

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΤΟΥ LACTUCA SATIVA ΜΕΤΑ ΑΠΟ
ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ»**



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ

ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΛΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ

ΓΙΑΓΚΟΥ ΞΕΝΟΦΩΝ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**«ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΤΟΥ LACTUCA
SATIVA ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΑΡΕΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ»**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΓΙΑΓΚΟΥ ΞΕΝΟΦΩΝ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΛΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ.ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΛΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ηλία Η. που με προέτρεψε έτσι ώστε να ασχοληθώ με αυτή την εργασία-πείραμα. Επίσης την κ. Γιαννακούλα που εισηγήθηκε, επέβλεπε , βοηθούσε και με διόρθωνε καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας .Τους ευχαριστώ και τους δύο θερμά για την ευκαιρία που μου έδωσαν να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία , για τις γνώσεις και τις συμβουλές που μου παρείχαν όλο αυτό το διάστημα. Επίσης να ευχαριστήσω και τον συμφοιτητή μου Παπαζαχαρίου Σωτήρη ο οποίος με βοήθησε για την επίτευξη και ολοκλήρωση του πειράματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΣΚΟΠΟΣ.....	5
-------------	---

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A. ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ

1. ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	6
2. ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	7
3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ.....	9
4. ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ.....	12
5. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ.....	13
6. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.....	14
7. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ.....	15
8. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ.....	16
9. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	18
10. ΙΩΣΕΙΣ.....	20

B. ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.....	21
2. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ.....	21
3. ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.....	21
4. ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ.....	22
5. ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	22
6. Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ.....	23

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	25
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	28
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	30
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΣΚΟΠΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί συνέχεια προηγούμενων ερευνητικών εργασιών που μελέτησαν τις φυσιολογικές επιδράσεις του $K_2Cr_2O_7$ και διάφορες παραμέτρους όπως ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός. Ως πειραματικό υλικό της πτυχιακής χρησιμοποιήθηκε το μαρούλι (*Lactuca sativa*). Τα συμπεράσματα του πειράματος βασίζονται σε αποτελέσματα τακτικών μετρήσεων . Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας και του πειράματος είναι να δούμε την επίδραση των βαρέων μετάλλων και συγκεκριμένα του $K_2Cr_2O_7$ στην καλλιέργεια του μαρουλιού σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 , 150 μmol) καθώς και να εξετάσουμε και την λειτουργικότητα του φωτοσυστήματος II (PS II).

A.ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ

1.Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το μαρούλι ανήκει στη μεγάλη κατηγορία των δικοτυλήδων και συγκεκριμένα στην οικογένεια Asteraceae. Είναι φυτό ετήσιο, ψυχρής εποχής. Ανήκει στο γένος *Lactuca* και είδος *Sativa*. Τα φυτά μαρουλιού έχουν $2n=18$ χρωμοσώματα, υπάρχουν όμως και τετραπλοειδές μορφές με $4n=36$ χρωμοσώματα (Ράντη και Ράντη, 2002).

Το καλλιεργούμενο μαρούλι είναι φυτό ποώδες με ρίζα πασσαλώδη ρίζα, η οποία κατά τη μεταφύτευση καταστρέφεται για να αναπτυχθεί αργότερα ένα επιπόλαιο θυσσανώδες ριζικό σύστημα. Τα φύλλα σχηματίζονται από ένα βραχύ στέλεχος και είναι πλατιά, ενώ το μέγεθος και το σχήμα ποικίλει ανάλογα την ποικιλία, με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, χρώματος πράσινου ή πρασινοκίτρινου και σε μερικές ποικιλίες με απόχρωση κόκκινη. Τα φύλλα είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο κατά τρόπο που να σχηματίζουν κατά την ανάπτυξη του φυτού σφαιροειδή ή προμήκη. Κατά την εποχή της αναπαραγωγής το στέλεχος του φυτού επιμηκύνεται φτάνοντας συνήθως το ύψος των 0,80-1,20 μ και σχηματίζει διακλαδώσεις, οι οποίες καταλήγουν σε ταξιανθίες με 15-25 ερμαφρόδιτα άνθη η καθεμιά. Τα άνθη είναι μικρά, κίτρινου χρώματος με στεφάνη από 5 ενωμένα πέταλα και 5 στήμονες που σχηματίζουν σωλήνα γύρω από το στύλο. Ο τελευταίος είναι εφοδιασμένος με λεπτές τρίχες και φέρει δίλοβο στίγμα, το οποίο είναι επιδεικτικό επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Η αυτογονιμοποίηση είναι ο κυριότερος τρόπος γονιμοποίησης των ανθέων ενώ σπάνια συμβαίνει να σταυρογονιμοποιηθούν μερικά άνθη. Ο σπόρος είναι μικρός, επιμήκης, ενώ το χρώμα διαφοροποιείται ανάλογα την ποικιλία και εφοδιασμένος με πάππο (φούντα) από λεπτές και λευκές τρίχες.

2. Έδαφος και κλιματικές απαιτήσεις

Το μαρούλι, ως φυτό ψυχρής εποχής, ευδοκίμει καλύτερα στη χώρα μας κατά την περίοδο του φθινόπωρου μέχρι την άνοιξη ενώ είναι φυτό μεγάλης ημέρας. Γενικώς τα μαρούλια και ιδιαιτέρως τα κεφαλωτά απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες κυρίως κατά τη περίοδο σχηματισμού της κεφαλής. Ειδάλλως, αν σχηματιστεί η κεφαλή, αυτή θα είναι μάλλον χαλαρή και η γεύση των φύλλων υπόπικρη.

Ως προς το έδαφος το μαρούλι είναι λιγότερο απαιτητικό. Αναπτύσσεται και αποδίδει ικανοποιητικά σε διάφορους τύπους εδαφών, οπωσδήποτε όμως ευδοκίμει καλύτερα σε γόνιμα, μέσης σύστασης εδάφη. Ιδιαιτέρως απαιτητικό σε εδαφική υγρασία είναι το κεφαλωτό μαρούλι, η υπερβολική όμως υγρασία του εδάφους μπορεί να προκαλέσει ασθένειες και ιδίως τη σκληρωτία. Εδάφη συνεκτικά-βαριά, τα οποία συγκρατούν υγρασία, είναι περισσότερο κατάλληλα για καλλιέργεια στις θερμότερες εποχές, ενώ τα ελαφρύτερα εδάφη θα εξυπηρετούσαν καλύτερα χειμερινές καλλιέργειες.

Ως προς την οξύτητα των εδαφών, καταλληλότερα εδάφη είναι τα ουδέτερα ή τα ελαφρώς όξινα (pH 6-7). Περισσότερο όξινα εδάφη δεν είναι ευνοϊκά για το μαρούλι και πρέπει να διορθώνονται με ενσωμάτωση της αναγκαίας ποσότητας ασβεστίου.

Επίσης πρέπει να αποφεύγονται και τα πολύ αλκαλικά εδάφη, στα οποία τα φυτά μπορούν να παρουσιάσουν χλώρωση. Δροσερή θερμοκρασία, δηλαδή 12-15 βαθμοί Κελσίου βοηθά στην άριστη ανάπτυξη των φυτών. Τα μαρούλια παθαίνουν ζημιά κάτω από -5 βαθμούς ενώ υψηλές θερμοκρασίες δηλαδή 21- 26 βαθμοί Κελσίου

την εποχή σχηματισμού της κεφαλής προκαλούν επιμήκυνση του στελέχους, περιποίηση και πίκρυνση των φύλλων. Η άριστη θερμοκρασία είναι 15-18 βαθμοί Κελσίου και όχι μεγαλύτερη από 24 . Οι σπόροι φυτρώνουν άριστα σε θερμοκρασία εδάφους 5-25 βαθμούς Κελσίου . Τα επίπεδα γονιμότητας του εδάφους πρέπει να είναι επαρκή όσον αφορά το άζωτο (N), το φώσφορο (P) και το κάλιο (K) καθώς επίσης και για δευτερεύοντα στοιχεία.

Το μαρούλι παρουσιάζει συγκρατημένη ευαισθησία στη υψηλή αλατότητα του εδάφους. Η αλατότητα μπορεί αφενός να αποτρέψει τη γονιμοποίηση αφετέρου σε περίπτωση πραγματοποίησης αυτής, παρουσιάζεται περιορισμένη αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.

Το έδαφος για τη καλλιέργεια του μαρουλιού πρέπει να είναι εύθρυπτο και απαλλαγμένο από σβόλους. Οι συμβατικές πρακτικές οργώματος τείνουν να συμπίεσουν το έδαφος με συνέπεια τη μείωση διείσδυσης των ριζών και του ύδατος μέσα σε αυτό. Για να αποφευχθεί τυχόν πρόβλημα συμπίεσης, κατά τη διάρκεια του οργώματος το έδαφος θα πρέπει να είναι στεγνό, απαλλαγμένο από τυχόν ποσά υγρασίας. Στη περίπτωση που κατά την άρδευση χρησιμοποιούνται σταλάκτες είναι προτιμότερο το επιφανειακό όργωμα.

Εδαφοκάλυψη με μαύρο πλαστικό κατά μήκος των γραμμών φύτευσης πριν τη τοποθέτηση των φυτών βοηθάει στη μείωση του πληθυσμού των ανεπιθύμητων ζιζανίων που δρουν ανταγωνιστικά στην καλλιέργεια, συμβάλει στην εξοικονόμηση υγρασίας αλλά και θέρμανση του εδάφους εφόσον αυτό είναι επιθυμητός παράγοντας. Για εμπορική καλλιέργεια πριν τη τοποθέτηση των φυτών πραγματοποιείται η βασική λίπανση και παρέχεται αρκετό νερό στο έδαφος.

3.Καλλιεργητική πρακτική και φροντίδες

Η καλλιεργητική πρακτική στο μαρούλι περιλαμβάνει την άρδευση, τη λίπανση, την πυκνότητα και την εποχή φύτευσης καθώς επίσης και τον έλεγχο των ζιζανίων, εντόμων και ασθενειών.

Μια σχετικά νέα πρακτική για το μαρούλι όσον αφορά την άρδευση, είναι η χρήση της επιφανειακής ή κάτω από την επιφάνεια άρδευσής μέσω σταλάκτη. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται η χρήση του ύδατος, γιατί η τοποθέτηση του σταλάκτη γίνεται μόνο στη ζώνη της ρίζας. Συνήθως η πρώτη άρδευση πραγματοποιείται με ψεκαστήρες για την προώθηση της βλάστησης ενώ το υπόλοιπο του ύδατος κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των φυτών παρέχεται μέσω σταλάκτων. Το περισσότερο ψέκασμα γίνεται μέσω των ακροφυσίων που συνδέονται με σωλήνες οι οποίοι τοποθετούνται στις σειρές φύτευσης.

Οι αλληλεπιδράσεις αζώτου και ύδατος μπορούν να είναι ιδιαίτερα σημαντικές στα συστήματα που χρησιμοποιούνται σταλάκτες. Στις περισσότερες σύγχρονες φυτείες μαρουλιού τα χημικά λιπάσματα χρησιμοποιούνται με διάφορες μορφές για να καλυφθούν οι θρεπτικές ανάγκες. Η βασική λίπανση περιλαμβάνει και τα τρία σημαντικά στοιχεία, το N, τον P και το K ή μπορεί να γίνει εφαρμογή μόνο P και K. Το N γίνεται όλο και περισσότερο σημαντικό κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών και προστίθεται αρκετές εβδομάδες πριν τη συγκομιδή.

Στο θερμοκήπιο τα φυτά φυτεύονται σε ζεύγη γραμμών (απόσταση γραμμών ζεύγους 0,5μ απόσταση φυτών επί της γραμμής 0,25μ και πλάτος διαδρομής 1,2μ) με τοποθέτηση ενός σταλάκτη ανά φυτό και το βάθος του ριζικού συστήματος πρέπει να

είναι 45-60 εκατοστά. Η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιείται είναι 110-120 γραμμάρια/ στρέμμα. Τέλος ο χρόνος βλάστησης είναι 7 ημέρες από τη σπορά.

