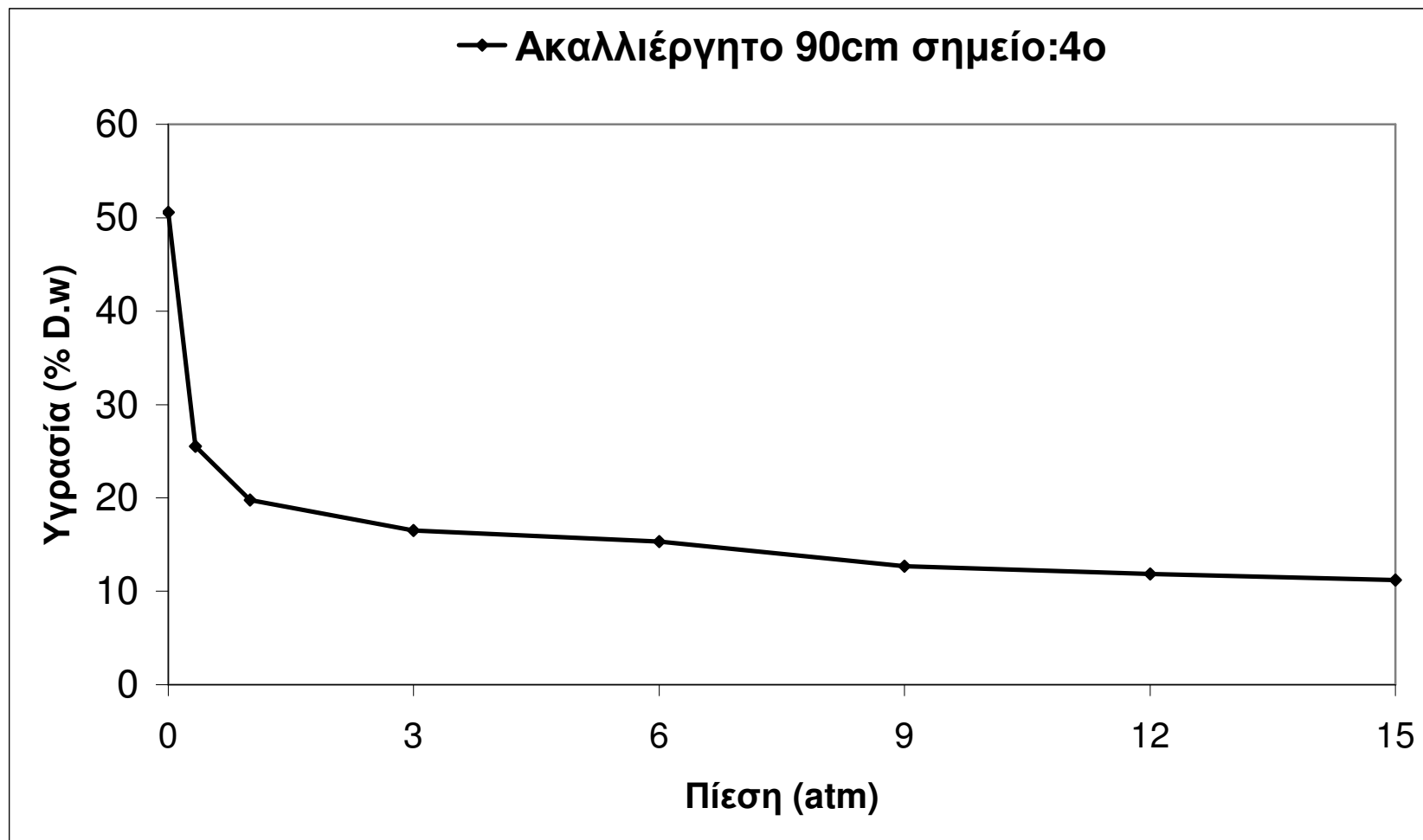
Καμπύλη ΙΧ (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 90cm)



Καμπύλη X (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 90cm)



Καμπύλη XI (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 90cm)



Καμπύλη XII (Καμπύλη ακαλλιέργητου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 90cm)

6.4 Καλλιεργημένο έδαφος 30cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:1ο (Κ-30-1)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	54,78	27,03	22,95	20,14	18,18	16,26	14,57	13,89	13,14
	B	55,08	26,89	23,66	20,3	18,34	16,87	14,2	13,56	13,33
	MO	54,08	26,96	23,3	20,22	18,26	16,57	14,38	13,73	13,23

Καμπύλη XIII

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.2

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:2ο (Κ-30-2)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	60	27,67	25,62	20,03	17,38	13,27	12,95	11,86	15,81
	B	60,98	27,4	25,68	20,17	17,69	13,45	12,89	12,06	15,34
	MO	60,49	27,54	25,65	20,1	17,53	13,36	12,92	11,96	15,58

Καμπύλη XIV

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.3

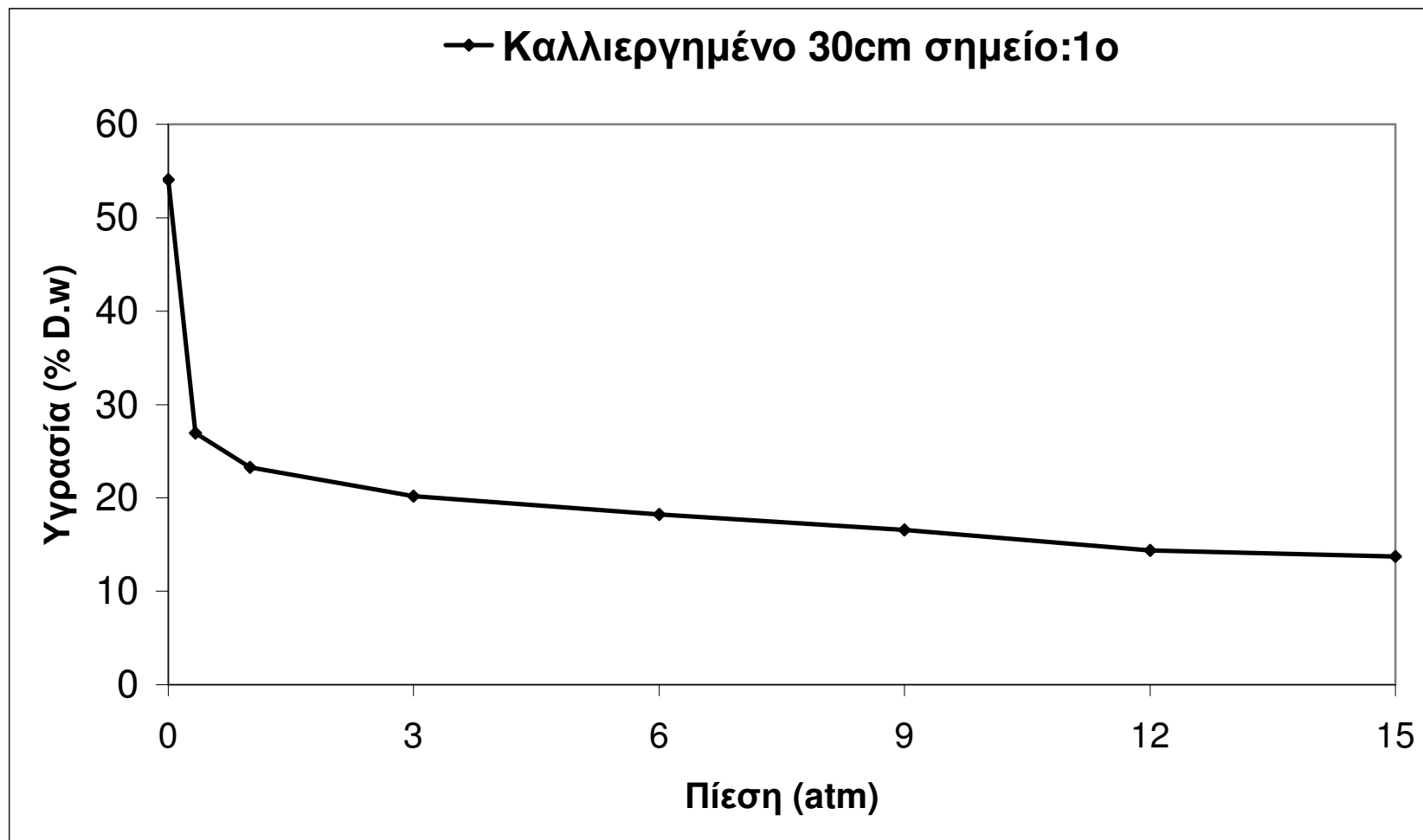
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:3ο (Κ-30-3)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	59,23	29,78	28,9	20,26	17,85	16,36	15,29	14,15	15,63
	B	58,94	29,4	28,28	20,11	17,57	16,41	15,73	14,26	15,14
	MO	59,08	29,59	28,59	20,19	17,71	16,38	15,51	14,2	15,39

Καμπύλη XV

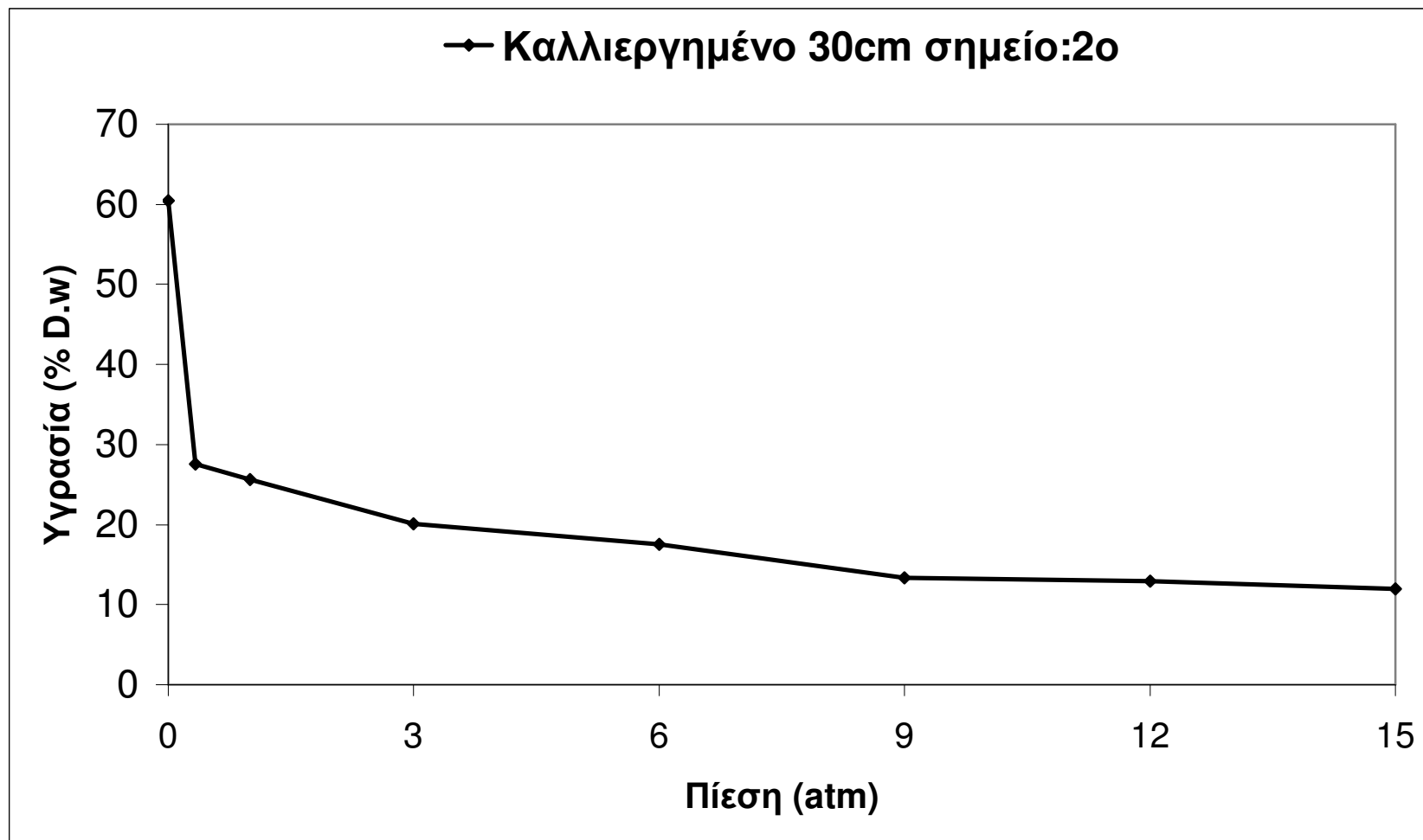
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 30cm ΣΗΜΕΙΟ:4ο (Κ-30-4)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	65,96	32,52	30,41	23,74	20,41	18,44	16,86	15,44	17,08
	B	66,80	32,8	29,99	23,33	20,21	18,31	16,51	15,89	16,91
	MO	66,38	32,66	30,2	23,53	20,31	18,37	16,68	15,66	17,00

