ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ
ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Διατμηματικό
Πρόγραμμα
Μεταπτυχιακών
Σπουδών
Στις
Περιβαλλοντικές
Επιστήμες

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΑΝΙΗΛΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ
ΠΕ ΓΕΩΠΟΝΟΣ
Α.Μ.:172

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
Σ. ΒΑΡΝΑΒΑΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
Θ. ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Α. ΑΡΓΥΡΙΟΥ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2010

Πρόλογος

Η ολοκλήρωση της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής βασίστηκε στην αξιοποίηση των συμβουλών του καθηγητή μου κ. Βαρνάβα Σωτήρη, καθηγητή στο Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά για την ανάθεση του θέματος και τις σημαντικές συμβουλές και επισημάνσεις του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την εξεταστική μου επιτροπή , τον κ. Θεόδωρο Γεωργιάδη καθηγητή στο Τμήμα Βιολογίας και τον κ. Αθανάσιο Αργυρίου αναπληρωτή καθηγητή στο Τμήμα Φυσικής, για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους στο κείμενο.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω για έναν ακόμα λόγο τον κ. Αθανάσιο Αργυρίου και τους κ. Κωνσταντίνο Λαγουβάρδο και κα Βασιλική Κοτρώνη, ερευνητές του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για τη χορήγηση των μετεωρολογικών δεδομένων.

Επίσης, θα ήθελα ευχαριστήσω θερμά και να επισημάνω την μεγάλη προσφορά του Dr. Πιστόλη Λουκά για τις καταλυτικές σημειώσεις και διορθώσεις του όπως και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και μου παραχώρησε στοιχεία από μια υπό δημοσίευση εργασίας του.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Τσαγκάρη Βασίλη, μέλος της ερευνητικής ομάδας Τηλεπισκόπησης και Εφαρμογών του Φυσικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Πατρών, που έφτιαξε μια εφαρμογή στο Mat lab ώστε ικανοποιεί τις απαιτήσεις του πειράματος.

Τις θερμές μου ευχαριστίες οφείλω στο τμήμα εκτέλεσης και συντήρησης έργων και τον προϊστάμενο κ. Γαλάνη Χρήστο για την υλικοτεχνική στήριξη. Επίσης, η ολοκλήρωση αυτού του πειράματος θα ήταν αδύνατη χωρίς την έμπρακτη συμμετοχή στην εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος και την ακούραστη επιδιόρθωση των εκάστοτε προβλημάτων από τον εξωτερικό συνεργάτη του κ. Γαλάνη, κ. Κοσμά Νίκο.

Ευχαριστώ, επίσης, την εταιρία ΤΙΤΑΝ Α.Ε., τον διευθυντή του εργοστασίου Δρεπάνου κ Μοναχό Γιάννη και τον κ. Χαλκίδη Δημήτρη για την παραχώρηση των υλικών του υποστρώματος και της χημικής τους ανάλυσης .

Ευχαριστώ θερμά όλους τους συναδέλφους μου για τη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά τη διεξαγωγή αυτού του πειράματος και ιδιαιτέρως την κ. Μασσαρά Βάσω, τον κ. Κολοκυθά Κώστα και τον κ. Λουκοκανέλο Γιώργο.

Τέλος, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια Κωνσταντίνου Μασσαρά για την φιλοξενία της κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων, αλλά και για την αμέριστη ηθική στήριξη τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ-ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ

- **Η ριζόσφαιρα**
- **Ο βλαστός και τα φύλλα**

2.2 ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

- ΦΩΣ
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
- ΝΕΡΟ
- ΑΕΡΑΣ
- ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.3 ΤΑ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

2.4 Η ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

2.5 ΜΕΤΑΛΛΑ ΩΣ ΡΥΠΑΝΤΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.6 ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

2.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΥΣ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

2.8 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- **Ανόργανα στοιχεία ως ρυπαντές εδαφών**

2.9 ΣΙΔΗΡΟΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ ΣΤΟΝ ΗΛΙΑΝΘΟ

2.10 ΥΠΕΡΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- **Φυτά Υπερσυσσωρευτές (hyperaccumulators plants)**

2.11 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ

- **Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Φυτοεξυγίανσης**

2.12 Helianthus annuus και Helianthus giant

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ)

4. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

- **Μικροκλιματικά δεδομένα**

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, η συνεχής επέμβαση του ανθρώπου στο περιβάλλον ανέτρεψε τις φυσικές διεργασίες της μετακίνησης και μεταβολής της μορφής των στοιχείων και της ενέργειας, ενώ οι βιογεωλογικές μεταβολές του περιβάλλοντος ήταν πολύ αργές ή ακόμη και σε δυναμική ισορροπία. Ως αποτέλεσμα της παρέμβασης αυτής είναι η υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών, η διάβρωση και αποσταθεροποίηση τους, και η σημαντική συμμετοχή με οποιονδήποτε τρόπο στην ερημοποίηση του περιβάλλοντος.

Η σύγχρονη κοινωνία ορίζει ως περιβάλλον το σύνολο των συνθηκών και των παραγόντων που επιδρούν σε κάποιον ή κάτι, ή πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση μας, το σύνολο των φυσικών συνθηκών και παραγόντων μέσα στο οποίο δημιουργούνται, υπάρχουν και αναπτύσσονται οι ζωντανοί οργανισμοί. Ρύπος ή αλλιώς και ρυπαντής ονομάζεται η οποιαδήποτε μη οργανική ουσία που ρυπαίνει το περιβάλλον (www.greek-language.gr).

Η εξυγίανση των εδαφών που έχουν ρυπανθεί με ανόργανες χημικές ουσίες ή στοιχεία μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους μηχανικούς και τεχνικούς τρόπους, όπως εκσκαφή των ρυπασμένων εδαφών και η περαιτέρω επεξεργασία τους, υγειονομική ταφή, φυσικοχημικές μέθοδοι διαχωρισμού των ρυπαντών, ηλεκτροχημικές διεργασίες και αποτέφρωση (Gabriel, 1992).

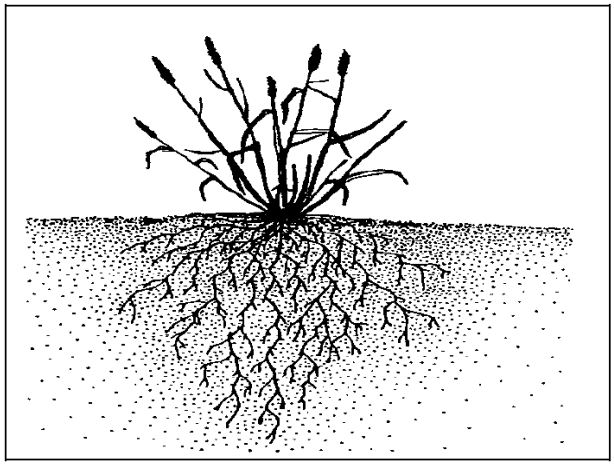
Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης των εδαφών παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον ως εναλλακτική μέθοδος εξυγίανσης μολυσμένων εδαφών. Η φυτοεξυγίανση βασίζεται στη ιδιότητα των φυτών να προσλαμβάνουν και να διασπούν ή να αδρανοποιούν τοξικές ανόργανες ουσίες από το έδαφος και επομένως μπορεί υπό προϋποθέσεις να χρησιμοποιηθεί για την οικονομική αντιμετώπιση του προβλήματος της υποβάθμισης των εδαφών.

Στόχος της παρούσας εργασίας, είναι να μελετήσει τις συνθήκες ανάπτυξης φυτικών ειδών σε υποβαθμισμένα εδάφη με απώτερο σκοπό να χρησιμοποιηθούν για τη σταθεροποίηση των εδαφών μέσο του ριζικού συστήματος των φυτών και την αποκατάσταση του περιβάλλοντος εξυγιαίνοντας το έδαφος από τους ρυπαντές.

2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ-ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ

Η ριζόσφαιρα

Η ριζόσφαιρα (Εικόνα 1) (η περιοχή γύρω από το ριζικό σύστημα των φυτών), επηρεάζεται άμεσα από τις εκκρίσεις των διαφόρων ουσιών του ριζικού συστήματος και στην οποία παρατηρείται έντονη μικροβιακή δραστηριότητα (Walton et al, 1994). Στη ριζόσφαιρα απαντώνται βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα , τα οποία λαμβάνουν τις απαραίτητες για την ανάπτυξη τους θρεπτικές ουρίες από τις εκκρίσεις των ριζών. Με την σειρά τους, οι μικροοργανισμοί βοηθούν τα φυτά μεταβάλλοντας το pH και επεκτείνοντας την ενεργό ζώνη απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών από τις ρίζες.



Εικόνα 1. Η ριζόσφαιρα των φυτών, περιοχή έντονης μικροβιακής δραστηριότητας (Walton et al., 1994).

Γενικά, η ανάπτυξη των μικροοργανισμών στη περιοχή της ριζόσφαιρας οφείλεται στο γεγονός ότι οι φυτικές ρίζες εκκρίνουν διάφορες ουσίες στο έδαφος. Μεταξύ των ουσιών αυτών συγκαταλέγονται σάκχαρα, αμινοξέα, οργανικά οξέα, τα οποία χρησιμοποιούνται από τους μικροοργανισμούς για την ανάπτυξη τους (Brix, 1997).

Ο μικροβιακός πληθυσμός της ριζόσφαιρας διαφέρει από τον αντίστοιχο πληθυσμό που αναπτύσσεται μακριά από αυτήν. Οι διαφορές είναι τόσο ποιοτικές (είδος μικροοργανισμού), όσο και ποσοτικές (πυκνότητα του πληθυσμού). Έχει βρεθεί ότι η πυκνότητα και η ποιοτική σύνθεση του μικροβιακού πληθυσμού της ριζόσφαιρας ποικίλει ανάλογα με το είδος του φυτού και τις εδαφικές συνθήκες (Ζαμπετάκης,2005, Shann et al, 1997, Walton et al, 1994).

Ο βλαστός και τα φύλλα

Ο βλαστός του φυτού λειτουργεί ως βάση στήριξης των φύλλων, των λουλουδιών και των καρπών του φυτού. Η ανάπτυξη του συνήθως είναι τέτοια ώστε να διευκολύνει το φυτό στη συλλογή ηλιακής ενέργειας αλλά και στην ευκολότερη ανταλλαγή αερίων από τα στομάτια με την ατμόσφαιρα.

Τα φύλλα είναι τα κύρια όργανα της φωτοσύνθεσης και της σύνθεσης οργανικών ουσιών από ανόργανα στοιχεία. Όμως, βοηθούν και σε μια ακόμη λειτουργία του φυτού, την διαπνοή, δηλαδή την διαχείριση και την εξοικονόμηση του νερού μέσα στο φυτό.

Η εσωτερική κατασκευή των φύλλων διαφέρει από οικογένεια σε οικογένεια, αλλά και μεταξύ ειδών. Γενικά, η επιδερμίδα αποτελείται από τα επιδερμικά κύτταρα, τα καταφρακτικά και παραφρακτικά κύτταρα των στοματίων και διάφορα τριχώματα.

Τα στομάτια αποτελούν πόρους οι οποίοι σχηματίζονται μεταξύ δύο εξειδικευμένων κυττάρων, των καταφρακτικών και παραφρακτιών κυττάρων. Η σημαντικότερη ανατομική ιδιομορφία τους είναι η χαρακτηριστική ανομοιόμορφη πάχυνση των τοιχωμάτων τους, ενώ η σημαντικότερη φυσιολογική διαφορά από τα υπόλοιπα επιδερμικά κύτταρα είναι η ύπαρξη χλωροπλαστών.

2.2 ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Οι φυσιολογικές μεταβολές, που εκδηλώνονται εξαιτίας της επίδρασης των διαφόρων παραγόντων του περιβάλλοντος, είναι από τα βασικότερα προβλήματα της αύξησης του φυτού. Ένα εξωτερικό ερέθισμα, όπως αλλαγή της θερμοκρασίας ή της φωτοπεριόδου ή της περιεκτικότητας σε νερό, γίνεται αντιληπτό από το φυτό και μετατρέπεται σε μεταβολικές διαδικασίες, οι οποίες αλλάζουν την ποσότητα της αύξησης. Σπουδαιότεροι παράγοντες, που επηρεάζουν την αύξηση του φυτού είναι οι εξής:

1. ΦΩΣ: Η ακτινοβολία έχει άμεση επίδραση στη φωτοσύνθεση. Όταν η ένταση του φωτός είναι τέτοια ώστε να σχηματίζονται περισσότερες ουσίες από αυτές που καταναλώνονται κατά την αναπνοή τότε το φυτό αρχίζει να αυξάνει βάρος. Η μορφή της αύξησης μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από την ένταση στην οποία εκτίθεται το φυτό. Φυτά που έχουν αναπτυχθεί στο σκοτάδι εμφανίζουν μακρύ και λεπτό βλαστό, τα μεσογονάτια διαστήματα γίνονται ασυνήθιστα επιμήκη και τα φύλλα παραμένουν εμβρυώδη χωρίς να αναπτύσσουν χλωροφύλλη (η κατάσταση αυτή είναι γνωστή ως χλώρωση ή εκχλοίωση).
2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: Για κάθε φυτικό είδος υπάρχει ένα ανώτατο και ένα κατώτατο όριο θερμοκρασίας. Στις οριακές αυτές θερμοκρασίες η αύξηση γίνεται με δυσκολία. Πέρα από τα όρια αυτά η αύξηση σταματάει πλήρως, ενώ αντίθετα στην άριστη θερμοκρασία η αύξηση φτάνει το μέγιστο.
3. ΝΕΡΟ: Το νερό είναι βασικό συστατικό των φυτικών ιστών. Η σημασία του για τους ζωντανούς οργανισμούς συμπεραίνεται από την περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε νερό, που κυμαίνεται κατά μέσο όρο γύρω στο 75-85% του νωπού τους βάρους. Το νερό χρησιμοποιείται από τα φυτικά κύτταρα ως αντιδραστήριο κατά την φωτοσύνθεση και την αναπνοή, ως διαλύτης οργανικών και ανόργανων ουσιών, ως μέσο διασποράς των κολλοειδών ουσιών του πρωτοπλάσματος και ως μέσο μεταφοράς διαλυτών ανόργανων και οργανικών συστατικών του φυτού. Αξίζει να σημειωθεί και ο βασικός του ρόλος στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του φυτού ιδιαίτερα τις περιόδους υψηλών θερμοκρασιών.
4. ΑΕΡΑΣ: Από τα τρία κύρια συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα (άζωτο, οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα) ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το φυτό παρουσιάζουν το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα. Το CO_2 βρίσκεται σε μικρή σχετικά κατ' όγκο συγκέντρωση (0,033%) και αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες της φωτοσύνθεσης. Αντίθετα, η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο είναι υψηλή (21% κατ' όγκο) και σταθερή, φυσιολογικά κάτω από τέτοιες συνθήκες το οξυγόνο δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την αύξηση του φυτού. Στο έδαφος όμως μπορεί να παρατηρηθεί διακύμανση της περιεκτικότητας του οξυγόνου. Ιδιαίτερα, στη ριζόσφαιρα του φυτού η έλλειψη οξυγόνου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του βαθμού πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων και του ύδατος.
5. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Μόνο τα φυτά από όλους τους ζωντανούς οργανισμού είναι σε θέση να οικοδομήσουν τις δικές τους οργανικές ουσίες από απλές ανόργανες ενώσεις. Μέρος των ανόργανων στοιχείων ή ενώσεων προσλαμβάνονται από τον ατμοσφαιρικό αέρα μέσω των στομάτων και μέρος από το έδαφος με την μορφή ιόντων από τα υδατικά διαλύματα του εδάφους με τη βοήθεια του ριζικού συστήματος. Πολλά από τα μεταλλικά στοιχεία του εδάφους αποτελούν δομικά συστατικά σε οργανικά μόρια βασικής σημασίας (π.χ. το Mg στη χλωροφύλλη, ο Fe στα κυτοχρώματα κλπ.) ή λειτουργούν ως ενεργοποιητές ενζύμων. Η αναστολή μιας από τις πολυάριθμες βιοχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο φυτικό μεταβολισμό λόγω έλλειψης του κατάλληλου υποστρώματος ή του

κατάλληλου καταλύτη, μπορεί να επιβραδύνει ή να αναστείλει το φυσιολογικό μηχανισμό της αύξησης.

2.3 ΤΑ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Τα ανόργανα στοιχεία απαρτίζουν το 1,5% του νωπού βάρους των φυτών και διακρίνονται σε θεμελιώδη και μη. Το γεγονός ότι ένα στοιχείο βρίσκεται στο φυτό, δε σημαίνει ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή του. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μηχανισμοί απορρόφησης δε μπορούν πολλές φορές να κάνουν επιλογή μεταξύ θρεπτικών στοιχείων (Θεριός, 1996). Τα απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών στοιχεία είναι δέκα έξη (Ζαμπετάκης,2005, Shannon, 1993). Απ' αυτά τα φυτά προσλαμβάνουν από τον αέρα τρία και από το έδαφος τα υπόλοιπα δεκατρία, με εξαίρεση το άζωτο που μπορεί να προέλθει και από απ' ευθείας δέσμευση από τον ατμοσφαιρικό αέρα (Σακελλαριάδης,1992).

Ένα στοιχείο χαρακτηρίζεται θεμελιώδες όταν 1) χωρίς αυτό το φυτό δε μπορεί να συμπληρώσει το βιολογικό του κύκλο και 2) όταν το στοιχείο αυτό αποτελεί μέρος ενός συστατικού του φυτού (π.χ. Mg στη χλωροφύλλη, N στις πρωτεΐνες κ.λ.π.) (Σακελλαριάδης,1992).

Τα ανόργανα στοιχεία διακρίνονται σε αυτά που είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και καλούνται μακροστοιχεία (N, P, K, Ca, Mg, S, C, H, O) και σε αυτά που χρειάζονται σε ίχνη και καλούνται ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Cl, Mo). Μερικά φυτά μπορεί να χρειάζονται και πρόσθετα θρεπτικά στοιχεία ή να μη χρειάζονται μερικά από τα προαναφερθέντα, ή ακόμη ο ρόλος ενός στοιχείου να αντικαθίσταται από άλλο στοιχείο (π.χ. το Na υποκαθιστά σε κάποιο ποσοστό το K στα ζαχαρότευτλα χωρίς πολύ δυσμενείς επιπτώσεις (Σακελλαριάδης,1992) , το σελήνιο από το φυτό Astragalus, το Co για τη συμβιωτική δέσμευση του N και του Si για το Equisetum arvense. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Mo βρίσκεται σε πολύ μικρή συγκέντρωση στα φυτά, σε σχέση με τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία (Θεριός, 1996).

Οι μορφές με τις οποίες απαντώνται τα θρεπτικά στοιχεία των φυτών στο εδαφικό διάλυμα είναι περιορισμένες. Η αρχική προέλευση και δυνατότητα προσαγωγής στο εδαφικό διάλυμα εξαρτάται από το είδος του ορυκτού στο οποίο βρίσκεται το στοιχείο π.χ. το K περιέχεται στο ορθόκλαστο, στα μαρμαρυγιακά ορυκτά και στον ιλλίτη (Σακελλαριάδης, 1992).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Μορφές που συναντάμε τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στο εδαφικό διάλυμα (Σακελλαριάδης, 1992)

ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ		**ΜΙΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ**	
ΑΖΩΤΟ	NO_3^- , NH_4^+	ΒΟΡΙΟ	$H_2BO_3^-$, HBO_3^{2-} , $B(OH)_4^-$
ΦΩΣΦΟΡΟΣ	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}	ΜΟΛΥΒΔΑΙΝΙΟ	MoO_4^{2-}
ΚΑΛΙΟ	K^+	ΧΛΩΡΙΟ	Cl^-
ΘΕΙΟ	SO_4^{2-}	ΣΙΔΗΡΟΣ	Fe^{2+}
ΑΣΒΕΣΤΙΟ	Ca^{2+}	ΜΑΓΓΑΝΙΟ	Mn^{2+}
ΜΑΓΝΗΣΙΟ	Mg^{2+}	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	Zn^{2+}
		ΧΑΛΚΟΣ	Cu^{2+}

Στον πίνακα 1 φαίνεται ότι έξι από τα στοιχεία προσλαμβάνονται από τα φυτά ως ανιόντα και οκτώ ως κατιόντα. Η μορφή των ανιόντων εξαρτάται από το pH του εδαφικού διαλύματος (Σακελλαριάδης, 1992).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων (ppm) στο εδαφικό διάλυμα και στα φυτά (οι τιμές που αναφέρονται είναι σχετικές) (Σακελλαριάδης, 1992)

ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	**ΕΔΑΦΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ**	**ΦΥΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ**
N	50-200	500-50000
P	0,03-0,06	1000-4000
K	5-50	10000- 30000
S	25-100	1000-2000
Ca	50-100	2000-30000
Mg	5-60	1000-10000
Fe (Fe^{2+})	<0,005	30-200
Zn	<0,005	10-50
Mn (Mn^{2+})	0,1-10	15-100
B	0,001-0,5	5-50
Mo	0,001-0,01	1-5
Cu	0,03-0,3	5-15
Cl	60-600	50-100

Εύκολα διακρίνεται στον πίνακα 2 ότι οι περιεχόμενες ποσότητες στα φυτά είναι πολλαπλάσιες εκείνων του εδαφικού διαλύματος. Ο όγκος εδάφους που εκμεταλλεύεται άμεσα το φυτό δεν είναι τεράστιος όπως θα μπορούσε να υποθέσει κανείς ώστε η περιεκτικότητα του εδαφικού διαλύματος του άμεσου περιβάλλοντος των ριζών να αρκεί για την ικανοποίηση των αναγκών του φυτού. Εντούτοις όμως τα φυτά με την επέκταση του ριζικού τους συστήματος βρίσκουν ανεκμετάλλευτες περιοχές της μάζας του εδάφους για να αντλήσουν νερό και θρεπτικά συστατικά όσο και το εδαφικό διάλυμα και τα στοιχεία που περιέχει με διάχυση τείνουν προς το ριζικό σύστημα όπου νερό και στοιχεία έχουν μειωθεί σε μεγάλο βαθμό (Σακελλαριάδης, 1992).

2.4 Η ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

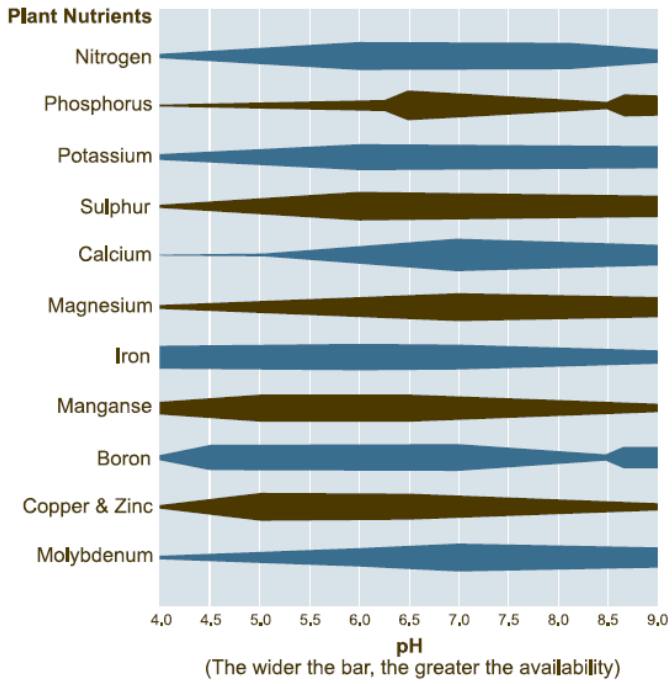
Η πηγή των θρεπτικών στοιχείων στα εδάφη είναι η στερεή φάση, ανόργανη και οργανική. Τα φυτά όμως παραλαμβάνουν τα θρεπτικά συστατικά από το εδαφικό διάλυμα. Επομένως, η μέγιστη ανάπτυξη και απόδοση των φυτών δεν εξαρτάται από την ολική περιεκτικότητα των εδαφών σε ένα στοιχείο αλλά από την ποσότητα που μπορεί να διαλυθεί στο εδαφικό νερό. Σε πρώτη φάση λοιπόν η ποσότητα του στοιχείου που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο εκάστοτε ποσό του περιεχόμενου νερού στο έδαφος καθορίζει την κινητικότητα του στοιχείου από τη στερεή φάση στην υγρή. Όταν όμως η ρίζα του φυτού απορροφήσει το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία από τη μάζα του εδάφους που την περιβάλλει τότε νερό και θρεπτικά συστατικά κινούνται από γειτονικά σημεία υψηλότερης συγκέντρωσης προς τη ρίζα με ροή του εδαφικού διαλύματος και με διάχυση. Η ταχύτητα που συμβαίνουν αυτά αποτελεί τη δεύτερη φάση ρύθμισης της κινητικότητας των θρεπτικών συστατικών και του νερού που καθορίζουν και το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών.

Όταν μειωθεί η περιεκτικότητα ενός θρεπτικού συστατικού στο εδαφικό διάλυμα επειδή το απορρόφησε το φυτό, τότε νέα ποσότητα διαλύεται από τη στερεή φάση για να αναπληρώσει τη μέγιστη ικανότητα του εδαφικού νερού σαν διαλύτη του θρεπτικού στοιχείου. Όσο προχωρεί η ανάπτυξη του φυτού οι πιο ευδιάλυτες πηγές της στερεής φάσης του στοιχείου ελαττώνονται και παραμένουν οι πιο δυσδιάλυτες με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού αναπλήρωσης του απορριφθέντος από το φυτό στοιχείου στο εδαφικό διάλυμα. Η συνεχώς μειούμενη ταχύτητα αναπλήρωσης είναι η τρίτη φάση επηρεασμού της κινητικότητας των θρεπτικών στοιχείων και της ανάπτυξης των φυτών.

Για διάφορους λόγους εκτός της διαλυτοποίησης και κινητοποίησης των θρεπτικών στοιχείων παρατηρείται και η αντίστροφη πορεία, ακινητοποίηση και απομάκρυνση του στοιχείου από το θρεπτικό διάλυμα. Ο πιο απλός λόγος για την ακινητοποίηση είναι η μείωση του περιεχόμενου εδαφικού νερού λόγω εξατμισοδιαπνοής. Τότε μέρος του στοιχείου είτε καθιζάνει υπό διάφορες χημικές μορφές είτε επανακρυσταλλώνεται στην αρχική ή άλλη στερεή μορφή.

Η παρουσία ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) στο έδαφος είναι ο πιο συνηθισμένος λόγος ακινητοποίησης θρεπτικών στοιχείων και ιδιαίτερα των μετάλλων. Τόσο το διάλυμα που περιέχει όξινα ανθρακικά ανιόντα (HCO_3^-, CO_3^{2-}) όσο και η επιφάνεια επαφής του εδαφικού διαλύματος που περιέχει τα μέταλλα με στερεό $CaCO_3$ σχηματίζουν δυσδιάλυτες ανθρακικές ενώσεις των μετάλλων, ακινητοποιούνται, απομακρύνονται από το εδαφικό διάλυμα και δεν είναι πλέον στη διάθεση των φυτών.

Άλλοι λόγοι ακινητοποίησης των θρεπτικών στοιχείων είναι το pH και το περιβάλλον οξειδοαναγωγής. Σε αλκαλικό εδαφικό περιβάλλον (pH>7,5) τα μέταλλα Fe, Mn, Zn και Cu σχηματίζουν υδροξείδια και σαν τέτοια καθιζάνουν. Αντίθετα τα ίδια μέταλλα είναι ευκίνητα σε όξινο pH. Ορισμένες όμως φορές ενώνονται με φωσφορικά ανιόντα και σχηματίζουν αδιάλυτες φωσφορικές ενώσεις (pH<5,8).



ΕΙΚΟΝΑ 2: Η θρεπτική διαθεσιμότητα όπως επηρεάζεται από το pH (Πηγή:AGRI-FACTS).

Τέλος, τα στοιχεία Fe και Mn σε οξειδωτικό περιβάλλον εμφανίζονται με τις οξειδωμένες μορφές τους (Fe^{3+}, Mn^{4+}) που σχηματίζουν δυσδιάλυτα υδροξείδια που καθιζάνουν και δεν απορροφώνται από τα φυτά. Αντίθετα, σε αναγωγικό περιβάλλον οι ανοιγμένες μορφές τους (Fe^{2+}, Mn^{2+}) είναι ευδιάλυτες και προσλαμβάνονται μέσω του εδαφικού διαλύματος από τα φυτά.

2.5 ΜΕΤΑΛΛΑ ΩΣ ΡΥΠΑΝΤΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ο όρος βαρέα μέταλλα αποδίδεται σε μία μεγάλη ομάδα ιχνοστοιχείων, τα οποία είναι σημαντικά τόσο από βιομηχανική όσο και από βιολογική άποψη.

Το έδαφος, επειδή ακριβώς αποτελεί υπόστρωμα, πάνω στο οποίο λειτουργούν τα φυσικά και αγρονομικά οικοσυστήματα, δέχεται την είσοδο βαρέων μετάλλων από διάφορες πηγές. Τα μέταλλα απαντώνται στα εδάφη συνήθως σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις με τη μορφή ελεύθερων μεταλλικών ιόντων, διαλυτών μεταλλικών ενώσεων, ανταλλάξιμων μεταλλικών ιόντων, οργανικά δεσμευμένων μετάλλων, αδιάλυτων ενώσεων, όπως είναι τα οξείδια, τα ανθρακικά και τα υδροξείδια ή μπορεί να συμμετέχουν στη δομή πυριτικών ορυκτών .

Όταν ο ρυθμός εξόρυξης ενός συγκεκριμένου στοιχείου υπερβαίνει το ρυθμό της φυσικής του ανακύκλωσης τότε το στοιχείο αυτό μπορεί να θεωρηθεί πιθανός ρυπαντής. Τα στοιχεία Ag, Au, Cd, Cr, Hg, Mn, Pb, Sb, Te, Sn, W, Zn θεωρούνται από τα πιο επικίνδυνα και πιθανοί ρυπαντές, ενώ στα επικίνδυνα για την υγεία του περιβάλλοντος στοιχεία περιλαμβάνονται και τα Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος με μέταλλα μπορεί να προέλθει από τις ακόλουθες πηγές:

1. Φυσικές πηγές (μεταφερόμενη από τον άνεμο σκόνη, ηφαιστειακές εκρήξεις, θαλάσσια αεροζόλ, δασικές πυρκαγιές).
2. Γεωργία (φωσφορικά λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα).
3. Παραγωγή ενέργειας.
4. Εξόρυξη και χύτευση ορυκτών(Varnavas et al., 1992,1993,2000,2001, Varnavas 1994),.
5. Δευτερογενής παραγωγή μετάλλων και εργασίες ανακύκλωσης.
6. Αστικά και βιομηχανικά συγκροτήματα (απορρίμματα, αστικά και βιομηχανικά λύματα).
7. Καύσεις μηχανών (βενζίνη, πετρέλαιο, καθώς και λιπαντικά και καταλύτες αυτοκινήτων).(Kalavrouziotis et. al., 2006a, 2006 b, 2007,Vissirski et. al ,2008)

Η μεγάλη βιολογική σημασία των μετάλλων έγκειται στο γεγονός ότι παρόλο που ορισμένα είναι τοξικά για τους ζωντανούς οργανισμούς όταν βρίσκονται σε περίσσεια, κάποια από αυτά είναι απαραίτητα σε χαμηλές συγκεντρώσεις, είτε για την ανάπτυξη των φυτών (Cu, Mn, Zn), είτε για την ανάπτυξη των ζώων (Co, Cr, Se). Τα απαραίτητα μέταλλα έχουν μία ποικιλία λειτουργιών στα βιολογικά συστήματα, που κυμαίνονται από ρυθμιστές βιολογικών διαδικασιών έως σημαντικά δομικά συστατικά των πρωτεϊνών. Η επικινδυνότητα ύπαρξης υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων στα οικοσυστήματα αυξάνεται εξαιτίας της ιδιότητας της βιοσυσσώρευσης των στοιχείων αυτών, δηλαδή της ικανότητας συσσώρευσής τους στα διάφορα μέρη της τροφικής αλυσίδας σε συνεχώς αυξανόμενες συγκεντρώσεις, καθώς ο ρυθμός πρόσληψής τους υπερβαίνει κατά πολύ το ρυθμό αποβολής τους (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Η συμπεριφορά των ιχνοστοιχείων σε κάθε οικοσύστημα είναι αρκετά πολύπλοκη(Drakatos etal 2000) και συνήθως εξετάζεται χωριστά για τον αέρα, το έδαφος και τους ζωντανούς οργανισμούς. Η ατμόσφαιρα αποτελεί ένα σημαντικό μέσο μεταφοράς για τα προερχόμενα από ποικίλες πηγές μέταλλα. Τα εδάφη συχνά ρυπαίνονται σε αποστάσεις μέχρι και μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από την πηγή εκπομπής τους (Friedland, 1990). Στη συνέχεια τα απαντώμενα στην ατμόσφαιρα ή το έδαφος μέταλλα προσλαμβάνονται από τους φυτικούς οργανισμούς και με αυτόν τον τρόπο εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα.

Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θεωρείται ότι προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων και την επεξεργασία του σιδήρου και άλλων μη σιδηρούχων μετάλλων (Kabata-Pendias and Pendias 1992).

2.6 ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Τα φυτά για να αναπτυχθούν χρειάζονται θρεπτικά στοιχεία (μακρο-μικροστοιχεία) και διαθέτουν διαφορετικούς ειδικούς μηχανισμούς για την πρόσληψη, μεταφορά και αποθήκευση για κάθε ένα από τα στοιχεία αυτά.

Βαρέα μέταλλα, όπως Zn, Mn, Ni και Cu είναι απαραίτητα μικροστοιχεία για τα φυτά. Τα φυτά προσλαμβάνουν και συσσωρεύουν μικρές ποσότητες αυτών των στοιχείων (< 10ppm), ώστε να καλύπτουν τις μεταβολικές τους ανάγκες. Αντίθετα, οι υπερσυσσωρευτές μπορεί να προσλάβουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες (χιλιάδες ppm).

Ιδιότητες του εδάφους, όπως η ικανότητα κατιοντοανταλλαγής, το pH, η μικροχλωρίδα, επηρεάζουν έντονα τόσο την πρόσληψη ενός μετάλλου από το φυτό όσο και τον τελικό βαθμό τοξικότητάς του. Η πρόσληψη των μετάλλων από το ριζικό σύστημα εξαρτάται από τους παράγοντες εκείνους που ελέγχουν: α) τη συγκέντρωση και τη μορφή του μετάλλου στο εδαφικό διάλυμα, β) την κίνηση του μετάλλου από το έδαφος προς τη ριζική επιφάνεια, γ) τη μεταφορά του μετάλλου από τη ριζική επιφάνεια στο εσωτερικό της ρίζας και δ) τη μεταφορά του από τις ρίζες στους βλαστούς. Η πρόσληψη των ευκίνητων ιόντων από το εδαφικό διάλυμα εξαρτάται κυρίως από τη συνολική ποσότητα των ιόντων στο έδαφος και από την προσροφητική ικανότητα του ριζικού συστήματος (Alloway 1995, Reichman 2002), όπως, επίσης, και από τη διαπερατότητα και την ευαισθησία των κυτταρικών μεμβρανών του κάθε οργανισμού (Purkayastha et al., 1994).

Οι διαφορές στην πρόσληψη των ιόντων μετάλλου από τα φυτικά είδη μπορεί να οφείλονται σε διάφορες αιτίες, όπως είναι η προσροφητική ικανότητα και η ικανότητα ανταλλαγής των ριζών, οι ριζικές εκκρίσεις και ο ρυθμός της διαπνοής (Alloway, 1995). Επίσης, η ύπαρξη μυκόρριζας αυξάνει την απορροφητική επιφάνεια των ριζών και συμβάλλει στην αύξηση πρόσληψης των θρεπτικών ιόντων (Alloway, 1995).

Επιπλέον, η παρουσία οργανικής ουσίας στο έδαφος μειώνει τη διαθεσιμότητα των μετάλλων επειδή τα προσροφά και τα απομακρύνει από το εδαφικό διάλυμα. Τα χαμηλού μοριακού βάρους φουλβικά οξέα είναι δυνατό να αυξήσουν την κινητικότητα των μετάλλων, επηρεάζοντας τη διαλυτότητά τους και τη μορφή με την οποία βρίσκονται στο έδαφος. Επιπρόσθετα, οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν αύξηση της ποσότητας διάθεσης μετάλλων στα φυτά (Antoniadis and Alloway, 2001).

Η πρόσληψη των μετάλλων από τις ρίζες μπορεί να είναι είτε ενεργητική είτε παθητική. Η ενεργητική πρόσληψη λαμβάνει χώρα εξαιτίας της διαφοράς συγκέντρωσης του μετάλλου, απαιτεί δαπάνη ενέργειας η οποία προέρχεται από το μεταβολισμό του φυτού (Alloway, 1995). Η παθητική πρόσληψη περιλαμβάνει τη διάχυση των ιόντων από το εδαφικό διάλυμα στην ενδοδερμίδα των ριζών. Επιπλέον, ο μηχανισμός πρόσληψης σχετίζεται με το είδος του μετάλλου, ενώ είναι πιθανό να εκδηλωθεί ανταγωνισμός μεταξύ των ιόντων που απορροφώνται από τη ρίζα με τον ίδιο μηχανισμό (Alloway, 1995). Επίσης, η παρουσία ενός μετάλλου στα φυτικά κύτταρα μπορεί να μειώσει την πρόσληψη ή την τοξικότητα των άλλων μετάλλων (Sawidis et al., 2001).

Επομένως, ο ρυθμός και η έκταση της μετακίνησης εξαρτώνται από το είδος του μετάλλου και του ίδιου του φυτού. Τα στοιχεία Mn, Zn, Cd, B, Mo και Se πιστεύεται ότι μεταφέρονται εύκολα μέσα στο φυτό, τα Ni, Co και Cu θεωρείται ότι μετακινούνται μέτρια, ενώ τα Cr, Pb και Hg μετακινούνται σε μικρό βαθμό. Το Mn υπάρχει κυρίως ως ελεύθερο ιόν. Το Ni και ο Zn απαντώνται σε ανιονικά

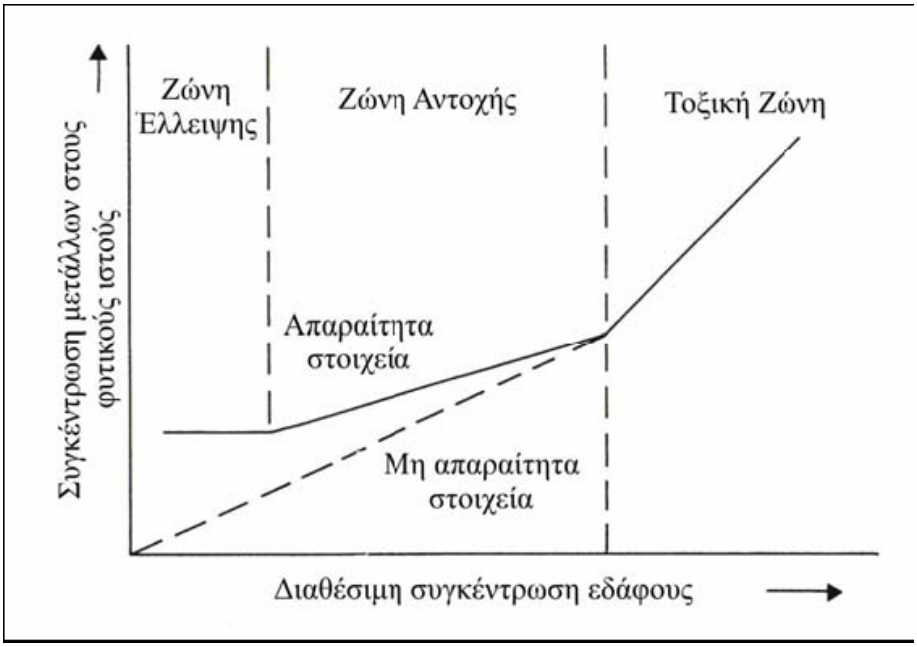
συμπλέγματα, ενώ ο Cu σε οργανικά συμπλέγματα με αμινοξέα ή σε άλλες ανιονικές μορφές (Alloway, 1995).

2.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΥΣ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Η αντίδραση των φυτών στην αύξηση της συγκέντρωσης των μετάλλων οδηγεί στη δημιουργία χαρακτηριστικών καμπύλων αντίδρασης, οι φάσεις των οποίων αντιστοιχούν στο εύρος έλλειψης, αντοχής και τοξικότητας (Εικόνα 3). Για τα μη απαραίτητα στοιχεία υπάρχουν μόνο οι φάσεις της αντοχής και της τοξικότητας στα φυτά (Baker and Walker 1990, Reichman 2002).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις των απαραίτητων και μη στοιχείων οδηγούν σε φυτοτοξικότητα. Οι μηχανισμοί τοξικότητας των μεταλλικών ιόντων μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες. Τα μεταλλικά ιόντα:

1. Αντικαθιστούν άλλα, απαραίτητα μεταλλικά ιόντα από τις βιολογικά λειτουργικές μονάδες.
2. Εμποδίζουν απαραίτητες λειτουργικές ομάδες, συμπεριλαμβανομένων των ενζύμων και των πολυνουκλεοτιδίων.
3. Μεταβάλλουν και διαταράσσουν την ενεργή δομή βιομορίων, κυρίως ενζύμων και πολυνουκλεοτιδίων.

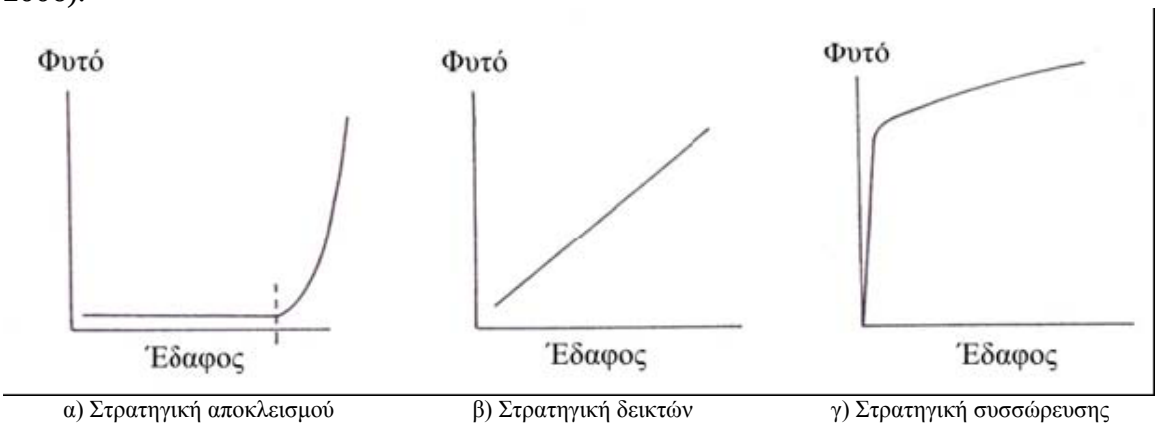


Εικόνα 3. Καμπύλη πρόσληψης μεταλλικών στοιχείων, απαραίτητων και μη (Baker and Walker, 1990).

Παρά το γεγονός ότι η σχετική τοξικότητα των διαφόρων μετάλλων ποικίλλει ανάλογα με το γενότυπο του φυτού και τις συνθήκες που επικρατούν, τα τοξικότερα μέταλλα για τα ανώτερα φυτά όταν βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι ο Hg, ο Cu, το Ni, ο Pb, το Co και το Cd και πιθανόν και τα Ag, Be και Sn (Alloway 1995).

2.8 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Με βάση τους διάφορους μηχανισμούς αντοχής που έχουν αναπτύξει τα φυτά στα βαρέα μέταλλα διακρίνονται τρεις βασικούς τύπους αντίδρασης: α) η στρατηγική του αποκλεισμού-εξαίρεσης, στην οποία η συγκέντρωση του μετάλλου στους ιστούς διατηρείται σε ένα σταθερό, χαμηλό επίπεδο μέχρις ότου η συγκέντρωσή του στο έδαφος φτάσει ένα κρίσιμο σημείο, πέρα από το οποίο αρχίζει η τοξική δράση και ακολουθεί η χωρίς περιορισμούς μεταφορά του μετάλλου μέσα στο φυτό. Τα φυτά που ακολουθούν αυτήν τη στρατηγική περιορίζουν τη μεταφορά των μετάλλων στους βλαστούς, όσο υψηλές και αν είναι οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στο περιβάλλον και στις ρίζες, β) η στρατηγική των δεικτών, κατά την οποία η πρόσληψη και μεταφορά του μετάλλου στους βλαστούς είναι ελεγχόμενη ή επικρατεί παθητική πρόσληψη, με αποτέλεσμα η συγκέντρωση του μετάλλου στο φυτό να αντικατοπτρίζει τη συγκέντρωσή του στο έδαφος, και γ) η στρατηγική της συσσώρευσης, στην οποία το μέταλλο συγκεντρώνεται εξαρχής ενεργά στους φυτικούς ιστούς οποιαδήποτε και αν είναι η συγκέντρωση του στο έδαφος (βιοσυσσωρεύει) (Εικόνα 4, Baker and Walker 1990, Seregin and Kozhevnikova 2006).



α) Στρατηγική αποκλεισμού β) Στρατηγική δεικτών γ) Στρατηγική συσσώρευσης

Εικόνα 4. Οι τρεις βασικές στρατηγικές πρόσληψης των μετάλλων από τα φυτά σε σχέση με τη συγκέντρωση του υποστρώματος. Οι συγκεντρώσεις στα φυτά αναφέρονται στο υπέργειο τμήμα τους (Baker and Walker 1990).

Έτσι, η αντίσταση των φυτών στα μέταλλα μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: μέσω της αποφυγής και μέσω της αντοχής. Η αποφυγή αναφέρεται στην ικανότητα του φυτού να αποτρέπει την υπερβολική πρόσληψη μετάλλων ενώ, η αντοχή αναφέρεται στην ικανότητα του φυτού να αντιμετωπίζει επιτυχώς τα μέταλλα που βρίσκονται σε περίσσεια μέσα στο σώμα του (Verkleij and Schat, 1990). Η ανθεκτικότητα στα βαρέα μέταλλα βασίζεται είτε στη δημιουργία ανθεκτικών γενοτύπων είτε στη φαινοτυπική πλαστικότητα (Monni et al., 2000b, Hall, 2002).

Στοιχεία ως ρυπαντές εδαφών

Ο **μόλυβδος** αν και δεν αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών, εντούτοις η παρουσία του στο έδαφος και την ατμόσφαιρα είναι δυνατό να οδηγήσει στην ύπαρξη τοξικών συγκεντρώσεων στους φυτικούς ιστούς (Kabata-Pendias and Pendias, 1992, Davies, 1995).

Το **κάδμιο** θεωρείται ως ένα σχετικά σπάνιο μέταλλο, το οποίο δεν έχει καμία βιολογική λειτουργία. Παρ' όλα αυτά, σχετικά ελαφρώς υψηλές συγκεντρώσεις του

μπορεί να αποβούν τοξικές, τόσο για τους φυτικούς, όσο και για τους ζωικούς οργανισμούς (Alloway, 1995, Prasad et al., 2001).

Το **χρώμιο** συναντάται στον αέρα, στα νερά και στο έδαφος κυρίως με τη μορφή ενώσεων των Cr(III) και Cr(VI) και λιγότερο ως Cr(0). Λόγω του ότι η μορφή χρωμίου που συναντάται φυσικά είναι το CR(III), οι άλλες δύο μορφές, Cr(0) και Cr(VI), όταν συναντιούνται στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενούς δραστηριότητας και βιομηχανικής ρύπανσης (Σιταρά et al, 2007).

Είναι γνωστό ότι το Cr(III) είναι βασικό διατροφικό ιχνοστοιχείο που ενεργοποιεί την ινσουλίνη και βοηθά στο μεταβολισμό της γλυκόζης, των πρωτεϊνών και των λιπών. Σε αντίθετη περίπτωση όμως με το Cr(III), το Cr(VI) είναι τοξικό και καρκινογόνο(Σιταρά et al, 2007).

Το χρώμιο υπάρχει στα πόσιμα νερά σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις 2-5 μg/l. Η παρουσία χρωμίου πάνω από 10 μg/l, μπορεί εκτός από ανθρώπινες δραστηριότητες (απόβλητα βιομηχανίας), να οφείλεται και σε φυσική ρύπανση από τα πετρώματα. Στις περιπτώσεις της ανθρωπογενούς ρύπανσης το εξασθενές χρώμιο βρίσκεται σε ποσοστό 85-90% του συνολικού. Παρουσία αναγωγικών παραγόντων το εξασθενές χρώμιο ανάγεται προς τρισθενές. Στα φυσικά ύδατα όμως, που η περιεκτικότητα των αναγωγικών παραγόντων είναι πολύ χαμηλή, οι ενώσεις του εξασθενούς χρωμίου είναι σταθερές (Σιταρά et al, 2007).

Η αύξηση των επιπέδων Cr(III), στον αέρα είναι αποτέλεσμα κυρίως της καύσης γαιανθράκων και ορυκτελαίων καθώς και της διαδικασίας παραγωγής χάλυβα. Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις και η χρήση χημικών ενώσεων του Cr(VI), αυξάνουν τα επίπεδα του εξασθενούς χρωμίου στον αέρα. Διαφυγόντα υγρά απόβλητα βιομηχανιών επιμεταλλώσεων αυξάνουν τα επίπεδα Cr(VI) στα ύδατα (υπόγεια ή/και επίγεια). Βυρσοδεψεία και κλωστοϋφαντουργεία καθώς και βιομηχανίες χρωστικών και χρωμάτων είναι δυνατόν να ρυπάνουν τα ύδατα τόσο με Cr(III) όσο και Cr(VI). Τα επίπεδα Cr(III) και Cr(VI) στο έδαφος αυξάνουν κυρίως από την εναπόθεση εμπορικών προϊόντων που περιέχουν χρώμιο, υγρών αποβλήτων από βιομηχανίες που χρησιμοποιούν χρώμιο και ενώσεις του χρωμίου καθώς και από την εναπόθεση της τέφρας από την καύση των γαιανθράκων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Σιταρά et al, 2007)

Το χρώμιο συνήθως κατακρατείται στα χυμοτόπια και στα κυτταρικά τοιχώματα των ριζικών κυττάρων παρουσιάζοντας, συνεπώς, μικρή κινητικότητα μέσα στο φυτό (Parr and Taylor, 1980, Zayed et al., 1998). Εντούτοις, έχουν αναφερθεί αυξημένες συγκεντρώσεις στα φύλλα φυτών που αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις Cr (Barceló and Poschenrieder, 1997, Bargagli , 1998, Pandey and Sharma, 2003), με το μηχανισμό μεταφοράς να παραμένει ως σήμερα άγνωστος (Davies et al., 2001).

Το **νικέλιο** απαντάται σε μία πληθώρα οξειδωτικών μορφών, αλλά μόνο η δισθενής μορφή του (Ni^{2+}) είναι σταθερή στις οξειδοαναγωγικές συνθήκες και στο εύρος τιμών pH των εδαφών. Το μέταλλο αυτό θεωρείται σήμερα απαραίτητο ιχνοστοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών, ενώ συχνή είναι η εμφάνιση τοξικών συγκεντρώσεών του σε διάφορα περιβάλλοντα (McGrath, 1995, L'Huiller et al., 1996). Τα καλλιεργούμενα εδάφη περιέχουν νικέλιο σε ποσότητα 25 μg/g ξηρού εδάφους κατά μέσο όρο, αν και σε ορισμένα εδάφη, όπως είναι τα προερχόμενα από σερπεντίνη και περιδοτίτη, η συγκέντρωση νικελίου μπορεί να υπερβεί τα 7.000 μg/g (L'Huiller et al., 1996). Η συγκέντρωση νικελίου σε φυτά που αναπτύσσονται σε μη ρυπασμένα και μη σερπεντινικά εδάφη είναι, σε γενικές γραμμές, της τάξης των 0,1-5 μg/g. Το νικέλιο θεωρείται στοιχείο μεγάλης κινητικότητας μέσα στο φυτικό

οργανισμό και κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών συγκεντρώνεται κυρίως στα φύλλα (McGrath, 1995).

Ο **χαλκός** βρίσκεται στο έδαφος σχεδόν αποκλειστικά με τη μορφή των δισθενών κατιόντων του Cu^{2+} .η μέση τιμή στο έδαφος δεν υπερβαίνει τα 10-20 ppm, ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά του είναι συνήθως ενωμένα με μικρού μοριακού βάρους οργανικά συστατικά. Συνεπώς οι μεγαλύτερες ποσότητες του Cu, που βρίσκονται στο έδαφος, διατίθενται με μορφή, που δεν είναι άμεσα διαθέσιμη στα φυτά. Έτσι τα φυτά κάτω από φυσιολογικές συνθήκες παραλαμβάνουν από το έδαφος πολύ μικρές ποσότητες χαλκού.

Σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού, η συσσώρευσή του στους φυτικούς ιστούς εξαρτάται από το φυτικό είδος. Η πλειοψηφία των ιόντων Cu^{2+} ακινητοποιείται στα κυτταρικά τοιχώματα των ριζών, όταν όμως η συγκέντρωση υπερβεί το όριο αντοχής των παραπάνω οργάνων, τότε τα ιόντα χαλκού μεταφέρονται μέσω του αγωγού ιστού στα φύλλα (Baker and Senft, 1995, Pätsikkä et al., 1998, Monni et al., 2000a,b) και ειδικότερα στους χλωροπλάστες (Καράταγλης, 1992).

Ο χαλκός ασκεί τις εξής δράσεις: αναστολή της αντίδρασης Hill, αναστολή της φωτοφωσφοριλίωσης και της δράσης του ενζύμου PEP καρβοξυλάση, αναστολή σύνθεσης χλωροφύλλης και μείωση σύνθεσης πρωτεΐνης (Θεριός, 1992). Επιπλέον, αποτελεί βασικό συστατικό μερικών ενζύμων, όπως της πλαστοκυανίνης, της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD), της κυτοχρωμικής οξειδάσης, της ασκορβικής οξειδάσης και της φαινολάσης.

Ο **ψευδάργυρος** αποτελεί μεν απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών, παίζοντας πρωταρχικό ρόλο σε αρκετές σημαντικές κυτταρικές λειτουργίες, όπως είναι ο μεταβολισμός των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων, των αυξινών και του RNA (Καράταγλης, 1992), η γονιδιακή έκφραση, η δομική και λειτουργική ακεραιότητα των βιομεμβρανών, η φωτοσύνθεση κ.α. (Marschner, 1995). Ο Zn δρα είτε ως μεταλλικό συστατικό των ενζύμων, είτε ως λειτουργικός, δομικός ή ρυθμιστικός συμπαράγοντας μεγάλου αριθμού ενζύμων(Καράταγλης, 1992). Σε υψηλές συγκεντρώσεις, όμως, είναι τοξικός για τα φυτά (Rout and Das, 2003). Σε σχέση με άλλα μικροστοιχεία, ο ψευδάργυρος απαντάται στα βιολογικά συστήματα σε υψηλές συγκεντρώσεις, ιδίως στις βιομεμβράνες (Cakmak, 2000). Οι διαλυτές μορφές του Zn είναι άμεσα διαθέσιμες για τα φυτά, ενώ η πρόσληψή του θεωρείται ότι αποτελεί γραμμική συνάρτηση της συγκέντρωσής του στο έδαφος (Kabata-Pendias and Pendias, 1992). Αν και το στοιχείο αυτό χαρακτηρίζεται από μέτρια έως υψηλή κινητικότητα μέσα στο φυτό, συχνά το ριζικό σύστημα περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα από ότι ο βλαστός. Αντίθετα, σε υψηλές συγκεντρώσεις μεταφέρεται από τις ρίζες συσσωρευόμενος στα υπέργεια τμήματα του φυτού (Kabata-Pendias and Pendias, 1992, Korboulewsky et al., 2002). Έλλειψη Zn έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση χλωρωτικών φαινομένων, που εντοπίζονται στους μεταξύ των νευρώσεων χώρους του φύλλου. Στα καρποφόρα δέντρα αναστέλλεται η ανάπτυξη των φύλλων, ενώ σχηματίζονται ροζέτες μικρών σκληρών φύλλων στα άκρα των νεαρών βλαστών. Ανάλογη επίδραση έχει στην ανάπτυξη των ανθοφόρων οφθαλμών, οι περισσότεροι των οποίων παραμένουν κλειστοί. Τέλος προκαλεί ελάττωση της σύνθεσης RNA και συνεπώς και των πρωτεϊνών, ανώμαλη ανάπτυξη των grana και πιθανώς επηρεάζει το σχηματισμό αμύλου.

Το **μαγγάνιο** αποτελεί απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών ιχνοστοιχείο, καθώς συμμετέχει σε μία πληθώρα φυσιολογικών διεργασιών (Henriques, 2003, Lidon et al., 2004). Το στοιχείο αυτό προσλαμβάνεται από το έδαφος κυρίως με τη δισθενή του μορφή (Mn^{2+}) και με την ίδια μορφή μεταφέρεται από την ρίζα στο βλαστό(Καράταγλης, 1992). Ενώ η διαθεσιμότητά του

αυξάνεται σε όξινα εδάφη (Paschke et al., 2005), η περίσσεια αυτού του μεταλλικού στοιχείου στο έδαφος θεωρείται υπεύθυνη για τη μείωση της φυτικής παραγωγής σε αρκετές περιπτώσεις (Fecht-Christoffers et al., 2006).

Το όριο τοξικότητας αλλά και η αντοχή των φυτών στην περίσσεια αυτού του μετάλλου ποικίλλουν χαρακτηριστικά τόσο ανάμεσα στα είδη όσο και ανάμεσα στο ίδιο είδος. Η συγκέντρωση του Mn είναι συνήθως υψηλότερη στους βλαστούς εν συγκρίσει με το ριζικό σύστημα (Καράταγλης, 1992).ενώ πιστεύεται ότι η περίσσεια μαγγανίου κατακρατείται από τα χυμοτόπια, τα κυτταρικά τοιχώματα και τα συστήματα Golgi (Foy et al., 1978, Marschner, 1995, Lidon and Teixeira, 2000).

Η πιο γνωστή και περισσότερο μελετηθείσα λειτουργία του Mn στα φυτά είναι η συμμετοχή του στη φωτοσυνθετική απελευθέρωση του οξυγόνου (φωτοσύστημα ΙΙ). Επίσης είναι ενεργοποιητής των ενζύμων του κύκλου των τρικαρβοξυλικών οξέων, της αργινάσης, των οξειδοαναγωγικών ενζύμων κ.λ.π. (Θεριός, 1992).

Απουσία Mn προκαλεί μείωση του ξηρού βάρους, της φωτοσυνθετικής ικανότητας, της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη και της αναλογίας της κυτταροδιαίρεσης. Στην τελευταία περίπτωση έχουμε αναστολή της επιμήκυνσης των ριζών. (Καράταγλης, 1992)

Το **βόριο** είναι το μοναδικό μη μέταλλο από τα στοιχεία που αναφέρουμε. Η μορφή του βορίου στο έδαφος επηρεάζει κατά πολύ τη διαθεσιμότητά του, με την τελευταία να εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, όπως είναι το pH, η υφή, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία κ.λπ. (Nable et al., 1997). Μέχρι σήμερα δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως εάν η πρόσληψή του από τους φυτικούς οργανισμούς είναι παθητική ή ενεργητική, αλλά θεωρείται βέβαιο ότι είναι ανάλογη της συγκέντρωσής του στο έδαφος και της ροής του νερού μέσα στον αγωγό ιστό (Raven, 1980, Kabata-Pendias and Pendias, 1992, Sotiropoulos et al., 2002). Αν και το στοιχείο αυτό δεν παρουσιάζει μεγάλη κινητικότητα, επειδή ακριβώς μεταφέρεται κατά κύριο λόγο μέσω του ξυλώματος, συνήθως συσσωρεύεται σε ώριμα φύλλα, με τη μέγιστη συγκέντρωση να παρατηρείται στα άκρα των φυτικών αυτών οργάνων (Kabata-Pendias and Pendias, 1992). Τα επίπεδα τοξικότητας ποικίλουν κατά πολύ ανάλογα με το είδος (Kabata-Pendias and Pendias, 1992), ενώ παρατηρείται ένα μεγάλο εύρος κρίσιμων τιμών τοξικότητας Β ακόμα και ανάμεσα στα είδη (Nable et al., 1997). Σε γενικές γραμμές, συγκέντρωση βορίου στο έδαφος μεγαλύτερη από 5 mg/kg είναι τοξική για τα φυτά, αν και αρκετά είδη είναι καλά προσαρμοσμένα σε υψηλότερες συγκεντρώσεις (Nable et al., 1997). Αντιθέτως, άλλα είδη είναι ευαίσθητα ακόμα και σε συγκεντρώσεις μικρότερες του 1 mg/kg (Kabata-Pendias and Pendias, 1992). Τα φυτά που συσσωρεύουν Β στα φύλλα τους συνήθως εμφανίζουν συγκεντρώσεις μεταξύ 40 και 100 μg/g ξ.β. Σε περιπτώσεις τοξικότητας βορίου, η παραπάνω συγκέντρωση είναι δυνατό να υπερβεί τα 700-1000 μg/g ξ.β. Έχει παρατηρηθεί ότι στα είδη Triticum aestivum και Hordeum vulgare οι κρίσιμες τιμές τοξικότητας Β κυμαίνονται μεταξύ 10 και 130 μg/g ξ.β (Gupta et al., 1976, Kluge and Podlesak, 1985, Riley et al., 1994), με το μέσο όρο συγκέντρωσης βορίου στα αγρωστώδη είδη να ορίζεται στα 5,7 μg/g (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

Το βόριο διευκολύνει τη μεταφορά των σακχάρων μέσω των μεμβρανών και λαμβάνει μέρος στο μεταβολισμό ΙΑΑ και νουκλεϊκών οξέων(Θεριός, 1992). Αξίζει να σημειωθεί ότι η έλλειψη Β προκαλεί διάφορες αυξητικές ανωμαλίες, όπως αναστολή της επιμήκυνσης της ρίζας και του βλαστού, καθώς και αναστολή της ανθοφορίας.(Καράταγλης, 1992).

Ο **σίδηρος** είναι απαραίτητος για την λειτουργία πολλών ενζύμων και καταλύτης για την σύνθεση της χλωροφύλλης. Είναι απαραίτητος για τα νεαρά

τμήματα των φυτών που βρίσκονται σε ανάπτυξη. Η έλλειψη σιδήρου προκαλεί κιτρίνισμα των φύλλων, δηλαδή χλωρωτικά φαινόμενα λόγο της άμεσης σχέσης του με την σύνθεση της χλωροφύλλης. Για την επανάκαμψη των φυτών από χλωρωτικά φαινόμενα χρησιμοποιούνται είτε άλατα σιδήρου στο έδαφος είτε ψεκασμός με διάλυμα αλάτων.

Στο νερό που το pH είναι υψηλό (αλκαλικό) ο σίδηρος δεσμεύεται και δεν απορροφάται από τα φυτά (Ανδρούδης , 2007, Καράταγλης,1992). Η οξίνιση του εδάφους αυξάνει την απορρόφηση και χρησιμοποίηση του σιδήρου από τα φυτά. Επιπλέον, η προσθήκη γύψου αυξάνει την απορρόφηση του σιδήρου από τους φυτικούς οργανισμούς (Θεριός, 1996).

2.9 ΣΙΔΗΡΟΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ ΣΤΟΝ ΗΛΙΑΝΘΟ

Ο σίδηρος συναντάται στο έδαφος με την τρισθενή του μορφή Fe^{3+} αλλά η φυσιολογικά ενεργή μορφή είναι η δισθενής Fe^{2+}. Επομένως, ο σίδηρος για να αφομοιωθεί από το φυτό πρέπει πρώτα να οξειδωθεί.

Για να εκδηλωθεί τοξικότητα σιδήρου στα φυτά, πρέπει ο διαλυτός σίδηρος (Fe^{2+}) στο έδαφος να πλεονάζει. Οι εδαφικές συνθήκες που ευνοούν την τοξικότητα σιδήρου είναι το πολύ χαμηλό PH και η πολύ χαμηλή παρουσία ή η απουσία οξυγόνου.

Η επίδραση του εδαφικού PH στις συγκεντρώσεις του διαλυτού σιδήρου συνάγεται και από τα στοιχεία του Ponamperuma (1964), σύμφωνα με τον οποίο η συγκέντρωση του διαλυτού σιδήρου μειώνεται δέκα φορές για κάθε μισή μονάδα αύξησης του εδαφικού PH στο διάστημα 6,3-7,5, έτσι που τα 1000ppm Fe (τοξικό επίπεδο) σε PH 6,3 γίνονται 3,5ppm (επίπεδο ανεπάρκειας) σε PH 7,5.

Απουσία οξυγόνου έχουμε σε συνθήκες κατάκλισης, όπως συμβαίνει στους ορυζώνες. Στην Ινδία, στην Ιαπωνία και σε άλλες χώρες της Ανατολικής Ασίας, η τοξικότητα σιδήρου στους ορυζώνες ήταν και είναι πρόβλημα με σημαντική οικονομική αντανάκλαση. Στους ορυζώνες της χώρας μας δεν έχει αναφερθεί τοξικότητα σιδήρου.

Στις προαναφερθείσες συνθήκες ο σίδηρος ανάγεται, γίνεται δισθενής πλεονάζει και μπορεί να προκαλέσει τοξικότητες. Σε συνθήκες κατάκλισης ο διαλυτός σίδηρος μπορεί να αυξηθεί 500-1000 φορές (Ponamperuma, 1972).

Η τοξικότητα σιδήρου εντείνεται από την απουσία εδαφικού καλίου.

Η ασβέστωση του εδάφους, η βελτίωση της δομής του και των συνθηκών στράγγισης, η μη χρήση οξινοποιών λιπασμάτων (π.χ. θειικής αμμωνίας) σε όξινα PH, οι ορθολογικές αρδεύσεις αλλά και η καλιολίπανση όπου χρειάζεται και η καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών συνιστούν τη φαρέτρα των εφοδίων για την αποφυγή των προβλημάτων που μπορεί να δημιουργήσει ο πλεονασματικός σίδηρος.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ιχνοστοιχεία των διαφόρων οργάνων του ηλίανθου σε διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Η συγκέντρωση ιχνοστοιχείων σε διάφορα όργανα και φάσεις ανάπτυξης του ηλίανθου (Robinson, 1978).