Εκτενέστερα ,

Άρδευση:

Το πότισμα γίνεται όταν κρίνεται αναγκαίο, έτσι ώστε να διατηρείται το έδαφος υγρό. Υπερβολική υγρασία μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ανάπτυξης ασθενειών. Η συχνότητα των ποτισμάτων αυξάνεται σε περιόδους που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και μειώνεται κατά την περίοδο σχηματισμού της κεφαλής.

Λίπανση:

Καλλιέργεια μαρουλιού με απόδοση 2 τόνους /στρεμ. αφαιρεί από το έδαφος 6 κιλά αζώτου (N), 3 κιλά P₂O₅ (ή 1.3 κιλά φωσφόρου - P), 10 κιλά K₂O (ή 8.3 κιλά καλίου - K), 3 κιλά CaO, 1 κιλά MgO και 1 κιλά SO₃.. Η συνολική ποσότητα του φωσφόρου και του καλίου, προστίθεται πριν από την σπορά ή τη μεταφύτευση της καλλιέργειας. Η προσθήκη αρκετής ποσότητας κοπριάς (10 τόν/ στρεμ.) πριν από την καλλιέργεια εφοδιάζει το έδαφος ικανοποιητικά με κάλιο και μειώνονται ακόμα οι ανάγκες σε φώσφορο.

Η ποσότητα του αζώτου και των ιχνοστοιχείων προστίθεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών σε 3 ή περισσότερες δόσεις. Η πρώτη εφαρμογή της υπόλοιπης ποσότητας του αζώτου γίνεται 3 εβδομάδες μετά τη σπορά και επαναλαμβάνεται κάθε 2 περίπου εβδομάδες.

Συγκομιδή :

Η συγκομιδή γίνεται τμηματικά με το χέρι, όπου κόβεται το φυτό στην επιφάνεια του εδάφους (με τη βοήθεια μαχαιριού). Το στάδιο κοπής των μαρουλιών εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο τύπο.

Τα μαρούλια τύπου Cos ή Romaine συγκομίζονται όταν ακόμα η κεφαλή στο κέντρο των φυτών είναι ακόμα μικρή, κλειστή και σφικτή, ενώ στους υπόλοιπους τύπους κύριο κριτήριο είναι μόλις η κεφαλή αποκτήσει το χαρακτηριστικό μέγεθος της ποικιλίας.

Η συγκομιδή είναι προτιμότερο να γίνεται τις πρωινές ώρες και να τοποθετούνται αμέσως στο ψυγείο.

Απόδοση:

Οι αποδόσεις της καλλιέργειας κυμαίνονται από 2-4 τόνους, ανάλογα με τη εποχή, τη γονιμότητα του εδάφους και τη χρησιμοποιούμενη ποικιλία (τα μαρούλια τύπου Cos ή Romaine έχουν υψηλότερη απόδοση από τα κεφαλωτά μαρούλια).

4. Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Μετά τη συγκομιδή τα μαρούλια μεταφέρονται στο συσκευαστήριο όπου και προψύχονται. Αν κάνει ζέστη την ώρα της συγκομιδής, πλένονται με παγωμένο νερό (διαδικασία πρόψυξης) για τη μείωση της θερμοκρασίας, για την απομάκρυνση του χόματος και άλλων ξένων ουσιών, ύστερα ακολουθεί η συσκευασία. Σε οργανωμένα συσκευαστήρια, η διαδικασία της πρόψυξης και πλυσίματος συνδυάζεται και με την ενσωμάτωση απολύμανσης. Τα μαρούλια συντηρούνται για 3-4 εβδομάδες σε θερμοκρασία 0 βαθμούς Κελσίου και σχετική υγρασία 90-95%.

5. Θρεπτική αξία

Η κεφαλή του μαρουλιού περιέχει περίπου 94% νερό, 1,6% πρωτεΐνες, 2% υδατάνθρακες και 0,2% λίπη, είναι δε πλούσια σε βιταμίνη Α και C και δευτερευόντως σε Β1 και Β2. Το θρεπτικό περιεχόμενο ποικίλει και εξαρτάται από το χρώμα των φύλλων. Τα εξωτερικά φύλλα πράσινου χρώματος έχουν περισσότερη αξία από τα υπόλευκα εσωτερικά. Τέλος τα πρόσθετα θρεπτικά και άλλα οφέλη υγείας μπορούν να προέλθουν από τα διάφορα βιολογικά ενεργά, ενώσεις όπως το χλωρογενές οξύ που μπορεί να συμβάλει στις αντικαρκινογόνες ιδιότητες.

Η θρεπτική αξία του μαρουλιού φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

		Τύπος Cos	Τύπος	Τύπο
	Νερό	95%	96%	96%
	Υδατάνθρακες	3.3 g (1%)	3 g (1%)	2.2 g (1%)
	Πρωτεΐνες	1.2 g (2%)	0.9 g (3%)	1.3g (3%)
	Φυτικά έλαια	0,3 g	0,1 g	0,2 g
Βιταμίνες	Βιταμίνη Α	5808 IU	502 IU	3312 IU
	Βιταμίνη C	24 mg	2.8 mg	3.7 mg
	Βιταμίνη E	0.1mg	0.2mg	0.2mg
	Βιταμίνη K	103mg	24.1 mg	102mg
Άλατα	Ασβέστιο (Ca)	33mg	18mg	35mg
	Σίδηρος (Fe)	1mg	0.4mg	1.2mg
	Μαγνήσιο (Mg)	14mg	7mg	13mg
	Φώσφορος (P)	30mg	20 mg	33mg
	Κάλιο (K)	247mg	141mg	238mg
	Νάτριο (Na)	8mg	10mg	5mg
	Ψευδάργυρος	0.2.mg	0.2.mg	0.2.mg
	Χαλκός (Cu)	0mg	0mg	0mg
	Μαγγάνιο (Mn)	0.2mg	0.1mg	0.2mg

Πίνακας 1: Η μέση σύσταση 100g φρέσκων φύλλων μαρουλιού, για τους τύπους Cos ή Romaine, Iceberg ή Crisphead και Butterhead.

6. Ποικιλίες

Οι διάφορες ποικιλίες, που χρησιμοποιούνται στο εμπόριο, μπορεί να διαφέρουν ως προς την εποχή καλλιέργειας (υπαίθρια ή υπό κάλυψη καλλιέργεια) και κατηγορία στην οποία ανήκουν. Υπάρχουν 5 βασικές κατηγορίες:

(i) *L. sativa* var. *capitata* D.C.

Κεφαλωτό μαρούλι (butterhead). Καλλιεργείται κυρίως στις χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Η κεφαλή είναι χαλαρή και τα φύλλα μαλακά και έχουν ανοικτό πράσινο χρώμα.

(ii) *L. sativa* var. *capitata* D.C

Κατσαρό κεφαλωτό μαρούλι (Crisphead ή Iceberg). Καλλιεργείται κυρίως στην Αμερική. Έχει κεφαλή σφαιρική και φύλλα κυμματοειδή και εύθραυστα.

(iii) *L. sativa* var. *longifolia* Lam. (συν. *L. sativa* var. *romana* D.C.)

Μαρούλι Cos (το όνομα του αυτό το οφείλει στο νησί Κως) ή Romaine. Ο περισσότερος γνωστός τύπος μαρουλιού στην Ελλάδα. Το φυτό έχει όρθια ανάπτυξη και σχηματίζει επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό. Τα φύλλα γενικά είναι μακριά και μακριά.

(iv) *L. sativa* var. *crispa* L.

Μαρούλι σαλάτας (looseleaf) ή αλλιώς με ανοικτό χαλαρό φύλλωμα. Τα φύλλα είναι ανοικτού πράσινου χρώματος, κατσαρά και χαλαρά, χωρίς να σχηματίζουν κεφαλή.

(v) *L. sativa* var. *asparagina* Bailey (συν. *L. sativa* var. *angustana* Irish)

Το κινέζικο μαρούλι (ή αλλιώς stem-lettuce). Καλλιεργείται στην Ασία και καταναλώνονται τα στελέχη και όχι τα φύλλα.

7. Πολλαπλασιασμός

Το μαρούλι πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Συνήθως γίνεται σπορά σε σπορείο και στη συνέχεια μεταφύτευση, ενώ η απευθείας σπορά στο χωράφι δε χρησιμοποιείται. Ο σπόρος του μαρουλιού παρουσιάζει ιδιαιτερότητες ως προς τη βλαστικότητα του. Ακόμα η ποικιλία Cos ή Romaine δεν φυτρώνει σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 25 βαθμούς Κελσίου.

Στη τελευταία περίπτωση εφαρμόζεται σπορά τις απογευματινές ώρες, διαβροχή του υποστρώματος με νερό χαμηλής θερμοκρασίας για την ψύξη του και κάλυψη του σπορείου με δίχτυ ή άλλο υλικό για προστασία από τις υψηλές θερμοκρασίες

Η σπορά στο σπορείο γίνεται στα πεταχτά και σε βάθος 0.5 εκ. Στη συνέχεια η μεταφύτευση πραγματοποιείται 30-40 ημέρες μετά τη σπορά, όπου τα νεαρά φυτάρια θα έχουν αναπτύξει 3-4 πραγματικά φύλλα. Οι αποστάσεις των φυτών στο χωράφι είναι 30-50 εκ. μεταξύ των γραμμών και 25 εκ. πάνω στη γραμμή των φυτών, ανάλογα με το τύπο του μαρουλιού (π.χ. ο τύπος Cos ή Romaine τοποθετείται πιο πυκνά σε σύγκριση με το κεφαλωτό). Ιδανικές

θερμοκρασίες για τη βλάστηση του σπόρου είναι 18-22 °C . Η σπορά γίνεται σχεδόν όλο τον χρόνο με εξαίρεση τους καλοκαιρινούς μήνες .

8. Σημαντικότερες εντομολογικές προσβολές του μαρουλιού

- Αφίδες (*Myzus persicae*)

Σύμπτωμα: Μικρά έντομα πράσινου χρώματος που αναπτύσσονται σε μεγάλους πληθυσμούς πάνω στα φύλλα (κάτω επιφάνεια ελάσματος) και μυζούν τους χυμούς τους. Τα φύλλα παραμορφώνονται ελαφρώς και εμφανίζουν κολλώδη ουσία στα σημεία προσβολής.

Αντιμετώπιση: Φροντίζουμε για την καλή ανάπτυξη των φυτών (άρδευση και λίπανση). Προσοχή όμως η υπερβολική αζωτούχα λίπανση έχει σαν αποτέλεσμα την έντονη ανάπτυξη της βλάστησης και κατά συνέπεια μεγαλύτερη πιθανότητα προσβολής. Απομάκρυνση των προσβεβλημένων φύλλων και λιώσιμο οποιεσδήποτε αφίδες βρούμε. Εφαρμογή αμειψισποράς και σε μεγάλη προσβολή χρήση σκευασμάτων του εμπορίου κατάλληλα για τη βιολογική γεωργία.

- Κοχλίες - Σαλιγκάρια (*Agriolimax agrestis*)

Σύμπτωμα: Το φύλλωμα τρώγεται κατά τις βραδινές ώρες. Τα γυαλιστερά ίχνη από τα σαλιγκάρια είναι εμφανή πάνω στο έδαφος. Οι ζημιές είναι ιδιαίτερα έντονες την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Αντιμετώπιση: Συλλέγουμε τα σαλιγκάρια κατά τις βραδινές ώρες και τα απομακρύνουμε από την καλλιέργεια. Προτιμούμε χειμερινά σκαλίσματα, αντί για φθινοπωρινά. Τα σκαλίσματα του φθινοπώρου κάνουν το έδαφος περισσότερο αφράτο και διευκολύνουν την είσοδο των σαλιγκαριών σε βαθύτερα στρώματα για να διαχειμάσουν. Καλύπτουμε περιμετρικά τις γραμμές του εδάφους με στάχτη για την αποφυγή προσβολής.

- Αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*)

Σύμπτωμα: Οι προνύμφες και τα τέλεια άτομα (λευκού χρώματος) αναπτύσσονται σε μεγάλους πληθυσμούς πάνω στα φύλλα και μυζούν.

Αντιμετώπιση: Για τη μείωση του πληθυσμού τους συνίσταται η χρησιμοποίηση κίτρινων κολλητικών παγίδων και η καταστροφή των ζιζανίων και των υπολλειμμάτων της καλλιέργειας, που αποτελούν ξενιστές του εντόμου. Στο πρόγραμμα της ολοκληρωμένης καταπολέμησης θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και το μικρομενόπτερο *Encarsia formosa* Gahan (Aphelinidae), που αποτελεί φυσικό εχθρό του αλευρώδη.

9 . Σημαντικότερες ασθένειες του μαρουλιού

- Περονόσπορος (*Bremia lactucae*)

Σύμπτωμα: Ανάπτυξη χλωρωτικών (ανοικτού πράσινου χρώματος) κηλίδων στην πάνω επιφάνεια του φύλλου. Στην κάτω επιφάνεια του ελάσματος και σε συνθήκες υψηλής υγρασίας εμφανίζεται λευκή εξάνθηση (κονιδιοφόροι και κονίδια του μύκητα). Οι κηλίδες στη συνέχεια αποκτούν καστανό χρώμα και ξηραίνονται. Πρώτα προσβάλλονται τα κατώτερα (παλιά) φύλλα και στη συνέχεια και τα υπόλοιπα. Η προσβολή μπορεί να εκδηλωθεί ακόμα και στα μικρά φυτάρια στο σπορείο.

Αντιμετώπιση: Εφαρμόζουμε 3ετή αμειψισπορά με φυτά που δεν ανήκουν στην ίδια οικογένεια. Περιορίζουμε την υπερβολική υγρασία του εδάφους και λαμβάνουμε μέτρα για καλύτερο αερισμό των φυτών (π.χ. αραίωμα). Απομακρύνουμε τα ζιζάνια και τα προσβεβλημένα φύλλα της βάσης. Σε έντονες προσβολές ψεκάζουμε με χαλκούχα σκευάσματα κατάλληλα για τη βιολογική γεωργία .

- Ωίδιο (*Erysiphe cichoracearum*)

Σύμπτωμα: Εμφάνιση μικρών και λευκών κηλίδων στην πάνω και την κάτω επιφάνεια των φύλλων και ανάπτυξη αλευρωδών εξανθήσεων πάνω σε αυτές (μυκήλιο). Η προσβολή μπορεί να καταλάβει ολόκληρη την επιφάνεια του ελάσματος. Σπάνια, όμως ο μύκητας δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην καλλιέργεια.

Αντιμετώπιση: Απομακρύνουμε τα προσβεβλημένα φύλλα, τυχόν υπολείμματα της καλλιέργειας και ζιζανίων (καθώς σε αυτά εντοπίζονται οι διαχειμαζόμενες μορφές του μύκητα). Σε έντονες προσβολές ψεκάζουμε με θειούχα σκευάσματα.

- Ανθράκωση (*Marssonina panattoniana*)

Σύμπτωμα: Σχηματίζονται μικρές υδατώδεις κηλίδες στα φύλλα, όπου στη συνέχεια αποκτούν καστανό χρωματισμό και ξηραίνονται. Ακολούθως οι νεκροί ιστοί πέφτουν, αφήνοντας χαρακτηριστικές τρύπες πάνω στο έδαφος. Η ασθένεια ευνοείται από την υψηλή υγρασία.

Αντιμετώπιση: Η ασθένεια αναπτύσσεται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας του εδάφους και γι αυτό κύριο μέτρο πρόληψης αποτελεί η αποφυγή υπερβολικής υγρασίας στο έδαφος (λιγότερα ποτίσματα και καλύτερη στράγγιση). Η εφαρμογή 3-4ετούς αμειψισποράς και η απομάκρυνση των προσβεβλημένων φυτών και των ζιζανίων μειώνουν αρκετά την πιθανότητα εμφάνισης της.

- Τεφρά σήψη (*Borytis cinerea*)

Σύμπτωμα: Προκαλείται μαλακή σήψη στα παλιά φύλα (αυτά που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους). Συνήθως εκδηλώνεται καστανέρυθρη μαλακή σήψη στην περιοχή του λαιμού του φυτού.

Αντιμετώπιση: Περιορίζουμε τα ποτίσματα για μείωση της υπερβολικής υγρασίας στο έδαφος και λαμβάνουμε μέτρα για την καλύτερη στράγγιση του εδάφους. Η απομάκρυνση των ζιζανίων, των προσβεβλημένων φυτών και η καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας μειώνουν αρκετά την πιθανότητα εμφάνισης της ασθένειας.

10. Ιώσεις

- Μωσαϊκό του μαρουλιού

Σύμπτωμα: Τα φύλλα κιτρινίζουν (νέα και παλιά) και εμφανίζονται κατσαρωμένα. Τα φυτά δείχνουν καχεκτικά και χλωρωτικά. Οι δύο ιοί μεταδίδονται με τις αφίδες.

Αντιμετώπιση: Για την αντιμετώπιση των ιώσεων συνίσταται η χρήση υγιούς σπόρου και η καταστροφή των προσβεβλημένων φυτών. Η καταπολέμηση των αφίδων και η απομάκρυνση των πολυετών ζιζανίων αποτελούν τα σημαντικότερα μέτρα πρόληψης.

- Λεύκανση των νεύρων του μαρουλιού (Lettuce big vein disease)

Σύμπτωμα: Το κύριο σύμπτωμα είναι η περινεύρια λεύκανση του φύλλου, που σε ήπιες προσβολές εντοπίζεται μόνο στη βάση του φύλλου, ενώ σε έντονες προσβολές καλύπτει ολόκληρη την έκταση του φύλλου. Οι ποικιλίες τύπου κεφαλωτού μαρουλιού αδυνατούν να σχηματίσουν κεφαλή, ενώ η ποικιλία Cos ή Romaine δε σχηματίζει ευδιάκριτη καρδιά. Η φωτοπερίοδος και η θερμοκρασία παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση των συμπτωμάτων πάνω στο φυτό.

Αντιμετώπιση: Για τον έλεγχο της προσβολής θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ανθεκτικές ποικιλίες ή διαφορετικά να περιορισθεί η υγρασία του εδάφους, καθώς τα ζωοσπόρια του μύκητα με τη βοήθεια μαστιγίων μέσα σε υδάτινο περιβάλλον.

B.ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

1. Γενικά Χαρακτηριστικά βαρέων μετάλλων

Με τον όρο Βαρέα αναφερόμαστε γενικά στα μέταλλα με ατομικό βάρος μεγαλύτερο από εκείνο του Fe (ΑΒ Fe =56) και πυκνότητα μεγαλύτερη από 5 g/cm. Υπάρχουν περίπου 40 στοιχεία (ψευδάργυρος Zn, χαλκός Cu, κάδμιο Cd, υδράργυρος Hg, νικέλιο Ni, μόλυβδος Pb) που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Ορισμένα από τα βαρέα μέταλλα, είναι απαραίτητα σε μικρές συγκεντρώσεις για τη δράση των βιταμινών, τις διάφορες ζωτικές λειτουργίες καθώς και για την κανονική αύξηση και ανάπτυξη των φυτών εφόσον αυτά αποτελούν συστατικά πολλών ενζύμων και πρωτεϊνών (για παράδειγμα ο Zn 2+ χρησιμεύει σαν συνένζυμο για αρκετά ένζυμα). Ωστόσο οι υψηλές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο έδαφος μπορεί να οδηγήσουν σε τοξικά συμπτώματα και στην αναστολή της αύξησης των περισσότερων φυτών (Hall, 2002). Τα βαρέα μέταλλα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της καύσης ορυκτών καυσίμων και ξύλου καθώς και από βιομηχανικές δραστηριότητες και μέσω της αποτέφρωσης απορριμμάτων. Η εκπομπή βαρέων μετάλλων στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αποτέλεσμα φυσικών εκπομπών, από μεταλλεύματα του γήινου φλοιού, καθώς και από ηφαίστεια, από διάβρωση και από πυρκαγιές δασών.

2 .Τοξικότητα βαρέων μετάλλων

Η σειρά τοξικότητας τους είναι η εξής :

$Hg^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > As^{3+} > Cr^{3+} > Sn^{2+} > Fe^{3+} > Mn^{2+}$

Η τοξικότητα των βαρέων μετάλλων εξαρτάται :α) από τη συγκέντρωσή τους , β) το είδος του μετάλλου , γ) το είδος του οργανισμού.

3. Πρόσληψη βαρέων μετάλλων

Η πρόσληψη των μετάλλων από τα φυτά εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες: α) τύπος και συγκέντρωση του μετάλλου , β) τύπος και είδος του φυτού , γ) ηλικία του φυτού , δ) Ρυθμός και συνθήκες ανάπτυξης , ε) τύπος του εδάφους, καθώς φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του, όπως περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και pH.

4. Δυσμενείς επιδράσεις βαρέων μετάλλων στα φυτά

Τα βαρέα μέταλλα προκαλούν μεταβολικές δυσλειτουργίες στα φυτά όπως:

α) Δυσλειτουργίες στην μεταφορά ιόντων όπως ασβεστίου, μαγνησίου, νιτρικού και καλίου μέσω των μεμβρανών β) Παρεμπόδιση της μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή γ) Μη αντιστρεπτή παρεμπόδιση της λειτουργίας ενζύμων.

5. Αντίδραση των φυτών στα Βαρέα Μέταλλα

Η υψηλή συγκέντρωση βαρέων μετάλλων και γενικότερα οι περιβαλλοντικές καταπονήσεις προκαλούν μοριακές, βιοχημικές, φυσιολογικές και μορφολογικές αντιδράσεις των φυτών. Οι μεταβολές τις οποίες προκαλούν οι καταπονήσεις στη γονιδιακή έκφραση προξενούν αλλαγές στη συμπεριφορά πολλών ενζύμων, στην αύξηση ή τη μείωση των αντίστοιχων μεταβολικών προϊόντων και μεταβολές στη σύνθεση νέων πρωτεϊνών και πολυπεπτιδίων. Έχει αποδειχθεί η επαγωγή σύνθεσης πρωτεϊνών (πρωτεϊνών καταπόνησης, stress ή shock proteins) από αλατότητα, οσμωτική καταπόνηση, θερμοπληξία, παγετό, ανοξία (αναεροβίωση), μηχανική καταπόνηση, ατμοσφαιρική ρύπανση, υπεριώδη ακτινοβολία, οξειδωτική καταπόνηση και βαρέα μέταλλα. Η γενική αντίληψη είναι, πάντως, ότι οι αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες και η παρουσία βαρέων μετάλλων έχουν αρνητική επίδραση σε όλο τον πρωτεϊνικό μεταβολισμό, στα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά όπως ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης, ο επαγωγικός φθορισμός κ.α.

6. Η φυσιολογία του χρωμίου στο φυτό

Η χημεία του χρωμίου στο έδαφος είναι αρκετά σύνθετη επειδή εμφανίζει πολλά σθένη (+2 έως +6) και η κάθε χημική μορφή επιδρά στη διαλυτότητα και την δραστηριότητα. Το κατιόν του Cr(III) είναι η σταθερή μορφή που συνήθως συναντάται στο περιβάλλον. Αυτή η μορφή θεωρείται βασική για μερικές βιολογικές λειτουργίες.

Περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό χρώμιο	Εύρος: 5-1000 mg.kg ⁻¹ Μέση τιμή: 65 mg.kg ⁻¹
Περιεκτικότητα του εδάφους σε διαλυτό χρώμιο	10 μg.L ⁻¹
Περιεκτικότητα στο νερό	0,2 μg.L ⁻¹
Χημικές μορφές στο νερό	CrO ₄ ²⁻ , Cr(OH) ₃
Περιεκτικότητα στα φυτά	0,02-0,2 mg.kg ⁻¹ Φυτοτοξικό πάνω από 10 mg.kg ⁻¹

Το χρώμιο (VI) (Cr⁶⁺) είναι τοξικό για το φυτό, αλλά η παρουσία του δεν είναι συνηγή στο περιβάλλον. Το Cr(VI) είναι 100 φορές πίο τοξικό για τα φυτά από το Cr(III). Η διαλυτότητα και των δύο μορφών επηρεάζεται σημαντικά από το pH. Η χαμηλότερη διαλυτότητα συναντάται μεταξύ pH 5,5 και 8,0.

Η διαθεσιμότητα του χρωμίου στο φυτό που αναπτύσσεται σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε χρώμιο μπορεί να μειωθεί με την προσθήκη ασβέστη, φωσφορικών λιπασμάτων και οργανικής ουσίας.

Τα φυτά ποικίλλουν στην ευαισθησία τους στο χρώμιο. Συγκεντρώσεις 5-15 mg.kg⁻¹ στο θρεπτικό διάλυμα εμφανίζουν τοξικότητες. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 150 mg.kg⁻¹ στο έδαφος είναι τοξικές για μερικά φυτά.

Το χρώμιο τείνει να συσσωρεύεται στις ρίζες και δεν μεταφέρεται εύκολα μέσα στο φυτό, ενώ υπάρχουν μερικές ενδείξεις ενεργοποιητικής επίδρασης των χαμηλών επιπέδων χρωμίου στην αύξηση του φυτού.

Η τοξικότητα του Χρωμίου

Η τοξικότητα του Χρωμίου (Cr) σε φυτά εξαρτάται από την κατάσταση σθένους του: το εξασθενές χρώμιο , Cr (VI) είναι ιδιαίτερα τοξικό ενώ το τρισθενές χρώμιο Cr (III) είναι λιγότερο τοξικό . Δεδομένου ότι τα φυτά δεν διαθέτουν ένα ειδικό σύστημα μεταφοράς για το χρώμιο αυτό παραλαμβάνεται από τους μεταφορείς των βασικών ιόντων όπως θειικό ή σίδηρο. Οι τοξικές επιδράσεις του χρωμίου στην

ανάπτυξη των φυτών και την ανάπτυξη περιλαμβάνουν μεταβολές στην διαδικασία βλάστησης, καθώς και στην ανάπτυξη των ριζών, βλαστών και τα φύλλα, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή συνολικής ξηράς ύλης και την απόδοση. Το χρώμιο προκαλεί, επίσης, αρνητικές επιπτώσεις στις φυσιολογικές διεργασίες του φυτού όπως στη φωτοσύνθεση, στις υδατικές σχέσεις και τη διατροφή από ορυκτά. Οι μεταβολικές αλλοιώσεις από την έκθεση σε Χρώμιο έχουν επίσης περιγραφεί σε φυτά είτε με άμεση επίδραση σχετικά με τα ένζυμα ή άλλους μεταβολίτες ή από την ικανότητά του να παράγει αντιδραστικά είδη οξυγόνου που μπορεί να προκαλέσει οξειδωτικό στρες. Το δυναμικό των φυτών με την ικανότητα να συσσωρεύουν ή να σταθεροποιούν ενώσεις χρωμίου για βιολογική αποκατάσταση της μόλυνσης από χρώμιο απέκτησε ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

A.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Χρησιμοποιήθηκαν σπόροι μαρουλιού της ποικιλίας Simpson και $K_2Cr_2O_7$ σε συγκεντρώσεις 0 , 50 , 100 , 150 μmol σε τέσσερα τεμάχια για τέσσερις επαναλήψεις .

Μέθοδος μέτρησης της Φωτοσύνθεσης

Μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης

Η φωτεινή ακτινοβολία που απορροφάται από τη χλωροφύλλη ακολουθεί μια από τις εξής πορείες: α) μετατρέπεται σε φωτοχημική ενέργεια στο φωτοσύστημα II (PSII) για την αναγωγή του CO_2 β) χάνεται ως θερμότητα γ) εκπέμπεται ως φθορισμός δ) μεταφέρεται για την διέγερση των γειτονικών χρωστικών μορίων στο PSI.

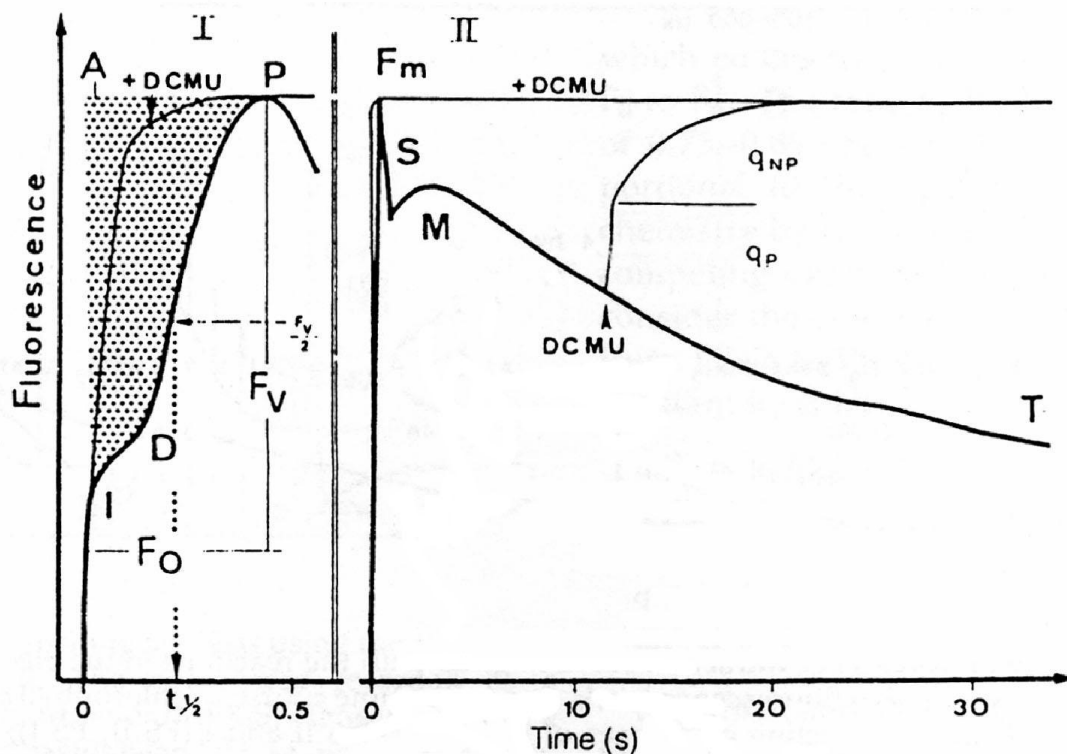
Οι δρόμοι αυτοί είναι ανταγωνιστικοί με αποτέλεσμα οποιαδήποτε αλλαγή στο ρυθμό της φωτοσύνθεσης και την εκπομπή θερμότητας προκαλεί μεταβολή και στον εκπεμπόμενο φθορισμό. Είναι γνωστό (Krause & Weis, 1991) ότι σε θερμοκρασία δωματίου, η εκπομπή του φθορισμού της χλωροφύλλης προέρχεται από τα μόρια της χλωροφύλλης α η οποία σχετίζεται με το φωτοσύστημα II (PSII).

Γρήγορη και αργή φάση επαγωγής φθορισμού

Ο εκπεμπόμενος φθορισμός της χλωροφύλλης α του φύλλου παρουσιάζει δύο μέγιστα, το πρώτο στα 690nm και το δεύτερο στα 750nm. Το διεγείρον φως του οργάνου μας προερχόταν από ερυθρό φως με μέγιστο εκπομπής στα 670nm ενώ η ένταση του ουσιαστικά μηδενίζεται μετά τα 700nm. Η ανίχνευση του εκπεμπόμενου φθορισμού γίνεται μέσω φωτοδιόδου, πριν από το οποίο παρεμβάλλεται φίλτρο,

διαπερατό σε μήκη κύματος πέρα από τα 700nm. Έτσι αποφεύγεται η παρεμβολή που προκαλεί στο ανιχνευόμενο σήμα φως μήκους κύματος μικρότερου από 700nm που αντανακλάται από την επιφάνεια του φύλλου. Στην περίπτωση που τα φύλλα φωτίζονται συνεχώς, εκπέμπουν σταθερή ένταση φθορισμού, ο οποίος όμως μας δίνει ελάχιστες πληροφορίες για την κατάσταση του φύλλου με αποτέλεσμα όλες οι μελέτες του φθορισμού να λαμβάνουν χώρα με ξαφνική ακτινοβολία, έπειτα από μια περίοδο προσαρμογής για ορισμένο χρονικό διάστημα στο σκοτάδι.

Η κινητική της επαγωγής του φθορισμού της χλωροφύλλης (Kautsky & Hirsch, 1931) που προκύπτει από τα παραπάνω καλείται τυπική καμπύλη φθορισμού γνωστή ως φαινόμενο Kautsky (Kautsky effect). Ο φθορισμός που εκπέμπεται μετράται σε αυθαίρετες μονάδες) (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Χαρακτηριστική κινητική επαγωγής φθορισμού της χλωροφύλλης ή φαινόμενο Kautsky. Διακρίνονται τα επίπεδα O, I, D, P, S, M, T, καθώς και η γρήγορη (OIDP) και η αργή (PSMT) φάση κινητικής.

Figure 1. Typical chlorophyll fluorescence induction kinetics (Kautsky effect). The characteristic fluorescence levels O, I, D, P, S, M, T, as well as fast (OIDP) and slow (PSMT) phase kinetics are indicated.

Σύμφωνα με το φαινόμενο Kautsky ο φθορισμός (F) ενός φύλλου που φωτίζεται με απότομο συνεχές φως μετά από παραμονή του στο σκοτάδι ξεκινά από ένα αρχικό επίπεδο O (F_0) που αντιστοιχεί στον βασικό φθορισμό της φωτοσυνθετικής συσκευής που εκπέμπεται όταν όλα τα κέντρα αντίδρασης είναι “ανοιχτά” δηλαδή πριν διεγερθεί το PSII.

Όλοι οι αρχικοί δέκτες ηλεκτρονίων του PSII (Q_A, Q_B) οξειδώνονται πλήρως και οι φωτοχημικές διεργασίες δύναται να πετύχουν το μέγιστο ρυθμό τους. Η επαγωγή φθορισμού εκφράζεται από χαρακτηριστικές φάσεις και συγκεκριμένα επίπεδα, όπως O, I, D, P, S, M, T (Parageorgiou, 1975). Την χρονική στιγμή (απαιτείται λιγότερο από 2 sec για να φθάσει ο φθορισμός στο μέγιστο επίπεδο) που η ένταση του διεγειρομένου φωτός φθάνει το επίπεδο κορεσμού ο αρχικός φθορισμός ανέρχεται σε ένα μέγιστο επίπεδο (P) που αντιστοιχεί στην αναγωγή της πλαστοκινόνης PQ αφού πρώτα περάσει ένα ενδιάμεσο επίπεδο που αντιστοιχεί στην αναγωγή του Q_A και μιας χαμηλότερης κάμψης D. Η αυξητική πορεία του φθορισμού από το επίπεδο O στο επίπεδο P επιτυγχάνεται με παράλληλη μείωση της φωτοχημικής ικανότητας και αντίστοιχα σε κλείσιμο των κέντρων αντίδρασης.

