

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 257
Ημερομηνία 23-2-09

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



«Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΣΠΟΡΩΝ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ»

ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗ ΚΕΡΑΣΙΑ

ΒΟΛΟΣ, 2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7083/1
Ημερ. Εισ.: 10-04-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2008
ΠΑΠ

**Στους γονείς μου
για την αγάπη και τη συμπαράσταση**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η μελέτη της ενυδάτωσης σπόρων βαμβακιού

Παπουτσιδάκη Κερασία

Εξεταστική Επιτροπή

Χα Ι. Α.

(Επιβλέπων)

Αναπλ. Καθηγητής Π. Θ.

Δαναλάτος Ν.

(Μέλος)

Καθηγητής Π. Θ.

Μαυρομάτης Α.

(Μέλος)

Λέκτορας Π. Θ.

ΒΟΛΟΣ, 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Χα Ι. Α. Αναπληρωτή καθηγητή Λαχανοκομίας του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής διατριβής, τη βοήθεια και την πολύτιμη καθοδήγηση του στην εκτέλεση του πειράματος και στη σύνταξη της πτυχιακής.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στο προσωπικό του εργαστηρίου και ιδιαίτερα στο κ. Χάχαλη Δ., ερευνητή του τμήματος Ζιζανιολογίας του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για την πολύτιμη βοήθεια του στη λήψη και επεξεργασία των παρατηρήσεων, στην υλοποίηση της διεξαγωγής του πειράματος, στην αμέριστη συμπαράσταση του και στην καθοδήγηση του για τη σύνταξη της πτυχιακής, καθώς επίσης και στην άψογη συνεργασία μας καθόλη τη διάρκεια του πειράματος.

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Δαναλάτος Ν., καθηγητή Π. Θ. και Μαυρομάτη Α., λέκτορα Π. Θ., για τις χρήσιμες υποδείξεις και διορθώσεις τους στην πτυχιακή εργασία.

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω και στους φίλους μου για τη σημαντική βοήθεια που μου προσέφεραν, την αμέριστη συμπαράσταση τους και την κατανόηση τους καθόλη τη διάρκεια της φοιτητικής μου διαδρομής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	3
2.1. ΓΕΝΙΚΑ	3
2.2. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΩΓΗ	3
2.3. Ο ΣΠΟΡΟΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	5
2.4. . ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΠΟΡΟΥ	9
2.4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2.4.2. Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ	13
2.4.2.1 ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	14
2.4.2.2. ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΚΡΙΘΑΡΙ	18
2.4.2.3. ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΤΗ ΣΟΓΙΑ	19
2.4.2.4. Ο ΣΠΟΡΟΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ	23
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	25
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	26
3.1. ΤΕΣΤ ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΤΡΙΒΛΙΑ.....	26
3.2. . Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΓΗΡΑΝΣΗΣ	27
3.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ	27
3.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΣΠΟΡΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ	28

α. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ ΣΠΟΡΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ.....	28
β. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ.....	29
γ. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ.....	30
δ. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΚΟΤΥΛΗΔΟΝΩΝ.....	31
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	32
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	33
4.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΓΗΡΑΝΣΗΣ (accelerated ageing) ΣΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ.....	33
4.2. ΡΥΘΜΟΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ.....	34
4.3. Η ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ.....	38
4.4. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΤΗΝ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ.....	42
5. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΜΑΡΤΥΡΑ ΚΑΙ ΣΠΟΡΟΥ ΠΑΛΑΙΩΣΗΣ.....	47
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	51
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	54
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	56
8.1. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56
8.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59
8.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	61

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η μελέτη της ενυδάτωσης του σπόρου του βαμβακιού ή όπως αλλιώς αναφέρουμε στον τίτλο το «μονοπάτι ενυδάτωσης». Αρχικά χρησιμοποιήθηκε εμπορικός σπόρος υψηλής ποιότητας από χνουδωτό βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*) της ποικιλίας SPS 424. Έγιναν μία σειρά από προκαταρκτικά πειράματα ώστε να προσδιορισθούν μία σειρά από σημαντικούς παράγοντες όπως το ποσοστό υγρασίας του σπόρου και το ποσοστό βλάστησης του σπόρου. Τα προκαταρκτικά αυτά πειράματα σχεδιάσθηκαν ώστε να δημιουργήσουν μία εξοικείωση του μελετητή με τις συγκεκριμένες τεχνικές που απαιτούνται. Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σχετίζονταν με τεστ βλαστικότητας σε τριβλίο, τη μέθοδο της επιταχυνόμενης γήρανσης, τον υπολογισμό της αύξησης του χλωρού βάρους σπόρων υψηλής και χαμηλής βλαστικής δύναμης κατά την ενυδάτωση. Στην πορεία της μελέτης, έγιναν κάποια πιο εξειδικευμένα πειράματα όπως τι επίδραση έχει το υδατικό δυναμικό στη βλάστηση και ανάπτυξη φυταρίων σπόρων υψηλής και χαμηλής βλαστικής δύναμης, μελέτη της ενυδάτωσης των τμημάτων του σπόρου, μελέτη της ενυδάτωσης του σπόρου με τη χρήση των χρωστικών και τέλος μελέτη της ενυδάτωσης των άνω και κάτω κοτυληδόνων. Από τις μετρήσεις προέκυψαν κάποια αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν σε γραφήματα για να αποδοθεί ποσοτικά το μονοπάτι ενυδάτωσης του σπόρου του βαμβακιού. Η ποιοτική εκτίμηση της πορείας ενυδάτωσης απεικονίστηκε με τη βοήθεια εικόνων που ελήφθησαν μέσω στερεοσκοπίου και χρήση της χρωστικής Fast Green. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν σχετικά με τον τρόπο που ενυδατώνεται ο σπόρος του βαμβακιού αναλύονται ως εξής: η ενυδάτωση του σπόρου του βαμβακιού ξεκινάει με την εισαγωγή του νερού από το περίβλημα, συνεχίζει με την είσοδο του νερού στις κοτυληδόνες και συγκεκριμένα στην K-ΧΑΛΑΖΑ όπου και δεν παραμένει για παραπάνω από μία ώρα αλλά προχωράει στην K-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ όπου σε αυτό το σημείο, το νερό κινείται προς το έμβρυο και το ενυδατώνει ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το ποσοστό απορρόφησης νερού από την K-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το βαμβάκι αποτελεί για τη χώρα μας μία από τις κυριότερες καλλιέργειες. Το προϊόν αυτό συμβάλλει σημαντικά στην οικονομία τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε ατομικό αφού συμμετέχει δυναμικά στην αλυσίδα της πρωτογενούς παραγωγής, της μεταποίησης και της εμπορίας.

Η καλλιέργεια του βαμβακιού είναι εντατική και παρά το υψηλό κόστος παραγωγής αποτελεί για τη χώρα μας, το δυναμικότερο γεωργικό προϊόν μεγάλης καλλιέργειας. Κρίσιμο σημείο θεωρείται η εγκατάσταση της καλλιέργειας, γι' αυτό δικαιολογείται κάθε φροντίδα ώστε να πετύχει η σπορά, το φύτευμα και η πρώτη ανάπτυξη των φυτών. Ο σπόρος που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να ανήκει στην κατάλληλη ποικιλία, να είναι γενετικά καθαρός, χωρίς προσμίξεις, υγιής και να έχει υψηλή βλαστικότητα. Η ταχύτητα που ο σπόρος εκμεταλλεύεται τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους, παίζουν σημαντικό ρόλο στην εγκατάσταση της φυτείας. (Τόλης, 1986).

Πίνακας 1. Παρουσίαση της βαμβακοκαλλιέργειας από το 1989 έως το 2003, όσον αφορά την έκταση, την παραγωγή βαμβακιού και τις αποδόσεις (www.minagric.gr).

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΝΙΣΧΥΟΜΕΝΗ-	ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρ.)
		Ποσότητα υπό έλεγχο (τόν)	"ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝ Η" ΠΟΣΟΤΗΤΑ (τόννοι)	
1989	2.800.000	829.454	886.919	296
1990	2.668.343	622.844	709.871	249
1991	2.332.189	675.904	719.449	290
1992	3.310.261	750.440	760.685	227
1993	3.540.936	979.192	985.676	275
1994	3.857.461	1.184.507	1.191.757	307
1995	4.456.953	1.353.244	1.364.798	304
1996	4.286.261	962.480	927.650	225
1997	3.862.443	1.058.918	1.085.482	274
1998	4.129.143	1.183.545	1.210.900	286
1999	4.303.862	1.320.840	1.350.677	307
2000	3.900.520	1.235.002	1.272.873	317
2001	3.785.940	1.210.168	1.246.839	320
2002	3.615.452	1.137.691	1.172.925	315
2003	3.542.325	975.756	1.006.248	275

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η αύξηση της παραγωγικότητας του βαμβακιού τα τελευταία 40 χρόνια εξαιτίας της γενετικής βελτίωσης του είδους αλλά και των νέων τεχνικών καλλιέργειας ταυτόχρονα με την παράλληλη αύξηση της κλωστοϋφαντουργίας αλλά και τη ραγδαία αύξηση των εξαγωγών σε εκκοκκισμένο προϊόν, έφεραν το βαμβάκι στην περίοπτη θέση με συνέπεια να είναι το πρώτο γεωργικό προϊόν με τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία για την Ελλάδα.

Σήμερα, καταλαμβάνει μία έκταση 4.000.000 στρεμμάτων που αντιστοιχεί στο 50% της αρδευόμενης έκτασης της χώρας και το 15% της έκτασης των αροτριάων καλλιεργειών, ενώ παρέχει βασική απασχόληση και ένα ικανοποιητικό γεωργικό εισόδημα σε 80.000- 100.000 αγροτικές οικογένειες ενώ άλλες 200.000 οικογένειες αγροτικές ή αστικές εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα με το προϊόν (Μυγδάκος, 1994). Επιπλέον, η Ελλάδα είναι η πρώτη βαμβακοπαραγωγός χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συνεισφέροντας με ποσοστό μεγαλύτερο του 80% της συνολικής παραγωγής της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Τόλης, 1986).

2.2. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΩΓΗ

Το βαμβάκι ανήκει στα Αγγειόσπερμα Δικοτυλήδονα φυτά και ανήκει στην τάξη Στυλοφόρα, οικογένεια Μαλβίδες (Malvaceae). Η επιστημονική του ονομασία είναι Γοσσύπιο (Gossypium). Στη φύση είναι γνωστά 52 είδη βαμβακιού , αυτά είναι ιθαγενή των τροπικών περιοχών της Ασίας και της Αφρικής και ανήκουν σε 6 διαφορετικούς τύπους γενωμ. Μερικά από αυτά είναι δενδρώδη ή θαμνώδη φυτά, ενώ άλλα μονοετή ποώδη, που καλλιεργούνται σε ψυχρές σχετικά περιοχές (Πάπυρος Λαρούς, 1996). Τέσσερα είναι τα καλλιεργούμενα είδη του βαμβακιού. Τα δύο προέρχονται από το νέο κόσμο και είναι τετραπλοειδή και τα υπόλοιπα προέρχονται από το παλαιό κόσμο και είναι διπλοειδή. Αυτά είναι τα ακόλουθα:



❖ Χνουδωτό βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*): Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες του είδους αυτού παράγουν το 95% της παγκόσμιας παραγωγής. Στις ΗΠΑ καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Στη χώρα μας είναι το μοναδικό είδος που καλλιεργείται. Είναι φυτό πολυετές, ιθαγενές της τροπικής Αμερικής. Σε περιοχές όπως η Ελλάδα καλλιεργείται ως μονοετές, γιατί το ψυχρό κλίμα του χειμώνα δεν του επιτρέπει να επιζήσει. Χαρακτηριστικό του είδους αυτού είναι ότι οι σπόροι του περιβάλλονται από χνούδι.

❖ Βαρβαδεινό βαμβάκι (*Gossypium barbadense*): Περιλαμβάνει πολυετείς και ετήσιους τύπους φυτών. Στο Περού, στη Βραζιλία και την Κολομβία καλλιεργούνται πολυετείς τύποι, που γίνονται ολόκληρα δένδρα, ύψους μέχρι και 6 μέτρα. Ως κέντρο καταγωγής του θεωρείται η δυτική Νότια Αμερική. Το είδος αυτό κατατάσσεται στα αμερικανικού τύπου βαμβάκια. Οι σπόροι τους έχουν κυανό ή βαθύφαιο χρώμα και είναι χωρίς χνούδι.

❖ Πωώδες βαμβάκι (*Gossypium herbaceum*): Αυτοφυές στην Ινδία, το Πακιστάν και στην Αφρική. Πιο παλιά η καλλιέργεια ήταν διαδεδομένη στις παραμεσόγειες χώρες. Στην Ελλάδα μέχρι το 1940 καλλιεργούνταν στην περιοχή των Σερρών.

❖ Δενδρώδες βαμβάκι (*Gossypium arboreum*): Αυτοφυές στο Πακιστάν, στην Ινδία θεωρείται ιερό φυτό και βρίσκεται ακόμη και σήμερα γύρω από ναούς. Περιλαμβάνει τόσο πολυετείς όσο και ετήσιους τύπους φυτών (Πάπυρος Λαρούς, 1996).

Τα είδη *Gossypium arboreum* και *Gossypium herbaceum* είναι διπλοειδή ($2n=2x=26$) κατάγονται από τη Μέση Ανατολή και την Ινδία και είναι είδη που καλλιεργούνταν στον Παλαιό Κόσμο. Το είδος *Gossypium hirsutum*, το οποίο είναι τετραπλοειδές ($2n=4x=52$), προέρχεται από το Νότιο Μεξικό και είναι γνωστό ως βαμβάκι τύπου upland. Στο είδος αυτό ανήκουν όλα τα Αμερικανικής προέλευσης καλλιεργούμενα βαμβάκια. Αυτή τη στιγμή το 95% του καλλιεργούμενου βαμβακιού ανήκει σε αυτό το είδος. Το υπόλοιπο 5% της παγκόσμιας παραγωγής ανήκει στο τετραπλοειδές είδος

Gossyrium barbadense και προέρχεται από την περιοχή των Άνδεων, του Περού και του Ισημερινού. Στο είδος αυτό, ανήκουν τα Αιγυπτιακά που χαρακτηρίζονται από το μεγάλο μήκος ίνας, τη λεπτότητα και τη στιλπνότητα της.