Ιχνοστοιχεία (ppm)	Στέλεχος, φύλλα, ανθοδόχη				Ρίζες		Σπόρος
	Φυτάριο	Μπουμπούκι	Άνθηση	Ωρίμανση	Μπουμπούκι	Ωρίμανση	Ωρίμανση
Σίδηρος (Fe)	400	200	70	80	1793	900	50
Μαγγάνιο (Mn)	79	56	35	31	74	45	18
Ψευδάργυρος (Zn)	51	28	25	12	39	23	46
Βόριο (B)	38	46	39	39	21	12	18
Χαλκός (Cu)	10	11	11	9	17	8	17
Μολυβδαίνιο (Mo)	2	2	2	2	22	4	1

Αναλύοντας τα στοιχεία του πίνακα 3 παρατηρούμε ότι ο σίδηρος παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση στους φυτικούς ιστούς του ηλίανθου, ακολουθούμενος από το μαγγάνιο και τον ψευδάργυρο, ιδιαίτερα στη ρίζα κατά την φάση του φυταρίου και στο στέλεχος και στα φύλλα κατά τη φάση του φυταρίου και του μπουμπουκιού. Στα υπέργεια τμήματα του φυτού οι συγκεντρώσεις και των τριών ιχνοστοιχείων βαίνουν μειούμενες στην πορεία από τη φάση του φυταρίου μέχρι την ωρίμανση.

Η φυλλοδιαγνωστική στην περίπτωση του ηλίανθου θεωρείται εξαιρετικό εργαλείο για τη διάγνωση της θρεπτικής κατάστασης του φυτού. Πραγματοποιείται

στην έναρξη της ανθοφορίας σε φύλλα (5-6 φύλλα) από την ταξιανθία προς τη βάση του φυτού (Πίνακας 4).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Οι άριστες συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα του ηλίανθου (CETIOM, 1997)

Θρεπτικά στοιχεία	%και ppm επί της ξηράς ουσίας
N	3,0-5,0%
P	0,300,5%
K	3,0-4,5%
Ca	0,8-2,0%
Mg	0,3-0,8%
S	0,15-0,2%
Fe	80-120ppm
Cu	10-20ppm
Zn	30-80ppm
Mn	25-100ppm
B	35-100ppm
Mo	0,4-1,0ppm

Για τα τοξικά επίπεδα σιδήρου στους ιστούς του ηλίανθου δεν υπάρχουν ευρέως γνωστά στοιχεία. Συνήθως όμως αυτά είναι άνω των 200 ή 500ppm . Στο λυκίσκο π.χ. είναι μεγαλύτερο από 200 ppm, στη λεμονιά μεγαλύτερο από 200ppm, ενώ σε ροδακινιά, βερικοκιά, κερασιά, βυσσινιά, μηλιά και δαμασκηνιά μεγαλύτερη από 500ppm.

Ο ηλίανθος θεωρείται φυτό υψηλής αποτελεσματικότητας στην πρόσληψη και αφομοίωση του σιδήρου.

Οι Mathers και συν. (1981) που συνέκριναν την απόκριση του ηλίανθου και του σόργου επί ασβεστούχου εδάφους ελλειμματικού σε σίδηρο, στη χορήγηση θειικού σιδήρου, συμπεραίνουν ότι ο ηλίανθος αποδείχθηκε ικανότερος του σόργου στην πρόσληψη του αναγκαίου σιδήρου εξαιτίας της μεγαλύτερης οξινοποιού δύναμης του ριζικού του συστήματος επί του εδάφους.

Παράλληλα με την οξινοποιό δύναμη των ριζών (έκκριση H^+) είναι γνωστός ένας ακόμη μηχανισμός μέσω του οποίου τα δικοτυλήδονα κυρίως, προσλαμβάνουν το σίδηρο σε συνθήκες έλλειψης. Εκκρίνουν από τις ρίζες τους φαινολικές ενώσεις, όπως το καφεϊκό οξύ, που ενώνεται με τον Fe^{3+}. Ο Fe^{3+} ενωμένος με το χηλικό φορέα, ανάγεται στην επιφάνεια της ρίζας σε Fe^{2+} από το NADPH που παράγεται ταυτόχρονα από τη ρίζα και ανοιγμένος πλέον απελευθερώνεται από το χηλικό του φορέα, για να απορροφηθεί αμέσως από τη ρίζα.

Ο Cronn (1996) μελέτησε έναν πιθανό μηχανισμό προσπορισμού σιδήρου του ηλίανθου, βασισμένο στην επίδραση κάποιων βακτηρίων (Rhdococcus) επί των ριζικών εκκρίσεων.

Τα βακτήρια αυτά αποδείχτηκαν ικανά να χρησιμοποιούν ως μοναδική πηγή άνθρακα το χλωρογενικό οξύ (παράγοντας αλληλοπάθειας που εκκρίνει το φυτό), αποδομώντας το. Το χλωρογενικό οξύ συνδέεται με το σίδηρο ο οποίος κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να καταστεί διαθέσιμος στο βακτήριο και στο φυτό μετά την αποδόμηση του οξέος.

Η συμπτωματολογία της έλλειψης του είναι μεσονεύρια χλώρωση στα νεαρά φύλλα και σε προχωρημένο στάδιο τα φύλλα γίνονται άσπρα και στεγνώνουν. Αντιθέτως, τα συμπτώματα της τοξικότητας είναι εμφάνιση χρώματος χαλκού και παρουσία ασημένιων-καφέ κηλίδων(Πιστόλης,1994, Vranceanu,2000, Πιστόλης, 2010).

2.10 ΥΠΕΡΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Πολλά φυτά που αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων περιέχουν μεγάλες ποσότητες των στοιχείων αυτών στους ιστούς τους. Τα φυτά αυτά, ονομάζονται υπερσυσσωρευτές και περιέχουν έως 1000 μg/g ξηρού βάρους Ni, Cu, Cr, Pb ή 10000 μg/g ξηρού βάρους Zn και Mn (Boyd and Martens, 1998a,b). Από ορισμένους ερευνητές πιστεύεται ότι ένα φυτικό είδος θεωρείται ότι είναι υπερσυσσωρευτής βαρέων μέταλλων όταν ο λόγος της συγκέντρωσης των μετάλλων στους βλαστούς και τα φύλλα προς τη συγκέντρωσή τους στις ρίζες είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα (Baghour et al., 2001).

Φυτά Υπερσυσσωρευτές (hyperaccumulators plants)

Η εξυγίανση εδαφών από βαρέα μέταλλα στηρίζεται στη χρησιμοποίηση φυτών τα οποία έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στη βιομάζα τους ως και 100 φορές περισσότερο σε σχέση με άλλα φυτά (Brooks, 1998). Μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί περισσότερα από 400 φυτικά είδη, που ανήκουν σε τουλάχιστον 45 οικογένειες φυτών, με ικανότητες συσσώρευσης βαρέων μετάλλων (έως και 5% του ξηρού τους βάρους) εκ των οποίων κάποια χρησιμοποιούνται ήδη σε προγράμματα φυτοεξυγίανσης.(Λαζαράτος κ.α. 2006)

Ο πιο γνωστός υπερσυσσωρευτής είναι το Thlaspi caerulescens. Ενώ τα περισσότερα φυτά εμφανίζουν συμπτώματα τοξικότητας σε συγκεντρώσεις Zn περίπου 100 ppm, το Thlaspi caerulescens μπορεί να συσσωρεύσει έως και 26.000 ppm χωρίς κανένα σύμπτωμα. Εκτός από Zn, έχει την ικανότητα να συσσωρεύει και μεγάλες ποσότητες Cd. Επίσης, το Indian mustard (Brassica junea) συσσωρεύει σημαντικές ποσότητες μολύβδου και χρησιμοποιείται ευρέως σε προγράμματα φυτοεξυγίανσης. Άλλα φυτικά είδη που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η λεύκα, το τριφύλλι, ο ηλίανθος, το καλάμι, το άλυσσο και η τσουκνίδα. Οι λεύκες έχουν αποδειχθεί πολύ αποτελεσματικές στην προσρόφηση και συσσώρευση αρσενικού και καδμίου. Οι ηλίανθοι έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την εξυγίανση επιφανειακών υδάτων κοντά στο Τσερνόμπιλ κυρίως από ραδιενεργό στρόντιο και καίσιο.

2.11 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ

Αν και ο όρος Φυτοεξυγίανση είναι σχετικά πρόσφατος μια πρόδρομη εφαρμογή της μεθόδου φαίνεται να είχε γίνει πριν από αρκετούς αιώνες στην Γερμανία στις αρχές του $17^{ου}$ αιώνα στο πρώτο σύστημα επεξεργασίας αστικών λυμάτων βασισμένο στη χρήση φυτών (Hartman, 1975).

Στις μέρες μας η εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών με τη χρήση φυτών δεν έχει μελετηθεί επαρκώς τόσο σε εργαστηριακά πειράματα όσο και σε πειράματα πεδίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους (Salt et al., 1998):

1. Δεν έχουν θεσπιστεί κρίσιμες συγκεντρώσεις τοξικότητας των διαφόρων ρυπαντών για το έδαφος από τους περιβαλλοντικούς οργανισμούς, σε αντίθεση με το νερό.

2. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει το εδαφικό σύστημα και των εξαιρετικά δύσκολων αναλυτικών τεχνικών που απαιτούνται.

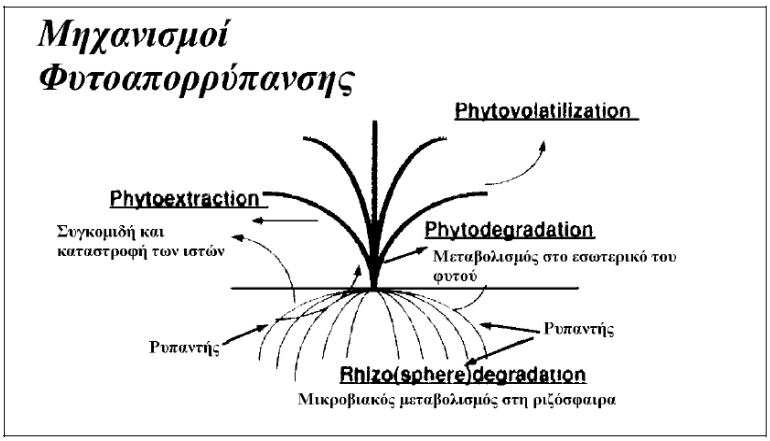
Η τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης έχει αποδείξει, κυρίως μέσω εργαστηριακών πειραμάτων, ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση τόσο οργανικών (Υδρογονάνθρακες πετρελαίου, διαλύτες, εντομοκτόνα), όσο και ανόργανων ρυπαντών (Βαρέα μέταλλα) (Miller, 1996, Raskin,Salt et al., 1998). Τα περισσότερα από τα πειράματα πεδίου εξακολουθούν να βρίσκονται σε εξέλιξη, με αποτέλεσμα να μην είναι πλήρως τεκμηριωμένη η εφαρμογή της Φυτοεξυγίανσης σε πραγματικές συνθήκες (Raskin et al., 1998). Παρά το γεγονός ότι στην παρούσα φάση η τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης δεν εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα, οι ερευνητές θεωρούν ότι πρόκειται για μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία εξυγίανσης με σημαντική δυναμική εξέλιξη. Λόγοι που ευνοούν την εφαρμογή της Φυτοεξυγίανσης είναι μεταξύ άλλων (Shannon, 1993):

- Η επέκταση της επιστημονικής γνώσης σχετικά με το μεταβολισμό επικίνδυνων ρυπαντών.
- Η εύρεση νέων φυτικών ειδών που έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε διάφορους ρυπαντές.
- Η χρησιμοποίηση της γενετικής μηχανικής στη δημιουργία νέων μεταβολικών δυνατοτήτων για τα είδη χρησιμοποιούμενα φυτά.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης γενικά μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Cunningham et al., 1996):

1. Φυτοαπορρύπανση (Phytodecontamination)
2. Φυτοσταθεροποίηση (Phytostabilization)

Η φυτοαπορρύπανση περιλαμβάνει μηχανισμούς, με τη βοήθεια των οποίων, η συγκέντρωση του ρυπαντή στο έδαφος, το νερό και την ατμόσφαιρα μειώνεται σε αποδεκτά επίπεδα. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζονται οι μηχανισμοί που είναι δυνατόν να εφαρμοστούν κατά τη διαδικασία της φυτοαπορρύπανσης.



Εικόνα 5 . Μηχανισμοί που εμπλέκονται στην διαδικασίας της φυτοαπορρύπανσης (Ζαμπετάκης, 2005)

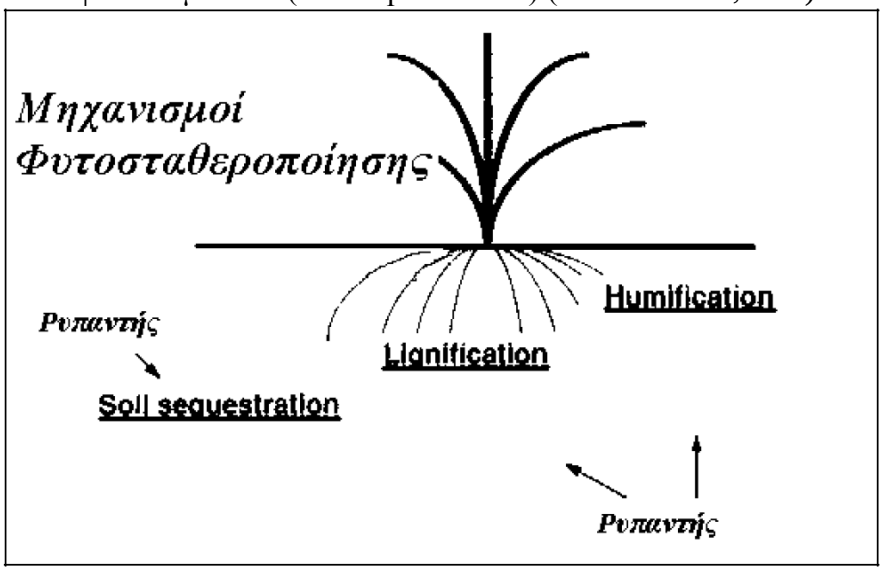
ΦΥΤΟΕΞΑΓΩΓΗ-Phytoextraction: Η φυτοεξαγωγή αναφέρεται στη πρόσληψη μετάλλων και τη μεταφορά τους στα υπέργεια τμήματα του φυτού. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις ρυπασμένων εδαφών με βαρέα μέταλλα. Στηρίζεται στη χρησιμοποίηση φυτών τα οποία έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στη βιομάζα τους, ως και 100 φορές περισσότερο σε σχέση με άλλα φυτά και στην συγκομιδή και καταστροφή των φυτικών ιστών (McCrath, 1998).

ΦΥΤΟΔΙΑΣΠΑΣΗ –Phytodegradation: Η φυτοδιάσπαση περιλαμβάνει διαδικασίες οι οποίες οδηγούν στη διάσπαση/αποδόμηση του ρυπαντή. Ο μεταβολισμός του ρυπαντή είναι δυνατόν να πραγματοποιείται είτε εντός του φυτού, μέσω μεταβολικών διεργασιών είτε εξωτερικά στην περιοχή της ρίζας μέσω της παραγωγής ενζύμων. Κατά τη διεργασία αυτή αποικοδομούνται από το φυτό πολύπλοκες οργανικές ουσίες, οι οποίες ενσωματώνονται υπό μορφή απλών μορίων στους φυτικούς ιστούς. Μετά την διάσπαση του ρυπαντή, πραγματοποιείται η ενσωμάτωση του στους φυτικούς ιστούς. Σε μερικές περιπτώσεις τα τελικά προϊόντα της διάσπασης, ελευθερώνονται στο περιβάλλον, γεγονός που εξαρτάται από το είδος του φυτού και τον ρυπαντή. Ο μηχανισμός της φυτοδιάσπασης χρησιμοποιείται σε ρυπασμένα εδάφη, επιφανειακά και υπόγεια ύδατα.

ΦΥΤΟΕΞΑΕΡΩΣΗ –Phytovolatilization: Κατά τη φυτοεξαέρωση, μέταλλα και οργανικές ουσίες, οι οποίες προσλαμβάνονται από τα φυτά, μετατρέπονται σε πτητικές μορφές και ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Μέσω αυτού του μηχανισμού επιτυγχάνεται η εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων χωρίς να είναι απαραίτητη η συγκομιδή του φυτικού υλικού.

ΡΙΖΟΔΙΑΣΠΑΣΗ-Rhizodegradation: Η ριζοδιάσπαση αναφέρεται στην διάσπαση οργανικών ρυπαντών στο έδαφος, στηρίζεται στο μικροβιακό μεταβολισμό του ρυπαντή στη ριζόσφαιρα διεγείροντας τους μικροοργανισμούς (μικρόβια και μύκητες), που βρίσκονται στις ρίζες των φυτών. Τα φυτά απελευθερώνουν από το φυτικό τους σύστημα ένζυμα ή άλλα προϊόντα μεταβολισμού τους, τα οποία διεγείρουν το μεταβολισμό των ρυπαντών από τους μικροβιακούς πληθυσμούς, που υπάρχουν στο γύρω περιβάλλον. Οι μικροοργανισμοί (μύκητες, βακτήρια), διασπούν ή μετασχηματίζουν οργανικές ουσίες και τις χρησιμοποιούν ως θρεπτικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη τους. Η παρουσία των φυτών ευνοεί τη διαδικασία της εξυγίανσης δεδομένου ότι μέσω των ριζών εκκρίνονται ουσίες και μεταφέρεται οξυγόνο και νερό, στοιχεία απαραίτητα για τη μικροβιακή ανάπτυξη.

Η φυτοσταθεροποίηση (Εικόνα 6) περιλαμβάνει μηχανισμούς συσσώρευσης και κατακρήμνισης των ρυπαντών ώστε να μειωθεί η κινητικότητα τους στο έδαφος έτσι ώστε να αποφευχθεί η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα, η είσοδος στην τροφική αλυσίδα ή ακόμη και η διασπορά τους με τον άνεμο. Η φυτοσταθεροποίηση βασίζεται στην ικανότητα των φυτών να εκκρίνουν ουσίες , μέσω των ριζών τους, οι οποίες ευνοούν μηχανισμούς όπως η χουμοποίηση (humification), δηλαδή η δέσμευση του ρυπαντή στα χουμικά συστατικά του εδάφους, η λιγνιτοποίηση (lignification)δηλαδή η δέσμευση στα κυτταρικά τοιχώματα των ριζών και η δέσμευση στα εδαφικά σωματίδια (soil sequestration) (Flatham et al.,1998).



Εικόνα 6. Μηχανισμοί που εμπλέκονται στην διαδικασίας της φυτοσταθεροποίησης (Ζαμπετάκης, 2005).

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Φυτοεξυγίανσης

Πλεονεκτήματα

- Το βασικότερο προτέρημα της μεθόδου αυτής είναι ότι παράγονται λιγότερα δευτερογενή απόβλητα από ότι σε άλλες τεχνολογίες.
- Η φυτοεξυγίανση εφαρμόζεται επί τόπου και δεν είναι αναγκαία μία εκσκαφή ή άντληση για περαιτέρω επεξεργασία. Για αυτό το λόγο δε διαταράσσεται καθόλου το φυσικό τοπίο της μολυσμένης περιοχής.
- Είναι οικονομική επεξεργασία ιδιαίτερα για μεγάλους όγκους χώματος ή νερού, που είναι μολυσμένα με μικρές ποσότητες τοξικών ρυπαντών.
- Επιτυγχάνεται η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών σε πολύ μικρούς όγκους. Για παράδειγμα σε πρόγραμμα φυτοεξυγίανσης απομακρύνθηκαν τα βαρέα μέταλλα από 5.000 τόνους μολυσμένου εδάφους. Το έδαφος αυτό που θα έπρεπε να εκσκαφθεί και να διατεθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής, μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια μετά από φυτοεξυγίανση. Τα βαρέα μέταλλα που υπήρχαν στο μολυσμένο χώμα συγκεντρώθηκαν σε 25 - 30 τόνους στάχτης φυτικών ιστών και επομένως μόνο αυτό το 1/200 του αρχικού όγκου πρέπει να διαθέτει σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής.

Μειονεκτήματα

- Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται οι ιδιαίτερα αργοί ρυθμοί φυτοεξυγίανσης. Δηλαδή, η ανάγκη καλλιέργειας πολλών διαφορετικών ειδών για

την αντιμετώπιση των ρύπων και η συνεχόμενες περιόδους καλλιέργειας των φυτών μέχρι να εξυγιανθεί τελείως το περιβάλλον από τους ρυπαντές.

- Η φυτοεξυγίανση φέρνει μόνο αποτελέσματα, όταν το βάθος της μόλυνσης δε ξεπερνά το 1m στο έδαφος και τα 3m στον υδροφόρο ορίζοντα.
- Μειονεκτήματα αποτελεί η δυνατότητα να μεταδοθούν οι τοξικές ουσίες στην τροφική αλυσίδα μετά από πιθανή βοσκή των φυτών από ζώα.
- Οι κλιματικές ή οι υδρολογικές συνθήκες στην μολυσμένη περιοχή μπορεί να μην επιτρέπουν την καλλιέργεια και ανάπτυξη των κατάλληλων για την φυτοεξυγίανση φυτών.
- Τέλος, το πρόβλημα της εναπόθεσης των ρυπασμένων φυτών μετά τη συγκομιδή τους .

2.12 Helianthus annuus και Helianthus giant

Το Helianthus είναι ένα γένος της φυλής Heliantheae της οικογένειας Compositae (σύνθετα ή Κομπόζιτα). Το γένος περιλαμβάνει 60 ,περίπου, είδη ποωδών, ετήσιων και πολυετών φυτών. Κατάγεται από την βόρεια Αμερική. Οι άγριοι συγγενείς του και άλλα είδη Helianthus διανέμονται ευρέως στις κεντρικές πεδιάδες του Καναδά από το Βορρά μέχρι το Νότο.

Το καλλιεργημένο είδος H. annuus είναι γνωστό ως ηλίανθος ο ετήσιος ή ήλιος .Ο ηλίανθος είναι ετήσιο φυτό, το ύψος του οποίου φτάνει περίπου στ 3μ., με κεντρικό βλαστό απλό έως εν μέρει διακλαδισμένο. Τα πρώτα φύλλα είναι πάντα αντίθετα και μετά ακολουθούν εναλλασσόμενα. Τα φύλλα είναι μεγάλα οδοντωτά, με σχήμα ωοειδές και μυτερό και με πολλές νευρώσεις.

Ανθίζει από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο με πολλά άφθονα λουλούδια τα οποία είναι ενωμένα σε μεγάλα κεφάλια των οποίων η διάμετρος φτάνει μέχρι 30εκ. . Το πρώτο κεφάλι που σχηματίζει το φυτό είναι συνήθως και το μεγαλύτερο. Η θέση της κεφαλής είναι μεταβλητή και η μορφή της ποικίλλει, από κοίλη, κυρτή έως επίπεδη.

Το αχαίνιο, ή καρπός του ηλίανθου αποτελείται από σπόρους, που συχνά αποκαλούνται πυρήνες, και το προσκολλημένο περικάρπιο συνήθως ονομάζεται κύτος. Σε περίπτωση απουσίας της γονιμοποίησης, το αχαίνιο θα είναι άδειο, δηλαδή θα απουσιάζει ο πυρήνας. Τα αχαίνια ποικίλλουν 7 έως 25 mm σε μήκος και 4 έως 13 mm σε πλάτος. Μπορούν να είναι γραμμικά, ωοειδή ή σχεδόν σφαιρικά.

Ο ηλίανθος είναι φυτό ανθεκτικό, προσαρμόζεται εύκολα και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε όλα τα είδη εδαφών και σε ευρύ φάσμα εδαφικών PH, από 5,7 εως και πάνω από 8. Εντούτοις έχουν χαμηλή αντοχή στην αλατότητα και απαιτούν καλά αποστραγγισμένα εδάφη. Επίσης, σε ηλιόλουστα μέρη έχουν την άριστη ανάπτυξη.

Ο ηλίανθος είναι μια ετήσια καλλιέργεια που πολλαπλασιάζεται μόνο με σπόρους. Ο ηλίανθος σπέρνεται κανονικά το Μάιο, δεδομένου ότι απαιτεί μια μακριά εποχή για να ωριμάσει (οδηγός παραγωγής ηλίανθων). Έχει καλή ανοχή στον παγετό μέχρι το στάδιο του τέταρτου φύλλου. Ο σπόρος τοποθετείται αρκετά βαθιά, μέχρι 10cm εάν είναι απαραίτητο για να φθάσει στα ικανοποιητικά επίπεδα υγρασίας, αν και μια πιο ρηχή σπορά όπου η υγρασία είναι ικανοποιητικά αποτελέσματα στη γρηγορότερη βλάστηση .

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι ουσιαστικός στα πρώτα στάδια της αύξησης αλλά αργότερα, ο ανταγωνισμός από τα ζιζάνια μειώνεται αρκετά (Canadian Food Inspection Agency, 2005).

Το Helianthus *giant* έχει τα ίδια χαρακτηριστικά και ιδιότητες με το H. *annuus*.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ)

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν σπόροι Helianthus *annus* και Helianthus *giant* τα οποία αναπτύχθηκαν σε συνθήκες περιβάλλοντος στον βοτανικό κήπο του Πανεπιστημίου Πατρών, του τμήματος Βιολογίας, στα όρια της περιοχής του Ρίου με Καστρίτσι.

Η σπορά στο είδος H. *annuus* έγινε 13/05/2010. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 45cm επί της γραμμής φύτευσης και 90cm γραμμή από γραμμή. Το βάθος φύτευσης των σπόρων έγινε στα 5cm. Ενώ, για το είδος H. *giant* η σπορά έγινε 02/06/2010 και σε βάθος 1cm.

Ως υλικά διαμόρφωσης πειραματικών υποστρωμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα υλικά: μηλαϊκή γη, φρύγματα σιδηροπυρίτη και γύψος. Τα υλικά παραχωρήθηκαν από το εργοστάσιο του TITAN A.E. με την κάτωθι χημική ανάλυση:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Χημικές αναλύσεις υλικών και %σύσταση (πηγή: TITAN A.E.)

	ΜΗΛΑΙΚΗ ΓΗ	**ΦΡΥΓΜΑΤΑ ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗ**	**ΓΥΨΟΣ**
SiO2	62,5	11,5	11,2
Al2O3	10,5	3	0
Fe2O3	3,8	78	0
CaO	5,5	1,5	28,5
MgO	3	0,35	1
K2O	1,5	0,25	0
Na2O	2,7	0,3	0
SO3	0,05	3	40
απώλεια πύρωσης	10	2	0,5
Κρυσταλλικά νερά			15,5
CaSO4.2H2O			75
CaSO4			9

Οι μετρήσεις έγιναν σε 8 φυτά, για το είδος H. *annuus*, που από εδώ και στο εξής θα αναφέρονται με το κωδικό τους όνομα I4(I4.1 και I4.2), IG1, IG3(IG3.1 και IG3.2), IM2 και IM3(IM3.1 και IM3.2). Στο I4 χρησιμοποιήθηκε 4Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη, στο IG1 χρησιμοποιήθηκε 1Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 2Kg γύψος, στο IG3 4Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 8Kg γύψος, στο IM2 2kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 4Kg μηλαϊκή γη και στο IM3 4kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 8Kg μηλαϊκή γη ως ρυπαντές στο έδαφος. Υπήρξε πειραματικό τετράγωνο με φυτά μάρτυρες τα οποία όμως δεν βλάστησαν. Τα υλικά αναμίχθηκαν σε όγκο εδάφους 1m x 1m x 0,2m.

Οι μετρήσεις για το είδος H. giant,έγιναν σε 5 φυτά που από εδώ και στο εξής θα αναφέρονται με το κωδικό τους όνομα 2I, 1,5I2M, MAR, 1I1G και 2,5I1G. Όλα

τα φυτά H.giant αναπτύχθηκαν σε έδαφος στο οποίο προστέθηκαν 20lt φυτόχωμα και 7,5lt τύρφη. Το 2I αναπτύχθηκε σε υπόστρωμα που προστέθηκε 2Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη, το 1,5I2M αναπτύχθηκε σε 1,5Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 2Kg μηλαϊκή γη, το MAR είναι το φυτό αναφοράς σε σχέση με τα άλλα τέσσερα και δεν προστέθηκε κανένα υλικό, το 1I1G αναπτύχθηκε σε 1Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 1Kg γύψο και τέλος το 2,5I1G αναπτύχθηκε σε έδαφος στο οποίο προστέθηκε 2,5 Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 1Kg γύψος. Όλα τα υλικά αναμίχθηκαν σε βάθος εδάφους 25 cm.

Η άρδευση των φυτών έγινε με αυτόματο σύστημα άρδευσης δύο μπεκ τα οποία ήταν ρυθμισμένα να ποτίζουν από έναν ηλεκτρονικό προγραμματιστή τύπου BENMAN 77041 δύο φορές την ημέρα για δεκαπέντε λεπτά. Η τροφοδοσία του νερού γινόταν με δύο τύπους λάστιχα, plexaco s.a. 420-N και plexaco s.a. 7312/NØ 5/8.

Τέλος, κατασκευάστηκε λογισμικό πρόγραμμα στο MATLAB από τον κ. Τσαγκάρη Βασίλη το οποίο έχει την δυνατότητα να μετράει την φυλλική επιφάνεια ενός φύλλου, μέσω scanner, και την διαβάθμιση του χρώματος πράσινου, επίσης μέσω scanner.

4. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η Πάτρα βρίσκεται στους πρόποδες του Παναχαϊκού όρους και βρέχεται από τον Πατραϊκό κόλπο. Στο δυτικό τμήμα (ηπειρωτικό) επικρατεί θαλάσσιο μεσογειακό κλίμα, στο ανατολικό τμήμα χερσαίο μεσογειακό ενώ στο ορεινό τμήμα το κλίμα εξελίσσεται σε ορεινό. Στην περιοχή μελέτης, οι πλησιέστεροι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι αυτός της Πάτρας (N 38° 15', E 021° 44'), και αυτός του Αράξου.

Η μέση ετήσια τιμή βροχόπτωσης για το ηπειρωτικό τμήμα του διαμερίσματος είναι 860 mm ενώ στις ορεινές περιοχές ξεπερνά τα 1200mm. Ο μέσος αριθμός ημερών βροχής κυμαίνεται από 80 έως 110 το χρόνο. Τα χαμηλότερα ύψη βροχής παρατηρούνται στις ανατολικές περιοχές (όπως ο χώρος εγκατάστασης του πειράματος). Η περίοδος ξηρασίας διαρκεί από μέσα Μαΐου μέχρι τέλος Σεπτεμβρίου. Συγκεκριμένα η ξηρή περίοδος διαρκεί περίπου 127 μέρες.

Οι υγρότεροι μήνες είναι ο Δεκέμβριος (71,2% μέση τιμή σχετικής υγρασίας) και στη συνέχεια ο Νοέμβριος (70,9% μ. τ. σχ. υγρ.) . Ξηρότερος μήνας ο Αύγουστος, με μέση μηνιαία τιμή 59,3%.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του διαμερίσματος είναι 18°C στο ηπειρωτικό τμήμα. Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος κυμαίνεται από 16°C στα δυτικά μέχρι 18°C στα ανατολικά και 18 – 20°C στα ορεινά. Θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με μέση θερμοκρασία 26,7°C και ψυχρότερος μήνας ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 10,0°C.

Η κύρια διεύθυνση του ανέμου είναι ΝΔ (Νοτιοδυτικά) και η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10μέτρων είναι 7,5 m/s και στα 50 μέτρα είναι 7,9 m/s.

Μικροκλιματικά δεδομένα

Εκτός από τα γενικότερα κλιματικά στοιχεία της περιοχής αξίζει να αναφερθούν συγκεκριμένα οι τιμές των κλιματικών παραμέτρων της περιοχής του πειράματος.

Τα στοιχεία του πίνακα 6 προήλθαν από τον μετεωρολογικό σταθμό στο Βόρειο προβλήτα του λιμανιού της Πάτρας εκτός από τα στοιχεία της PAR (φωτοσυνθετική ενεργό ακτινοβολία) που προέρχονται από το σταθμό του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Πατρών, ο οποίος ανήκει στο Εθνικό Δίκτυο Μέτρησης της Υπεριώδους Ακτινοβολίας.

Λόγο προβλημάτων στο σταθμό μέτρησης τον μήνα Αύγουστο υπάρχει μόνο μια μέτρηση.

Τόσο οι μέρες βροχής όσο και το ύψος βροχής είναι λίγες για την καλλιέργεια που χρησιμοποιήθηκε για αυτό και στα πειραματικά κομμάτια τοποθετήθηκε σύστημα άρδευσης.

Το θερμοκρασιακό εύρος της ανάπτυξης του ηλίανθου καλύπτετε από τις θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν την περίοδο του πειράματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Μετεωρολογικά στοιχεία κατά την περίοδο του πειράματος (ΠΗΓΗ: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ)

		ΜΑΙΟΣ			ΙΟΥΝΙΟΣ			ΙΟΥΛΙΟΣ			ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		
		NUMBER	TIME	DATE	NUMBER	TIME	DATE	NUMBER	TIME	DATE	NUMBER	TIME	DATE
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ^{o}C	MINIMUM	13,8	5:30	21/5/2010	17,8	8:20	2/6/2010	21,7	7:50	1/7/2010	26,3	0:00	1/8/2010
	MAXIMUM	29,6	13:30	31/5/2010	32,3	14:20	16/6/2010	35,9	17:00	16/7/2010			
ΥΓΡΑΣΙΑ %	MINIMUM	47	14:50	31//5/2010	46	19:40	14/6/2010	39	0:00	17/7/2010	71	0:00	1/8/2010
	MAXIMUM	98	6:00	15/5/2010	92	13:40	1/6/2010	95	2:30	1/7/2010			
MAXIMUM ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (PAR)		0,2285E+04		21/5/2010	0,2196E+04		24/6/2010	0,1912E+04		8/7/2010	0,1599E+04		5/8/2010
MAXIMUM ΤΑΧ. ΑΝΕΜΟΥ		51,5	16:10	15/5/2010	45,1	21:10	21/6/2010	35,4	12:50	30/7/2010	9,7	0:00	1/8/2010
ΔΙΕΥΘ. ΑΝΕΜΟΥ		SW			SW			SSW			S		
ΑΤΜ. ΠΙΕΣΗ Bar	MINIMUM	1000,9	12:10	15/5/2010	1003,1	5:00	20/6/2010	1001,1	18:10	25/7/2019	1012,7	0:00	1/8/2010
	MAXIMUM	1017,9	0:20	24/5/2010	1015,9	22:50	15/6/2010	1016,8	8:40	10/7/2010			
ΒΡΟΧΗ mm	ΜΕΡΕΣ ΒΡ.	4			3			0			0		
	ΥΨΟΣ ΒΡ.	26,8			7,6			0			0		

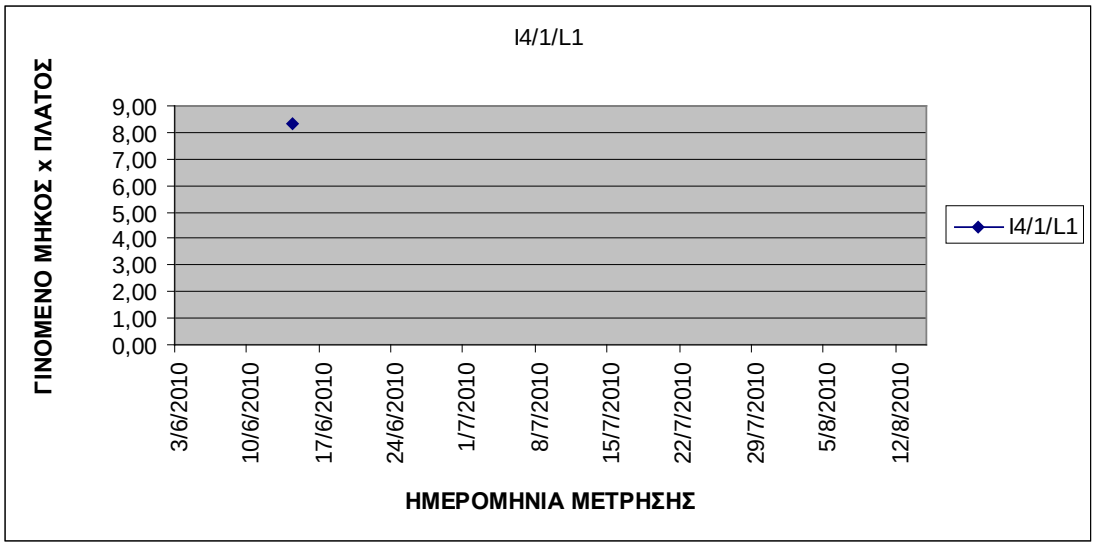
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Όπου L είναι το γινόμενο του μήκους επί του πλάτους του φύλλου από το πρώτο ως το δέκατο (L1- L10) φύλλο. Το γινόμενο αυτό είναι ενδεικτικό της φυλλικής επιφάνειας και χρησιμοποιείται στην διπλωματική για να μετρηθεί ο ρυθμός αύξησης της φυλλικής επιφάνειας. Όπου M1 είναι το μεσογονάτιο διάστημα από το πρώτο στο δεύτερο φύλλο και M2 και M15 είναι τα αντίστοιχα μεσογονάτια. Η μέτρηση του M15 πραγματοποιήθηκε το ίδιο χρονικό διάστημα για όλα τα φυτά. Με H συμβολίζουμε το ύψος του φυτού και με D την διάμετρο της ανθοκεφαλής.

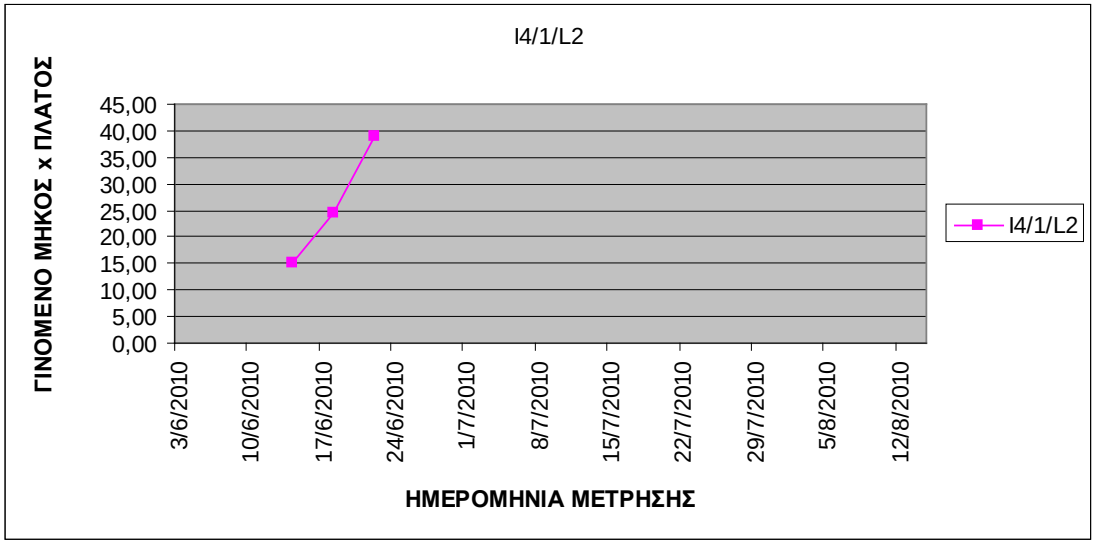
Μετρήσεις H. annuus

1. Φυτό I4/1

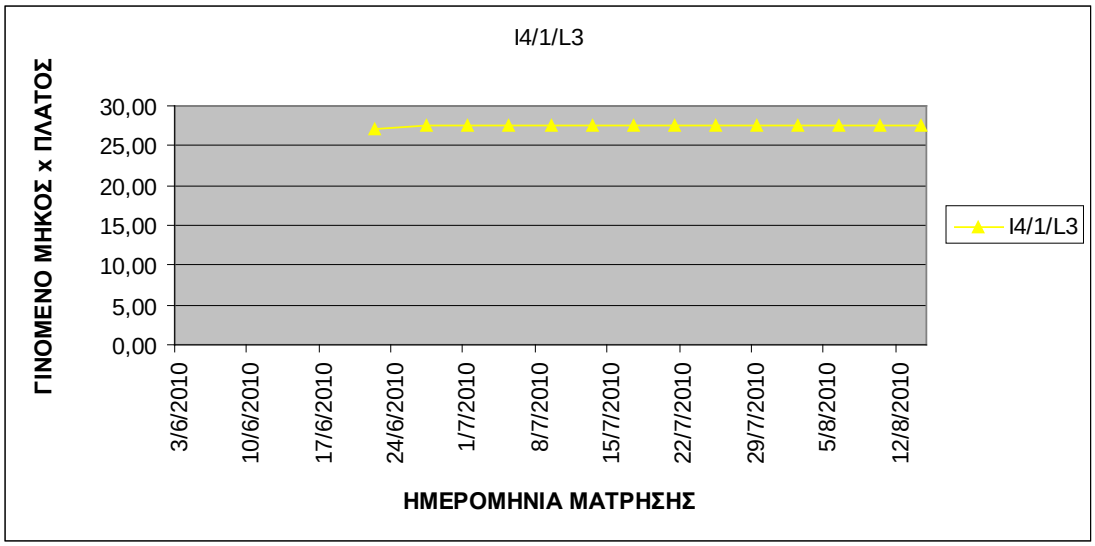
	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
I4/1/L1				8,36															
I4/1/L2				15,00	24,57	38,94													
I4/1/L3						27,06	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47
I4/1/L4						36,00	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76
I4/1/L5							40,56	43,20	43,20	43,20	45,10	45,10	45,10	45,10	45,10	45,10	45,10	45,10	45,10
I4/1/L6							58,96	64,61	64,61	65,52	65,52	65,52	65,52	65,52	65,52	65,52	65,52	65,52	65,52
I4/1/L7							60,72	76,80	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
I4/1/L8								86,32	91,80	93,96	93,96	93,96	93,96	93,96	93,96	93,96	93,96	93,96	93,96
I4/1/L9									99,36	102,12	102,12	102,12	102,12	102,12	102,12	102,12	102,12	102,12	102,12
I4/1/L10									102,60	107,67	107,67	107,67	107,67	107,67	107,67	107,67	107,67	107,67	107,67
I4/1/M1				0,7	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
I4/1/M2						5,9	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
I4/1/M15												6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
I4/1/H	1,5	2,2	3,6	5,3	7,7	14,1	23,0	35,6	55,0	73,0	92,0	112,5	117,0	124,0	124,0	124,0	124,0	124,0	124,0
I4/1/D												5,4	7,0	9,5	11,0	12,0	12,0	12,0	12,0



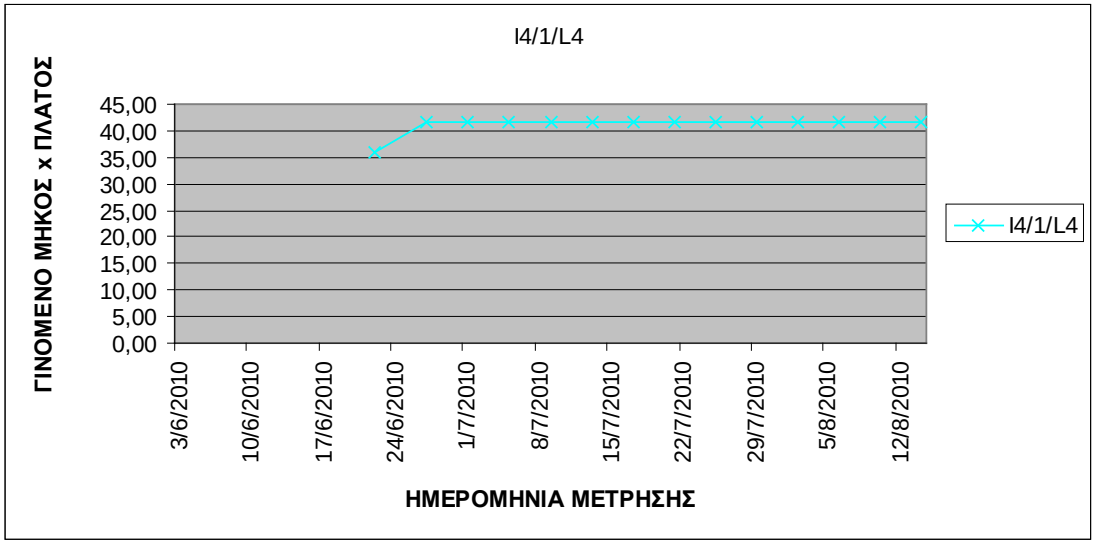
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή γιατί μετά την πρώτη μέτρηση στης 14/06/2010 ξεράθηκε.



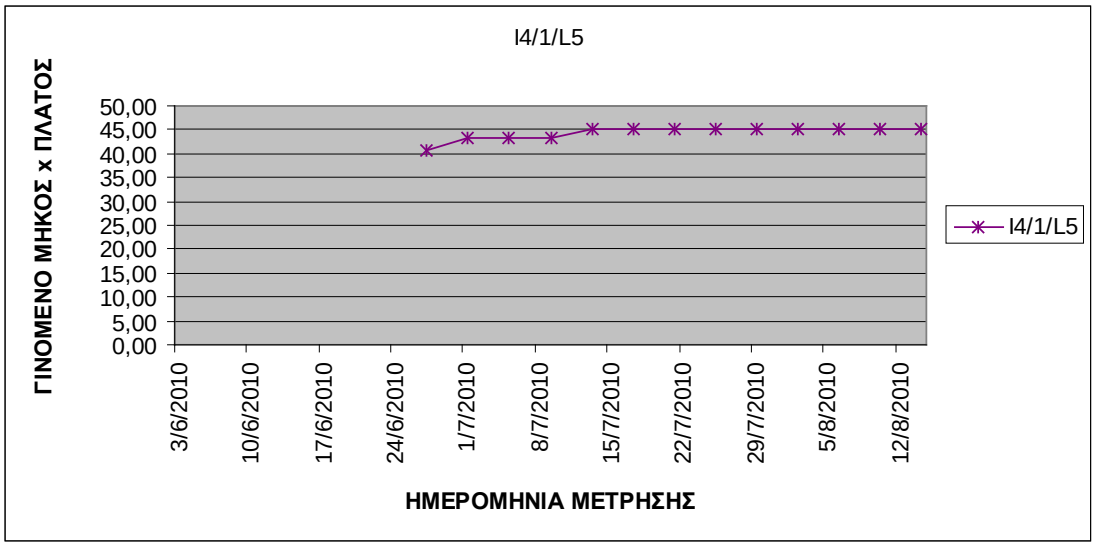
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 22/06/2010 και έπειτα ξεράθηκε.



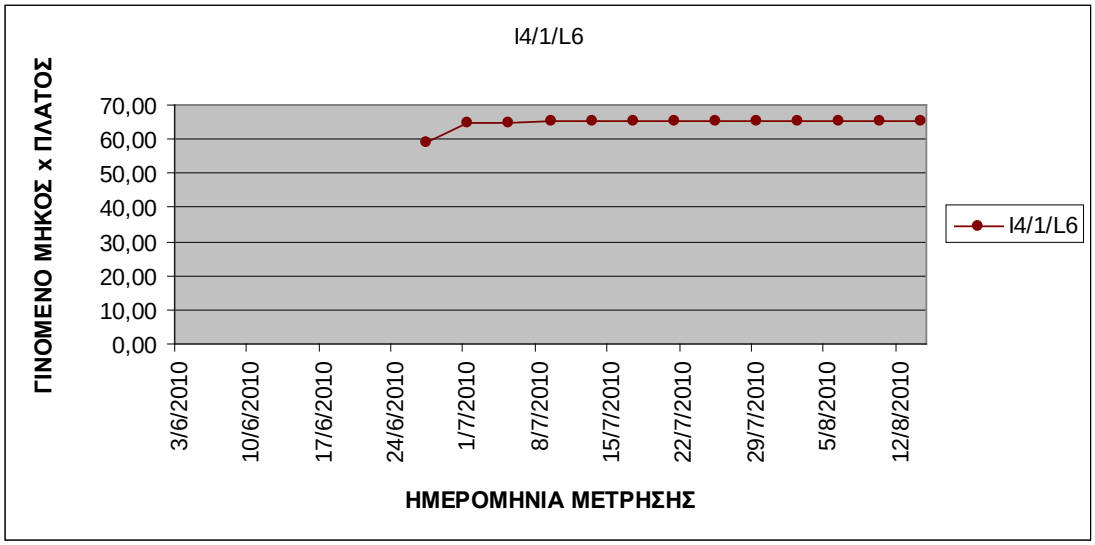
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 27/06/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



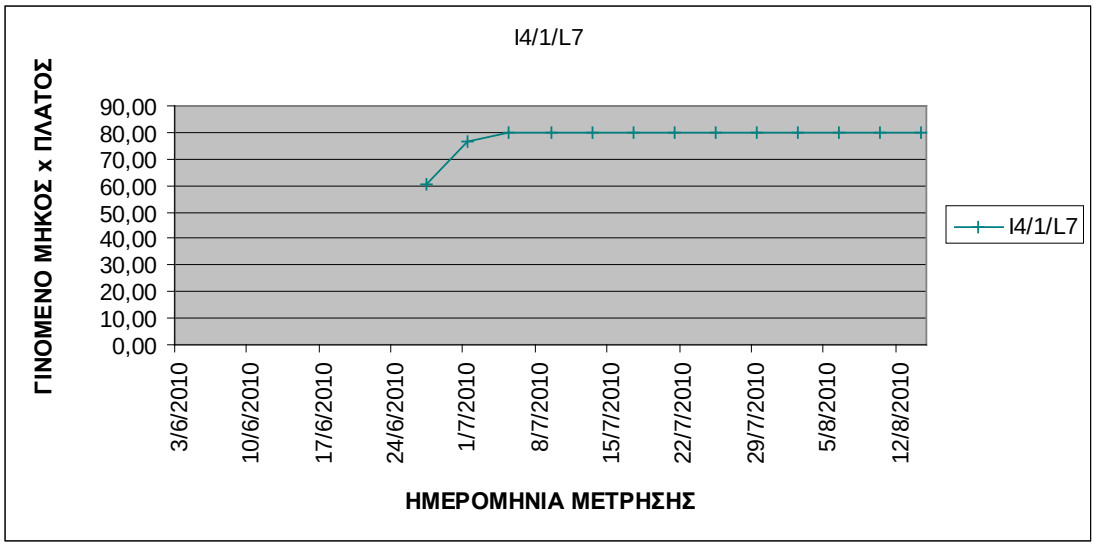
Ομοίως, το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 27/06/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



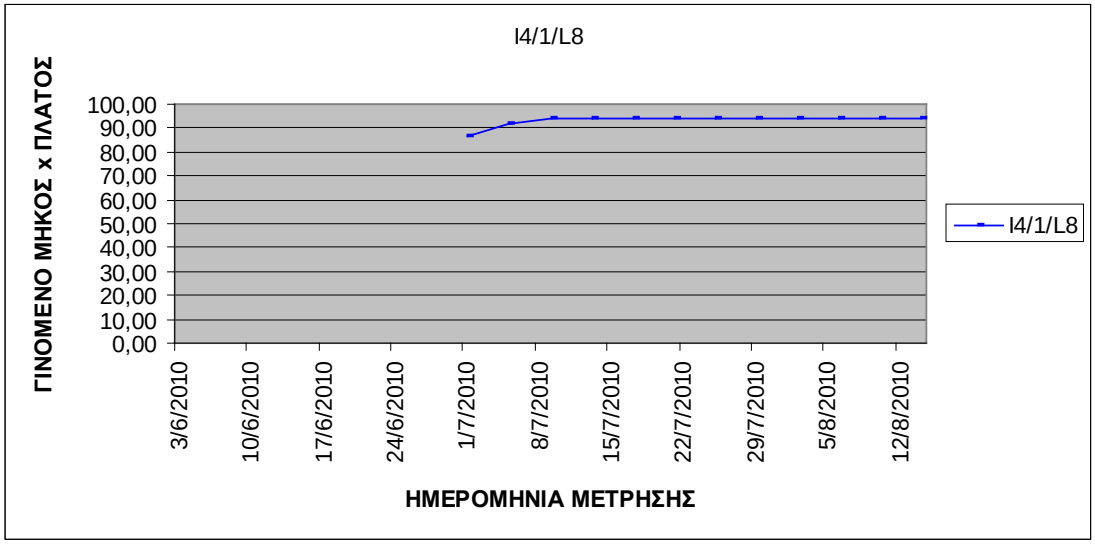
Η επιφάνεια του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε με διαφορά τεσσάρων εβδομάδων σε σχέση με το τέταρτο στης 13/07/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους 45,10.



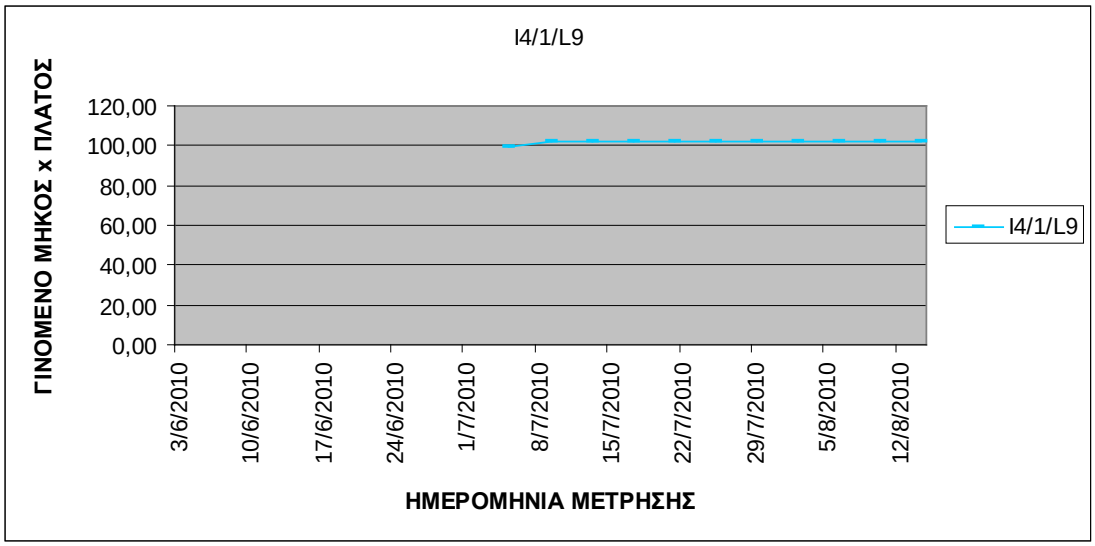
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 09/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 65,52.



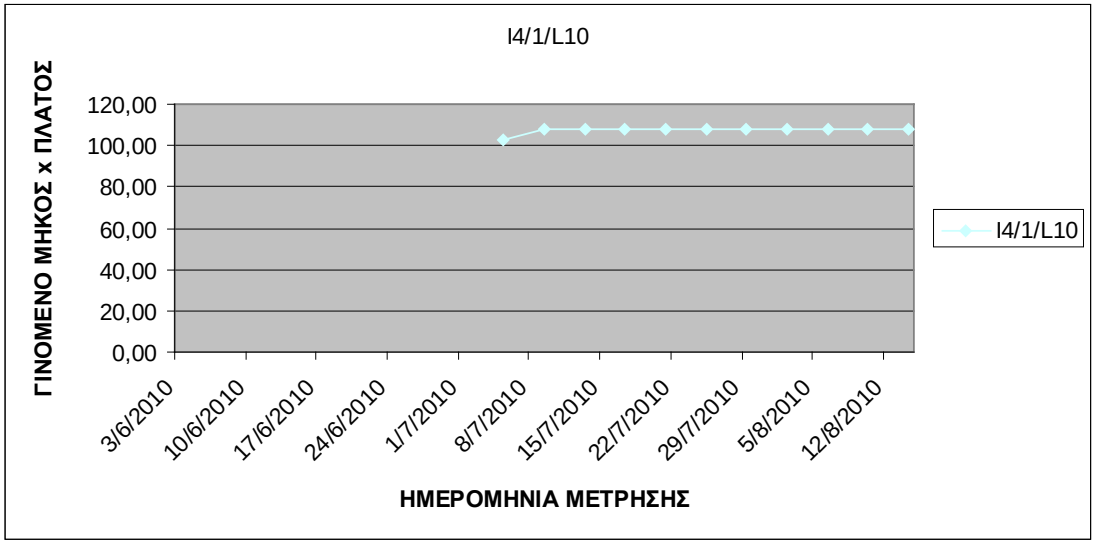
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 80,00 στης 05/07/2010.



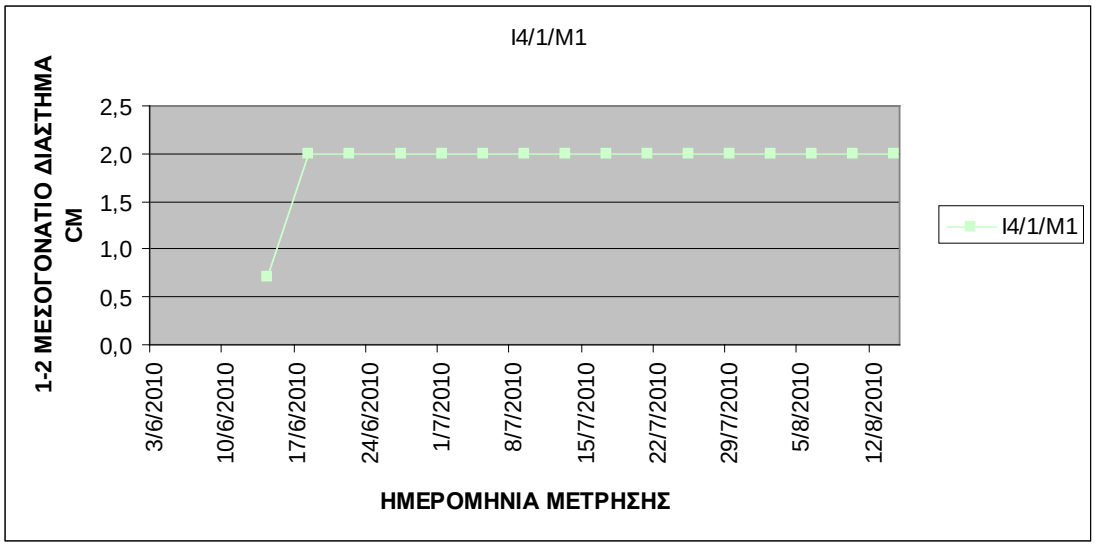
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 09/07/2010, λαμβάνοντας τιμή γινομένου 93,96.



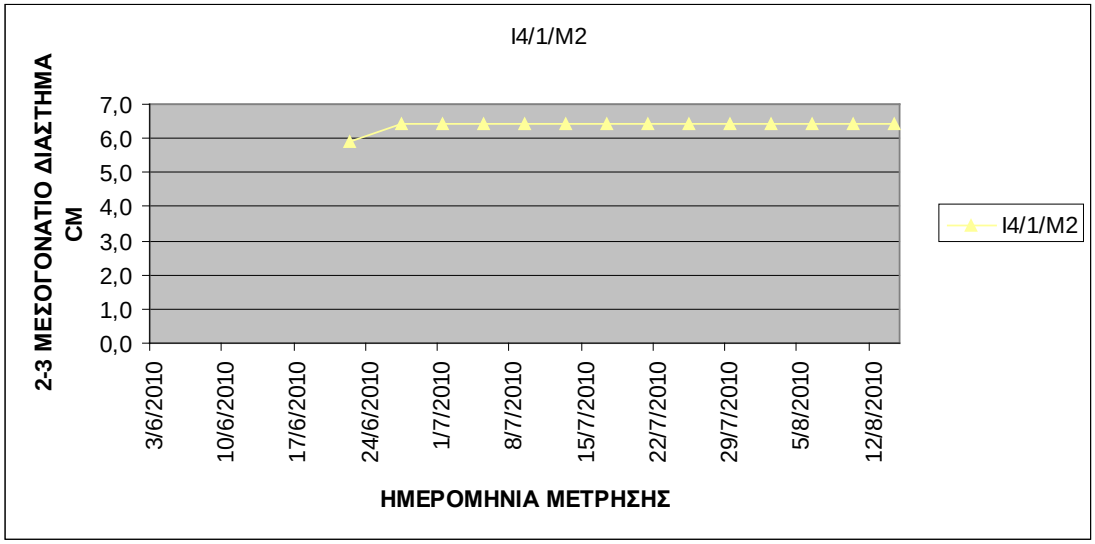
Ομοίως με το όγδοο φύλλο, το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 09/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 102,12.



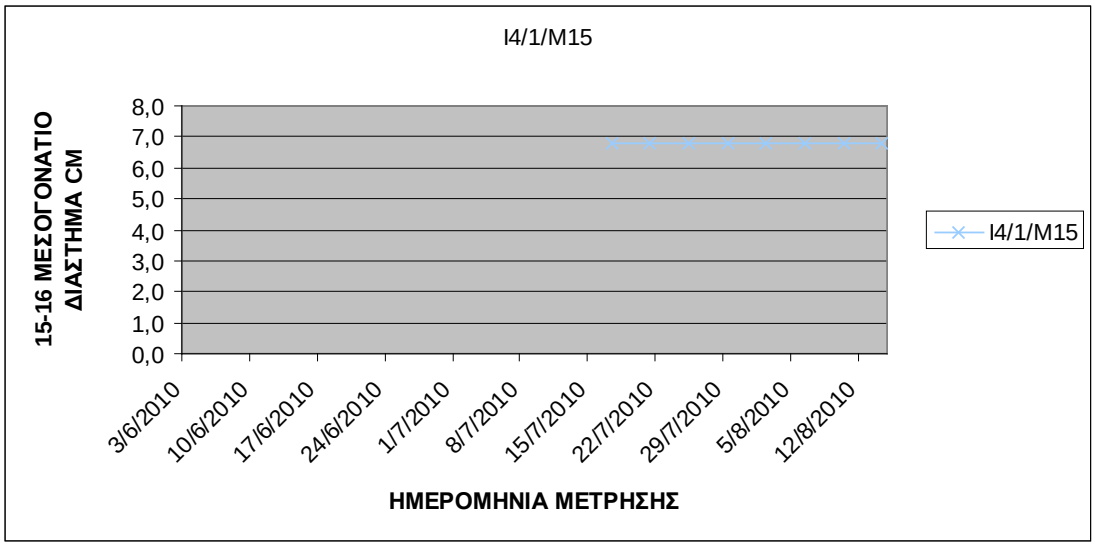
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στο μέγιστο του γινομένου, 107,67,στης 09/07/2010.



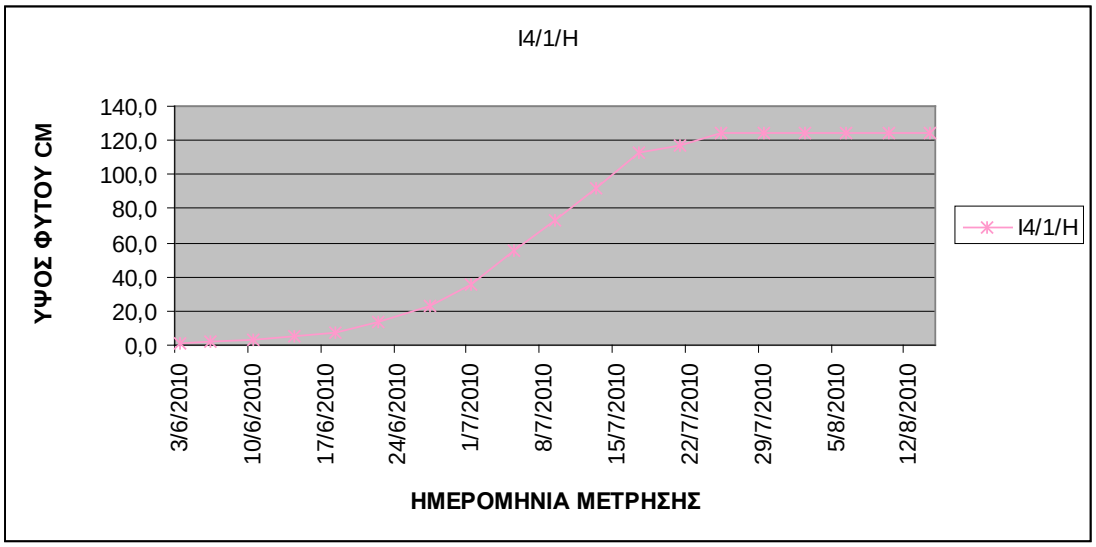
Η αύξηση του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 2cm, στης 18/06/2010



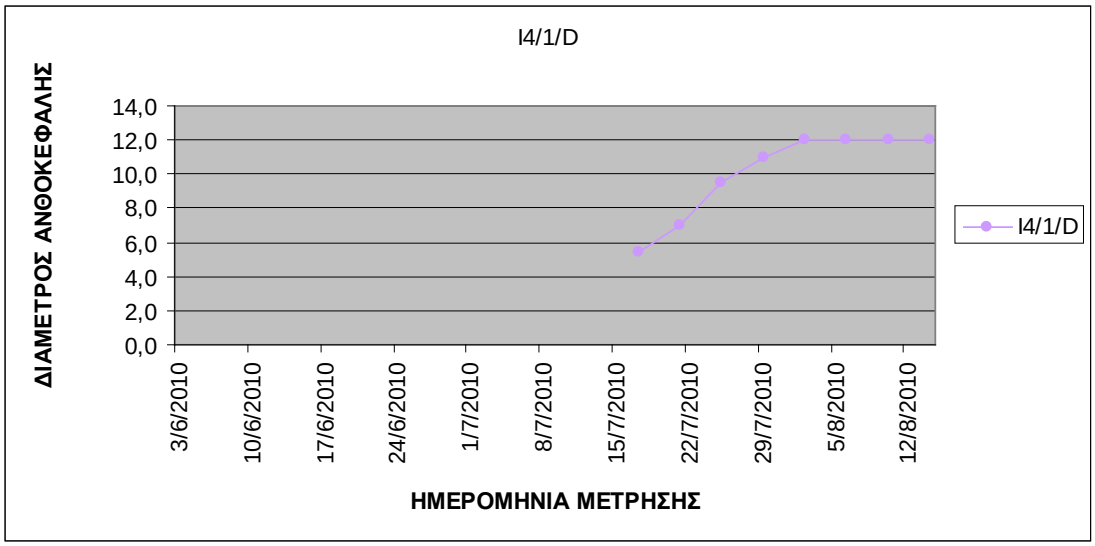
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 27/06/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 6,4cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου ήταν σταθερή στα 6,8cm από την πρώτη μέτρηση που έγινε στης 17/07/2010.