Μετά το μέγιστο (P) ο φθορισμός σταδιακά μειώνεται για τους εξής λόγους: α) εξαιτίας της απόσβεσης (quenching) του φθορισμού β) εξαιτίας της ροής ηλεκτρονίων προς τα κέντρα αντίδρασης του PSI. Ο μέγιστος φθορισμός (F_m) προσεγγίζεται όταν όλα τα αποθέματα του πρωταρχικού δέκτη Q_A έχουν πλήρως αναχθεί οπότε και στο σημείο αυτό η φωτοχημική ικανότητα θεωρείται μηδέν. Στην συνέχεια η φωτοχημική ικανότητα αυξάνεται καθώς ξεκινά η ροή ηλεκτρονίων από την Q_A προς τα κέντρα αντίδρασης του PSI ενώ ο φθορισμός μειώνεται (S). Το σύνολο των επιπέδων OI DP ορίζεται ως γρήγορη φάση κινητικής επαγωγής του φθορισμού και η όλη πορεία διαρκεί περίπου 0,5sec. Ο φθορισμός συνεχίζει να μειώνεται και περνάει από ένα δεύτερο μέγιστο (M) όπου σηματοδοτείται η έναρξη αφομοίωσης CO_2 (Ireland et al., 1984) και τέλος καταλήγει έπειτα από 35sec περίπου στο τελικό επίπεδο μιας σταθερής τιμής T, όπου η τιμή του φθορισμού είναι παρεμφερής με την αρχική του επιπέδου O (F_0) που αντιστοιχεί στην αποκατάσταση σταθερού ρυθμού αφομοίωσης CO_2 (Ireland et al., 1984; Schreiber & Bilger, 1987).

Η πτώση από το μέγιστο (P) στο ελάχιστο επίπεδο (T) φθορισμού καλείται αργή φάση κινητικής επαγωγής του φθορισμού.

Η διαφορά μεταξύ μέγιστου και αρχικού φθορισμού καλείται μεταβλητός φθορισμός χλωροφύλλης ($F_v = F_m - F_o$). Ο λόγος F_v/F_m του μεταβλητού φθορισμού προς το μέγιστο φθορισμό είναι ένας πολύ χρήσιμος δείκτης της φωτοχημικής ικανότητας των φυτών. Ο λόγος αυτός όπως έχει προηγουμένως μελετηθεί (Demming & Bjorkman, 1987) είναι ευθέως ανάλογος με την απόδοση της φωτοσύνθεσης ανά φωτόνιο. Αποτελεί έτσι μια καλή ένδειξη φωτοανασταλτικών βλαβών που πιθανώς να προέρχονται από διάφορες μορφές περιβαλλοντικής καταπόνησης (ξηρασία, ασθένειες, βαρέα μέταλλα) (Bolhar-Nordenkampf et al., 1989).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε από τον Νοέμβριο του 2011 ως τον Μάρτιο του 2012 σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο του τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.ΤΕΙ Θεσσαλονίκης. Το έδαφος στο οποίο θα γινόταν το πείραμα, ισοπεδώθηκε και ακολούθησε σκάλισμα και απομάκρυνση των ζιζανίων. Ο χώρος μοιράστηκε σε 16 όμοια τεμάχια που είχαν μεταξύ τους απόσταση 60 εκατοστά. Το κάθε τεμάχιο θα αποτελείται από 4 γραμμές σποράς με απόσταση μεταξύ των γραμμών 25 εκατοστά. Πριν την σπορά εφαρμόστηκε στο έδαφος βασική λίπανση με λίπασμα N-P-K. Σε κάθε γραμμή φυτεύτηκαν 4 φυτά μαρουλιού με απόσταση επί των γραμμών, 20 εκατοστά. Μετά την κατεργασία και την χάραξη των τεμαχίων ακολούθησε πότισμα και φύτευση των σπόρων μαρουλιού. Από τα 16 τεμάχια τα 4 χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρας, σε 4 εφαρμόστηκε λίπανση $K_2Cr_2O_7$ σε συγκέντρωση 50 μmol , σε 4 εφαρμόστηκε λίπανση $K_2Cr_2O_7$ σε συγκέντρωση 100 μmol και σε 4 εφαρμόστηκε λίπανση $K_2Cr_2O_7$ σε συγκέντρωση 150 μmol . Έγιναν 3 μεταχειρίσεις με τις τρεις διαφορετικές αυτές συγκεντρώσεις ανά 15 μέρες. Μετά την τελευταία και το πέρας 15 ημερών άρχισαν οι μετρήσεις φθορισμού και φωτοσύνθεσης. Καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος συνεχιζόταν η επεξεργασία του εδάφους με σκάλισμα και αφαίρεση ζιζανίων.

Ο φθορισμός της χλωροφύλλης μετρήθηκε με μια ρυθμιζόμενη και χαμηλής έντασης ακτινοβολία από εκπεμπόμενο φως διόδων (διέγερσης μήκος κύματος στα 655nm,

ανίχνευση πάνω από 700nm) χρησιμοποιώντας ένα φορητό παλμικό ρυθμιζόμενο φθορισμόμετρο Plant Efficiency Analyser (PEA 2000, Walz, Effeltrich, Germany) όπως περιγράφηκε από τους Shreiber, Schliwa & Bilger (1986). Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην πάνω επιφάνεια των φύλλων, μετά από μισής ώρας παραμονή τους στο σκοτάδι.

Το όργανο αποτελείται από τρεις μονάδες: α) τους συνδετήρες φύλλου (leafclips) που χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή του αισθητήρα (sensor) και διαθέτουν ειδικό κλείστρο για να κρατούν το φύλλο στο σκοτάδι β) τη μονάδα ελέγχου (control box) για αποθήκευση και επεξεργασία των μετρήσεων γ) τη μονάδα του αισθητήρα (sensor unit) που εκπέμπει ερυθρό φωτισμό. Η κεφαλή μέτρησης του αισθητήρα: ι) φωτίζει τον ιστό και ιι) ανιχνεύει και καταγράφει τα επαγόμενα σήματα του φθορισμού. Αποτελείται από 6 διόδους εκπομπής φωτός υψηλής έντασης (LEDs) που φωτίζουν ομοιόμορφα την επιφάνεια φύλλου (διάμετρος 4mm) με μέγιστη φωτεινή ένταση 630Wm^{-2} . Ο φθορισμός που εκπέμπεται από τον φωτοσυνθετικό ιστό περνάει μέσα από ένα οπτικό φίλτρο και φθάνει στον ανιχνευτή ο οποίος απορροφά τα μεγάλα μήκη κύματος και ανακλά το μικρότερο μήκους κύματος φωτός που προέρχεται από τα LEDs. Η μονάδα του αισθητήρα συνδέεται με ένα καλώδιο με τη συσκευή ελέγχου που έχει και όλα τα ηλεκτρονικά μέρη του PEA.

Ως πρώτη αξιόπιστη μέτρηση θεωρείται η μέτρηση στα 50μs μετά την έναρξη φωτισμού του δείγματος γι αυτό εκλαμβάνεται ως η αρχική τιμή φθορισμού F_0 . Ο φθορισμός επάγεται από ερυθρό φωτισμό (μέγιστο 735nm) ρυθμιζόμενης έντασης η οποία αναφέρεται ως ένταση διέγερσης.

Η μέγιστη απόδοση του φθορισμού φυτών με διαφορετική συμπεριφορά ως επιτεύχθηκε με έκθεση των φωτοσυστημάτων σε ένα παλμικά κορεσμένο (0,8s) άσπρο φως. Η διαφορά ανάμεσα στο F_m (μέγιστη τιμή φθορισμού) και το F_0 (αρχική τιμή φθορισμού) έδωσε τον μεταβλητό φθορισμό F_v ($F_v = F_m - F_0$). Η μέγιστη ποσοτική απόδοση του φωτοχημικού (PSII) φωτοσυστήματος II προσδιορίστηκε ως η αναλογία του μεταβαλλόμενου φθορισμού F_v προς τον μέγιστο επίπεδο φθορισμού (F_v/F_m) και αντιπροσωπεύει την φωτοσυνθετική ικανότητα του ανοιχτού PSII.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

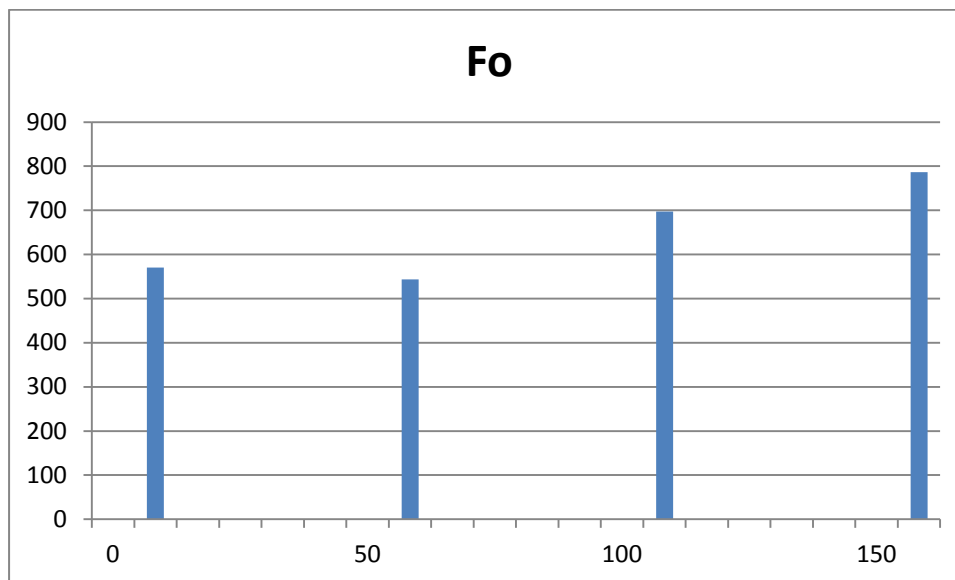
Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην αρχή έγιναν οι πρώτες μετρήσεις της χλωροφύλλης στις διάφορες παραμέτρους του φυτού (αρχικός φθορισμός , μέγιστος φθορισμός , λόγος φωτοχημικής απόδοσης , φυλλική επιφάνεια , φωτοσυνθετικός δείκτης) και μετά από δεκαπέντε μέρες ακολούθησαν οι δεύτερες επαναληπτικές μετρήσεις . Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι τιμές όπως καταγράφηκαν από τις πρώτες μετρήσεις.