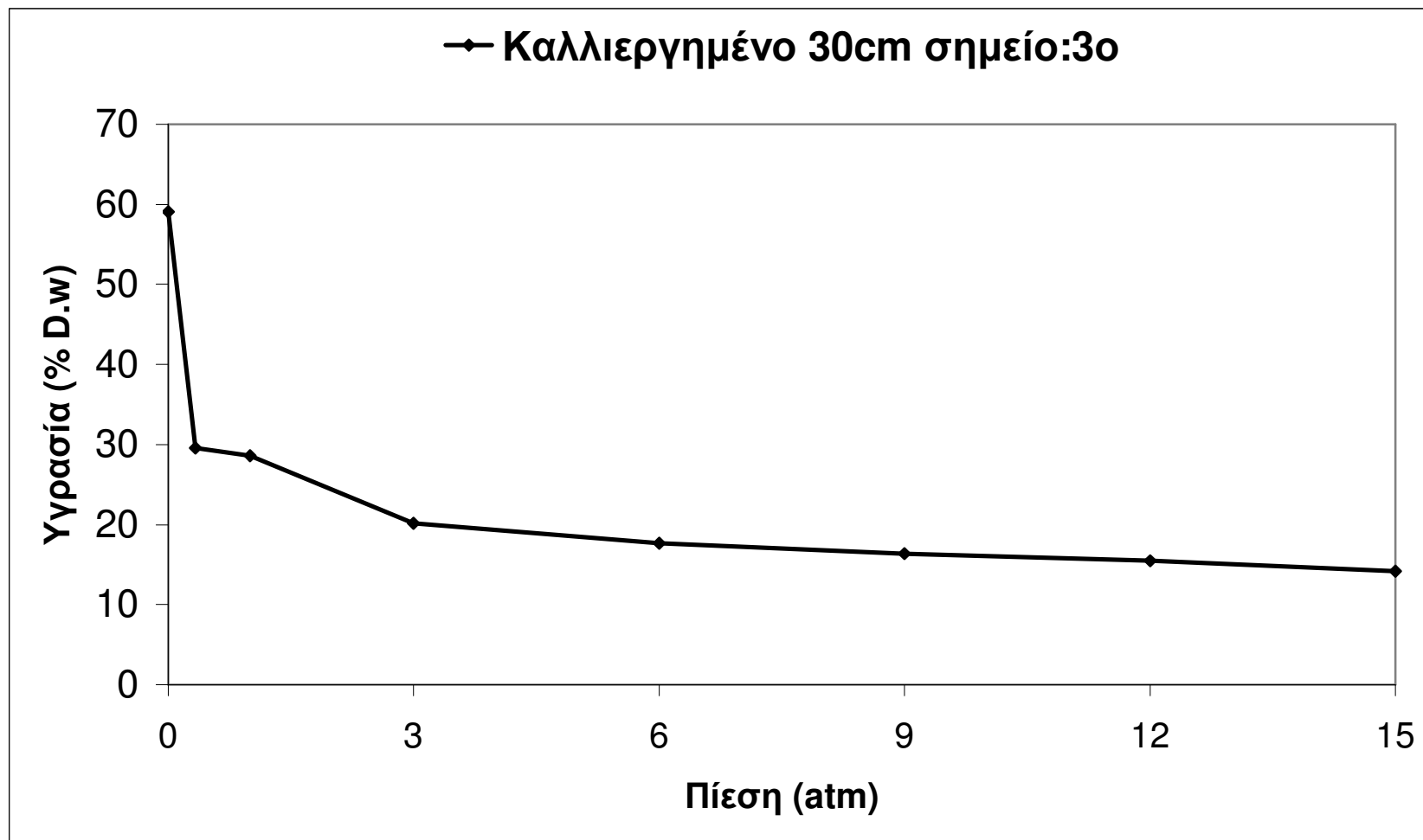
Καμπύλη XVI



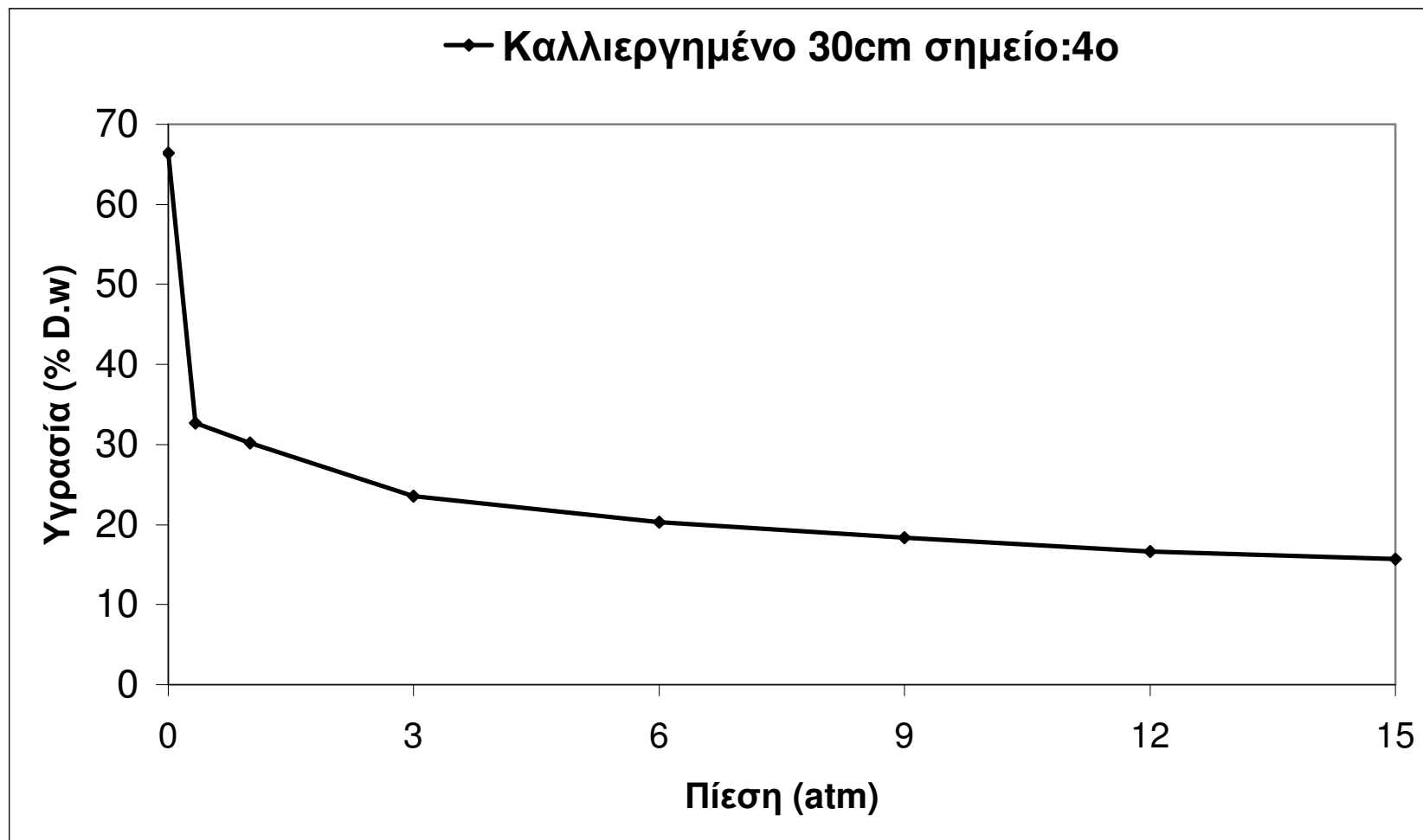
Καμπύλη XIII (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 30cm)



Καμπύλη XIV (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 30cm)



Καμπύλη XV (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 30cm)



Καμπύλη XVI (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 30cm)

6.5 Καλλιεργημένο έδαφος 60cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:1ο (Κ-60-1)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	45,99	27,95	23	21,94	20,66	19,55	18,73	17,36	10,59
	B	45,11	28,67	22,82	21,37	20,62	19,39	18,47	17,7	10,97
	MO	45,55	28,31	22,91	21,65	20,64	19,47	18,6	17,53	10,78

Καμπύλη XVII

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.2

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:2ο (Κ-60-2)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	49,24	27,21	25,66	21,04	20,58	17,18	15,04	13,43	13,78
	B	47,75	27,44	25,24	21,09	20,67	17,23	14,9	13,84	13,6
	MO	48,49	27,32	25,45	21,06	20,62	17,2	14,97	13,63	13,69

Καμπύλη XVIII

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.3

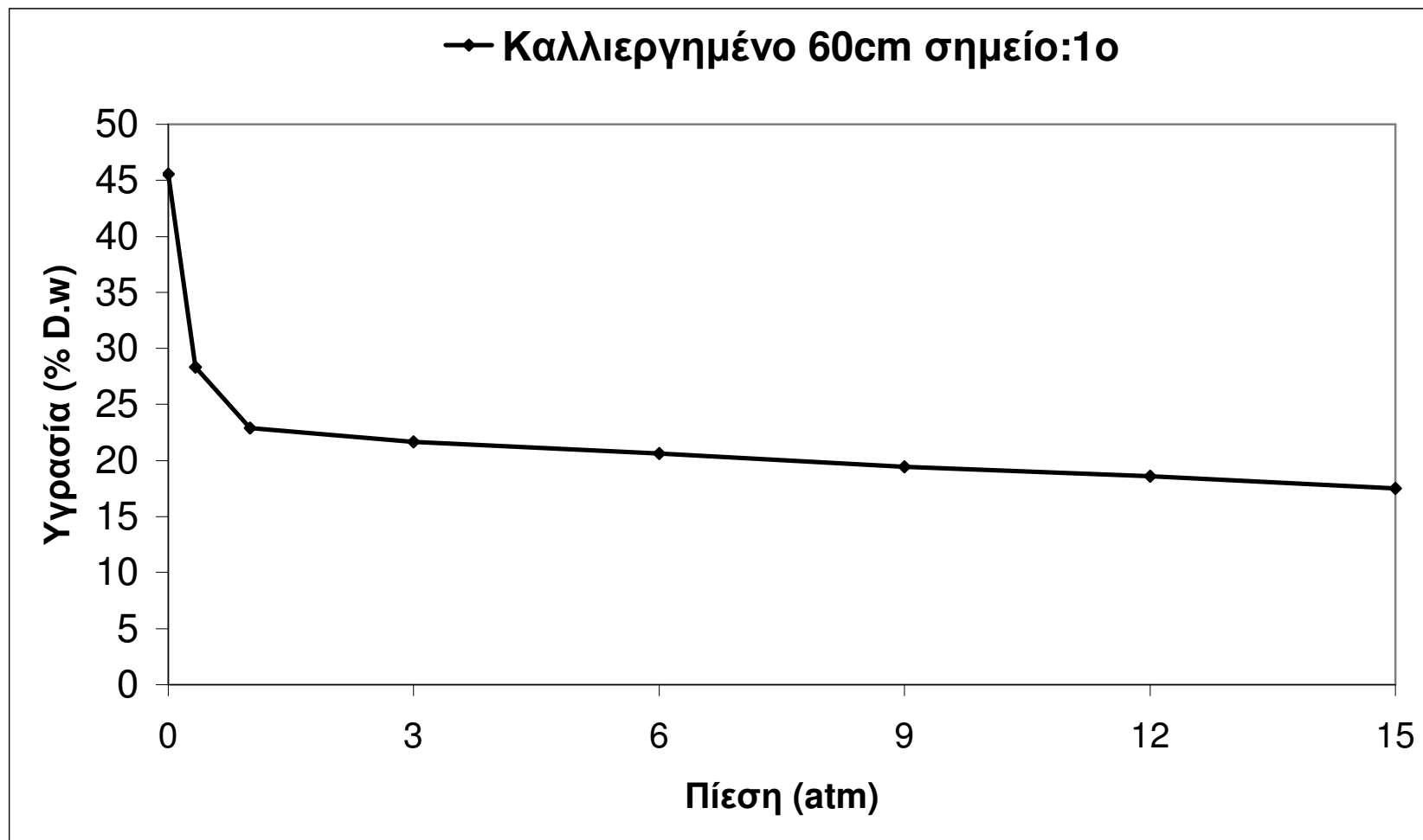
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:3ο (Κ-60-3)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	52,11	28,47	23,55	21,32	19,9	19,04	18,46	17,73	10,74
	B	49,56	28,49	23,83	20,98	20,1	19,27	18,29	17,45	11,04
	MO	50,83	28,48	23,69	21,15	20	19,15	18,37	17,59	10,89

Καμπύλη XIX

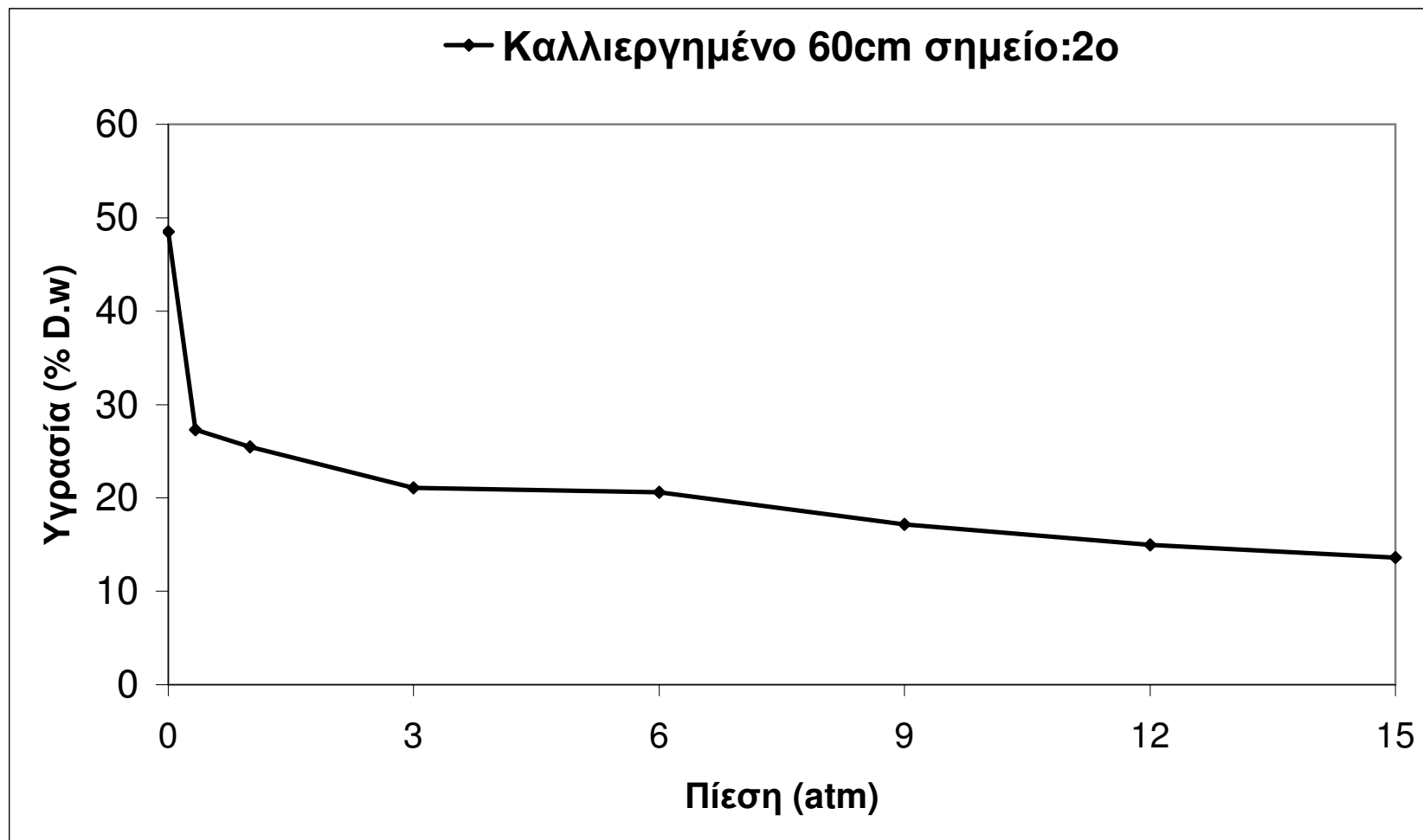
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 60cm ΣΗΜΕΙΟ:4ο (Κ-60-4)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	63,44	31,4	26,92	24,18	22,98	21,35	20,51	19,56	11,84
	B	61,66	31,15	26,45	24,33	22,06	21,87	20,7	19,29	11,86
	MO	62,55	31,27	26,68	24,25	22,52	21,61	20,6	19,42	11,85