2.3. Ο ΣΠΟΡΟΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

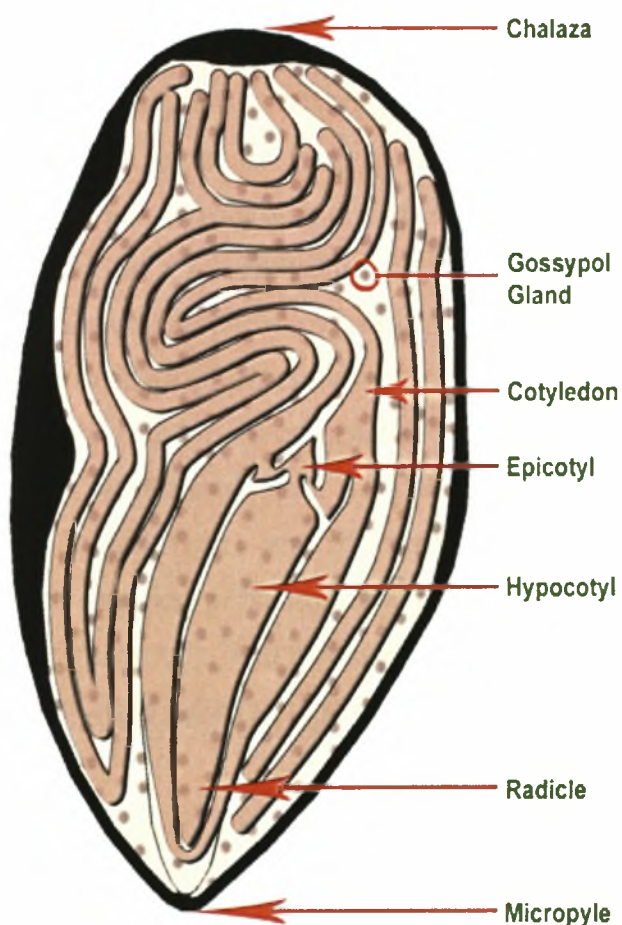


Εικ. 1. Ο σπόρος του βαμβακιού εσωτερικά (Τόλης, 1986)

Εκατοντάδες ποικιλίες βαμβακιού καλλιεργούνται στις διάφορες περιοχές της Γης. Στη χώρα μας καλλιεργούνται μερικές ελληνικής προέλευσης ποικιλίες και αρκετές εισαγώμενες. Από τις εισαγώμενες ποικιλίες καλλιεργούνται κυρίως οι CELIA, FLORA, DP 50, ενώ από τις ελληνικές μικρό ποσοστό καλύπτουν οι ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ. Ο σπόρος πριν από τη σπορά του υφίσταται διάφορες επεξεργασίες όπως είναι η απολύμανση του με

φυτοφάρμακα και το χημικό λιντάρισμα (εμβάπτιση του σπόρου σε πυκνό θειικό οξύ για λίγα δευτερόλεπτα) (Πάπυρος Λαρούς, 1996).

Ο σπόρος του βαμβακιού έχει σχήμα απιοειδές, μήκος 6-12 mm και βάρος 0.10-0.13gr κατά μέσο όρο. Το ένα άκρο του σπόρου (η χάλαζα) είναι φαρδύτερο από το άλλο. Στο στενότερο υπάρχει η μικροπύλη με τον ομφαλό που συνδέει το σπόρο με το καρύδι. Ο σπόρος αποτελείται από το περισπέρμιο, το έμβρυο και τα υπολείμματα του ενδοσπερμίου. Το έμβρυο αποτελείται από το φυτό και τις δύο καλοαναπτυγμένες, αναδιπλωμένες κοτυληδόνες που περιέχουν αποθησαυριστικές ουσίες όπως λάδι και πρωτεΐνες. Αυτές καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του σπόρου. Ο σπόρος περιέχει μεγάλο ποσοστό λαδιού και λιπαρών οξέων που ανέρχεται στο 15-20% ανάλογα με την ποικιλία (Τόλης, 1986).

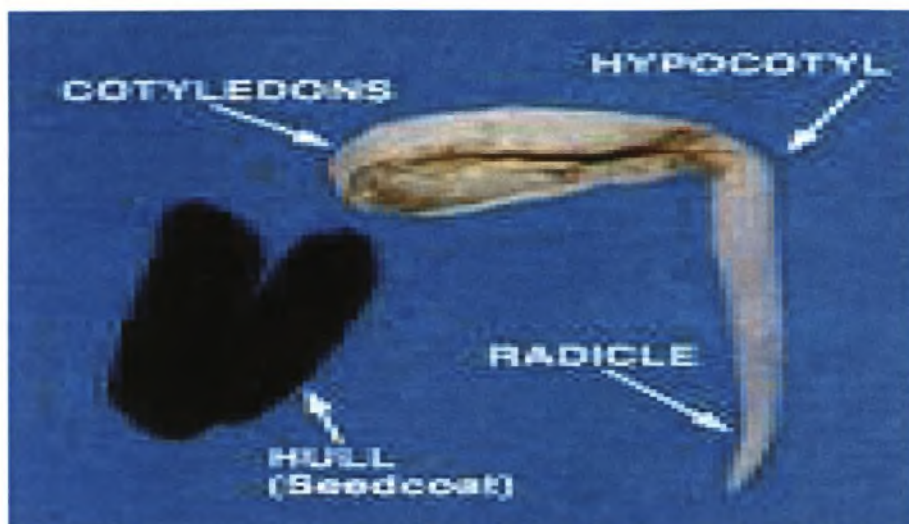


Εικ. 2. Ανατομία του σπόρου του βαμβακιού ([www.cotton_growth and development.org/pubs.caes.uga.edu/html](http://www.cotton_growth_and_development.org/pubs.caes.uga.edu/html)).

Επεξήγηση των όρων από εικόνα 2.

- ✓ Chalaza (Χάλαζα)
- ✓ Gossypol Gland (Αδένες γκοσσυπόλης)
- ✓ Cotyledon (Κοτυληδόνες)
- ✓ Epicotyl (Επικοτύλιο)
- ✓ Hypocotyl (Υποκοτύλη)
- ✓ Radicle (Ριζίδιο)
- ✓ Micropyle (Μικροπύλη)

Τα λειτουργικά μέρη του σπόρου είναι το έμβρυο, το ενδοσπέρμιο και το περισπέρμιο. Οι κοτυληδόνες και το ενδοσπέρμιο χρησιμοποιούνται κυρίως για αποθήκευση αποθησαυριστικών ουσιών που είναι απαραίτητες κατά τα διάφορα στάδια της βλάστησης. Το περισπέρμιο (seed coat) είναι το προστατευτικό κάλυμμα όλου του σπόρου και ενσωματώνει μηχανισμούς για τον έλεγχο της διέλευσης του νερού και ουσίες παρεμποδιστές της βλάστησης (germination inhibitors). Πολλές φορές το περισπέρμιο δεν αφήνει δίοδο για να εισέλθει το νερό και μαζί το οξυγόνο στο εσωτερικό του σπόρου με αποτέλεσμα μια κατάσταση εξαναγκασμένου ληθάργου. Η μόνη εν δυνάμει είσοδος αυτών των στοιχείων είναι η μικροπύλη (micropyle), ενώ hilum λέγεται η ασυνέχεια του περισπερμίου γύρω από αυτήν. Κατά τη διάρκεια του ληθάργου, αυτή παραμένει ανοιχτή όταν ο σπόρος περιέχει περισσότερο από το επιθυμητό νερό (για να εξέλθει), ενώ κλείνει όταν τα επίπεδα υγρασίας πέφτουν σε επιθυμητά όρια. Το έμβρυο αποτελείται από τα αρχέφυτρα του βλαστού (κολεόπτυλο) και της ρίζας (κολεόριζα). Το τμήμα του εμβρύου μεταξύ του ακραίου μεριστώματος του βλαστού και των κοτυληδόνων λέγεται επικοτύλιο (epicotyl), ενώ υποκοτύλιο (hypocotyl) είναι το μέρος του εμβρύου από το κορυφαίο ριζικό μερίστωμα ως τις κοτυληδόνες (Hopkins, 1995).



Εικ. 3. Στάδιο ανάπτυξης του σπόρου, εμφάνιση του ριζιδίου
(www.cotton_growth_and_development.org/pubs.caes.uga.edu/html).

Η βλάστηση αρχίζει με την είσοδο του νερού στο σπόρο και την απορρόφηση του από το έμβρυο. Όταν οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές, το έμβρυο θα μεγιστοποιήσει το αυξητικό/βλαστητικό του δυναμικό (growth potential) και θα εντείνει τις μεταβολικές διεργασίες. Καθοριστικό βήμα είναι η διάσπαση της στεγανότητας του περισπερμίου και η ενυδάτωση του σπόρου. Γίνεται επομένως κατανοητό ότι το ίδιο το περισπέρμιο, ως ρυθμιστής της ενυδάτωσης του σπόρου), μπορεί να αποτελέσει σοβαρό εμπόδιο στη βλαστικότητα των σπόρων. Στην ευνοϊκή πάντως περίπτωση, η ενυδάτωση των εμβρυακών ιστών γίνεται βάσει κάποιων δυνάμεων που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των κυττάρων. Ουσιαστικά υπάρχει ηλεκτροχημικό δυναμικό που έλκει το νερό στα κυτταρικά τοιχώματα, τις πρωτεΐνες και τα άλλα υδρόφιλα μόρια., με άμεση συνέπεια τη διόγκωση των κυττάρων και μεγαλύτερο αυξητικό δυναμικό. Αυτό το δυναμικό πλέον μπορεί να διασπάσει το περισπέρμιο και να επιτρέψει τη βλάστηση του φυταρίου. Στη συνέχεια εντείνεται η αναπνοή (όπως και όλος ο μεταβολισμός συνολικά), ενεργοποιούνται υδρολυτικά ένζυμα και τα κύτταρα αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται (Hopkins, 1995).

Ο σπόρος του βαμβακιού για να φυτρώσει απαιτεί ένα ελάχιστο ύψος θερμοκρασίας. Σε θερμοκρασία 15 °C περίπου το φύτεμα του σπόρου

γίνεται αργά. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, το φύτευμα και η πρώτη ανάπτυξη επιταχύνονται σημαντικά. Στους 20-30 °C το φύτευμα γίνεται δύο φορές ταχύτερα από ότι στους 15°C. (Μπαξεβάνος, 2001).

2.4. ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΠΟΡΟΥ

2.4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενυδάτωση του σπόρου περιλαμβάνει την απορρόφηση του νερού από τα κυτταρικά τοιχώματα και τα πρωτοπλασματικά μακρομόρια (όπως πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες) (Bewley and Black, 1995). Η μετακίνηση του νερού μέσα στο σπόρο οφείλεται στη διάχυση και τη δράση των τριχοειδών, με το νερό να μετακινείται από μία περιοχή υψηλού σε χαμηλού υδατικού δυναμικού (Noggle and Fritz, 1976). Από τα τρία συστατικά μέρη του υδατικού δυναμικού του νερού των σπόρων, όπως είναι το ωσμωτικό δυναμικό, το δυναμικό των μακρομορίων και η κυτταρική πίεση, αυτό που είναι κυρίως υπεύθυνο για την ενυδάτωση είναι το δυναμικό των μακρομορίων (Bewley and Black, 1995). Η ενυδάτωση παρόλο που είναι απαραίτητη, είναι ωστόσο και επικίνδυνη για τους παρακάτω λόγους: 1) η ταχεία ενυδάτωση μπορεί να προκαλέσει τη «ζημιά ενυδάτωσης», 2) οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ενυδάτωσης μπορεί να προκαλέσουν «ζημιά παγετού», 3) οι μη αερόβιες καταστάσεις μπορεί να καταλήξουν στη συγκέντρωση τοξικών ουσιών και 4) η διήθηση ουσιών από τα κύτταρα του σπόρου μέσα στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει αποσύνθεση του σπόρου λόγω μικροβίων. (Woodstock, 1998).

Από την άλλη, η ενυδάτωση των σπόρων είναι απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου αυτοί να βλαστήσουν. Επαρκείς ποσότητες ύδατος είναι απαραίτητες για τη βλάστηση και περαιτέρω ανάπτυξη του σπορόφυτου. Η πρόσληψη του νερού από το έδαφος εξαρτάται από τη δύναμη με την οποία αυτό συγκρατείται στο έδαφος. Η δύναμη που προκαλεί και ελέγχει την κίνηση του νερού είναι το υδατικό δυναμικό (ψ). Ο σπόρος προσλαμβάνει νερό μόνο όταν το υδατικό δυναμικό του περιβάλλοντος του είναι περισσότερο ή λιγότερο αρνητικό από το δικό του. Άλλοι παράγοντες που

επηρεάζουν την μετακίνηση του νερού από το έδαφος στο σπόρο είναι η αντίσταση του εδάφους, ο βαθμός επαφής του σπόρου με το νερό και η αντίσταση που αναπτύσσεται στο περίβλημα του σπόρου και στους γεμάτους αέρα μεσοκυττάρους χώρους. (Χα, 2007).

Παρόλο που περιγράψαμε το υδατικό δυναμικό του νερού στο σπόρο ως μοναδική οντότητα, η συγκέντρωση τριών χαρακτηριστικών στοιχείων όπως: Ψ_s το ωσμωτικό δυναμικό εξαιτίας των διαλυτών, το Ψ_m η matric δυναμική εξαιτίας των πρωτεϊνών, κυτταρικών τοιχωμάτων για να απορροφάει νερό και Ψ_p η πίεση turgor (σπαργής), που αναπτύσσεται καθώς τα πρωτοπλασματικά κύτταρα διογκώνονται και πιέζονται ενάντια στα κυτταρικά τοιχώματα, η δυναμική matric των κυττάρων και τα περιεχόμενα τους είναι αυτά που κυρίως ευθύνονται για την ενυδάτωση και το ωσμωτικό δυναμικό για τη βλάστηση. Παρόλο που η ενυδάτωση και η ώσμωση είναι παραδείγματα αφαίρεσης νερού, η ώσμωση σε αντίθεση με την ενυδάτωση, αναφέρεται στη κίνηση του νερού κατά μήκος μιας διεισδυτικής μεμβράνης (Noggle and Fritze, 1976).

Από τη στιγμή που το ποσοστό απορρόφησης του νερού από το σπόρο εξαρτάται από το υδατικό δυναμικό ανάμεσα στο σπόρο και στο περιβάλλον, είναι πιθανόν να μειωθεί το ποσοστό ενυδάτωσης με τη μείωση του ωσμωτικού δυναμικού του νερού σε πιο σημαντικά MPa εκτός του σπόρου. Για το λόγο αυτό, οι ουσίες που είναι μη-δηλητηριώδεις, υδατοδιαλυτές, ακόμη δεν εισχωρούν στους ιστούς και είναι χημικά σταθερές, είναι αυτές που επιλέγονται. Κανένα υλικό δεν είναι τέλειο αλλά το mannitol και το polyethylene glycol 6000-8000 μοριακού βάρους είναι τα υλικά επιλογής. Οι συγκεντρώσεις που χρησιμοποιούνται διαλέγονται για να δώσουν -0,5 έως -1,5 MPa υδατικό δυναμικό.

Η ρύθμιση της ώσμωσης κατά την ενυδάτωση βρίσκει αρκετές χρήσεις που σχετίζονται με τη βλαστική δύναμη (vigour) του σπόρου όπως το να προστατεύει σπόρους χαμηλής βλαστικής δύναμης από τραυματισμό κατά την ενυδάτωση, να λειτουργεί ως κυρίαρχη θεραπεία για την αύξηση της βλαστικής δύναμης με την είσοδο αρκετού νερού για την ενυδάτωση του ιστού αλλά όχι αρκετού νερού για την προέκταση του ριζιδίου του εμβρύου (radicle) μέσω του περιβλήματος του σπόρου και ακόμη λειτουργεί θετικά για τη ξηρασία κάνοντας το νερό να κινείται μέσα στο σπόρο ενάντια στην ώσμωση.