Πίνακας 1 : Τιμές διαφόρων παραμέτρων φθορισμού χλωροφύλλης

	Fo	Fm	Fv/Fm	Area	Tm	P. index
Control	448	2268	0,802	23600	90	1,334
	416	2139	0,806	24200	90	1,611
	695	3542	0,803	46300	90	2,847
	722	3715	0,805	50900	90	2,993
50mmol	379	2401	0,842	27000	90	2,674
	585	3233	0,819	61700	90	2,453
	698	3837	0,818	52000	90	3,139
	512	2994	0,828	46600	90	2,482
100mmol	768	3229	0,762	72800	90	2,461
	743	3141	0,763	46000	90	2,398
	957	3844	0,751	65000	90	2,887
	322	1413	0,772	23500	90	1,091
	1007	3385	0,683	21700	90	2,315
150mmol	1108	3655	0,696	28800	90	2,547
	531	1843	0,712	21800	90	1,458
	500	1915	0,738	28900	90	1,415

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 1^{ης} ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι πρώτες μετρήσεις της χλωροφύλλης μετά την επέμβαση-επίδραση του $K_2Cr_2O_7$ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) μας έδωσαν τις εξής τιμές – αποτελέσματα :

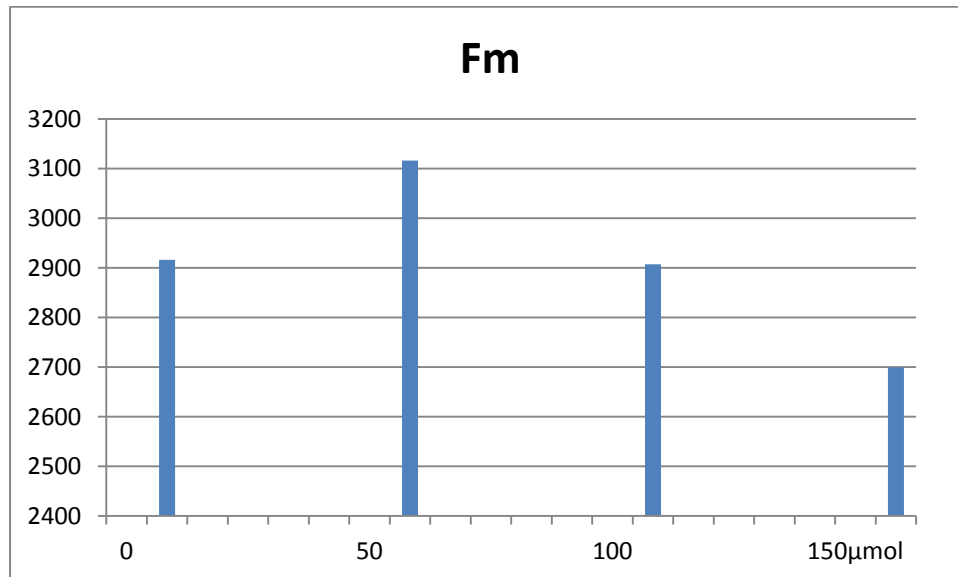


Συγκέντρωση $K_2Cr_2O_7$ σε μmol

$K_2Cr_2O_7$ concentration

Σχήμα 1: Επίδραση του $K_2Cr_2O_7$ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο του **αρχικού φθορισμού F_o** .

Figure 1 : Effect of $K_2Cr_2O_7$ on different $K_2Cr_2O_7$ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on F_o .

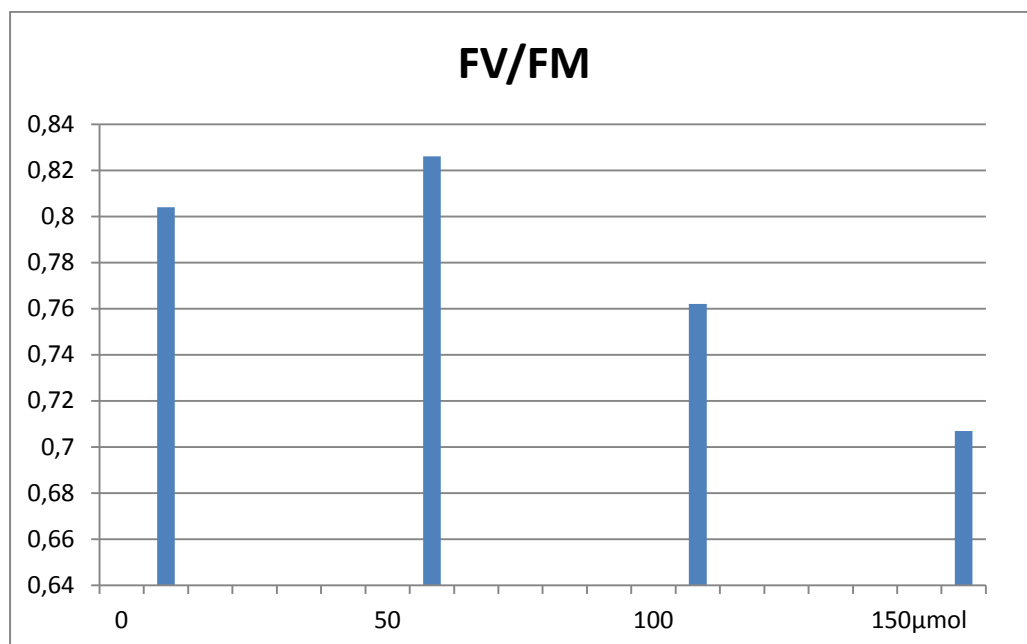


Συγκέντρωση $K_2Cr_2O_7$ σε μmol

$K_2Cr_2O_7$ concentration

Σχήμα 2 : Επίδραση του $K_2Cr_2O_7$ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο του **μέγιστου φορτισμού F_m** .

Figure 2 : Effect of $K_2Cr_2O_7$ on different $K_2Cr_2O_7$ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on F_m .

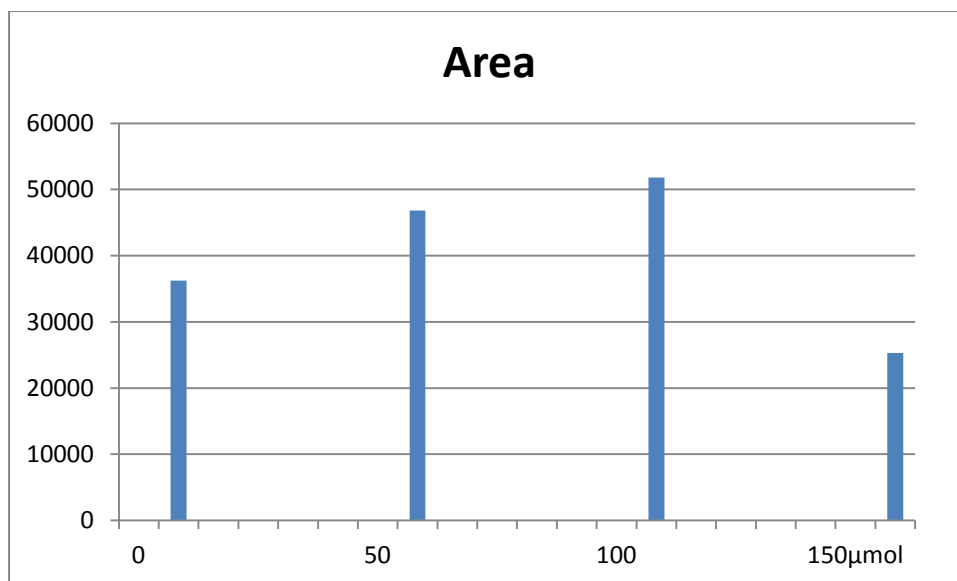


Συγκέντρωση $K_2Cr_2O_7$ σε μmol

$K_2Cr_2O_7$ concentration

Σχήμα 3 : Επίδραση του $K_2Cr_2O_7$ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στο λόγο F_v/F_m .

Figure 3 : Effect of $K_2Cr_2O_7$ on different $K_2Cr_2O_7$ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on the F_v/F_m ratio .

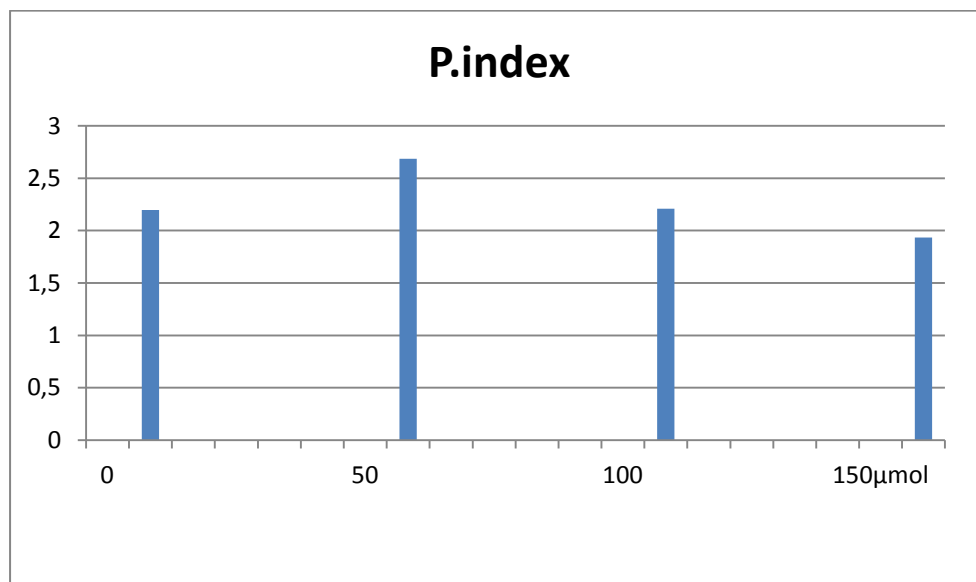


Συγκέντρωση K₂Cr₂O₇ σε μmol

K₂Cr₂O₇ concentration

Σχήμα 4 : Επίδραση του K₂Cr₂O₇ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο της φυλλικής επιφάνειας .

Figure 4 : Effect of K₂Cr₂O₇ on different K₂Cr₂O₇ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on Area.

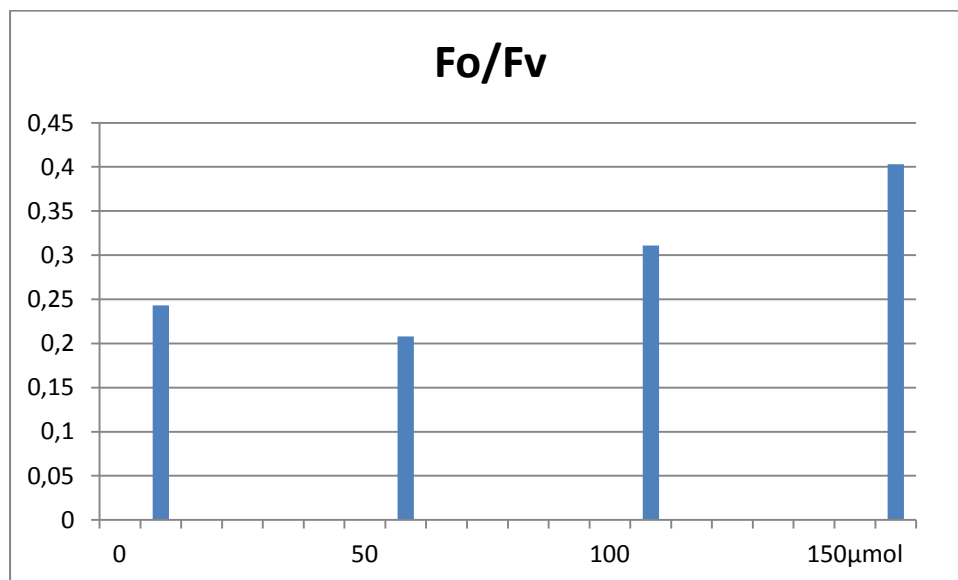


Συγκέντρωση K₂Cr₂O₇ σε μmol

K₂Cr₂O₇ concentration

Σχήμα 5 : Επίδραση του K₂Cr₂O₇ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο του φωτοσυνθετικού δείκτη.

Figure 5 : Effect of K₂Cr₂O₇ on different K₂Cr₂O₇ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on the photosynthetic indicator .



Συγκέντρωση K₂Cr₂O₇ σε μmol

K₂Cr₂O₇ concentration

Σχήμα 6 : Επίδραση του K₂Cr₂O₇ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στον λόγο F_o /F_v.