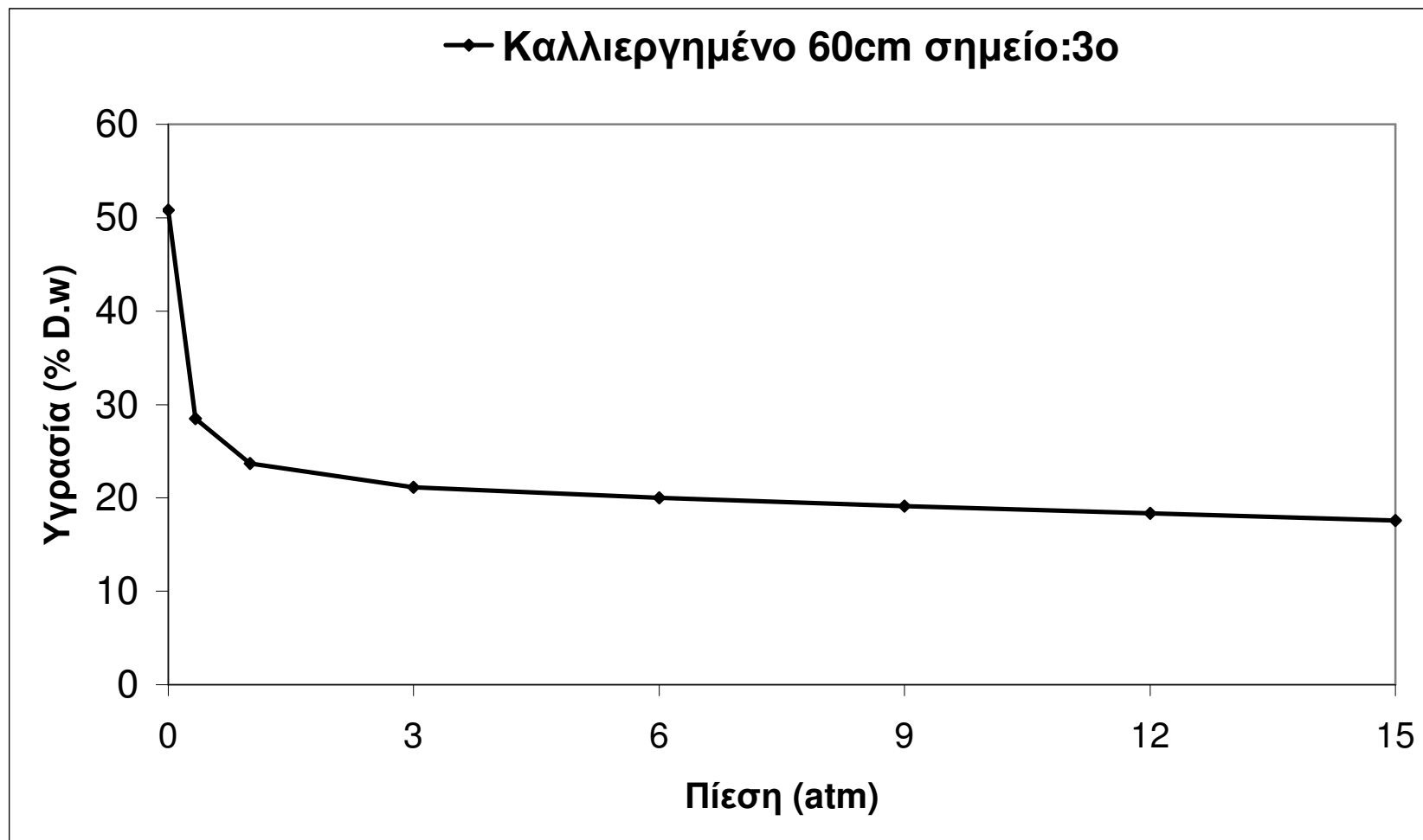
Καμπύλη XX



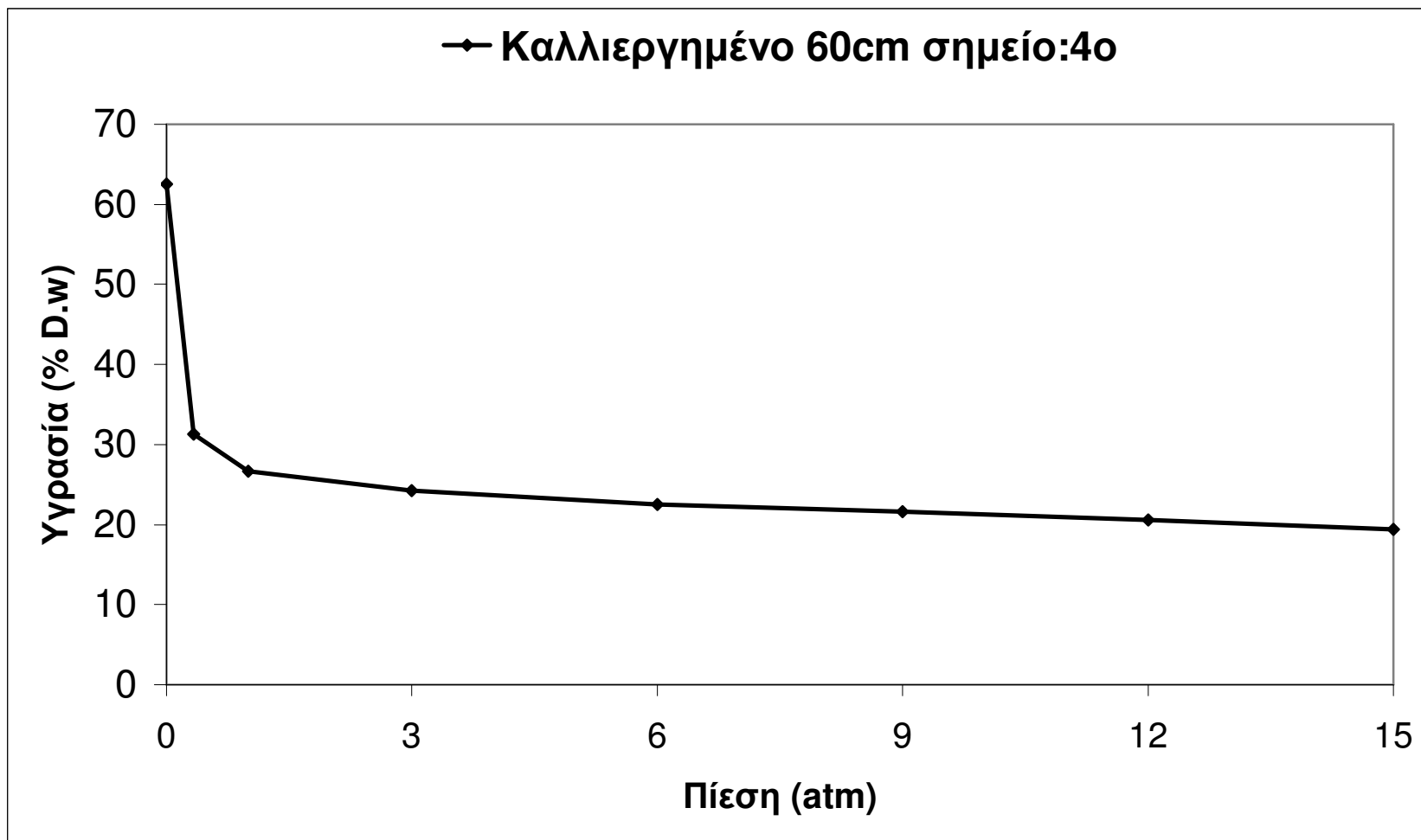
Καμπύλη XVII (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 60cm)



Καμπύλη XVIII (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 60cm)



Καμπύλη XIX (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 60cm)



Καμπύλη ΧΧ (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 60cm)

6.6 Καλλιεργημένο έδαφος 90cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:1ο (Κ-90-1)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	44,15	26,05	21,57	17,75	15,69	14,27	13,12	11,99	14,06
	B	45,36	25,91	21,57	17,64	16,19	14,83	13,04	11,61	14,3
	ΜΟ	44,75	25,98	21,57	17,69	15,94	14,55	13,08	11,8	14,18

Καμπύλη XXI

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.2

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:2ο (Κ-90-2)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	53,54	30	24,06	23,08	21,28	19,85	18,34	17,23	12,77
	B	53,17	29,16	24,18	22,43	21,14	19,52	18,63	17,65	11,51
	ΜΟ	53,35	29,58	24,12	22,76	21,21	19,68	18,48	17,44	12,14

Καμπύλη XXII

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.3

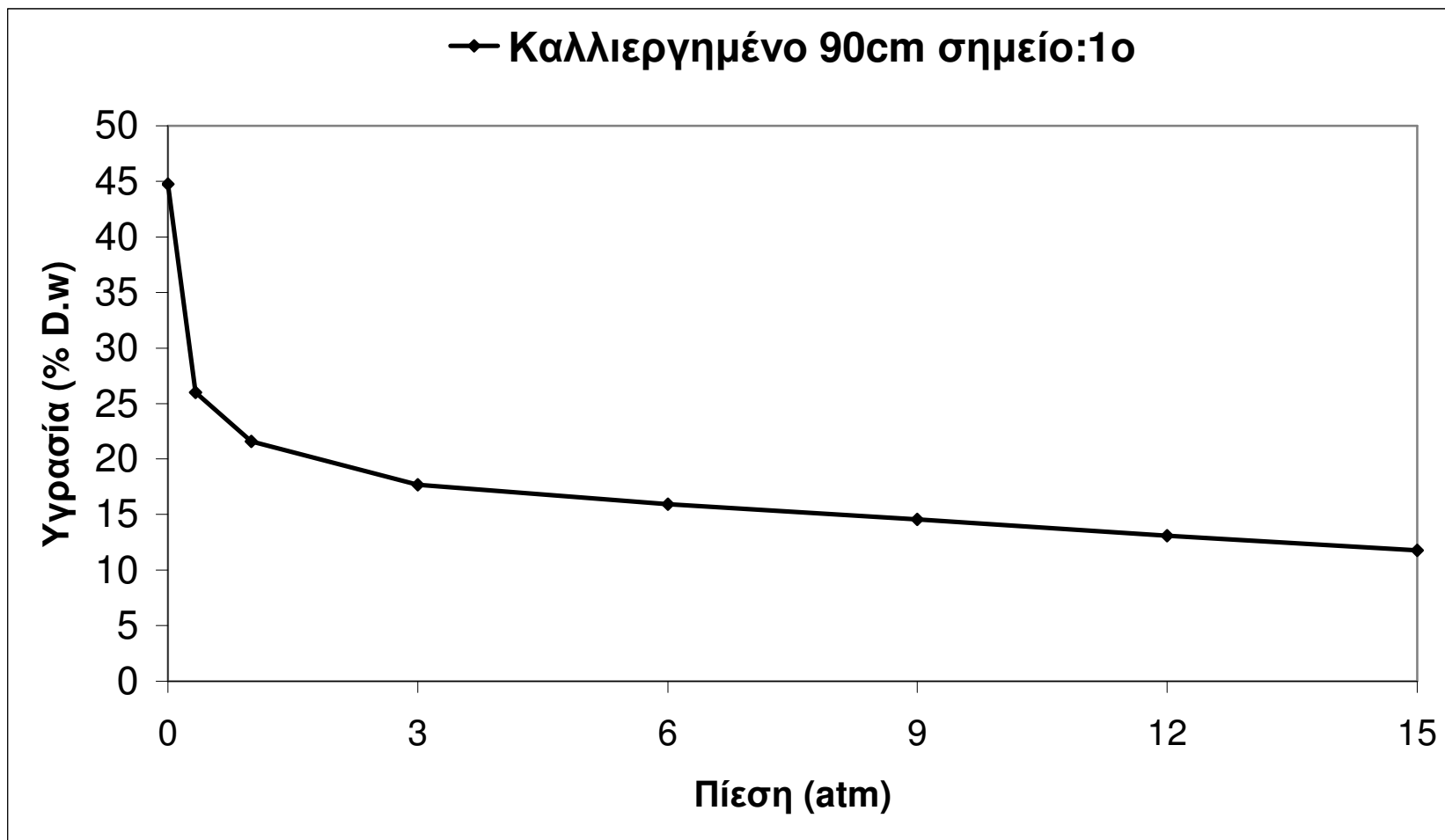
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:3ο (Κ-90-3)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	57,07	23,57	20,97	17,27	15,85	10,81	9,82	8,47	15,1
	B	56,86	23,1	20,64	16,85	15,37	10,69	9,59	8,84	14,26
	ΜΟ	56,96	23,33	20,8	17,06	15,61	10,75	9,7	8,65	14,68

Καμπύλη XXIII

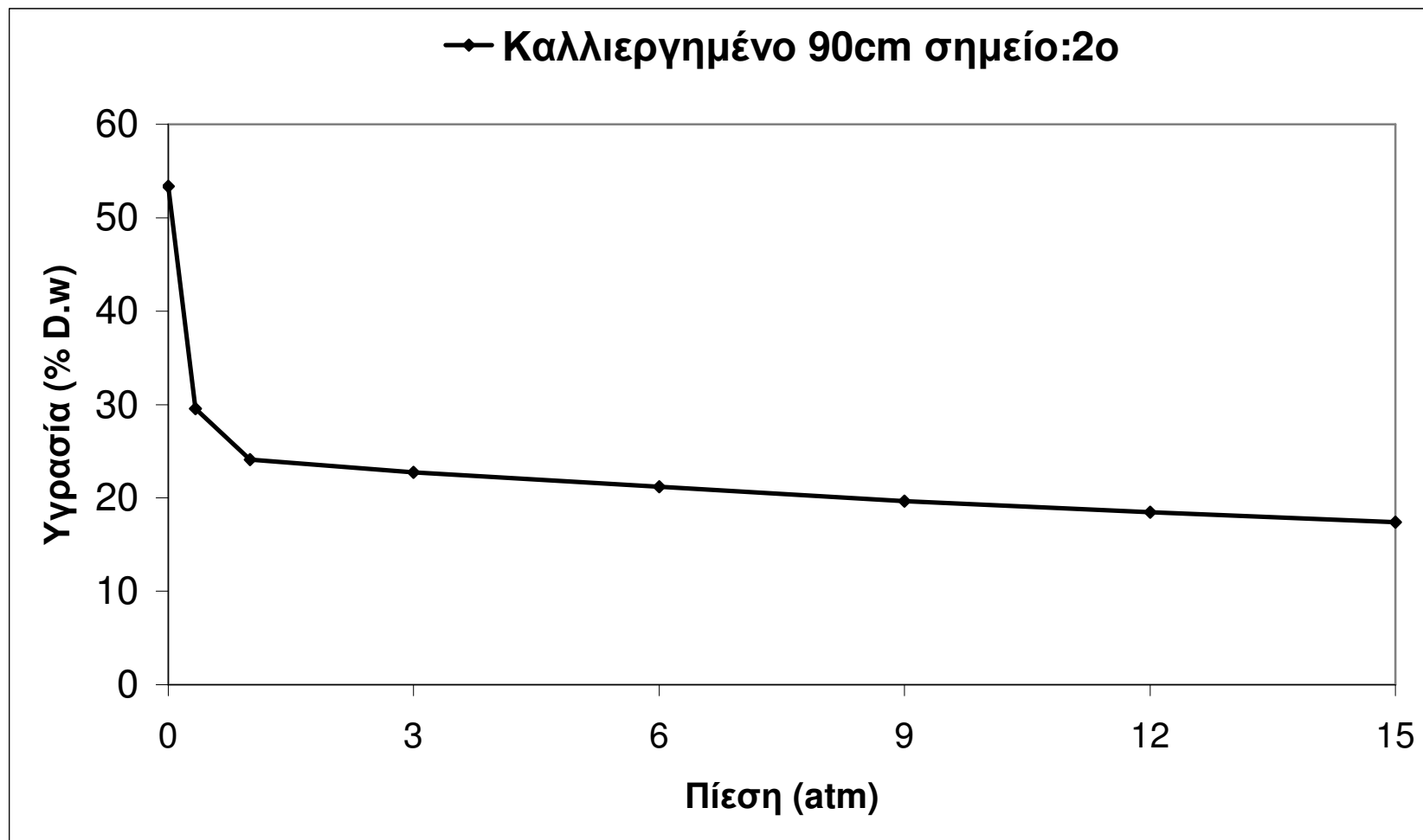
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.4