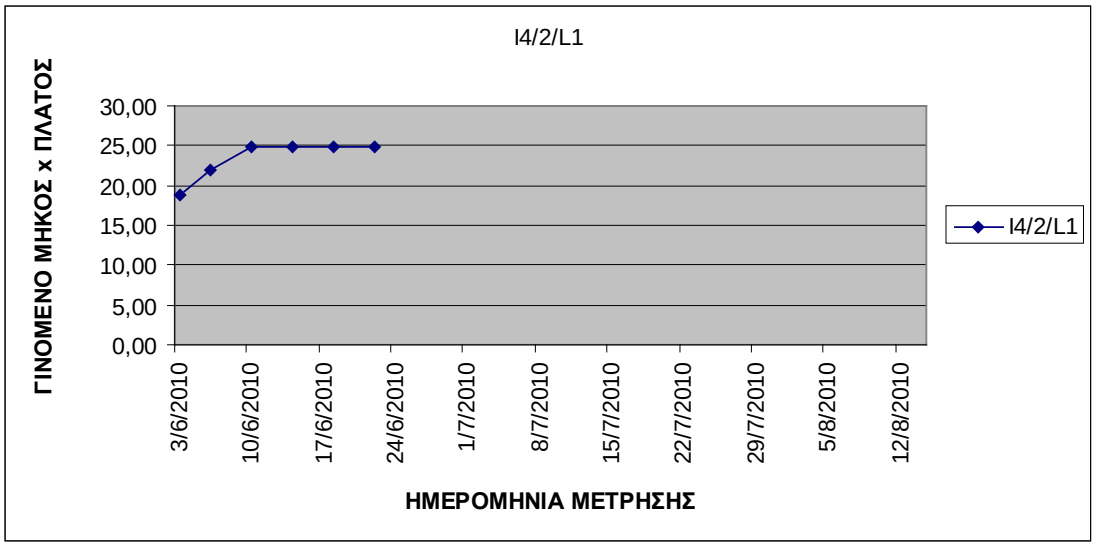
Οι κοτυληδόνες του I4/1 εμφανίστηκαν στης 02/06/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από 1,5cm στης 03/06/2010 μετά από είκοσι δύο μέρες έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 25/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 124cm.



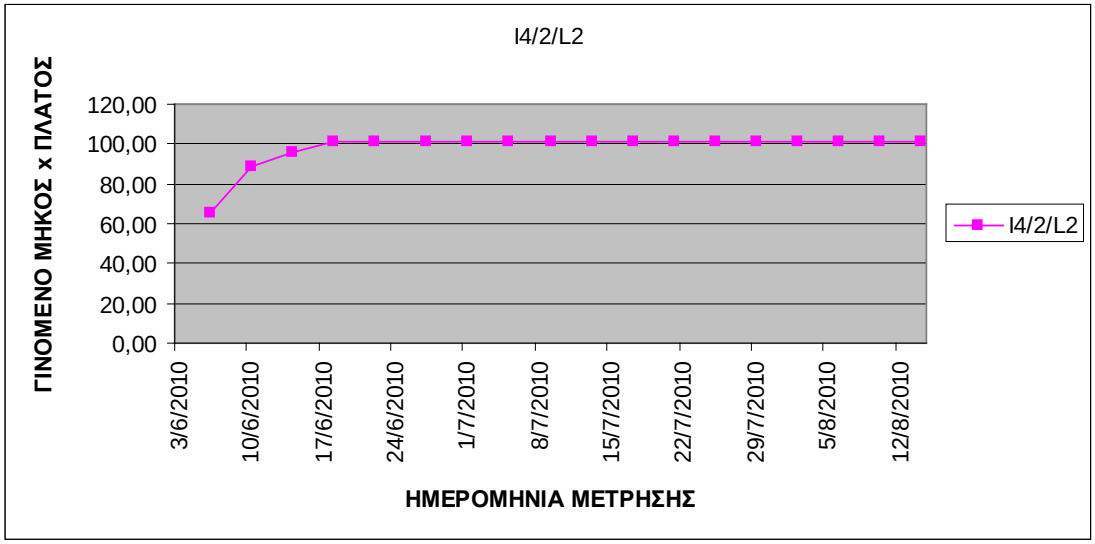
Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε στο φυτό μετά της 15/07/2010 λαμβάνοντας το πλήρες μέγεθος της στης 02/08/2010, τα 12cm.

2. Φυτό I4/2

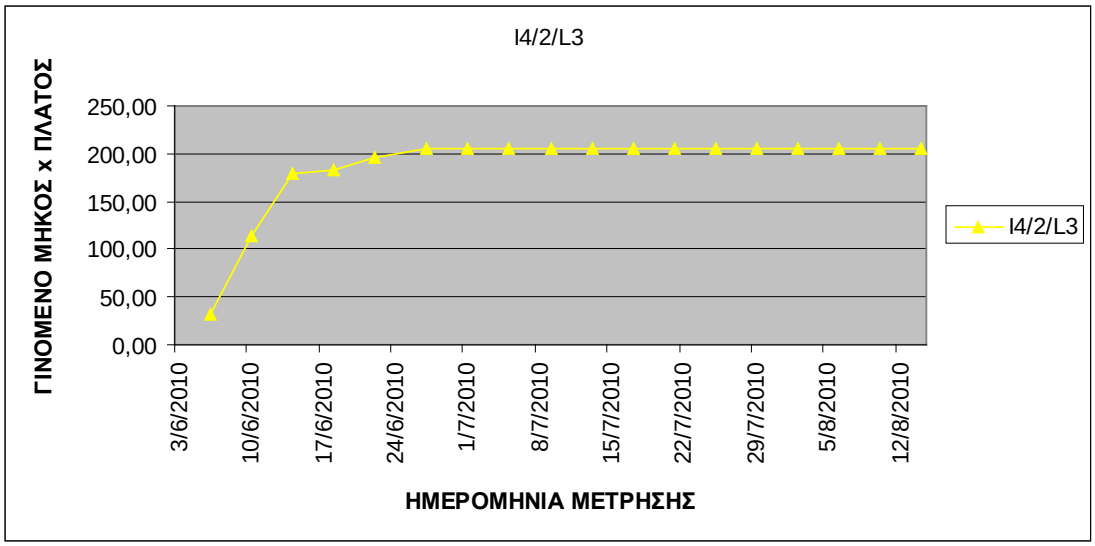
	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
I4/2/L1	18,85	21,90	24,75	24,75	24,75	24,75													
I4/2/L2		65,00	88,55	96,00	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86	100,86
I4/2/L3		31,49	113,22	179,34	183,75	196,30	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82	204,82
I4/2/L4					292,40	309,60	315,00	315,00	315,00	318,56	318,56	318,56	318,56	318,56	318,56	318,56	318,56	318,56	318,56
I4/2/L5					345,80	345,80	347,62	347,62	347,62	349,53	355,02	355,02	355,02	355,02	355,02	355,02	355,02	355,02	355,02
I4/2/L6					316,75	414,06	414,06	442,98	442,98	453,44	453,44	453,44	453,44	453,44	453,44	453,44	453,44	453,44	453,44
I4/2/L7						418,20	453,68	453,68	473,00	473,00	473,00	473,00	473,00	473,00	473,00	473,00	473,00	473,00	473,00
I4/2/L8							503,70		506,00	506,00	506,00	506,00	506,00	506,00	506,00	506,00	506,00	506,00	506,00
I4/2/L9							453,68		523,92	539,46	543,90	543,90	543,90	543,90	543,90	543,90	543,90	543,90	543,90
I4/2/L10							401,45		473,55	537,24	549,00	549,00	549,00	549,00	549,00	549,00	549,00	549,00	549,00
I4/2/M1		2.0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
I4/2/M2		0.8	3,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
I4/2/M15												11,5	11,5	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
I4/2/H	6,0	9,0	16,9	24,2	37,0	54,0	73,8	101,2	131,5	155,0	158,0	161,0	161,0	161,0	161,0	161,0	161,0	161,0	161,0
I4/2/D												10,3	11,4	12,5	13	13,2	13,2	13,2	13,2



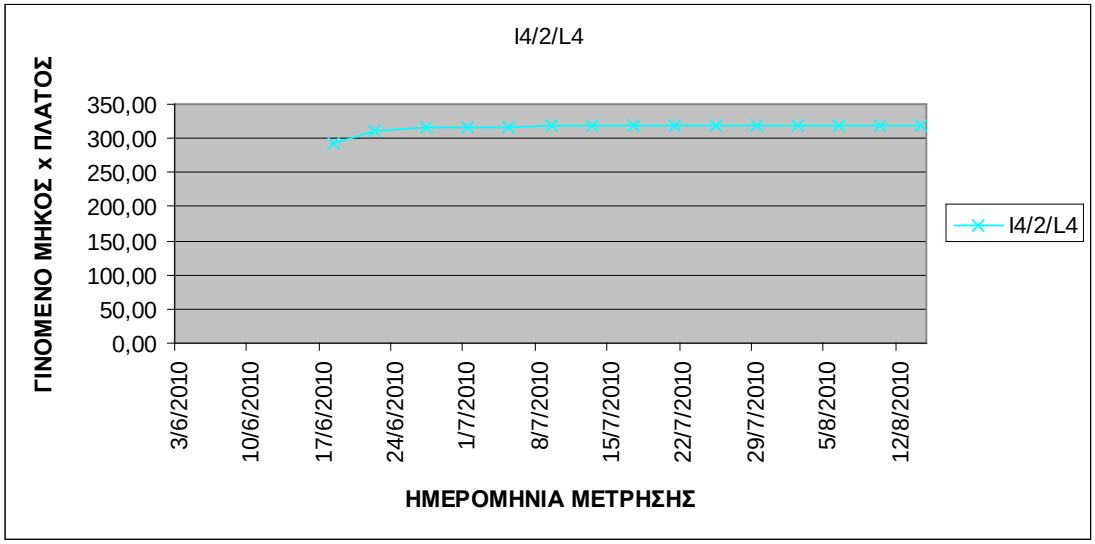
Η παρατήρηση του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων γιατί μετά την μέτρηση στης 27/06/2010 μαράθηκε.



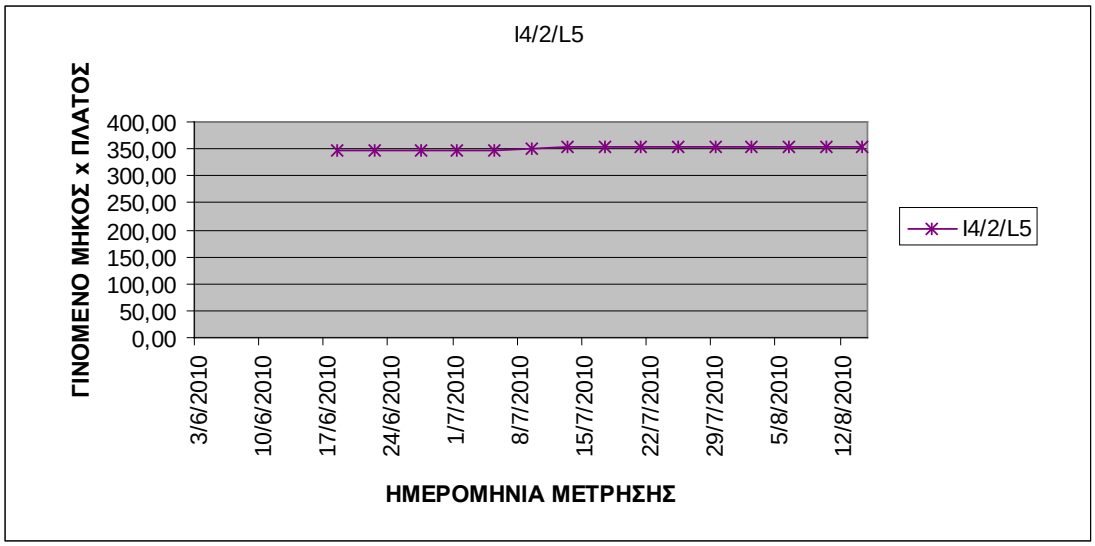
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου το συναντάμε στης 18/06/2010 , ενώ μετά της 9/7/2010 εμφανίζει ξήρανση στην άκρη του φύλλου.



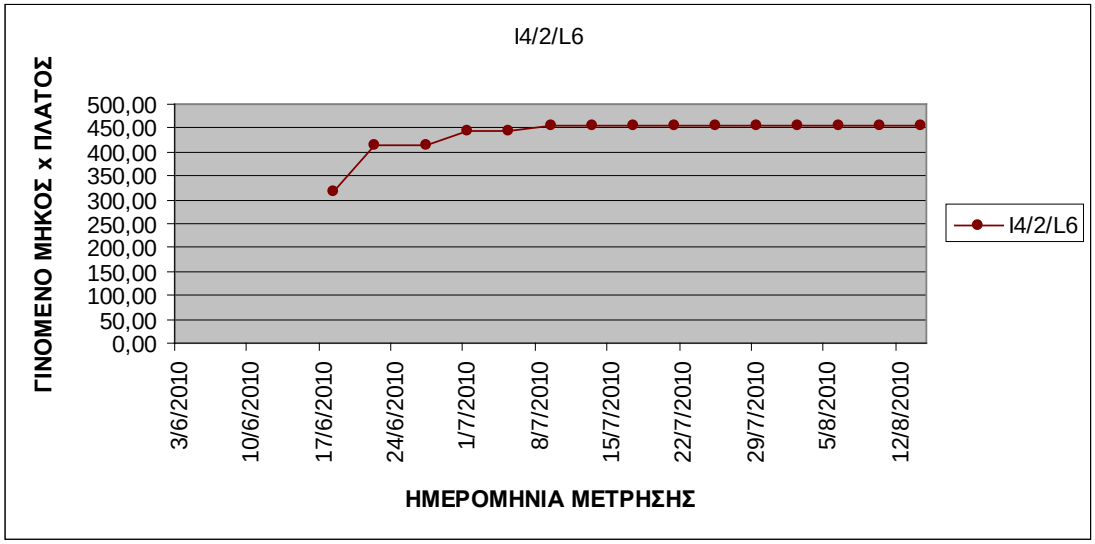
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 27/06/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



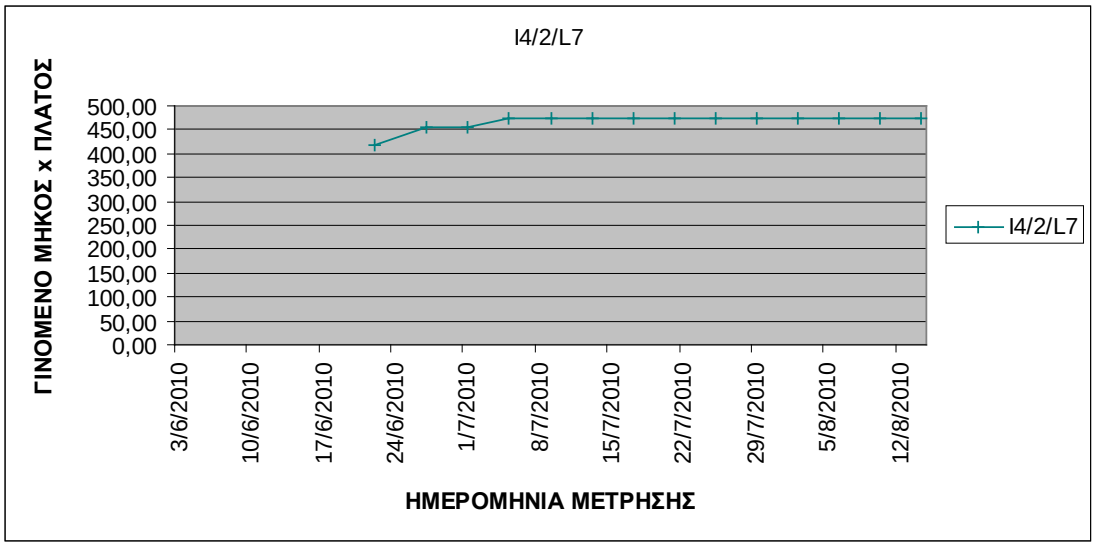
Το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 9/07/2010 αλλά παρουσίασε αλλοίωση της επιφάνειας του στης 13/07/2010 λόγο φαγώματος από έντομα.



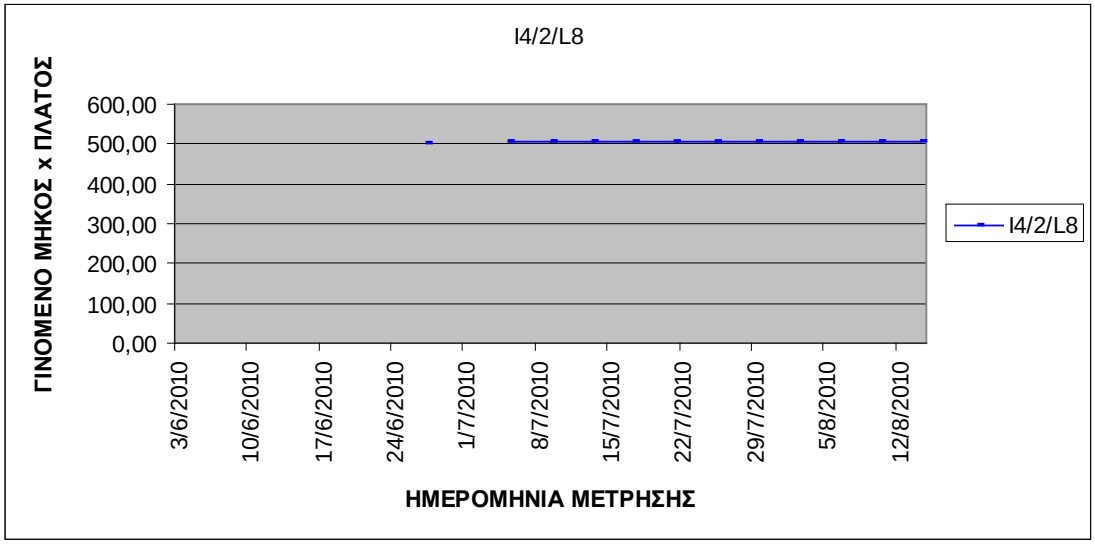
Η ανάπτυξη του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 13/07/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους 355,02 .



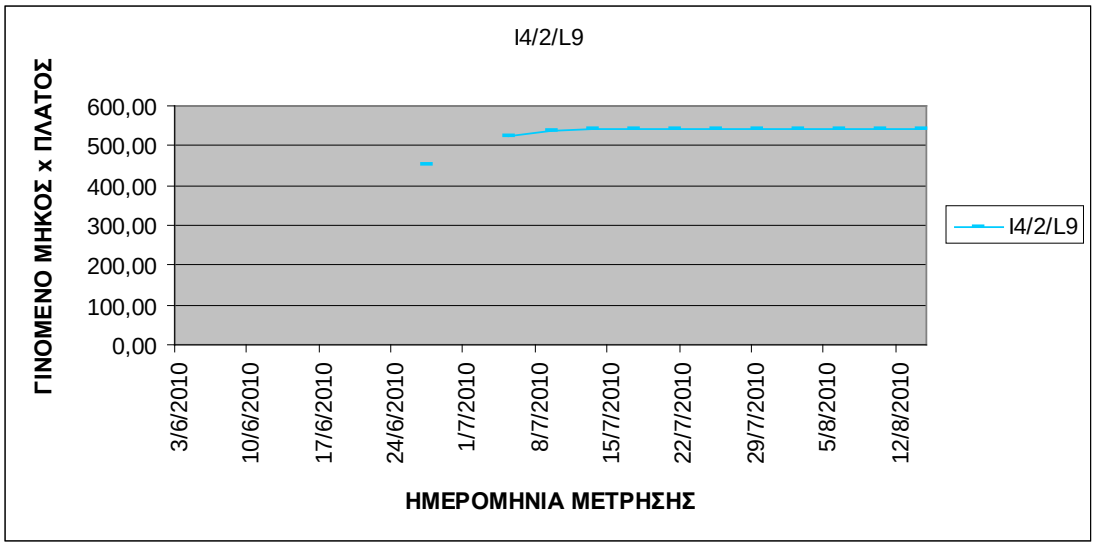
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 09/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή 453,44 .



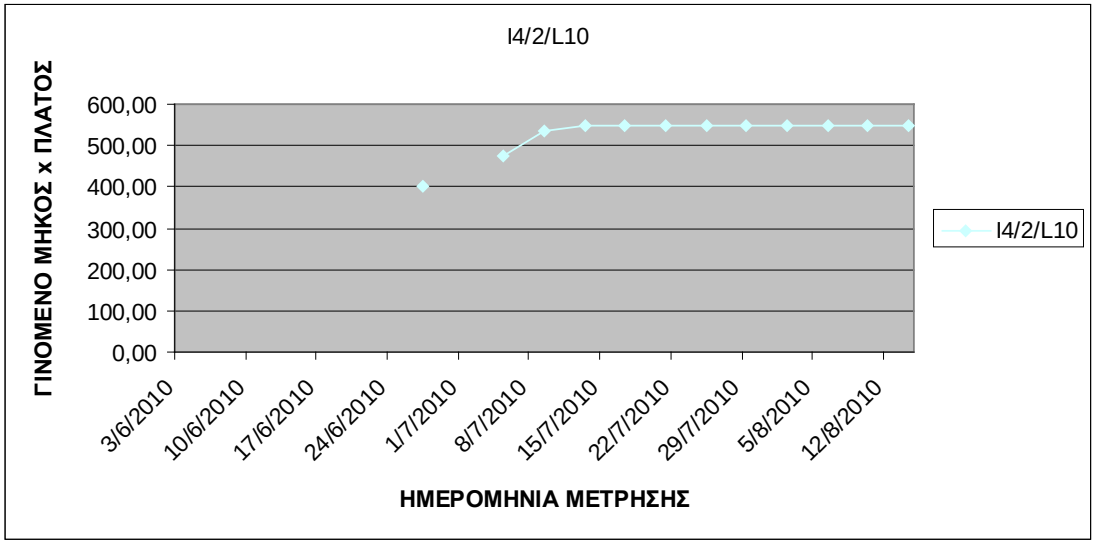
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 473,00 στης 05/07/2010.



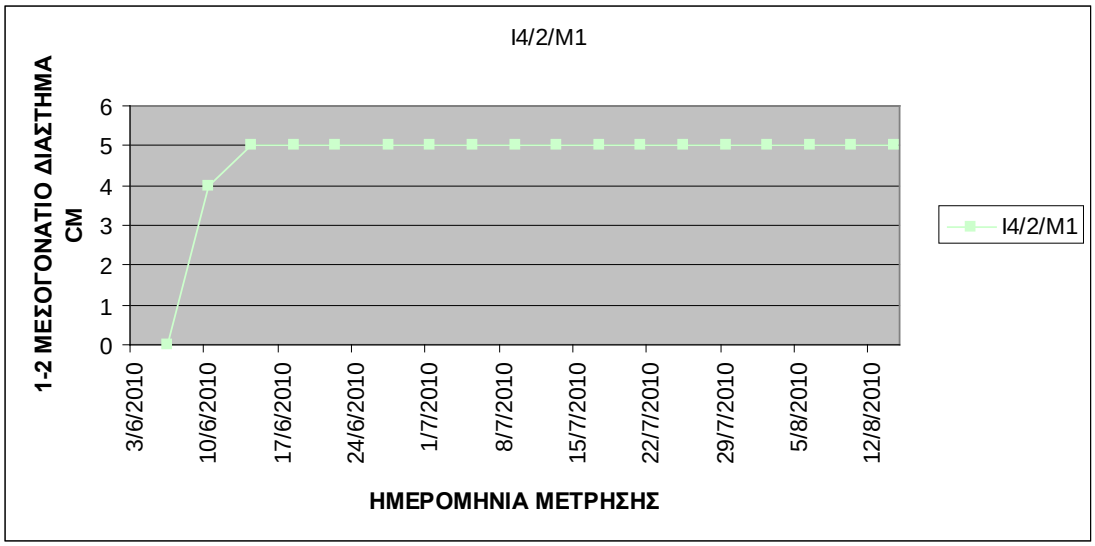
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 05/07/2010, με τιμή 506,00.



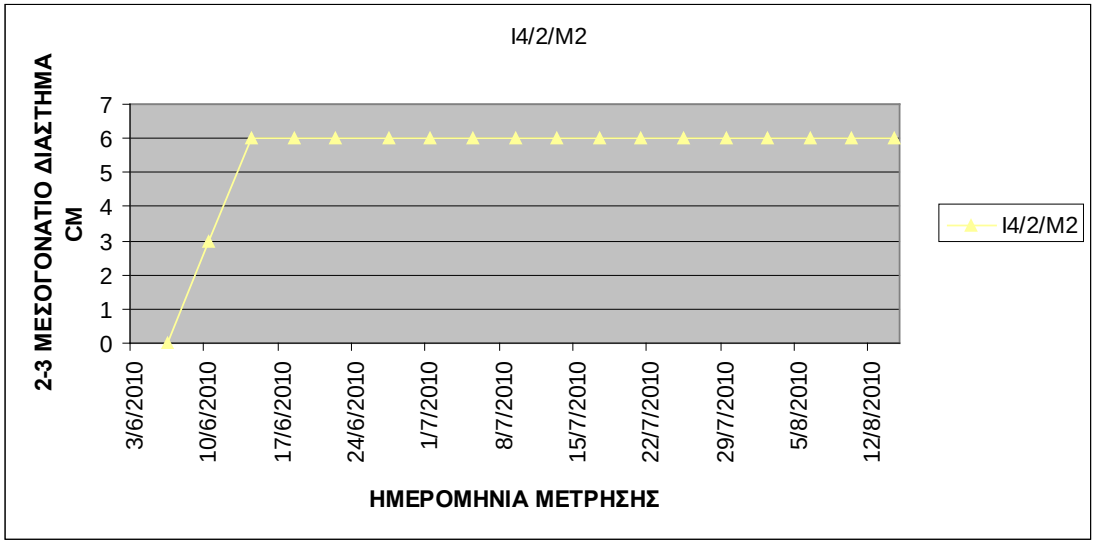
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 13/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή 543,90.



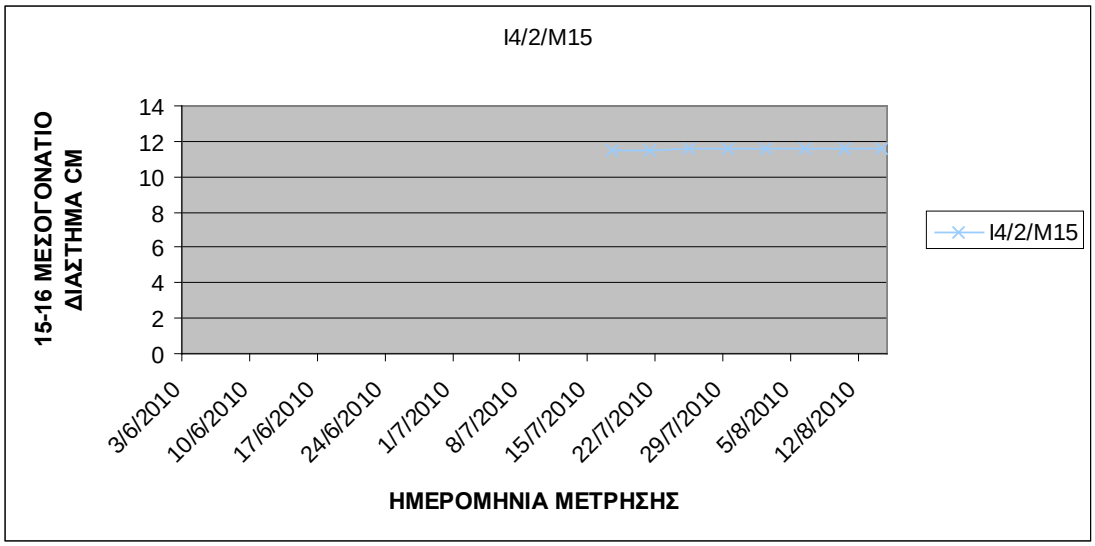
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας αριθμητικά την τιμή γινομένου 549,00 στης 13/07/2010.



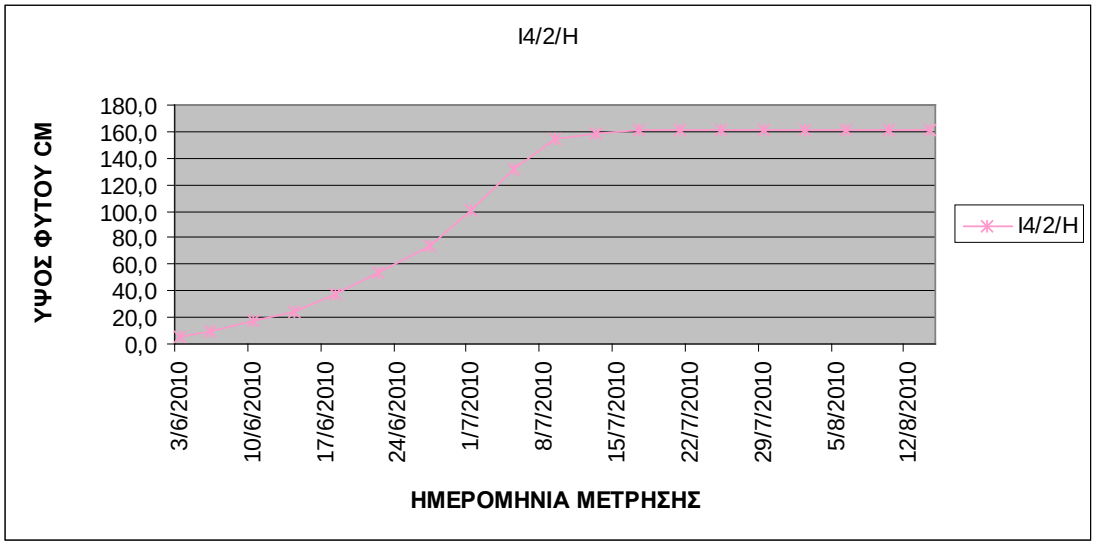
Η αύξηση του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 5cm, στης 14/06/2010



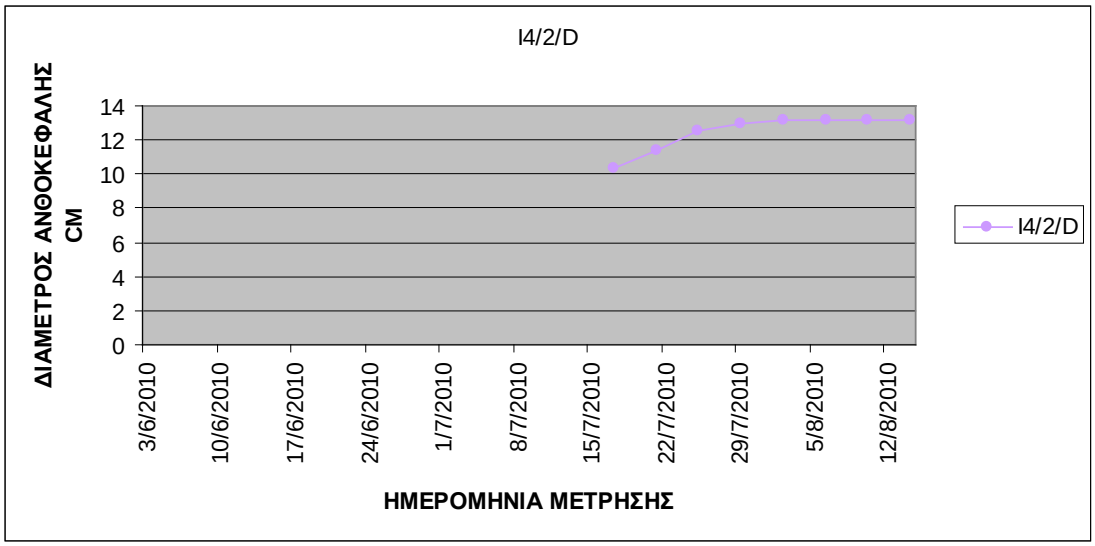
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 14/06/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 6,0cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου μεταβλήθηκε κατά ένα χιλιοστό την περίοδο της μέτρησης του, σταθεροποιώντας την στα 11,6cm στης 25/07/2010.



Οι κοτυληδόνες του I4/2 εμφανίστηκαν στης 25/05/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από 4,5cm στης 29/05/2010 και έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 17/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 161cm.

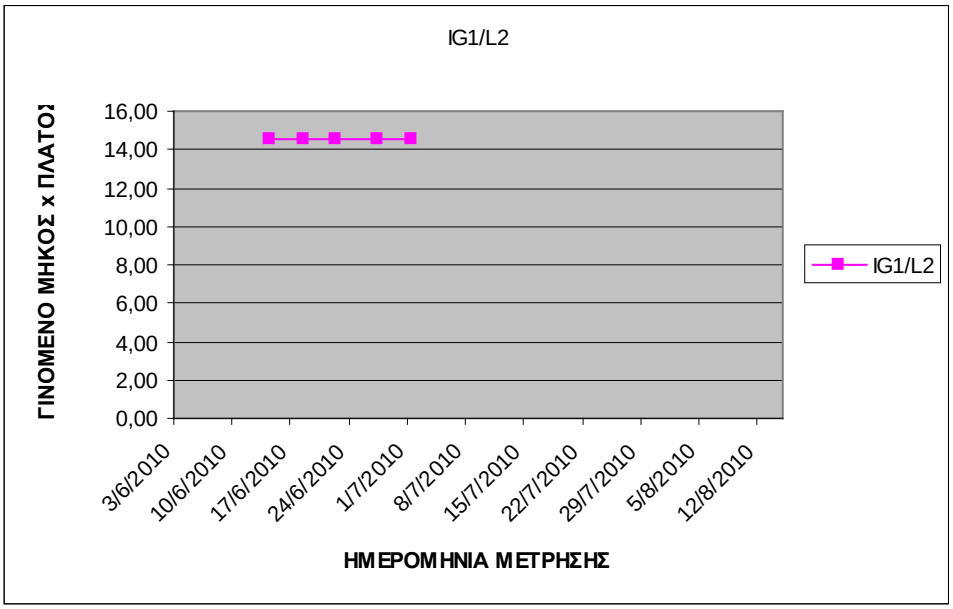


Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε στο φυτό μετά της 15/07/2010 λαμβάνοντας το πλήρες μέγεθος της στης 02/08/2010, τα 13,2cm.

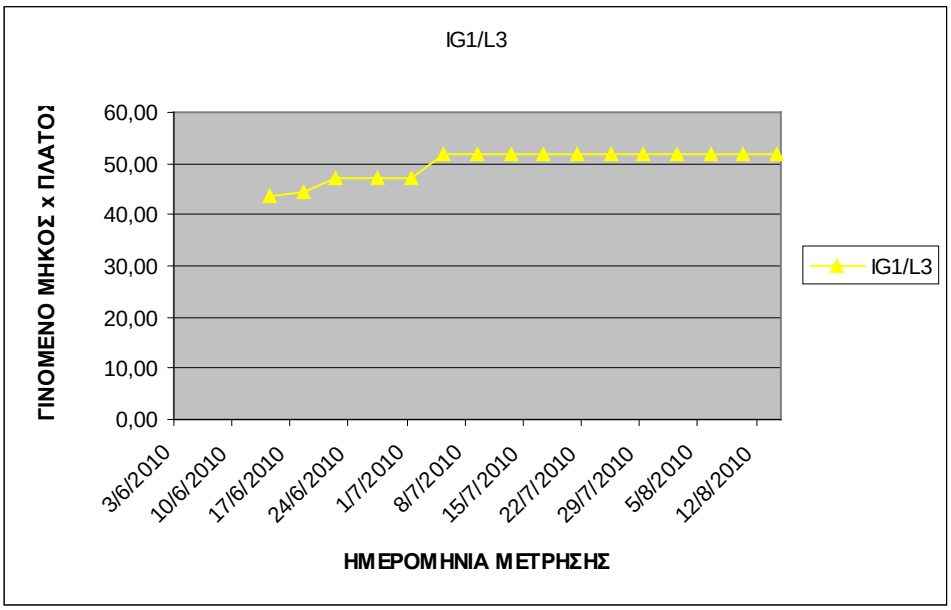
3. Φυτό IG1

	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
IG1/L1																			
IG1/L2				14,56	14,56	14,56	14,56	14,56											
IG1/L3				43,45	44,24	47,31	47,31	47,31	51,85	51,85	51,85	51,85	51,85	51,85	51,85	51,85	51,85	51,85	51,85
IG1/L4				39,76	94,34	116,16	116,16	116,16	116,16	116,16									
IG1/L5					101,37	109,74	109,74	109,74	111,86	111,86									
IG1/L6						157,76	163,03	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20	172,20
IG1/L7						139,86	168,36	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00
IG1/L8							165,00			194,40	194,40	194,40	194,40	194,40	194,40	194,40	194,40	194,40	194,40
IG1/L9							151,20	201,63	210,25										
IG1/L10							135,42	214,62	225,00	226,44	232,36	232,36	232,36	232,36	232,36	232,36	232,36	232,36	232,36
IG1/M1									1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
IG1/M2				1.7	3.2	3.2	3.2	3.2	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
IG1/M15												5,60	5,60	5,70	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
IG1/H	1,80	2,60	4,40	7,30	13,70	23,00	34,70	44,90	56,30	86,00	108,60	120,40	121,00	121,50	121,70	122,00	122,00	122,00	122,00
IG1/D												7,00	7,00	7,20	7,20	8,00	9,00	9,00	9,00

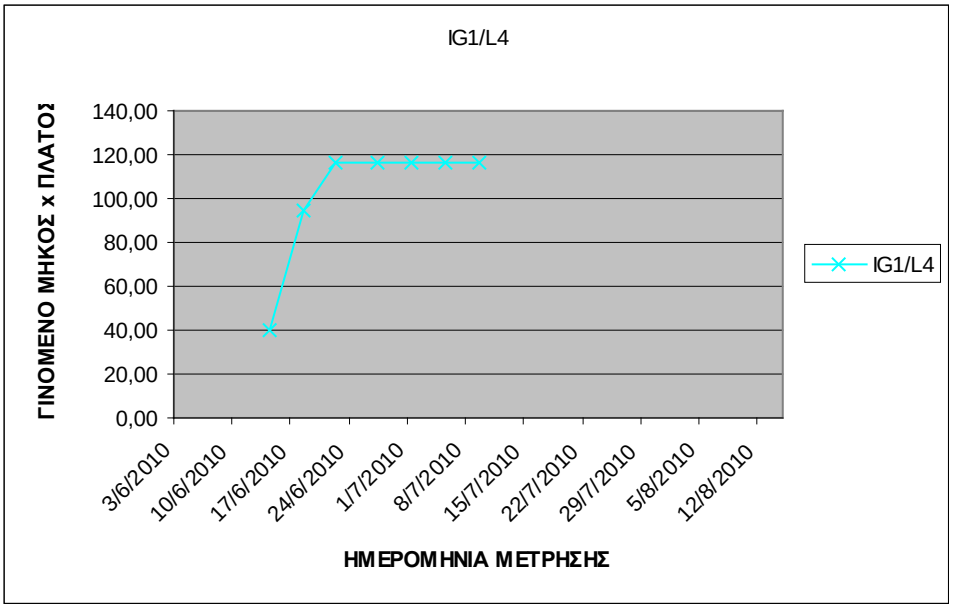
Το πρώτο φύλλο δεν μπορεί να μετρηθεί γιατί είναι κατσαρωμένο.



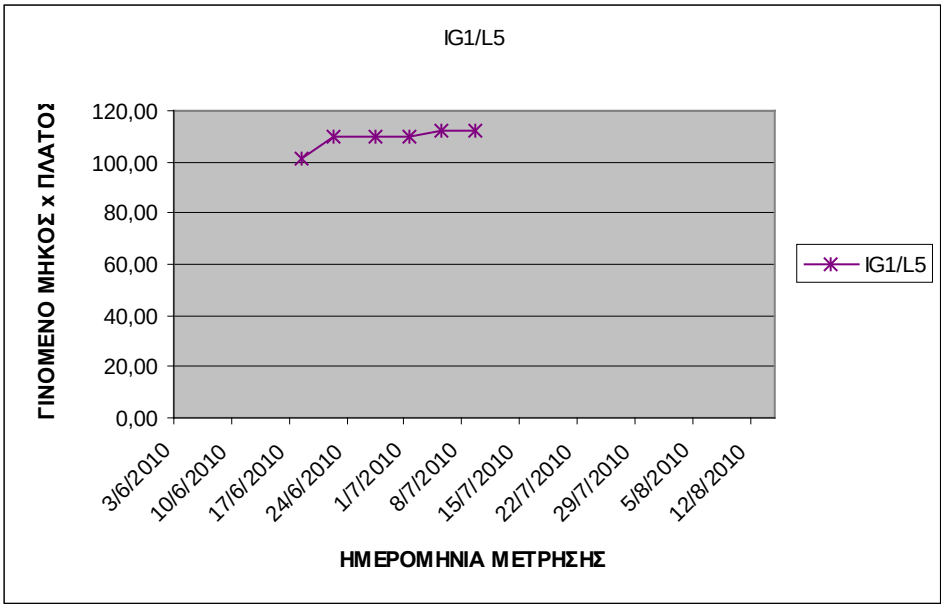
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 01/07/2010 και έπειτα ξεράθηκε.



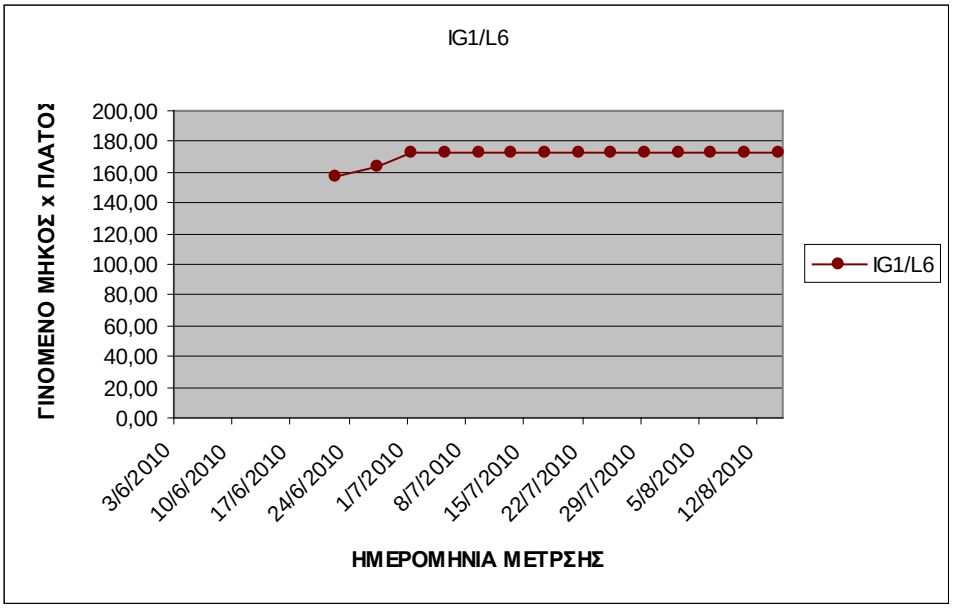
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 05/07/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



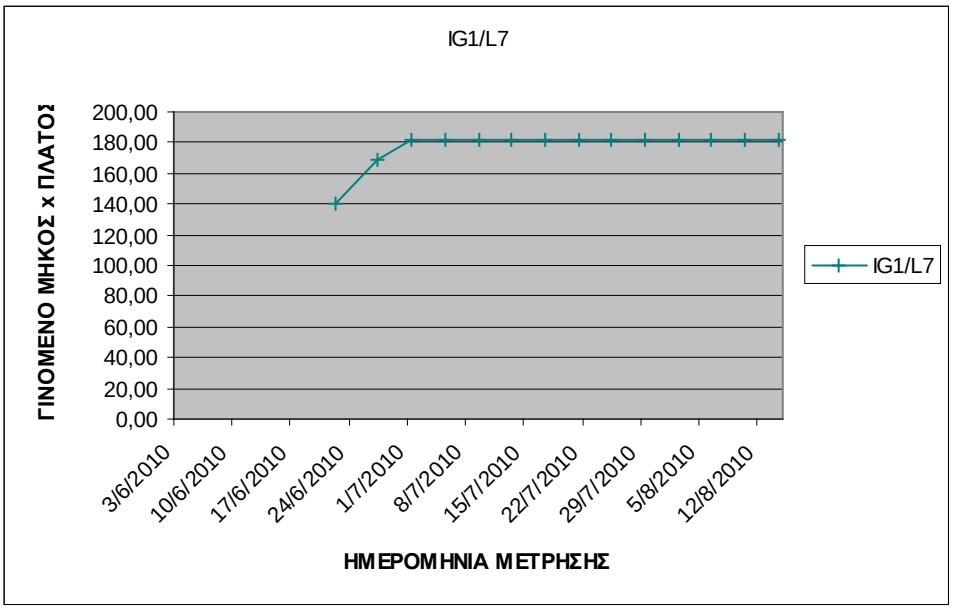
Ομοίως, το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 05/07/2010 αλλά στης 09/07/2010 παρουσίασε περιμετρική ξήρανση και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



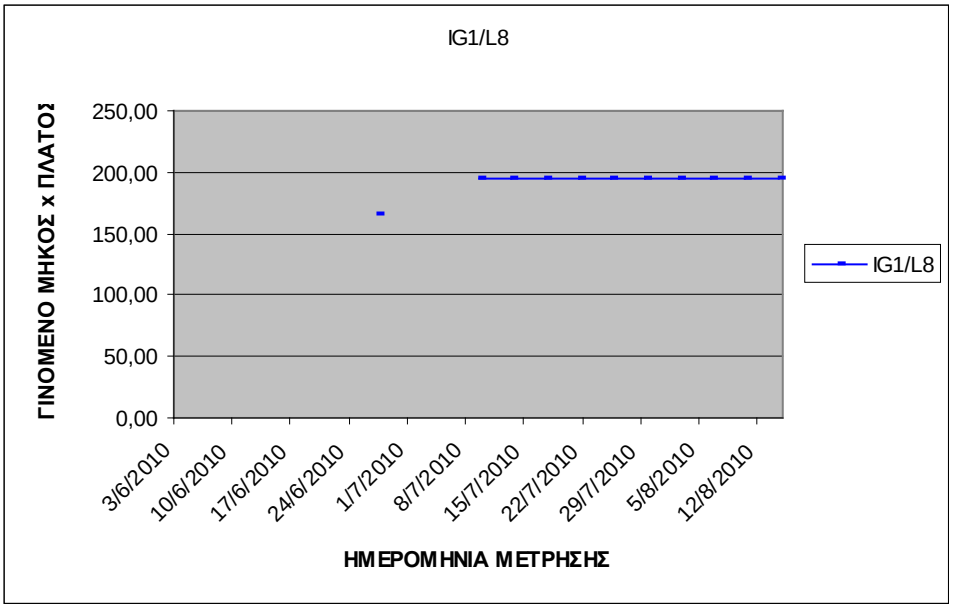
Το εμβαδόν του πέμπτου φύλλου αναπτύχθηκε μέχρι της 05/07/2010. Παρουσίασε ξήρανση της άκρης του φύλλου στης 09/07/2010 και έκτοτε οι μετρήσεις της επιφάνειας δεν ήταν αντιπροσωπευτικές της ανάπτυξης του φύλλου.



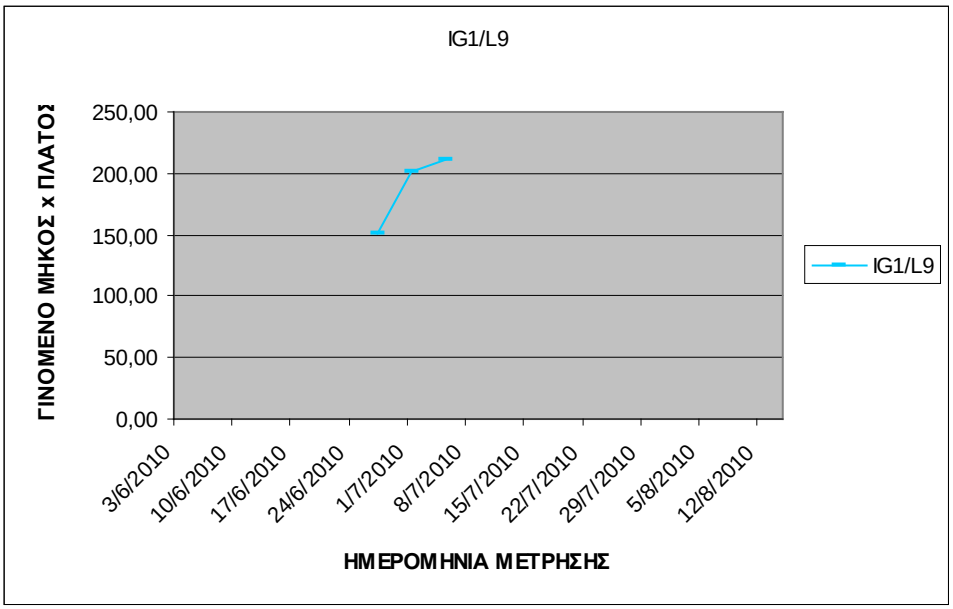
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 01/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 172,20.



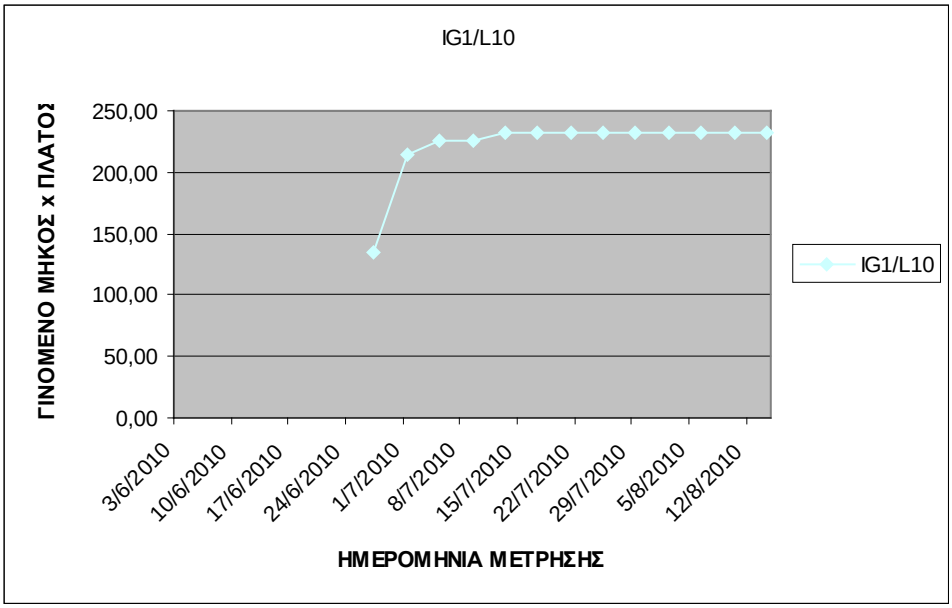
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 182,00 στης 01/07/2010.



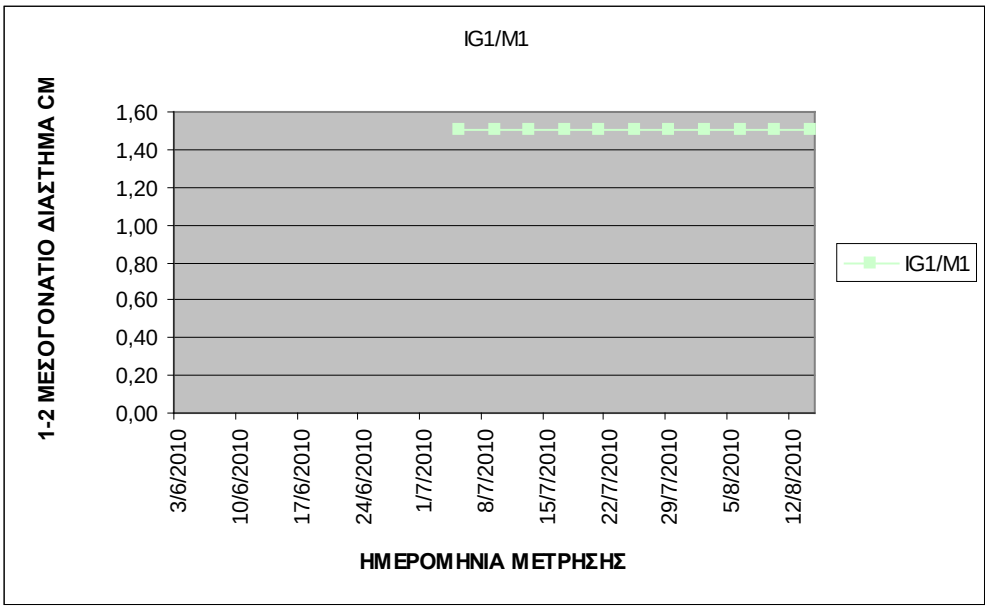
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 09/07/2010, με τιμή γινομένου 194,40 .



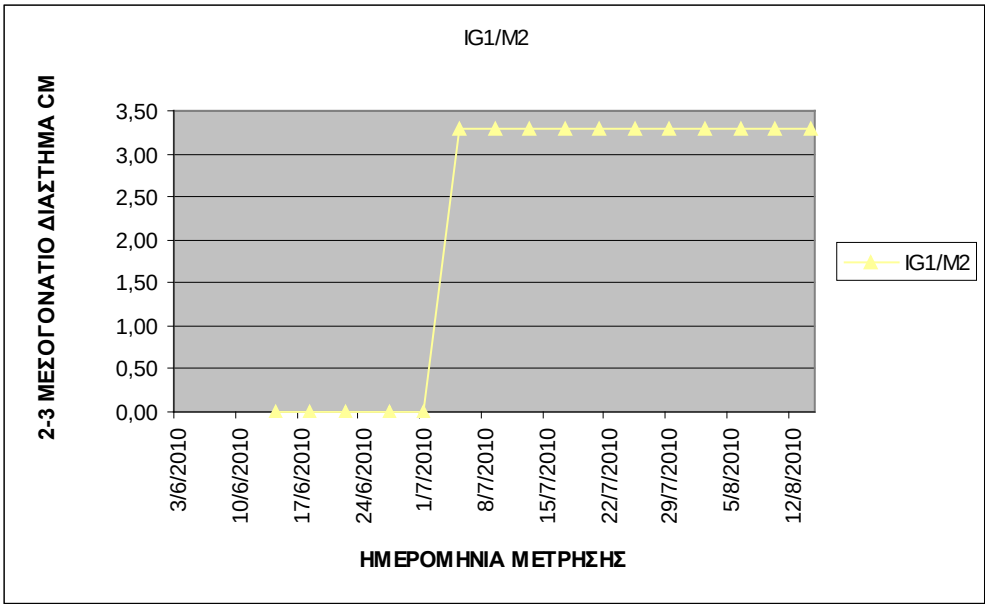
Το ένατο φύλλο αναπτύχθηκε μέχρι της 05/07/2010 κανονικά. Έπειτα εμφάνισε σκισίματα και φαγωμένες περιοχές καθιστώντας την μέτρηση του αδύνατη.



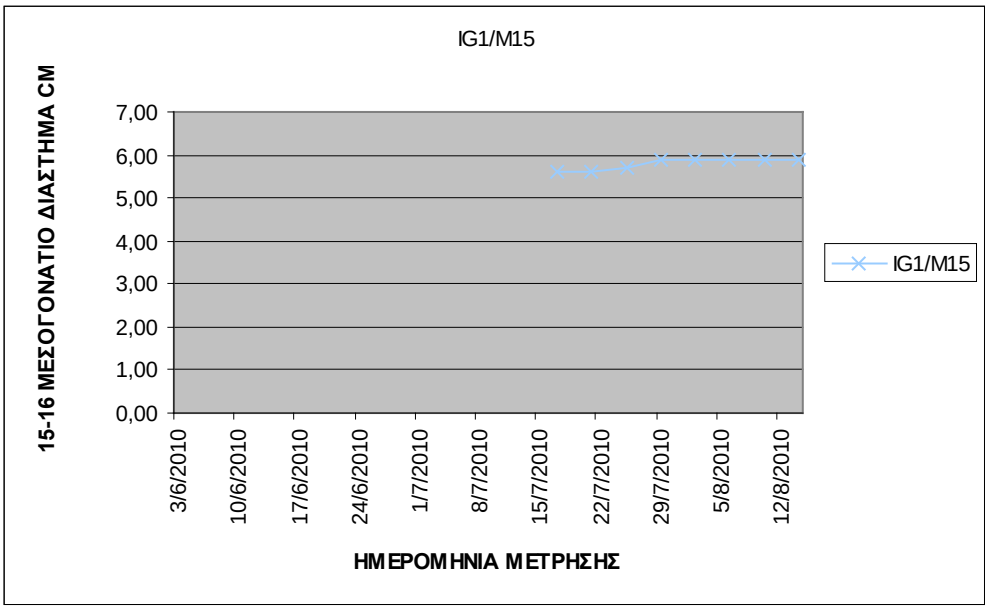
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στην τιμή γινομένου των 232,36 στης 13/07/2010.



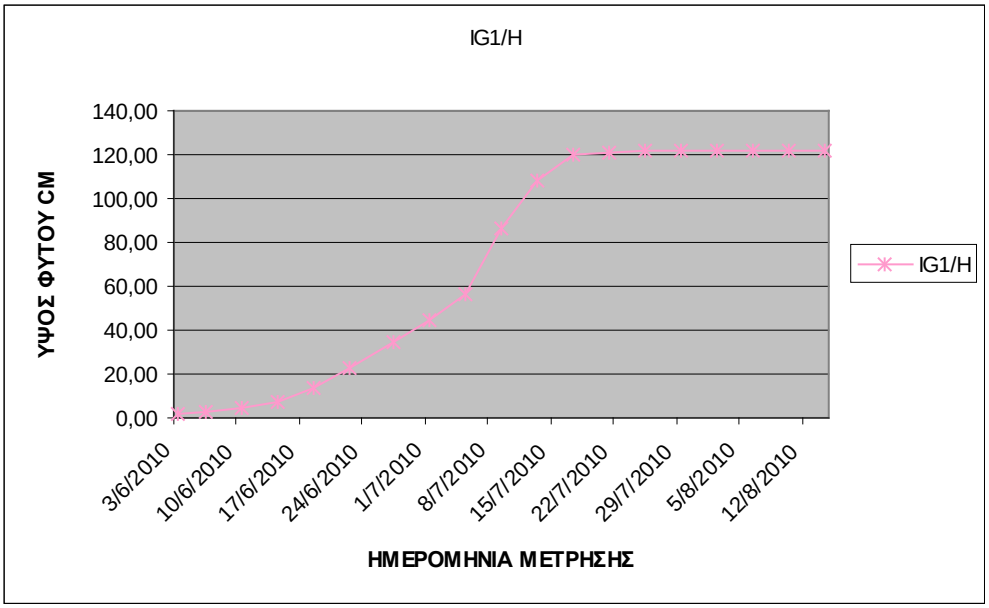
Η τιμή του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, είναι 1,5cm.



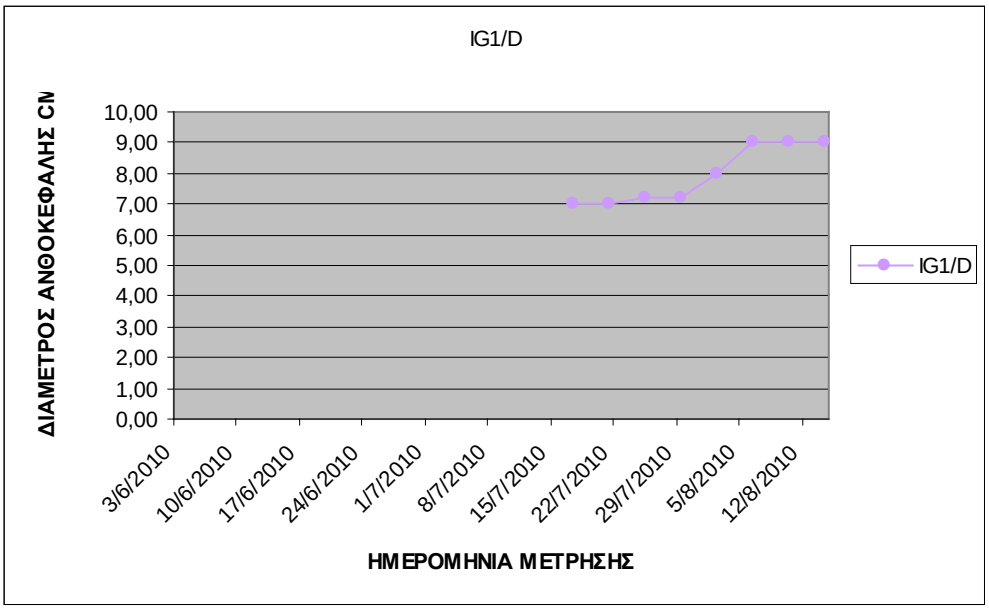
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 05/07/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 3,3cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου σταθεροποιήθηκε στα 5,9cm στην μέτρηση που έγινε στης 29/07/2010.



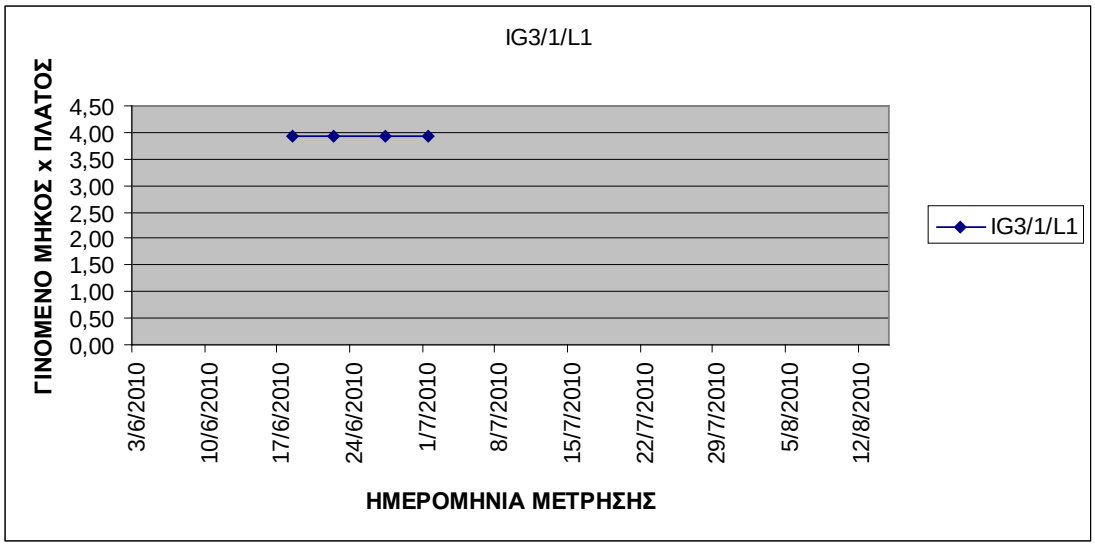
Οι κοτυληδόνες του IG1 εμφανίστηκαν στης 29/05/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από 1,8cm στης 03/06/2010 έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 122cm.



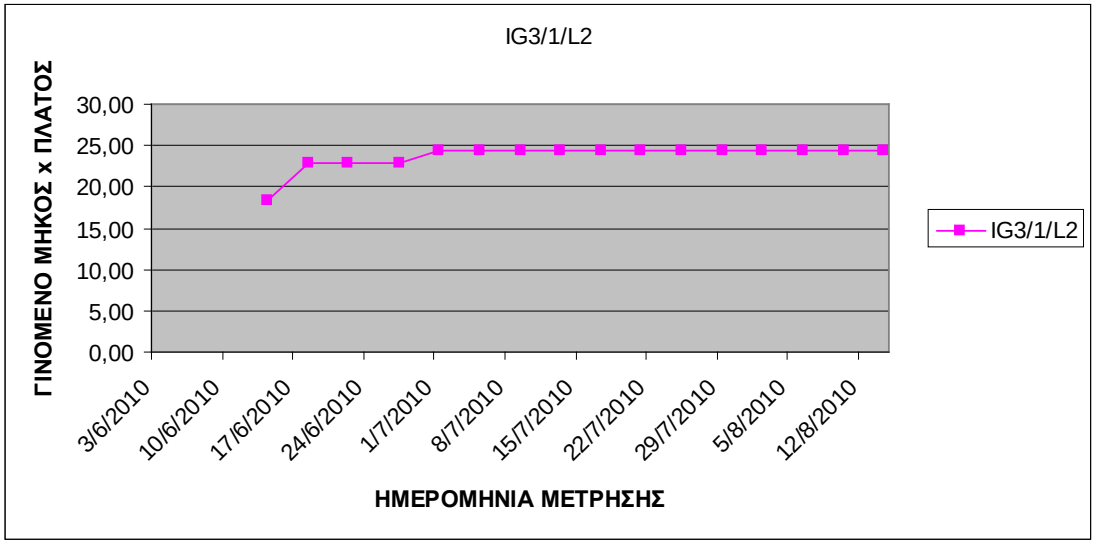
Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε στο φυτό μετά της 15/07/2010 λαμβάνοντας το πλήρες μέγεθος της στης 06/08/2010, τα 9cm.

4. Φυτό IG3.1

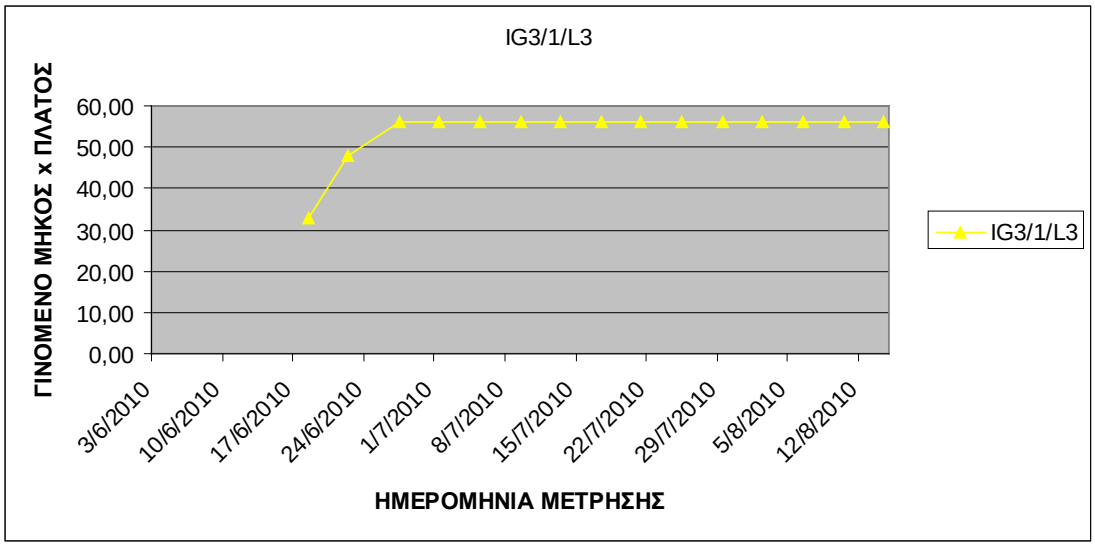
	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
IG3/1/L1					3,92	3,92	3,92	3,92											
IG3/1/L2				18,30	22,78	22,78	22,78	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48
IG3/1/L3					32,85	47,85	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07
IG3/1/L4						86,32	104,88	104,88	107,16	107,16	107,16	107,16	107,16	107,16	107,16	107,16	107,16	107,16	107,16
IG3/1/L5							120,84	145,20	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
IG3/1/L6							120,51	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50
IG3/1/L7								165,00	171,45	171,45	183,48	183,48	183,48	183,48	183,48	183,48	183,48	183,48	183,48
IG3/1/L8								158,76	189,00	197,38	205,90	205,90	205,90	205,90	205,90	205,90	205,90	205,90	205,90
IG3/1/L9								153,75	207,35	213,16	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00
IG3/1/L10								110,00	193,05	213,00	223,30	234,05	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86
IG3/1/M1					3,00	3,00	3,00	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
IG3/1/M2					1,40	3,40	3,70	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
IG3/1/M15												4,30	4,30	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
IG3/1/H	0,90	1,30	2,10	3,70	7,30	13,90	24,00	37,30	59,00	79,50	104,60	125,70	131,50	141,00	141,00	141,00	141,00	141,00	141,00
IG3/1/D												7,30	9,20	13,00	15,40	18,00	18,00	18,00	18,00



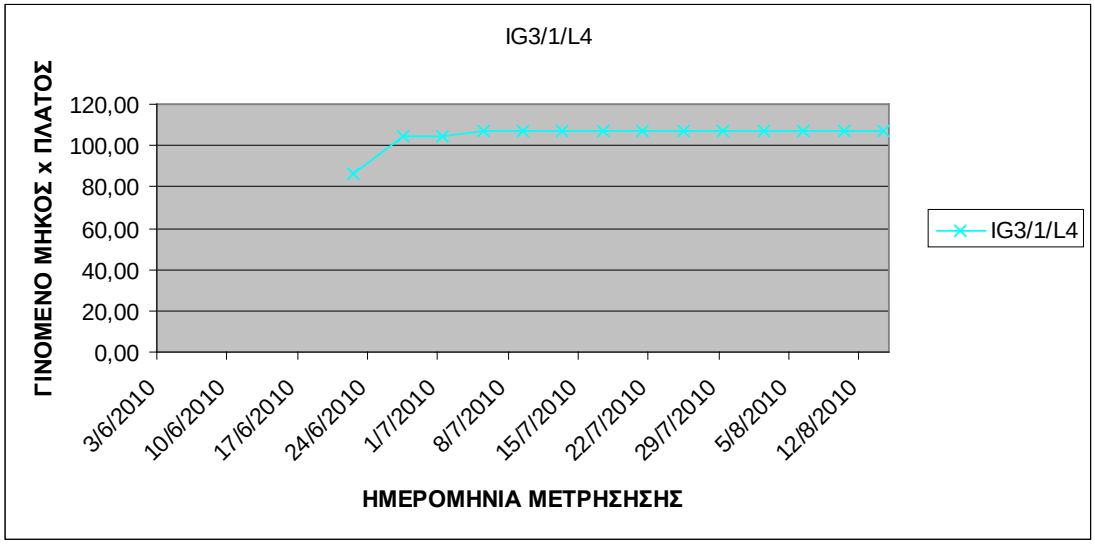
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή μετά την τέταρτη μέτρηση γιατί στης 05/07/2010 ξεράθηκε.