Figure 6 : Effect of K₂Cr₂O₇ on different K₂Cr₂O₇ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on the F_o/F_v ratio.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι τελικές τιμές των επαναληπτικών μετρήσεων :

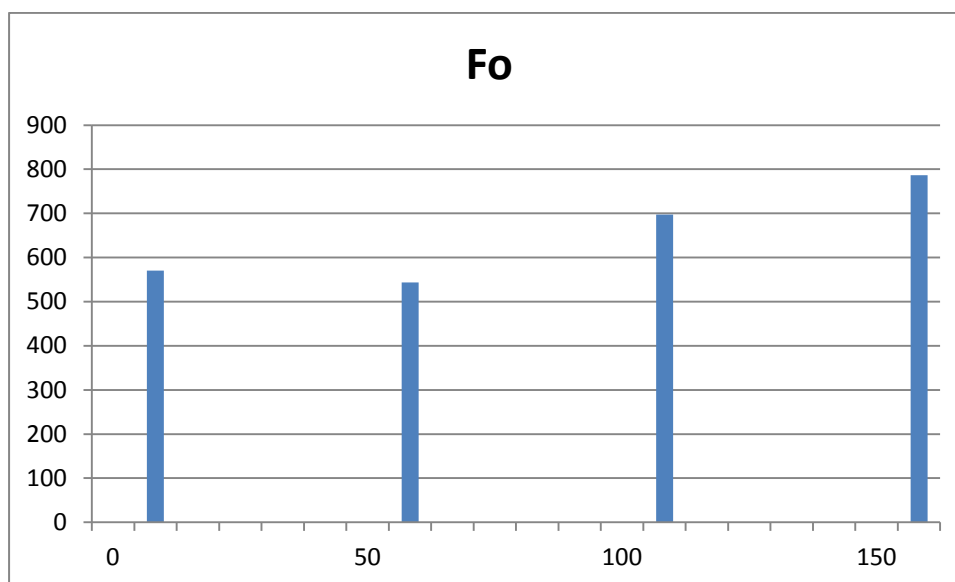
Πίνακας 2 : Τιμές διαφόρων παραμέτρων φθορισμού χλωροφύλλης

	Fo	Fm	Fv/Fm	Area	Tm	P. index
Control	448	2268	0,802	23600	90	1,334
	416	2139	0,806	24200	90	1,611
	695	3542	0,803	46300	90	2,847
	722	3715	0,805	50900	90	2,993
50mmol	379	2401	0,842	27000	90	2,674
	585	3233	0,819	61700	90	2,453
	698	3837	0,818	52000	90	3,139
	512	2994	0,828	46600	90	2,482
100mmol	768	3229	0,762	72800	90	2,461
	743	3141	0,763	46000	90	2,398
	957	3844	0,751	65000	90	2,887
	322	1413	0,772	23500	90	1,091
150mmol	1007	3385	0,683	21700	90	2,315
	1108	3655	0,696	28800	90	2,547
	531	1843	0,712	21800	90	1,458
	500	1915	0,738	28900	90	1,415

Με βάση τις μετρήσεις του παραπάνω πίνακα καταλήγουμε στα εξής αποτελέσματα :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 2^{ης} ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι πρώτες μετρήσεις της χλωροφύλλης μετά την επέμβαση-επίδραση του $K_2Cr_2O_7$ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) μας έδωσαν τις εξής τιμές – αποτελέσματα :

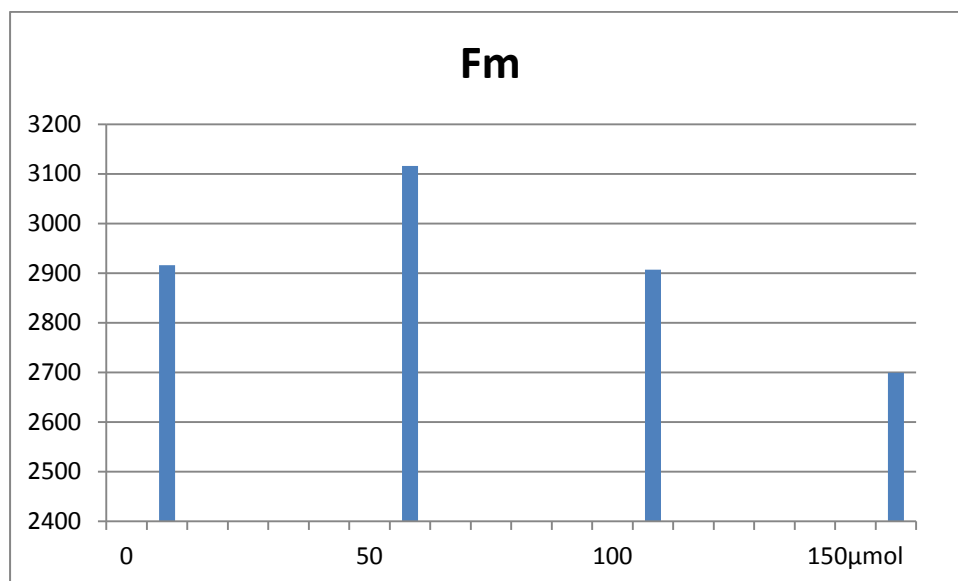


Συγκέντρωση $K_2Cr_2O_7$ σε μmol

$K_2Cr_2O_7$ concentration

Σχήμα 1: Επίδραση του $K_2Cr_2O_7$ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο του **αρχικού φθορισμού Fo**.

Figure 1 : Effect of $K_2Cr_2O_7$ on different $K_2Cr_2O_7$ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on Fo.

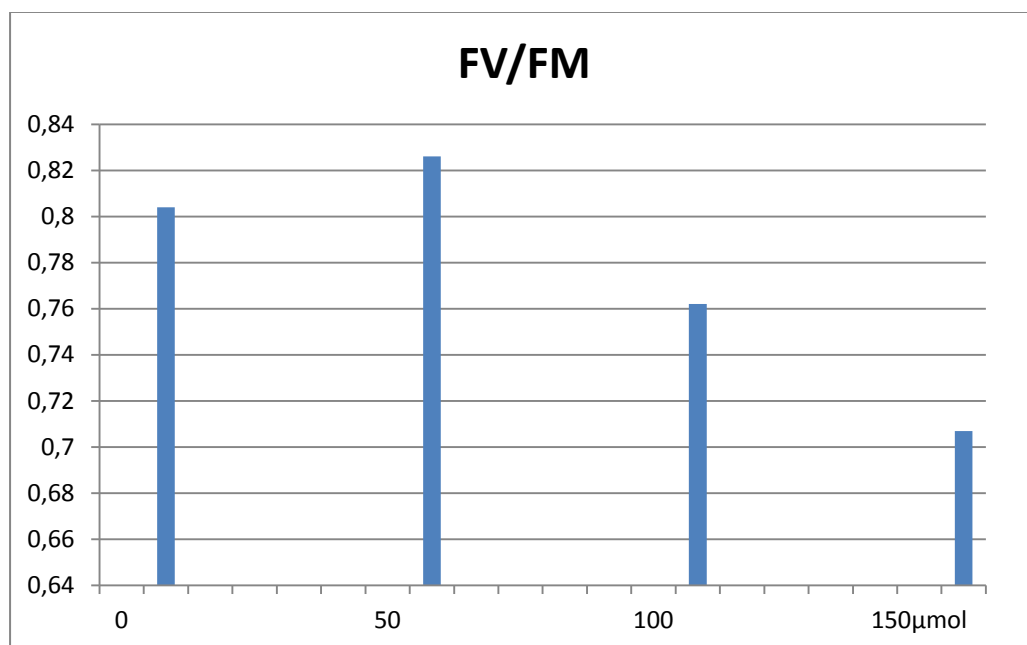


Συγκέντρωση $K_2Cr_2O_7$ σε μmol

$K_2Cr_2O_7$ concentration

Σχήμα 2 : Επίδραση του $K_2Cr_2O_7$ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο του **μέγιστου φθορισμού F_m** .

Figure 2 : Effect of $K_2Cr_2O_7$ on different $K_2Cr_2O_7$ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on F_m .

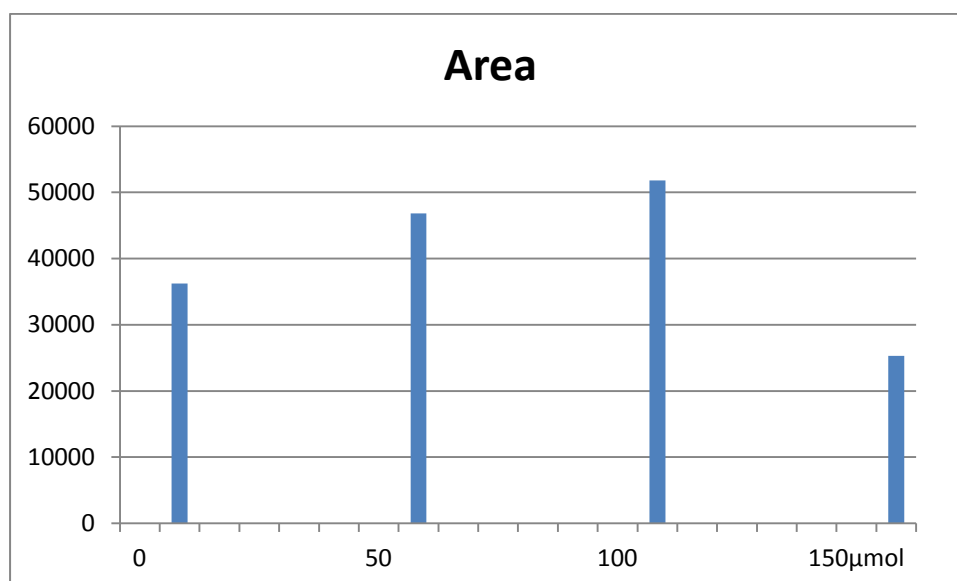


Συγκέντρωση K₂Cr₂O₇ σε μmol

K₂Cr₂O₇ concentration

Σχήμα 3 : Επίδραση του K₂Cr₂O₇ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στο λόγο Fv/Fm .

Figure 3 : Effect of K₂Cr₂O₇ on different K₂Cr₂O₇ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on the Fv/Fm ratio .

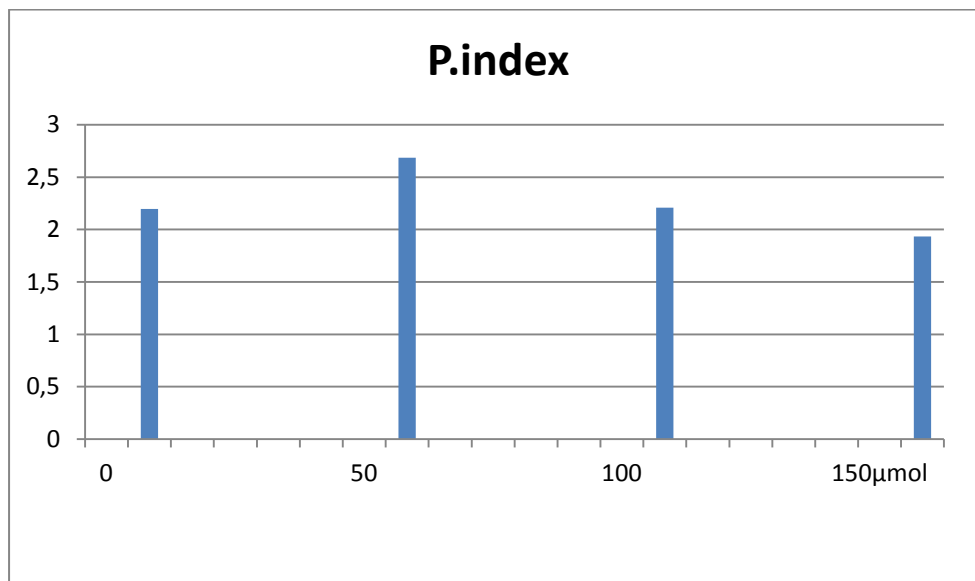


Συγκέντρωση K₂Cr₂O₇ σε μmol

K₂Cr₂O₇ concentration

Σχήμα 4 : Επίδραση του K₂Cr₂O₇ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο της φυλλικής επιφάνειας .

Figure 4 : Effect of K₂Cr₂O₇ on different K₂Cr₂O₇ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on Area.