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ 90cm ΣΗΜΕΙΟ:4ο (Κ-90-4)										
ΠΙΕΣΗ (atm)		0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
ΥΓΡΑΣΙΑ % D.W	A	67,47	31,52	26,83	24,69	23,25	21,25	19,54	18,89	12,63
	B	67,19	31,83	26,44	24,91	23,08	20,78	19,69	18,44	13,39
	ΜΟ	67,33	31,68	26,63	24,8	23,17	21,02	19,61	18,66	13,02

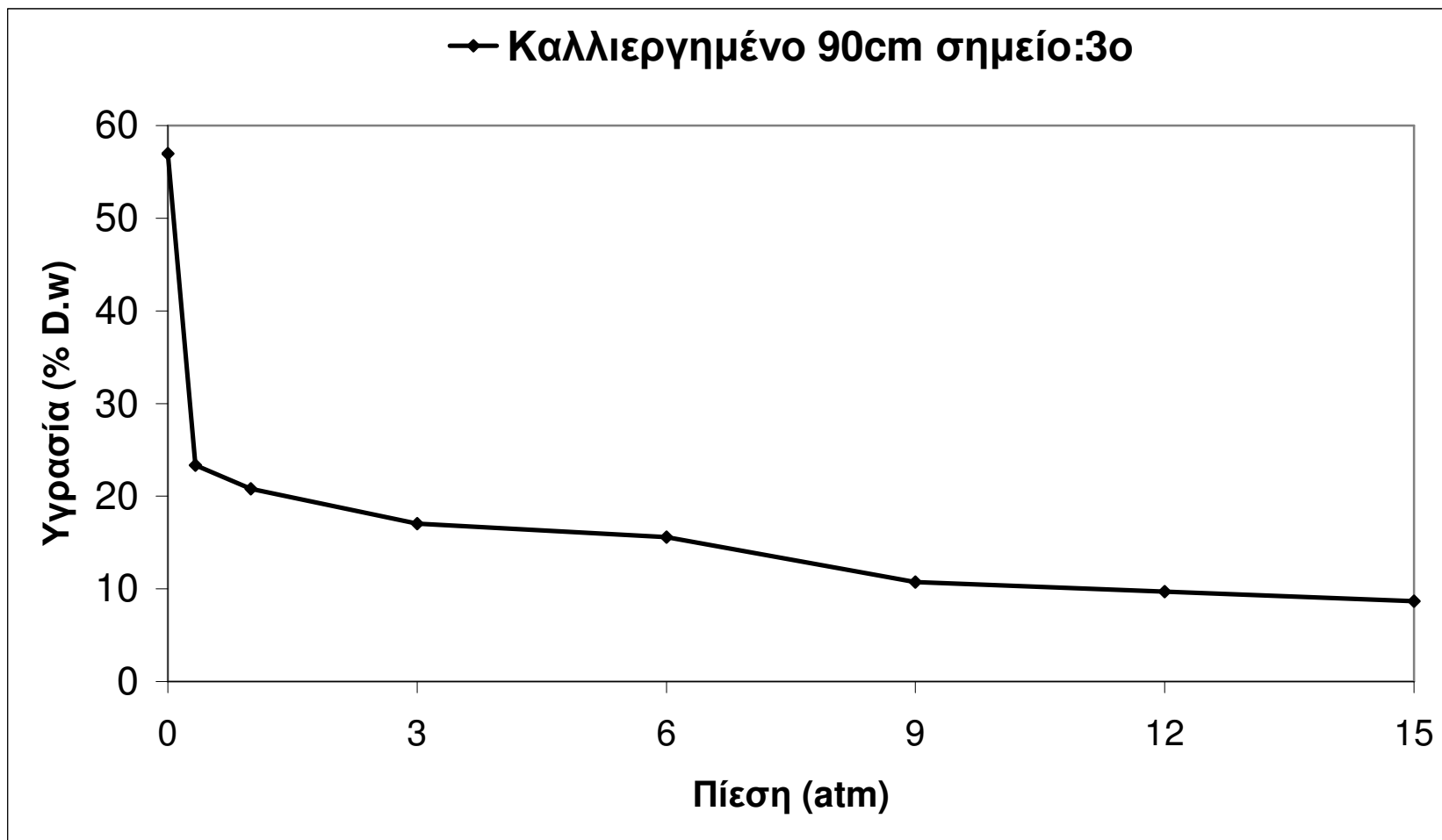
Καμπύλη XXIV



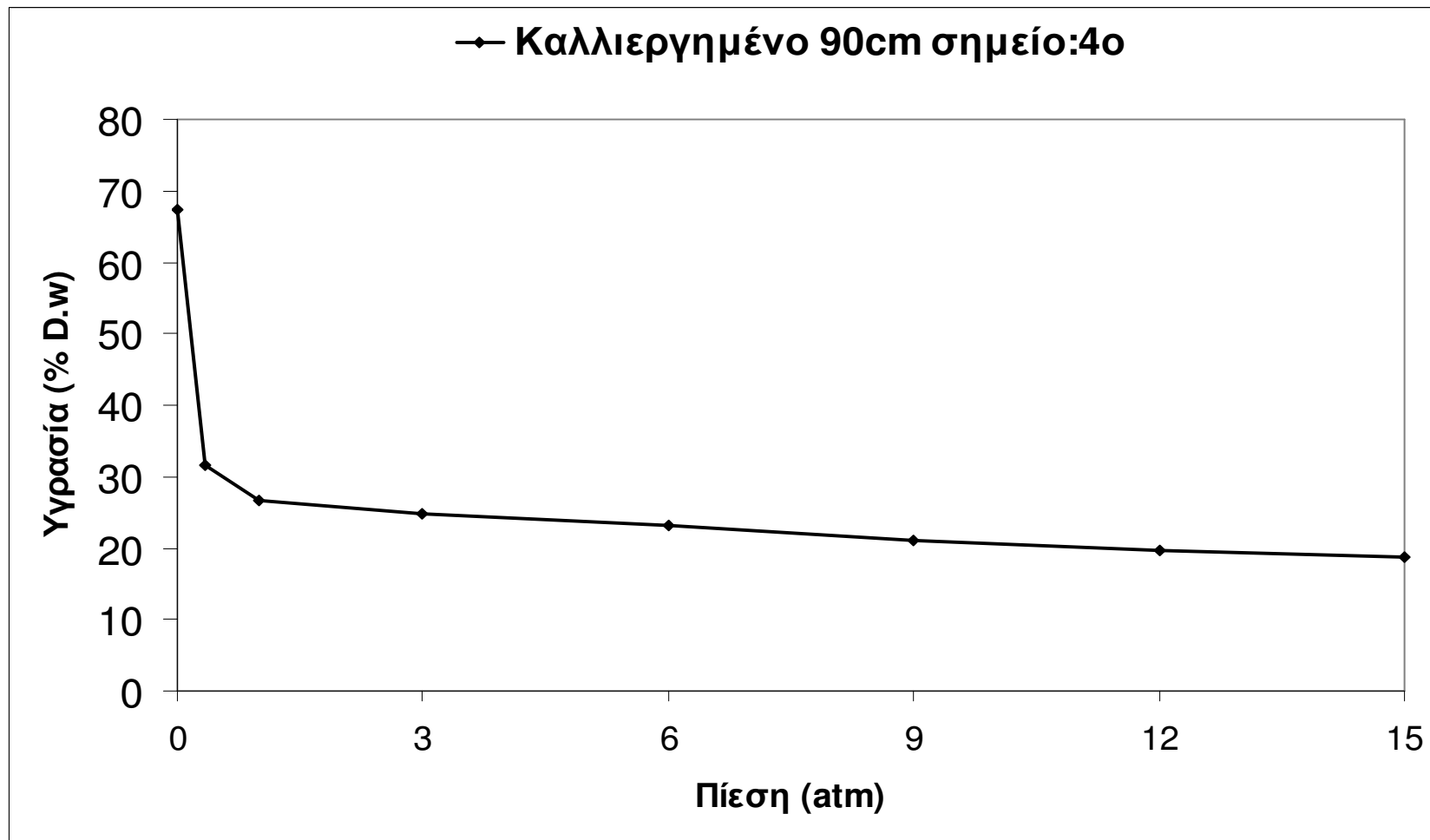
Καμπύλη XXI (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 90cm)



Καμπύλη XXII (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 90cm)



Καμπύλη XXIII (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 90cm)



Καμπύλη XXIV (Καμπύλη καλλιεργημένου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 90cm)

6.7 Σύγκριση Ακαλλιέργητου εδάφους 30, 60 και 90cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7.1

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:1ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	71,24	36,81	34,97	27,48	24,11	22,50	19,36	18,63	18,18
60 cm	60,58	33,60	23,38	22,69	21,22	17,90	16,37	15,55	18,05
90 cm	50,03	29,01	21,33	18,43	16,55	15,16	14,38	11,73	17,28

Καμπύλη XXV

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7.2

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:2ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	68,42	34,64	33,20	26,16	23,64	22,35	19,82	17,90	16,74
60 cm	60,27	30,83	24,71	23,06	20,28	19,67	18,54	16,96	13,87
90 cm	63,34	28,48	24,54	21,50	20,62	19,74	18,47	17,39	11,09

Καμπύλη XXVI

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7.3

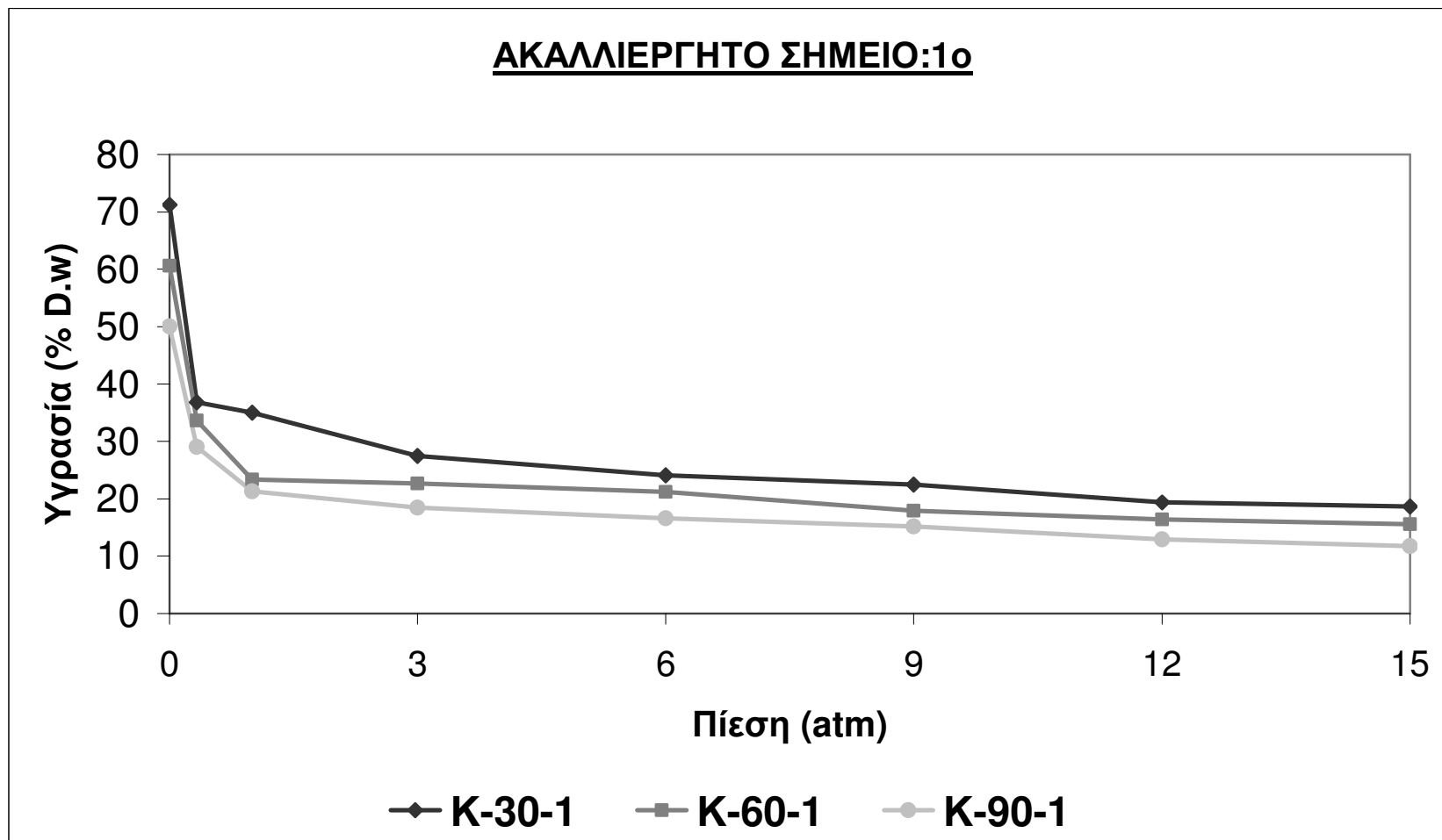
ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:3ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	65,23	31,66	31,20	23,18	21,95	20,58	18,25	16,58	15,08
60 cm	58,38	30,54	23,65	18,96	18,43	15,88	14,87	13,34	17,20
90 cm	56,79	29,72	25,47	22,95	20,61	20,15	18,98	17,73	11,99