Έχουν χρησιμοποιηθεί άλατα για να δημιουργήσουν ώσμωση αλλά είναι τοξικά, αυτά κινούνται μέσα στους ιστούς του σπόρου και έτσι αλλάζουν το υδατικό του δυναμικό. (Woodstock *et al.*, 1998). Για παράδειγμα, η χρήση του λίθιου χλωρίου έχει δείξει ότι όταν οι σπόροι φασολιάς ενυδατώνονται υπάρχει μία απότομη απορρόφηση νερού από τη διαίρεση των υγρών και ξηρών τμημάτων του σπόρου (Waggoner and Parlange, 1976). Η κινητική του νερού από ανέπαφους σπόρους (χωρίς ενυδάτωση) και έμβρυα φασολιών με αφαιρεμένο περίβλημα αποκαλύπτουν δύο παράγοντες: (1) η ενυδάτωση είναι μία διαδικασία που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, (2) το περίβλημα του σπόρου έχει συγκεκριμένο βαθμό ελέγχου της εισαγωγής του νερού (Powell and Mathews, 1978).

Σε σκληρά είδη σπόρων, το περίβλημα των σπόρων λειτουργεί ως μέτρο προστασίας ενάντια στον τραυματισμό τους κατά τη διάρκεια της ενυδάτωσης. Οι διαφορές στο περίβλημα του σπόρου και η διεισδυτικότητα του νερού μπορούν να επηρεάσουν τη ποικιλία κατά το στάδιο της βλάστησης. Μία ανάλογη περίπτωση συμβαίνει στη σόγια, το περίβλημα προστατεύει ενάντια στη «ζημιά παγετού». Η χρήση του PEG-6000 για να μειώσει το υδατικό δυναμικό του νερού από το πρόβλημα της ενυδάτωσης του σπόρου, μείωσε το ποσοστό εισαγωγής του νερού στο σπόρο και ακόμη την επιρρεπή τάση του σπόρου στη «ζημιά παγετού». Όταν μεγάλοι σπόροι όπως είναι για παράδειγμα η σόγια, εμποτίζονται με νερό η διαρροή των μιτοχονδριακών ενζύμων συμβαίνει μόνο όταν λείπει το περίβλημα. Παρατηρούμε ότι οι εμβρυακοί άξονες (embryonic axes) της σόγιας ολοκληρώνουν την ενυδάτωση τους σε δύο ώρες σε σύγκριση με τις 8 ώρες των ανέπαφων σπόρων, δηλαδή σπόρων χωρίς υγρασία. Βέβαια, οι Murphry και Noland (1982), παρατήρησαν ότι στους 25°C οι σπόροι σόγιας είχαν ολοκληρώσει την ενυδάτωση τους μέσα σε μία ώρα. Το υδατικό δυναμικό της ενυδάτωσης για τους σπόρους χωρίς υγρασία ήταν πιο όμοιο με τους απομονωμένους άξονες της σόγιας παρά με το υδατικό δυναμικό των σπόρων χωρίς υγρασία λόγω του ότι οι άξονες της σόγιας έχουν έλλειψη από ιστούς μεγάλης αποθήκευσης, είναι μικροί σε μέγεθος και έχουν μεγάλη επιφάνεια για να κινείται το νερό, δηλαδή για το μονοπάτι ενυδάτωσης όπως συμβαίνει και στους σπόρους από τα ραπανάκια (Woodstock and Tao, 1981). Όμως, στην περίπτωση με τα ραπανάκια υπήρχε μία δυνατή σχέση ανάμεσα

στο ιξώδες ή την εσωτερική τριβή (viscosity) του νερού και στο ποσοστό εισαγωγής σε διάφορες θερμοκρασίες (Murphy and Noland, 1982). Έτσι το ιξώδες (viscosity) του νερού επηρεάζει τις αλλαγές στη θερμοκρασία στα αρχικά ποσοστά της ενυδάτωσης. (Woodstock and Tao, 1981).

Πιο συγκεκριμένα, η εισαγωγή του νερού από τους άξονες των χαμηλών και υψηλών ποσοστών βλαστικής δύναμης των σπόρων της σόγιας στους 25°C, ήταν όμοια. (Woodstock and Tao, 1981). Σε αντίθετη περίπτωση, η απορρόφηση του νερού από τα αλλοιωμένα ραπανάκια εξαιτίας της ζέστης ήταν πιο γρήγορη από αυτή των ζωντανών σπόρων εξαιτίας των αλλαγών στη ροή ή στη μοριακή τάξη των μεμβρανών (Murphy and Noland, 1982). Από την άλλη, οι Gray and Steckel, 1984 παρατήρησαν ότι οι σπόροι κρεμμυδιού, επειδή έχουν μεγάλους καρπούς, σε θερμοκρασίες πάνω από 18°C είχαν πιο υψηλή βλαστική δύναμη (vigour) και πιο χαμηλά ποσοστά ενυδάτωσης. Στο κριθάρι, για παράδειγμα, οι σπόροι υψηλής πρωτεΐνης απορροφούν νερό πιο αργά (Lopez and Grabe 1973). Σε μία άλλη περίπτωση, οι σπόροι του κριθαριού ήταν πιο μικροί αλλά συμπεριφέρονταν πιο καλά σε δύσκολες καταστάσεις (Woodstock *et al.*, 1998).

Είναι φανερό από τα παραπάνω, ότι ο συνδυασμός παραγόντων όπως του μεγέθους του σπόρου, της παρουσίας του περιβλήματος, της βλαστικής δύναμης του σπόρου (vigour), της διεισδυτικότητας της μεμβράνης και της χημικής σύνθεσης των ιστών από τους σπόρους παίζουν σημαντικό ρόλο στη βλάστηση. (Woodstock *et al*). Ο ώριμος σπόρος περιβάλλεται από το κέλυφος (testa) που συνήθως πηγάζει από το περίβλημα γύρω από το ωάριο (ovule), που αδυνατίζει σε πυκνότητα και αποδιοργανώνεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του σπόρου. (Woodstock, 1998).

Στο βαμβάκι πολλές ουσίες που δεν διαλύονται (αδιάλυτες) περιορίζουν την εισαγωγή του νερού στο σπόρο. Η λειτουργική σημασία του περιβλήματος στο σπόρο βρίσκεται στον προστατευτικό ρόλο που παρέχει στους ιστούς του εμβρύου. Αυτοί παρέχουν μηχανική προστασία από τραυματισμό εξαιτίας κάποιου χτυπήματος. Στην ουσία το περίβλημα συνδέει τα μέρη του σπόρου και λειτουργεί ως ασπίδα προστασίας για το έμβρυο. Ακόμη, διατηρεί το νερό και παρέχει προστασία ενάντια στην αποσύνθεση που έπεται της ενυδάτωσης, εμποδίζει τον τραυματισμό από την υπερβολική

εισαγωγή του νερού και τέλος προστατεύει από βιώσιμες καταστάσεις όπως η εισβολή μυκήτων και η επίθεση εντόμων (McDonald *et al*, 1988).

Τα κυτταρικά συστήματα μεμβρανών είναι το σκαλοπάτι πάνω στο οποίο γίνονται οι μεταβολικές διαδικασίες, ακόμη ελέγχονται, κατευθύνονται και χωρίζονται στο μικροεπίπεδο. Οι μεμβράνες λειτουργούν θετικά υπέρ της διατήρησης των κυττάρων και στην απομάκρυνση των ανεπιθύμητων συστατικών από το περιβάλλον. Οι μεμβράνες στον ιστό και στο κυτταρικό επίπεδο αποτελούν συνήθως το πρώτο εμπόδιο ενάντια στους παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι κυτταρικές μεμβράνες του σπόρου υπόκεινται σε χημικές και δομικές αλλαγές κατά τη γήρανση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μηχανικό τραυματισμό, τη χημική τοξικότητα και την επίθεση από έντομα και παθογόνους μικροοργανισμούς. Αυτές οι αλλαγές στις κυτταρικές μεμβράνες τείνουν να αυξήσουν τη διαρροή της μεμβράνης παρά να τη μειώσουν. Έτσι, όταν οι σπόροι με διαλυμένες μεμβράνες εμποτίζονται με νερό, τότε μεγαλύτερες ποσότητες κυτταρικών ουσιών διαρρέουν στο περιβάλλον. Αυτό έχει τουλάχιστον τρεις συνέπειες: (1) προκαλείται έλλειψη των απαιτούμενων πηγών, (2) χάνεται η κυτταρική κατηγοριοποίηση των μεμβρανών με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα ανεπιθύμητο μείγμα ουσιών και (3) επιδεινούμενη εισβολή των παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον του σπόρου (McDonald *et al.*, 1988).

2.4.2. Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ

Η περίοδος της ενυδάτωσης είναι και ευκαιρία και κίνδυνος. Η ικανότητα του σπόρου να διεξάγει τη περίοδο της ενυδάτωσης με επιτυχία και να δημιουργεί ένα φυτό, εξαρτάται από την κληρονομική σταθερότητα και τη βλαστική δύναμη (*vigour*) του σπόρου. Μία αρκετά γρήγορη εισαγωγή νερού στο σπόρο μπορεί να του προκαλέσει τραυματισμό, ιδιαίτερα στα τμήματα του σπόρου που υπόκεινται σε γήρανση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι αναερόβιες καταστάσεις στα εσωτερικά τμήματα του σπόρου, συγκεντρώνουν τοξικές ουσίες όπως είναι η αιθανόλη. Η μέθοδος της ωσμωβελτίωσης (*priming*) είναι αρκετά γνωστή και στηρίζεται σε ελεγχόμενη ενυδάτωση του σπόρου και ακολούθως την ξήρανση αυτού (Heydecker *et al.*, 1975). Έχει προταθεί ότι

τέτοια ενυδάτωση/ από-ενυδάτωση είτε με απλό νερό είτε με χημικές ουσίες μπορεί επίσης να ακυρώσει την επιδεινωτική πορεία που συμβαίνει κατά την αποθήκευση του σπόρου και άρα να παρατείνει τη βιωσιμότητα τους (Basu and Dey, 1983). Επιπρόσθετα ο Hegarty (1978) πρότεινε ότι η ισορροπία ανάμεσα στη καταστροφή και τη διόρθωση των κυτταρικών μεμβρανών ίσως να εξαρτάται από το επίπεδο ενυδάτωσης των τμημάτων του σπόρου ή αλλιώς το ποσοστό απορρόφησης του νερού από τα τμήματα. Μία άλλη χρήση της ωσμωβελτίωσης στηρίζεται στο ότι κατά την περίοδο της υψηλής περατότητας των κυτταρικών μεμβρανών, κατά την πρώτη ενυδάτωση, η ωσμωβελτίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή χημικών ουσιών μέσα στους κυτταρικούς ιστούς με σκοπό την προώθηση της βλάστησης. Μία ακόμη μεγάλη επίδραση της ωσμωβελτίωσης είναι η υποβοήθηση της βλάστησης υπό αντίξοες συνθήκες. Το τελευταίο επιτυγχάνεται με μείωση της τιμής του ψς (υδατικό δυναμικό του νερού του σπόρου) ώστε ο σπόρος να βλαστάνει υπό δύσκολες συνθήκες (Bradford, 1986).

2.4.2.1. ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ



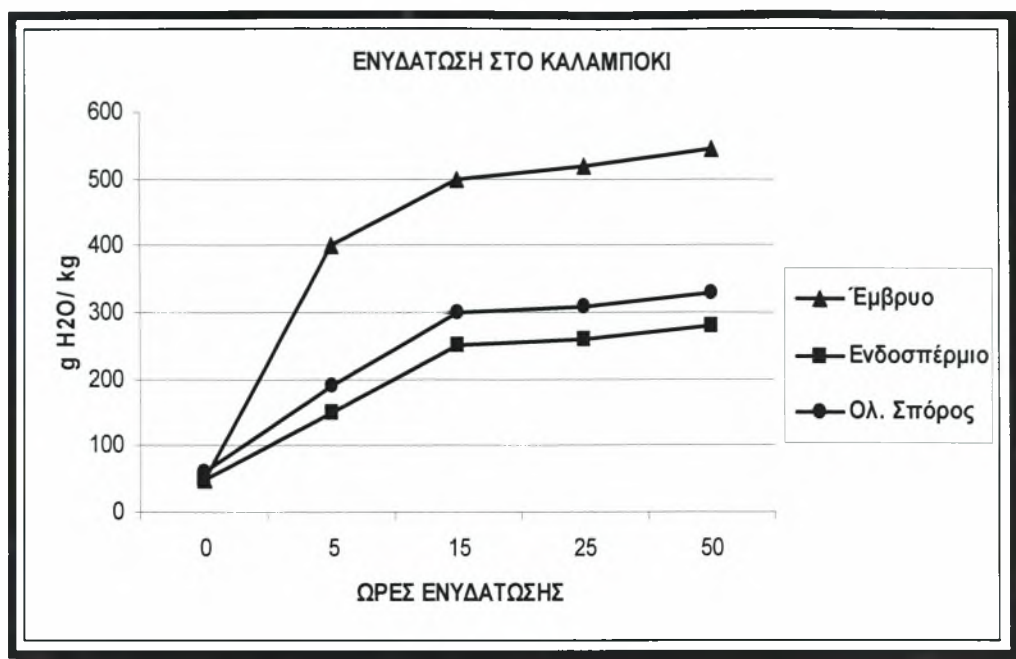
Εικ. 4. Σπόροι καλαμποκιού (www.minagric.gr).

Ο αραβόσιτος ή το καλαμπόκι (*Zea mays*) είναι ένα σιτηρό της οικογένειας των Αγρωστωδών. Κατατάσσεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά

του ενδοσπερμίου, σε επτά ομάδες ή τύπους όπως το οδοντωτό, το σκληρό, το σακχαρώδες το μικρό, το αλευρώδες, το κηρώδες και το ενδεδυμένο (Πάπυρος Λαρούς, 1996).

Κάποιες έρευνες έχουν διεξαχθεί προκειμένου να μελετήσουν ποιο είναι το ποσοστό υγρασίας που απαιτείται για τη βλάστηση του σπόρου του καλαμποκιού. Μία έρευνα έδειξε ότι η υγρασία στο σπόρο του καλαμποκιού αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ενυδάτωσης, ακόμη η έρευνα αποκαλύπτει ότι η ποσότητα του νερού στο περιεχόμενο του σπόρου αυξάνεται με την ώρα και στο έμβρυο και στο ενδοσπέρμιο εξίσου το ίδιο. Σε μία ολοκληρωμένη βάση πραγμάτων (σε απόλυτες τιμές ενυδάτωσης), το ενδοσπέρμιο απορροφά περισσότερο νερό απ' ότι το έμβρυο. Σε μία σχετική βάση (σε σχετικές τιμές ενυδάτωσης σε σχέση με το αρχικό βάρος του ιστού), όμως, το ποσοστό του ενδοσπερμίου ήταν 7 με 8 φορές μεγαλύτερο από το ξηρό βάρος του εμβρύου. Αυτό σημαίνει, ότι το έμβρυο απορροφά περισσότερο νερό, δηλαδή έχει αυξημένο χλωρό βάρος σε σχέση με το ενδοσπέρμιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό νερού που απορροφάται από τον ενυδατωμένο σπόρο του καλαμποκιού ήταν στις 6 ώρες ενυδάτωσης. Από εκείνη τη στιγμή η εισαγωγή του νερού άρχισε να μειώνεται και τότε όλη η υγρασία του σπόρου άγγιζε το 31% με 34% μετά από 24 και 48 ώρες αντίστοιχα (McDonald *et al.*, 1998).