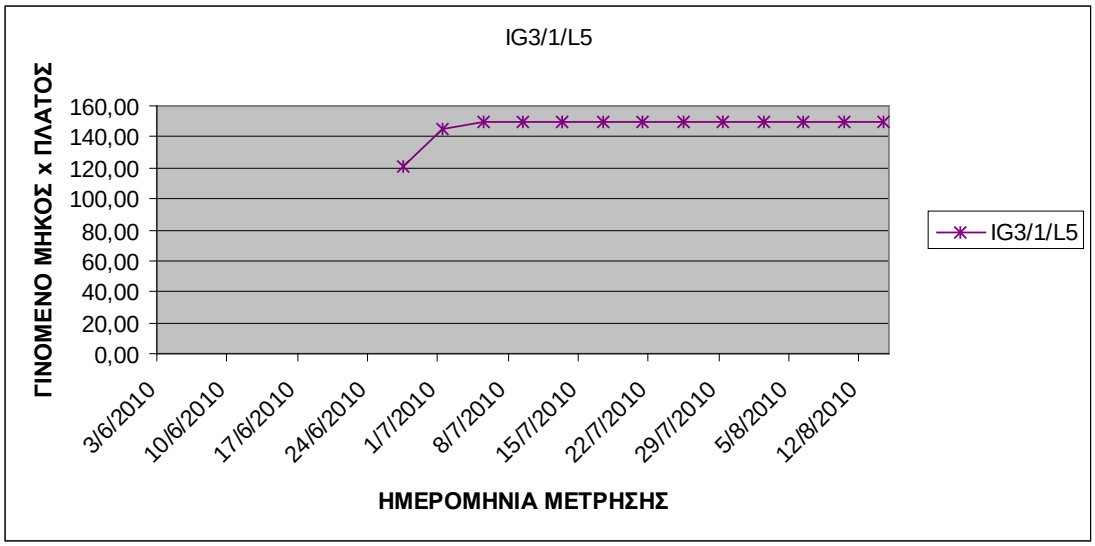
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 01/07/2010 και διατηρήθηκε έτσι μέχρι το τέλος των μετρήσεων.



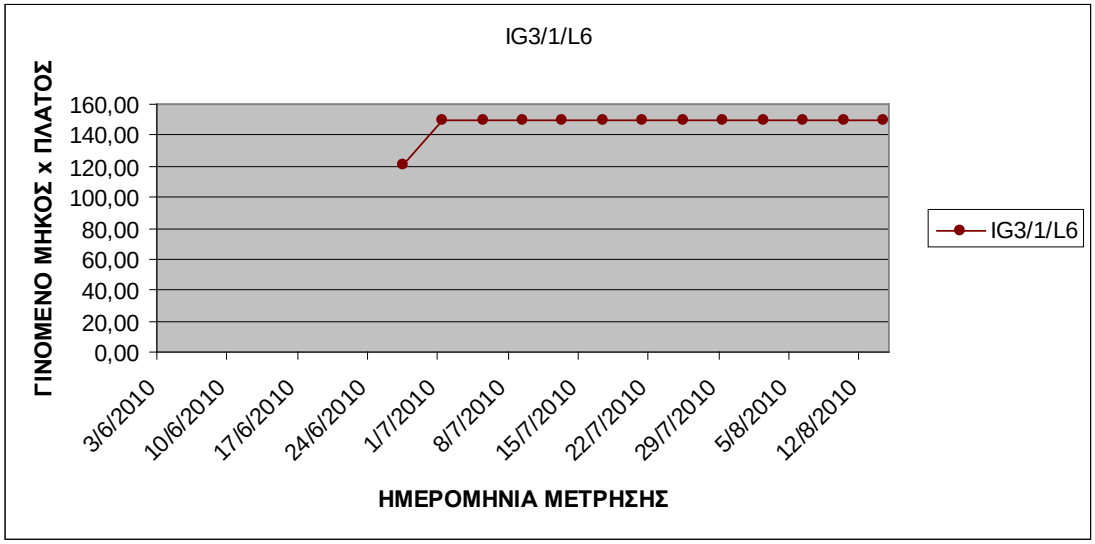
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 27/06/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



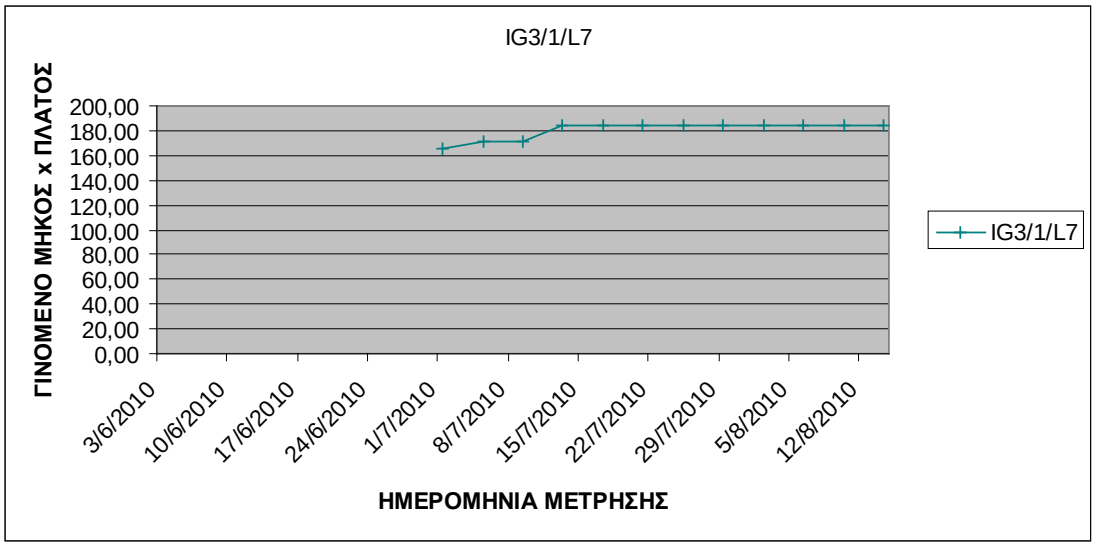
Το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 05/07/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



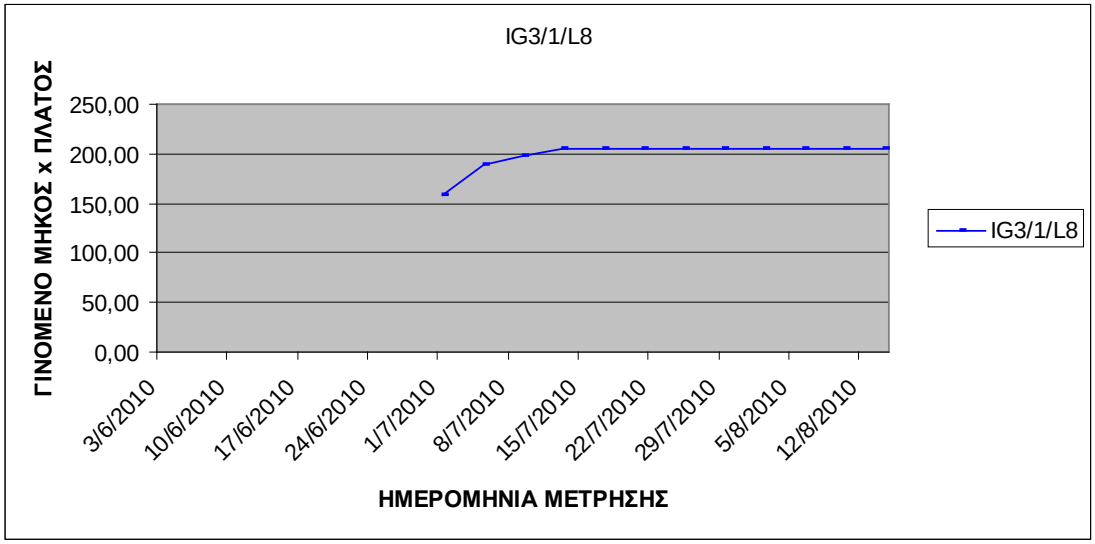
Το εμβαδόν του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 05/07/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 150,00 .



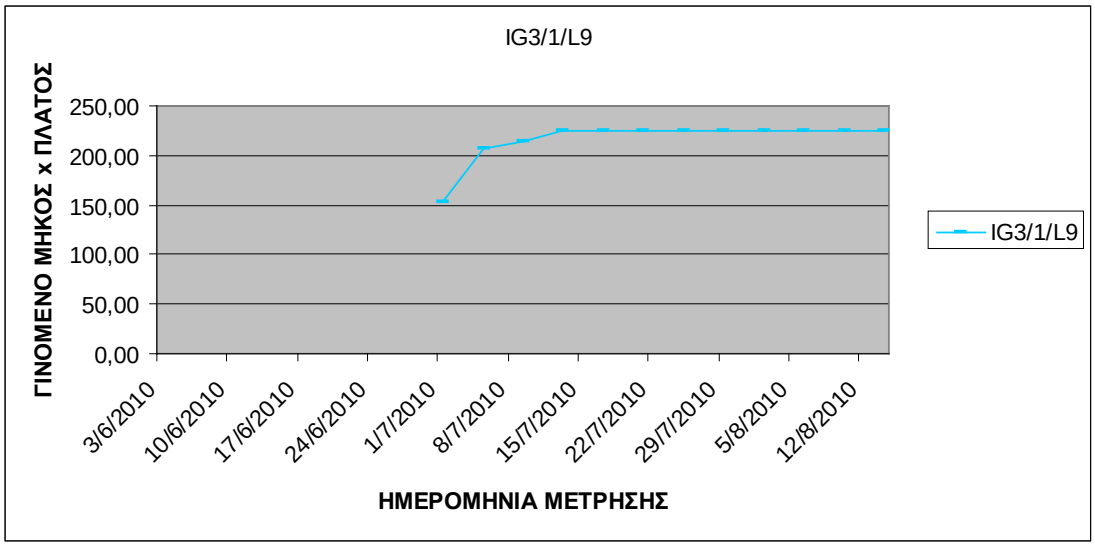
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 01/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 149,50 .



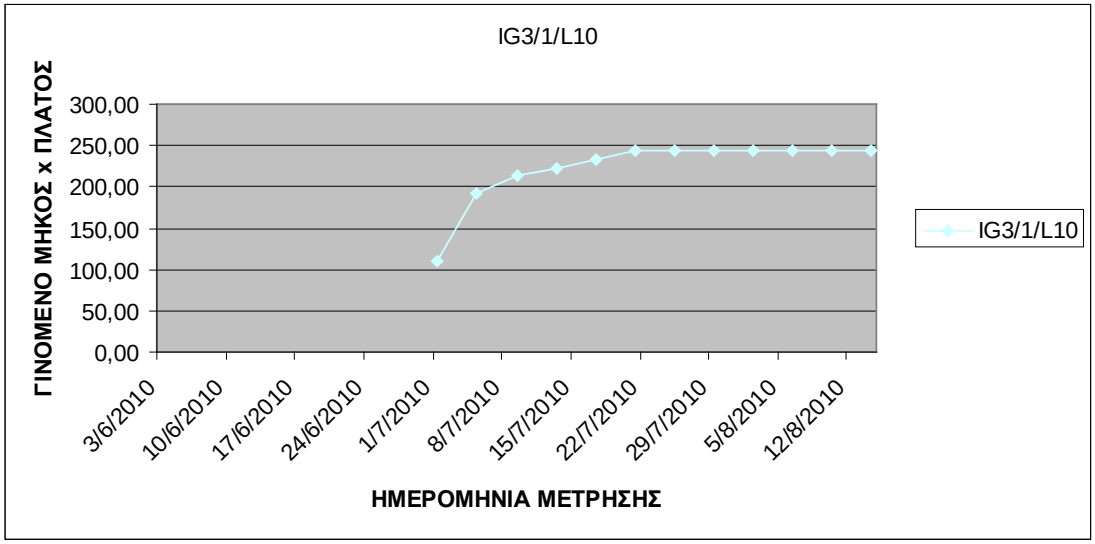
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 183,48 στης 13/07/2010.



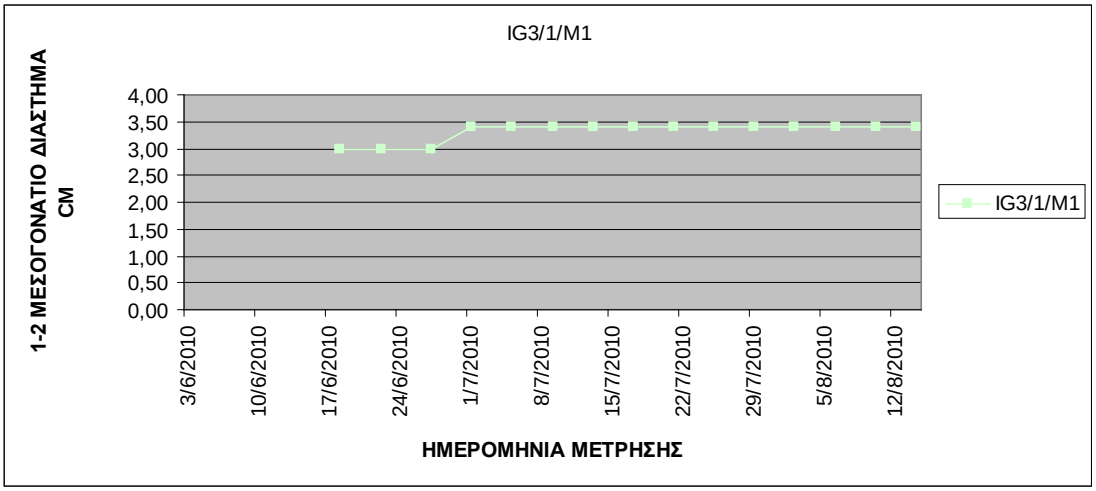
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 13/07/2010, με τιμή γινομένου 205,90 .



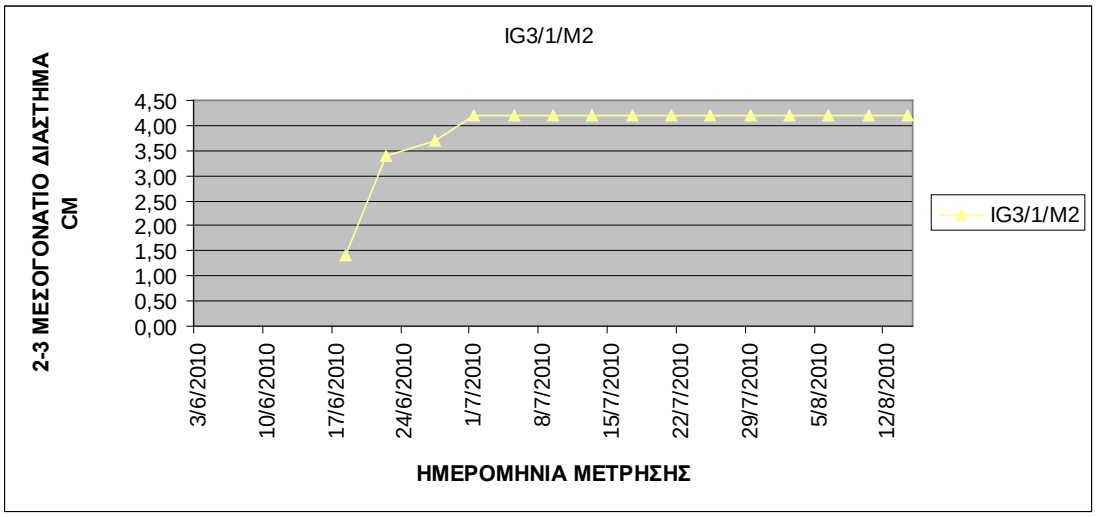
Ομοίως με το όγδοο φύλλο, το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 13/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 225,00.



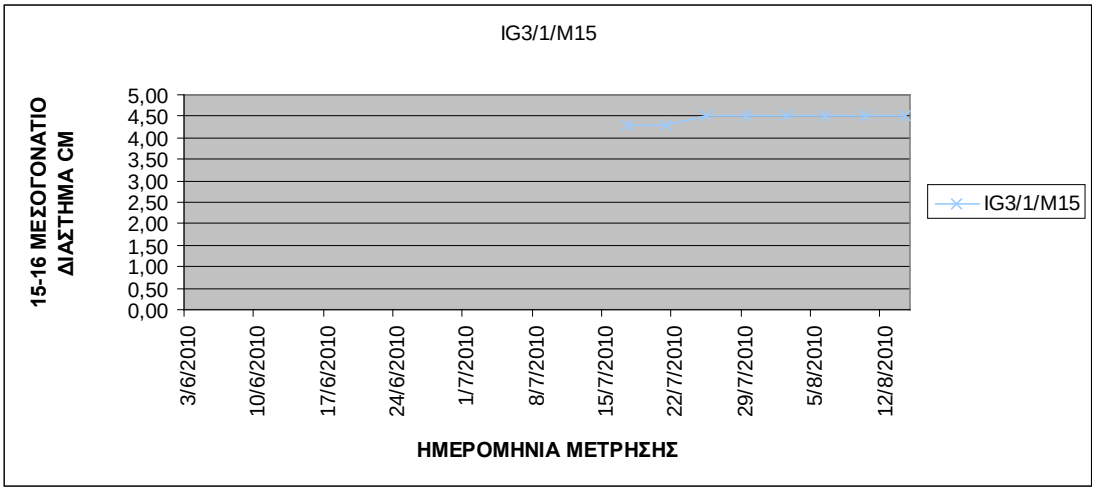
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στην τιμή γινομένου των 244,86 στης 21/07/2010.



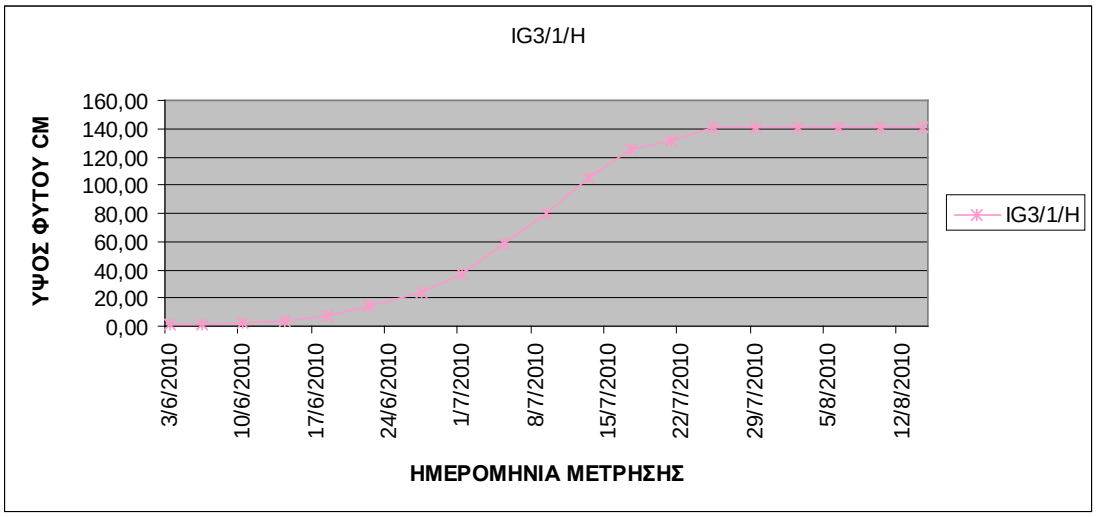
Η αύξηση του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 3,4cm, στης 01/07/2010



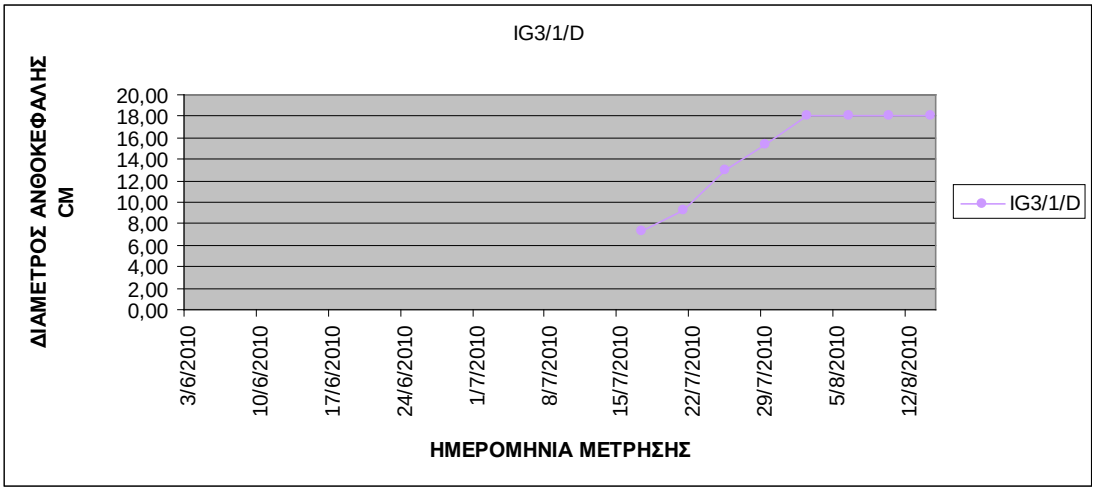
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 01/07/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 4,2cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου έφτασε στα 4,5cm στης 02/08/2010.



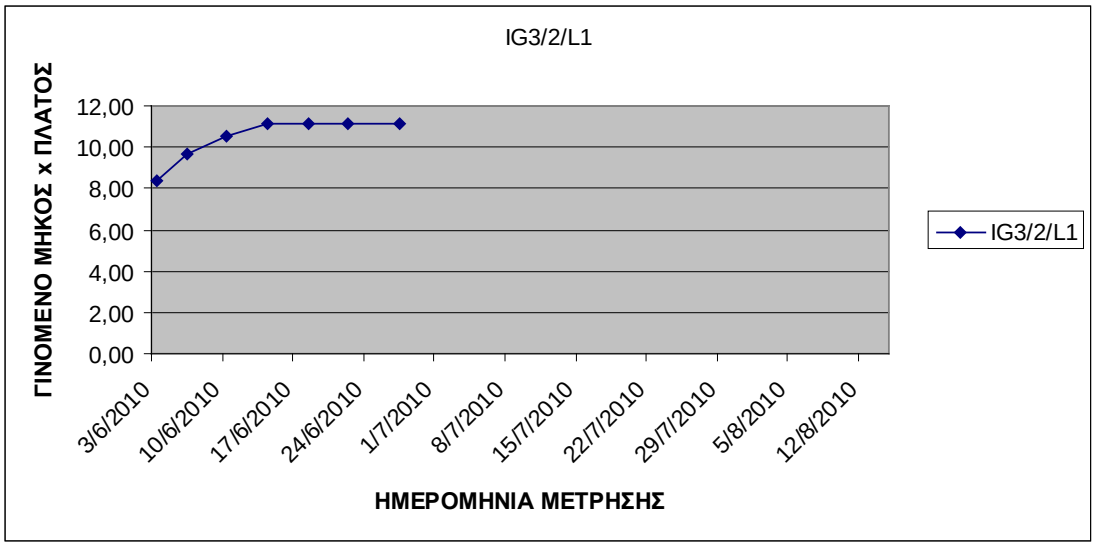
Οι κοτυληδόνες του IG3/1 εμφανίστηκαν στης 25/05/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από τα 0,9cm στης 03/06/2010 μετά από δύο μήνες έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 141,5cm.



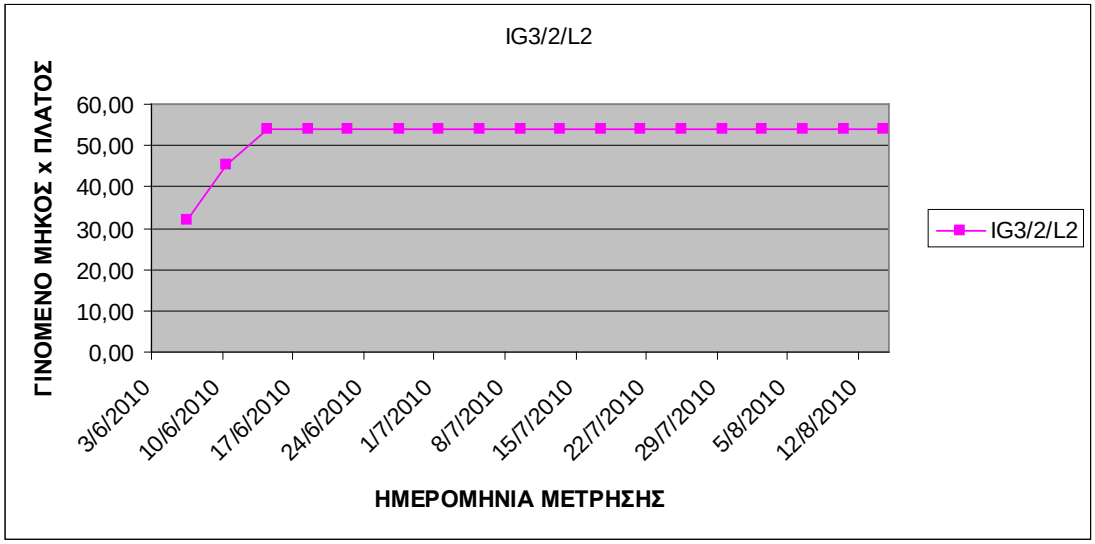
Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε στο φυτό μετά της 15/07/2010 λαμβάνοντας το πλήρες μέγεθος της στης 02/08/2010, τα 18cm.

5. Φυτό IG3.2

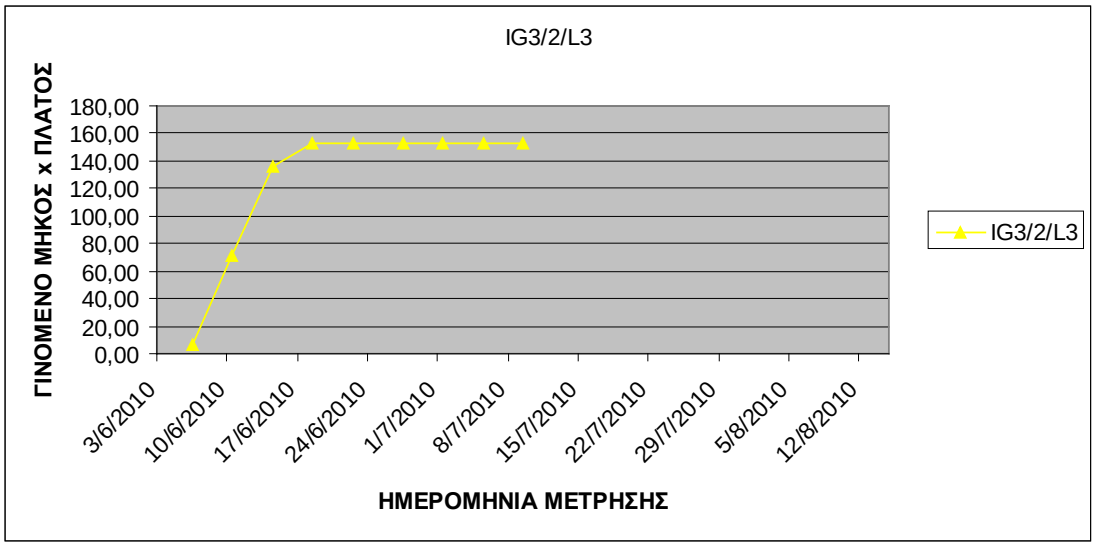
	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
IG3/2/L1	8,36	9,66	10,50	11,13	11,13	11,13	11,13												
IG3/2/L2		31,92	45,50	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00
IG3/2/L3		6,80	71,54	135,68	153,18	153,18	153,18	153,18	153,18	153,18									
IG3/2/L4					227,01	241,92	243,36	256,50	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75
IG3/2/L5					253,50	295,48	295,48	295,48	322,00	329,22	329,22	329,22	329,22	329,22	329,22	329,22	329,22	329,22	329,22
IG3/2/L6						315,00	315,00	327,25	353,28	353,28	353,28	353,28	353,28	353,28	353,28	353,28	353,28	353,28	353,28
IG3/2/L7						288,75	318,42	351,00	360,75	360,75	360,75	360,75	360,75	360,75	360,75	360,75	360,75	360,75	360,75
IG3/2/L8							343,80	378,24	384,15	384,15	384,15	384,15	384,15	384,15	384,15	384,15	384,15	384,15	384,15
IG3/2/L9							338,40	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84	362,84
IG3/2/L10							357,20	415,16	428,00	444,40	473,80	473,80	473,80	473,80	473,80	473,80	473,80	473,80	473,80
IG3/2/M1			2,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
IG3/2/M2			1,40	3,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
IG3/2/M15												7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
IG3/2/H	4,30	5,30	9,80	16,40	24,50	38,80	56,50	79,80	115,00	138,60	154,00	159,00	161,00	162,00	163,00	164,00	164,00	164,00	164,00
IG3/2/D												13,50	17,80	19,30	21,50	22,00	22,00	22,00	22,00



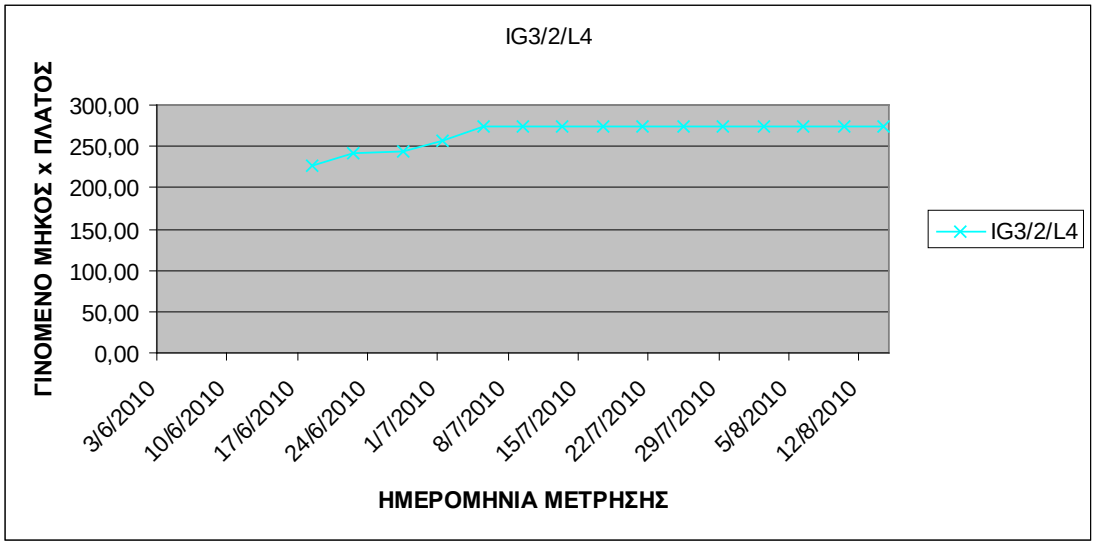
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή μέχρι το τέλος των μετρήσεων γιατί από την μέτρηση στης 01/07/2010 είχε ξεραθεί.



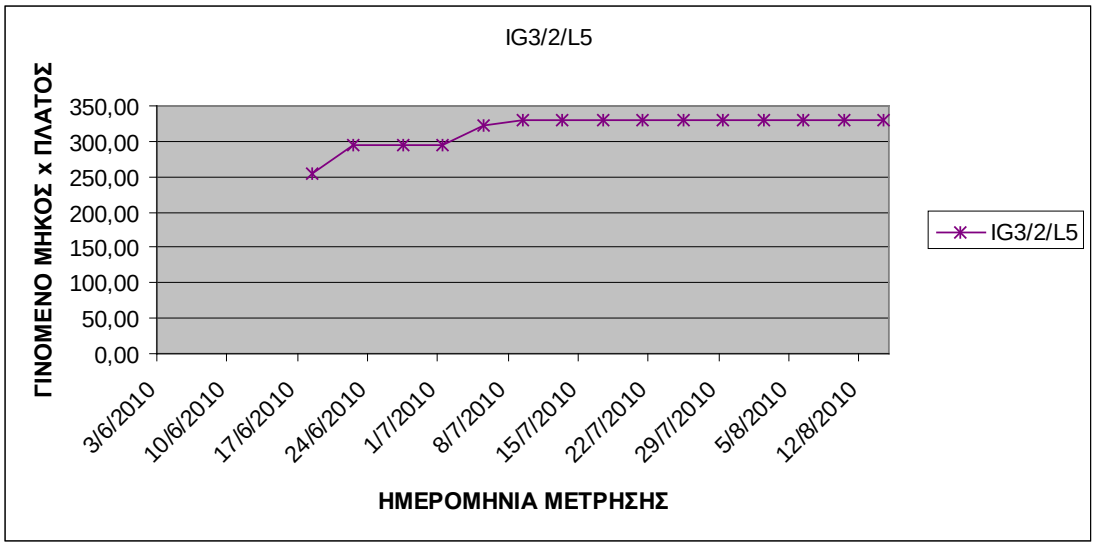
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 14/06/2010, διατηρώντας το μέγεθος του ως το τέλος των μετρήσεων.



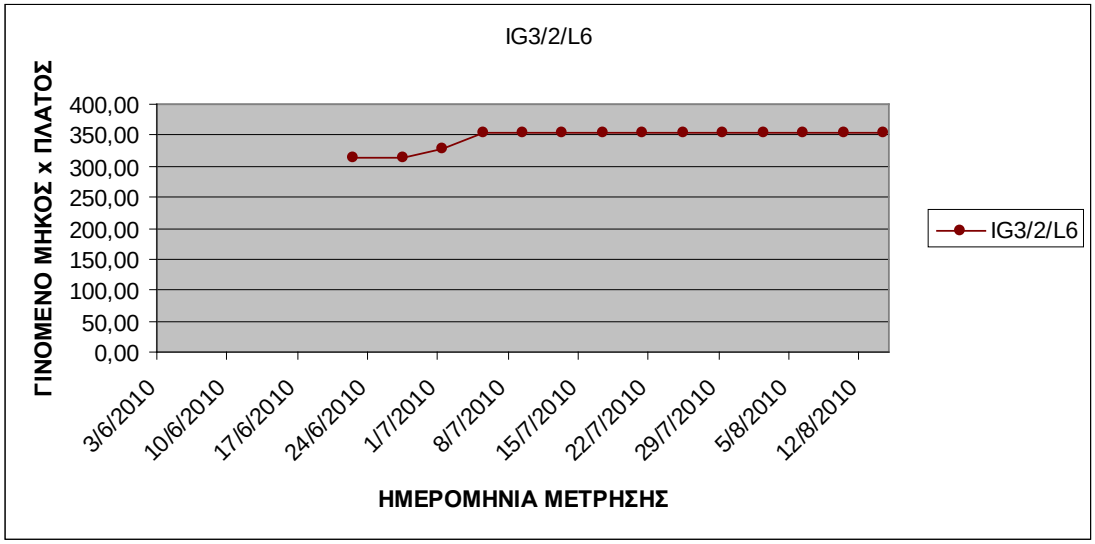
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 18/06/2010, διατηρήθηκε έτσι ως την μέτρηση στης 09/07/2010, έπειτα εμφάνισε μεσονεύρια και περιμετρική ξήρανση του φύλλου.



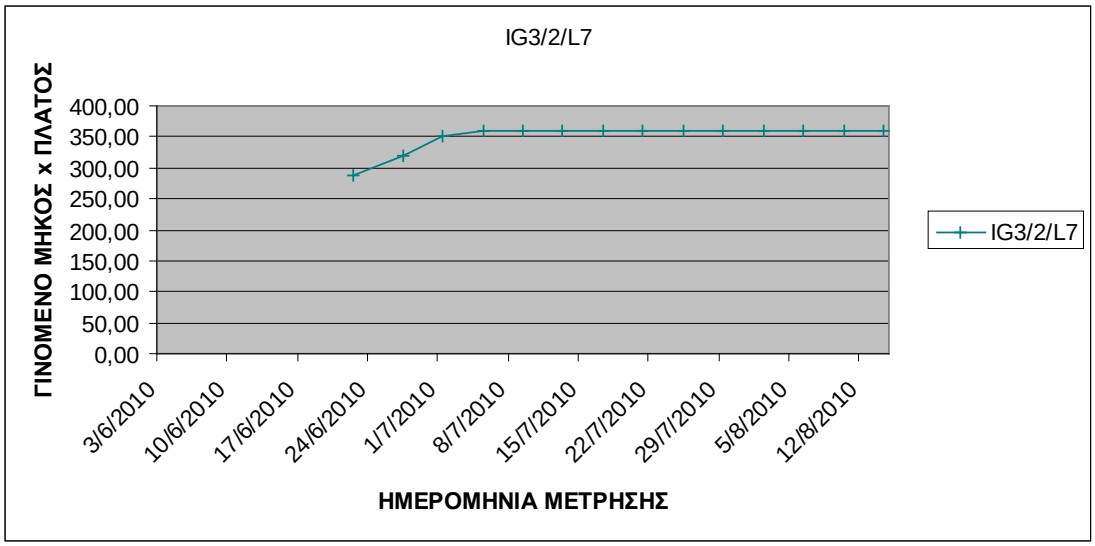
Το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 05/07/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



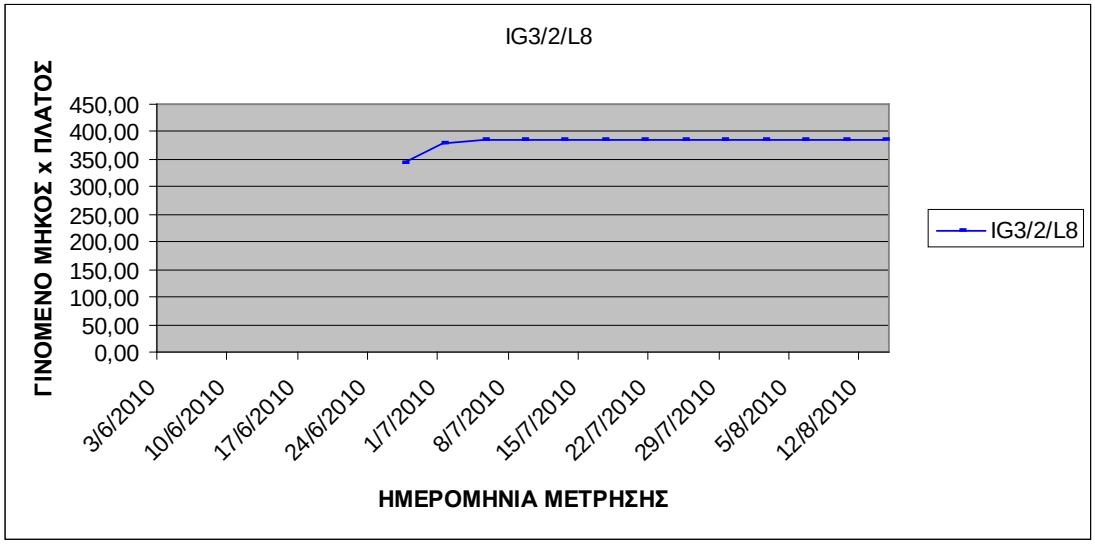
Το εμβαδόν του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε με διαφορά τεσσάρων ημερών σε σχέση με το τέταρτο στης 09/07/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 329,22.



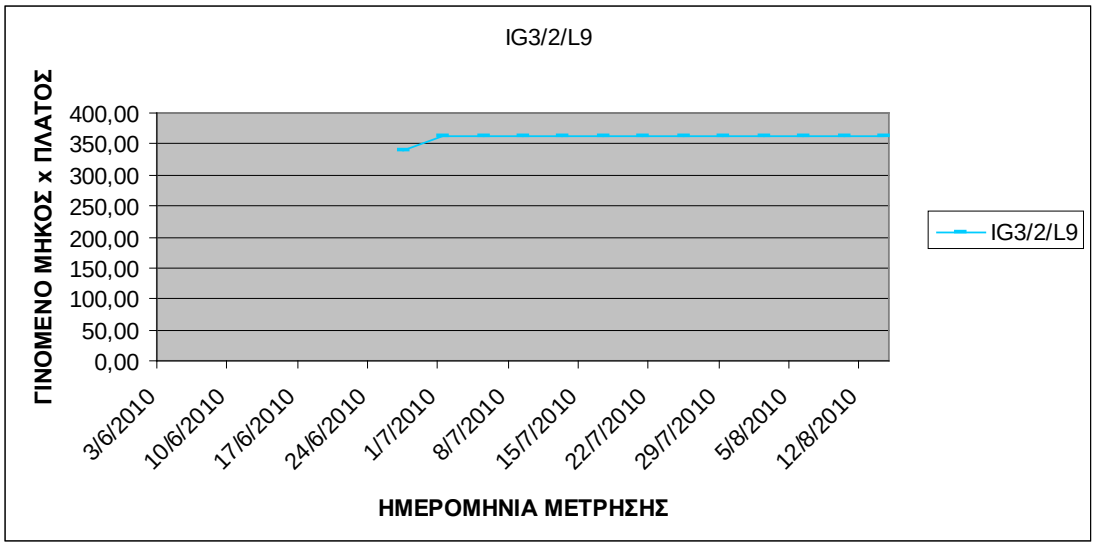
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 05/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 353,28 . Στης 09/07/2010 παρουσιάστηκε περιμετρική ξήρανση.



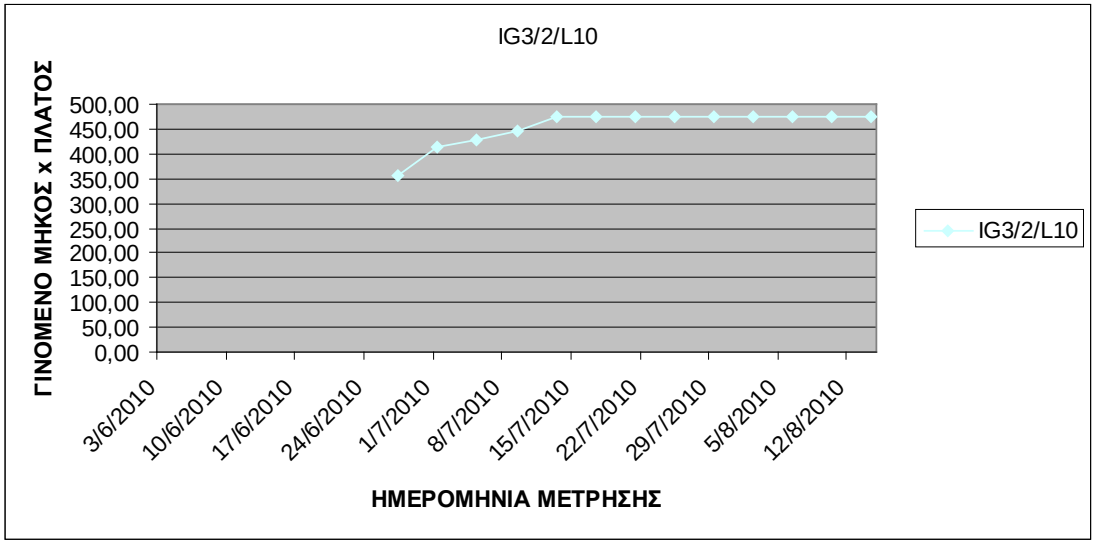
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 360,75 στης 05/07/2010.



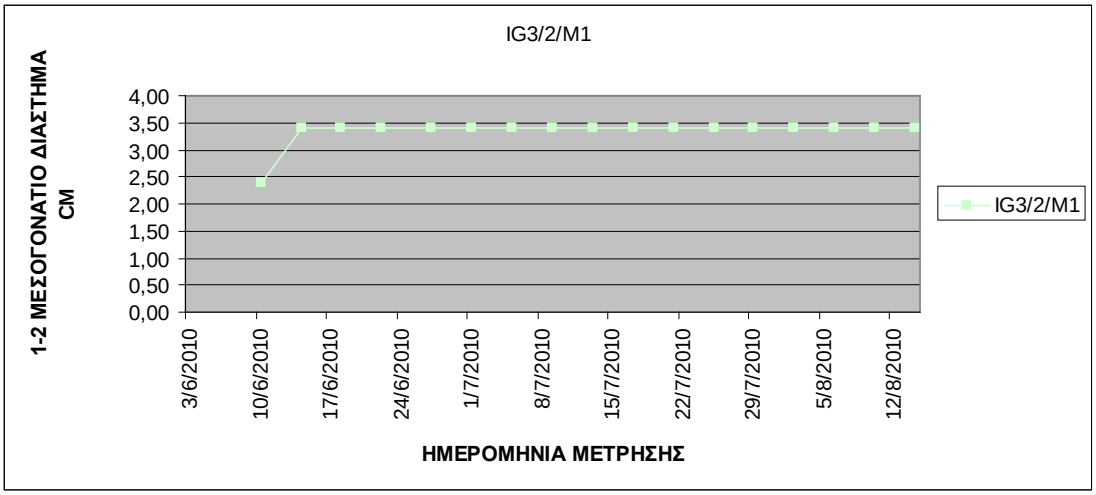
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου αναπτύχθηκε μέχρι της 05/07/2010, με τιμή γινομένου 384,15, μετά εμφανίστηκαν συμπτώματα μεσονεύριας ξήρανσης σταματώντας την ανάπτυξη του φύλλου.



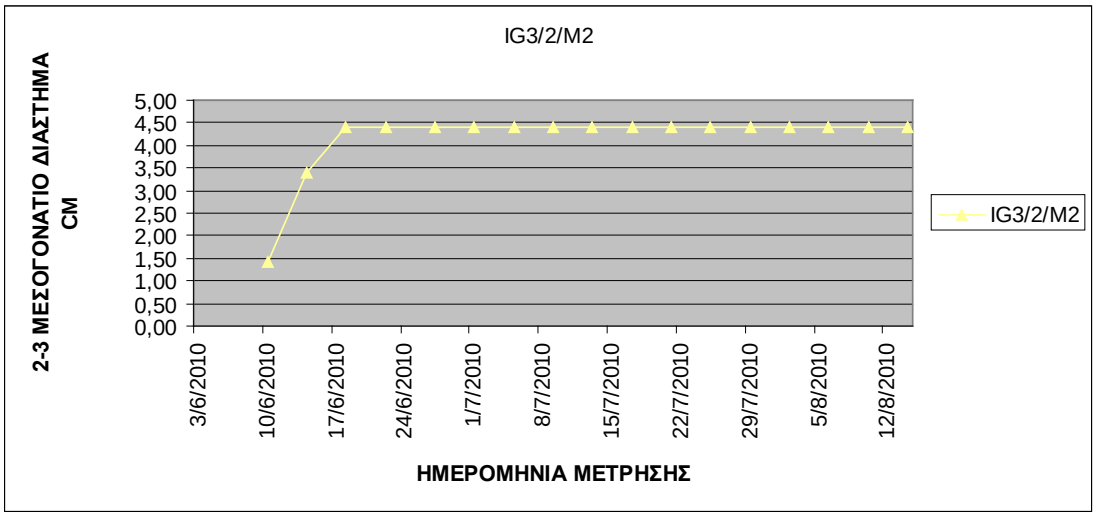
Ομοίως με το όγδοο φύλλο, το ένατο φύλλο έλαβε την τιμή γινομένου 362,84 στης 01/07/2010 και ακολούθησε μεσονεύρια ξήρανση του φύλλου.



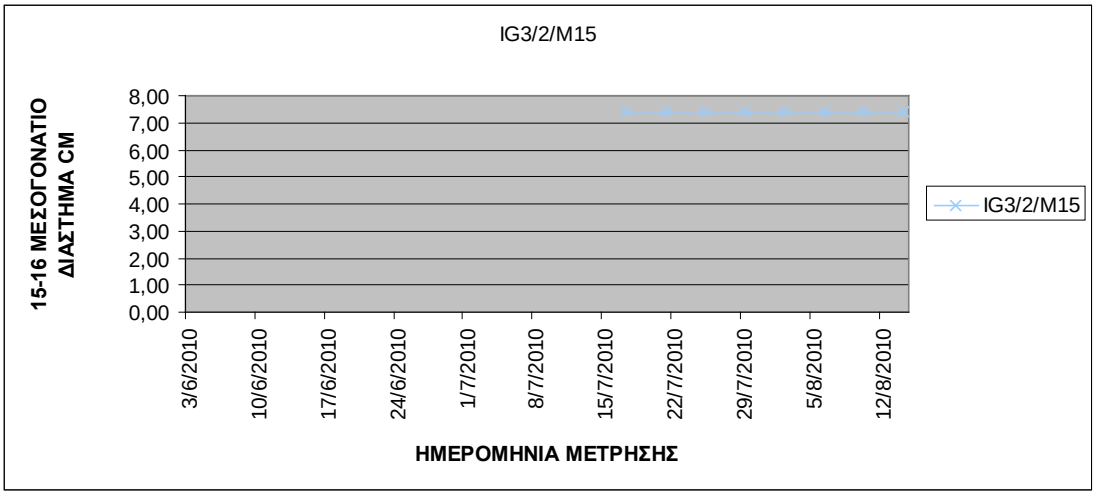
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στη μέγιστη τιμή γινομένου 473,80 στης 13/07/2010.



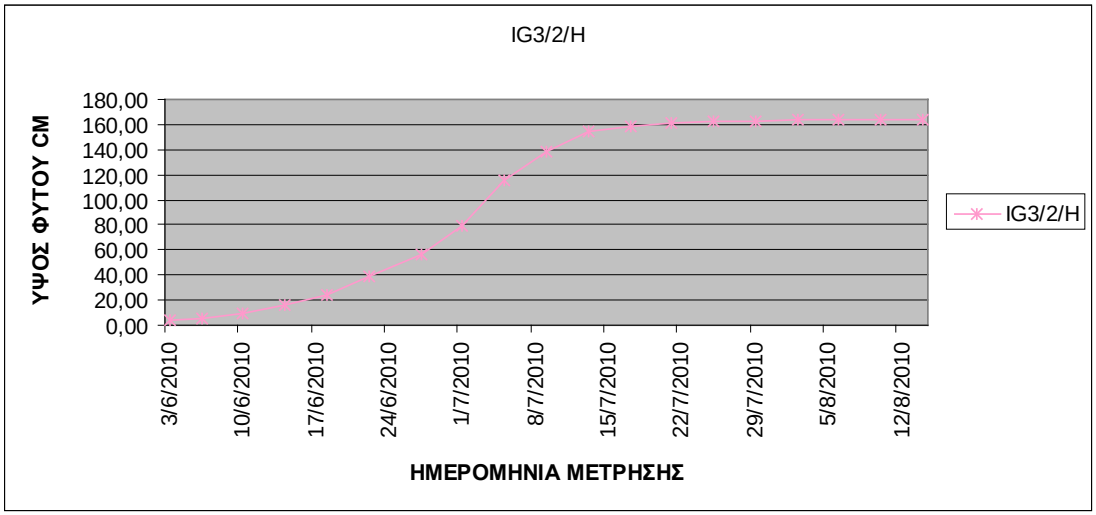
Η αύξηση του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της, τα 5,3cm, στης 14/06/2010



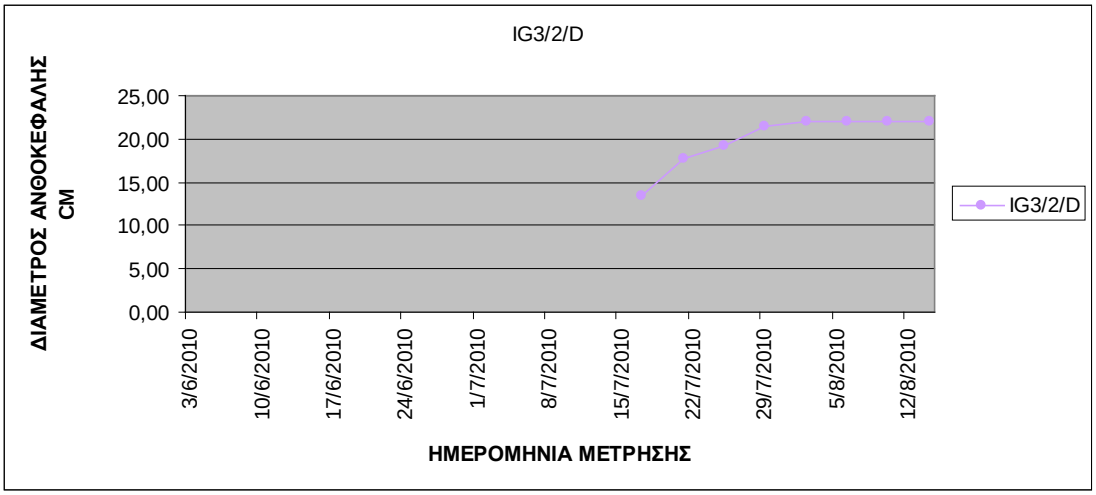
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 18/06/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 4,4cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου ήταν σταθερή στα 7,4cm από την πρώτη μέτρηση που έγινε στης 17/07/2010.



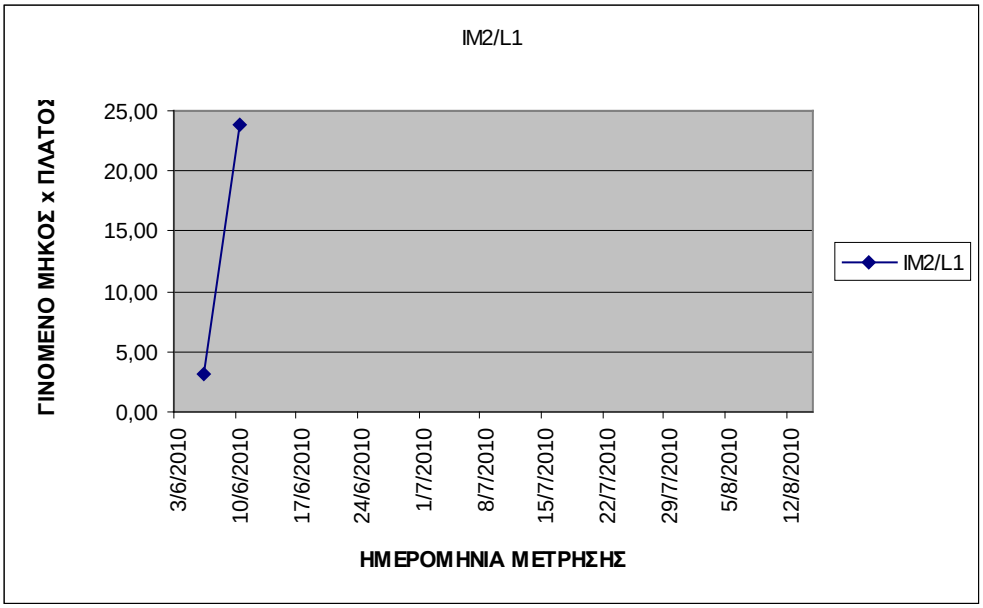
Οι κοτυληδόνες του I4/1 εμφανίστηκαν στης 23/05/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από 3,5cm στης 29/05/2010 έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 164cm.



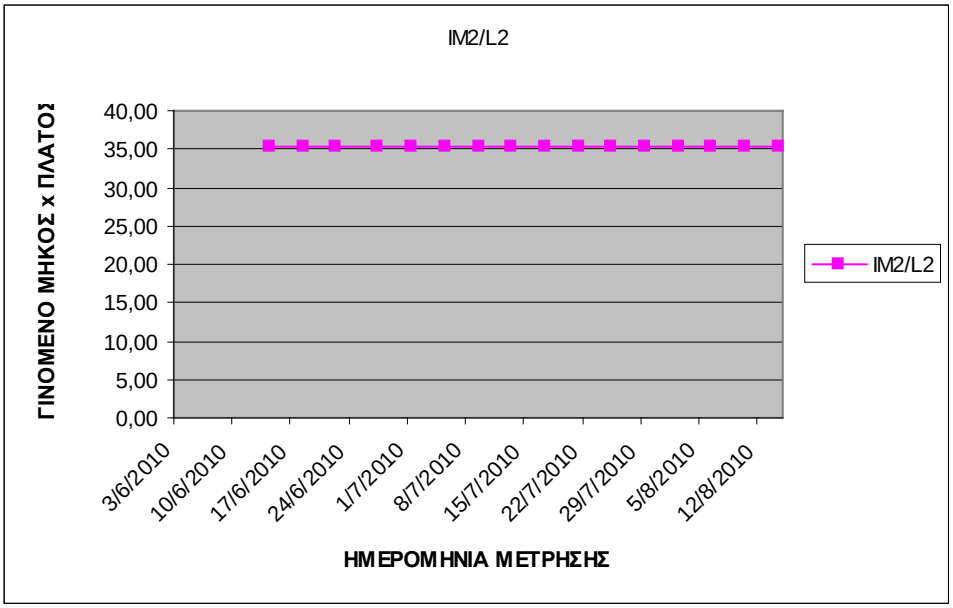
Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε πήρε το πλήρες μέγεθος της στης 02/08/2010, τα 22cm.

6. Φυτό IM2

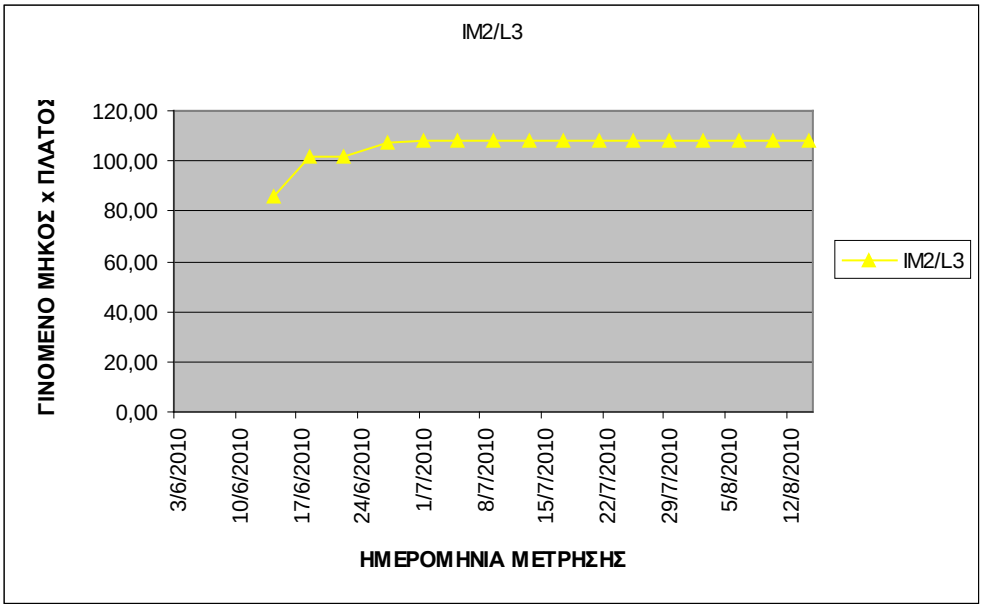
	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
IM2/L1		3,10	23,76																
IM2/L2				35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28	35,28
IM2/L3				85,60	102,08	102,08	107,10	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00
IM2/L4					185,22	211,20	211,20	211,20	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00
IM2/L5					190,40	250,66	270,40	273,60	277,02	277,02	277,02	277,02	277,02	277,02	277,02	277,02	277,02	277,02	277,02
IM2/L6					160,02	238,70	264,00	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50	280,50
IM2/L7						319,60	353,44	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72	364,72
IM2/L8							338,31	347,70	358,90	358,90	358,90	358,90	358,90	358,90	358,90	358,90	358,90	358,90	358,90
IM2/L9							371,28	405,72	426,30	426,30	426,30	426,30	426,30	426,30	426,30	426,30	426,30	426,30	426,30
IM2/L10							289,80	419,90	429,40	429,40	429,40	429,40	429,40	429,40	429,40	429,40	429,40	429,40	429,40
IM2/M1					2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
IM2/M2				3,00	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
IM2/M15												7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30
IM2/H	2,80	3,60	6,70	11,90	19,90	34,40	53,20	76,40	109,50	138,00	158,30	165,60	168,00	171,00	174,50	176,00	176,00	176,00	176,00
IM2/D												12,00	15,80	20,00	22,00	23,00	23,00	23,00	23,00



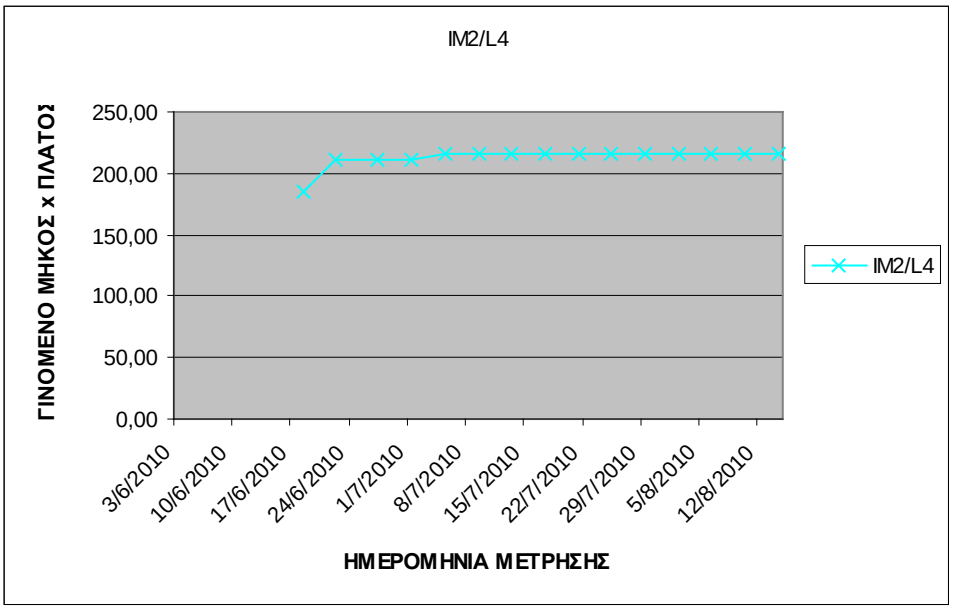
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή γιατί μετά την δεύτερη μέτρηση στης 10/06/2010 κατσάρωσε το φύλλο και δεν ήταν δυνατή η μέτρηση του.



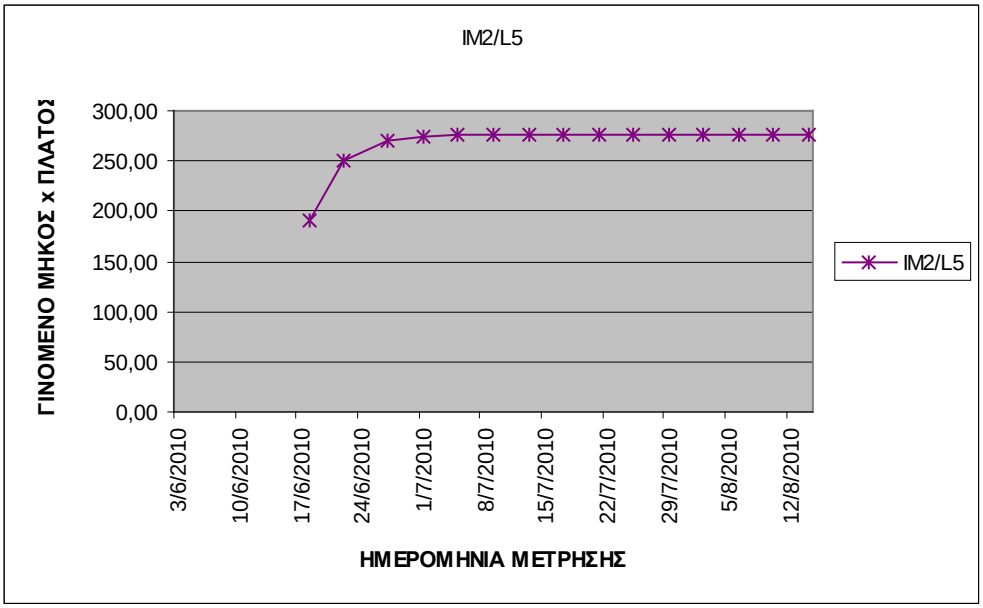
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 14/06/2010 και διατηρήθηκε ως έχει μέχρι το πέρας των μετρήσεων.