Καμπύλη XXVII

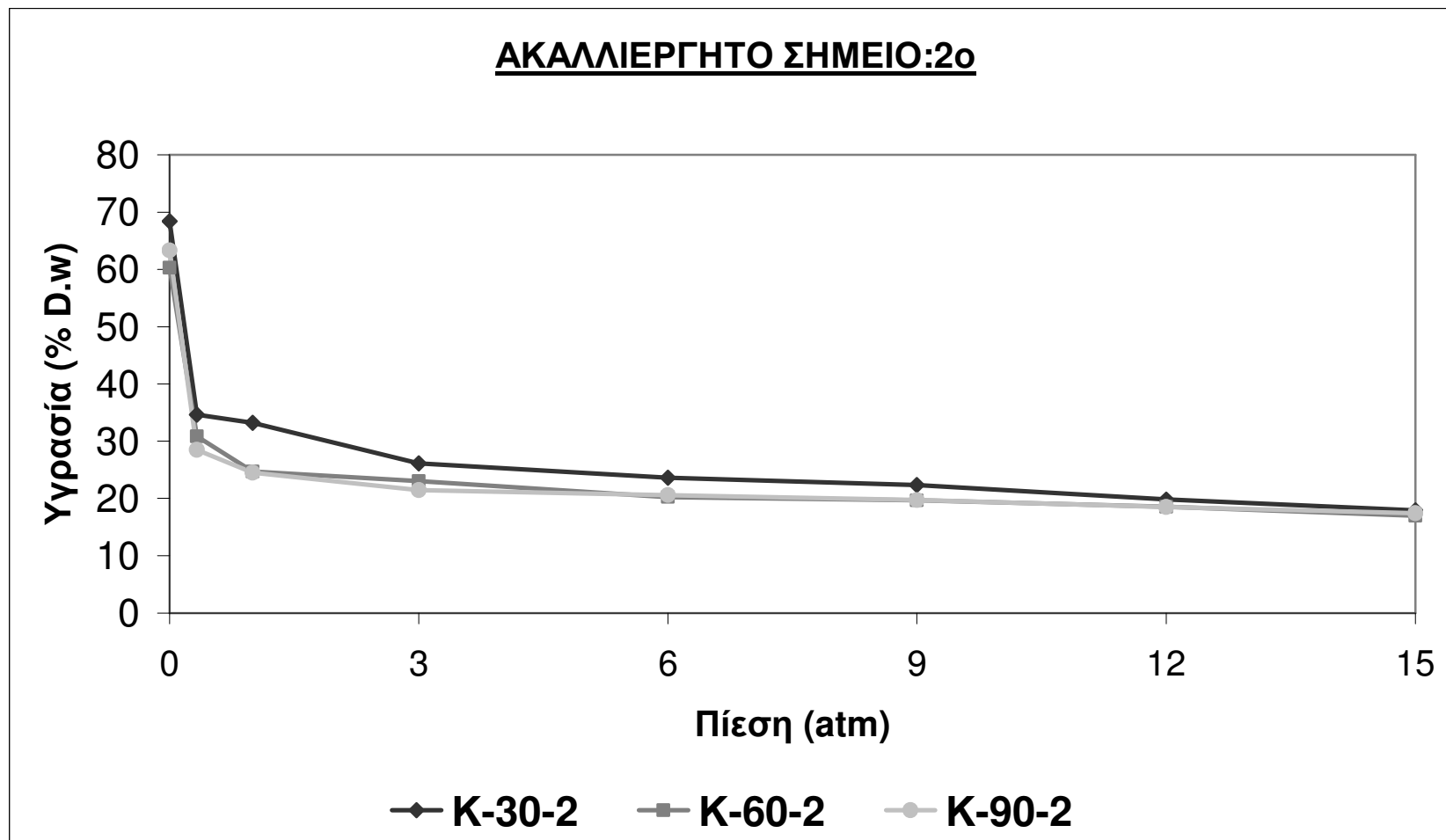
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7.4

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:4ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	66,04	33,48	31,05	24,86	23,77	22,98	22	20,31	13,17
60 cm	60,51	32,95	26,19	25,17	24,46	21,69	18,16	17,21	15,74
90 cm	50,61	25,54	19,78	16,55	15,33	12,67	11,87	11,19	14,35

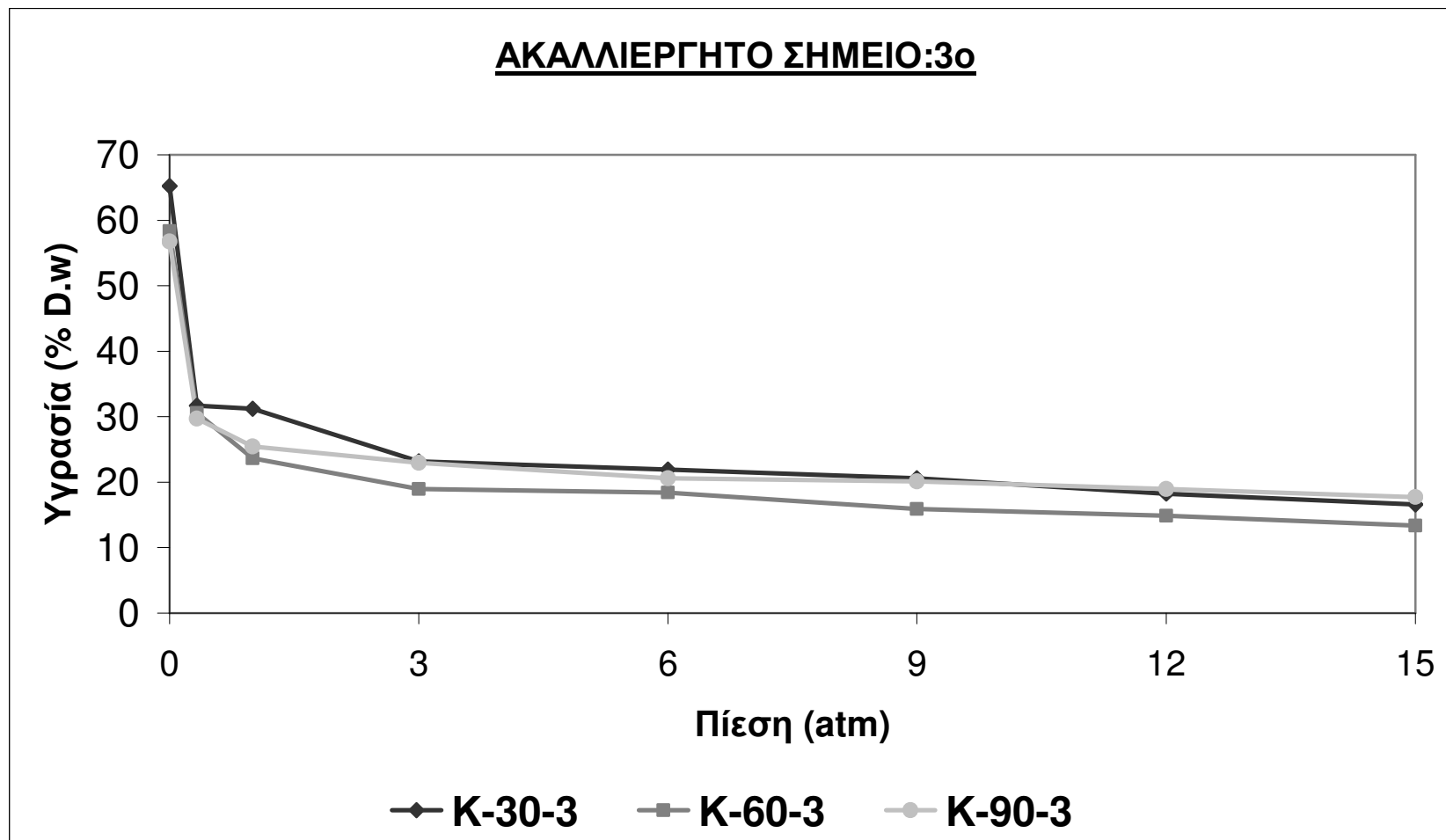
Καμπύλη XXVIII



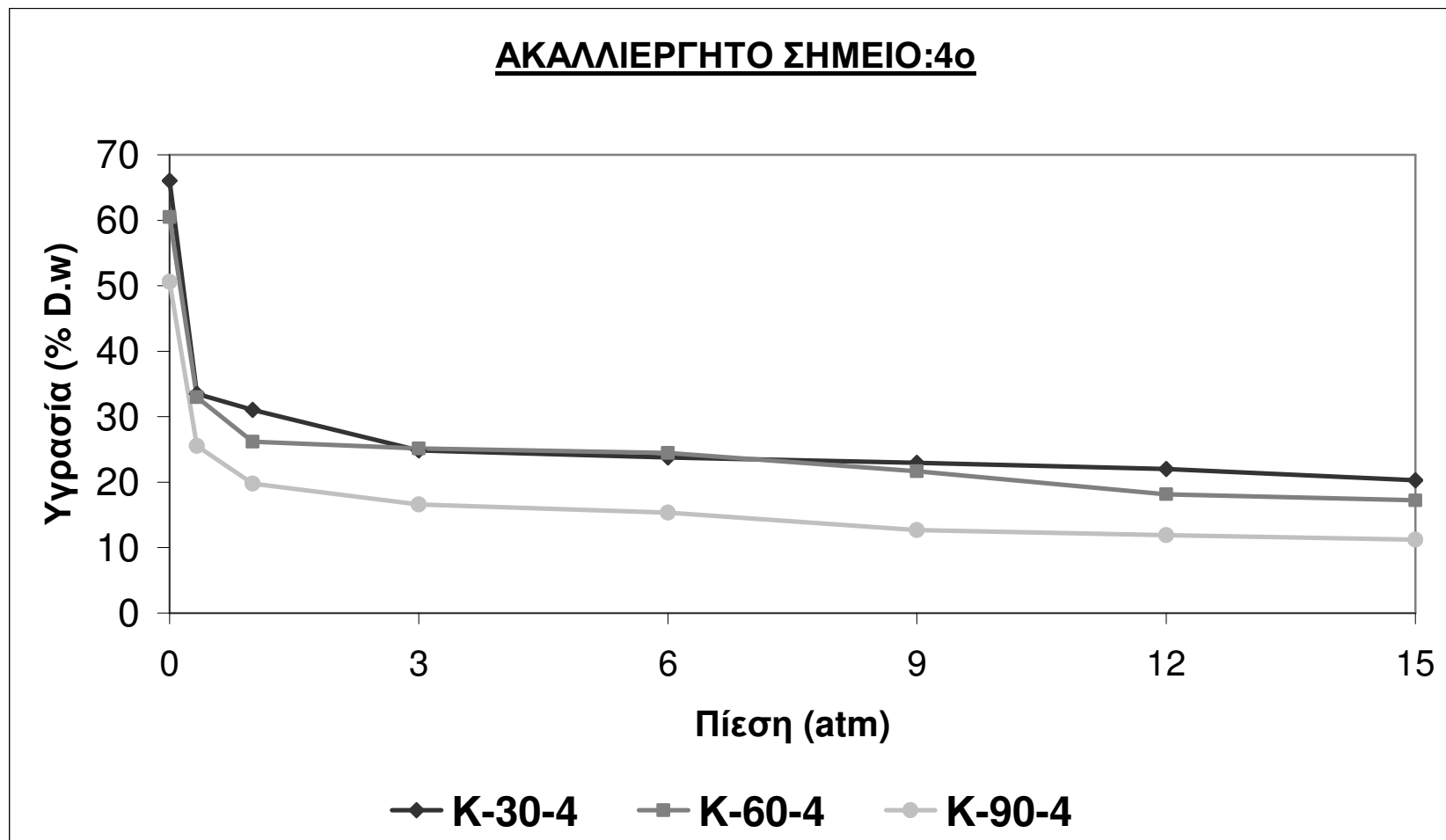
Καμπύλη XXV (Σύγκριση ακαλλιέργητου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)



Καμπύλη XXVI (Σύγκριση ακαλλιέργητου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)



Καμπύλη XXVII (Σύγκριση ακαλλιέργητου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)



Καμπύλη XXVIII (Σύγκριση ακαλλιέργητου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)

6.8 Σύγκριση Καλλιεργημένου εδάφους 30, 60 και 90cm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:1ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	54,08	26,96	23,30	20,22	18,26	16,57	14,38	13,73	13,23
60 cm	45,55	28,31	22,91	21,65	20,64	19,47	18,60	17,53	10,78
90 cm	44,75	25,98	21,57	17,69	15,94	14,55	13,08	11,80	14,18

Καμπύλη XXIX

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.2

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:2ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	60,49	27,54	25,65	20,10	17,53	13,36	12,92	11,96	15,58
60 cm	48,49	27,32	25,45	21,06	20,62	17,20	14,97	13,63	13,69
90 cm	53,35	29,58	24,12	22,76	21,21	19,68	18,48	17,44	12,14

Καμπύλη XXX

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.3

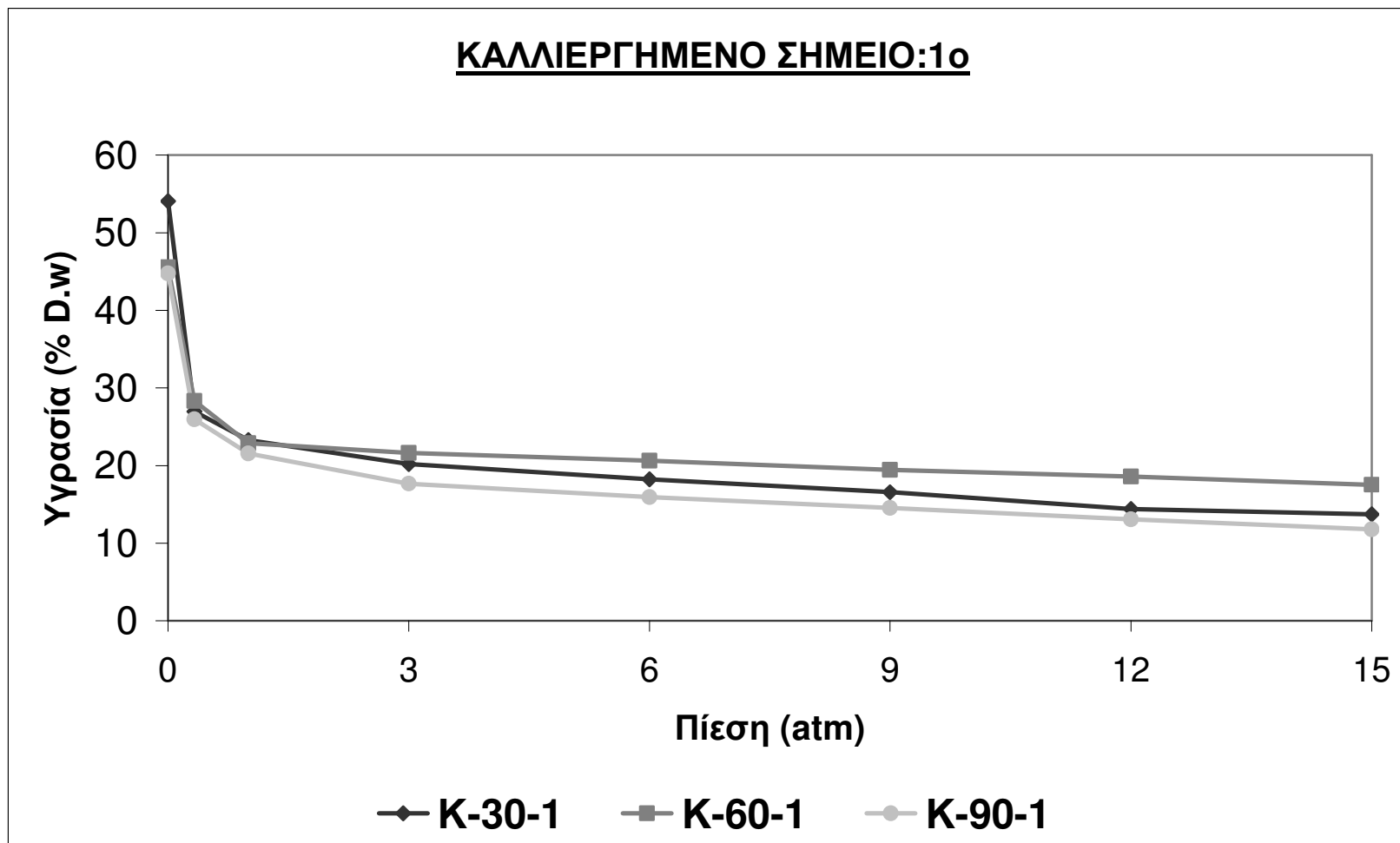
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:3ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	59,08	29,59	28,59	20,19	17,71	16,38	15,51	14,20	15,39
60 cm	50,83	28,48	23,69	21,15	20,00	19,15	18,37	17,59	10,89
90 cm	56,96	23,33	20,80	17,06	15,61	10,75	9,70	8,65	14,68