Για το μονοπάτι της ενυδάτωσης έγινε έρευνα στην οποία οι σπόροι τοποθετήθηκαν κάθετα με το έμβρυο είτε να έρχονται σε επαφή με την πηγή του νερού είτε να είναι απομακρυσμένοι από αυτή. Σε μία άλλη έρευνα, οι σπόροι τοποθετήθηκαν οριζόντια, ώστε το έμβρυο να έρχεται ή όχι σε επαφή με την πηγή του νερού. Μόνο μετά από 3 ώρες ενυδάτωσης το έμβρυο που ακουμπούσε ή ερχόταν σε επαφή με την πηγή του νερού απορρόφησε πολύ περισσότερο νερό σε σύγκριση με τις άλλες δύο θέσεις. Αυτές οι διαφορές έγιναν σε μία περίοδο 24 ωρών. Το έμβρυο που τοποθετήθηκε οριζόντια και στις δύο θέσεις απορρόφησε περισσότερο νερό από τις δύο θέσεις αυτών που τοποθετήθηκαν κάθετα και αυτό αποδίδεται στη μεγαλύτερη επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το νερό. Τη στιγμή της βλάστησης (24h) το έμβρυο ήταν ανάμεσα στο 50% με 55% και το ενδοσπέρμιο ήταν στο 25% με 30% υγρασίας. (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης ως απόλυτες τιμές (g νερού) που προσροφάται από: έμβρυο, ενδοσπέρμιο και ολόκληρο το σπόρο του καλαμποκιού.

Οι έρευνες έδειξαν αμφιλεγόμενα αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό υγρασίας που παρέχεται στους σπόρους του καλαμποκιού κατά τη βλάστηση (Blacklow, 1972). Τα δεδομένα μας δείχνουν ότι ολόκληρος ο σπόρος και το ποσοστό υγρασίας είναι από 31% με 34% όταν η προεξοχή του ριζιδίου του εμβρύου (radicle) γίνεται στους 25°C. Παρατηρούμε, ότι ενώ το ενδοσπέρμιο λαμβάνει περισσότερο νερό από ότι το έμβρυο, υπάρχουν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά νερού που απορροφούνται από το έμβρυο σε σύγκριση με το ενδοσπέρμιο. Οι Stiles (1948) and Ratcovic *et al* (1982) έδειξαν ότι το έμβρυο του καλαμποκιού απορροφά 10 φορές περισσότερο νερό από το ενδοσπέρμιο. (McDonald *et al.*, 1998).

Το αποτέλεσμα της έρευνας όμως έρχεται σε αντίθεση με τον Dungan (1924) που είπε ότι η εισαγωγή του νερού στο καλαμπόκι ήταν πρακτικά η ίδια για το έμβρυο όπως και για το μεγάλο ενδοσπέρμιο του καλαμποκιού. Πρώτον, η διαφορά στη χημεία του σπόρου αυτών των μελών θα αναμενόταν να επηρέαζε την εισαγωγή του νερού. Από τη στιγμή που το ενδοσπέρμιο συστήνεται (αποτελείται) κυρίως από άμυλο, δεν είναι αναμενόμενο να απορροφά μεγάλες ποσότητες νερού. (το άμυλο είναι η πιο υδροφοβική ουσία

από κάποιες πρωτεΐνες). Επίσης, ακόμα και από τις περιορισμένες πρωτεΐνες στο ενδοσπέρμιο υπάρχουν διαφορές στις τάξεις των πρωτεϊνών και στη διαλυτότητα τους. (McDonald *et al.*, 1998).

Η παρουσία του ενυδατωμένου μπροστινού μέρους του σπόρου του καλαμποκιού αποδεικνύει ότι δεν το ενυδατώνει εντελώς μετά από 48 ώρες ενυδάτωσης. Σε αντίθεση το μονοπάτι ενυδάτωσης του εμβρύου ήταν γρήγορο και ξεκίνησε πρώτα στην περιοχή του ριζιδίου του εμβρύου (radicle) και μετά στην περιοχή του βλαστού. Δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά ανάμεσα στον άξονα και το ασπίδιο (scutellum). Αυτό αποτελεί έκπληξη καθώς το ασπίδιο (scutellum) είναι το κύριο όργανο αποθήκευσης λαδιού στο καλαμπόκι και δεν θεωρείται υδροφιλικό. Εξηγείται όμως από το γεγονός, ότι το έμβρυο και το ασπίδιο (scutellum) κατέχουν ιδιαίτερα υψηλές ποσότητες πρωτεϊνών και διαλυτών σακχάρων όπως και λιπίδια και ακόμη ότι το έμβρυο μαζί με το ενδοσπέρμιο έχει ένα εκτεταμένο αγγειακό δίκτυο. Αυτό το δίκτυο επεκτείνεται από τον εμβρυακό άξονα μέσα στο ασπίδιο (scutellum) και ίσως βοηθάει την γρήγορη απορρόφηση του νερού. Επίσης η ενυδάτωση του εμβρύου από τη ρίζα έως το βλαστό πιθανόν να πηγάζει από γρήγορη εισαγωγή του νερού μέσω του μαύρου στρώματος. Η ενυδάτωση του ενδοσπερμίου φαίνεται να γίνεται αργά, κυρίως μέσω του περικαρπίου από έξω προς τα μέσα. (McDonald *et al.*, 1998).

2.4.2.2. ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΚΡΙΘΑΡΙ



Εικ. 5. Σπόροι κριθαριού (www.minaagric.gr).

Το κριθάρι ανήκει και αυτό στη ομάδα των σιτηρών που ανήκει στο γένος Όρντεο (*Hordeum*) της οικογένειας των Αγρωστωδών (*Graminae*). Τα είδη του γένους *Hordeum* διακρίνονται σε τέσσερις ομάδες και όλες οι καλλιεργούμενες μορφές ανήκουν στην ομάδα *Cerealia*. Τα τρία είδη που περιλαμβάνονται στην ομάδα αυτή έχουν τρία σταχύδια σε κάθε εντομή του άξονα του σταχυού. Κάθε στάχυ περιέχει ένα άνθος. Τα τρία αυτά είδη είναι τα εξής: *Hordeum vulgare* (εξάστοιχο κριθάρι), *Hordeum distichum* (δίστοιχο κριθάρι) και *Hordeum irregulare* (ανώμαλο ή πολύστοιχο κριθάρι). (Πάπυρος Λαρούς, 1996). Όλες οι ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι ανοιξιάτικων τύπων, σπέρνονται όμως κυρίως το φθινόπωρο. Οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες είναι:

Παρόμοιες έρευνες υπάρχουν για το κριθάρι. Ο Seckinger (1964) λέει ότι το πρώτο σημάδι υγρασίας στο ενδοσπέρμιο του κριθαριού ανιχνεύτηκε στην άκρη του σπόρου κοντά στο έμβρυο. Αυτή η γρήγορη εισαγωγή του νερού ήταν εξαιτίας της έλλειψης αντίστασης του περικαρπίου, από τη στιγμή που η πιο λεπτή μερίδα του περικαρπίου έγινε πάνω από το έμβρυο. Ο Becker έδειξε ότι το ποσοστό απορρόφησης νερού μέσα στο κριθάρι και τη ψύχα του ήταν πιο υψηλό. Αυτό το εύρημα αποδόθηκε στο γεγονός ότι αυτή η μερίδα του σπόρου δεν περιλαμβανόταν μέσα στο περικάρπιο. Επίσης βρήκε ότι το ποσοστό απορρόφησης νερού μέσω του ενδοσπερμίου ελεγχόταν από

διάχυση. Ο Hinton (1955) έδειξε ότι το ποσοστό εισαγωγής του νερού ήταν από 3 ως 6 φορές πιο γρήγορο διαμέσου του γυμνού ενδοσπερμίου παρά διαμέσου του περικαρπίου του κριθαριού.

2.4.2.3. ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΣΤΗ ΣΟΓΙΑ

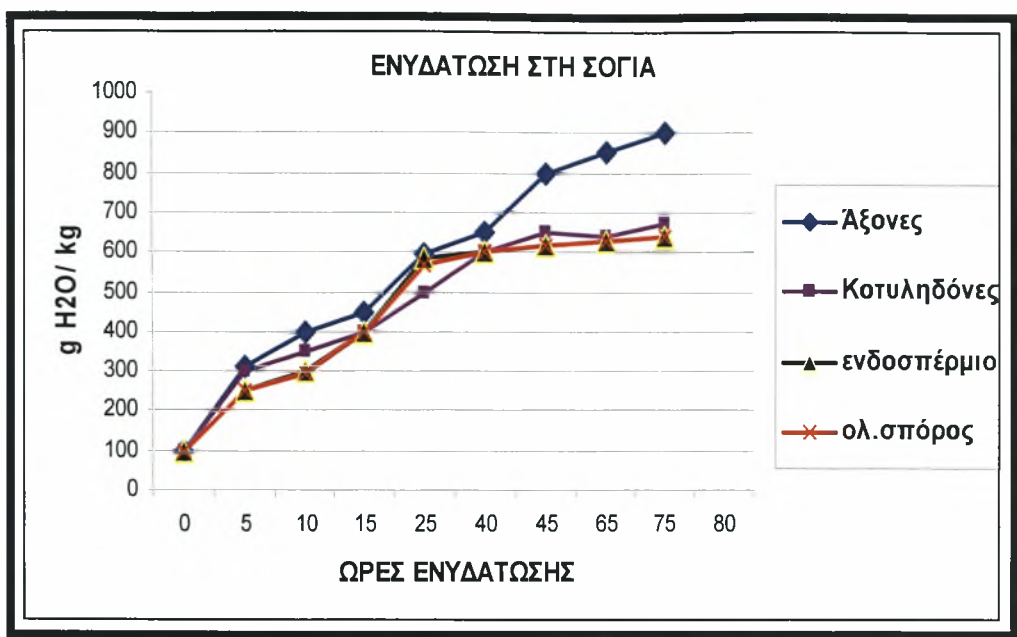


Εικ. 6. Σπόροι σόγιας (www.minagric.gr).

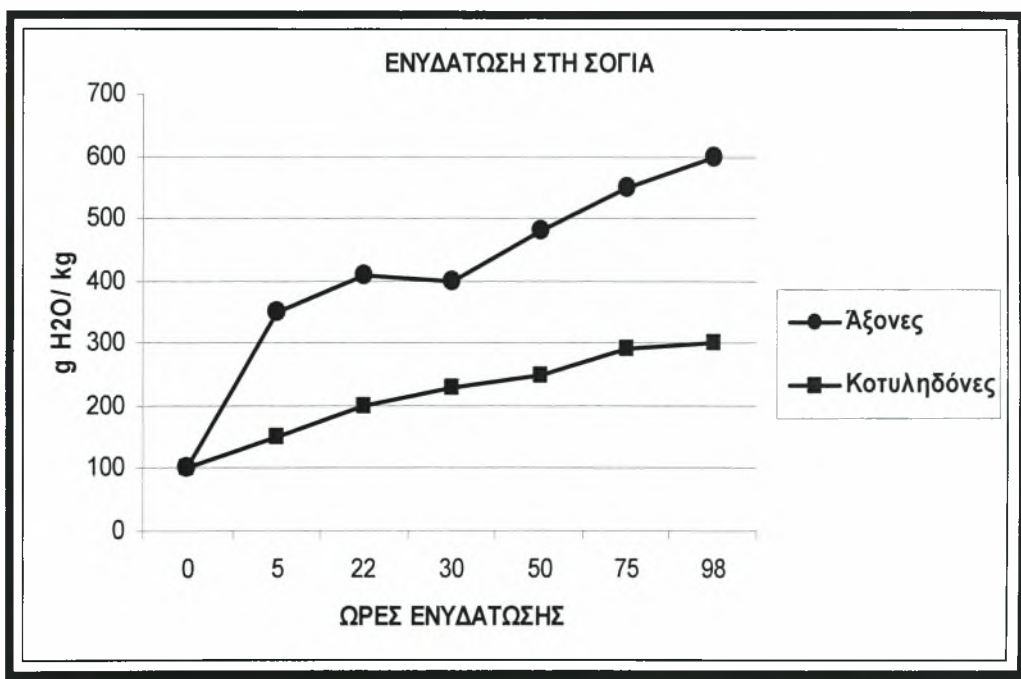
Ο σπόρος της σόγιας επιτρέπεται να απορροφάει νερό για 72 ώρες και η χρονική συνέχεια της απορρόφησης του νερού για τα καθορισμένα κομμάτια φαίνεται στο διάγραμμα μας. (Διάγραμμα 2). Τα αρχικά περιεχόμενα υγρασίας του σπόρου, ο εμβρυονικός άξονας, οι κοτυληδόνες ήταν αντίστοιχα 72g και 88mg νερού ανά γραμμάριο ιστού (McDonald *et al.*, 1988). Μετά από δύο ώρες ενυδάτωσης, το περίβλημα του σπόρου ήταν η πρώτη δομή που ενυδατώθηκε και στη συνέχεια ο άξονας, μετά οι κοτυληδόνες και μετά ολόκληρος ο σπόρος. Ύστερα από 4 ώρες ενυδάτωσης, ο άξονας συνεχίζει τη φάση της γρήγορης εισαγωγής νερού, ενώ η εισχώρηση νερού στο περίβλημα και σε ολόκληρο το σπόρο καθυστερεί. Έτσι ο άξονας συγκρατεί περίπου 50 g /kg όπου είναι μεγαλύτερο το επίπεδο υγρασίας του χλωρού βάρους σε σύγκριση με τον υπόλοιπο σπόρο μέχρι τις 48 ώρες όπου παρατηρείται η βλάστηση (McDonald, 1988). Εκείνη τη στιγμή ο άξονας περιέχει 800g/ kg χλωρού βάρους και τα υπόλοιπα τμήματα του σπόρου ποικίλουν από 550 ως 600kg. Το περιεχόμενο υγρασίας του άξονα συνεχίζει να αυξάνεται στις 72 ώρες ενώ τα υπόλοιπα τμήματα του σπόρου πλησιάζουν το μέγιστο περιεχόμενο υγρασίας στις 24 ώρες. (McDonald *et al.*, 1988).

Μία παρόμοια έρευνα διεξήχθη για να καθορίσει την απορρόφηση του νερού από τα τμήματα των σπόρων σε ένα υψηλής υγρασίας περιβάλλον (περίπου 100% σχετική υγρασία). Από την έρευνα διαπιστώθηκε πως όταν χωρίζονται τα τμήματα του σπόρου πριν τη διαχείριση και υποβληθούν σε ένα υψηλής υγρασίας περιβάλλον για 96 ώρες, παρατηρείται μια μεγάλη διαφορά (περίπου 200g/ kg χλωρού βάρους) απορρόφησης νερού ανάμεσα στον άξονα και τις κοτυληδόνες. Τα δεδομένα έδειξαν ότι ο εμβρυακός άξονας άξονας ενυδατώθηκε στο περιβάλλον υγρασίας πιο πολύ από τις κοτυληδόνες (Διάγραμμα 3). Μία εξήγηση ίσως είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας του άξονα που συγκρίνεται με τις κοτυληδόνες συγκεντρώνεται σε μεγαλύτερη εισαγωγή νερού όταν εκτίθεται σε υψηλή σχετικά υγρασία (McDonald *et al.*, 1988).