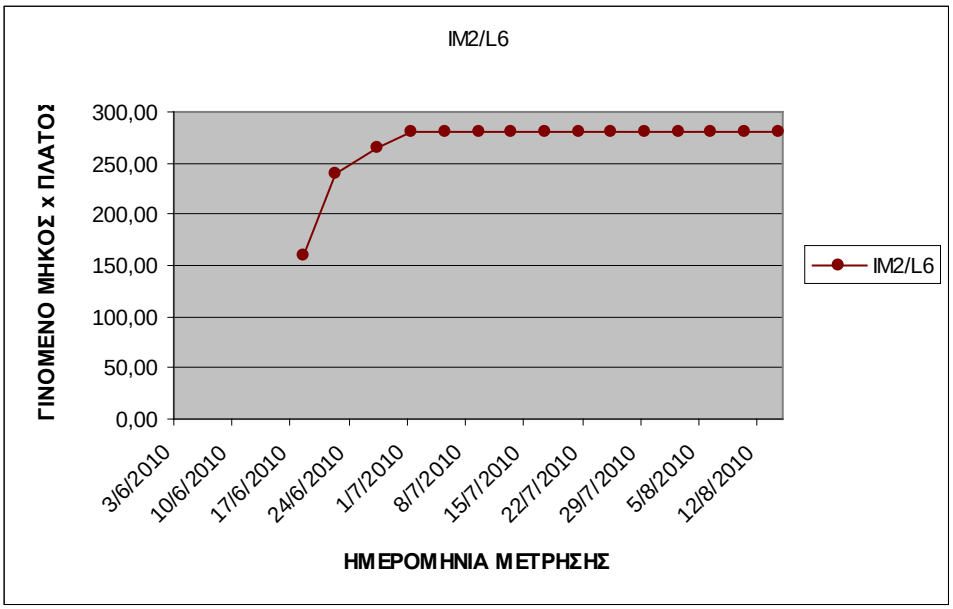
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 05/07/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



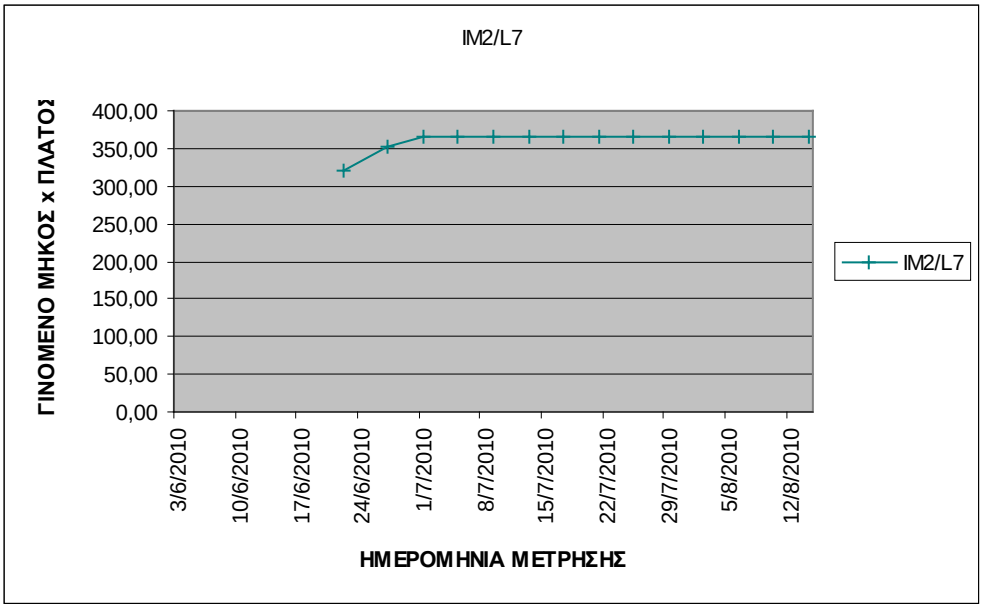
Ομοίως, το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 05/07/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



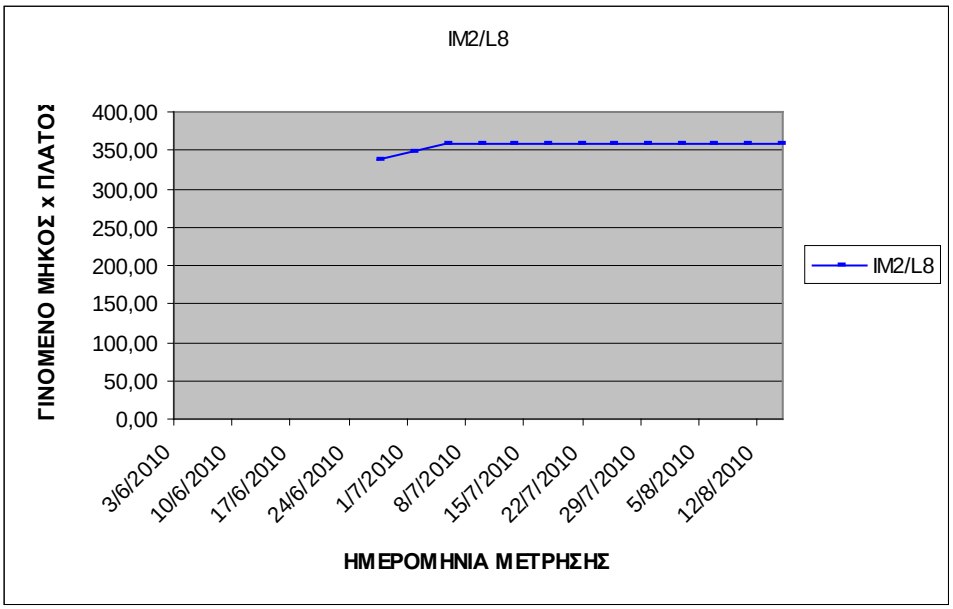
Το εμβαδόν του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε την ίδια εβδομάδα με το τέταρτο στης 05/07/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 277,02 .



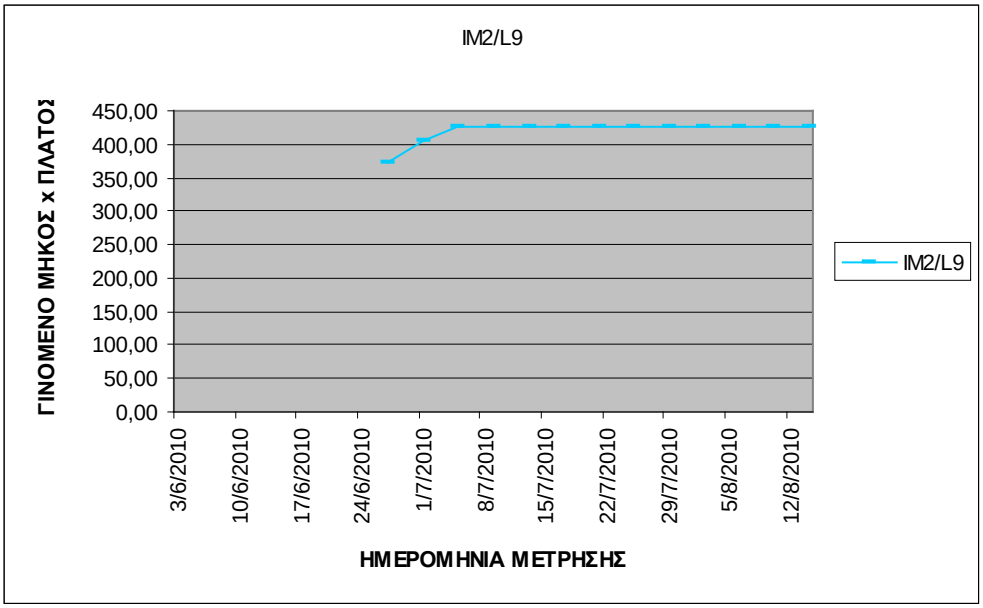
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 01/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 280,50 . Στης 13/07/2010 παρουσιάστηκε μεσονεύρια και ακραία ξήρανση του φύλλου.



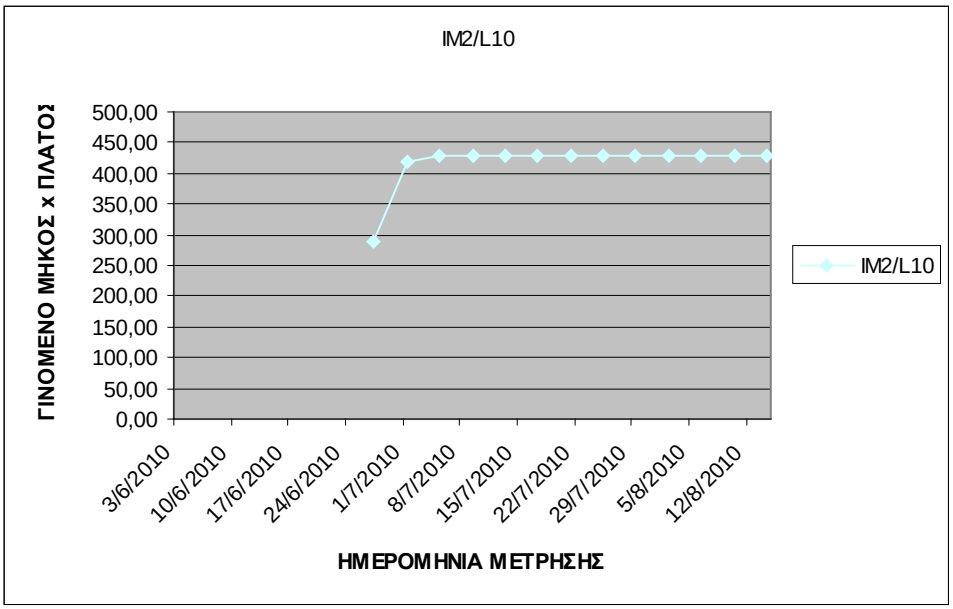
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 364,72 στης 01/07/2010.



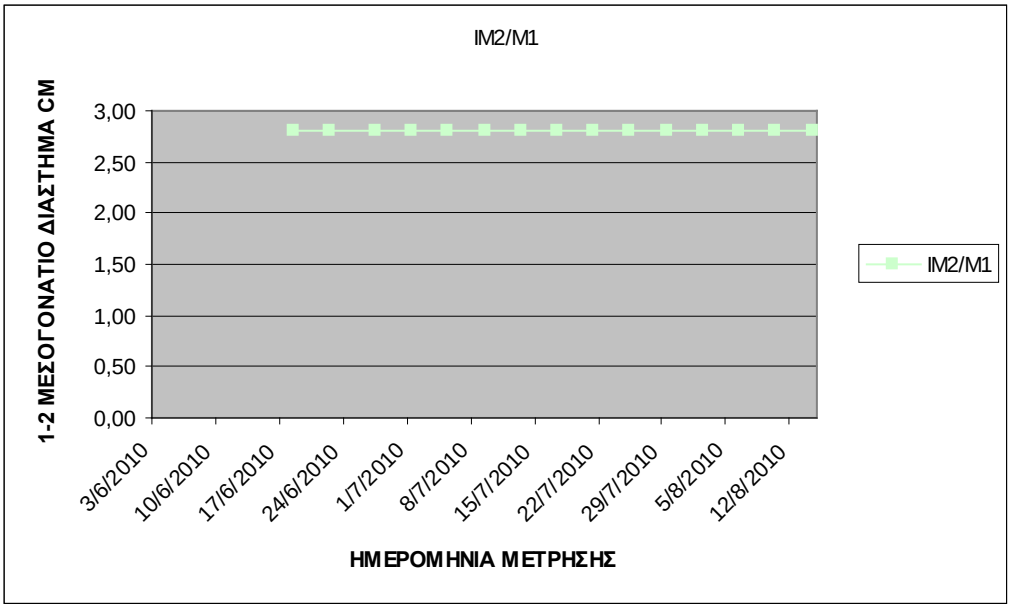
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 05/07/2010, με τιμή γινομένου 358,9 .



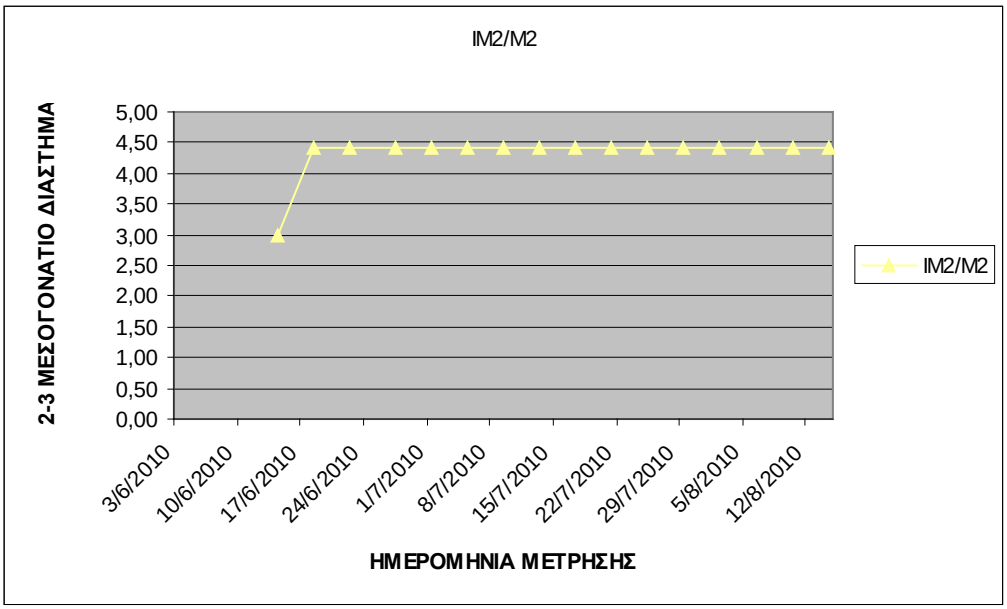
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 05/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 426,30. Στης 13/07/2010 παρουσίασε μεσονεύρια ξήρανση.



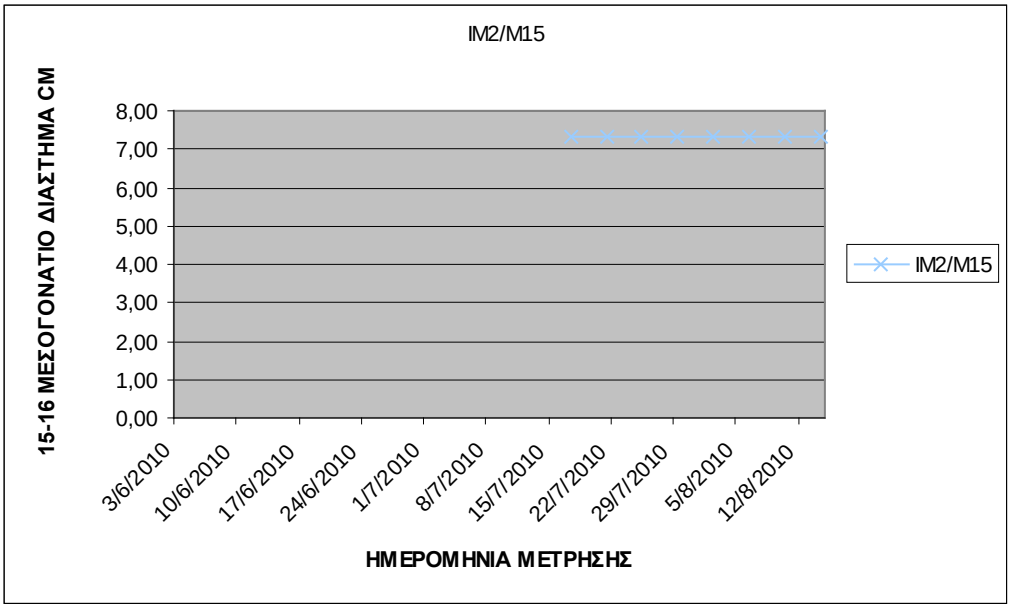
Ομοίως με το ένατο φύλλο, το δέκατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 05/07/2010 και παρουσίασε μεσονεύρια ξήρανση στης 13/07/2010.



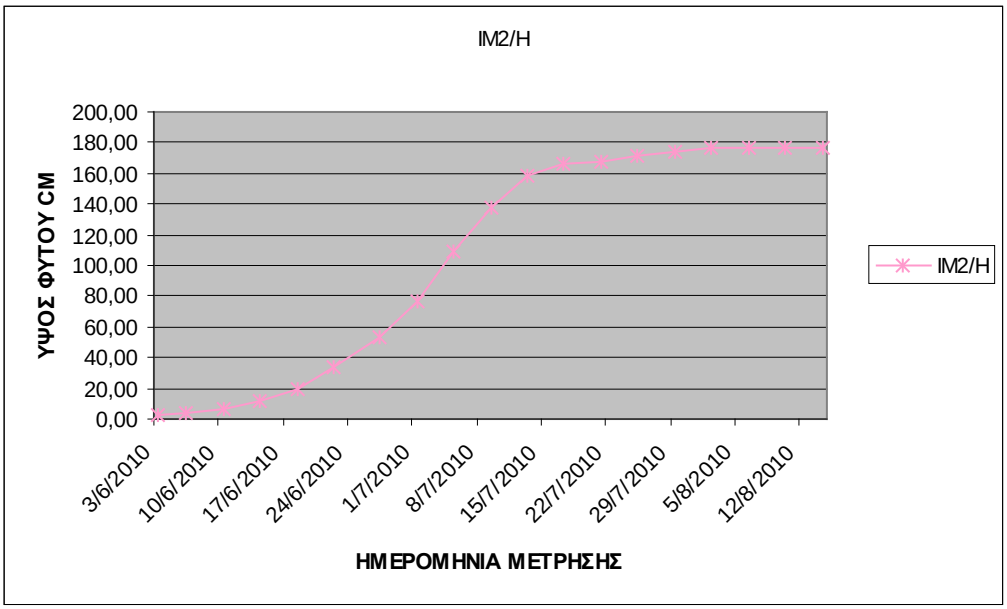
Η αύξηση του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 2,8cm, στης 18/06/2010



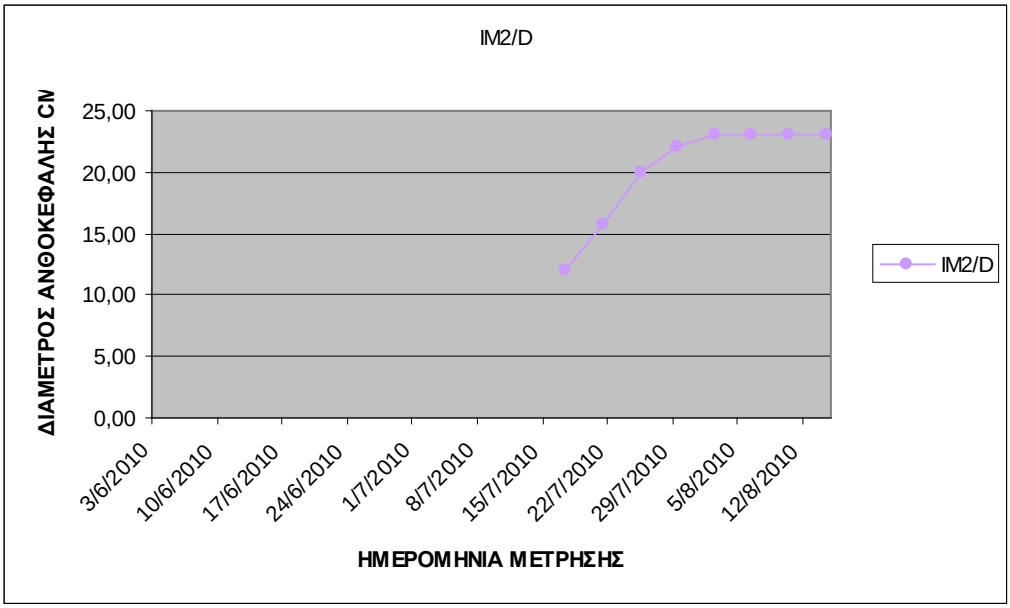
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 18/06/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 4,4cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου ήταν σταθερή στα 7,3cm από την πρώτη μέτρηση που έγινε στης 17/07/2010.



Οι κοτυληδόνες του IM2 εμφανίστηκαν στης 27/05/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από 2,8cm στης 03/06/2010 μετά από δύο μήνες έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 174cm.

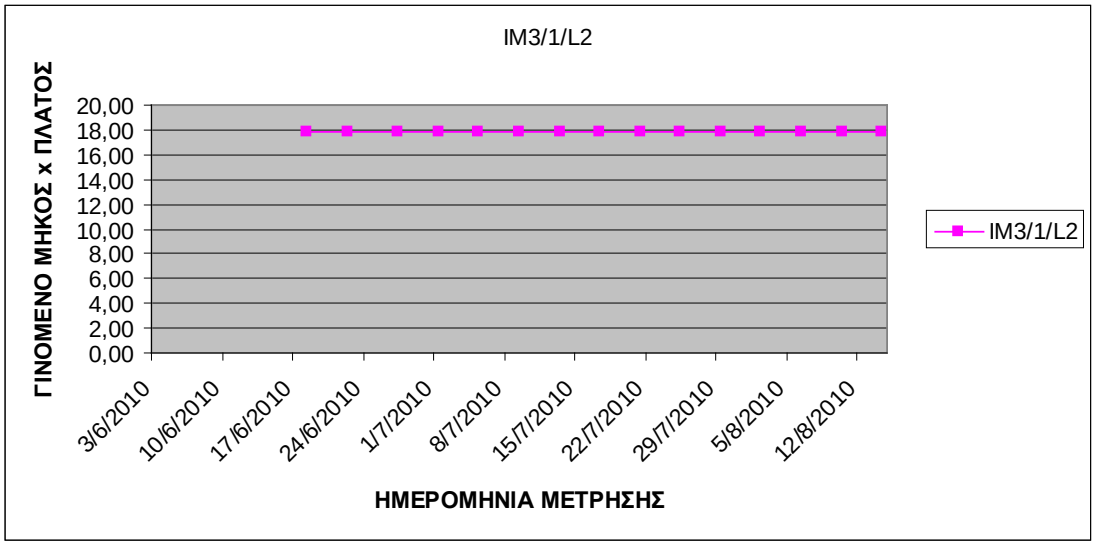


Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε πλήρως στης 02/08/2010 με διάμετρο 23cm.

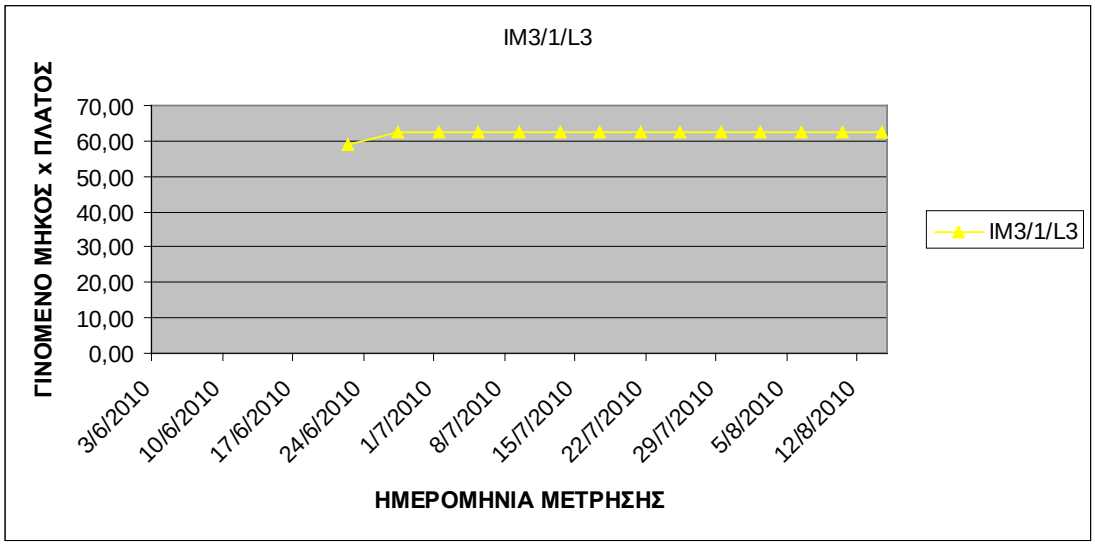
7. Φυτό ΙΜ3.1

	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
IM3/1/L1																			
IM3/1/L2					17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82	17,82
IM3/1/L3						58,88	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40
IM3/1/L4					39,22		98,79	102,60	104,65	104,65	104,65	104,65	104,65	104,65	104,65	104,65	104,65	104,65	104,65
IM3/1/L5						115,20	128,52	138,60	141,24	141,24	141,24	141,24	141,24	141,24	141,24	141,24	141,24	141,24	141,24
IM3/1/L6							172,90	195,91	204,40	204,40	204,40	204,40	204,40	204,40	204,40	204,40	204,40	204,40	204,40
IM3/1/L7							151,04	213,15	232,54	232,54	241,80	241,80	241,80	241,80	241,80	241,80	241,80	241,80	241,80
IM3/1/L8								199,80	246,24	246,24	246,24	246,24	246,24	246,24	246,24	246,24	246,24	246,24	246,24
IM3/1/L9								195,75	282,23	292,41	292,41	292,41	292,41	292,41	292,41	292,41	292,41	292,41	292,41
IM3/1/L10									272,24	292,40	292,40	292,40	292,40	292,40	292,40	292,40	292,40	292,40	292,40
IM3/1/M1					2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
IM3/1/M2					1,90	4,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
IM3/1/M15												6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
IM3/1/H		1,70	3,30	5,00	8,20	17,00	25,70	39,60	61,10	85,00	116,00	140,90	147,80	156,50	157,00	157,00	157,00	157,00	157,00
IM3/1/D												7,30	8,70	13,70	16,30	18,00	18,00	18,00	18,00

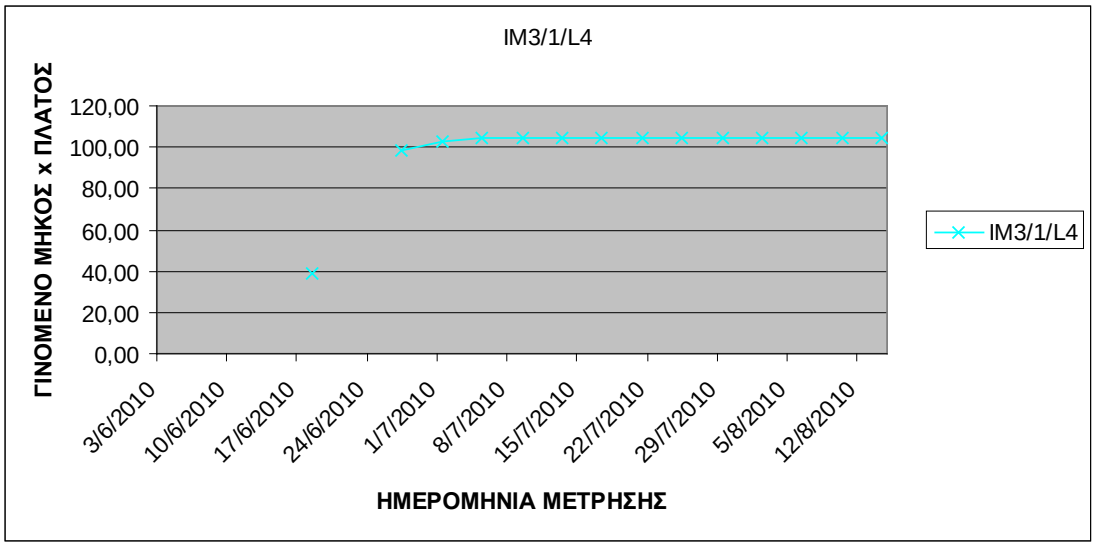
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή γιατί παραμορφώθηκε.



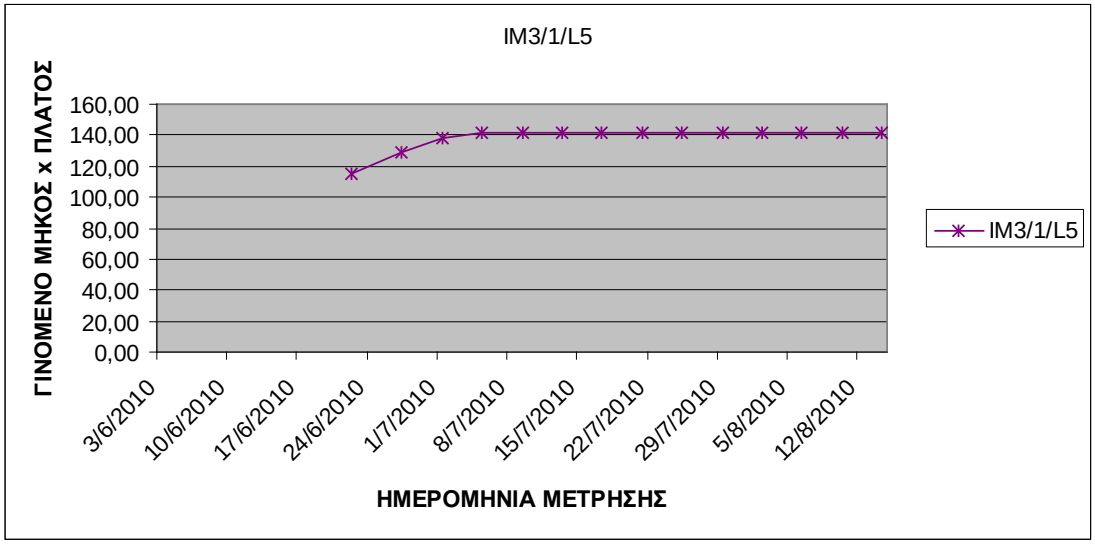
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 18/06/2010.



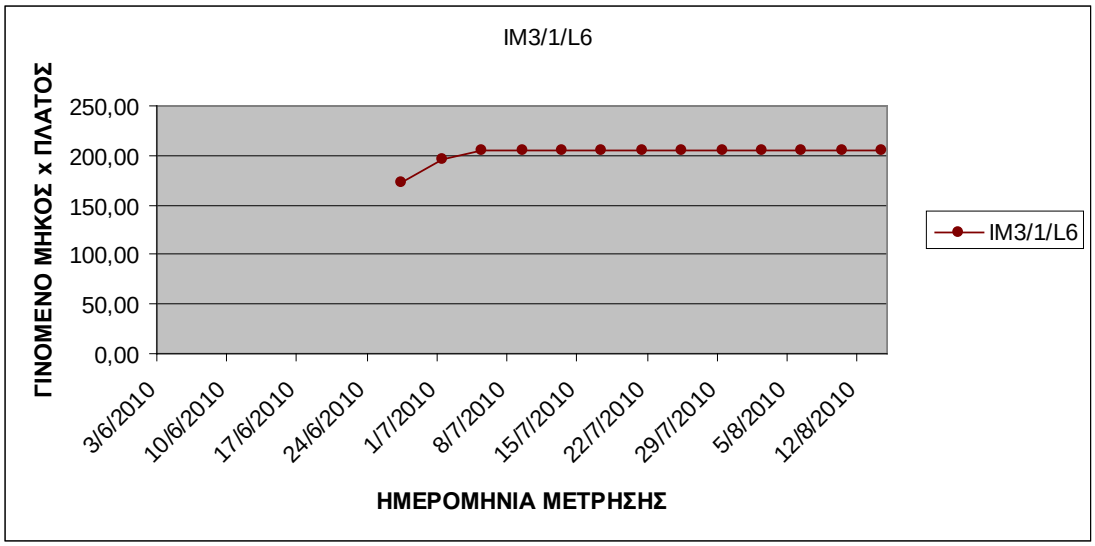
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 27/06/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



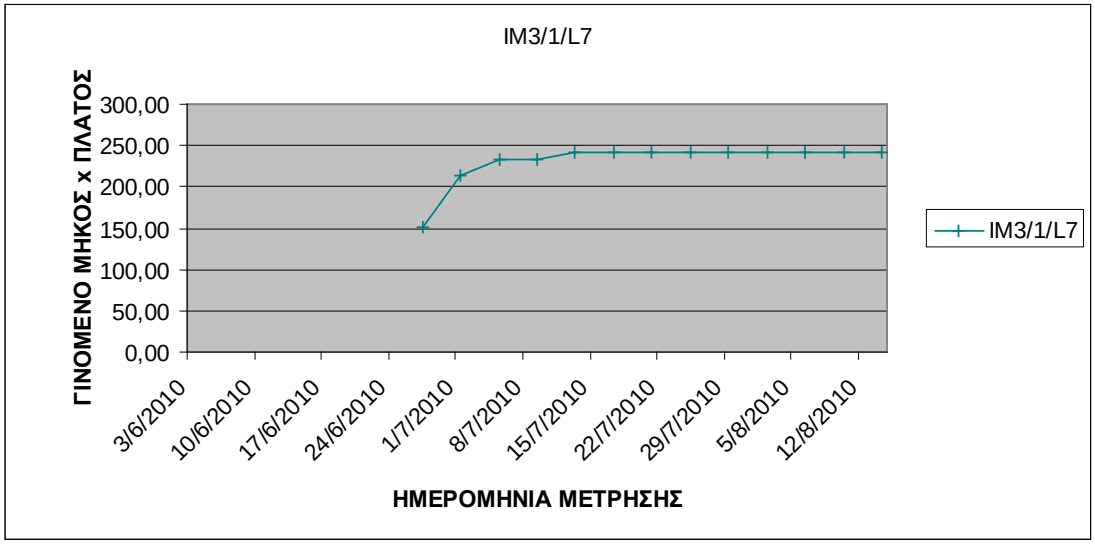
Το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 05/07/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



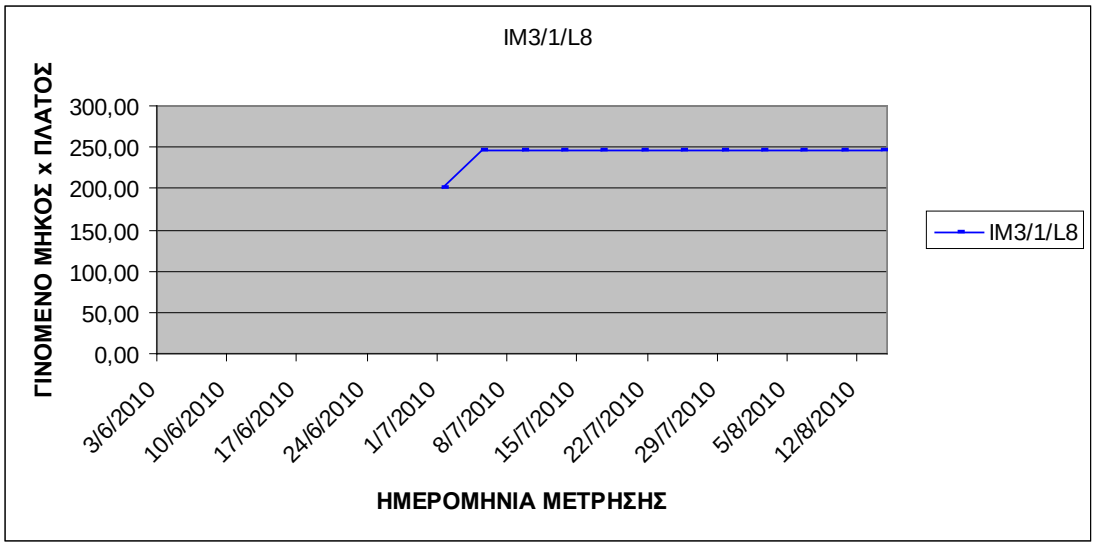
Η ανάπτυξη του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε ταυτόχρονα με το τέταρτο στης 05/07/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 141,24 .



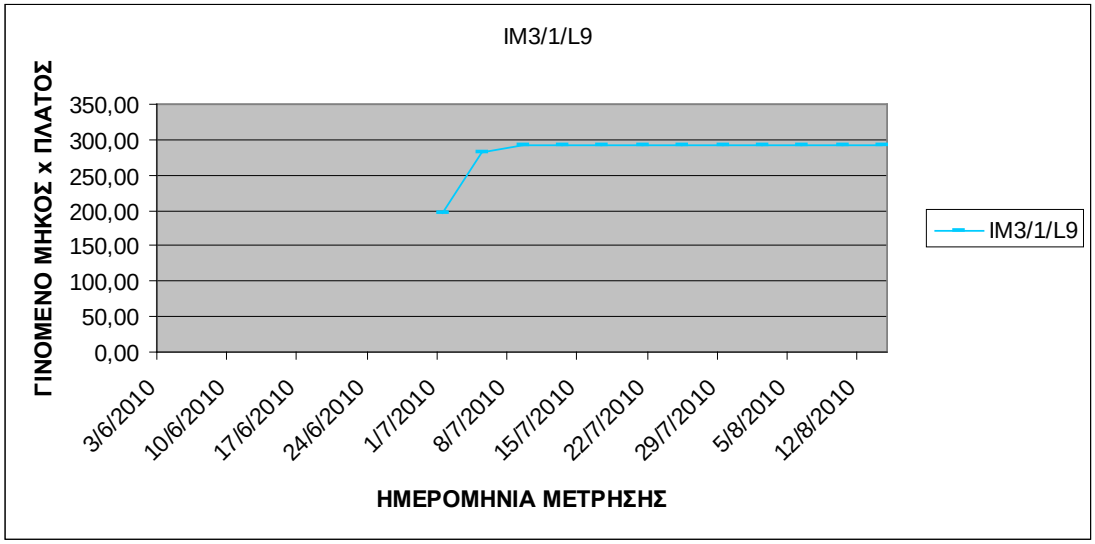
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 05/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 204,40.



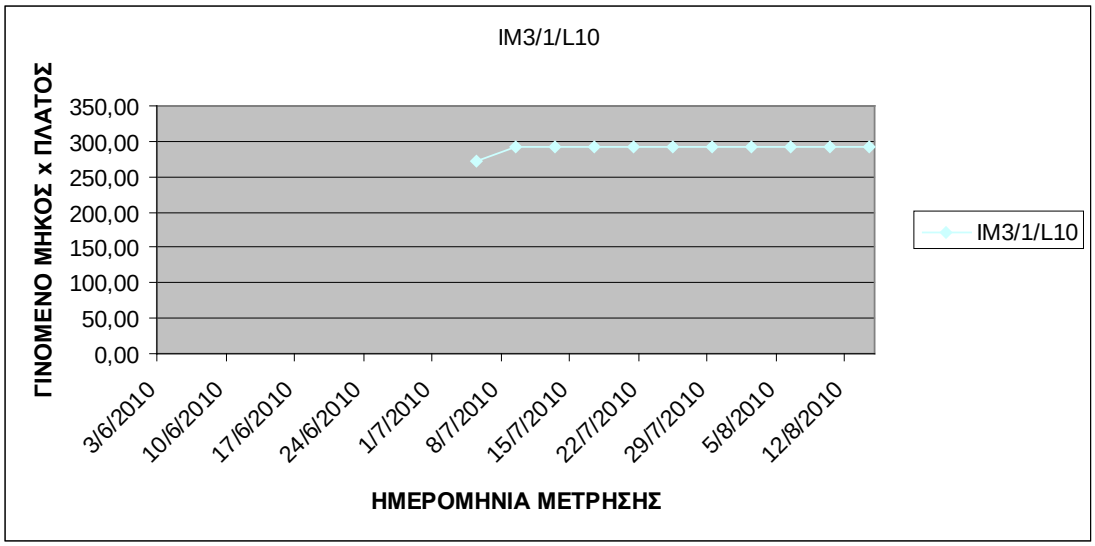
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 241,80 στης 13/07/2010.



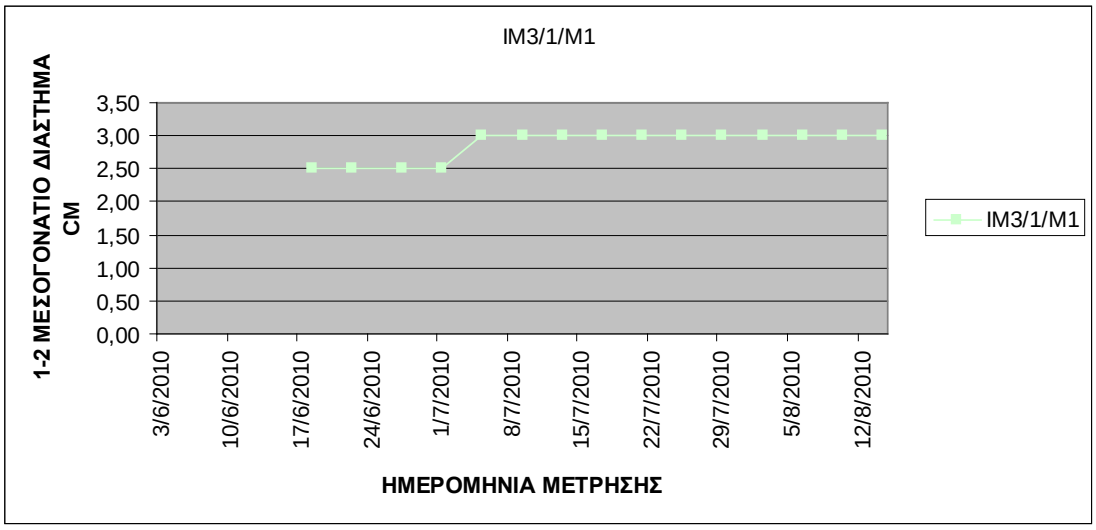
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 05/07/2010, με τιμή 246,24.



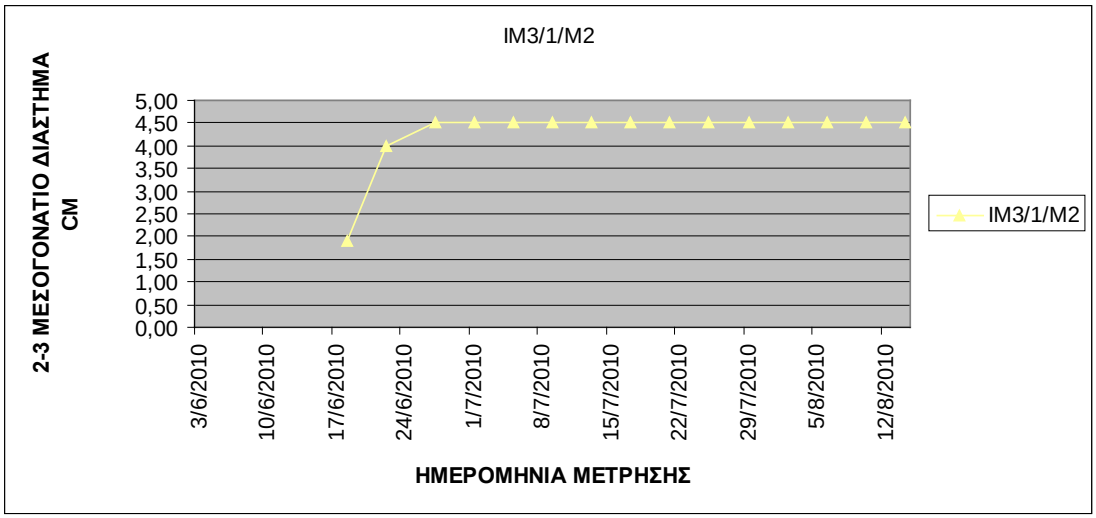
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 09/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 292,41 .



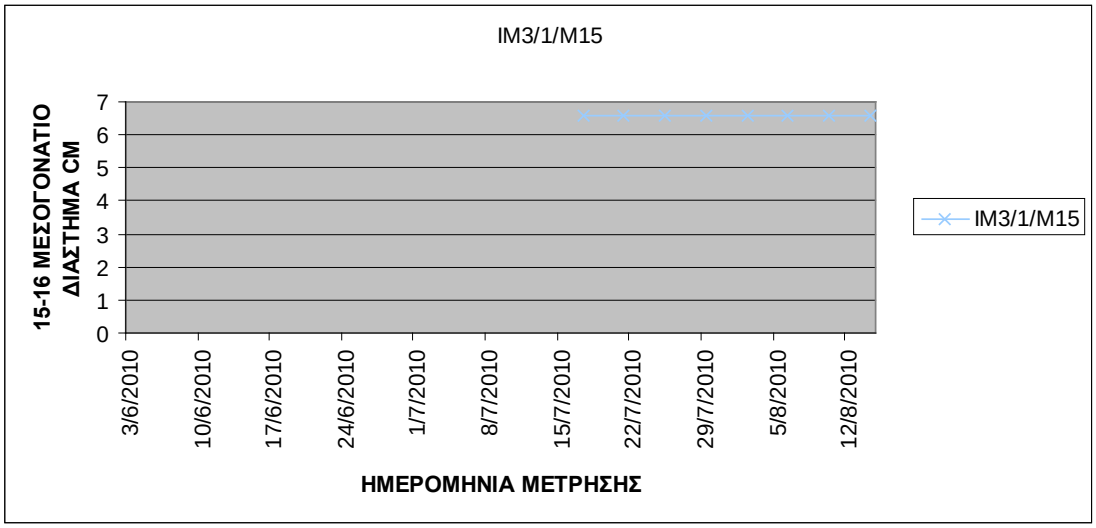
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε φτάνοντας στη μέγιστη τιμή γινομένου 292,40 στης 09/07/2010.



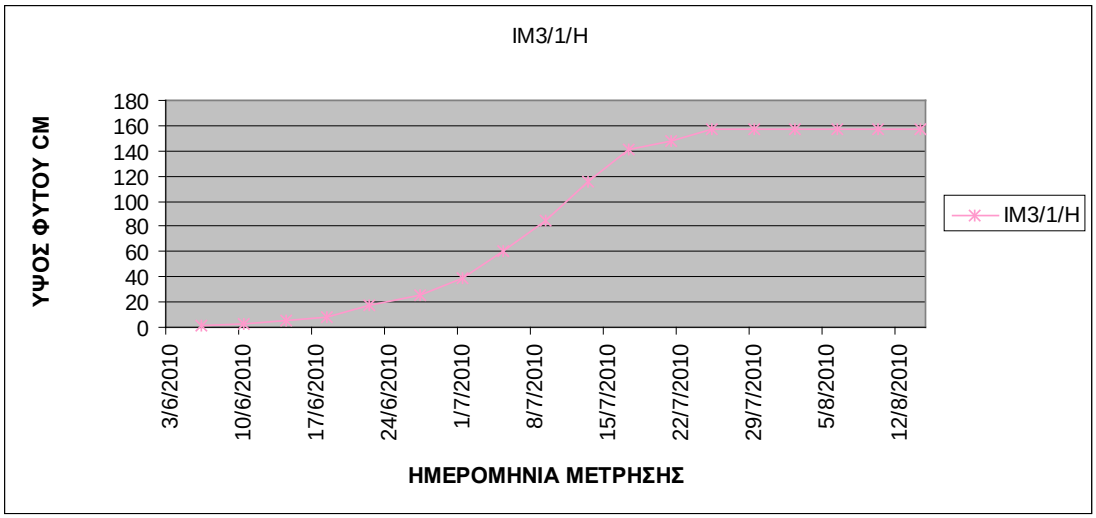
Η αύξηση του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 3cm, στης 05/07/2010



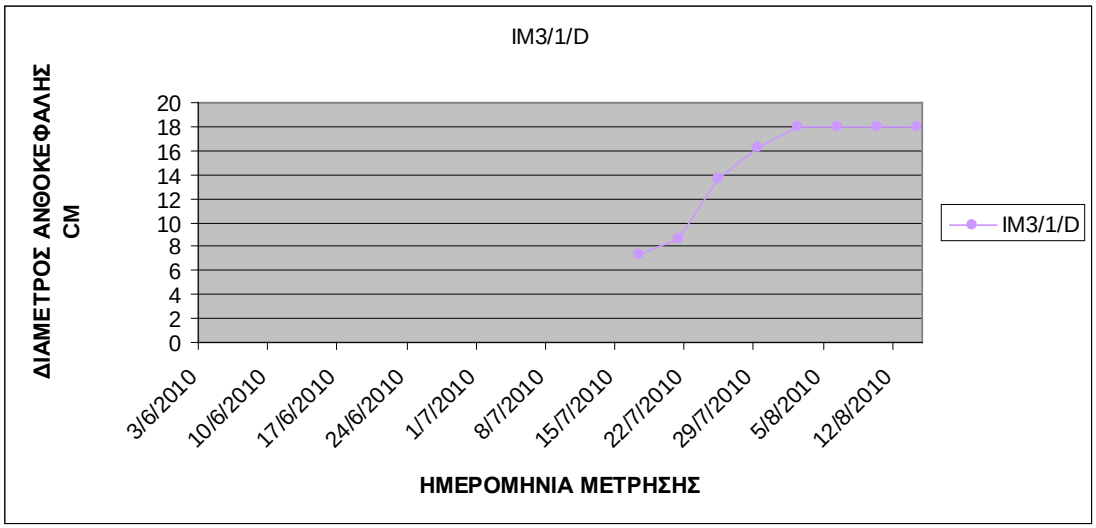
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 27/06/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 4,5cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου ήταν σταθερή στα 6,60cm από την πρώτη μέτρηση που έγινε στης 17/07/2010.



Οι κοτυληδόνες του IM3/1 εμφανίστηκαν στης 02/06/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από 1,7cm στης 06/06/2010 και έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 157cm.

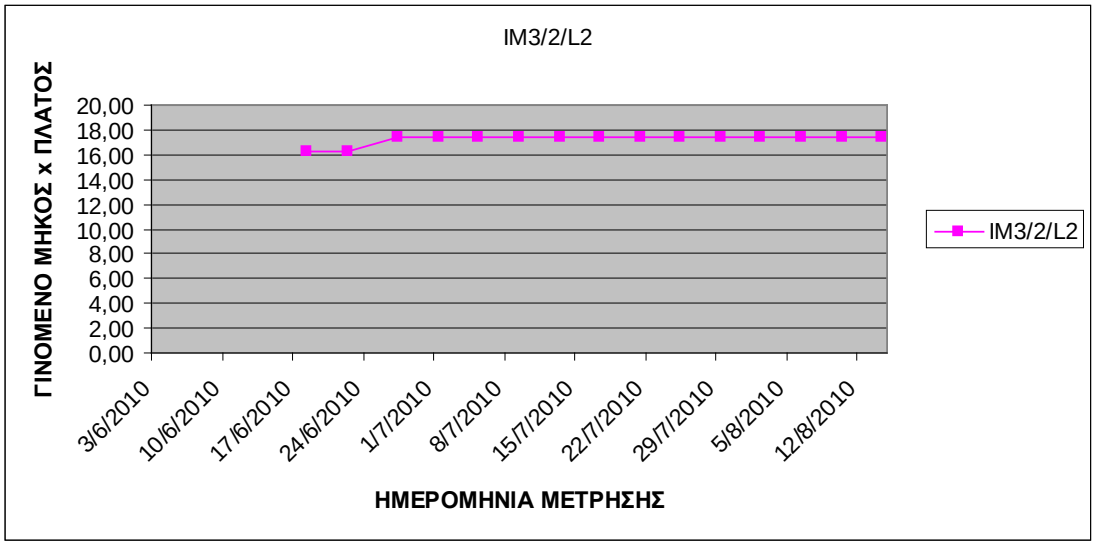


Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε στο φυτό μετά της 15/07/2010 λαμβάνοντας το πλήρες μέγεθος της στης 02/08/2010, τα 17cm.

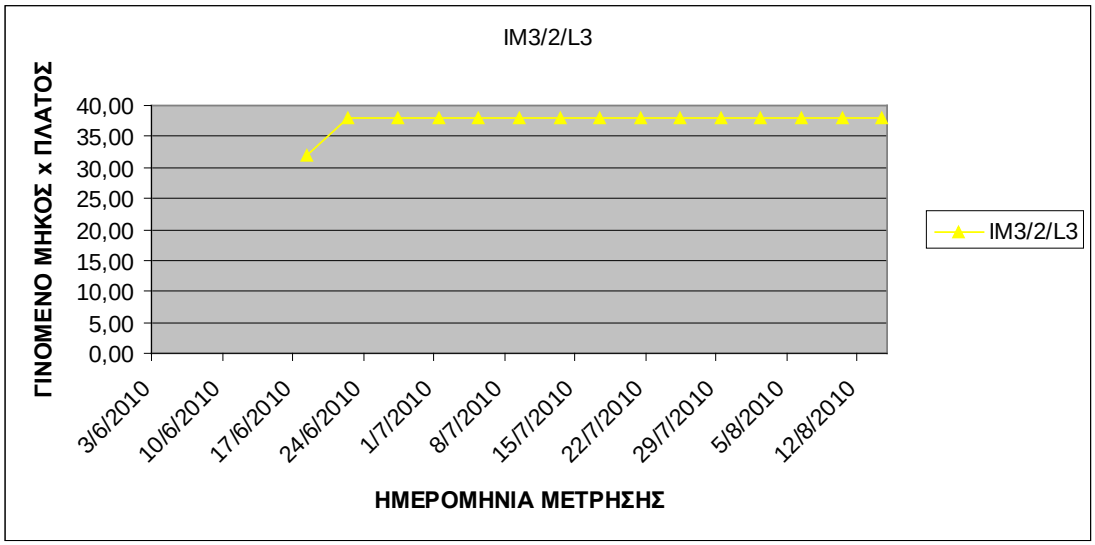
8. Φυτό IM3.2

	3/6/2010	6/6/2010	10/6/2010	14/6/2010	18/6/2010	22/6/2010	27/6/2010	1/7/2010	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010
IM3/2/L1																			
IM3/2/L2					16,24	16,24	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40
IM3/2/L3					31,95	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92	37,92
IM3/2/L4						93,74	99,44	99,44	101,46	101,46	101,46	101,46	101,46	101,46	101,46	101,46	101,46	101,46	101,46
IM3/2/L5						83,42	121,68	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20	134,20
IM3/2/L6							154,80	168,91	175,44	175,44	175,44	175,44	175,44	175,44	175,44	175,44	175,44	175,44	175,44
IM3/2/L7							118,77	170,18	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00
IM3/2/L8							115,50	178,10	204,45	204,45	211,68	216,08	244,92	244,92	244,92	244,92	244,92	244,92	244,92
IM3/2/L9								176,88	226,50	238,70	238,70	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00
IM3/2/L10								136,64	215,60	227,52	244,62	247,64	285,60	285,60	285,60	285,60	285,60	285,60	285,60
IM3/2/M1					1,70	1,70	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
IM3/2/M2					2,00	4,20	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30
IM3/2/M15												5,50	5,50	5,50	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
IM3/2/H		1,00	1,90	3,80	7,30	16,10	27,10	40,40	60,40	83,00	112,30	140,20	155,00	159,00	163,00	165,00	165,00	165,00	165,00
IM3/2/D												6,50	7,40	11,30	15,20	16,50	16,50	16,50	16,50

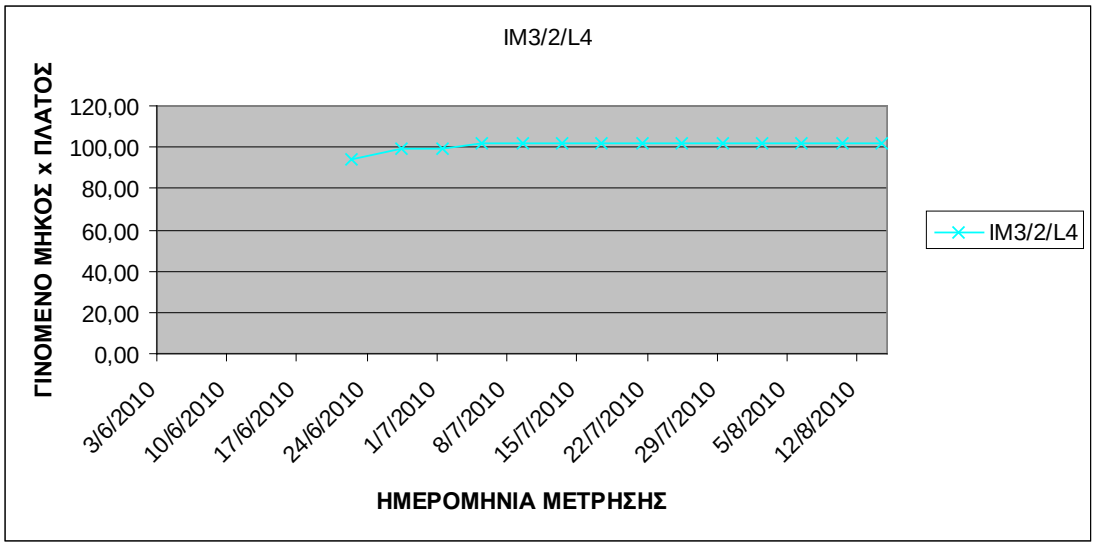
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή γιατί το φύλλο καταστράφηκε- φαγώθηκε.



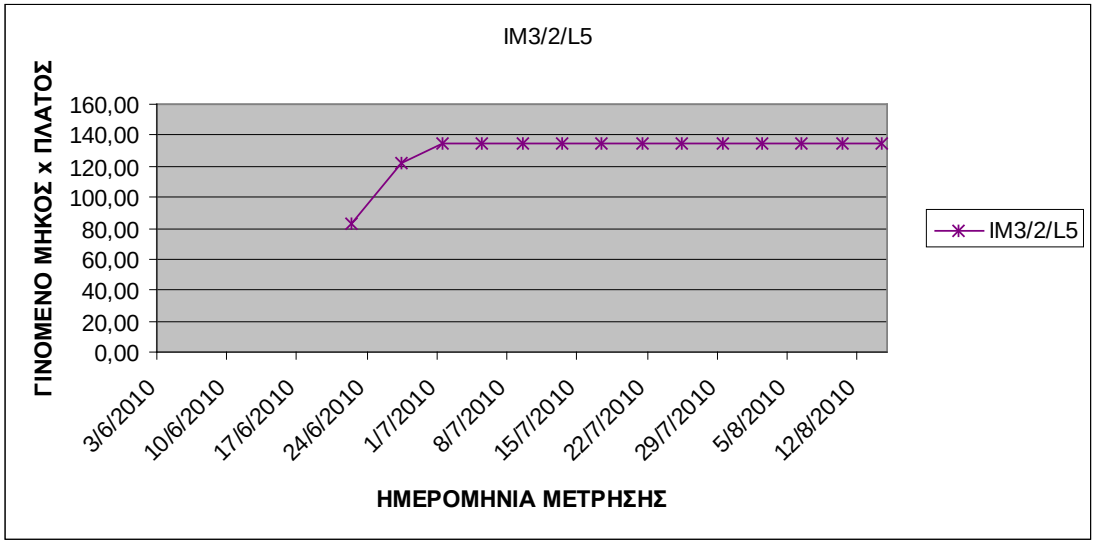
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 27/06/2010 όπου και άρχισε να ξεραίνεται η άκρη του φύλλου.



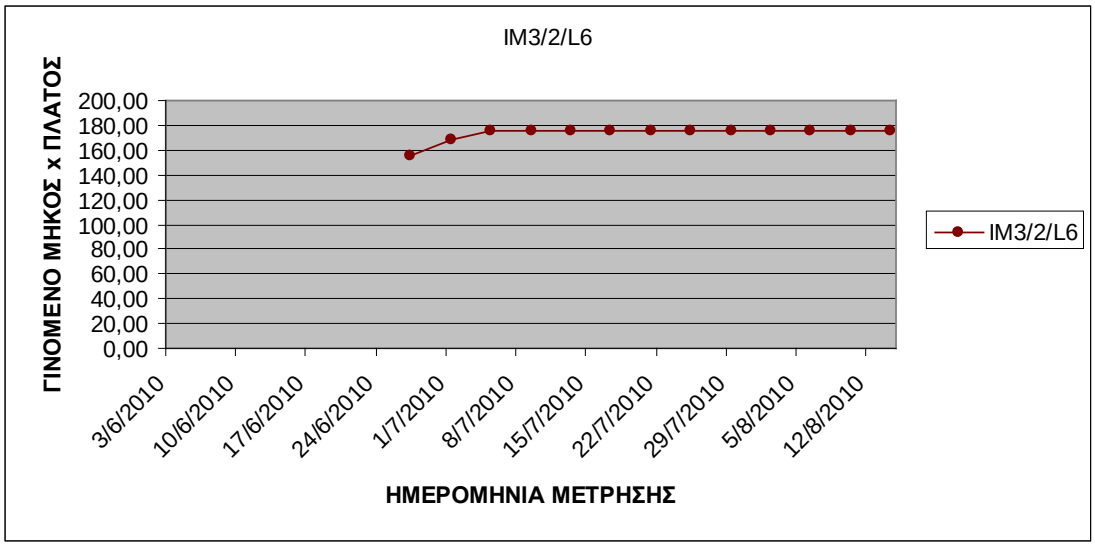
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 22/06/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



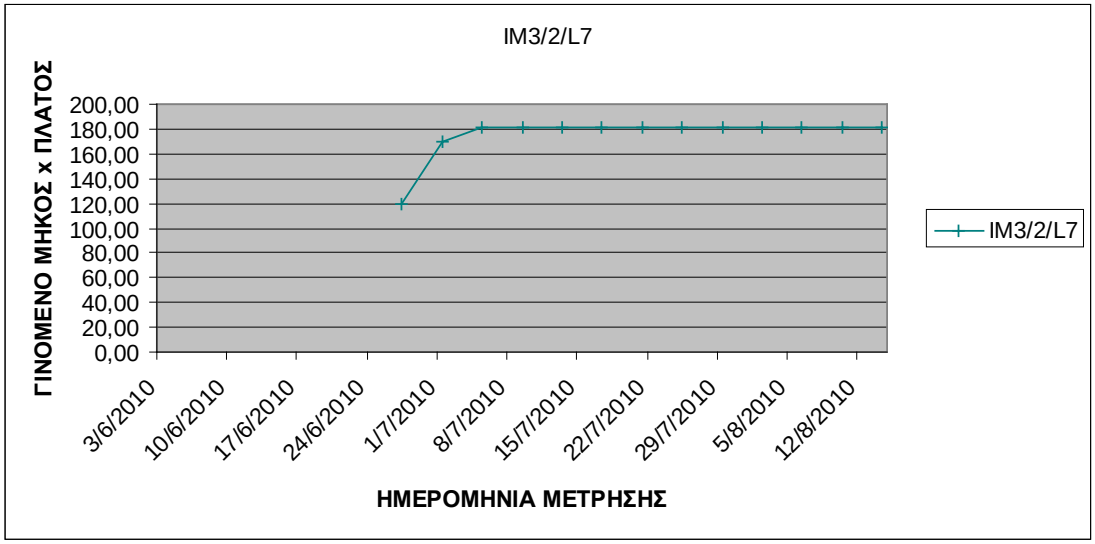
Το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 27/06/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



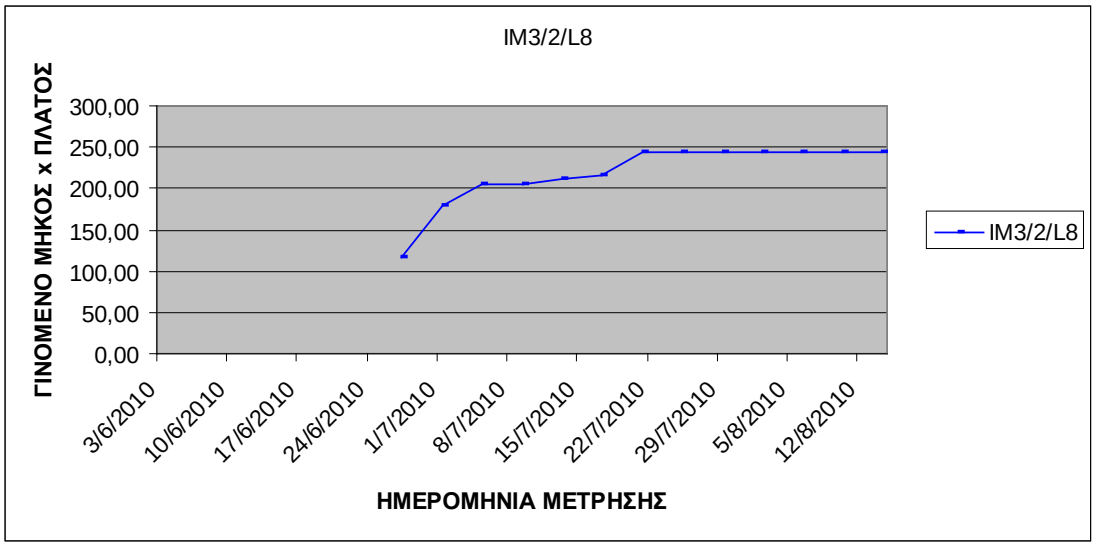
Η ανάπτυξη του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 01/07/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 134,20.



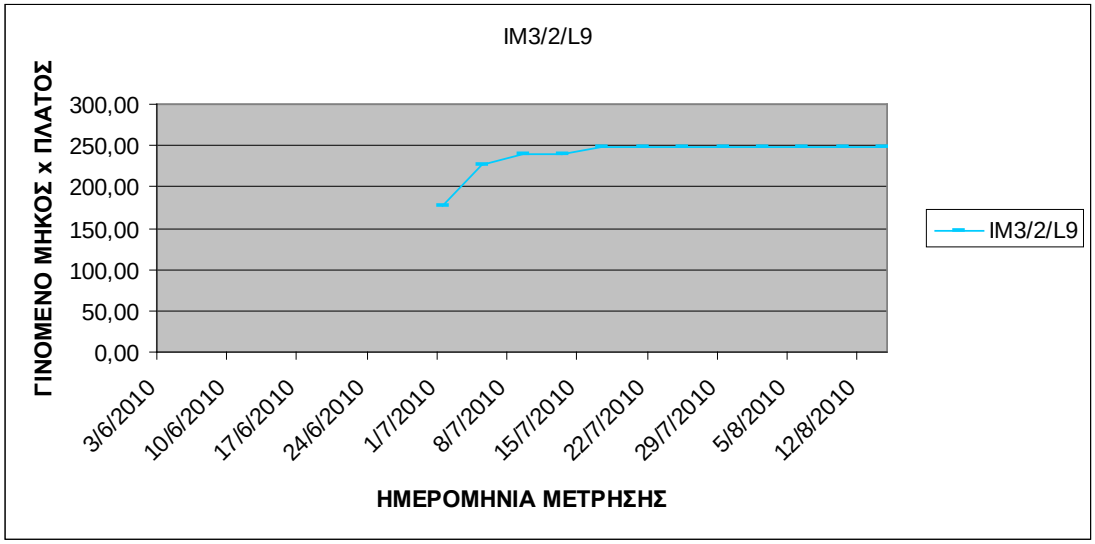
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 05/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 175,44.



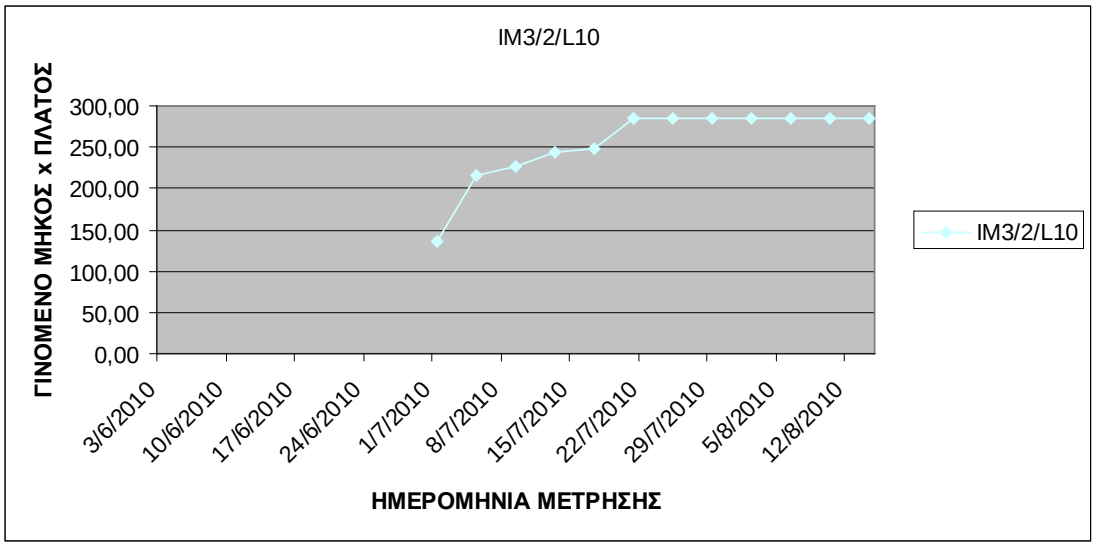
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 182 στης 05/07/2010.