Καμπύλη XXXI

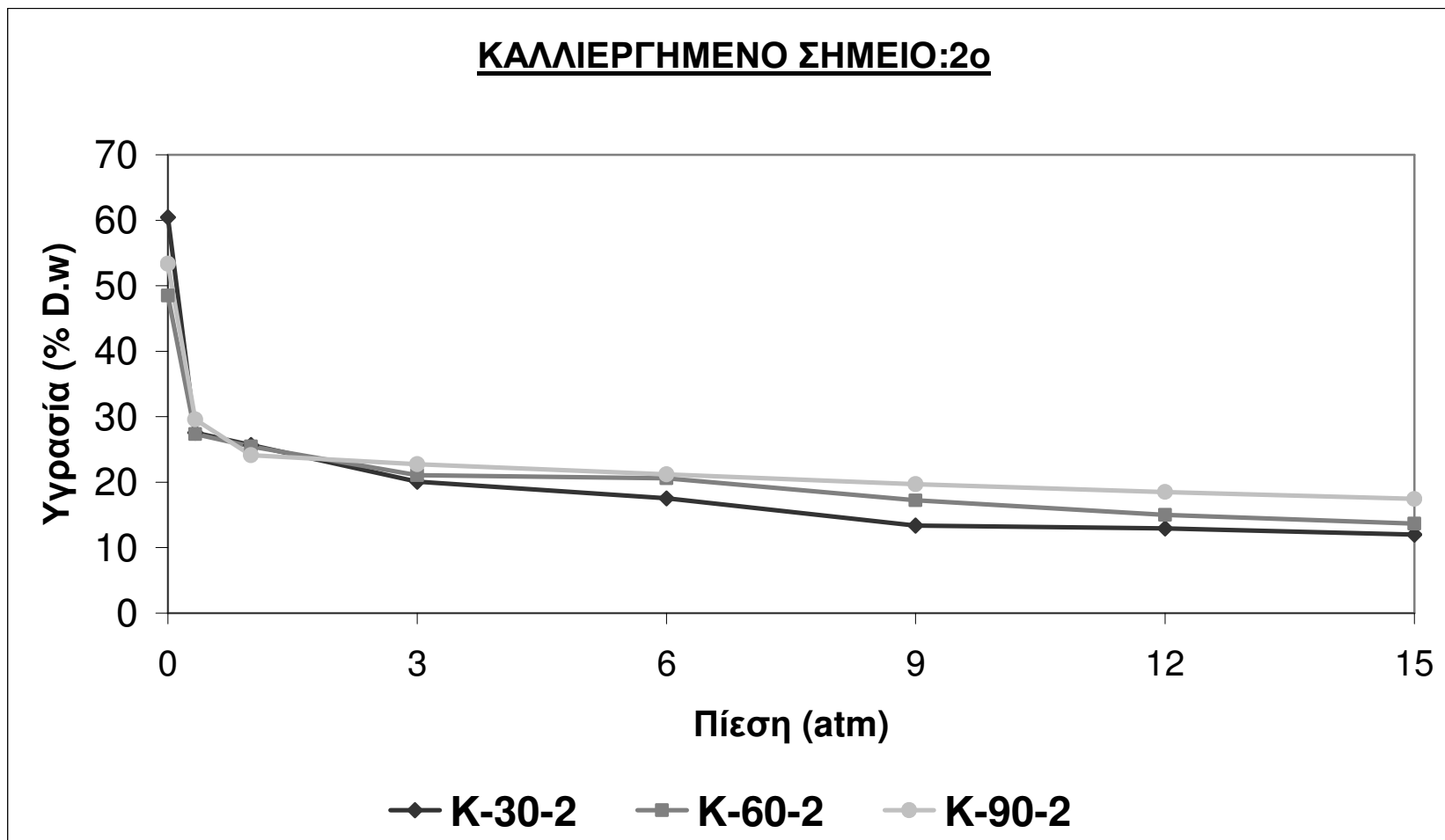
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.4

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΗΜΕΙΟ:4ο									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
30 cm	66,38	32,66	30,20	23,53	20,31	18,37	16,68	15,66	17,00
60 cm	62,55	31,27	26,68	24,25	22,52	21,61	20,60	19,42	11,85
90 cm	67,33	31,68	26,63	24,80	23,17	21,02	19,61	18,66	13,02

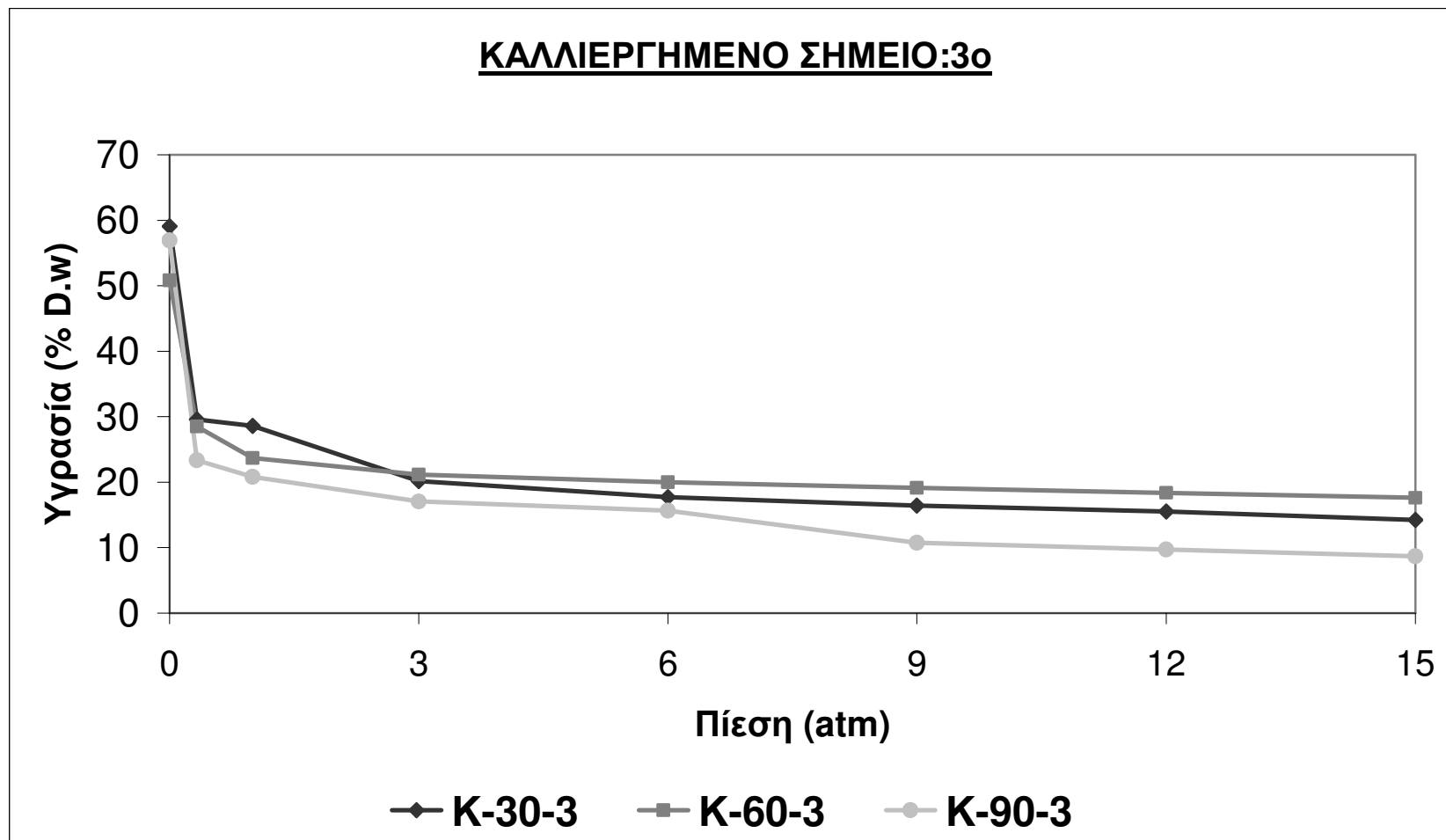
Καμπύλη XXXII



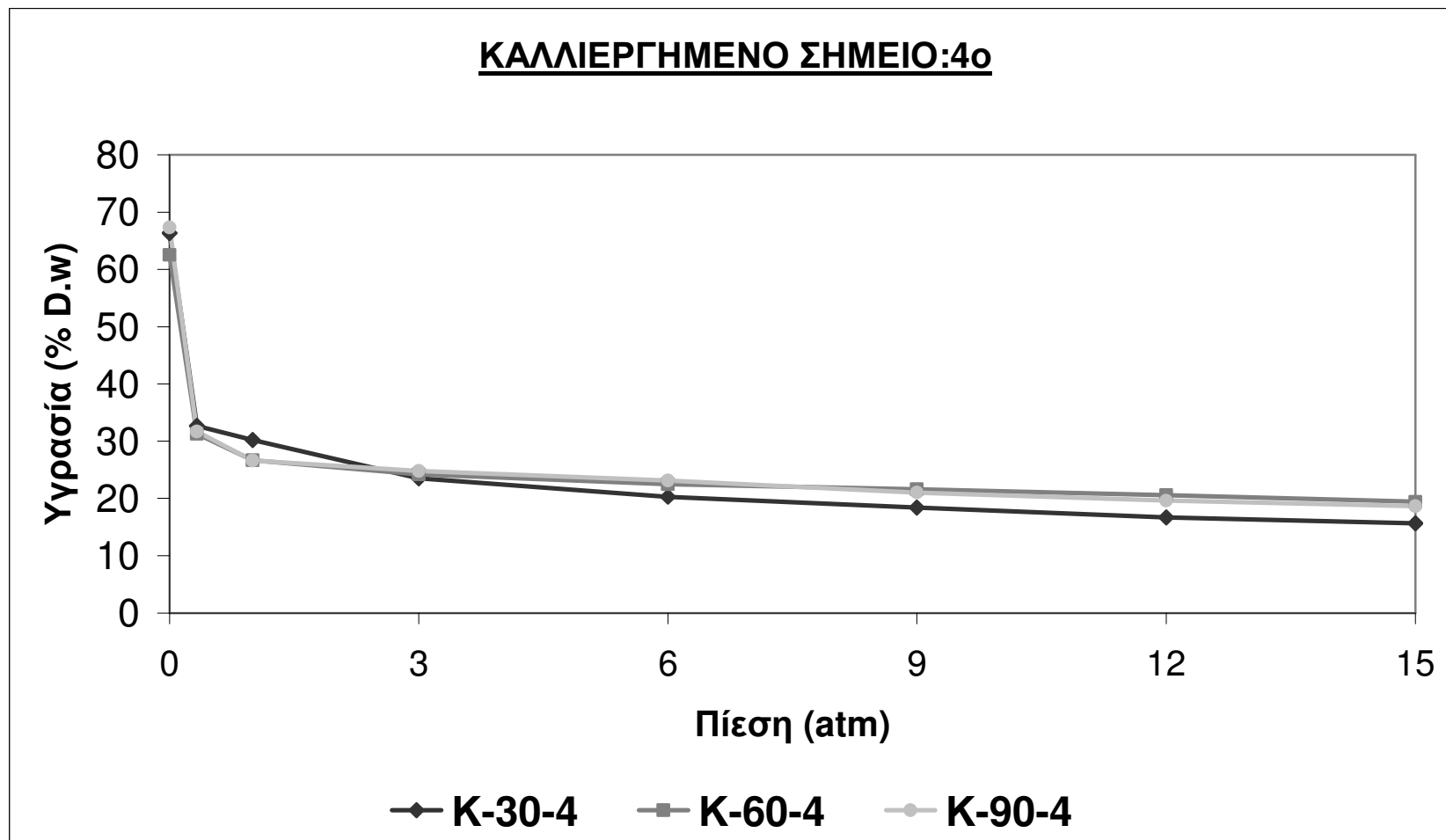
Καμπύλη XXIX (Σύγκριση καλλιεργημένου εδάφους στο 1^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)



Καμπύλη XXX (Σύγκριση καλλιεργημένου εδάφους στο 2^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)



Καμπύλη XXXI (Σύγκριση καλλιεργημένου εδάφους στο 3^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)



Καμπύλη XXXII (Σύγκριση καλλιεργημένου εδάφους στο 4^ο σημείο σε βάθος 30, 60 και 90cm)

6.9 Σύγκριση Καλλιεργημένου Ακαλλιεργητού εδάφους

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ-ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 30 cm									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
A 30	67,73	34,15	32,61	25,42	23,37	22,10	19,86	18,36	15,79
K 30	60,01	29,19	26,94	21,01	18,45	16,17	14,87	13,89	15,30