Μία άλλη εξήγηση, είναι ότι τα τμήματα του σπόρου διαφέρουν σε χημική σύνθεση που έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικά περιεχόμενα υγρασίας. Και στις δύο έρευνες το επίπεδο της εισαγωγής του νερού από τα τμήματα του σπόρου δεν ήταν τόσο μεγάλο σε σύγκριση με τα υγρά περιβάλλοντα. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι αξίες εισαγωγής του νερού σε ολόκληρο το σπόρο είναι σχετικά παράλληλες με αυτές των κοτυληδόνων, από τη στιγμή που αυτά είναι ένα μεγάλο τμήμα του σπόρου έχοντας το 64% από το 90% του συνολικού βάρους (Wolf and Cowan, 1971). Τίποτα δεν είναι αναπάντεχο, άρα ούτε ότι το πρώτο τμήμα του σπόρου ενυδατώθηκε από τη στιγμή που εκτέθηκε σε εξωτερικό περιβάλλον (McDonald *et al.*, 1988).



Διάγραμμα 2. Γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης ως απόλυτες τιμές (g νερού) που προσροφάται από: τον άξονα, τις κοτυληδόνες, το περισπέρμιο και το σπόρο σόγιας συνολικά κατά τις πρώτες 72 ώρες της ενυδάτωσης.



Διάγραμμα 3. Γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης των σπόρων της σόγιας ως απόλυτες τιμές (g νερού) που προσροφάται: τον άξονα και τις κοτυληδόνες.

Επίσης μία άλλη έρευνα έδειξε ότι η ενυδάτωση των κοτυληδόνων της σόγιας ήταν 590g/ kg χλωρού βάρους μετά από 24 ώρες για τους σπόρους που έχουν καλλιεργηθεί στο έδαφος. Μετά από τέσσερις μέρες, όταν έγινε η εμφάνιση του σπόρου, η αξία του ήταν 900g/ kg χλωρού βάρους. Τα δεδομένα μας για τους σπόρους σε νερό είναι σχετικά με αυτά που αναφέρονται για τις κοτυληδόνες 24 ωρών, αλλά διαφέρουν από αυτά που παρουσιάστηκαν σε 4 μέρες, από τη στιγμή που οι κοτυληδόνες που εξετάστηκαν δεν υπερέιχαν τα 600g/ kg χλωρού βάρους στις 72 ώρες και εμφανίστηκαν να έρχονται σε ισορροπία στις 24 ώρες ενυδάτωσης.

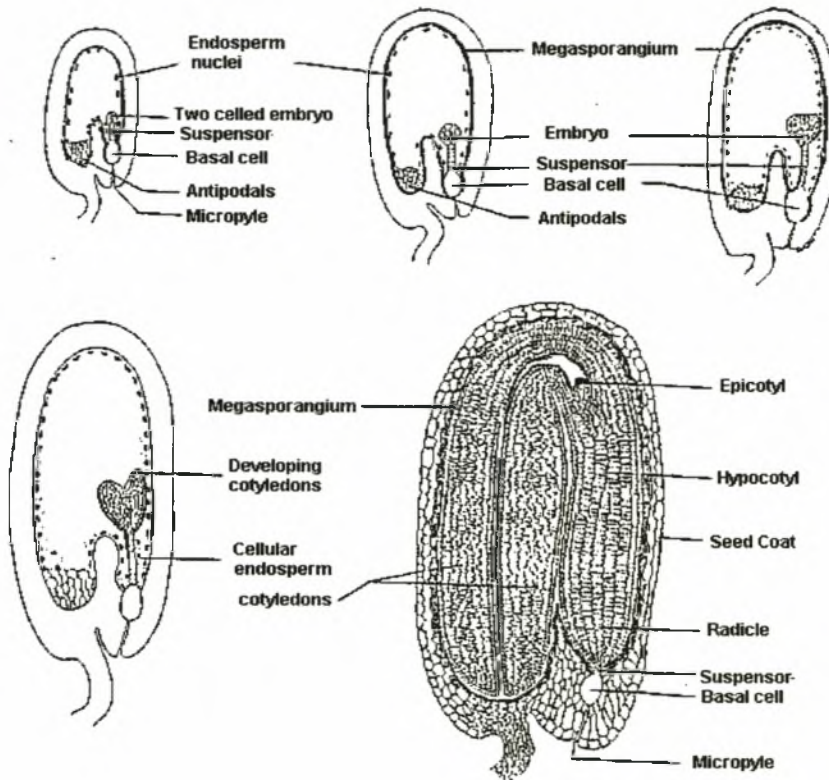
Επιπρόσθετα, διάφορες συγκεντρώσεις του PEG έχουν επηρεάσει τη βλάστηση σπόρων και στις 4 και 7 μέρες η βλάστηση σπόρων μειώθηκε κάτω από 50% στα 0.511MPa. Όμως καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του PEG, το περιεχόμενο της υγρασίας των μελών των σπόρων μειωνόταν. Όπως και με την προηγούμενη έρευνα ο άξονας συνεχίζει να δείχνει μεγαλύτερο περιεχόμενο υγρασίας από τις κοτυληδόνες ή από ολόκληρο το σπόρο (McDonald *et al.*, 1988).

Οι παραπάνω έρευνες έδειξαν ότι οι άξονες της σόγιας απορροφούν περισσότερο νερό κατά τη διάρκεια της ενυδάτωσης και της βλάστησης από ότι οι κοτυληδόνες χωρίς να έχει σχέση η υγρασία του περιβάλλοντος ή τα διάφορα υδατικά δυναμικά του νερού που ρυθμίζονται με το PEG. Επιπλέον, έχουμε αναγνωρίσει το λιγότερο περιεχόμενο υγρασίας ως απαραίτητο για τη βλάστηση της σόγιας. (McDonald, 1988).

Η μειωμένη απορρόφηση νερού των γηρασμένων σπόρων ίσως να αποδίδεται σε δυνάμεις των συστατικών που έχουν υψηλές ικανότητες απορρόφησης νερού. Αποδεικνύεται ότι δεν υπάρχει αλλαγή στην εισαγωγή του νερού για φυσικούς ή τεχνητά γηρασμένους σπόρους, το οποίο έδειξε και ο Leopold (1980), δηλαδή ότι η αρχική εισαγωγή του νερού στις κοτυληδόνες κατά τα πρώτα 40 λεπτά ήταν απαραίτητη ή ίδια για τους σπόρους που καταστράφηκαν από τη ζέστη. Η παρατήρηση ότι οι γηρασμένοι άξονες δείχνουν μία μείωση στην εισαγωγή του νερού σε ένα περιβάλλον υψηλής υγρασίας, ίσως δείχνει ότι οι δυνάμεις μπορεί να είναι ο κυρίαρχος παράγοντας που ευθύνεται για τη δέσμευση του νερού στις δομές της σόγιας. (McDonald, 1988).

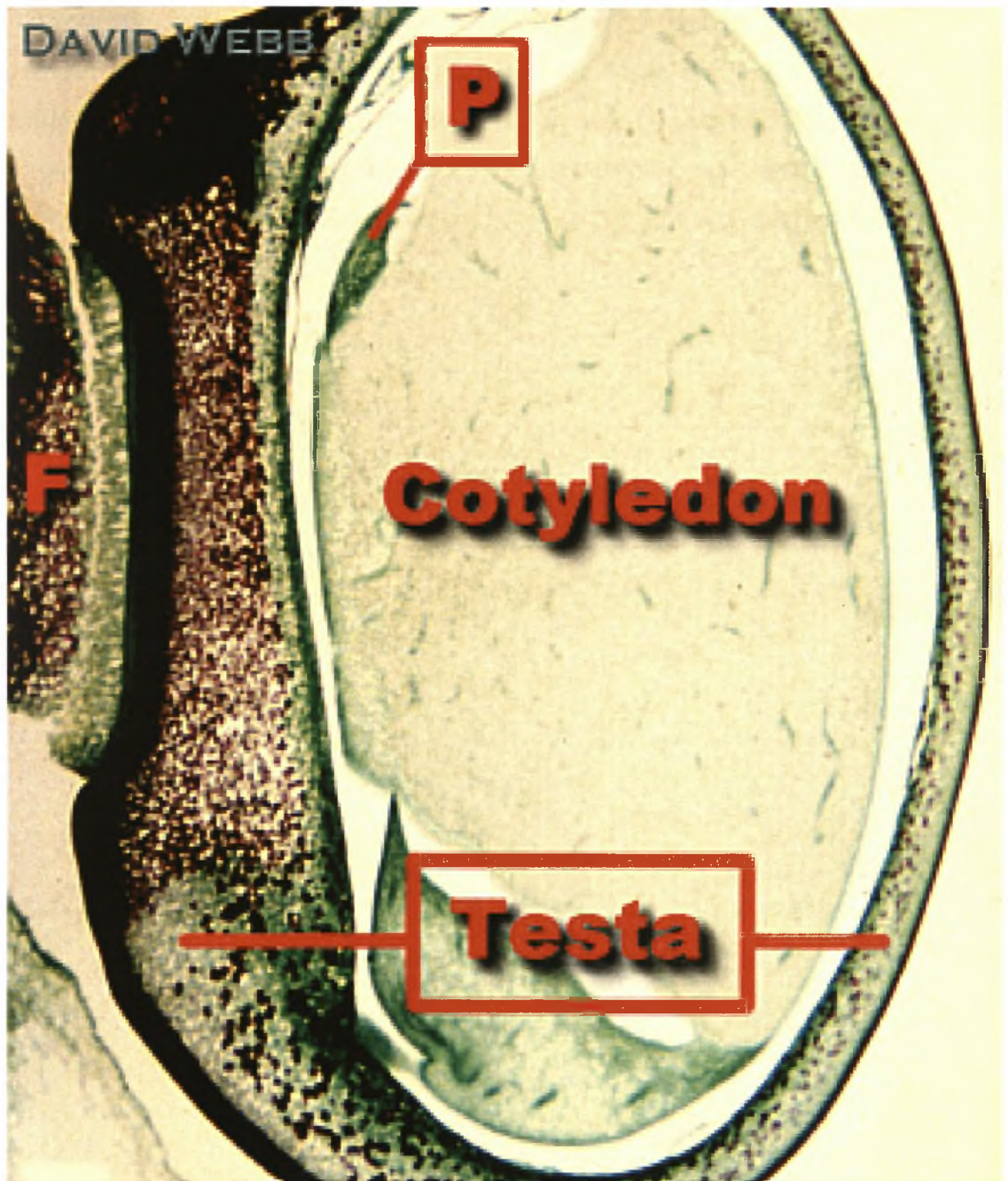
2.4.2.4. Ο ΣΠΟΡΟΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΤΟΥ



Εικ. 7. Ο σπόρος του βαμβακιού στα στάδια ανάπτυξης του (www.cotton.growth.and.development.org/pubs.caes.uga.edu/html).

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ



Εικ. 8. Ανατομία του σπόρου του βαμβακιού (David Webb)
(www.cotton_growth_and_development.org/pubs.caes.uga.edu/html).

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι: 1) η ποσοτική μελέτη του τρόπου με τον οποίο ενυδατώνεται ο σπόρος του βαμβακιού και τα επιμέρους συστατικά αυτού όπως το περίβλημα, οι κοτυληδόνες και το έμβρυο, 2) όπως και η εκτίμηση των διαφορών κατά την ενυδάτωση λόγω βλαστικής δύναμης (vigour) του σπόρου και 3) ο προσδιορισμός του συγκεκριμένου «μονοπατιού ενυδάτωσης» εισόδου του νερού στον σπόρο με τη χρήση κατάλληλων χρωστικών.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε εμπορικός σπόρος υψηλής ποιότητας από χνουδωτό βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*) της ποικιλίας SPS 424. Έγιναν μια σειρά από προκαταρκτικά πειράματα ώστε να προσδιορισθούν μια σειρά από σημαντικούς παράγοντες όπως το ποσοστό υγρασίας του σπόρου και το ποσοστό βλάστησης του σπόρου. Τα προκαταρκτικά αυτά πειράματα σχεδιάσθηκαν ώστε να δημιουργήσουν μια εξοικείωση του μελετητή με τις συγκεκριμένες τεχνικές που απαιτούνται.

3.1. ΤΕΣΤ ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΤΡΙΒΛΙΑ

Σκοπός αυτού του πειράματος ήταν να βρεθεί η κατάλληλη θερμοκρασία όπου μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη βλαστική δύναμη.

ΥΛΙΚΑ: Τριβλία από γυαλί, χαρτί φίλτρου τύπου whatman No 1, μονωτική ταινία (parafilm), επωαστήρας.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Στα τριβλία τοποθετήθηκε ένα χαρτί-φίλτρο, προστέθηκε 1,5 ml αποσταγμένο νερό, ακολούθως τα σπόρια (20 σπόρια) και ένα δεύτερο χαρτί-φίλτρο με άλλο 1,5 ml αποσταγμένο νερό. Τα τριβλία κλείσθηκαν καλά με parafilm ώστε να υπάρχει επάρκεια νερού κατά την διάρκεια των πειραμάτων. Τα τριβλία τοποθετήθηκαν σε επωαστικό θάλαμο (25 °C, χωρίς φως) για μια εβδομάδα πριν από την τελική μέτρηση της βλάστησης. Ως βλάστηση θεωρείται η παρουσία ριζιδίου μεγαλύτερη από 3mm σύμφωνα με τους διεθνείς κανόνες ISTA (International Seed Testing Association). Για κάθε μέτρηση, χρησιμοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις.

3.2. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΓΗΡΑΝΣΗΣ (Accelerated ageing test a.a. Test) ΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΠΟΡΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Σκοπός του πειράματος ήταν να βρεθεί εάν υπάρχει διαφορά στη βλαστική δύναμη ενός ζωντανού σπόρου και ενός σπόρου που έχει υποστεί παλαιώση.

ΥΛΙΚΑ: Ξηραντήρες γυάλινοι (desiccators), τούλι, βαζελίνη, επωαστήρες ακριβείας (± 1 C).

ΜΕΘΟΔΟΣ: Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος όπως περιγράφεται από τους Chachalis and Smith (2000). Η βασική αρχή της μεθόδου είναι η γήρανση των σπόρων σε υψηλή θερμοκρασία (45 °C) σε συνθήκες απόλυτης υγρασίας (100% υγρασία) για ένα χρονικό διάστημα από μία έως πέντε ημέρες (1-5)d. Πιο συγκεκριμένα, το γυάλινο καπάκι του ξηραντήρα περιτυλίγεται με τούλι ώστε να μηδενισθεί η συμπύκνωση της υγρασίας και να αποφευχθεί η πτώση νερού πάνω στους σπόρους. Οι σπόροι τοποθετούνται μέσα στον γυάλινο ξηραντήρα, πάνω σε τούλι, σε μία μόνη στρώση και το καπάκι στεγανοποιείται με σιλικόνη ώστε να αποφευχθεί η απώλεια υγρασίας κατά την διάρκεια της γήρανσης. Κάθε φορά που έβγαιναν οι σπόροι από το γυάλινο ξηραντήρα κατά την διάρκεια της επιταχυνόμενης γήρανσης, υπολογιζόταν και το ποσοστό υγρασίας των σπόρων με την μέθοδο της γρήγορης ξήρανσης (στους 130 °C, για 2 ώρες), όπως θα αναλυθεί παρακάτω.