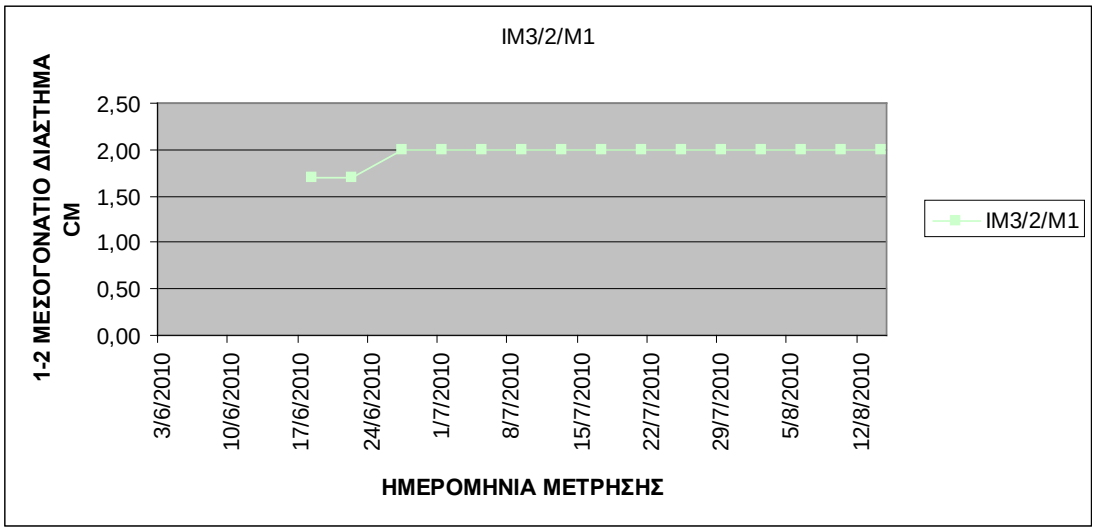
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 21/07/2010, με τιμή γινομένου 244,92.



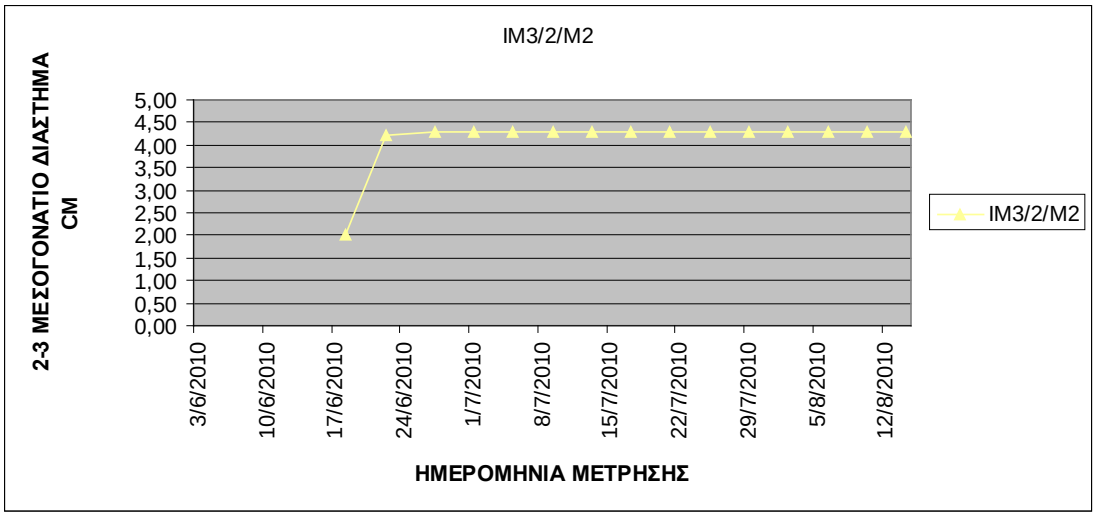
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 17/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 248,00.



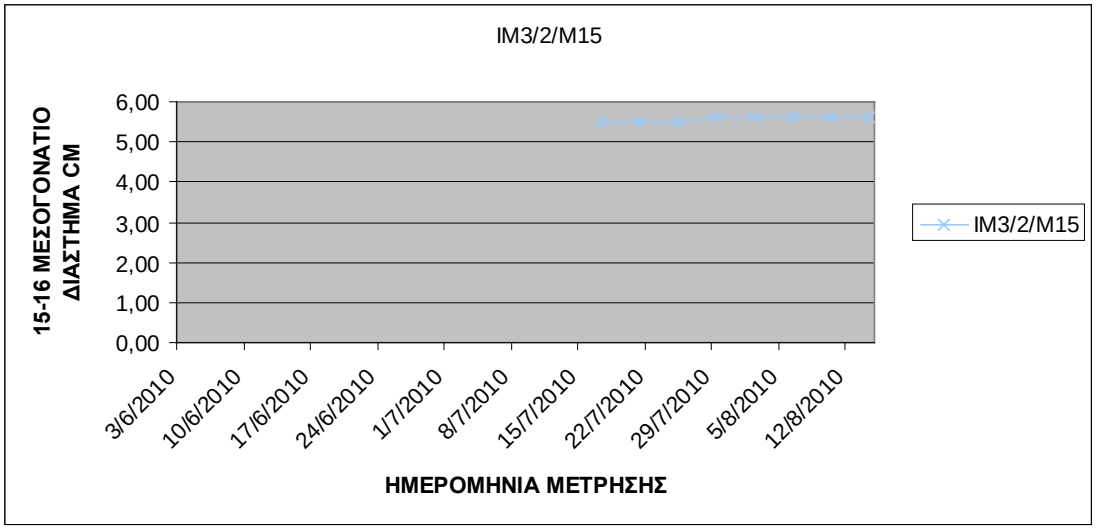
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στη μέγιστη τιμή γινομένου 285,60 στης 21/07/2010.



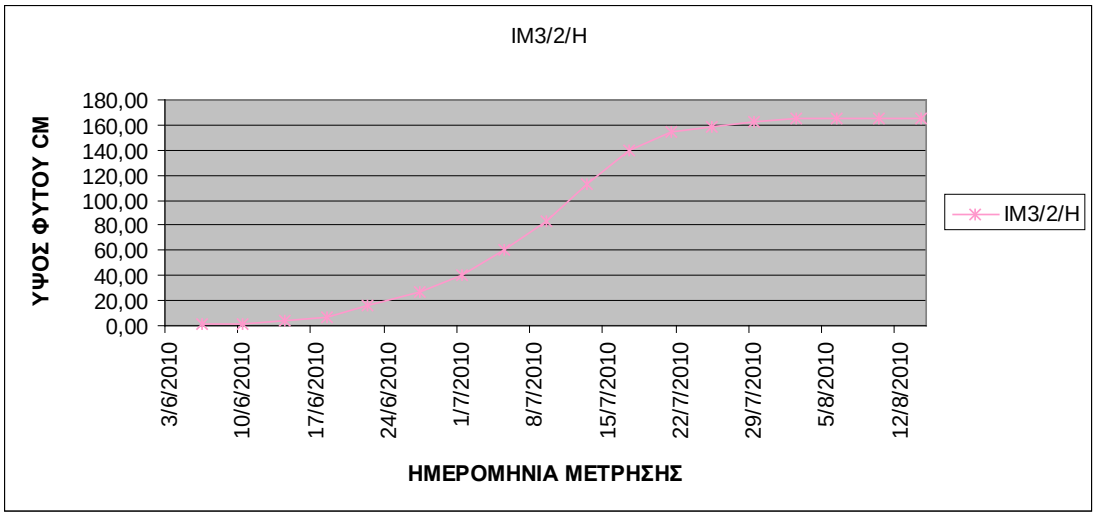
Η αύξηση του μεσογονατίου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 2cm, στης 27/06/2010



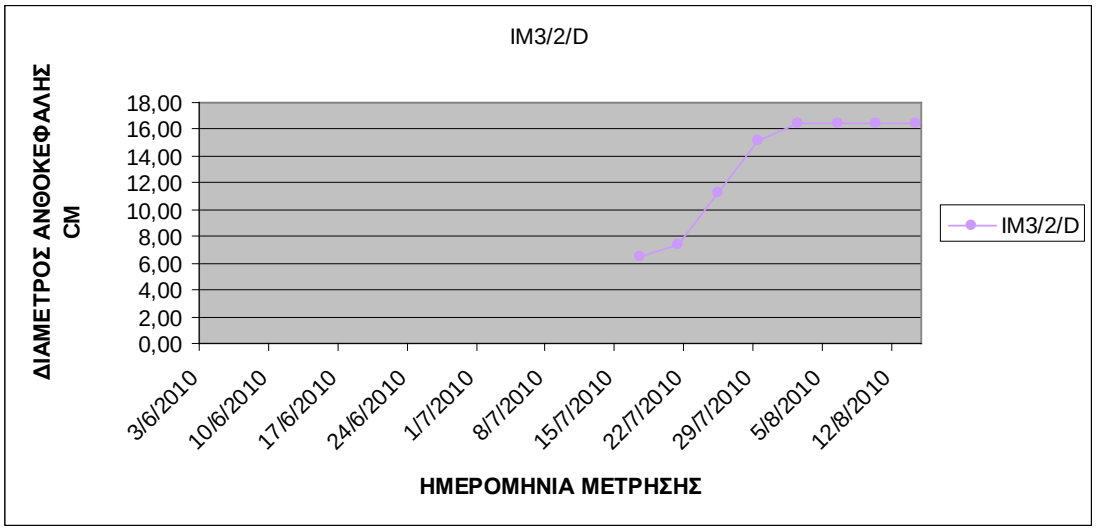
Η ανάπτυξη του μεσογονατίου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 27/06/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 4,3cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου ήταν 5,6cm στης 29/07/2010 και παρέμεινε σταθερή μέχρι το τέλος των μετρήσεων .



Οι κοτυληδόνες του IM3/2 εμφανίστηκαν στης 02/06/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας από 1cm στης 06/06/2010 έφτασε στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή των 165cm.



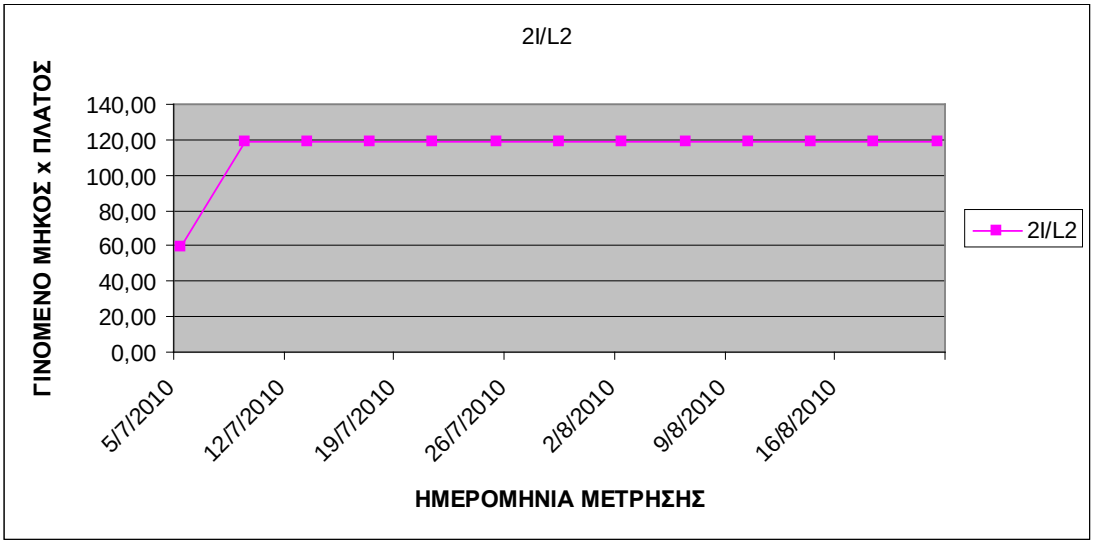
Η ανθοκεφαλή σχηματίστηκε στο φυτό μετά της 15/07/2010 λαμβάνοντας το πλήρες μέγεθος της στης 02/08/2010, τα 16,5cm.

Μετρήσεις H.giant

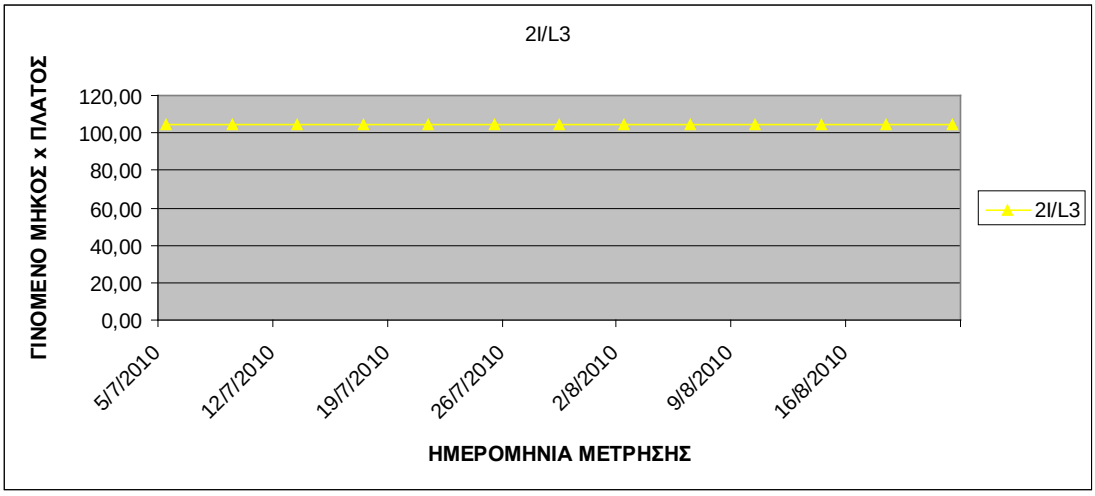
1. Φυτό 2I

	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010	18/8/2010	22/8/2010
2I/L1													
2I/L2	59,84	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80	118,80
2I/L3	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55	104,55
2I/L4	110,70	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50	112,50
2I/L5	140,76	156,20	159,50	159,50	159,50	159,50	159,50	159,50	168,72	168,72	168,72	168,72	168,72
2I/L6	166,75	181,50	196,25	196,25	196,25	196,25	196,25	196,25	245,66	245,66	245,66	245,66	245,66
2I/L7	178,12	207,24	220,32	226,05	231,84			301,44	301,44	301,44	301,44	301,44	301,44
2I/L8	186,00	243,60	275,28	292,95	294,50			331,50	343,40	343,40	343,40	343,40	343,40
2I/L9	198,90	264,25	299,46	328,99	351,90	351,90	351,90	351,90	351,90	351,90	351,90	351,90	351,90
2I/L10		227,80	305,90	317,17	322,00			385,20	385,20	385,20	385,20	385,20	385,20
2I/M0	7,50	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80
2I/M1	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
2I/M2	14,20	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40
2I/M15				2,10	2,10	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
2I/H	56,60	70,80	90,00	108,20	121,10	148,50	171,50	193,00	213,00	253,00	287,00	311,50	313,00
2I/D											7,20	8,80	10,50

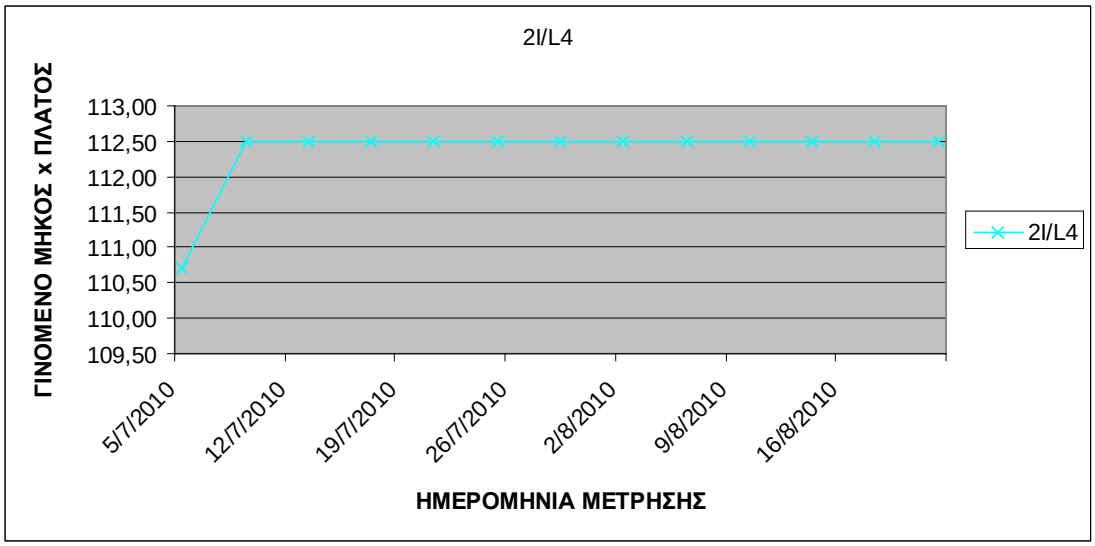
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου δεν ήταν εφικτή γιατί το φύλλο φαγώθηκε.



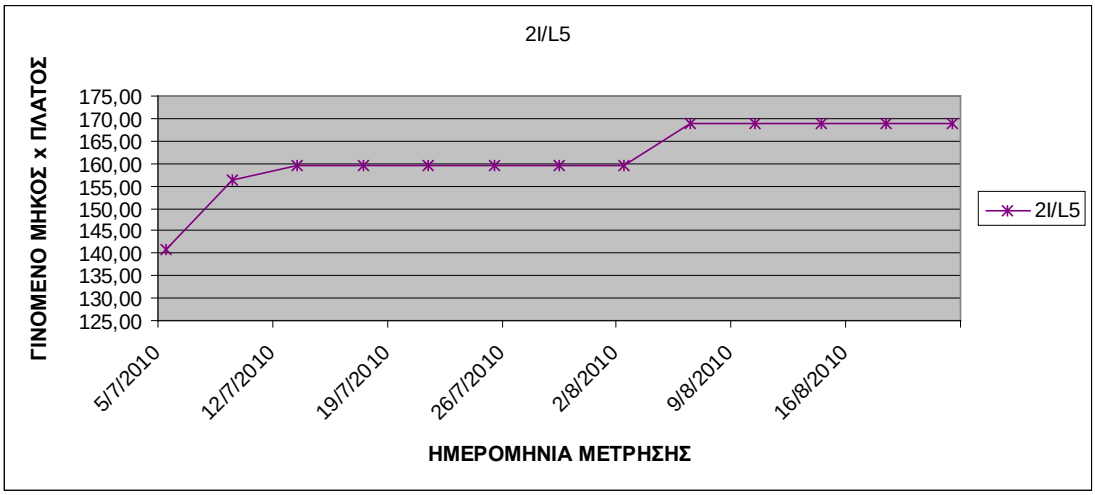
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 09/07/2010 και διατηρήθηκε έτσι μέχρι το τέλος των μετρήσεων.



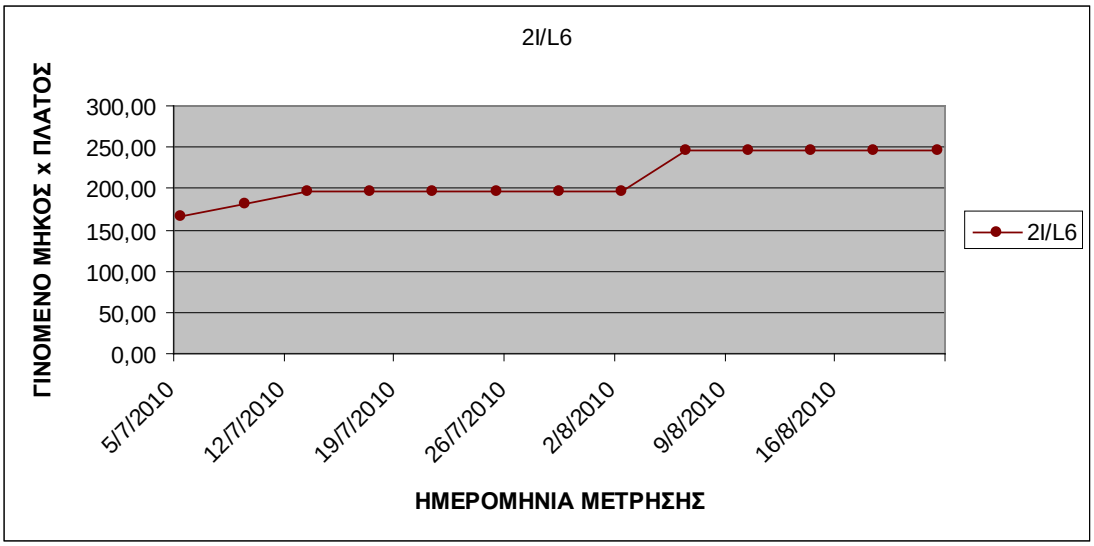
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου παρέμεινε σταθερή καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων.



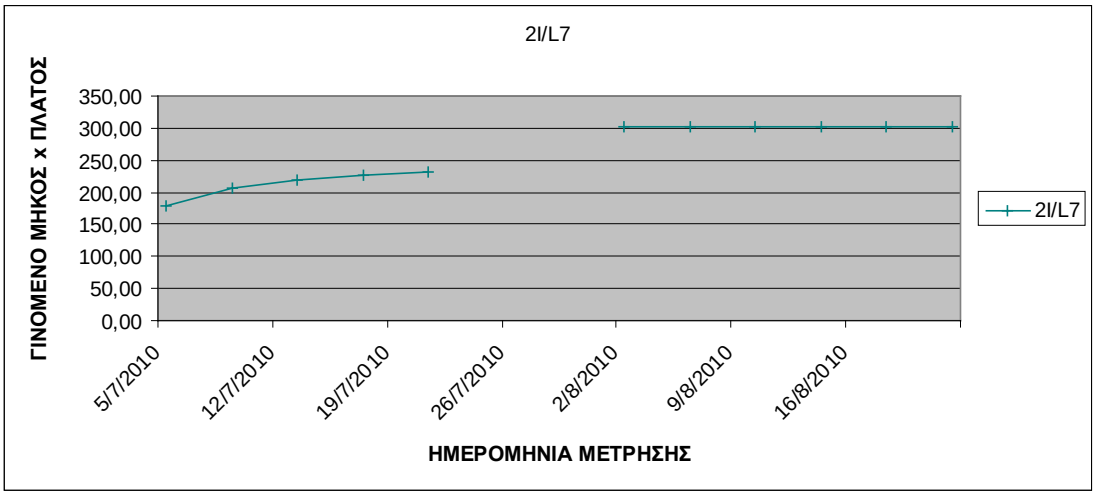
Το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 09/07/2010,έπειτα εμφάνισε μεσονεύρια ξήρανση και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



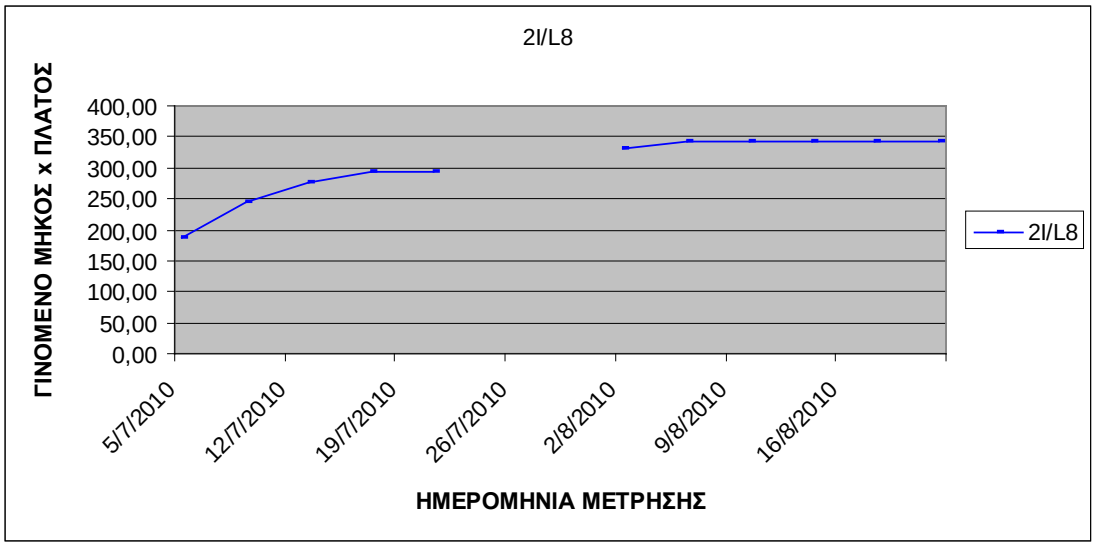
Η ανάπτυξη του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 06/08/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 168,72.



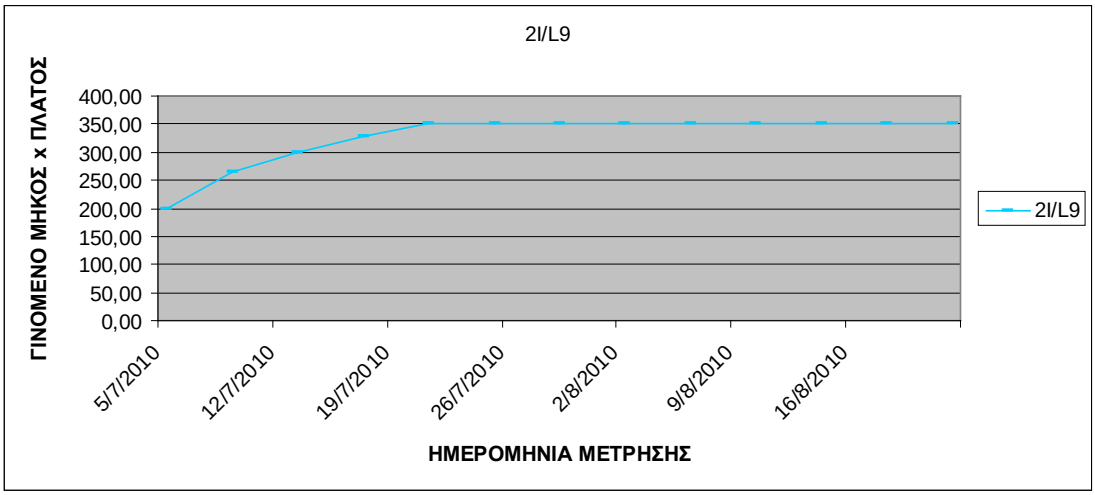
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 06/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 245,66.



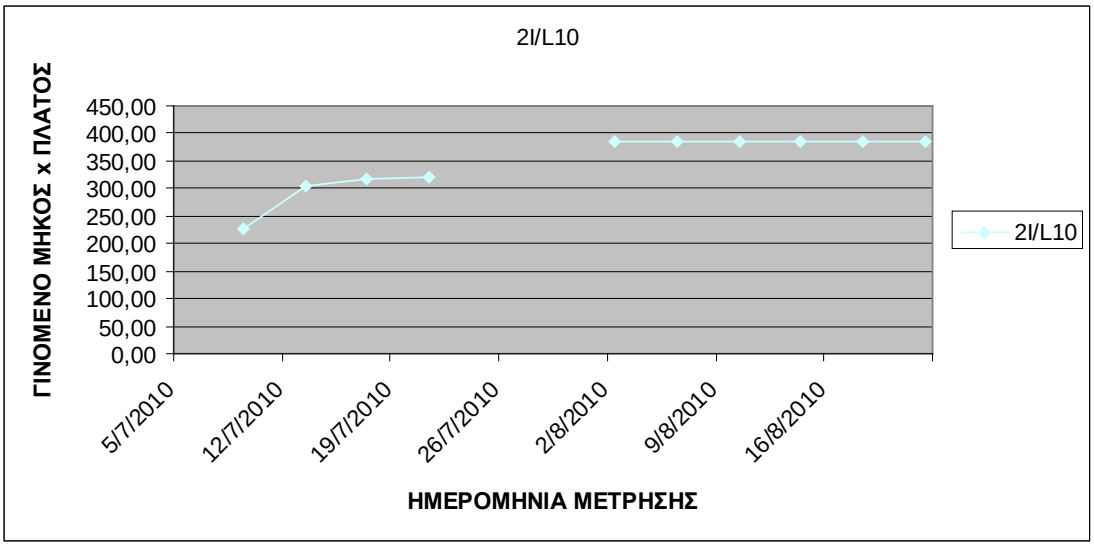
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 301,44 στης 02/08/2010.



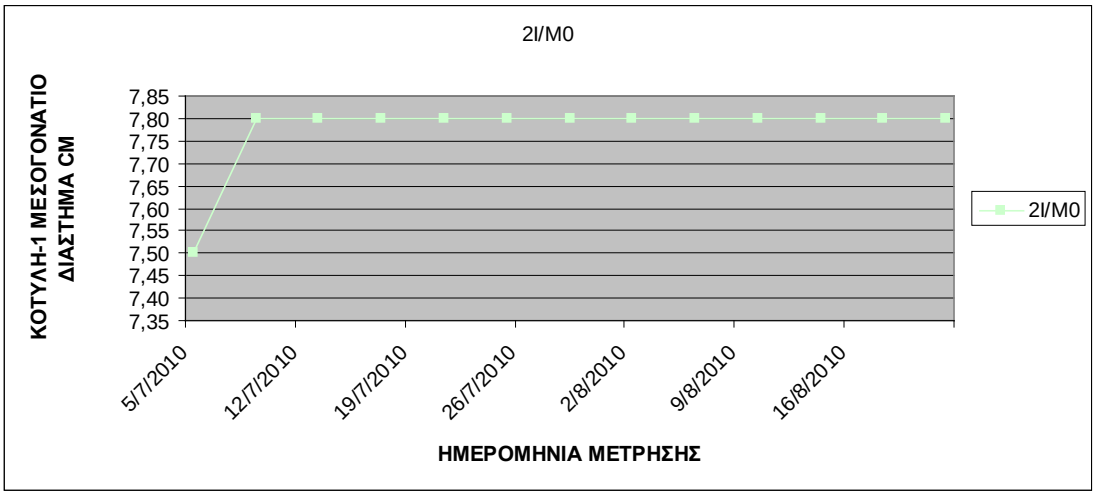
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 06/08/2010, με τιμή γινομένου 343,40.



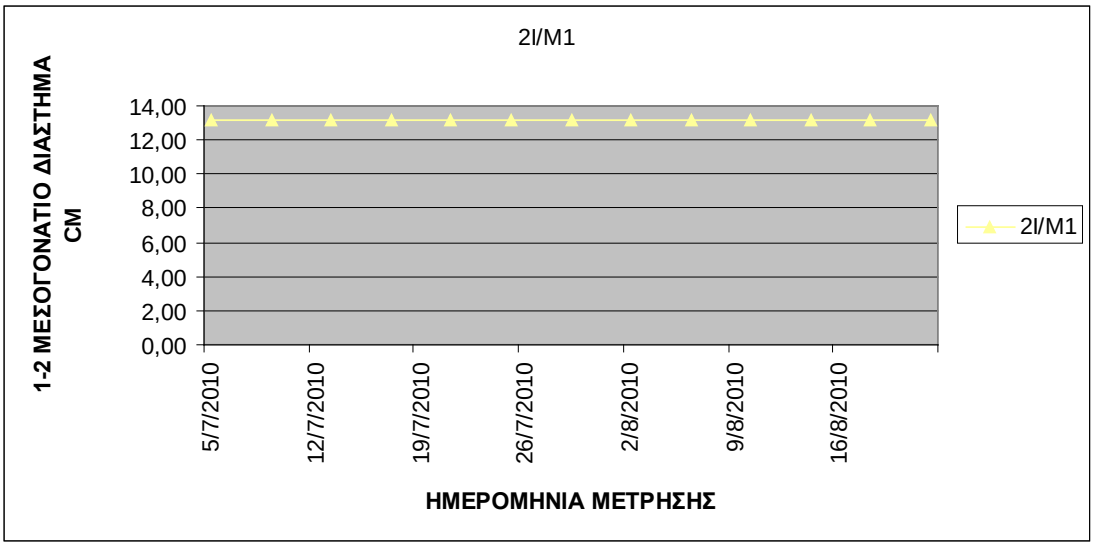
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 351,90.



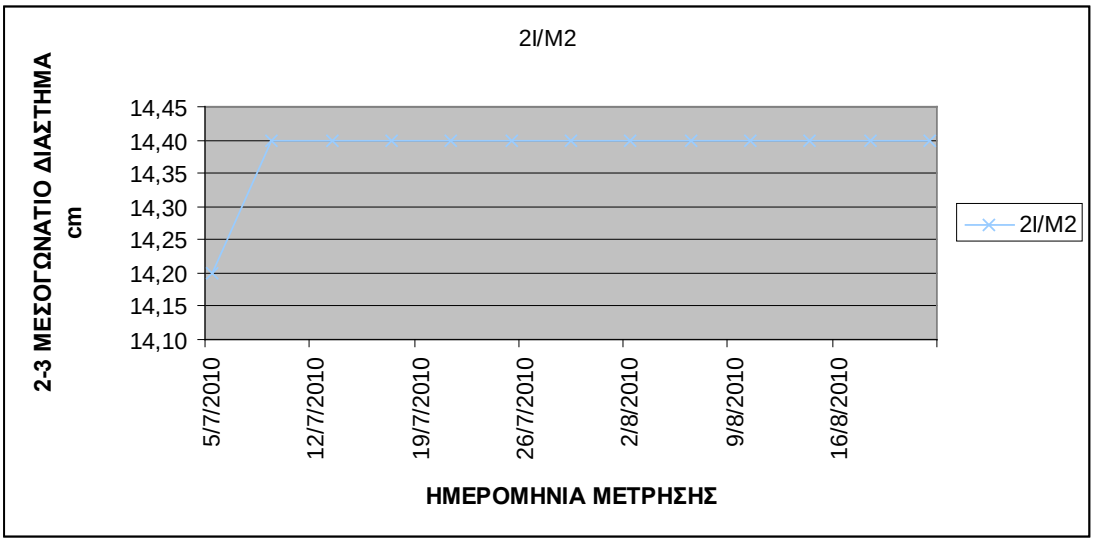
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στη μέγιστη τιμή γινομένου 385,20 στης 06/08/2010.



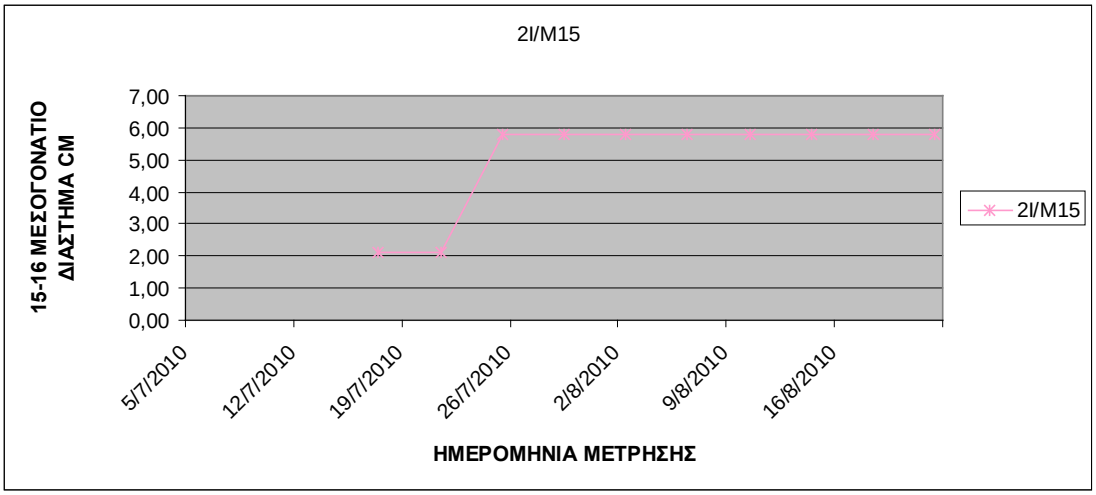
Η απόσταση του μεσογονάτιου διαστήματος από τη κοτύλη στο πρώτο φύλλο σταθεροποιήθηκε στης 09/07/2010 παίρνοντας την τιμή 7,8 cm.



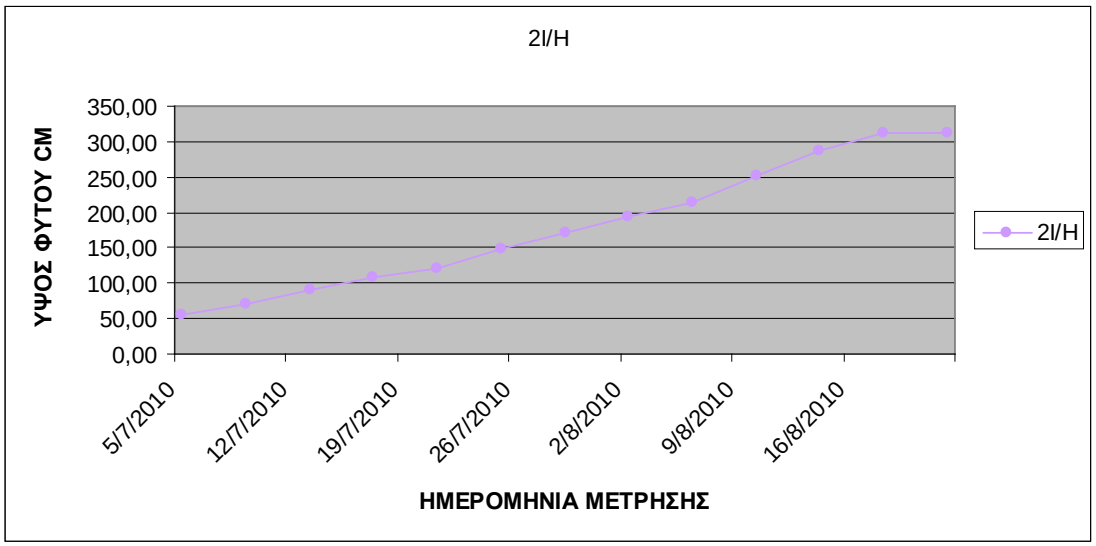
Η αύξηση του μεσογονάτιου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 13,2cm, στης 05/07/2010



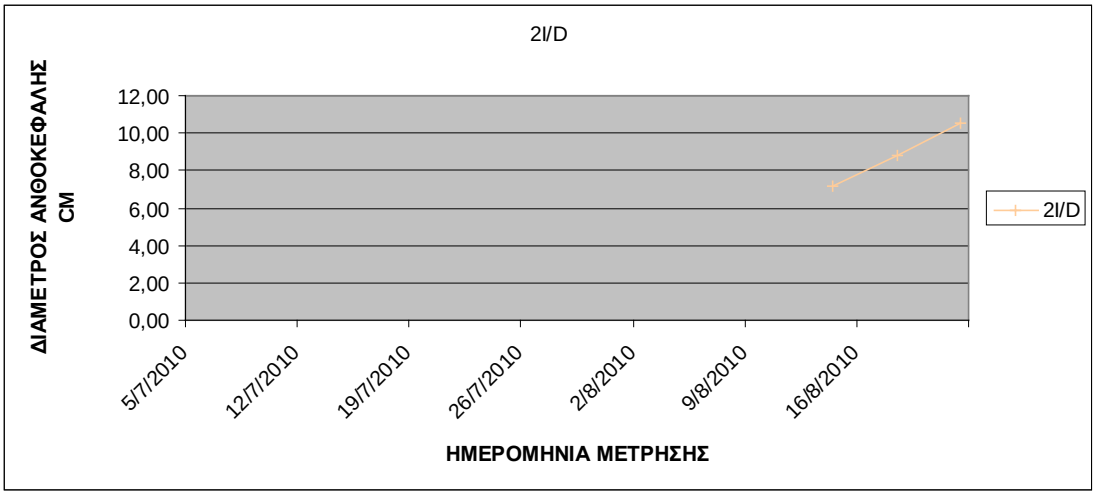
Η ανάπτυξη του μεσογονάτιου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 09/07/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 14,4cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου σταθεροποιήθηκε στα 5,8cm στης 25/07/2010.



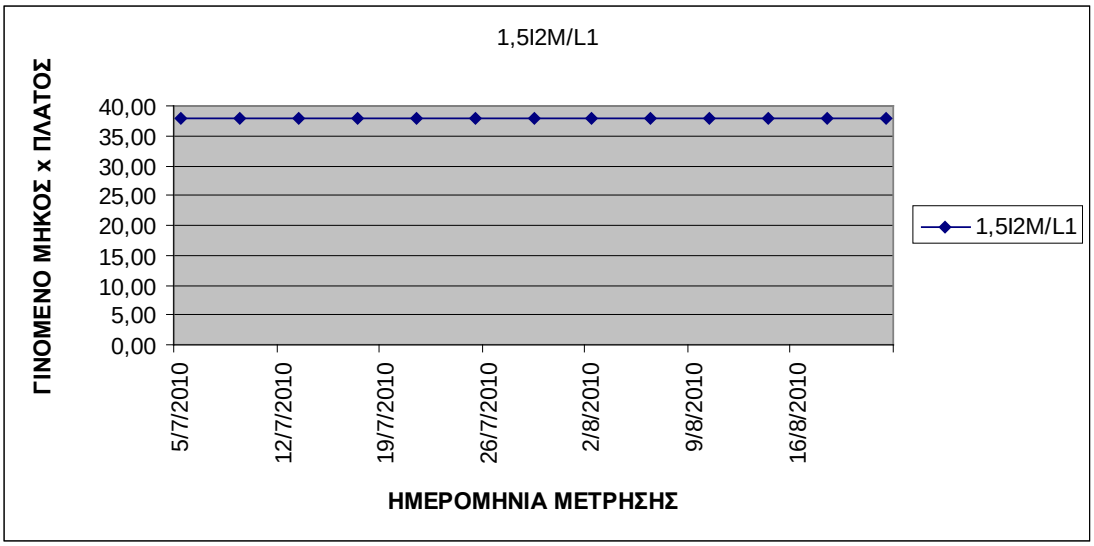
Οι κοτυληδόνες του 2Ι εμφανίστηκαν στης 09/06/2010. Το ύψος του φυτού έφτασε στης 22/08/2010 την τιμή των 313cm.



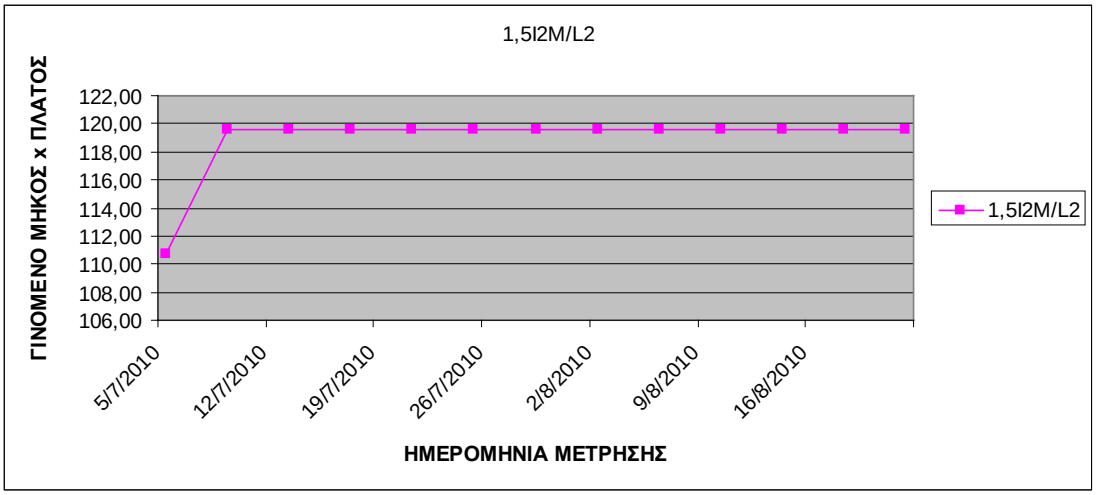
Η διάμετρος της ανθοκεφαλής έφτασε στο μέγεθος των 10,5cm στης 22/08/2010.

2. Φυτό 1,5I2M

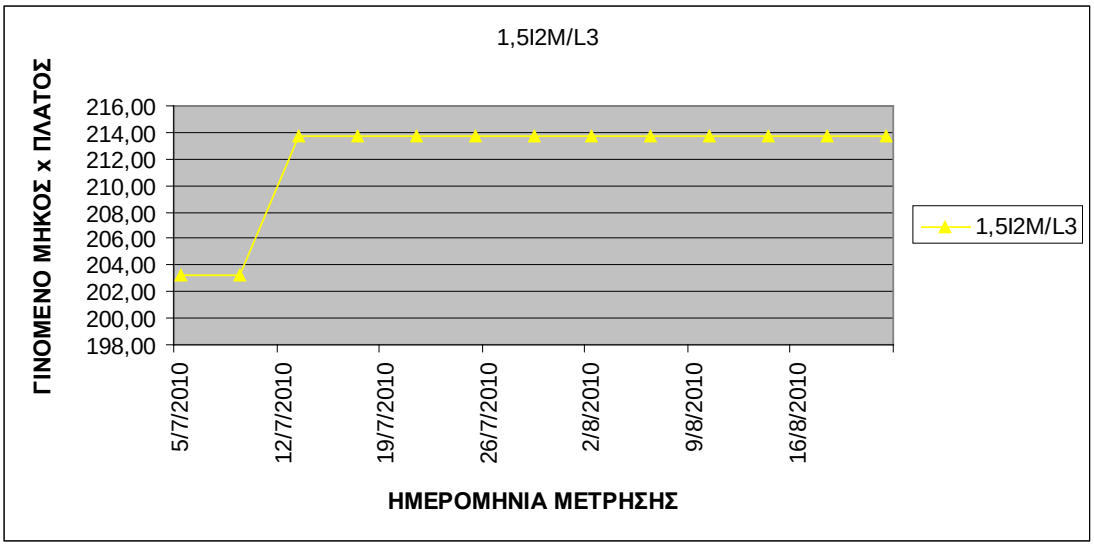
	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010	18/8/2010	22/8/2010
1,5I2M/L1	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00
1,5I2M/L2	110,70	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60	119,60
1,5I2M/L3	203,28	203,28	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75
1,5I2M/L4	239,40	252,08	260,40	260,40	260,40	260,40	260,40	260,40	260,40	260,40	260,40	260,40	260,40
1,5I2M/L5	226,10	245,00	247,80	247,80	247,80	247,80	247,80	247,80	261,00	261,00	261,00	261,00	261,00
1,5I2M/L6	340,20	380,80	390,98	397,90	397,90	397,90	397,90	397,90	423,00	423,00	423,00	423,00	423,00
1,5I2M/L7	255,50	341,04	367,20	367,20	376,74			378,81	402,05	402,05	402,05	402,05	402,05
1,5I2M/L8	291,20	406,60	452,00	466,90	479,40	479,40	479,40	479,40	488,22	488,22	488,22	488,22	488,22
1,5I2M/L9	224,00	288,40	457,15	483,00	492,20	492,20	492,20	492,20	492,20	492,20	492,20	492,20	492,20
1,5I2M/L10		262,50	360,00	407,04	431,64			444,00	444,00	444,00	444,00	444,00	444,00
1,5I2M/M0	8,0	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
1,5I2M/M1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
1,5I2M/M2	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
1,5I2M/M15				1,5	3,7	4,2	4,5	4,7	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
1,5I2M/H	63,1	80,6	98,0	118,0	136,7	163,5	195,0	221,0	243,00	285,00	318,00	343,50	361,00
1,5I2M/D											6,40	7,50	9,00



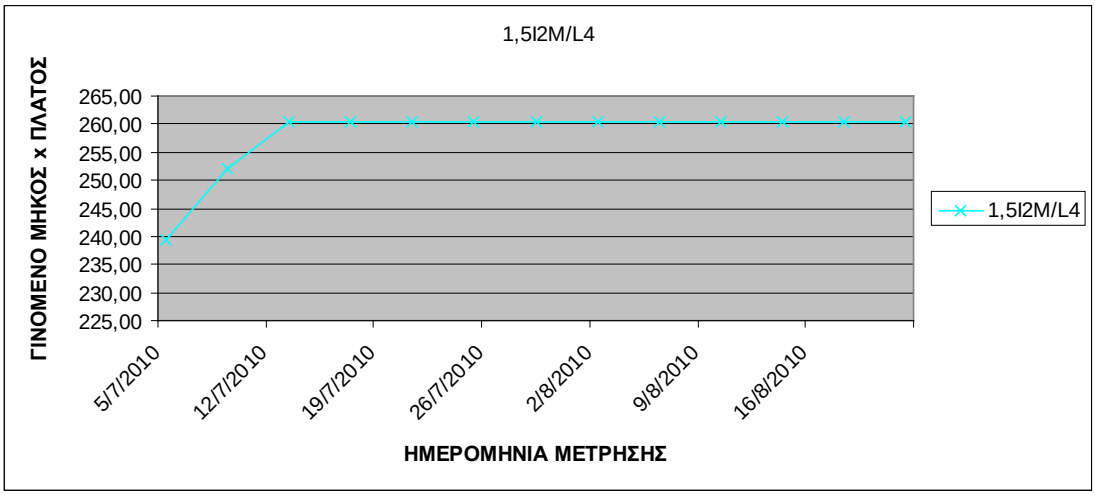
Η παρατήρηση της ανάπτυξης του πρώτου φύλλου έδειξε, την περίοδο των μετρήσεων, σταθερή επιφάνεια φύλλου με γινόμενο μήκους επί πλάτους φύλλου 38,00. Στης 13/07/2010 παρουσίασε ξήρανση άκρης φύλλου και παρέμεινε έτσι μέχρι το τέλος των μετρήσεων.



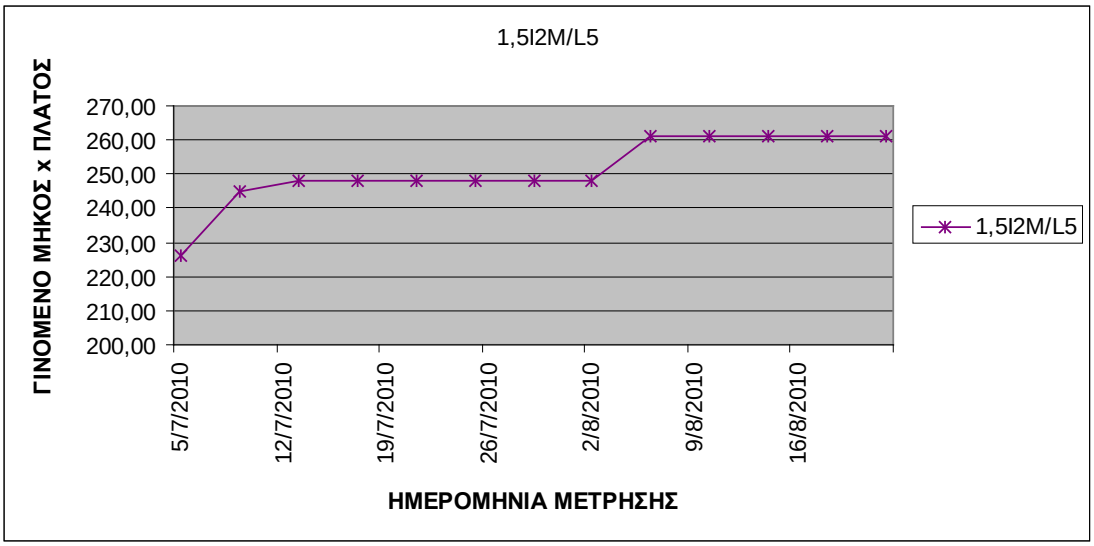
Το μέγιστο της ανάπτυξης του δεύτερου φύλλου επιτεύχθηκε στης 09/07/2010 στην τιμή γινομένου 119,60 και παρέμεινε έτσι μέχρι το τέλος των μετρήσεων.



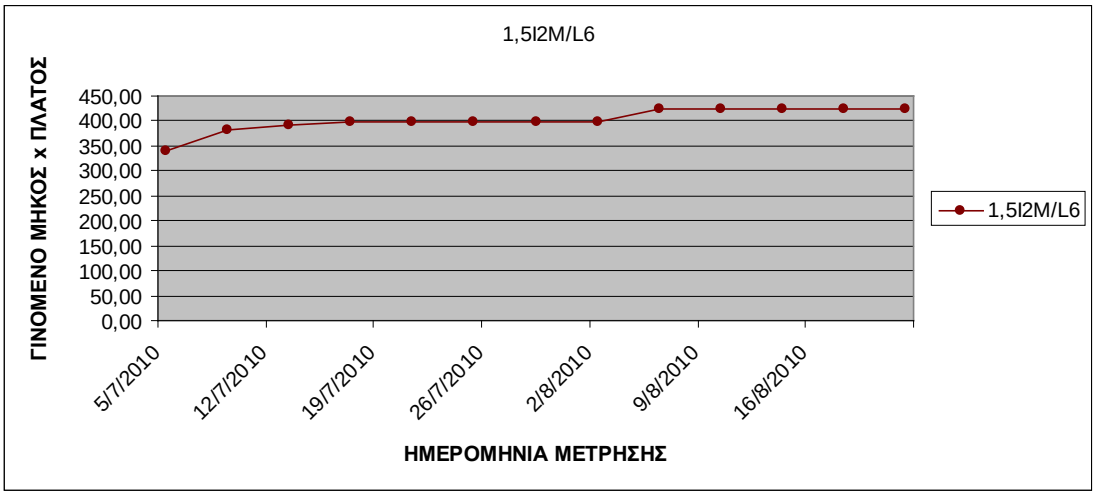
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 13/07/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



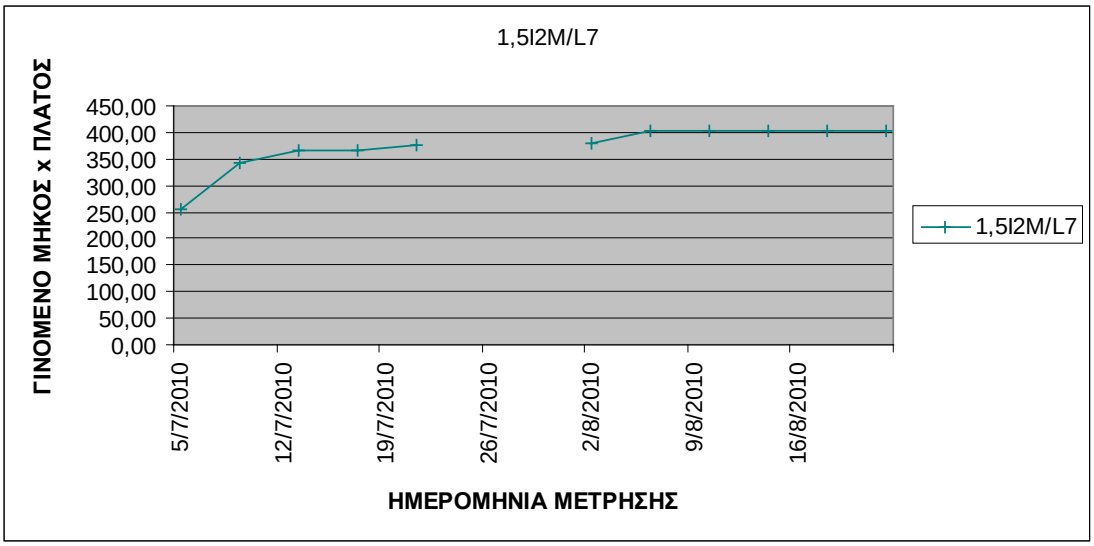
Ομοίως, το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 13/07/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων. Στης 17/07/2010 παρουσίασε ξήρανση άκρης φύλλου.



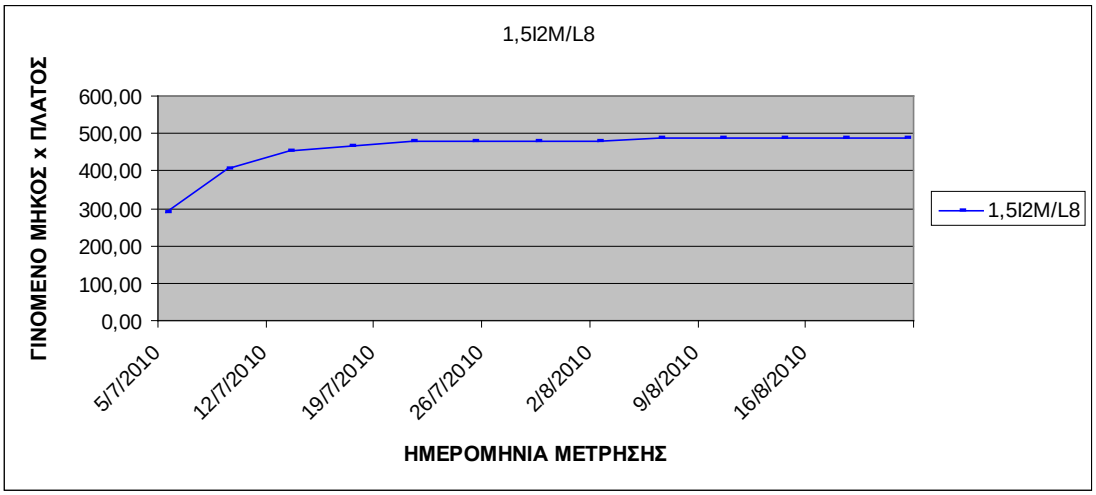
Η ανάπτυξη του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 06/08/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 261,00.



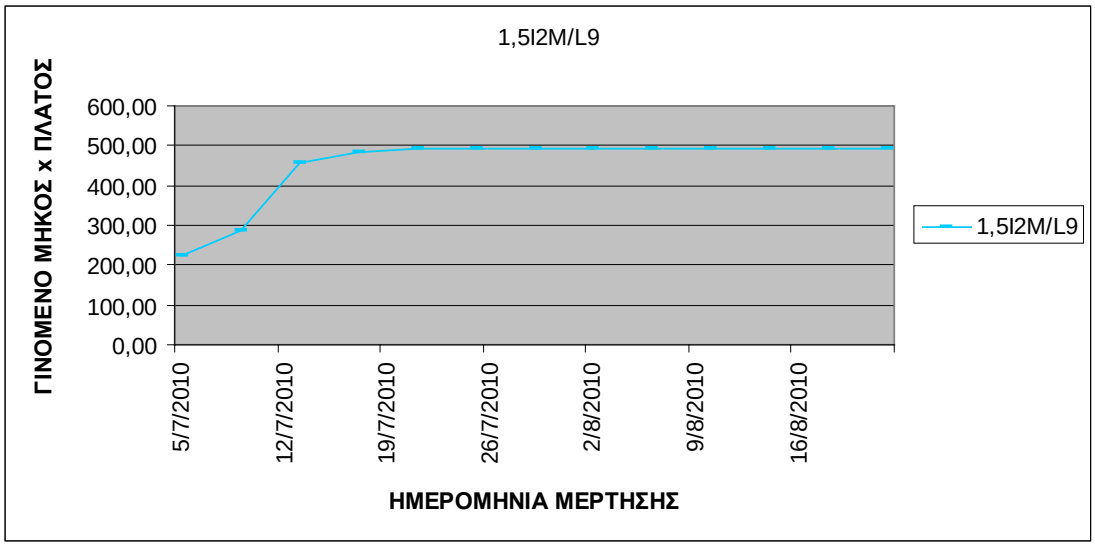
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 06/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 423,00. Στης 17/07/2010 εμφανίστηκε μεσονεύρια ξήρανση.



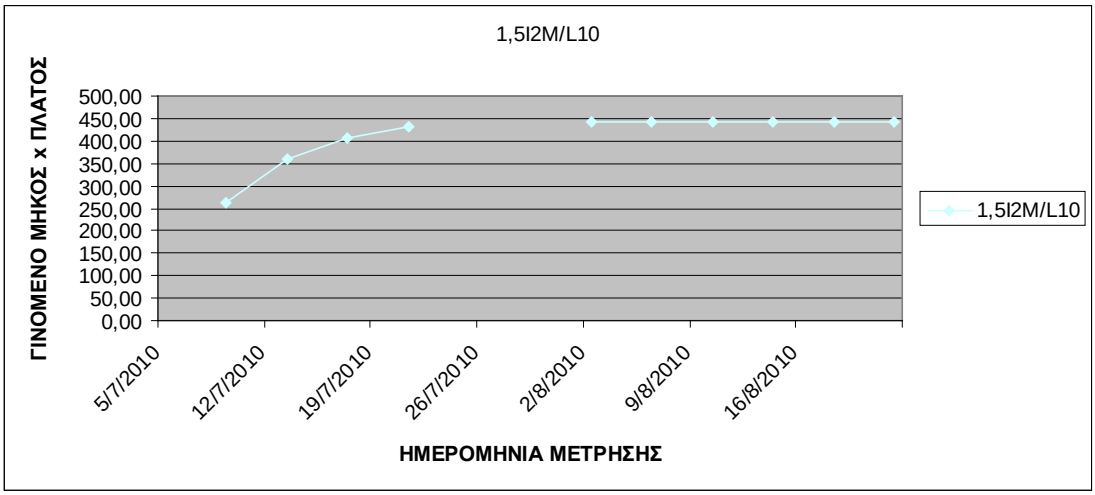
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 402,05 στης 06/08/2010.



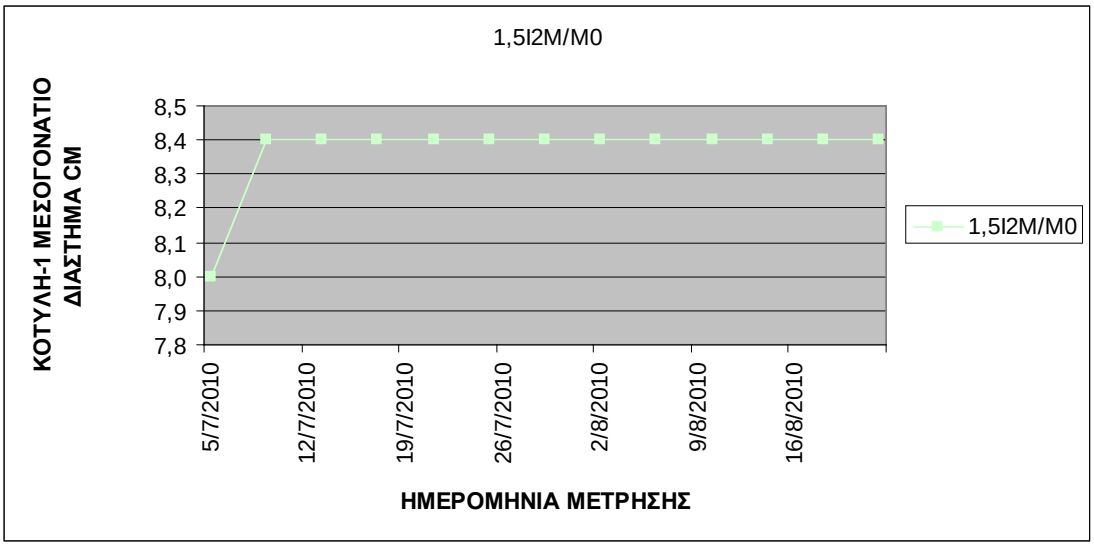
Επίσης, η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 06/08/2010, με τιμή γινομένου 488,22.



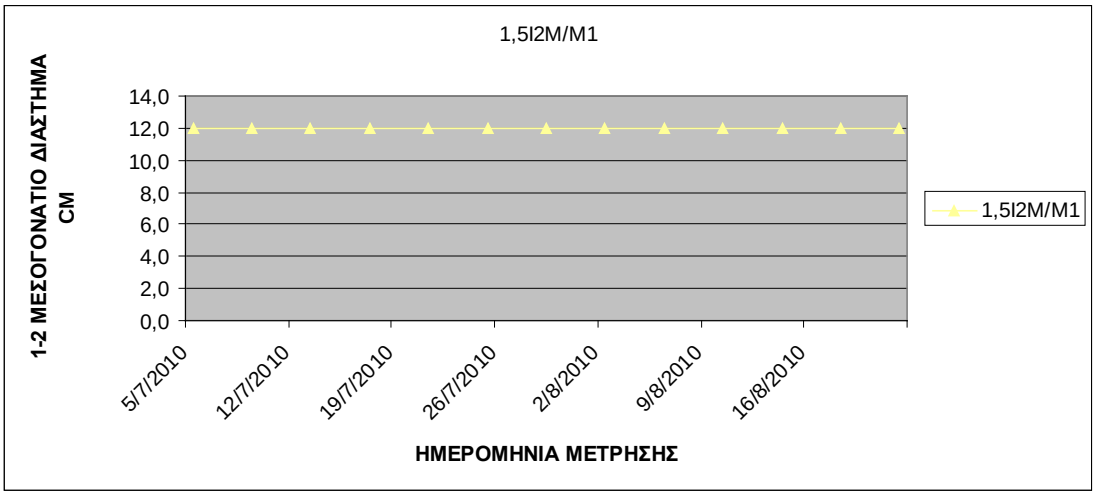
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 492,20.



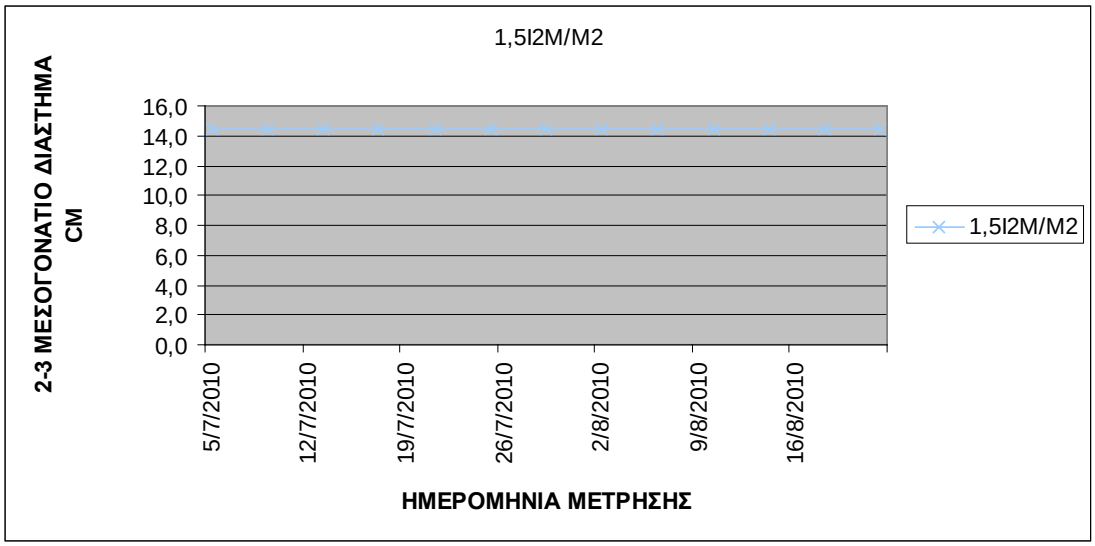
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε φτάνοντας στην τιμή γινομένου 444,00 στης 02/08/2010.