Καμπύλη XXXIII

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9.2

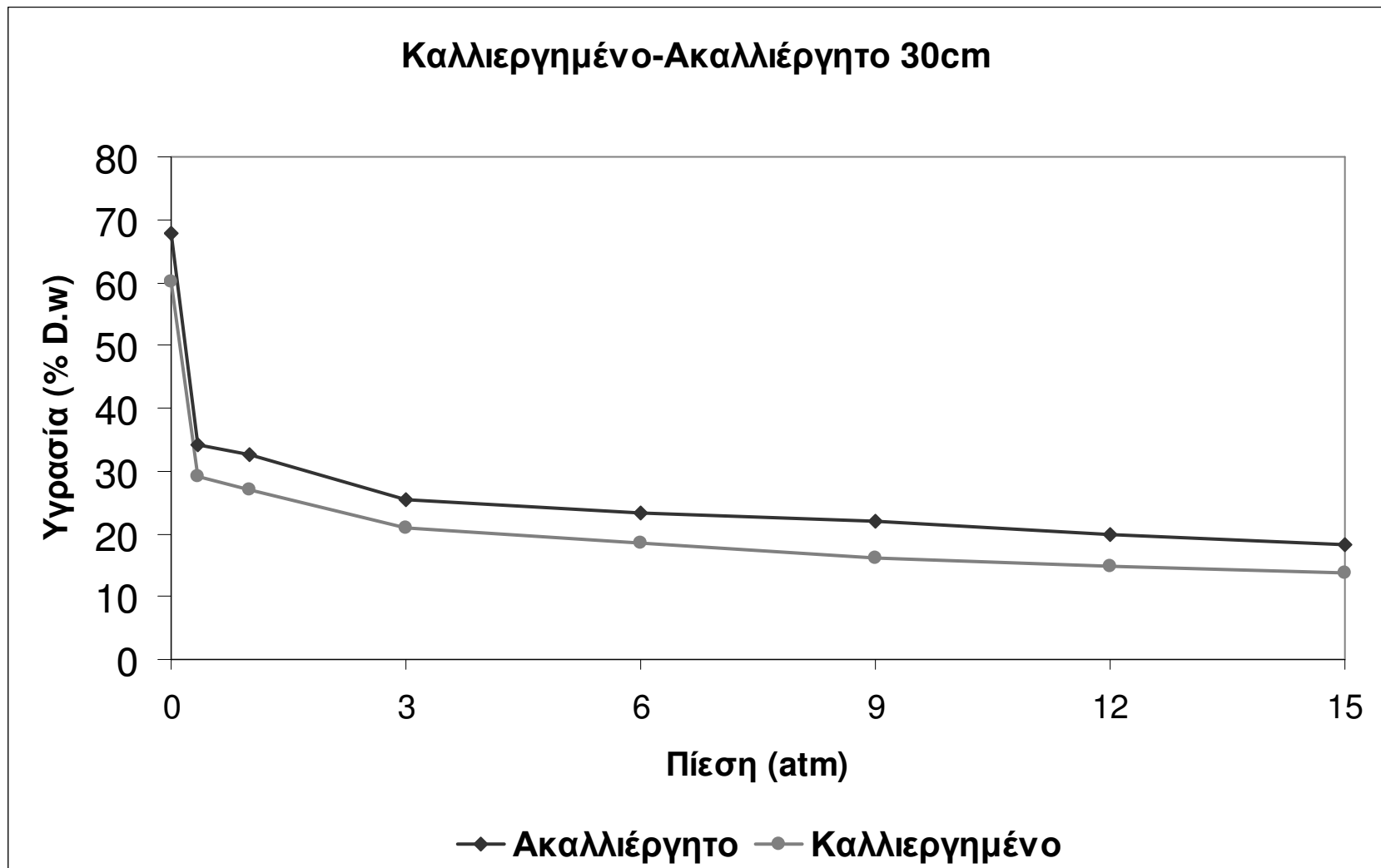
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ-ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 60 cm									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
A 60	59,94	31,98	24,48	22,47	21,10	18,79	16,99	15,77	16,22
K 60	51,86	28,85	24,68	22,03	20,95	19,36	18,14	17,04	11,80

Καμπύλη XXXIV

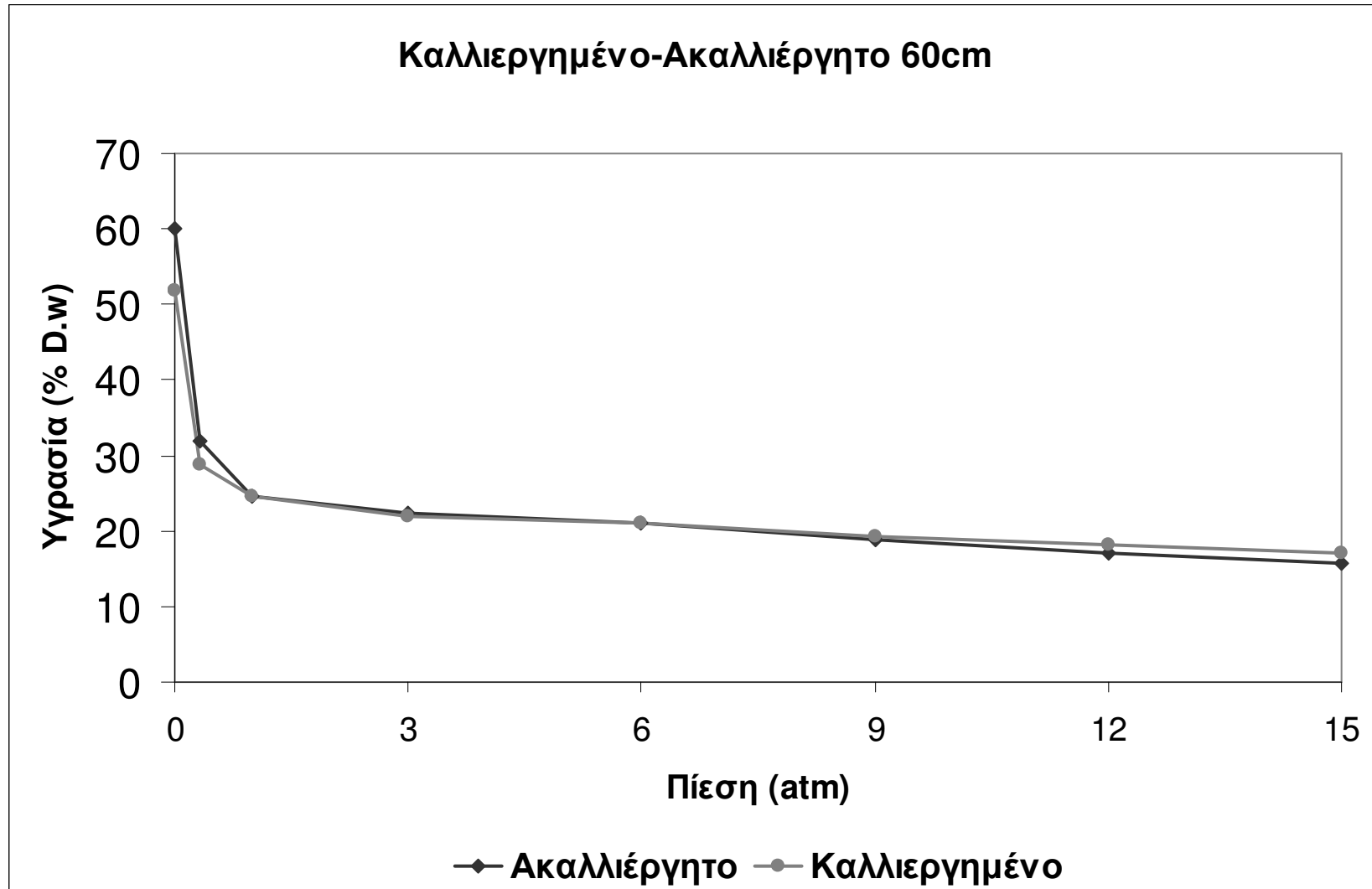
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9.3

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΟ-ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ ΕΔΑΦΟΣ 90 cm									
ΠΙΕΣΗ (atm)	0	1/3	1	3	6	9	12	15	Διαθέσιμη Υγρασία
A 90	55,19	28,19	22,78	19,86	18,28	16,93	15,93	14,51	13,68
K 90	55,60	27,64	23,28	20,58	18,98	16,50	15,22	14,14	13,51

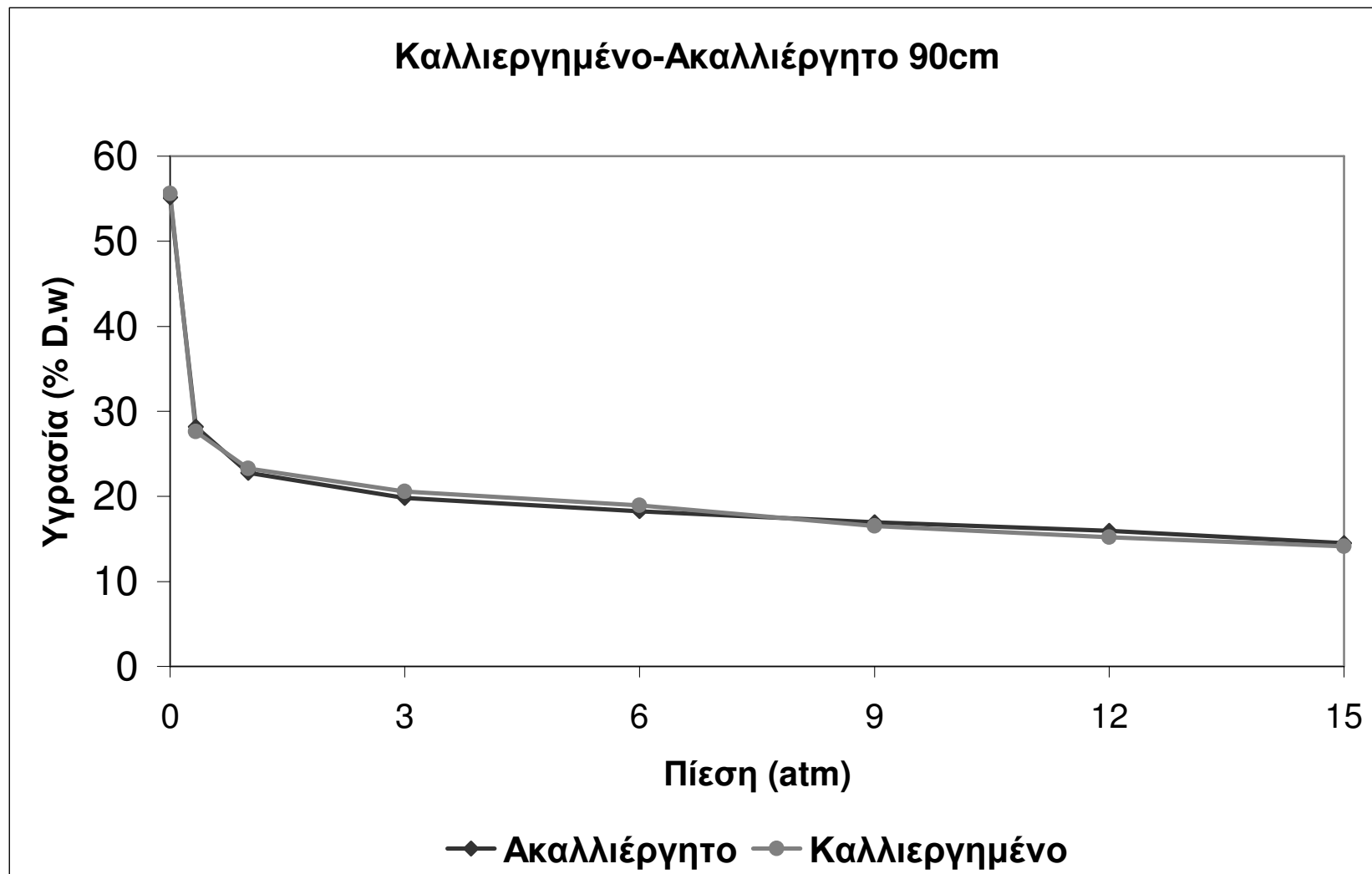
Καμπύλη XXV



Καμπύλη XXXIII (Σύγκριση καλλιεργημένου και ακαλλιέργητου εδάφους σε βάθος 30cm)



Καμπύλη ΧΧΧΙV (Σύγκριση καλλιεργημένου και ακαλλιέργητου εδάφους σε βάθος 60cm)



Καμπύλη XXXV (Σύγκριση καλλιεργημένου και ακαλλιέργητου εδάφους σε βάθος 90cm)

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ακαλλιέργητο έδαφος

Σημείο 1^ο

- Από το σημείο κορεσμού (0atm) έως το σημείο υδατοικανότητας (1/3atm) στα 30cm έχουμε μεγάλη μεταβολή της εδαφικής υγρασίας και όσο προχωράμε σε βάθος π.χ. στα 90cm η μεταβολή είναι μικρότερη. Αυτό εξηγείται από το ότι στα εδάφη μετά τον υδατοκορεσμό έχουμε γρηγορότερη στράγγιση στην επιφάνεια από ότι στα βαθύτερα στρώματα.

- Από τις 3atm μέχρι και το σημείο μόνιμης μάρανσης (Σ.Μ.Μ.) η μεταβολή της υγρασίας γίνεται το ίδιο ομαλά και στα τρία βάθη.

- Στα 30cm από το σημείο υδατοικανότητας έως την 1atm η υγρασία μεταβάλλεται λιγότερο κατά αναλογία με τα βάθη των 60cm και 90cm. Δηλαδή η καμπύλη παρουσιάζει μια ομαλότητα κινούμενη προς τις 3atm.

Σημείο 2ο

- Στον κορεσμό παρουσιάζεται διαφορά στην υγρασία για τα τρία βάθη καθώς και ότι στο σημείο υδατοικανότητας η διακύμανση είναι ομαλή ανάλογα με το βάθος.

- Από τις 3atm και μετά η καμπύλη των 60cm και 90cm παρουσιάζει ταύτιση.

- Στο σημείο μόνιμης μάρανσης φαίνεται ότι και για τα τρία βάθη παρουσιάζεται η ίδια υγρασία.

- Στα 30cm από το σημείο υδατοικανότητας έως την 1atm η υγρασία μεταβάλλεται λιγότερο κατά αναλογία με τα βάθη των 60cm και 90cm. Δηλαδή η καμπύλη παρουσιάζει μια ομαλότητα κινούμενη προς τις 3atm.

Σημείο 3ο

- Στο σημείο κορεσμού έχουμε ταύτιση στην συγκρατούμενη υγρασία για τα 60cm και 90cm ενώ στα 30cm η τιμή της υγρασίας είναι μεγαλύτερη.

- Στο σημείο υδατοικανότητας έχουμε ταύτιση της υγρασίας και για τα τρία βάθη.

- Στα 30cm από το σημείο υδατοικανότητας έως την 1atm η υγρασία μεταβάλλεται λιγότερο κατά αναλογία με τα βάθη των 60cm και 90cm. Δηλαδή η καμπύλη παρουσιάζει μια ομαλότητα κινούμενη προς τις 3atm.

- Από τις 3atm και μετά 60cm και 30cm συγκρατούν περίπου την ίδια υγρασία.

Σημείο 4ο

- Στον κορεσμό η υγρασία είναι διαφορετική για τα τρία βάθη. Στα 30cm και 60cm είναι κοντά ενώ στα 90cm είναι πολύ πιο κάτω.
- Στα 30cm από το σημείο υδατοικανότητας έως την 1atm η υγρασία μεταβάλλεται λιγότερο κατά αναλογία με τα βάθη των 60cm και 90cm. Δηλαδή η καμπύλη παρουσιάζει μια ομαλότητα κινούμενη προς τις 3atm.
- Στις 3atm-9atm έχουμε μια ταύτιση της καμπύλης των 60cm με αυτή των 90cm που γενικά παρουσιάζει μια ομαλότητα από 1atm-15atm.
- Από τις 9atm-15atm η καμπύλη των 30cm έχει μια ομαλότητα ενώ αυτή των 60cm παρουσιάζει μια διακύμανση.
- Στην υδατοικανότητα έχουμε ταύτιση της υγρασίας και για τα βάθη 30cm και 60cm.