3.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ

Ο υπολογισμός υγρασίας του σπόρου γινόταν με την μέθοδο της γρήγορης ξήρανσης (130 °C, 2 ώρες). Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν δύο επαναλήψεις των 10 σπόρων, ζυγίστηκε το χλωρό τους βάρος καθώς και το τελικό ξηρό τους βάρος. Η διαφορά μεταξύ χλωρού και ξηρού βάρους είναι η υγρασία του σπόρου. Κάθε μέτρηση είναι ο μέσος όρος των δύο αυτών επαναλήψεων.

3.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΣΠΟΡΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ

Σκοπός του πειράματος ήταν ο ποσοτικός προσδιορισμός της αύξησης του χλωρού βάρους των σπόρων το οποίο παρατηρείται κατά την ενυδάτωση τους σε διάφορες ώρες.

ΥΛΙΚΑ: Πλαστικές θήκες στρογγυλού σχήματος, ζυγός ακριβείας, χαρτιά αλουμινίου.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η αύξηση του χλωρού βάρους των σπόρων κατά την διάρκεια της ενυδάτωσης είναι μια έμμεση μέθοδος ποσοτικού προσδιορισμού του ρυθμού ενυδάτωσης. Στηρίζεται σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις των συγκεκριμένων σπόρων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (0, 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96 ώρες). Η αύξηση του χλωρού βάρους μετρήθηκε για σπόρους υψηλής βλαστικής δύναμης (0 Μ.Γ.) καθώς και για σπόρους χαμηλής βλαστικής δύναμης (1 Μ.Γ.). Για κάθε μέτρηση, χρησιμοποιήθηκαν δύο σπόροι και πέντε επαναλήψεις για όλες τις τιμές της ενυδάτωσης.

a. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ ΣΠΟΡΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Σκοπός του πειράματος ήταν να βρεθεί πως επιδρά το υδατικό δυναμικό στην βλάστηση και ανάπτυξη σπόρων χαμηλής και υψηλής βλαστικής δύναμης.

ΥΛΙΚΑ: Polyethylene glycol 6000 (ωσμωρυθμιστής), τα ίδια υλικά με τη μέτρηση της βλαστικότητας σε τριβλία, φούρνος, ζυγός ακριβείας, αλουμινένια σακουλάκια.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Οι περιεκτικότητες του διαλύματος PEG που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35% w/v. Χρησιμοποιήθηκαν σπόροι υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής βλαστικής δύναμης (1 Μ.Γ.) όπως στα πειράματα βλάστησης σε τριβλία όπου και εφαρμόστηκαν τα παραπάνω διαλύματα. Τα τριβλία τοποθετήθηκαν σε επωαστήρα (25°C) για 2 εβδομάδες. Για την μέτρηση του χλωρού βάρους των φυταρίων από σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης

εφαρμόστηκε διάλυμα PEG6000 0, 5, 10, 15% w/v αφού και για μεγαλύτερες τιμές είχαμε ανάρθρωση της βλάστησης. Για κάθε μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις από 20 σπόρους η κάθε επανάληψη.

b. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ

Σκοπός αυτού του πειράματος ήταν να προσδιοριστεί ποσοτικά η απορρόφηση του νερού από κάθε τμήμα του σπόρου χωριστά (περίβλημα, κοτυληδόνες και έμβρυο).

ΥΛΙΚΑ: Πλαστικές θήκες στρογγυλού σχήματος, ζυγός ακριβείας, χαρτιά αλουμινίου, φούρνος.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν αλουμινένια σακουλάκια και τα χωρίσαμε σε τρία μέρη, το ένα έγραφε (A1-E), (A1-K), (A1-Π), δηλαδή πρώτη μεταχείριση (24 ώρες ενυδάτωσης), πρώτη επανάληψη και αντίστοιχα E (έμβρυο), K (κοτυληδόνες), Π(περίβλημα), μετά φτιάξαμε και άλλα αλουμινένια σακουλάκια που έγραφαν τα ίδια ακριβώς δεδομένα με 8 μεταχειρίσεις και 12 επαναλήψεις για το καθένα (από A1 ως A12) μελετώντας την ενυδάτωση στις 24 ώρες, αντίστοιχα φτιάξαμε σακουλάκια μελετώντας την ενυδάτωση στη μία ώρα, δηλαδή B1 ως B12 με E, K και Π, στις τέσσερις ώρες έχουμε Γ1 ως Γ12, στις δώδεκα ώρες έχουμε Δ1 ως Δ12, στις 48 ώρες έχουμε Ε1 ως Ε12, στις 8 ώρες έχουμε Ζ1 ως Ζ12, στις 72 ώρες έχουμε Η1 ως Η12 και 0 ώρες έχουμε Ω1 ως Ω12. Στη συνέχεια ζυγίζουμε τα σακουλάκια ένα ένα ξεχωριστά σε ζυγό ακριβείας και σημειώνουμε την τιμή έτσι ώστε να γνωρίζουμε το βάρος από κάθε αλουμινένιο σακουλάκι. Η επόμενη κίνηση μας, ήταν να πάρουμε σπόρους, μάρτυρες (σπόροι που δεν είχαν υποστεί γήρανση) και να τους βάλουμε στο νερό για να ξεκινήσει η μελέτη της ενυδάτωσης, 12 επαναλήψεις από 8 μεταχειρίσεις. Μετά το προκαθορισμένο στάδιο της ενυδάτωσης, για παράδειγμα Α μεταχείριση, αφήνουμε τους σπόρους στο νερό 24 ώρες, μετά τις 24 ώρες ακολουθούμε την εξής διαδικασία: βγάζουμε τους σπόρους από το νερό και τους αφήνουμε να στραγγίσουν πάνω σε χαρτί κουζίνας έτσι ώστε να μην υπάρχουν σταγονίδια νερού και επηρεαστεί η μελέτη μας. Παίρνουμε τον κάθε σπόρο χωριστά και με τη βοήθεια της τσιμπίδας και του κοπιδιού κόβουμε το σπόρο κάθετα και με πολύ μεγάλη προσοχή και λεπτομέρεια

αφαιρούμε το περίβλημα και διαχωρίζουμε τις κοτυληδόνες από το έμβρυο. Τα τοποθετούμε όλα σε ένα τριβλίο σχηματίζοντας τρίγωνο. Συνεχίζουμε ζυγίζοντας το κάθε μέρος χωριστά, έμβρυο, κοτυληδόνες, περίβλημα και τα τοποθετούμε στο κάθε αλουμινένιο σακουλάκι που γράφει για το καθένα, τις ώρες ενυδάτωσης, το τμήμα του σπόρου και τις μέρες γήρανσης, μετά τα βάζουμε στο φούρνο στους 90 °C για 24 ώρες, μετά τις 24 ώρες τα βγάζουμε από το φούρνο και ζυγίζουμε το μικτό βάρος (αλουμινόχαρτο και τμήμα σπόρου). Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε για όλες τις μεταχειρίσεις ανεξάρτητα αν ο σπόρος είναι μάρτυρας ή σπόρος που έχει υποστεί μια μέρα γήρανση (1d). Από τις μετρήσεις αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα του νερού που απορροφάται από το έμβρυο, τις κοτυληδόνες και το περίβλημα σε σχέση με την ποσότητα του νερού που μπορεί να απορροφηθεί από τα τμήματα του σπόρου. Συνεχίσαμε με τη Β μεταχείριση, μετά τη Γ ,τη Δ και αφού τελειώσαμε με αυτές και τις αντίστοιχες επαναλήψεις τους, μετά ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για το σπόρο που υπέστη γήρανση μια μέρα. Έτσι, καταφέραμε να μελετήσουμε αν υπάρχουν διαφορές με το μάρτυρα και το σπόρο που έχει υποστεί γήρανση μια μέρα (1d) στην ενυδάτωση των μερών του σπόρου τις ίδιες ώρες. Ακόμη, σχηματίσαμε μία πρώτη εικόνα για το πως μοιράζεται το νερό στα τμήματα του σπόρου, δηλαδή το μονοπάτι ενυδάτωσης.

c. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ

Οι χρωστικές είναι κάποιες χημικές ουσίες που όταν διαλυθούν σε οργανικό διαλύτη και ρίξουμε λίγες από τις σταγόνες του διαλύματος τότε το διάλυμα βάφει τα σημεία του σπόρου στα οποία υπάρχει νερό.

Σκοπός του πειράματος αυτού λοιπόν ήταν να δούμε ποια τμήματα του σπόρου θα βάψουν οι χρωστικές αρχικά και να δοθεί μία απάντηση για το μονοπάτι ενυδάτωσης.

ΥΛΙΚΑ:δοκιμαστικοί σωλήνες, ζυγός ακριβείας, αλουμινόχαρτο, αιθανόλη, χρωστικές όπως Fast Green, Τετραζόλιο, αντικειμενοφόρους πλάκες.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Αρχικά χρησιμοποιήσαμε το ζυγό ακριβείας για να ζυγίσουμε 0,02g της Fast Green σε 2 ml αιθανόλης με 1% περιεκτικότητα, ακόμη ζυγίσαμε 0,2g της χρωστικής του Τετραζολίου σε 20 ml αιθανόλης με 1% περιεκτικότητα και αυτό, μετά τα ρίξαμε μέσα σε δοκιμαστικούς σωλήνες το καθένα και τα ανακινήσαμε. Όταν έγινε το επιθυμητό διάλυμα, και είχε το κατάλληλο χρώμα τότε κόψαμε μερικούς από τους σπόρους, ρίξαμε δύο σταγόνες από το διάλυμα μας στο εσωτερικό του σπόρου, μετά άλλες δύο σταγόνες από αιθανόλη πάλι στο εσωτερικό και το αφήσαμε να στεγνώσει, να βάψει δηλαδή ο σπόρος στα σημεία που υπήρχε νερό και να φανεί η διαφορά, προκειμένου να είμαστε σίγουροι για το αν υπάρχει διαφορά στο μονοπάτι ενυδάτωσης μεταξύ μάρτυρα και σπόρου μιας μέρας γήρανσης (1d). Στη πορεία του πειράματος χρησιμοποιήσαμε δύο αντικειμενοφόρους πλάκες, στη μία είχαμε σπόρους μάρτυρες και στην άλλη σπόρους που είχαν υποστεί γήρανση. Οι σπόροι που βάφτηκαν με Fast Green απέκτησαν μπλε χρώμα και οι υπόλοιποι με χρωστική Τετραζολίου έγιναν κόκκινοι. Μετά παρατηρήσαμε τους σπόρους στο μικροσκόπιο και στο στερεοσκόπιο και αποφανθήκαμε ποιοτικά για το μονοπάτι ενυδάτωσης του σπόρου του βαμβακιού.

d. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΚΟΤΥΛΗΔΟΝΩΝ

Από τη μελέτη με τις χρωστικές διαπιστώσαμε ότι το περισσότερο νερό συγκεντρώνεται στις πάνω κοτυληδόνες, δηλαδή στο σημείο που έβαψε πιο πολύ ο σπόρος σε σχέση με τις κάτω κοτυληδόνες.

Σκοπός του πειράματος μας ήταν να αποδείξουμε και ποσοτικά πως το περισσότερο νερό συγκεντρώνεται στις πάνω κοτυληδόνες κάτι που φάνηκε και με τις χρωστικές.

ΥΛΙΚΑ: Πλαστικές θήκες στρογγυλού σχήματος, ζυγό ακριβείας, αλουμινένια σακουλάκια, φούρνο, λαβίδα, τσιμπίδα, κοπίδι

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η πρώτη μας κίνηση ήταν να πάρουμε σπόρους, μάρτυρες να τους βάλουμε στο νερό για να ξεκινήσει η μελέτη της ενυδάτωσης, 4 επαναλήψεις από 4 μεταχειρίσεις. Μετά το προκαθορισμένο στάδιο της ενυδάτωσης, για παράδειγμα Α μεταχείριση, αφήνουμε τους σπόρους στο

νερό 1 ώρα μετά τη μία ώρα ακολουθούμε την ίδια διαδικασία: βγάζουμε τους σπόρους από το νερό και τους αφήνουμε να στραγγίσουν πάνω σε χαρτί κουζίνας έτσι ώστε να μην υπάρχουν σταγονίδια. Παίρνουμε τον κάθε σπόρο χωριστά και με τη βοήθεια της τσιμπίδας και του κοπιδιού κόβουμε το σπόρο κάθετα και με πολύ μεγάλη προσοχή αφαιρούμε το περίβλημα και διαχωρίζουμε τις κοτυληδόνες από το έμβρυο. Διαχωρίζουμε τις πάνω από τις κάτω κοτυληδόνες, τα βάζουμε όλα σ' ένα τριβλίο και σχηματίζεται ένα τετράγωνο. Συνεχίζουμε ζυγίζοντας το κάθε μέρος χωριστά, έμβρυο, κοτυληδόνες πάνω (Κπ), χάλαζα και κοτυληδόνες κάτω (Κκ), μικροπύλη, περίβλημα και τα τοποθετούμε στο κάθε αλουμινένιο σακουλάκι που γράφει για το καθένα, τις ώρες ενυδάτωσης, το τμήμα του σπόρου και τις μέρες παλαίωσης, μετά τα βάζουμε στο φούρνο στους 90 °C για 24 ώρες, μετά τις 24 ώρες τα βγάζουμε από το φούρνο και ζυγίζουμε το μικτό βάρος (σακουλάκι και τμήμα σπόρου). Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε για όλες τις μεταχειρίσεις και ανεξάρτητα αν ο σπόρος είναι μάρτυρας ή σπόρος που έχει υποστεί μια μέρα γήρανση.