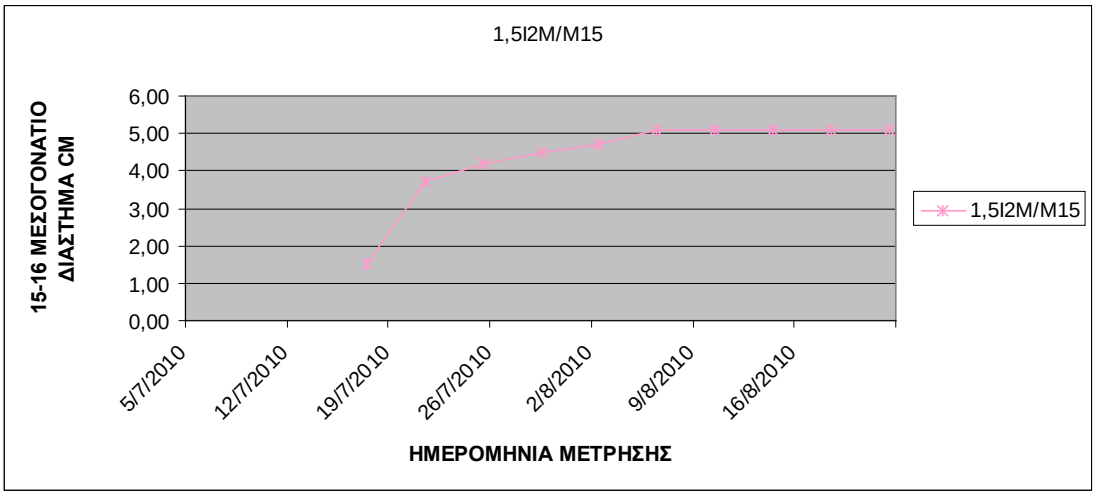
Η απόσταση του μεσογονάτιου διαστήματος από τη κοτύλη στο πρώτο φύλλο σταθεροποιήθηκε στης 09/07/2010 παίρνοντας την τιμή 8,40 cm.



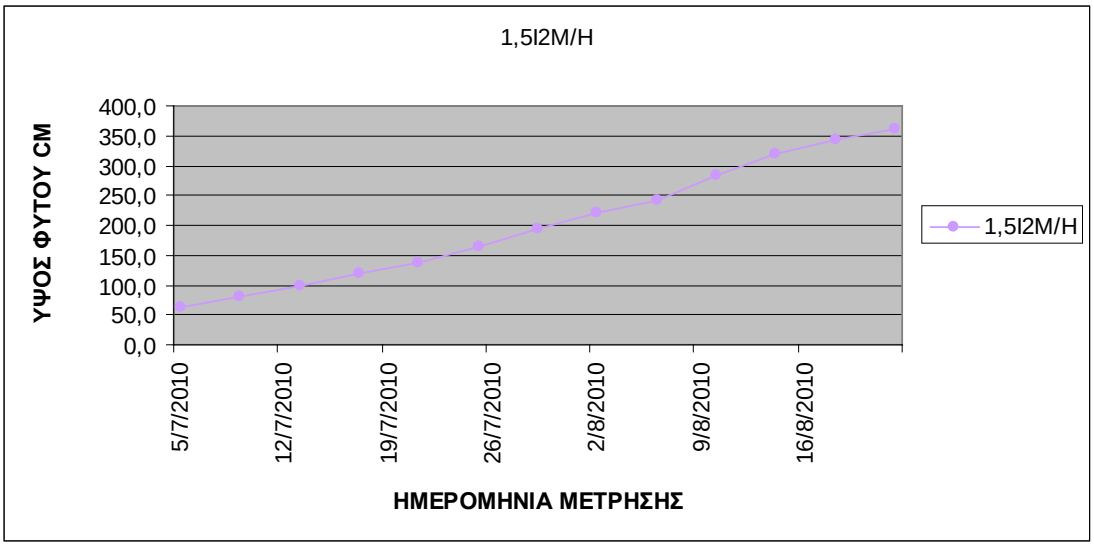
Η αύξηση του μεσογονάτιου διαστήματος μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου παρέμεινε σταθερή από την αρχή των μετρήσεων στην τιμή των 12cm.



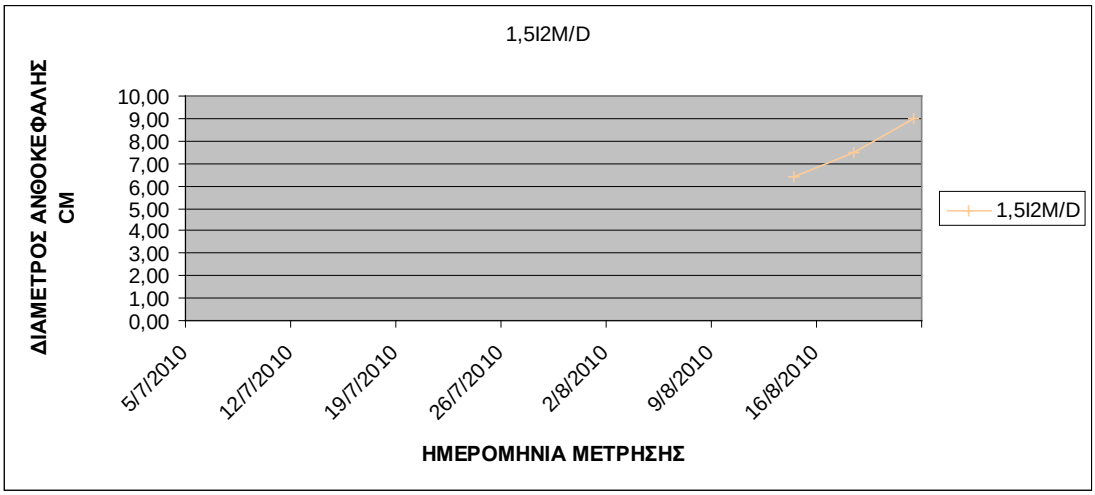
Ομοίως, η ανάπτυξη μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου παρέμεινε σταθερή από την αρχή των μετρήσεων στην τιμή των 14,5 cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 06/08/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 5,10cm.



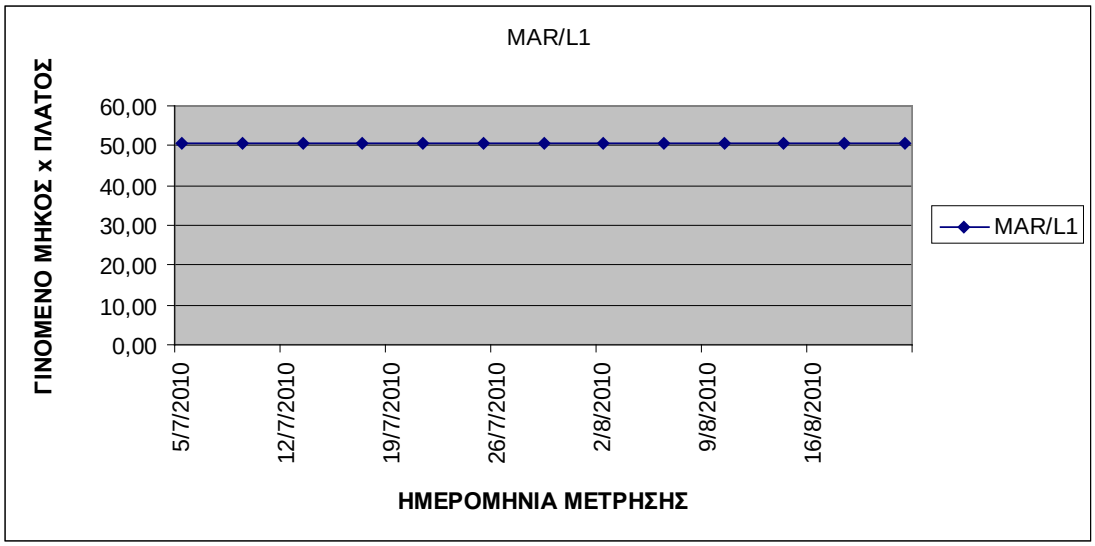
Οι κοτυληδόνες του 1,5I2M εμφανίστηκαν στης 09/06/2010. Το ύψος του φυτού μέχρι το τέλος των μετρήσεων έφτασε στην τιμή των 361,00 cm.



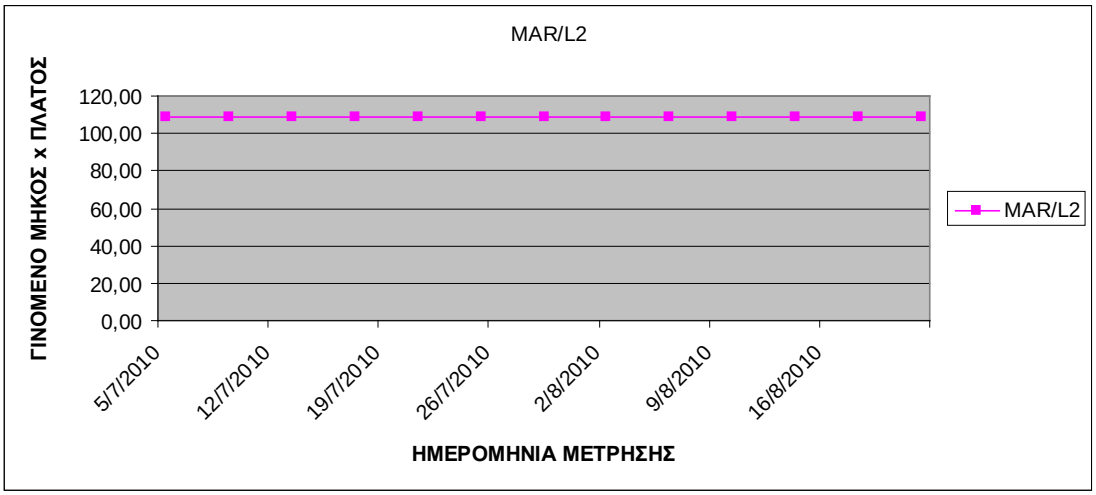
Η διάμετρος της ανθοκεφαλής έφτασε στο μέγεθος των 9,00 cm στης 22/08/2010.

3. Φυτό MAR

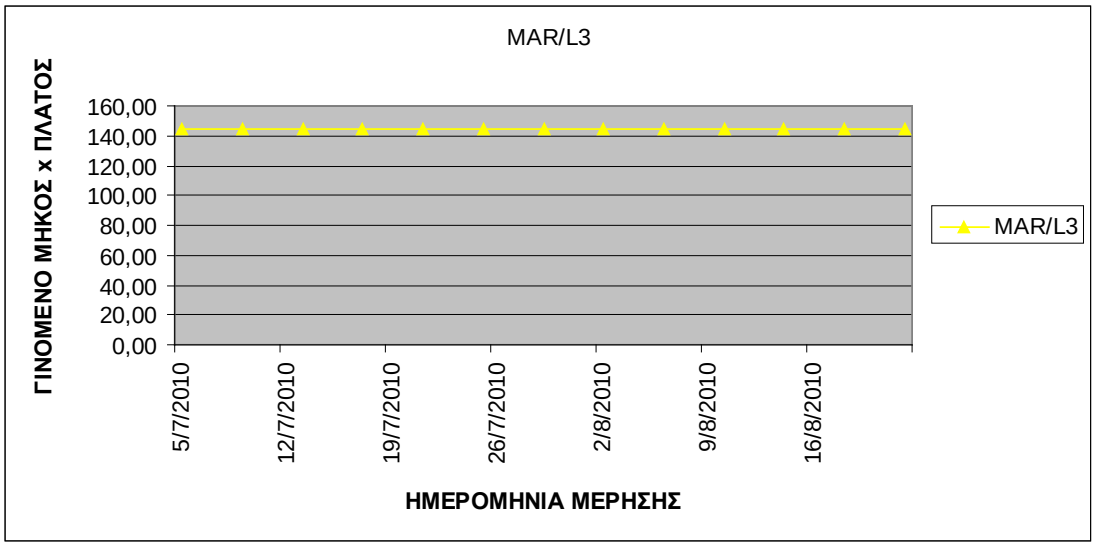
	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010	18/8/2010	22/8/2010
MAR/L1	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50	50,50
MAR/L2	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36	108,36
MAR/L3	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00
MAR/L4	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68	171,68
MAR/L5	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52	203,52
MAR/L6	187,20	187,20	189,60	189,60	189,60	189,60	189,60	189,60	196,80	196,80	196,80	196,80	196,80
MAR/L7	218,40	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04	227,04
MAR/L8	212,79	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87	229,87
MAR/L9	248,40	266,49	275,99	275,99	283,14	283,14	283,14	283,14	283,14	283,14	283,14	283,14	283,14
MAR/L10		245,96	258,42	258,42	262,80	262,80	262,80	262,80	262,80	262,80	262,80	262,80	262,80
MAR/M0	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
MAR/M1	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
MAR/M2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
MAR/M15				3,20	3,60	3,60	3,70	3,70	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
MAR/H	74,00	90,60	108,70	124,50	138,40	160,00	186,50	210,20	229,00	265,00	292,00	302,50	302,50
MAR/D											7,30	8,50	10,50



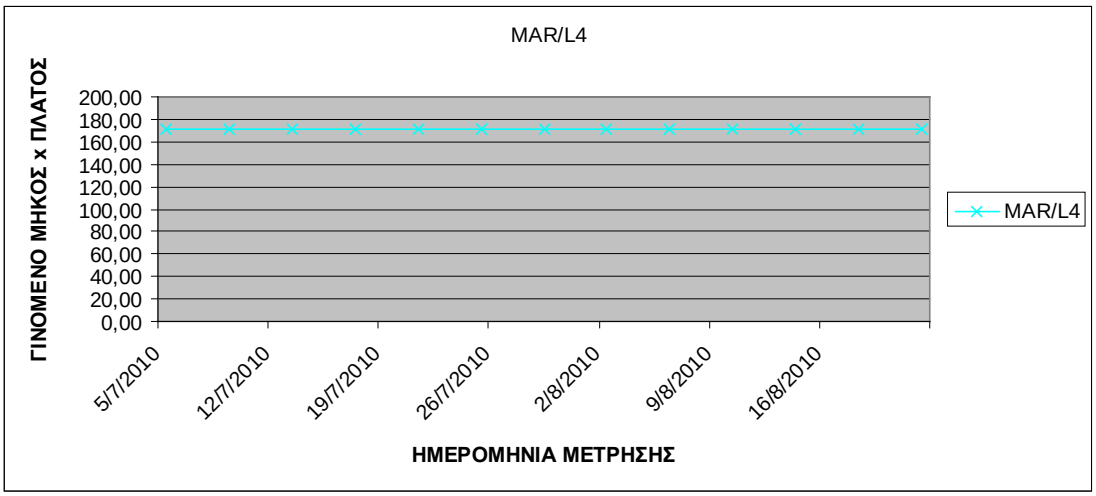
Η ανάπτυξη του πρώτου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 50,50.



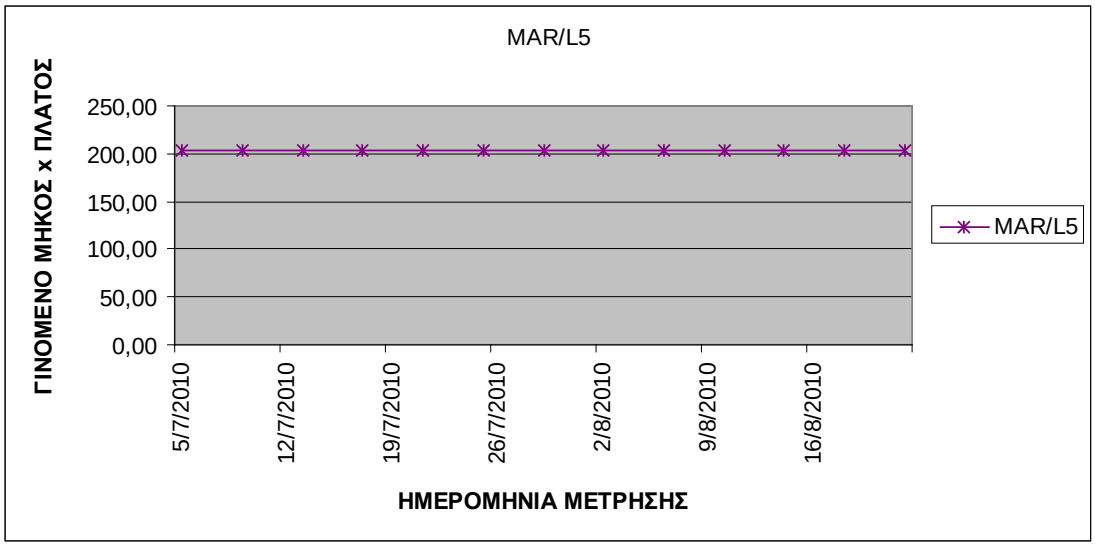
Επίσης, η ανάπτυξη του δεύτερου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 108,36.



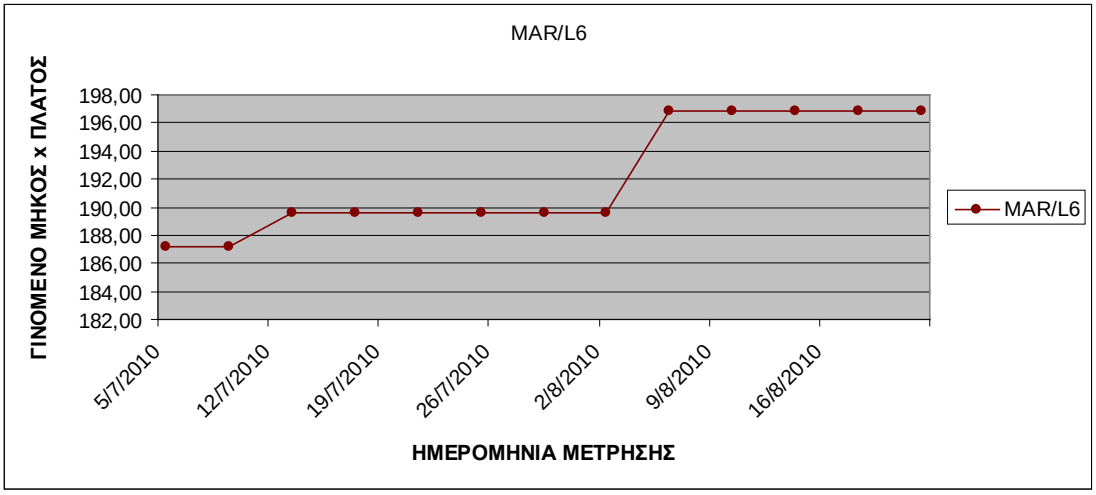
Ομοίως, η ανάπτυξη του τρίτου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 144,00.



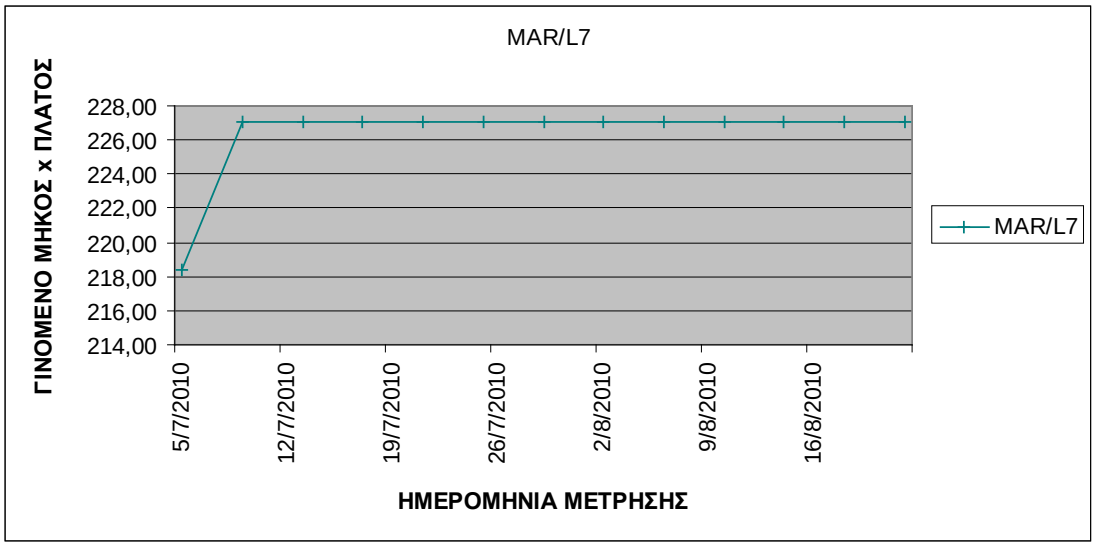
Η αύξηση του τέταρτου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων ήταν σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 171,68 .



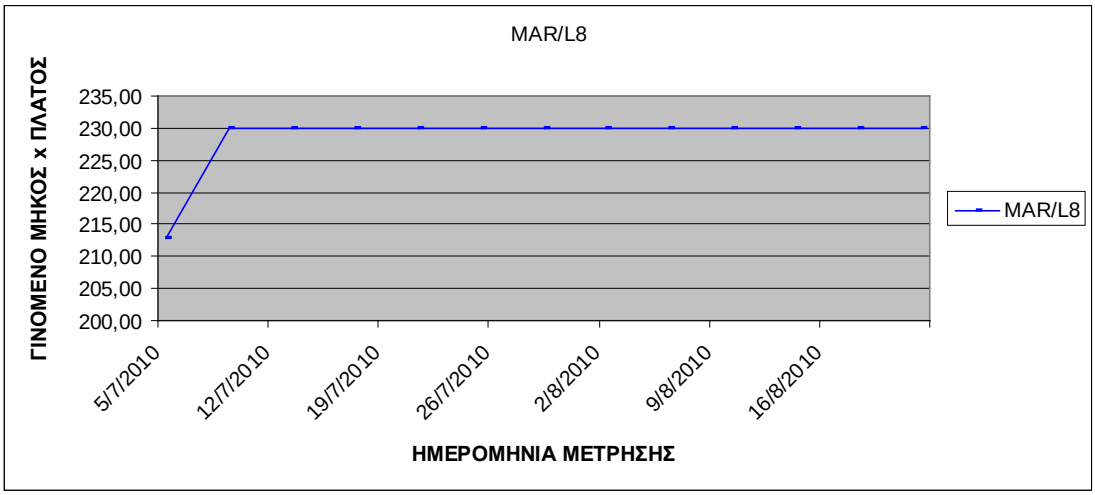
Όμοια με τα προηγούμενα φύλλα, η ανάπτυξη του πέμπτου φύλλου παρέμεινε σταθερή από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 203,52.



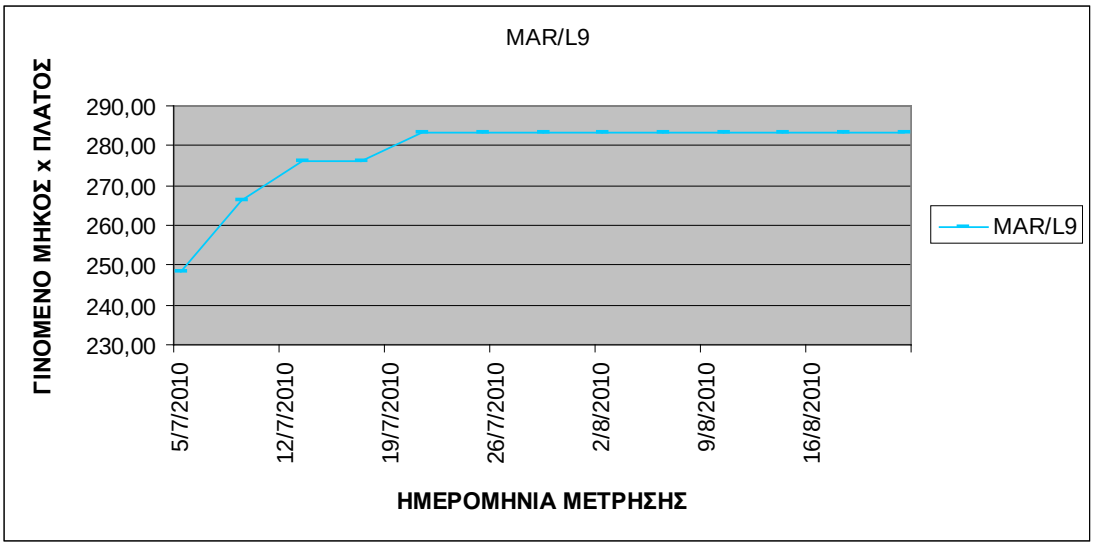
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 06/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 196,80. Στης 17/07/2010 παρουσιάστηκε μεσονεύρια ξήρανση.



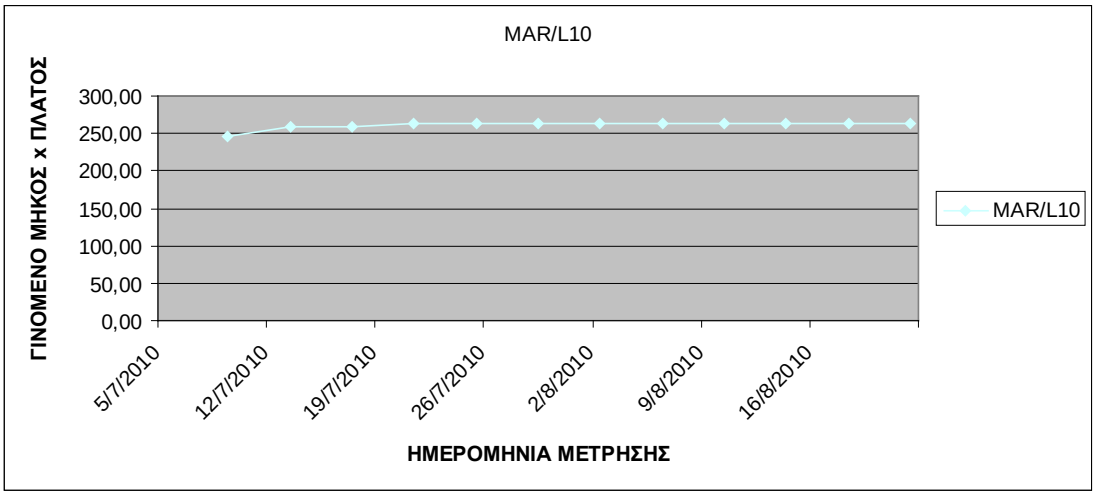
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 227,04 στης 09/07/2010. Στης 13/07/2010 παρουσιάστηκε μεσονεύρια ξήρανση.



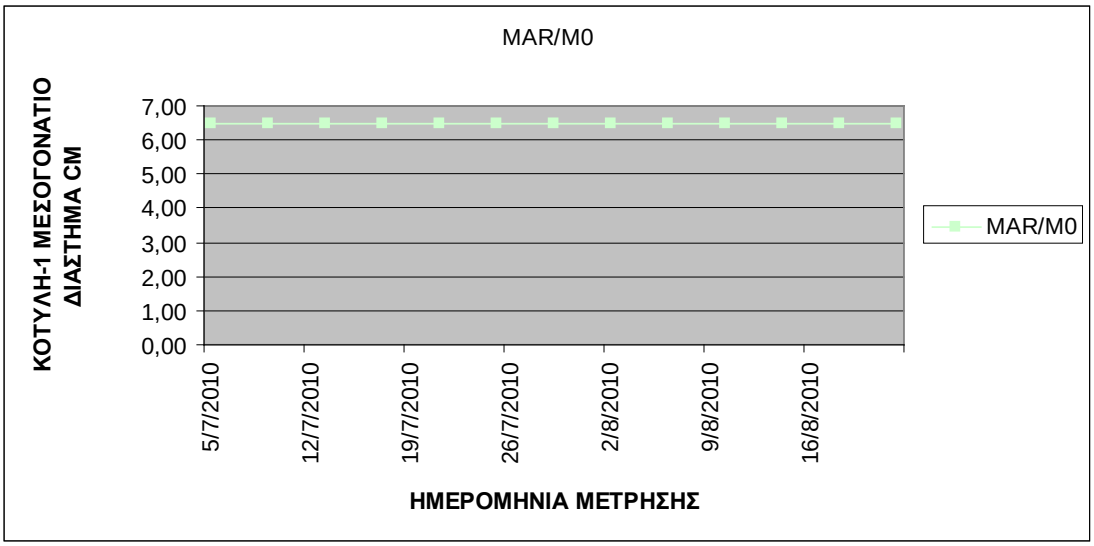
Ομοίως με το έβδομο φύλλο, η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 09/07/2010, με τιμή 229,87.



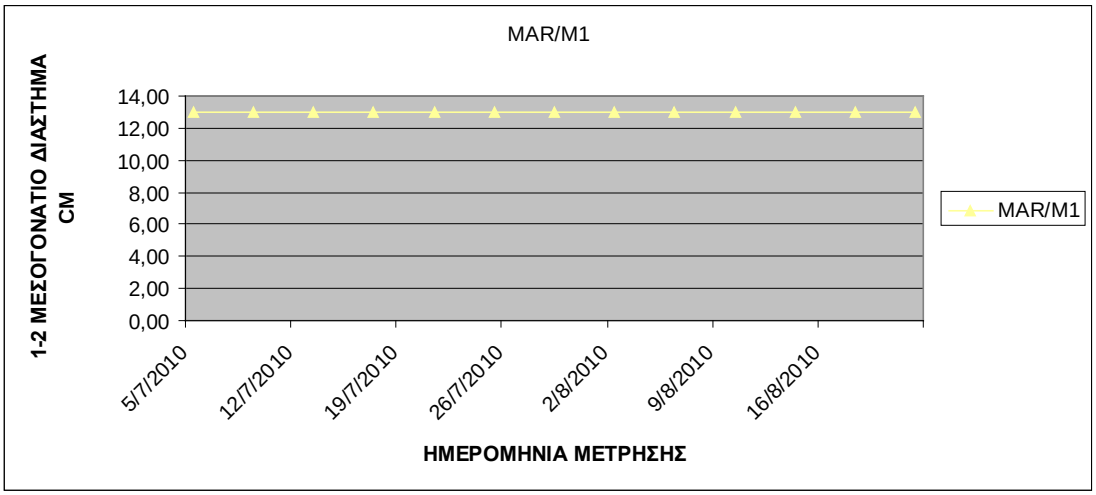
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 21/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 283,14. Την ίδια ημερομηνία παρουσίασε μεσονεύρια ξήρανση.



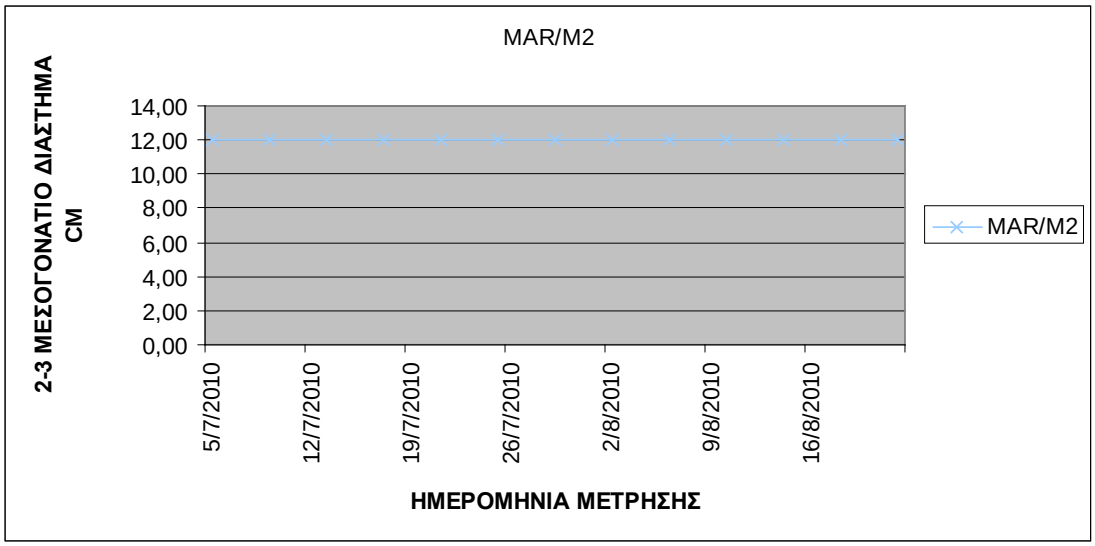
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε φτάνοντας στην τιμή γινομένου των 262,80 στης 21/07/2010.



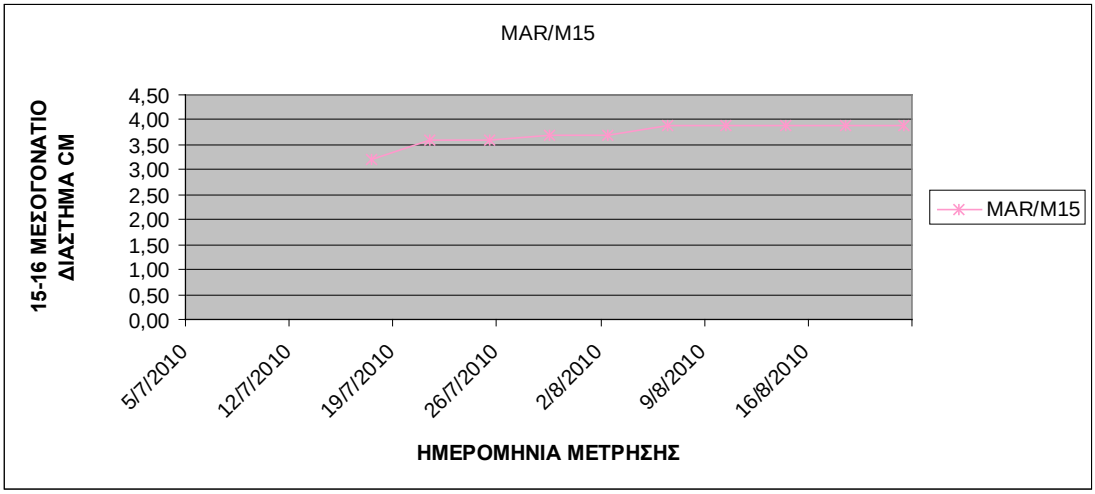
Η απόσταση του μεσογονάτιου διαστήματος από τη κοτύλη στο πρώτο φύλλο παρέμεινε σταθερό από την αρχή των μετρήσεων στην τιμή των 6,50 cm.



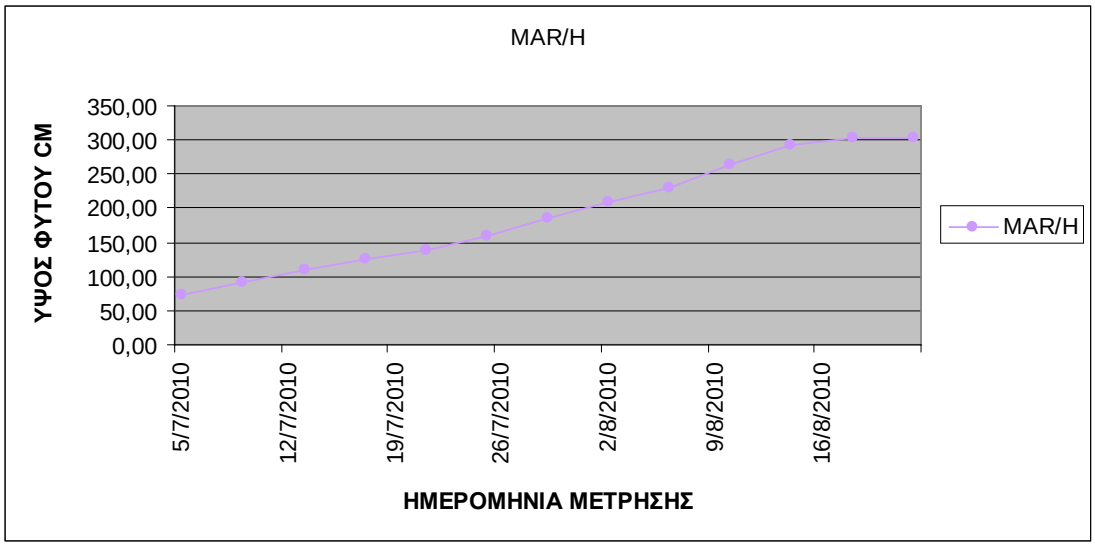
Ομοίως, η αύξηση του μεσογονάτιου διαστήματος μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου παρέμεινε αμετάβλητη από την αρχή των μετρήσεων στην τιμή των 13,00 cm.



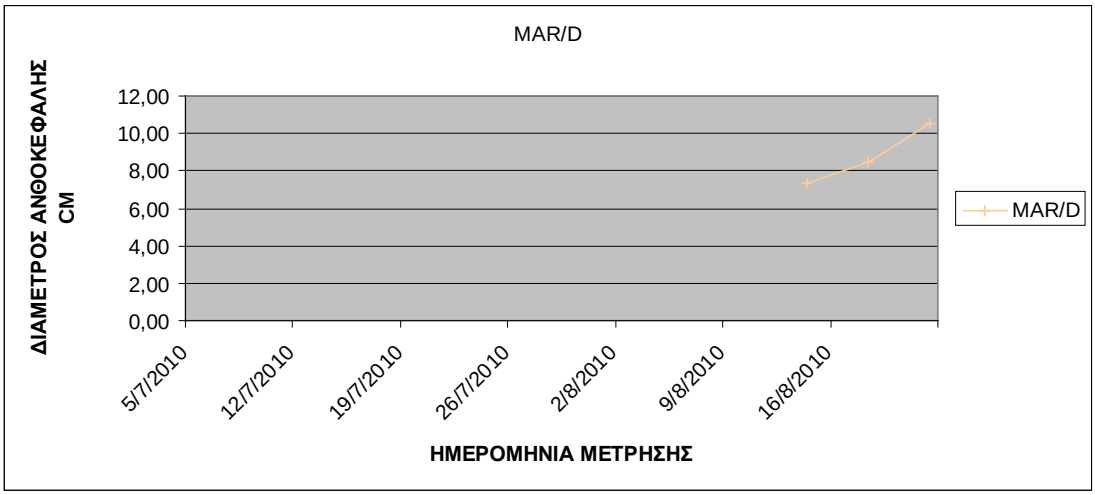
Επίσης, η ανάπτυξη του μεσογονάτιου διαστήματος μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου παρέμεινε αμετάβλητη από την αρχή των μετρήσεων στην τιμή των 12,00 cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 06/08/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 3,90 cm.



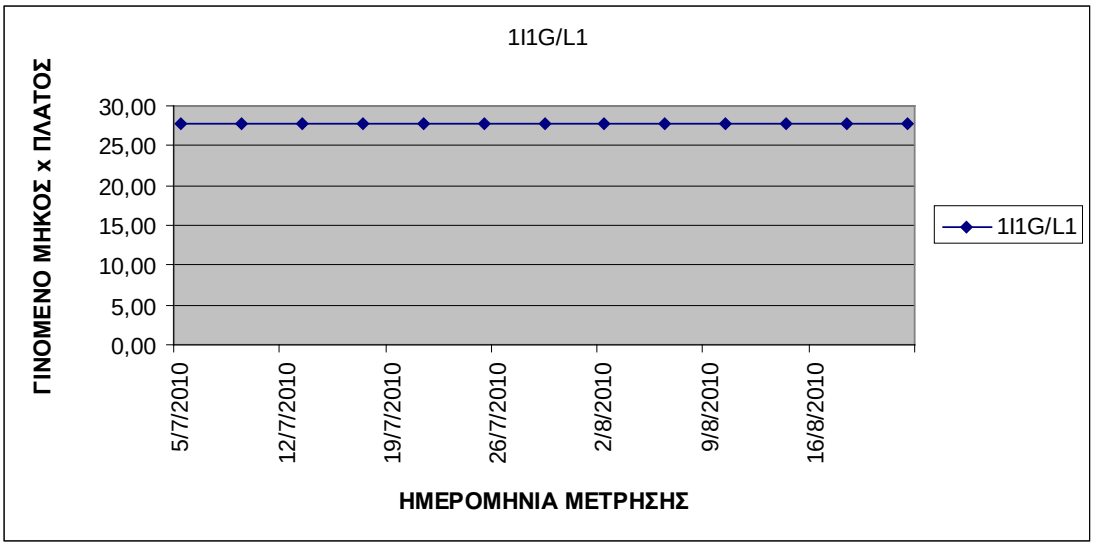
Οι κοτυληδόνες του MAR εμφανίστηκαν στης 09/06/2010. Το ύψος του φυτού έφτασε στης 22/08/2010 την τιμή των 303,00 cm.



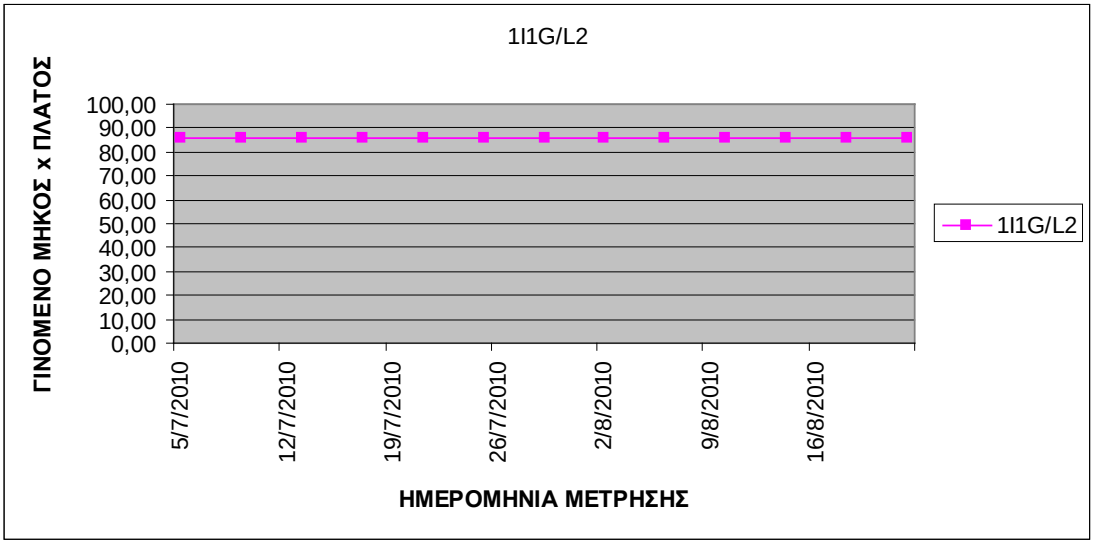
Η διάμετρος της ανθοκεφαλής έφτασε στο μέγεθος των 10,5cm στης 22/08/2010.

4. Φυτό 1I1G

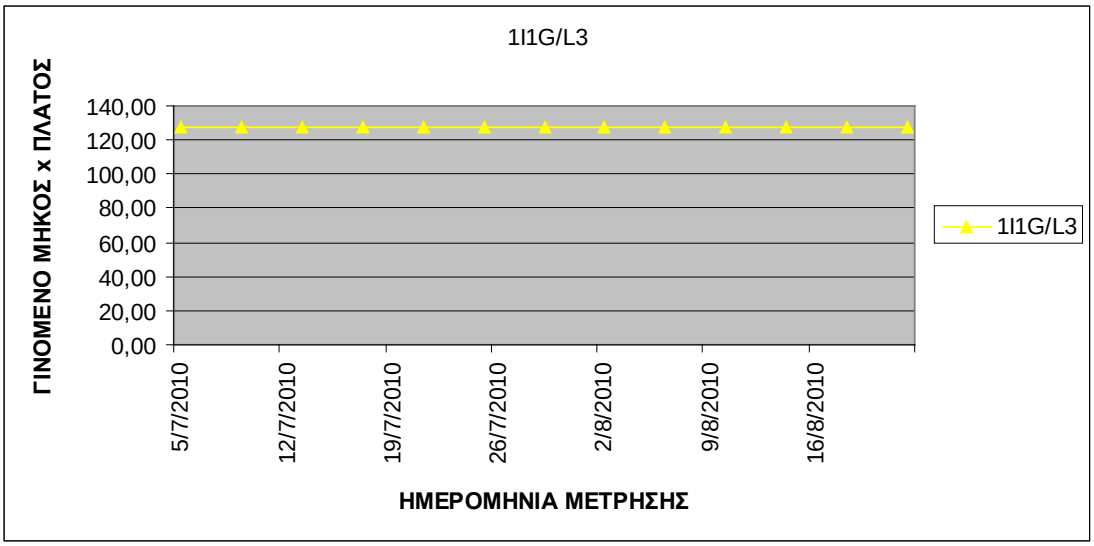
	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010	18/8/2010	22/8/2010
1I1G/L1	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65
1I1G/L2	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88	85,88
1I1G/L3	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00
1I1G/L4	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80	162,80
1I1G/L5													
1I1G/L6													
1I1G/L7	155,25	199,50	213,90	213,90	224,00			226,80	226,80	226,80	226,80	226,80	226,80
1I1G/L8	94,16	143,00	168,00	180,81	180,81			185,00	185,00	185,00	185,00	185,00	185,00
1I1G/L9	97,90	154,10	183,75	198,90	206,15	206,15	206,15	206,15	206,15	206,15	206,15	206,15	206,15
1I1G/L10		123,75	186,25	213,52	214,88			231,24	231,24	231,24	231,24	231,24	231,24
1I1G/M0	12,0	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
1I1G/M1	14,6	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9
1I1G/M2	12,2	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
1I1G/M15									5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
1I1G/H	54,2	65,5	76,6	89,0	100,0	118,5	139,0	155,4	169,00	198,50	226,00	247,00	263,00
1I1G/D											5,20	5,70	7,00



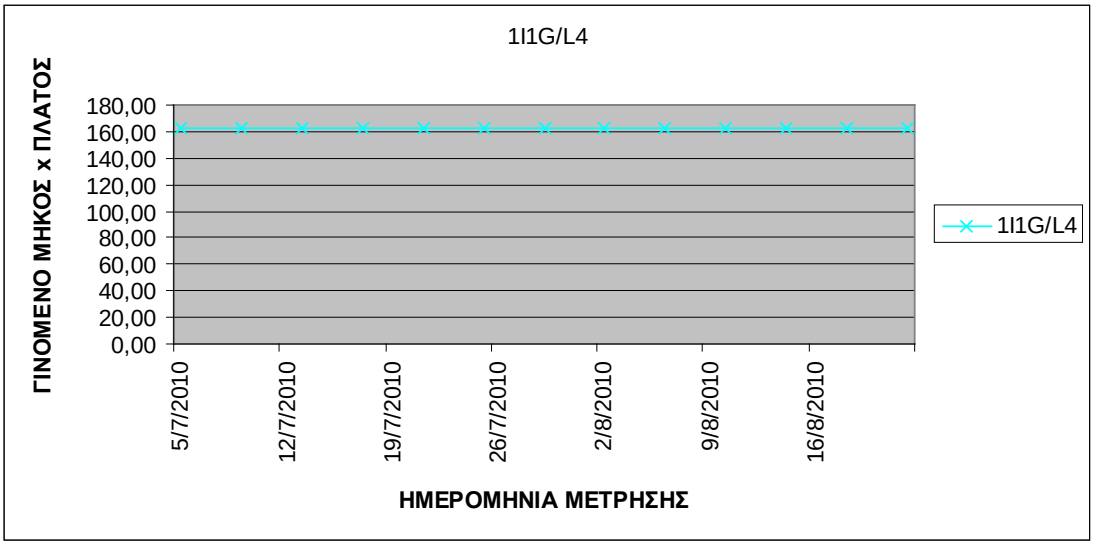
Η ανάπτυξη του πρώτου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 27,65.



Επίσης, η ανάπτυξη του δεύτερου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 85,88.

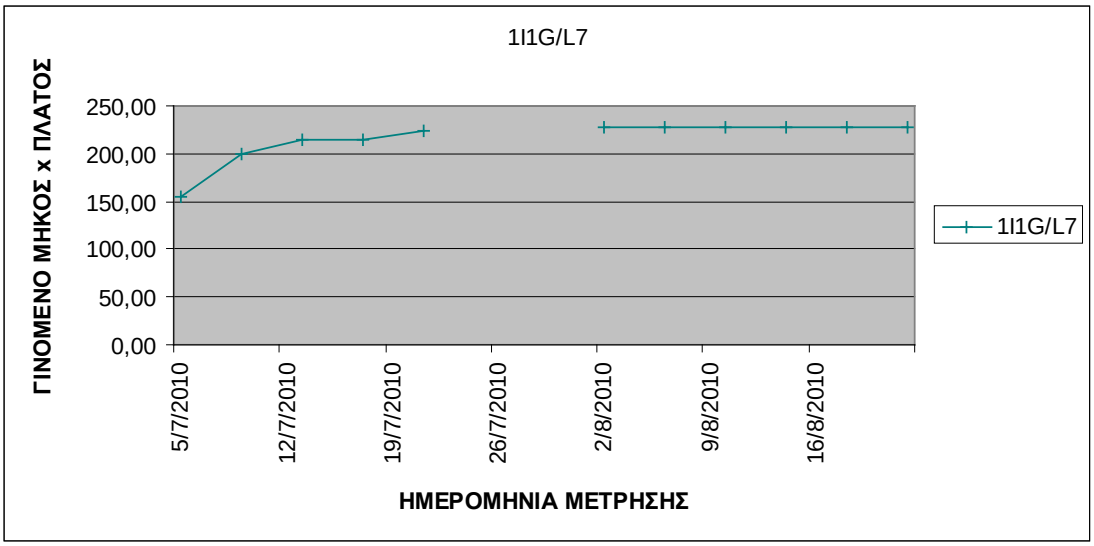


Ομοίως, η ανάπτυξη του τρίτου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 127,00.

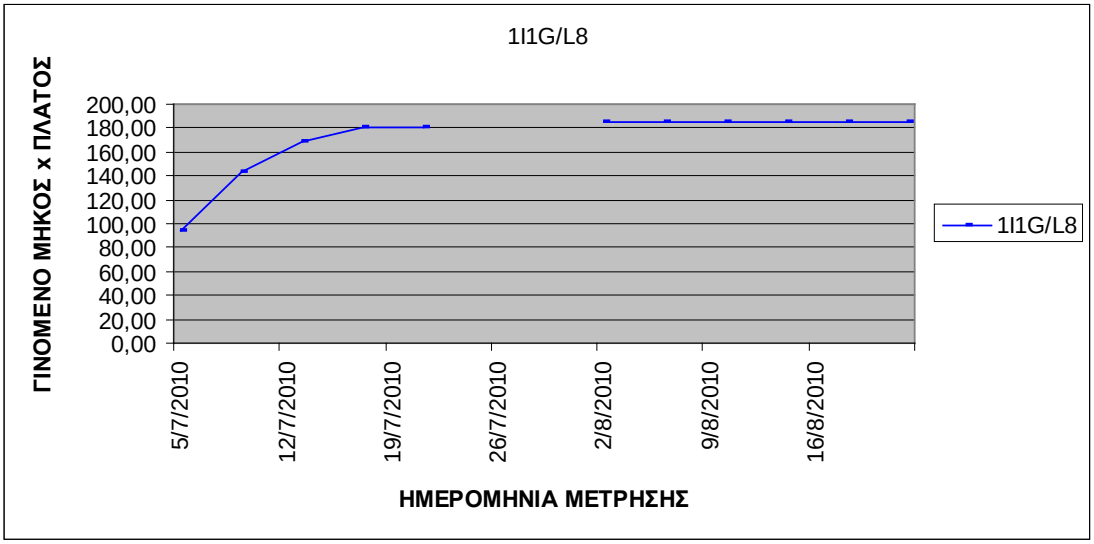


Η αύξηση του τέταρτου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων ήταν σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 162,80.

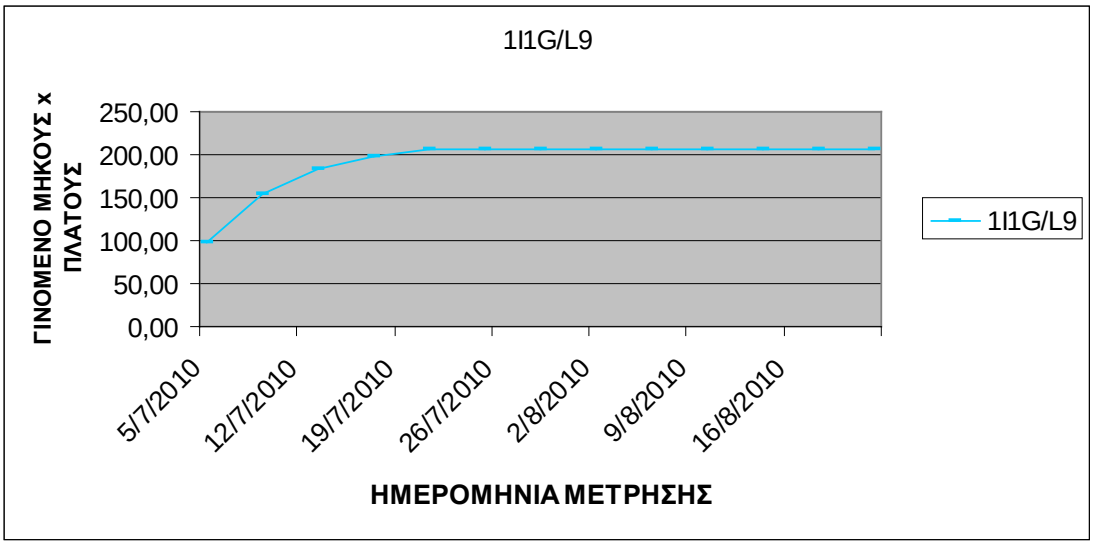
Η μέτρηση της επιφάνειας του πέμπτου και έκτου φύλλου δεν ήταν δυνατή την περίοδο των μετρήσεων γιατί τα φύλλα είχαν καταστραφεί - αλλοιωθεί από μεσονεύρια ξήρανση και φάγωμα από έντομα.



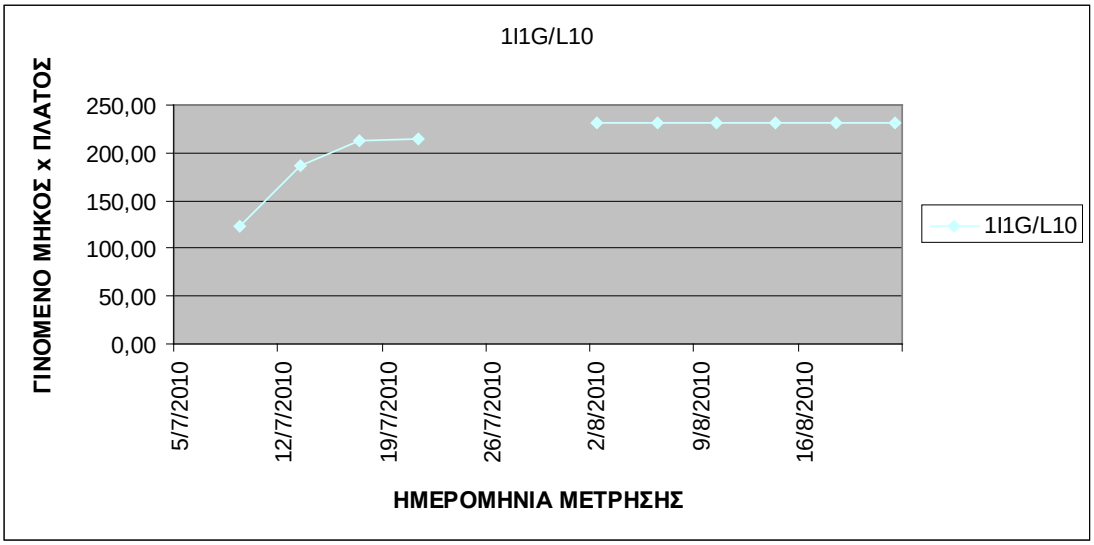
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 226,80 στης 02/08/2010.



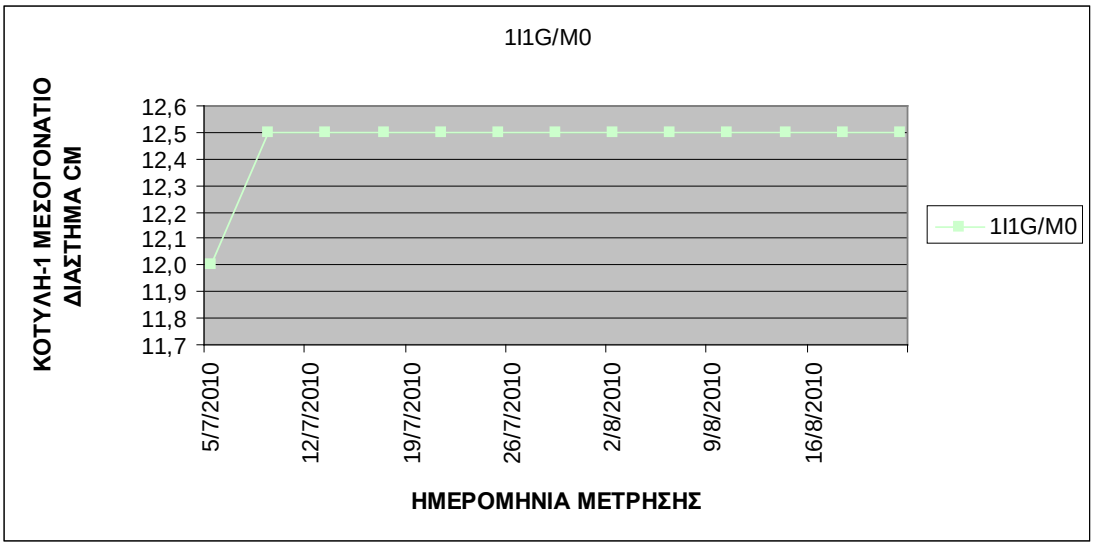
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι της 02/0/2010, με τιμή 185,00.



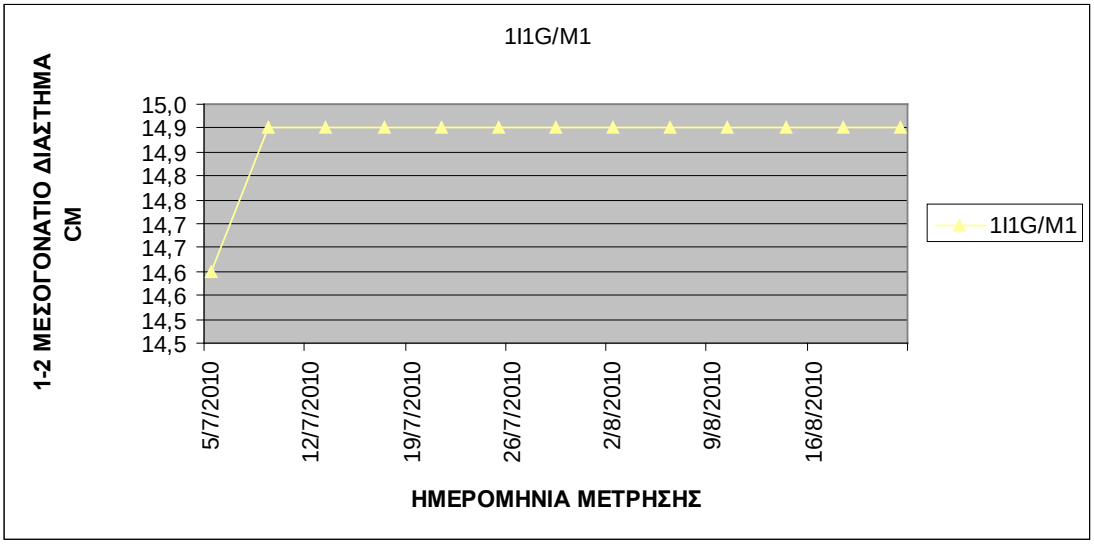
Το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε στης 21/07/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 206,15.



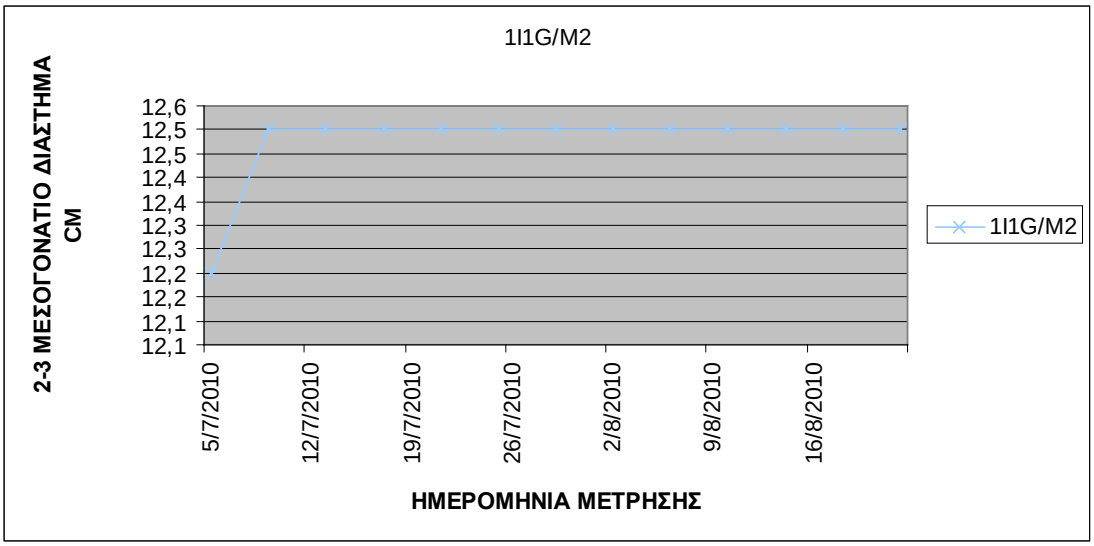
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στη μέγιστη τιμή γινομένου 231,24 έως της 02/08/2010.



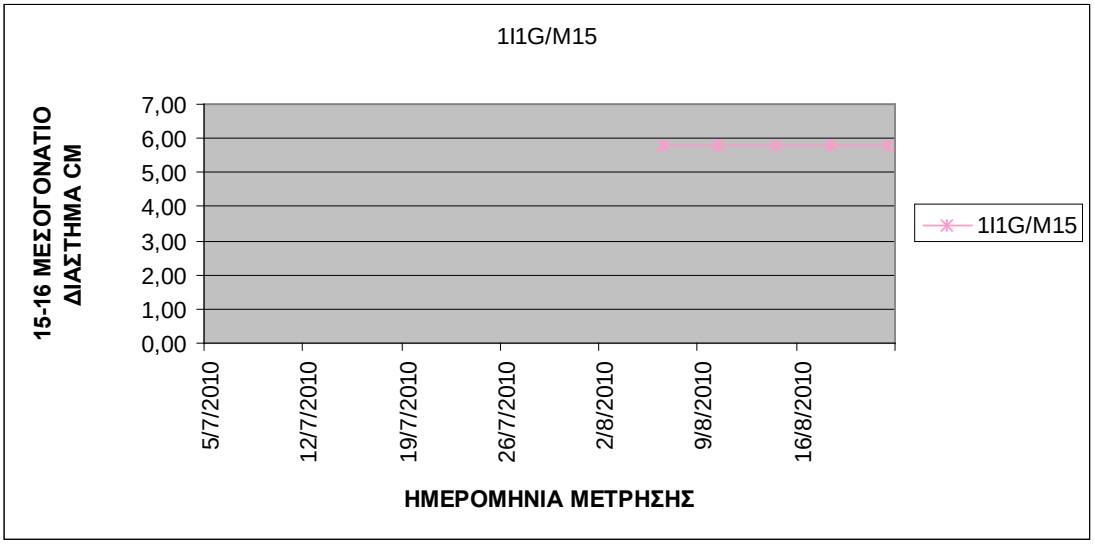
Η απόσταση του μεσογονάτιου διαστήματος από τη κοτύλη στο πρώτο φύλλο σταθεροποιήθηκε στης 09/07/2010 παίρνοντας την τιμή 12,5 cm.



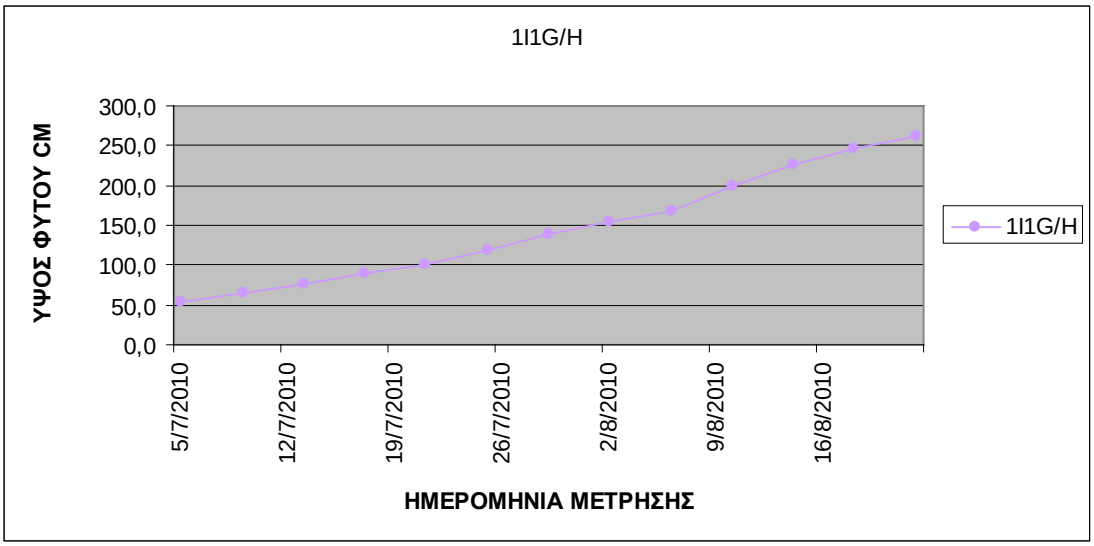
Η αύξηση του μεσογονάτιου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 14,90cm, στης 09/07/2010.



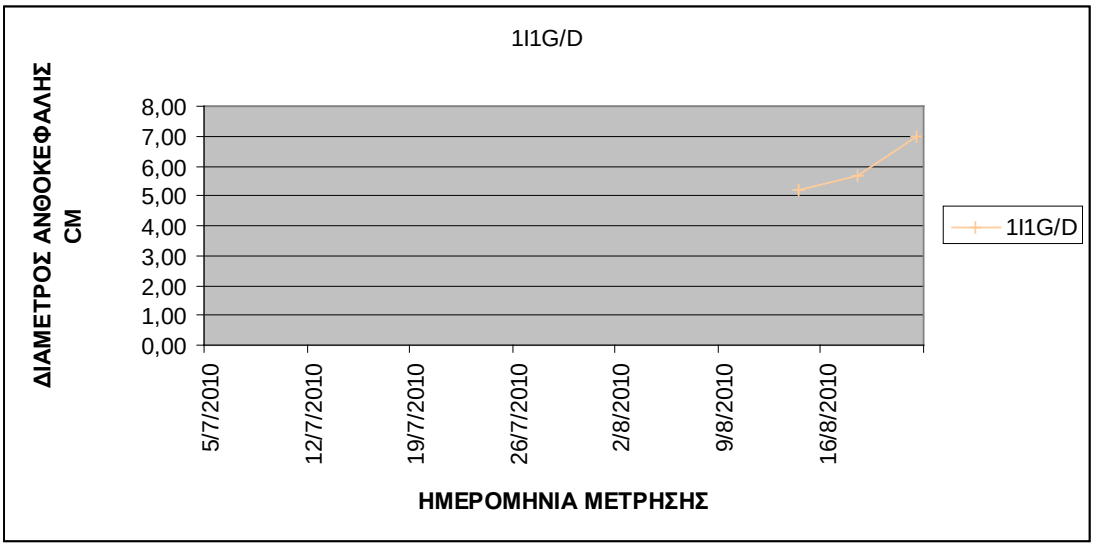
Η ανάπτυξη του μεσογονάτιου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 09/07/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 12,5 cm.