Καλλιεργημένο έδαφος

Σημείο 1^ο

- Στο σημείο κορεσμού παρατηρούμε μεγαλύτερο ποσοστό συγκράτησης εδαφικής υγρασίας σε βάθος 30cm, στα άλλα δυο βάθη έχουμε ταύτιση των σημείων.
- Στην υδατοικανότητα έχουμε ταύτιση των τιμών της εδαφικής υγρασίας και για τα τρία βάθη. Παρατηρείται μεγαλύτερη διακύμανση της υγρασίας μεταξύ κορεσμού και υδατοικανότητας στα 30cm.
- Υπάρχει μια ταύτιση στην 1atm σε όλα τα βάθη και από αυτό το σημείο έχουμε μια ομαλή πτώση έως το Σ.Μ.Μ. και για τις τρεις καμπύλες. Η μεγαλύτερη συγκράτηση εδαφικής υγρασίας παρατηρείται στο βάθος των 60cm.

Σημείο 2^ο

- Στο σημείο κορεσμού παρατηρούνται διαφορετική συγκράτηση υγρασίας και στα τρία βάθη όπου μεγαλύτερη είναι στα 30cm ενώ για τα άλλα δυο βάθη το ποσοστό υγρασίας βρίσκεται πιο κοντά με μεγαλύτερη τιμή αυτή των 90cm.

- Στο σημείο υδατοικανότητας υπάρχει σχεδόν ταύτιση των σημείων και η ταύτιση αυτή συνεχίζεται έως τις 3atm.
- Από την 1atm έως το σημείο μόνιμης μάρανσης για την καμπύλη των 90cm υπάρχει μια μικρή ομαλή διακύμανση της εδαφικής υγρασίας, ενώ για τα άλλα δυο εδάφη οι διακυμάνσεις είναι δεν είναι ομαλές.
- Στο Σ.Μ.Μ. υπάρχει μεγαλύτερη συγκράτηση της εδαφικής υγρασίας στα 90cm ενώ για τα άλλα δυο βάθη υπάρχει σχεδόν ταύτιση.

Σημείο 3°

- Στο σημείο κορεσμού υπάρχει σχεδόν ταύτιση των σημείων στο 90 και 30cm ενώ στα 60cm η συγκράτηση είναι μικρότερη. Η διακύμανση από το σημείου κορεσμού έως το σημείο υδατοικανότητας είναι πολύ μεγαλύτερη για το βάθος των 90cm. Στο σημείο υδατοικανότητας υπάρχει ταύτιση για τα 30cm και τα 60cm ενώ το σημείο των 90cm είναι πιο κάτω.
- Από το σημείο της υδατοικανότητας έως το Σ.Μ.Μ. μια ομαλή διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο βάθος των 60cm ενώ στα άλλα δύο βάθη παρατηρείται να μεγαλώνει η διακύμανση της εδαφικής υγρασίας.
- Στο Σ.Μ.Μ. τα σημεία των 30cm και 60cm βρίσκονται πάλι κοντά με μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας αυτό των 60cm ενώ το σημείο των 90cm βρίσκονται αρκετά πιο κάτω.
- Στα 30cm από το σημείο υδατοικανότητας έως την 1atm η υγρασία μεταβάλλεται λιγότερο κατά αναλογία με τα βάθη των 60cm και 90cm. Δηλαδή η καμπύλη παρουσιάζει μια ομαλότητα κινούμενη προς τις 3atm.

Σημείο 4°

- Στο σημείο κορεσμού υπάρχει ταύτιση των σημείων των 90cm και 30cm ενώ το σημείο των 60cm βρίσκεται λίγο πιο κάτω .
- Στο σημείο υδατοικανότητας υπάρχει ταύτιση και των δύο σημείων. Στις καμπύλες αυτές των 60-90cm υπάρχει ταύτιση από της υδατοικανότητα έως το Σ.Μ.Μ. όπου η τιμή της σε αυτό το σημείο είναι μεγαλύτερη από αυτή των 30cm.
- Στα 30cm από το σημείο υδατοικανότητας έως την 1atm η υγρασία μεταβάλλεται λιγότερο κατά αναλογία με τα βάθη των 60cm και 90cm. Δηλαδή η καμπύλη παρουσιάζει μια ομαλότητα κινούμενη προς τις 3atm

Σύγκριση καλλιεργημένων-ακαλλιεργητων στο ίδιο βάθος

Βάθος 30cm

- Παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές συγκράτησης της εδαφικής υγρασίας στο ακαλλιεργητο έδαφος. Η διαφορά αυτή είναι σταθερή σε όλη τη καμπύλη της εδαφικής υγρασίας από την υδατοϊκανότητα έως το Σ.Μ.Μ.
- Μεταξύ της υδατοϊκανότητας και του Σ.Μ.Μ. υπάρχει μια ομαλή διακύμανση της εδαφικής υγρασίας με εξαίρεση την περιοχή μεταξύ της υδατοϊκανότητας και της 1atm όπου παρατηρείται μία πιο απότομη πτώση.

Βάθος 60cm

- Στο σημείο κορεσμού το ακαλλιεργητο έδαφος συγκρατεί περισσότερη υγρασία από ότι το καλλιεργημένο.
- Μεταξύ της περιοχής του κορεσμού και της υδατοϊκανότητας υπάρχει μεγαλύτερη διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο ακαλλιεργητο εδάφους. Η διακύμανση αυτή συνεχίζεται έως την 1atm όπου υπάρχει μεγαλύτερη εδαφική υγρασίας στο ακαλλιεργητο έδαφος. Η ταύτιση αυτή συνεχίζεται έως τις 9atm και από εκεί υπάρχει μία μικρότερη διακύμανση του καλλιεργημένου εδάφους.
- Στο σημείο υδατοϊκανότητας το ακαλλιεργητο έδαφος συγκρατεί λίγο περισσότερο νερό ενώ στο Σ.Μ.Μ. το καλλιεργημένο είναι αυτό που συγκρατεί λίγο περισσότερη εδαφική υγρασία.

Βάθος 90cm

- Παρατηρείται ταύτιση των δύο καμπυλών για τα δύο από το σημείο κορεσμού έως και το Σ.Μ.Μ. Στην περιοχή μεταξύ κορεσμού και υδατοϊκανότητας υπάρχει απότομη διακύμανση του ποσοστού της εδαφικής υγρασίας που συγκρατείται
- Μεταξύ της υδατοϊκανότητας και του Σ.Μ.Μ. υπάρχει μια ομαλή διακύμανση της εδαφικής υγρασίας με εξαίρεση την περιοχή μεταξύ των 1/3atm και 1atm όπου παρατηρείται μία πιο απότομη πτώση.

- Το ποσοστό υγρασίας στο Σ.Μ.Μ. είναι το μισό από το ποσοστό υγρασίας στο σημείο υδατοϊκανότητας και η τιμή του σημείου αυτού είναι το μισό της τιμής του σημείου κορεσμού.

Παραπομπές:

Σχήμα 2.1 (Fourth Edition Soil an Intraduction, Michael J. Singer, Donald N. Munns)

Σχήμα 2.2 (Εδαφολογία, Παναγιωτόπουλος Λ.)

Σχήμα 2.3 (While R. E. Introduction to the principles practices of soil sunce blackewell Oxford)

Σχήμα 3.1 (Εδαφολογία, Τσιτσιάς Κ.)

Σχήμα 3.3 (Εδαφοφυσική, Παναγιωτόπουλος Κ.Π.)

Σχήμα 3.4 (Γεωργική υδραυλική, Παπαζαφειρίου)

Σχήμα 3.5 (Εδαφοφυσική, Παναγιωτόπουλος Κ.Π.)

Σχήμα 4.1 (Γεωργική Υδραυλική, Αρδεύσεις Ι, Πουλοβασίλης Α.)

Σχήμα 4.2 (Γεωργική Υδραυλική, Αρδεύσεις Ι, Πουλοβασίλης Α.)

Σχήμα 4.3 (Γεωργική Υδραυλική, Αρδεύσεις Ι, Πουλοβασίλης Α.)

Σχήμα 5.1 (Soilmoisture)

Πίνακας 2.1 (Εδαφολογία, Παναγιωτόπουλος Λ.)

Πίνακας 3.1 (Γεωργική υδραυλική, Τσιμόπουλος Χ.)

Πίνακας 3.3 (τιμές κατά Achtnich)

Μέθοδος πιεστικού δίσκου με αδιατάραχτα δείγματα (Μπούμπουκα Α.)

Βιβλιογραφία

Αρδεύσεις – Στραγγίσεις, Ζαρογιάννη Ι.

Αρδεύσεις και Συστήματα Γαιών, Χαλκιάς,

Άρδευση και Συστήματα Άρδευσης, Κωσταντινίδης

Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων, Παπαζαφειρίου Ζ.Π.

Ασκήσεις Φυσικής Εδάφους, Αργυροκαστρίτης Ι. Γ.

Γεωργική Υδραυλική – Αρδεύσεις Ι, Πουλοβασίλης Α.

Γεωργική Υδραυλική Ι, Τσιμόπουλος Χ.Δ.

Γεωργική Υδραυλική και Εγγειοβελτιωτικά Έργα, Λιακόπουλος

Γεωργική Υδραυλική, Παπαζαφειρίου Ζ.Π.

Δειγματοληψία Εδάφους, Εδαφολογικό εργαστήριο ΕΑΣ\Μ-Ν

Εδαφολογία, Τσιτσιάς Κ.

Εδαφολογία, Παναγιωτόπουλος Λ.

Εδαφοφυσική, Παναγιωτόπουλος Κ.Π.

Εφαρμοσμένη Γεωλογία, Αλεξόπουλος Α.

Υδρογεωλογία, Λέκκας Σ.

Φυσική και Χημική Ανάλυση του Εδάφους, Αλεξιάδη Κ.

Fourth Edition Soil an Intraduction, Michael J. Singer, Donald N. Munns

Soil Analysis Physical Methods, Keith A. Smith, Chris E. Mullins

Soilmoisture, Instructions for setup of the cat. Manifold

Soilmoisture, Operating instructions

Soil-Water Interactions, Mechanisms and Application, Shingo Iwata, Toshiba Tabuchi,

Benna P. Warkentin

While R. E. Introduction to the principles practices of soil sunce blackewell Oxford

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	3
2.1. Υφή του εδάφους	3
2.2.1. Ιδιότητες της άμμου	3
2.2.2. Ιδιότητες της ιλύος	5
2.2.3. Ιδιότητες της αργίλλου	5
2.2. Δομή του εδάφους	6
2.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την δομή του εδάφους	6
2.3 Ειδικά βάρη εδάφους	6
2.3.1 Πραγματικό ειδικό βάρος	7
2.3.2 Φαινόμενο ειδικό βάρος	7
2.4 Πορώδες του εδάφους	7
3. ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	8
3.1. Γενικά	8
3.2. Ταξινόμηση της εδαφικής υγρασίας	8
3.3. Επηρεασμός της εδαφικής υγρασίας	10
3.4. Σταθερές εδαφικής υγρασίας	10
3.5. Οι δυνάμεις συγκράτησης του εδαφικού νερού	16
3.6. Η χαρακτηριστική καμπύλη εδαφικής υγρασίας	18
3.7. Υστέρηση της εδαφικής υγρασίας	22
3.8. Μέθοδοι προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας	22
3.9. Η ανακατανομή της εδαφικής υγρασίας	23
3.10. Σχέση νερού-φυτού	24
4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	28
4.1. Εργαστηριακές μέθοδοι προσδιορισμού χαρακτηριστικών καμπυλών εδαφικής υγρασίας.....	28
4.1.1. Η μέθοδος Haines	28
4.1.2. Η μέθοδος στήλης σε ισορροπία με σταθερή στάθμη	29
4.1.3. Η μέθοδος στήλης με διάφραγμα πίεσης	30

4.1.4	Μέθοδος σχετικής υγρασίας	31
4.1.5.	Μέθοδος του σημείου πήξης του ύδατος του εδάφους	31
4.1.6.	Μέθοδος πιεστικού δίσκου - Συσκευή Richards	31
4.1.6.1.	Με διαταραγμένα δείγματα	31
4.1.6.2.	Με αδιατάραχτα δείγματα	32
4.1.6.2.1.	Γενικά	32
4.1.6.2.2.	Συσκευή	32
4.1.6.2.3.	Δίκτυο και εφαρμογή πίεσης	33
4.1.6.2.4.	Τοποθέτηση των δειγμάτων στα κύτταρα πίεσης	34
4.1.6.2.5.	Κορεσμός δείγματος	34
4.1.6.2.6.	Στράγγιση	34
4.1.6.2.7.	Πειραματικός προσδιορισμός του όγκου και του ύψους του δείγματος	35
4.2.	Μέθοδοι προσδιορισμού χαρακτηριστικών καμπυλών εδαφικής υγρασίας στον αγρό	35
4.2.1.	Τασίμετρα	35
4.2.2.	Πορώδη σώματα	36
4.2.3.	Μέθοδος νετρονίων	36
5.	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ RICHARDS	37
5.1.	Συσκευή Richards	37
5.2.	Δειγματοληψία	40
5.2.1.	Τρόπος δειγματοληψίας εδάφους για ανάλυση του	40
5.3.	Πειραματική διαδικασία	47
5.3.1.	Ξήρανση και κονιοροποίηση δειγμάτων	47
5.3.2.	Κορεσμός πλάκας	48
5.3.3.	Κορεσμός δειγμάτων	49
5.3.4.	Τοποθέτηση της πλάκας στην συσκευή πιεστικού δίσκου	50
5.3.5.	Άσκηση πίεσης στα δείγματα μέσω της συσκευής	51
5.3.6.	Εξαγωγή των δειγμάτων από την συσκευή.	52
5.3.7.	Τοποθέτηση και εξαγωγή των δειγμάτων από το πυριαντήριο	52
5.3.8.	Υπολογισμός εδαφικής υγρασίας	52

6. ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΚΑΜΠΥΛΕΣ	53
6.1 Ακαλλιέργητο έδαφος 30cm	56
6.2 Ακαλλιέργητο έδαφος 60cm	61
6.3 Ακαλλιέργητο έδαφος 90cm	66
6.4 Καλλιεργημένο έδαφος 30cm	71
6.5 Καλλιεργημένο έδαφος 60cm	76
6.6 Καλλιεργημένο έδαφος 90cm	81
6.7 Σύγκριση ακαλλιέργητου εδάφους 30, 60 και 90cm	86
6.8 Σύγκριση καλλιεργημένου εδάφους 30, 60 και 90cm	91
6.9 Σύγκριση Καλλιεργημένου Ακαλλιέργητου εδάφους	96
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
Παραπομπές	106
Βιβλιογραφία	107