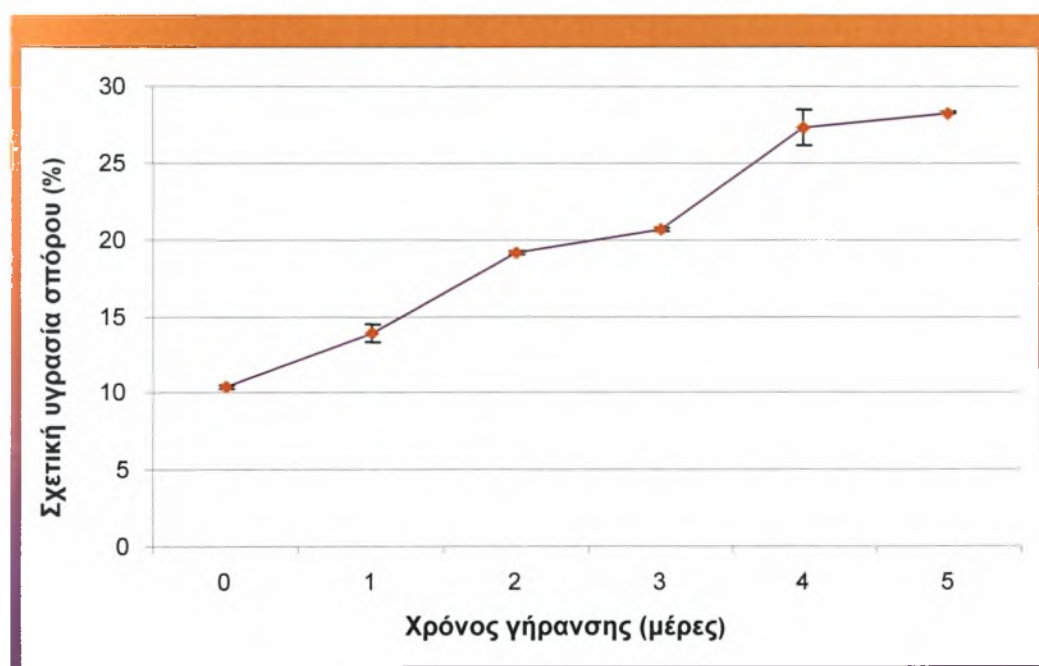
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο SPSS. Έγινε ανάλυση ANOVA και οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές εκτιμήθηκαν για επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο LSD (Least Significant Difference)

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

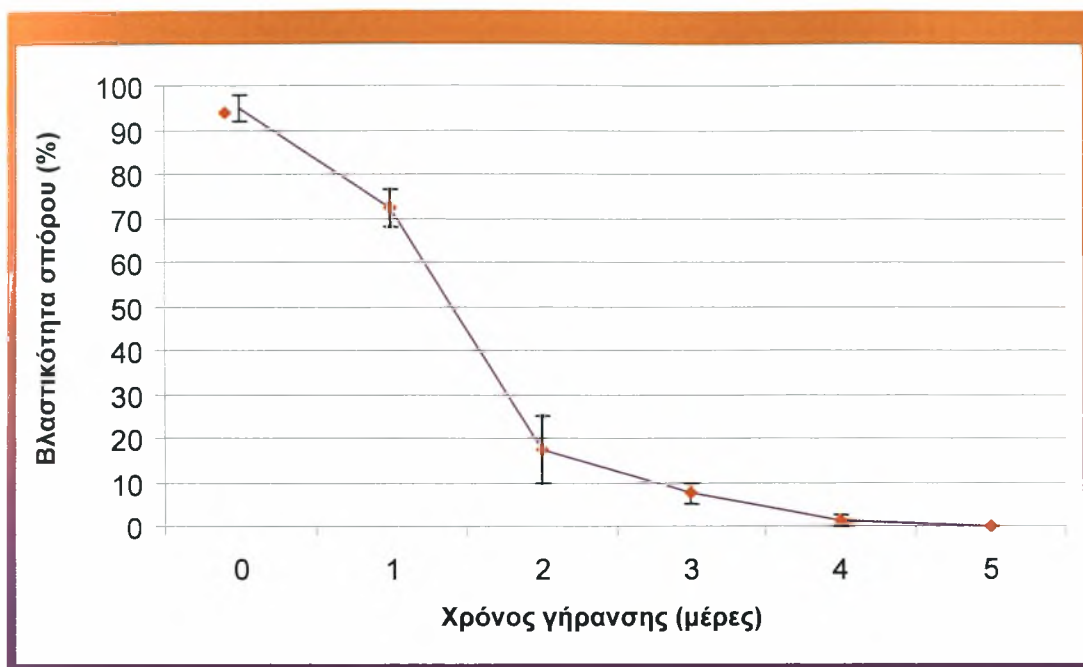
4.1. Επίδραση της επιταχυνόμενης γήρανσης (accelerated ageing) στην υγρασία και βλάστηση του σπόρου

Η αρχική υγρασία του σπόρου ήταν 10.4 % (Γράφημα 1). Παρατηρούμε ότι όσο περισσότερο υπόκειται σε γήρανση, μέσω της τεχνικής της επιταχυνόμενης γήρανσης, ο σπόρος τόσο περισσότερο αυξάνεται η σχετική του υγρασία. Μετά τις πρώτες 4 ημέρες γήρανσης παρατηρείται ότι ήδη έχει σταθεροποιηθεί η σχετική υγρασία σε υψηλά επίπεδα (27-28%).



Γράφημα 1. Γραφική απεικόνιση του ποσοστού αύξησης της σχετικής υγρασίας του σπόρου σε σχέση με το χρόνο γήρανσης μέσω της τεχνικής της επιταχυνόμενης γήρανσης

Ενώ η σχετική υγρασία συνεχώς αυξάνεται κατά τη διάρκεια της γήρανσης η βλαστικότητα ακολουθεί την ακριβώς αντίθετη πορεία (Γράφημα 2). Κατά την 1^η μέρα γήρανσης παρατηρείται πτώση της βλαστικότητας στο 73%, ενώ την 2^η μέρα η βλαστικότητα έχει ήδη πέσει στο 8% και την 4^η μέρα είναι ήδη μηδενική.

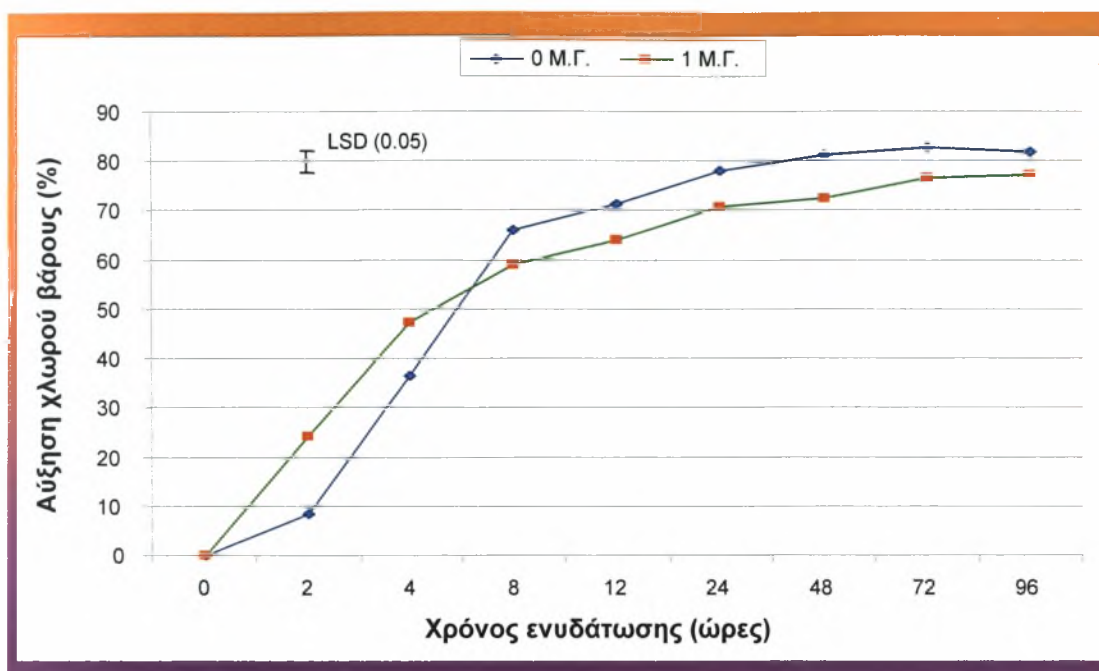


Γράφημα 2. Γραφική απεικόνιση του ποσοστού βλαστικότητας σε σχέση με το χρόνο γήρανσης μέσω της τεχνικής της επιταχυνόμενης γήρανσης, σε θερμοκρασία 25 °C που θεωρείται η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης και βλαστικότητας του σπόρου.

0 Μ.Γ: καμία ημέρα γήρανση, 1 Μ.Γ: μία ημέρα γήρανση

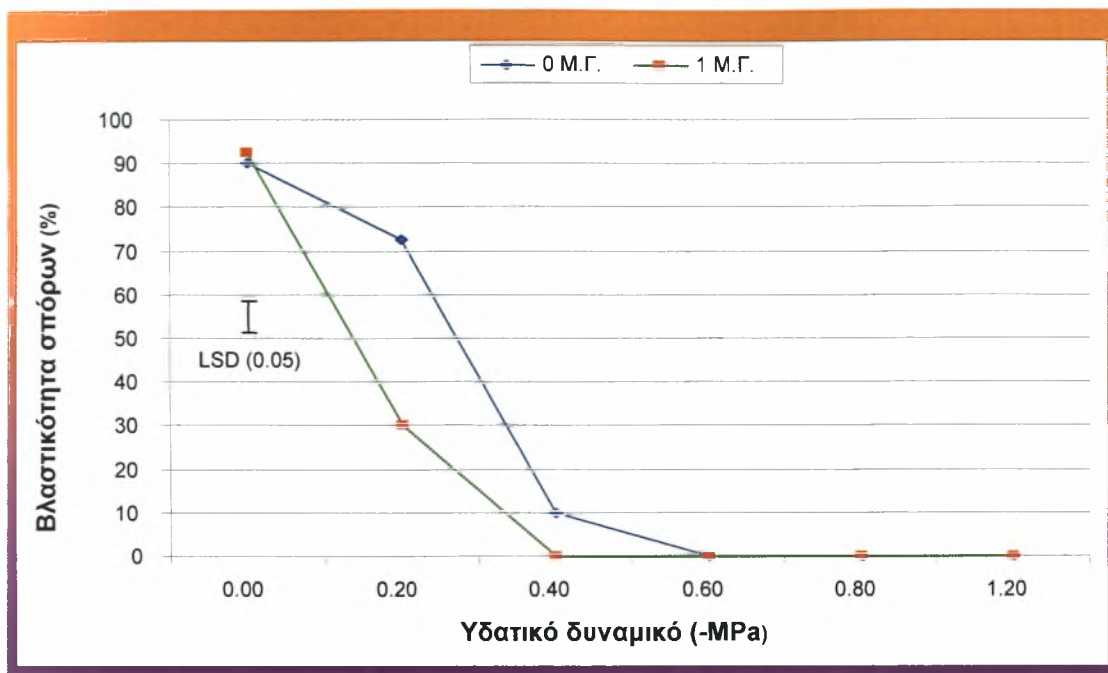
4.2. Ρυθμός ενυδάτωσης και επίδραση υδατικού δυναμικού στην βλάστηση/ανάπτυξη φυταρίων από σπόρους με υψηλή και χαμηλή βλαστική δύναμη

Ο ρυθμός ενυδάτωσης (αύξηση χλωρού βάρους) σε σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης είναι μικρότερος από αυτόν των σπόρων χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης κατά τις πρώτες 4 ώρες της ενυδάτωσης (Γράφημα 3). Η τάση αυτή αντιστρέφεται από τις 8 ώρες και μετά, ενώ στις 96 ώρες δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



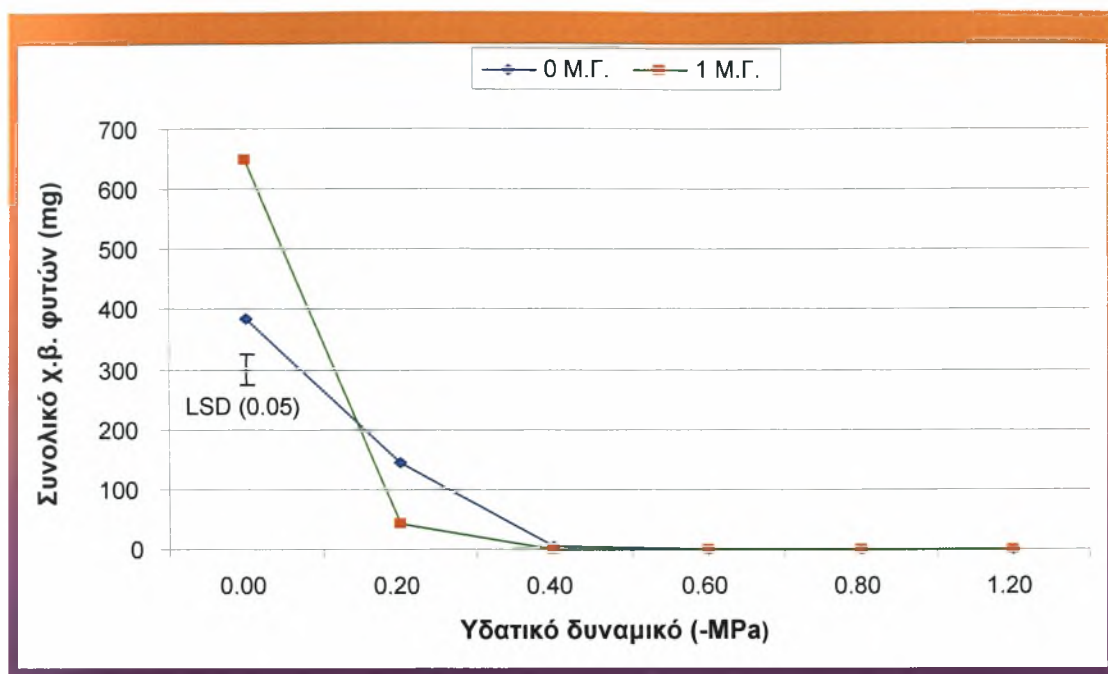
Γράφημα 3. Γραφική απεικόνιση του ρυθμού ενυδάτωσης (αύξηση χλωρού βάρους) σε σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης.

Παρατηρούμε ότι όσο μειώνεται το υδατικό δυναμικό, τόσο μειώνεται η βλαστικότητα των σπόρων (Γράφημα 4). Όμως οι σπόροι χαμηλής βλαστικής δύναμης (1 Μ.Γ.) είναι περισσότερο ευαίσθητοι στην μείωση του υδατικού δυναμικού από αυτούς της υψηλής (0 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης. Έτσι, για τιμές υδατικού δυναμικού -0.2MPa , έχουμε βλαστικότητα 73% σε σχέση με 30% για σπόρους από υψηλή και χαμηλή βλαστική δύναμη, αντίστοιχα. Για τιμές υδατικού δυναμικού μεγαλύτερες του -0.6MPa , έχουμε μηδενική βλάστηση και στις δυο περιπτώσεις (Γράφημα 4).