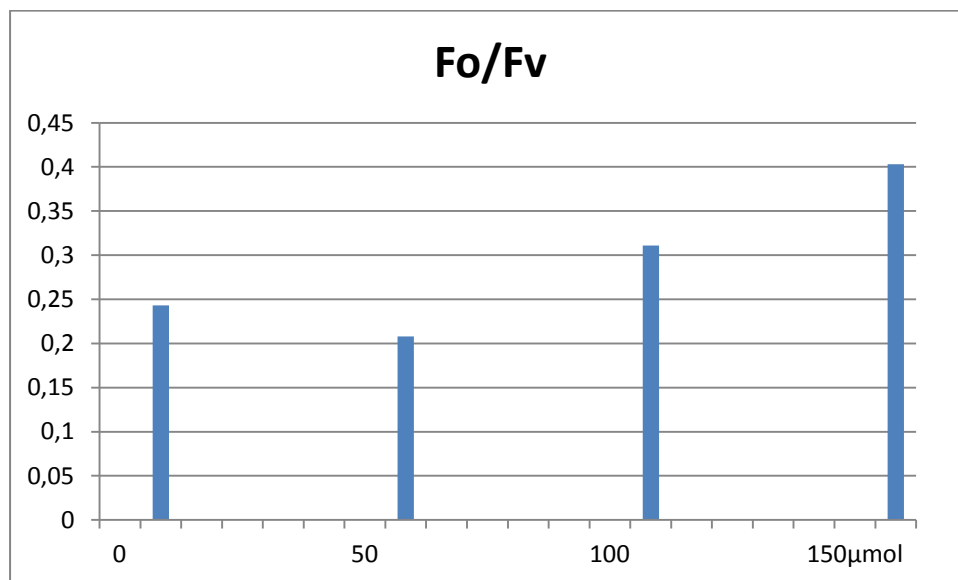


Συγκέντρωση K₂Cr₂O₇ σε μmol

K₂Cr₂O₇ concentration

Σχήμα 5 : Επίδραση του K₂Cr₂O₇ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στην παράμετρο του φωτοσυνθετικού δείκτη.

Figure 5 : Effect of K₂Cr₂O₇ on different K₂Cr₂O₇ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on the photosynthetic indicator .



Συγκέντρωση K₂Cr₂O₇ σε μmol

K₂Cr₂O₇ concentration

Σχήμα 6 : Επίδραση του K₂Cr₂O₇ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 , 50 , 100 ,150 μmol) στον λόγο F_o /F_v.

Figure 6 : Effect of K₂Cr₂O₇ on different K₂Cr₂O₇ concentration (0 , 50 , 100 ,150 μmol) on the F_o/F_v ratio.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την αξιολόγηση και μελέτη των αποτελεσμάτων του πειράματος βλέπουμε ότι παρουσιάζονται μεταβολές στις παραμέτρους του φυτού τις οποίες εξετάζουμε. Πιο αναλυτικά:

για την παράμετρο F_0 (αρχικός φθορισμός) μπορούμε να πούμε ότι η μικρή ποσότητα του μετάλλου, τα 50 μmol , βοηθάει το φυτό καθώς διεγείρει τον μηχανισμό του και το βοηθάει στην αύξηση και την ανάπτυξη. Στα 100 και 150 μmol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ παρουσιάζεται αύξηση της τιμής του F_0 όπως φαίνεται και στο σχήμα (1, 7) η οποία προκαλεί βλάβη στην ακεραιότητα των θυλακοειδών και δείχνει μεταβολή στο σημείο αναγωγής στο PS II και συγκεκριμένα στους δείκτες ηλεκτρονίων. Τα αποτελέσματα έρχονται να επαληθεύσουν προηγούμενες μελέτες των Schreiber και Armond (1978) σύμφωνα με τις οποίες η αύξηση παρεμπόδισης της μεταφοράς της ενέργειας ενεργοποίησης από τις αντέννες του PS II στα ενεργά κέντρα αντίδρασης έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο του αρχικού επίπεδου φθορισμού.

Η τιμή της παραμέτρου F_m (μέγιστος φθορισμός) αυξάνει στα 50 μmol όπως φαίνεται και στο σχήμα (2, 8) και στην συνέχεια ακολουθεί καθοδική πορεία που κορυφώνεται στα 150 μmol , η οποία μας φανερώνει μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού, μείωση της ροής των ηλεκτρονίων και αλλαγή της ακεραιότητας των ενεργών μορίων χλωροφύλλης. Αντίστοιχα αποτελέσματα F_m έχουμε σε εργασία με μέταλλα και κυρίως του αργιλίου, των Giannakoula et al (2008).

Ο λόγος F_v/F_m είναι δείκτης της φωτοχημικής απόδοσης, ο οποίος παρουσιάζει σημαντικές μειώσεις αρχικά στα 100 μmol και μετά και στα 150 μmol , σχήμα (3, 9) κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα την αναστολή της φωτοχημικής απόδοσης. Επίσης τα θεμιτά επίπεδα του συγκεκριμένου λόγου είναι μεταξύ 0,780 και 0,810. Τυχόν αποκλίσεις κάτω από τα 0,780 όπως έχουμε στα 150 μmol προκαλούν stress στα φυτά.

Η area του φυτού ή αλλιώς ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας, ενώ σταδιακά αυξάνει έως και την συγκέντρωση των 100 μmol κάτι που είναι θετικό καθώς αυξάνοντας η φυλλική επιφάνεια αυξάνει και η φωτοσυνθετική ικανότητα, στα 150 μmol παρουσιάζει σημαντική μείωση σχήμα (4,10) η οποία έχει ως αποτέλεσμα αλλοιώσεις στον αριθμό ηλεκτρονίων στο PS II. Αυτά τα αποτελέσματα επαληθεύουν μια

προηγούμενη εργασία του Kofidis et al ., (2007) οι οποίοι αναφέρουν πως ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας επηρεάζεται σημαντικά στις υψηλές συγκεντρώσεις μετά την χρησιμοποίηση των diaminozide και prohexadione calcium.

Όσον αφορά τον δείκτη φωτοσύνθεσης , P.index όπως φαίνεται και στα σχήματα (5,11) , ωφελείται από την ύπαρξη μικρής συγκέντρωσης μετάλλου καθώς αυξάνει στα 50μmol αλλά μετά βλέπουμε πως ακολουθεί καθοδική πορεία όσο αυξάνει η συγκέντρωση του $K_2Cr_2O_7$.

Τέλος , βλέπουμε ότι όσον αφορά τον λόγο F_o/F_v , έχουμε αρχικά μείωση του λόγου στα 50 μmol , σχήμα (6,12) και μετά σταδιακή αύξηση όσο αυξάνει και η συγκέντρωση του μετάλλου. Αυτό μας δείχνει ότι έχουμε θετική αλλοίωση στον αριθμό των μορίων χλωροφύλλης στα κέντρα αντίδρασης του PS II.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και με βάση τα αποτελέσματα τα οποία βρήκαμε και μελετήσαμε καταλήξαμε στο ότι η επίδραση του μετάλλου επηρεάζει θετικά και αρνητικά αρκετές παραμέτρους του φυτού. Τα συμπεράσματα είναι τα εξής:

- Στον αρχικό φθορισμό F_0 συμπεραίνουμε ότι η συγκέντρωση $K_2Cr_2O_7$ σε μεγάλες τιμές τον επηρεάζει αρνητικά και προκαλεί βλάβη στην ακεραιότητα των θυλακοειδών. Σε μικρές τιμές όπως αυτή των 50 μmol μπορεί να λειτουργήσει και ευεργετικά καθώς βοηθάει στην αύξηση και ανάπτυξη του φυτού.
- Στον μέγιστο φθορισμό F_m έχουμε μικρή αύξηση της τιμής στα 50 μmol και στην συνέχεια έχουμε συνεχόμενη πτώση που φτάνει στο χαμηλότερο σημείο της στα 150 μmol . Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι η επίδραση του μετάλλου επιδρά αρνητικά στον μέγιστο φθορισμό καθώς μειώνει τον φωτοσυνθετικό ρυθμό.
- Στον λόγο F_v/F_m στα 150 μmol η τιμή του πέφτει στα 0,707 κάτι που προκαλεί stress στο φυτό καθώς ξεφεύγουμε από τις επιθυμητές τιμές που είναι 0,780- 0,810.
- Στην φυλλική επιφάνεια βλέπουμε ότι συγκεντρώσεις μετάλλου ως και 100 μmol λειτουργούν ευεργετικά καθώς αυξάνουν την φυλλική επιφάνεια αλλά σε τιμές πάνω από αυτή την μειώνουν δραματικά.
- Για τον δείκτη φωτοσύνθεσης μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ωφελείται από την ύπαρξη μικρής συγκέντρωσης μετάλλου καθώς αυξάνει στα 50 μmol αλλά μετά βλέπουμε πως ακολουθεί καθοδική πορεία όσο αυξάνει η συγκέντρωση του $K_2Cr_2O_7$.
- Στο λόγο F_0/F_v βλέπουμε ότι έχουμε αρχικά μείωση στα 50 μmol και μετά σταδιακή αύξηση όσο αυξάνει και η συγκέντρωση του μετάλλου.
Τέλος το γεγονός ότι στην δεύτερη μέτρηση βρήκαμε τα ίδια αποτελέσματα με την πρώτη μας δείχνει ότι η επίδραση του μετάλλου προκαλεί μόνιμα αποτελέσματα στην καλλιέργεια του μαρουλιού καθώς δεν μπόρεσε να ανακάμψει από αυτά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί μια μελέτη του τρόπου επίδρασης του $K_2Cr_2O_7$ στην αύξηση και ανάπτυξη του μαρουλιού (*Lactuca sativa*) καθώς και στην συμπεριφορά του ως προς τις διάφορες παραμέτρους του φθορισμού της χλωροφύλλης .

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε ότι η επίδραση του βαρέως μετάλλου $K_2Cr_2O_7$ προκαλεί μη αναστρέψιμες αρνητικές μεταβολές στο μαρούλι σε μεγάλες συγκεντρώσεις (100 ,150 μmol) , σπανιότερα και σε συγκέντρωση 50 μmol , ενώ στην συγκέντρωση αυτή παρατηρήθηκαν και ελάχιστες ωφέλιμες συνέπειες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://biotech.aua.gr/EPEAEK/site_Biotech/gewp_biot/Phys_Elem/Acr/ACR_left.htm
2. <http://link.springer.com/article/10.1007/s11738-998-0015-3#page-2>
3. "Role of chromium on plant growth and metabolism", *Acta Physiologiae Plantarum* , 1998, Volume 20, Issue 2, pp 201-212 , Sanghamitra Samantaray , Gyana Ranjan Rout, Premananda Das
4. "Chromium toxicity in plants", *Environment International* , Volume 31, Issue 5, July 2005, Pages 739–753 , Arun K. Shanker , Carlos Cervantes , Herminia Loza-Tavera , S. Avudainayagam ,
5. Giannakoula A., 2008. Μελέτη της επίδρασης του (Al) αργιλίου σε δύο καθαρές σειρές καλαμποκιού (*Zea mays* L.) με διαφορετική ανθεκτικότητα ως προς το Al.
6. Ηλίας Φ. Ηλίας .2006. Φυσιολογία φυτών. Εκδοτικός Οίκος Αδερφών Κυριακίδη Α.Ε , Θεσσαλονίκη .
7. Kofidis G., et al., 2007. Growth , Anatomy and Chlorophyll Fluorescence of Coriander Plants (*Coriandrum Sativum* L.) treated with Prohexadione-Calcium and Daminozide.
8. Ολύμπιος , Χ.Μ. , 1994 . Στοιχεία Γενικής Λαχανοκομίας Πανεπιστήμιο Αθηνών.
9. <http://www.scirus.com>
10. <http://www.scopus.com>