Η τιμή μεταξύ δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου φύλλου σταθεροποιήθηκε στα 5,8cm από την μέτρηση που έγινε στης 02/08/2010.



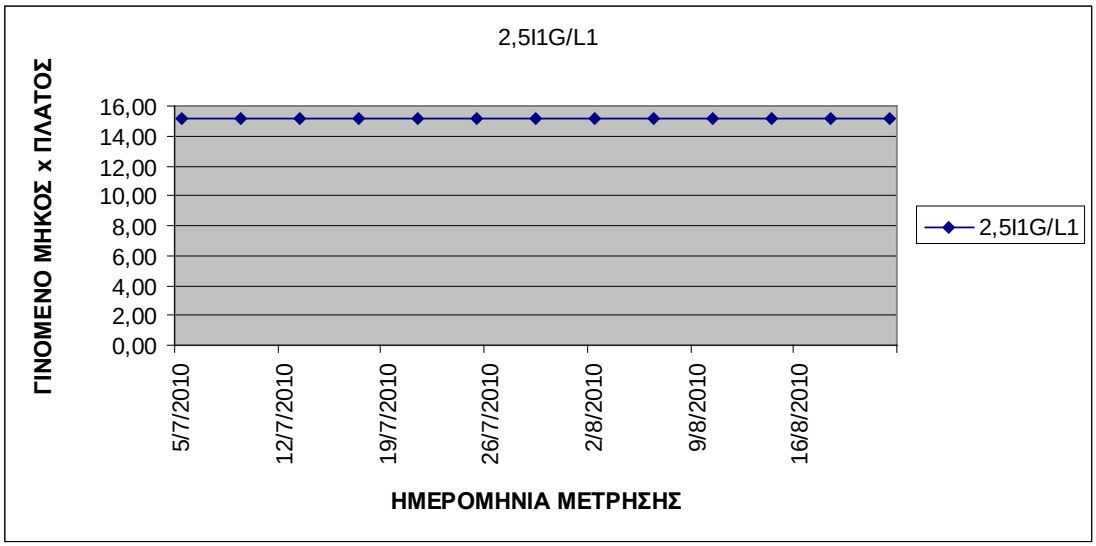
Οι κοτυληδόνες του 1I1G εμφανίστηκαν στης 09/06/2010. Το ύψος του φυτού ξεκινώντας έφτασε στης 22/08/2010 την τιμή των 263 cm.



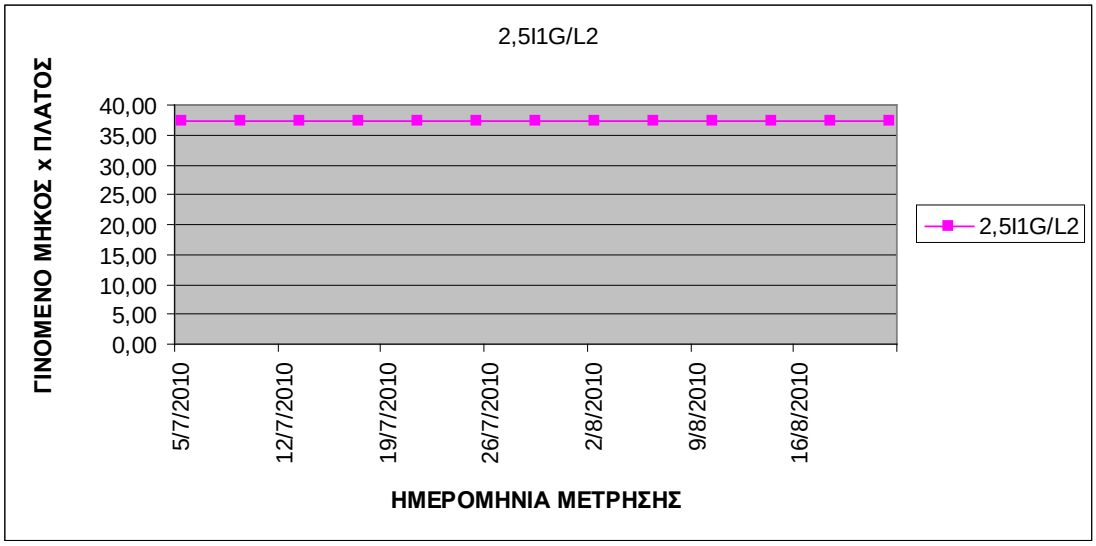
Η διάμετρος της ανθοκεφαλής έφτασε στο μέγεθος των 7,00cm στης 22/08/2010.

5.Φυτό 2,5I1G

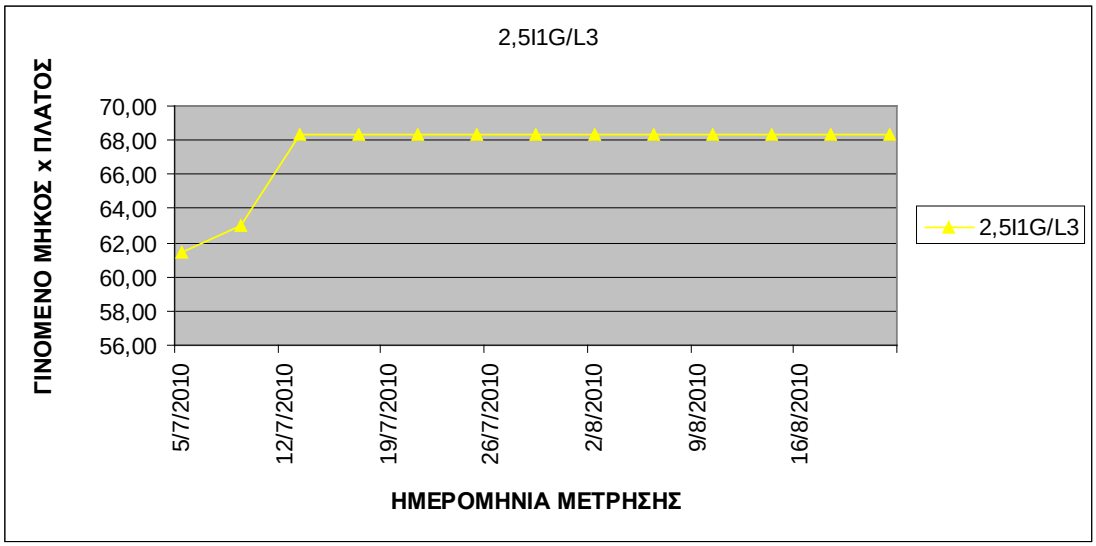
	5/7/2010	9/7/2010	13/7/2010	17/7/2010	21/7/2010	25/7/2010	29/7/2010	2/8/2010	6/8/2010	10/8/2010	14/8/2010	18/8/2010	22/8/2010
2,5I1G/L1	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12	15,12
2,5I1G/L2	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35	37,35
2,5I1G/L3	61,44	63,05	68,34	68,34	68,34	68,34	68,34	68,34	68,34	68,34	68,34	68,34	68,34
2,5I1G/L4				81,12	81,12	81,12	81,12	81,12	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56
2,5I1G/L5				90,10	94,60			112,32	112,32	112,32	112,32	112,32	112,32
2,5I1G/L6				99,90	103,74			125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
2,5I1G/L7				101,46	115,20			152,32	152,32	152,32	152,32	152,32	152,32
2,5I1G/L8				91,80	110,00			157,20	157,20	157,20	157,20	157,20	157,20
2,5I1G/L9				70,84	99,51			157,95	157,95	157,95	157,95	157,95	157,95
2,5I1G/L10				49,28	95,79			185,90	185,90	185,90	185,90	185,90	185,90
2,5I1G/M0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
2,5I1G/M1	5,0	6,1	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
2,5I1G/M2	1,8	4,2	7,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
2,5I1G/M15													
2,5I1G/H	13,5	19,8	27,5	37,0	50,5	73,0	89,5	93,5	96,50	96,50	98,00	98,00	98,00
2,5I1G/D						4,2	5,3	7,1	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10



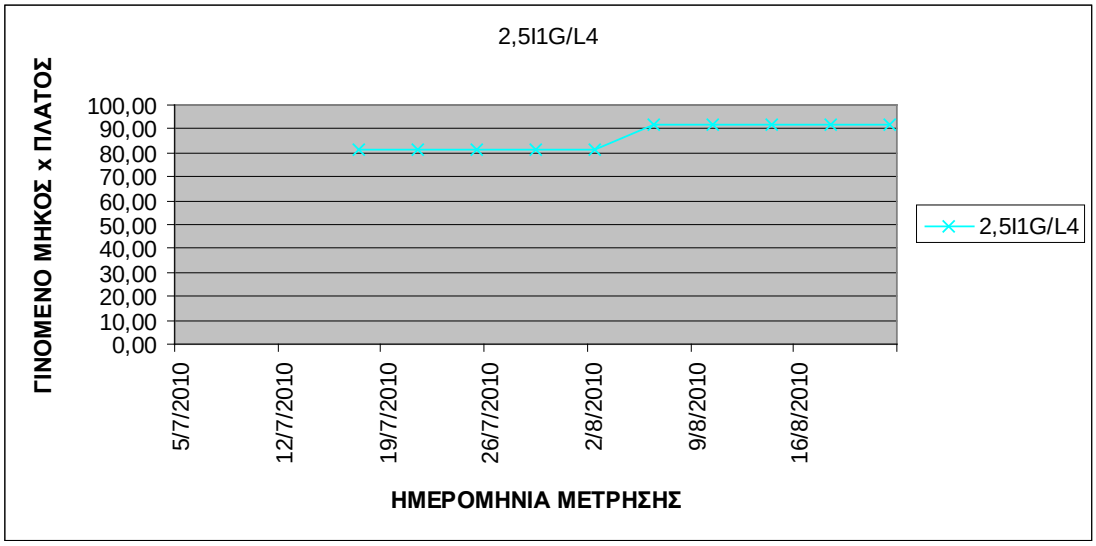
Η ανάπτυξη του πρώτου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 15,12.



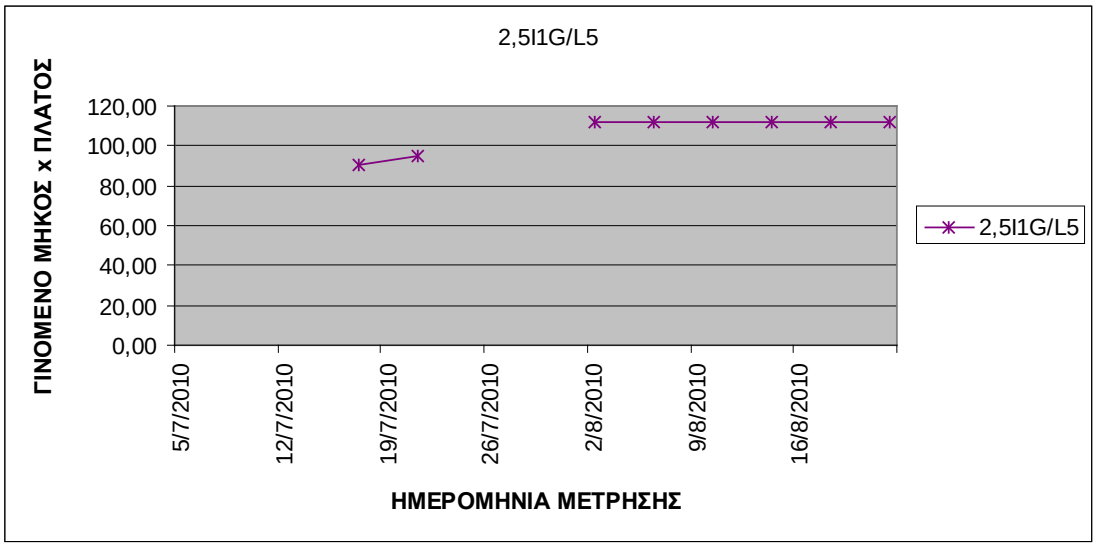
Επίσης, η ανάπτυξη του δεύτερου φύλλου από την αρχή έως το τέλος των μετρήσεων παρέμεινε σταθερή. Η τιμή γινομένου μήκους επί πλάτους είναι στα 37,35.



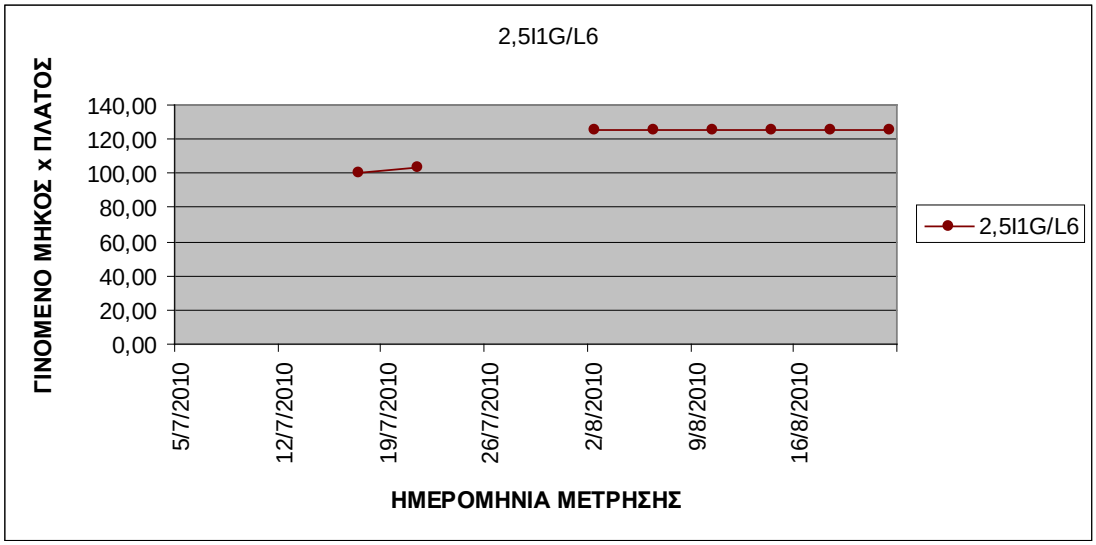
Η επιφάνεια του τρίτου φύλλου ολοκλήρωσε την ανάπτυξη της στης 13/07/2010 και διατηρήθηκε έτσι το φύλλο ως το τέλος των μετρήσεων.



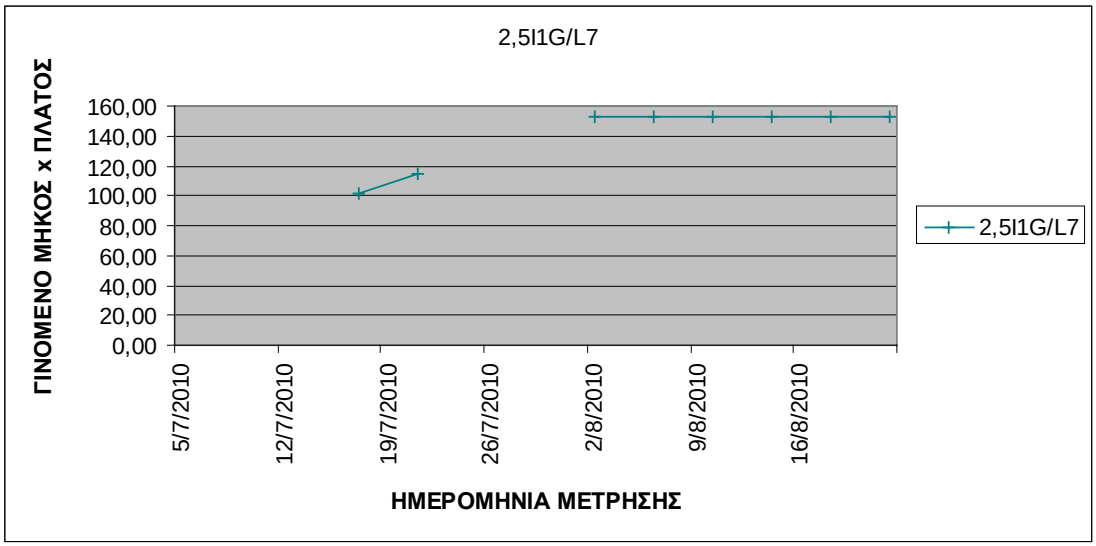
Ομοίως, το τέταρτο φύλλο σταθεροποίησε το μέγεθος του στης 06/08/2010 και παρέμεινε ως έχει ως το πέρας των μετρήσεων.



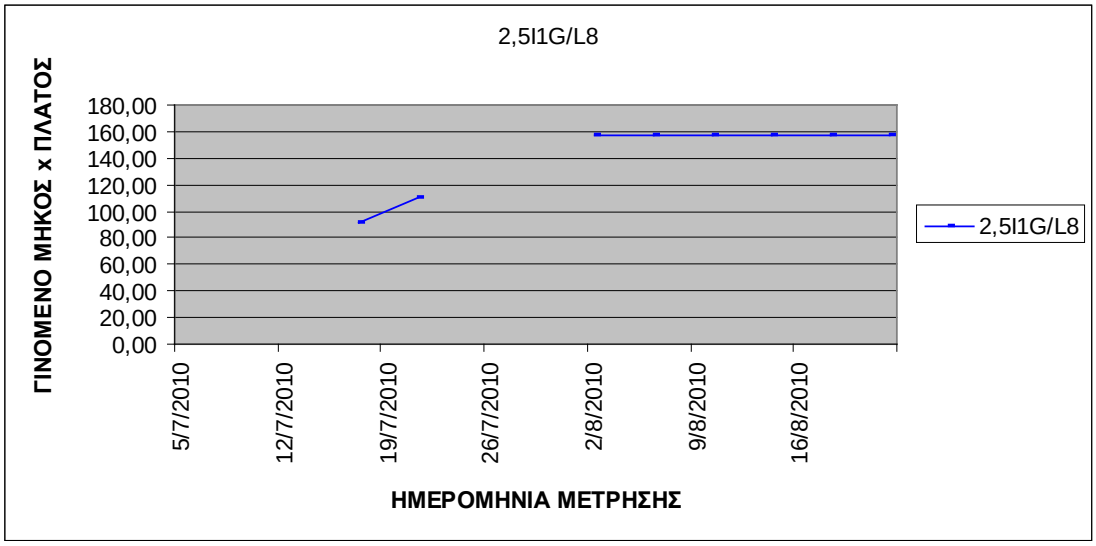
Το εμβαδόν του πέμπτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι της 02/08/2010, με μέγιστη τιμή γινομένου 112,32.



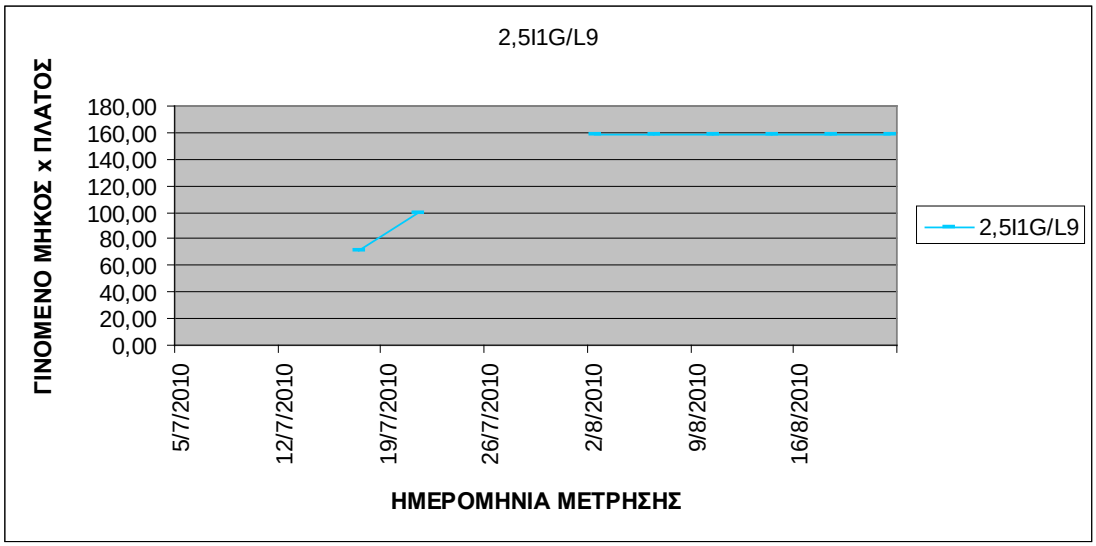
Η ανάπτυξη του έκτου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι τη μέτρηση στης 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 125,00.



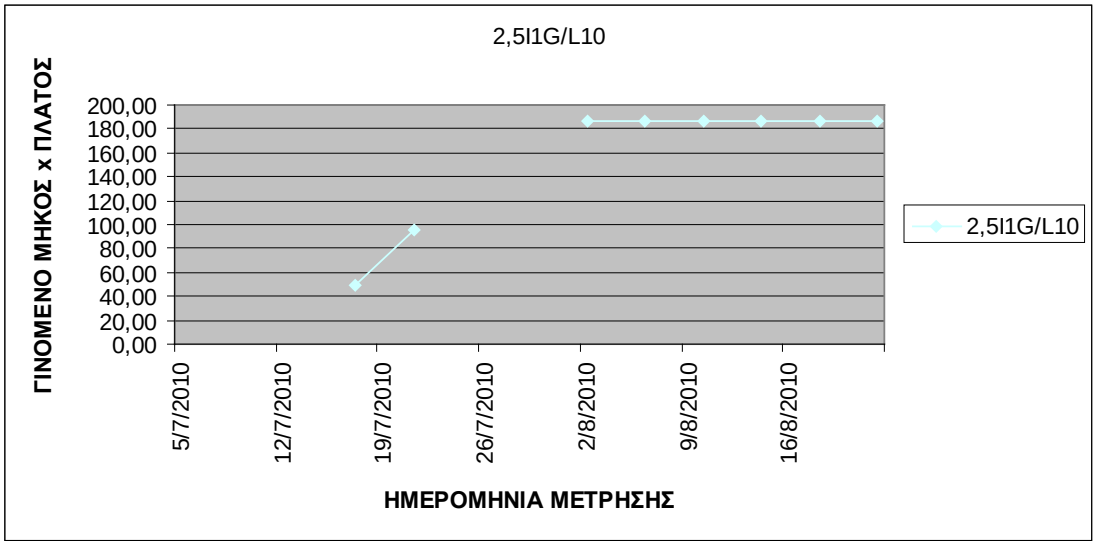
Η μέγιστη τιμή του γινομένου του έβδομου φύλλου είναι 152,32 και σχηματίστηκε μέχρι της 02/08/2010.



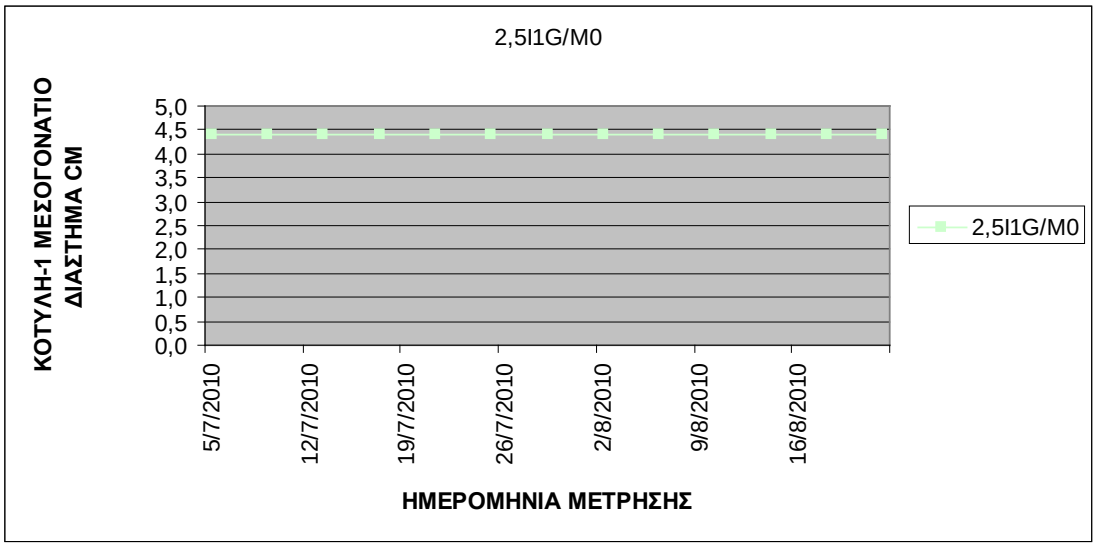
Η φυλλική επιφάνεια του όγδοου φύλλου ολοκληρώθηκε μέχρι της 02/08/2010, με τιμή γινομένου 157,20 .



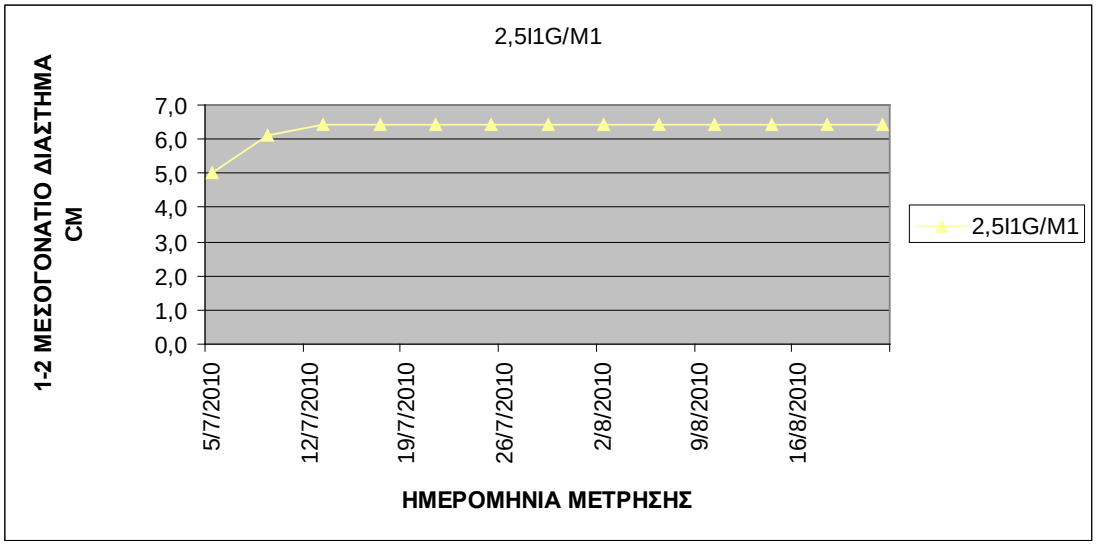
Ομοίως με το όγδοο φύλλο, το ένατο φύλλο ολοκληρώθηκε μέχρι της 02/08/2010 λαμβάνοντας την τιμή γινομένου 157,95.



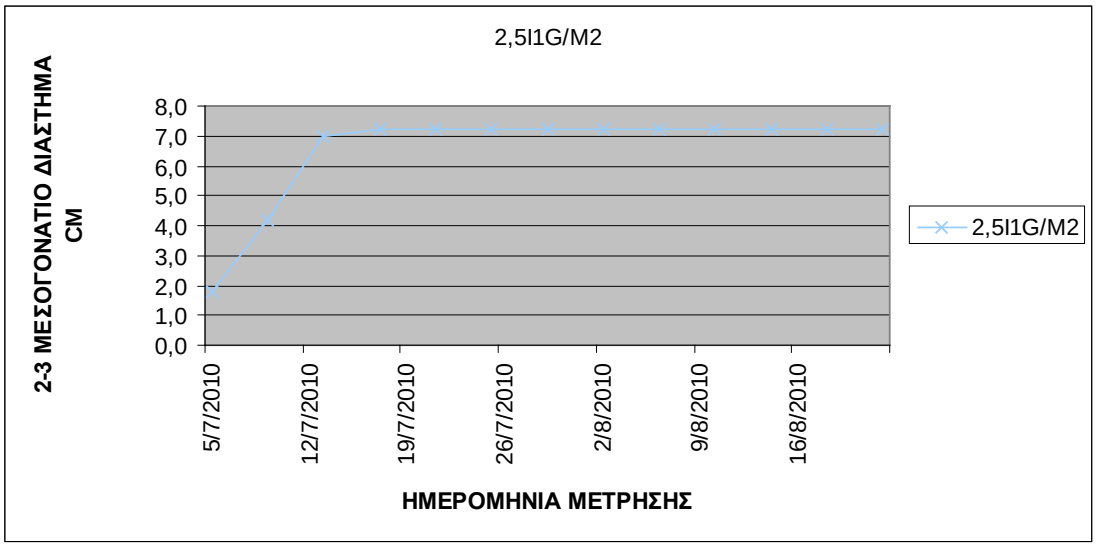
Τέλος, το δέκατο φύλλο αναπτύχθηκε περισσότερο από όλα τα προς μέτρηση φύλλα φτάνοντας στο μέγεθος των 185,90 στης 02/08/2010.



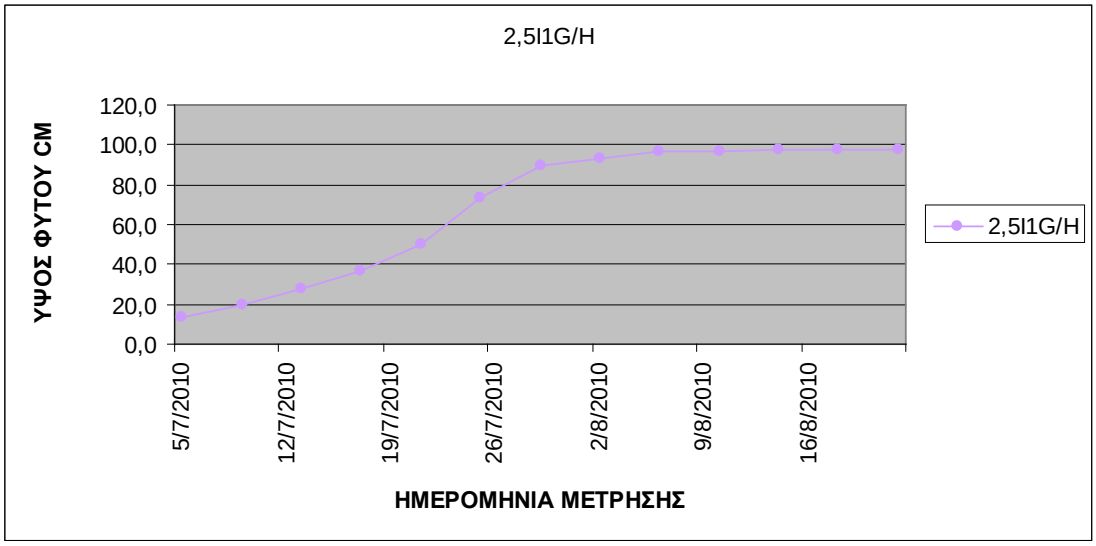
Η απόσταση του μεσογονάτιου διαστήματος από τη κοτύλη στο πρώτο φύλλο ήταν σταθερό από την αρχή των μετρήσεων στην τιμή 4,4 cm.



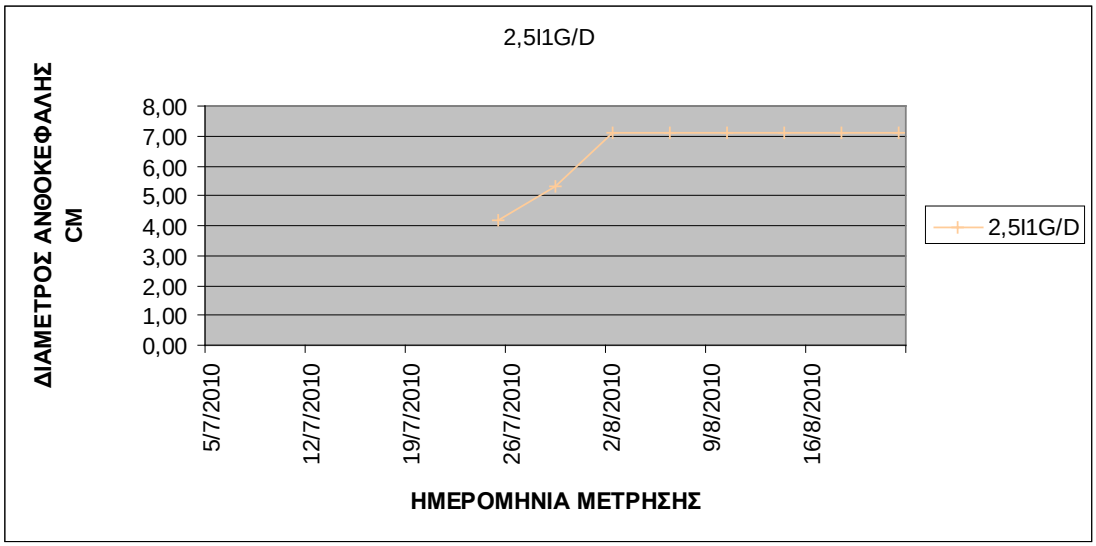
Η αύξηση του μεσογονάτιου διαστήματος, μεταξύ πρώτου και δεύτερου φύλλου, πήρε την μέγιστη τιμή της στα 6,4cm, στης 13/07/2010



Η ανάπτυξη του μεσογονάτιου μεταξύ δεύτερου και τρίτου φύλλου ολοκληρώθηκε στης 17/07/2010 και σταθεροποιήθηκε στην τιμή των 7,2cm.



Οι κοτυληδόνες του I4/1 εμφανίστηκαν στης 09/06/2010. Το ύψος του φυτού πήρε την τιμή των 98cm φτάνοντας στο μέγιστο της ανάπτυξης του στης 10/08/2010.



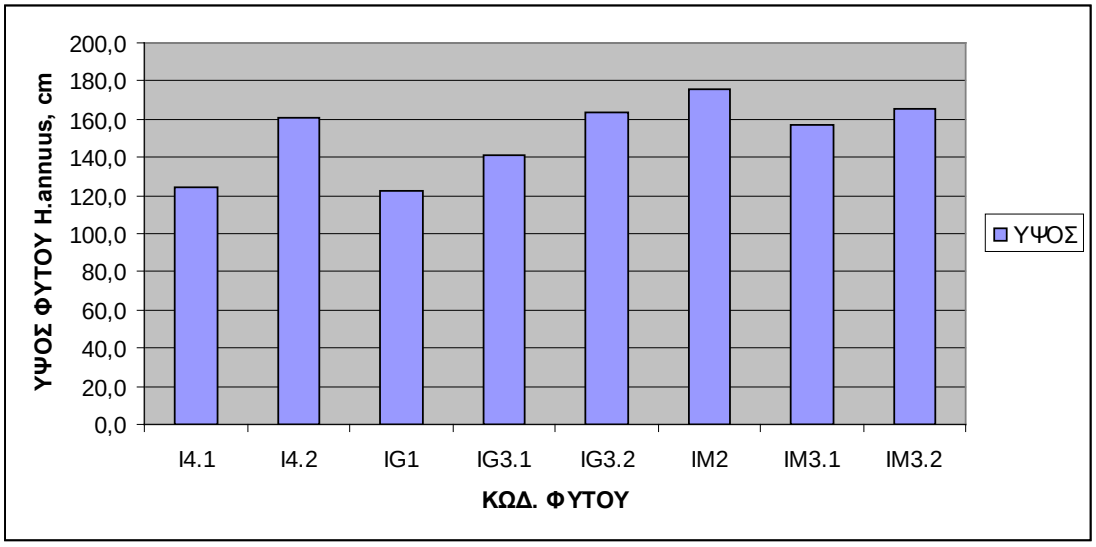
Η διάμετρος της ανθοκεφαλής έφτασε στο μέγεθος των 7,10cm στης 02/08/2010και παρέμεινε ως έχει μέχρι το πέρας των μετρήσεων.

6. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Helianthus annuus

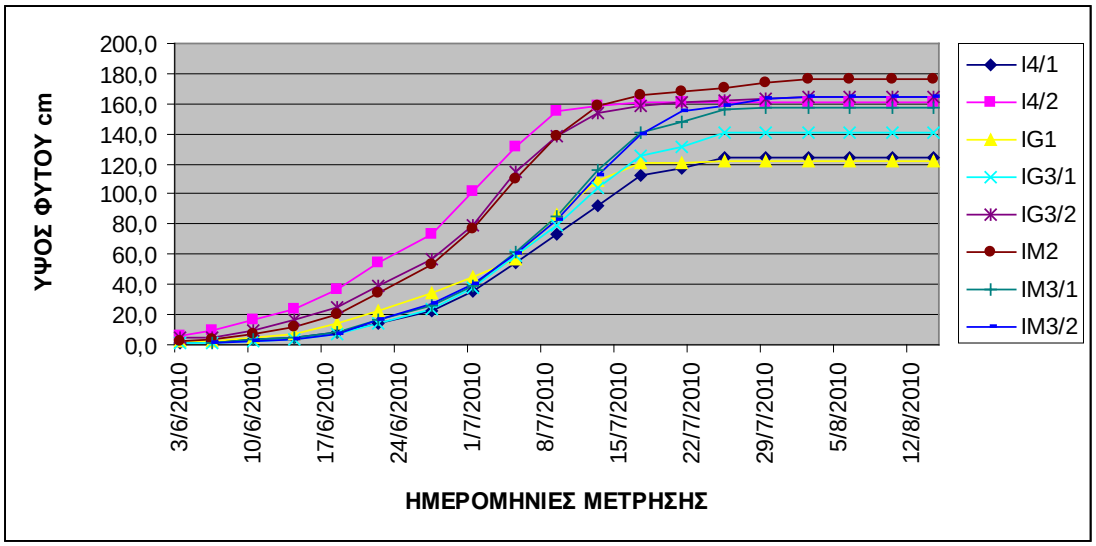
Από την έρευνα που διεξήχθη σχετικά με την αποτελεσματικότερη ανάπτυξη του ηλίανθου H. annuus πάνω σε διαφορετικού βαθμού υποβαθμισμένα εδάφη εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Με βάση τον πίνακα 7, διαπιστώνεται ότι η μέγιστη ανάπτυξη επιτεύχθηκε στο υπόστρωμα του φυτού IM2 που προσθέσαμε 2Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 4Kg Μηλαϊκή γη και η μικρότερη ανάπτυξη στο φυτό IG1 όπου προσθέσαμε 1Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 2 Kg γύψο. Μελετώντας με μεγαλύτερη προσοχή τα μέγιστα της ανάπτυξης των φυτών διαπιστώνουμε ότι στα φυτά που προστέθηκαν φρύγματα σιδηροπυρίτη και γύψος το μέγιστο της ανάπτυξη τους είναι μικρότερο σε σχέση με αυτά που προστέθηκαν φρύγματα σιδηροπυρίτη και μηλαϊκή γη.



Πίνακας 7: Μέγιστο ύψος των φυτών του είδους H. annuus

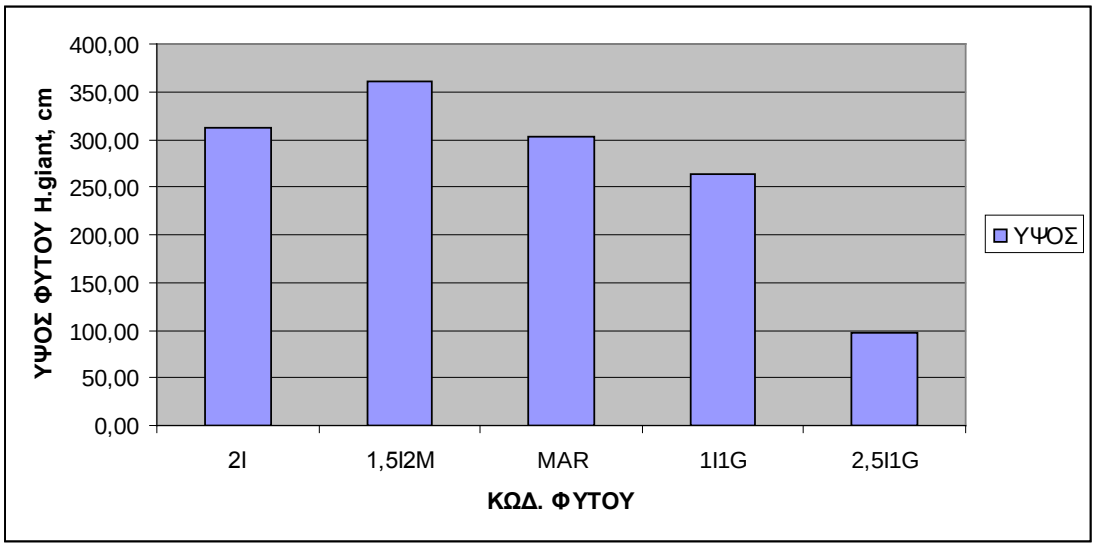
Στον πίνακα 8 παρατηρείται ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών. Διαπιστώνεται ότι στην αρχή των μετρήσεων ο ρυθμός ανάπτυξης είναι μικρός. Μετά από δύο βδομάδες ο ρυθμός ανάπτυξης αυξάνεται και η ανάπτυξη των φυτών είναι πιο γρήγορη μέχρι την επίτευξη του μέγιστου ύψους. Επίσης, παρατηρείται ότι τα φυτά που έχουν το μεγαλύτερο ύψος αύξησαν γρηγορότερα το ρυθμό ανάπτυξης τους και έφτασαν πιο γρήγορα στο μέγιστο ύψος.



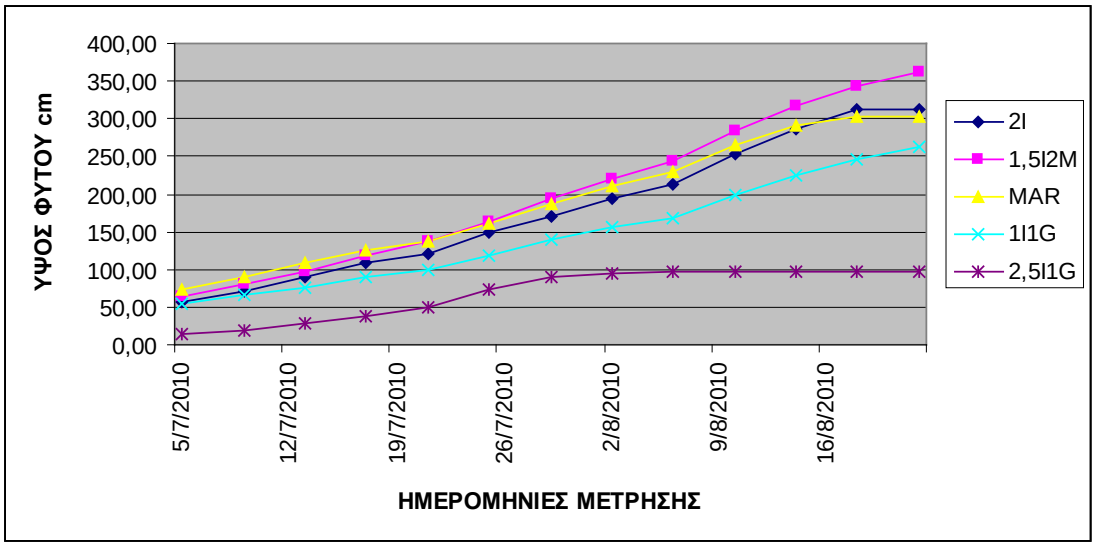
Πίνακας 8: Γραφική απεικόνιση της σταδιακής αύξησης των φυτών του είδους H. annuus

Helianthus giant

Τα στοιχεία των φυτών H. giant δίνουν παρόμοια συμπεράσματα (Πίνακας 9). Το ψηλότερο φυτό είναι αυτό που αναπτύχθηκε σε υπόστρωμα 1,5Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 2Kg μηλαϊκής γης και το κοντότερο αυτό που αναπτύχθηκε σε 2,5Kg φρύγματα σιδηροπυρίτη και 1Kg γύψο. Ακόμα, παρατηρείται ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε οποιαδήποτε προσθήκη γύψου είναι κοντύτερα από τον μάρτυρα.



Πίνακας 9: Μέγιστο ύψος των φυτών του είδους H. giant



Πίνακας 10: Γραφική απεικόνιση της σταδιακής αύξησης των φυτών του είδους H. giant

Ο ηλίανθος H. giant, σε αντίθεση με τον H. annuus, φαίνεται από τον Πίνακα 10 ότι έχει σχεδόν σταθερό ρυθμό ανάπτυξης ανά φυτό και όσο πιο ψηλό είναι το φυτό τόσο μεγαλύτερος αριθμητικά είναι ο ρυθμός αυτός.

Μολονότι υπάρχει διακύμανση της ανάπτυξης των φυτών κανένα από τα φυτά δεν παρουσίασε φαινόμενο χλώρωσης στα φυτά. Η ανάπτυξη των φυτών σε όλα τα υποστρώματα απέδειξε ότι όλα τα υποστρώματα μπορούν να υποστηρίξουν την καλλιέργεια του ηλίανθου μέχρι το στάδιο της καρποφορίας.

7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των παραμέτρων που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών καλλιεργειών στις συνθήκες του πειράματος προέκυψαν τα πιο κάτω συμπεράσματα:

1. Ο ηλίανθος, είτε ο H. annuus είτε ο H. giant, είναι ένα καλά αναπτυσσόμενο φυτικό είδος, το οποίο ολοκληρώνει ικανοποιητικά τον βιολογικό του κύκλο πάνω στα υποστρώματα που έγινε το πείραμα
2. Παρότι σε ορισμένα πειραματικά υποστρώματα το έδαφος ήταν αρκετά υποβαθμισμένο, δεν παρουσιάστηκε σε κανένα στάδιο της ανάπτυξης των φυτών το φαινόμενο της χλώρωσης.
3. Η μικρότερη ανάπτυξη φυτού παρατηρήθηκε σε υποστρώματα που περιείχαν φρύγματα σιδηροπυρίτη σε συνδυασμό με γύψο.
4. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη παρατηρήθηκε σε εδάφη που είχαν φρύγματα σιδηροπυρίτη με μηλαϊκή γη.

8. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι σύγχρονοι ρυθμοί ανάπτυξης και εξέλιξης του ανθρώπου και της κοινωνίας του διαταράσσουν τις δυναμικές ισορροπίες που επικρατούν στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση των εδαφών και κατ' επέκταση τη διάβρωση και ερημοποίηση τους. Αυτή η διαταραχή μπορεί να μετατρέψει ένα απαραίτητο θρεπτικό ανόργανο σε ρυπαντή λόγο την υπερβολικά μεγάλης διαθεσιμότητας του.

Στην προσπάθεια του ο άνθρωπος να επαναφέρει το περιβάλλον την πρότερη κατάσταση του έχει εφαρμόσει διάφορες φυσικές και τεχνικές μεθόδους απομάκρυνσης των ρύπων και σταθεροποίησης των εδαφών.

Σε αυτή την μεταπτυχιακή διατριβή μελετήθηκε μια πειραματική καλλιέργεια ηλίανθου, Helianthus annnus και H. giant, με στόχο να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την προστασία του περιβάλλοντος. Χρησιμοποιήθηκαν υποβαθμισμένα εδάφη διαφορετικής σύστασης (φρύγματα σιδηροπυρίτη, μηλαϊκή γη και γύψος σε διάφορες αναλογίες) και μελετήθηκε ο βαθμός ανάπτυξης των ηλίανθων σε σχέση με αυτά τα υποστρώματα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι ο βαθμός ανάπτυξης των φυτών ανάλογα με την ποιότητα του υποστρώματος είναι ικανοποιητικός ανεξάρτητα από την σύσταση του, επιτρέποντας τα φυτά να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο χωρίς να παρουσιάζονται συμπτώματα χλώρωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα υποστρώματα με προσθήκη γύψου έδωσαν κοντύτερα φυτά σε σχέση με αυτά που είχαν μηλαϊκή γη που έδωσαν τα πιο ψηλά φυτά.

ABSTRACT

Man and his modern rythms of growth and development disturb the dynamic balances that prevail in the environment, as a result the destabilisation, the erosion and the desertation of the soil. This disturbance can change an essential nutritious element to a polluter because of the excessively big availability.

In the effort to restore the environment at previous situation man has applied various natural and technical methods to remove of pollutants and stabilize the soil.

In this postgraduate thesis was studied a experimental culture of sunflower, Helianthus annnus and H. giant, in order to exported useful conclusions on the protection of environment. It was used downgraded soil of different constitution (burned pyrite, coarse ground and plaster in various proportions) and was studied the degree of growth of sunflowers.

The results of measurements showed that the degree of growth of plants depending on the quality of sublayer, was satisfactory independent from its constitution, allowing the plants to complete their biological circle without symptoms of chlorination. It has to be mentioned that sublayers with addition of plaster gave shorter plants compared to coarse ground which gave the tallest plants.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alloway, B.J., Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Professional, London, 1995.
2. Antoniadis, V. and B.J. Alloway, Availability of Cd, Ni and Zn to ryegrass in sewage sludge-treated soils at different temperatures. *Water Air Soil Pollut.* 132: 201-214, 2001.
3. Baghour, M., D.A. Moreno, G. Villora, J. Hernández, N. Castilla and L. Romero, Phytoextraction of Cd and Pb and physiological effects in potato plants (*Solanum tuberosum* var. spunta): importance of root temperature. *J. Agric. Food Chem.* 49: 5356-5363, 2001.
4. Baghour, M., D.A. Moreno, G. Villora, J. Hernández, N. Castilla and L. Romero, Phytoextraction of Cd and Pb and physiological effects in potato plants (*Solanum tuberosum* var. spunta): importance of root temperature. *J. Agric. Food Chem.* 49: 5356-5363,2001.
5. Baker, A.J.M. and P.L. Walker, Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. pp. 155-177. *In:* Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects (A.J. Shaw, Ed). CRC Press, Boca Raton, 1990.
6. Baker, D.E. and J.P. Senft, Copper. pp. 179-205. *In:* Heavy Metals in Soils (B.J. Alloway, Ed). Blackie Academic and Professional, London,1995.
7. Barceló, J. and C. Poschenrieder, Chromium in plants. pp. 101-129. *In:* Chromium Environmental Issues (S. Canali, F. Tittarelli and P. Sequi, Eds). Franco Angeli, Milano,1997.
8. Bargagli, R., Trace Elements in Terrestrial Plants. Springer Verlag, Berlin, 1998.
9. Boyd, R.S. and S.N. Martens , Nickel hyperaccumulation by *Thlaspi montanum* var. *montanum* (*Brassicaceae*): a constitutive trait. *Am. J. Bot.* 85: 259-265, 1998a
10. Boyd, R.S. and S.N. Martens, Nickel hyperaccumulation by *Thlaspi montanum* var. *montanum* (*Brassicaceae*): a constitutive trait. *Am. J. Bot.* 85: 259-265,1998a.
11. Boyd, R.S. and S.N. Martens, The significance of metal hyperaccumulation for biotic interactions. *Chemoecology* 8: 1-7, 1998b.
12. Boyd, R.S. and S.N. Martens, The significance of metal hyperaccumulation for biotic interactions. *Chemoecology* 8: 1-7, 1998b.
13. Brix, H., "Do macrophytes play a role in constructed wetlands?" Wat. Sci. Tech. Vol. 35, pp. 11-17, 1997.
14. Brooks, R. R., Plants that hyperaccumulate hevy metals. Their role in Phytoremediation Microbiology, Archaeology and Phytomining, CAB International, 1998.
15. Cakmak, I., Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytol.* 146: 185-205, 2000.
16. Canadian Food Inspection Agency, Plant Biosafety Office, January 2005
17. CETIOM , Le Tournesol en 97, edition CETIOM, Paris, pp 33, 1997.
18. Cronn, J. C., The degradation of a chlorogenic acid-iron complex by bacteria from the roots of sunflowers, Proc.18th Sunfl. Res. Workshop, January 11-12, Fargo, USA, pp.166-171, 1996.
19. Cunningham, S. D., Anderson, T. A., Schwab, A. P., and Hsu, F. C., "Phytoremediation of soil contaminated with organic pollutants". Advances in Agronomy , Vol. 56, pp. 55-114, 1996.
20. Davies, B.E., Lead. pp. 206-223. *In:* Heavy Metals in Soils (B.J. Alloway, Ed). Blackie Academic and Professional, London, 1995.

21. Davies, F.T., J.D. Puryear, R.J. Newton, J.N. Egilla and J.A. Saraiva Grossi, Mycorrhizal fungi enhance accumulation and tolerance of chromium in sunflower (*Helianthus annuus*). *J. Plant Physiol.* 158: 777-786, 2001.
22. DRAKATOS P. A., KALAVROUZIOTIS I. K., HORTIS T. C., VARNAVAS S. P., DRAKATU S. P., BLADENOPOULOY S. (2000), Andagonistic action of Fe and Mn in mediterranean-type plants irrigated with wastewater effluents. International Journal of Environmentals Studies,section B: Environmental Scince and Technology, Vol. 59(1), pp 125-132.
23. Fecht-Christoffers, M.M., H. Führs, H.P. Braun and W.J. Horst, The role of hydrogen peroxide-producing and hydrogen peroxide-consuming peroxidases in the leaf apoplast of cowpea in manganese tolerance. *Plant Physiol.* 140: 1451-1463, 2006.
24. Flatham, P. E., and Lanza, G. R., "Phytoremediation: Current reviews on an emerging technology". Journal of Soil Contamination, Vol. 7, pp. 415-432, 1998.
25. Foy, C.D., R.I.L. Chaney and M.C. White, The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29: 511-566,1978.
26. Friedland, A.J., The movement of metals through soils and ecosystems. pp. 7-19. *In:* Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects (A. J. Shaw, Ed). CRC Press, Boca Raton, 1990.
27. Gabriel P. F.,"Innovative technologies for contaminated soil remediation: focus on bioremediation". In Bioremediation: the state of practise in Hazardous waste remediation operations: AWMA/HWAC, 1992.
28. Gupta, U.C., J.A. MacLeod and J.D.E. Sterling, Effects of boron and nitrogen on grain yield and boron and nitrogen concentrations of barley and wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 723-726, 1976.
29. Hall, J.L., Cellular mechanisms for heavy metal deteoxification and tolerance. *J. Exp. Bot.* 53: 1-11, 2002.
30. Hartman W. J., An evaluation of land treatment of municipal wastewater and physical sitting facility installations ,Washington D.C., 1975.
31. Henriques, F.S., Gas exchange, chlorophyll a fluorescence kinetics and lipid peroxidation of pecan leaves with varying manganese concentrations. *Plant Sci.* 165: 239-244, 2003.
32. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias, Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton1992.
33. Kalavrouziotis I.K. ,Carter J., Varnavas, S.P. ,Mehra, A. Drakatos P.A. 2006a. 'Towards an understanding of the effect of road pollution an adjacent food crops: Zea mays as an exampl' accepted for publication in International Journal 'Environment and Pollution', 30, (3-4), 576-592.
34. Kalavrouziotis I.K., Carter J. ,Mehra, A. Varnavas S.P., Drakatos P.A., 2006 b, 'Towards an understanding of metal contamination in food and soils related to road traffic', Fresenius Environmental Bulletin, 15, (3), 170-175.
35. Kalavrouziotis I.K., Jones P.W., Carter J., Varnavas, *S.P.* , 2007. Uptake of trace metals of *LYCOPERSICUM ESCULENDUM* at a site Adjacent to the main road , - Athens-Thessaloniki, Greece, Fresenius Environmental Bulletin, 16, (2), 133-139.
36. Kluge, R. and W. Podlesak, Plant critical levels for the evaluation of boron toxicity in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Soil* 83: 381-388,1985.
37. Korboulewsky, N., G. Bonin and C. Massiani, Biological and ecophysiological reactions of white wall rocket (*Diplotaxis erucoides* L.) grown on sewage sludge compost. *Environ. Pollut.* 117: 365–370, 2002.

38. L'Huillier, L., J. d'Auzac, M. Durand and N. Michaud-Ferrière, Nickel effects on two maize (*Zea mays*) cultivars: growth, structure, Ni concentration, and localization. *Can. J. Bot.* 74: 1547-1554, 1996.
39. Lidon, F.C. and M.G. Teixeira, Rice tolerance to excess Mn: Implications in the chloroplast lamellae and synthesis of a novel Mn protein. *Plant Physiol. Biochem.* 38: 969-978,2000.
40. Lidon, F.C., M.G. Barreiro, J. and C. Ramalho, Manganese accumulation in rice: implications for photosynthetic functioning. *J. Plant Physiol.* 161: 1235-1244, 2004.
41. Marschner, H., Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 1995.
42. Mathers A.C., Stewart B.A., Sunflower nutrient uptake, growth and yield as affected by nitrogen fertilization and plant population, Rec. Field Crop Abst., pp 1982, pp 6220, 1981.
43. McCrath, S. P. Phytoextraction for soil remediation. In Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals: their role in Phytoremediation, Microbiology, Archaeology, Mineral Exploration and Phytomining, R. R. Brooks, ed. (New York: CAB International), pp. 261-287, 1998.
44. McGrath, S.P., Chromium and Nickel. pp. 152-178. *In:* Heavy Metals in Soils. (B. J. Alloway, Ed). Blackie Academic and Professional, London, 1995.
45. Miller, P. G., "Phytoremediation", Ground Water Remediation Technologies Analysis Center, 1996.
46. Monni, S., M. Salemaa and N., Millar The tolerance of *Empetrum nigrum* to copper and nickel. *Environ. Pollut.* 109: 221-229, 2000a .
47. Monni, S., M. Salemaa, C. White, E. Tuittila and M. Huopalainen, Copper resistance of *Calluna vulgaris* originating from the pollution gradient of a Cu-Ni smelter, in southwest Finland. *Environ. Pollut.* 109: 211-219, 2000b.
48. Nable, R.O., G.S. Bañuelos and J.G. Paull, Boron toxicity. *Plant Soil* 193: 181-198,1997.
49. Pandey, N. and C.P. Sharma, Chromium interference in iron nutrition and water relations of cabbage. *Environ. Exp. Bot.* 49: 195-200, 2003.
50. Parr, P.D. and F.G. Taylor, Incorporation of chromium in vegetation through root uptake and foliar absorption pathways. *Environ. Exp. Bot.* 20: 157-160, 1980.
51. Paschke, M.W., A. Valdecantos and E.F. Redente, Manganese toxicity thresholds for restoration grass species. *Environ. Pollut.* 135: 313-322, 2005.
52. Pätsikkä, E., E.M. Aro and E. Tyystjärvi, Increase in the quantum yield of photoinhibition contributes to copper toxicity in vivo. *Plant Physiol.* 117: 619-627,1998.
53. Ponnamperuma F.N., Castro R. V., Redox Systems in submerged soils, Trans. 8th Int. Congr. Soil Sci., Bucharest, 3, pp 379-386, 1964.
54. Prasad, M.N.V., P. Malec, A. Waloszek, M. Bojko and K. Strzałka, Physiological responses of *Lemna trisulca* L. (duckweed) to cadmium and copper bioaccumulation. *Plant Sci.* 161: 881-889, 2001.
55. Purkayastha, R.P., A.K. Mitra and B. Bhattacharyya Uptake and toxicological effects of some heavy metals on *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 27: 7-13, 1994.
56. Purkayastha, R.P., A.K. Mitra and B. Bhattacharyya, Uptake and toxicological effects of some heavy metals on *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 27: 7-13, 1994.

57. Raskin, I., Salt, D., Kramer, U., and Schulman, R., "Phytoremediation: Green and Clean". Acta Horticulture, Vol. 457, pp. 329-331, 1998.
58. Raskin, I.,., Balshaw, K., Lowe, D. F., Oubre, C. L., and Ward, C. H. Innovative bioremediation technologies: The DOD/AATDE contribution. In Global Environmental Biotechnology, D. L. Wise, ed. Kluwer Academic Publishers), pp. 365-376, 1998.
59. Raven, J.A., Short and long distance transport of boric acid in plants. *New Phytol.* 84: 231-249, 1980.
60. Reichman, S.M., The responses of plants to metal toxicity. A review focusing on copper, manganese and zinc. Occasional Paper No. 14, Australian Minerals and Energy Environment Foundation, Melbourne,2002.
61. Riley, M.M., A.D. Robson, G.A. Dellar and J.W. Gartrell, Critical toxic concentrations of boron are variable in barley. *J. Plant Nutr.* 17: 1701-1719, 1994.
62. Robinson R.G., Production and culture. Pollination in Sunflower Sciene and Technology, Ed. Carter J. F., No 19(Agronomy), Madison,Wisconsin, USA, pp 89-143, 1978.
63. Rout, G.R. and P. Das, Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie* 23: 3-11, 2003.
64. Salt, D. E., Smith, R. D., and Raskin, I., "Phytoremediation". Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol., Vol. 49, pp. 643-668, 1998.
65. Sawidis T.D., Ganatsios, S.S., L.I. Tsikritzis and O.G. Duliu , Natural ^{228}Ra, ^{226}Ra, ^{40}K and artificial ^{137}Cs radionuclides distribution in soil in area of lignite power plants of Western Macedonia. *J. Trace Microprobe Tech.* 19: 259-266, 2001.
66. Shann, J. R., and Boyle, J. J., "Influence of plant species on in situ rhizosphere degradation". In Bioremediation through rhizosphere technology, T. A. Anderson and J. R. Coats, eds.: ACS Symposioum Series), pp. 70-81, 1997.
67. Shannon, M. J. R., and Uterman, R., "Evaluating bioremediation: Distinguishing fact from fiction". Ann. Rev. Microbiology, Vol. 47, pp. 715-738, 1993.
68. Sotiropoulos, T.E., I.N. Therios, K.N. Dimassi, A. Bosabalidis and G. Kofidis, Nutritional status, growth, CO_2 assimilation, and leaf anatomical responsed in two kiwifruit species under boron toxicity. *J. Plant Nutr.* 25: 1249-1261, 2002.
69. VARNAVAS S., KRITSOTAKIS K. AND PANAGOS A. (1992) : Metal Pollution offshore Hermioni. Greece, related to mining activities. 5th Intern. Conference on “Environmental Contamination”, Morges, Switzerland, p. 78-80.
70. VARNAVAS S., PANAGOS A., AND KRITSOTAKIS K. (1993) : Environmental impact of mining activities on the Hermioni area, Greece. In : Special Volume, Elsevier, pp. 119-146
71. Varnavas S.P. (edit.) 1994. Proceedings of Sixth International Conference on Environmental Contaminetion, Delfi, Greece, CEP. Consultants Ltd..
72. Varnavas, S.P., Forstner, U., Salomons, U., Balopoulos, E., Brill, J., Golik, A., Loizides, L., Zodiatis, G., 2000. Environmental impact of mining activities in the Eastern Mediterranean Sea. Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea, Europian Commission. Energy Environment and Sustainable Development. pp. 412- 413.
73. Varnavas,S.P., Forstner,U. and Calmano,W., 2001. Environmental assessment and Human Health in a highly metal polluted Coastal Zone Associated with Toxic Solid Waste. The Need of Immediate Action. Univerity of the Aegean, Dept.

Environmental Studies. Global Nest, Ermoupolis, Syros island, Greece,3-6 September 2001. Volume B. T,D.Lekkas (ed).pp.903- 908
74. Verkleij, J.A.C. and H. Schat, Mechanisms of metal tolerance in higher plants. pp. 179-194. *In:* Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects (A.J. Shaw, Ed). CRC Press, Boca Raton, 1990.
75. Vissikirsky, V., Stepashko, V., Kalavrouziotis, I., Varnavas, S., 2008. The road pollution impact on Zea Mays: Inductive modeling and Qualitative assessment, International Journal of Air, Soil and Water Pollution, 195, (1-4), 301-310
76. Vranceanu, A.V., Floarea Soarelui Hibrida. Ed. Ceees, Bucuresti, 2000
77. Walton, B. T., Guthrie, E. A., and Hoylman, A. M., "Toxicant degradation in the rizosphere". In Bioremediation through rhizosphere technology, T. A. Anderson and J. R. Coats, eds.: (ACS Symposioum Series), pp. 11-26, 1994.
78. www.greek-language.gr,Πύλη για την Ελληνική γλώσσα.
79. Zayed, A., C.M. Lytle, J.H. Qian and N. Terry, Chromium accumulation, translocation and chemical speciation in vegetable crops. *Planta* 206: 293-299,1998.
80. Ανδρούδης Ι., Θρεπτικά στοιχεία λίπανσης φυτών, http://www.forum4fish.com/forums/index.php?showtopic=66, 2007
81. Ζαμπετάκης Α.Λ., Μάνιος Β.Θ., Καρατζάς Γ, Καινοτόμες μέθοδοι εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων. Η τεχνολογία της εξυγίανσης, 2005
82. Ζαμπετάκης, Λ. Α., Μελέτη της Ανόργανης διατροφής του φυτού Apiun nodiflorum στα πλαίσια της χρησιμοποίησης του για τον καθαρισμό υδατικών αποβλήτων. Διατριβή επί πτυχίο, Τμήμα Γεωπονικής βιοτεχνολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1995.
83. Θεριός Ι., Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα,1996
84. Καράταγλης Στ., Φυσιολογία φυτών, Θεσσαλονίκη, 1992
85. Κουϊμτζής, Θ., Κ. Φυτιάνος και Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Χημεία Περιβάλλοντος. University Studio Press, Θεσσαλονίκη,1998
86. Κωστοπούλου Π.Σ., Οικοφυσιολογικοί δείκτες αξιολόγησης παραγωγικής αποτελεσματικότητας λιβαδικών ειδών σε υποβαθμισμένα από βαρέα μέταλλα και ξηρασία περιβάλλοντα, Θεσσαλονίκη, 2007
87. Λαζαράτος Κ., Καλαβρουζιώτης Ι., Βαρνάβας Σ., 2006. Διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής της φυτοεξυγίανσης στην απορρύπανση εδαφών. Πρακτικά 11ου Πανελληνίου εδαφολογικού συνεδρίου, Εδαφολογική Εταιρεία .σελ. 465-464
88. Πιστόλης Λ.Τ., Ηλίανθος-Θρέψη Λίπανση, εργασία υπό δημοσίευση,2010
89. Πιστόλης Λ.Τ., Στοιχεία θρέψης των φυτών. Γεωργική Τεχνολογία, αφιέρωμα Λίπανση-Θρέψη, σελ.66-74, 1994
90. Σακελλαριάδης Σπ., Παραδόσεις του μαθήματος της εδαφολογίας, 1992
91. Σιταρά Ι., Δασενάκης Ε., Δεσποτίδου Μ., Μεθενίτης Κ., Λύτρας Τ., Παρασκευοπούλου Β., Πέτρου Α., Ψάλτης Α., Θέσεις για την επικινδυνότητα παρουσίας Cr(VI) στα υπόγεια νερά,2007