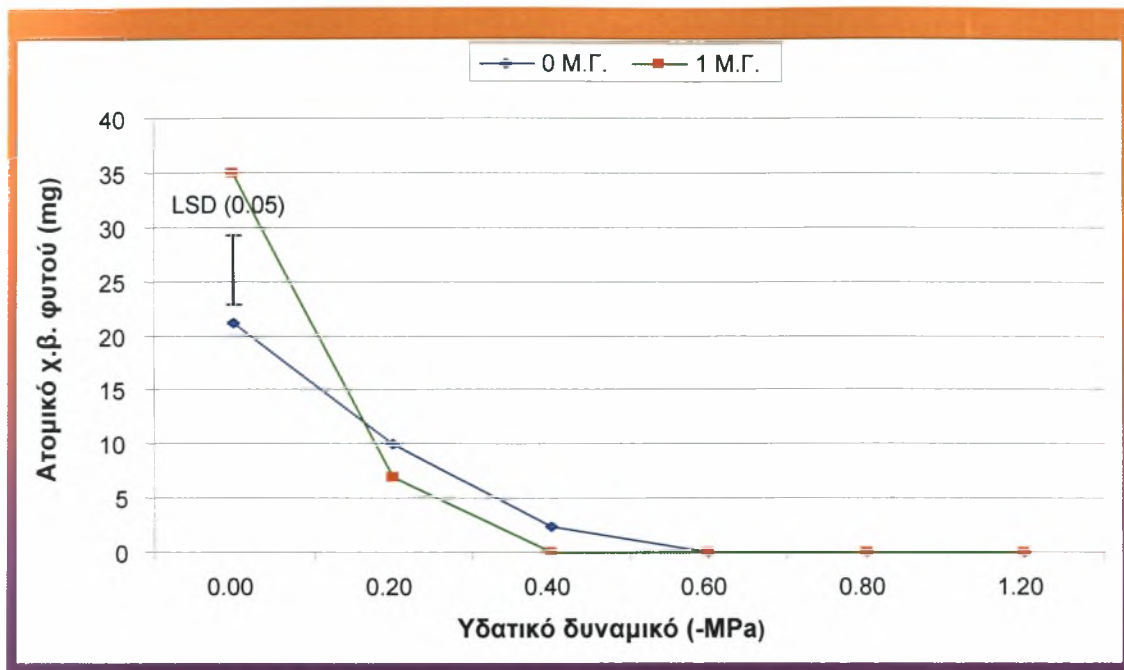
Γράφημα 4. Γραφική απεικόνιση της επίδρασης του υδατικού δυναμικού στην βλάστηση σπορών υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης.

Παρατηρούμε ότι όσο μειώνεται το υδατικό δυναμικό, τόσο μειώνεται και το συνολικό χλωρό βάρος των φυταρίων (Γράφημα 5). Στο καθαρό απεσταγμένο νερό (0MPa), έχουμε μεγαλύτερες τιμές συνολικού χλωρού βάρους για σπόρους χαμηλής (1 Μ.Γ.) από αυτές με σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης. Όταν το υδατικό δυναμικό είναι -0.2MPa, έχουμε μεγαλύτερες τιμές συνολικού χλωρού βάρους για σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) από αυτές με σπόρους χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης.



Γράφημα 5. Γραφική απεικόνιση της επίδρασης του υδατικού δυναμικού στο συνολικό χλωρό βάρος φυταρίων σπόρων υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης.

Η επίδραση του υδατικού δυναμικού στο ατομικό χλωρό βάρος φυταρίων σπόρων υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης έχει παρόμοια τάση με αυτήν του συνολικού χλωρού βάρους φυταρίων (Γράφημα 6).



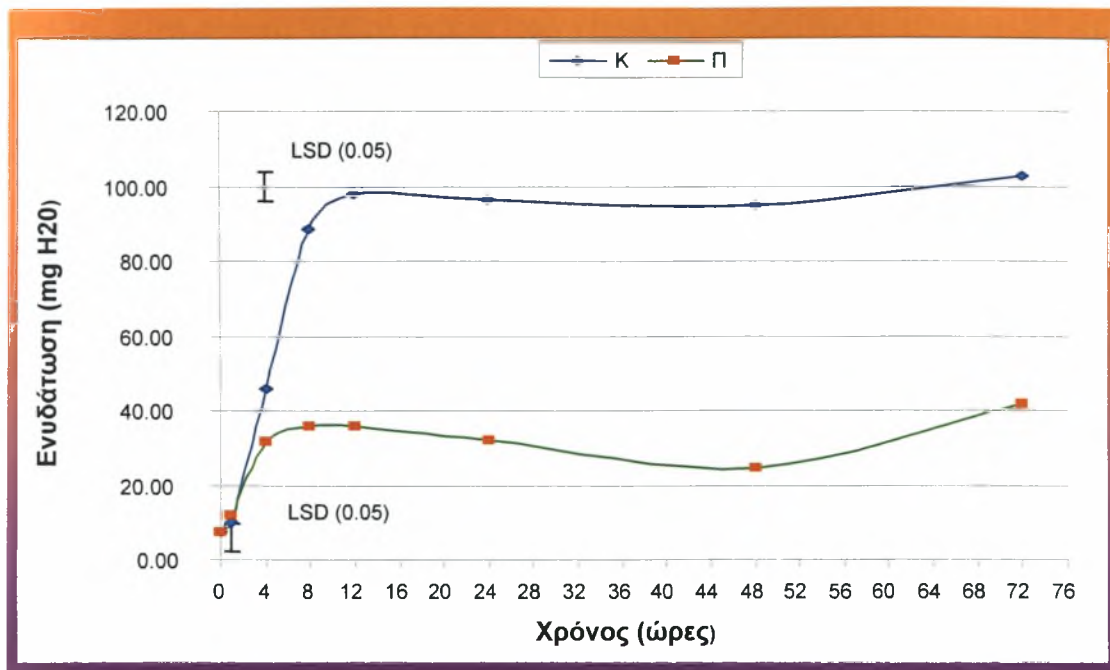
Γράφημα 6. Γραφική απεικόνιση της επίδρασης του υδατικού δυναμικού στο ατομικό χλωρό βάρος φυταρίων σπόρων (βάρος ανά σπορόφυτο) υψηλής (0 M.G.) και χαμηλής (1 M.G.) βλαστικής δύναμης.

4.3. Η ενυδάτωση των τμημάτων του σπόρου (περίβλημα, έμβρυο και κοτυληδόνες)

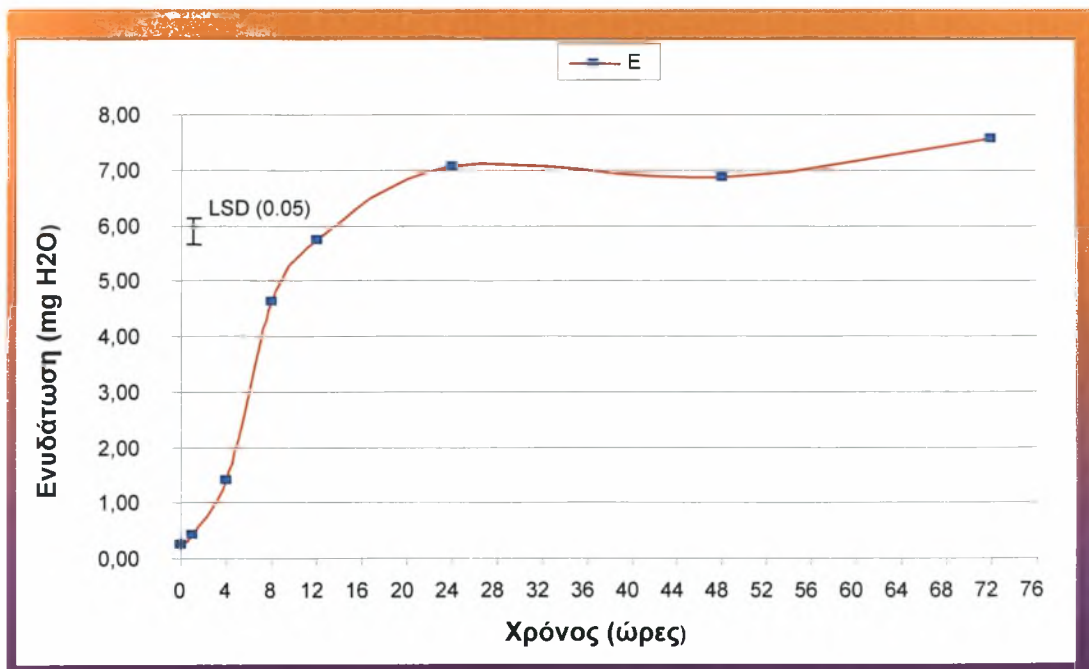
Η ενυδάτωση των μερών του σπόρου (περίβλημα, έμβρυο και κοτυληδόνες) παρουσιάζεται σε διαφορετικά διαγράμματα λόγω των πολύ μικρών τιμών για το έμβρυο (Γράφημα 7A, 7B). Παρατηρούμε μια απότομη αύξηση του νερού στις κοτυληδόνες (από 7.4 σε 98 mg νερού) κατά τις πρώτες 8 ώρες της ενυδάτωσης και οπού δημιουργείται ένα πλάτο μέχρι τις 72 ώρες ενυδάτωσης. Για τα περιβλήματα, η αύξηση αυτή είναι αφενός μικρότερη (από 7.4 σε 35 mg νερού) και αφετέρου συντελείται τις πρώτες 4 ώρες της ενυδάτωσης.

Όσον αφορά το έμβρυο, έχουμε αντίστοιχα απότομη αύξηση από 0.26 σε 7 mg του νερού τις πρώτες 24 ώρες της ενυδάτωσης και υστέρτα υπάρχει ένα πλάτο μέχρι τις 72 ώρες (Γράφημα 7B).

A.

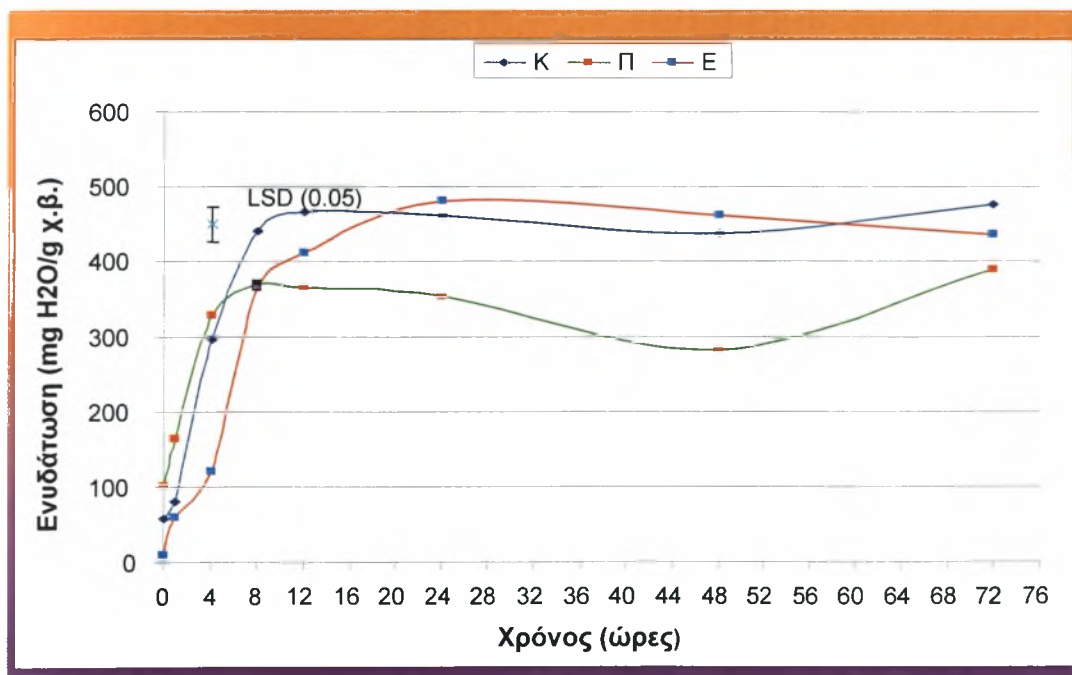


B.



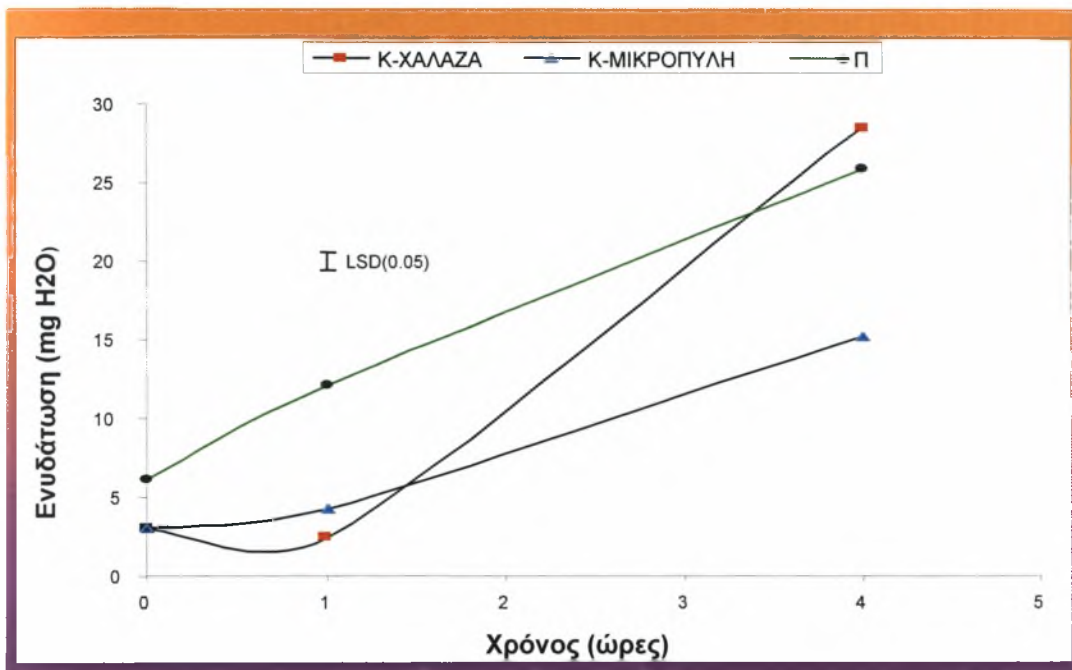
Γράφημα 7. Γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης ως απόλυτες τιμές (mg νερού) που προσροφάται: A. των κοτυληδόνων (Κ) και του περιβλήματος (Π) και B. του εμβρύου (Ε) κατά τις πρώτες 72 ώρες της ενυδάτωσης (σπόροι υψηλής βλαστικής δύναμης).

Η γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης ως σχετικές τιμές νερού τιμές νερού σε σχέση με το αρχικό χλωρό βάρος του ιστού διορθώνει το πρόβλημα ότι το έμβρυο έχει πολύ μικρό βάρος σε σχέση κυρίως με τις κοτυληδόνες αλλά και το περίβλημα (Γράφημα 8). Πιο συγκεκριμένα, στην αρχική κατάσταση του σπόρου πριν από την έναρξη της ενυδάτωσης, η σχετική περιεκτικότητα των ιστών σε νερό είναι περίβλημα>κοτυληδόνες>έμβρυο. Στις 2 ώρες ενυδάτωσης, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στο έμβρυο (από 9 σε 59 mg νερού/g ιστού), μετά στο περίβλημα (από 101 σε 163 mg νερού/g ιστού) και τέλος στις κοτυληδόνες (από 58 σε 80 mg νερού/g ιστού). Αργότερα, κοτυληδόνες έχουν μια πολύ απότομη αύξηση νερού (από 80 σε 467 mg νερού/g χλωρού βάρους ιστού) και η οποία σταθεροποιείται στις 12 ώρες ενυδάτωσης. Αντίθετα, η ενυδάτωση στα περιβλήματα σταθεροποιείται στις 8 ώρες σε τιμές στα 366 mg νερού/g χλωρού βάρους ιστού. Τέλος η ενυδάτωση του εμβρύου συνεχίζεται μέχρι τις 24 ώρες πριν σταθεροποιηθεί σε τιμές 481 mg νερού/g χλωρού βάρους ιστού.



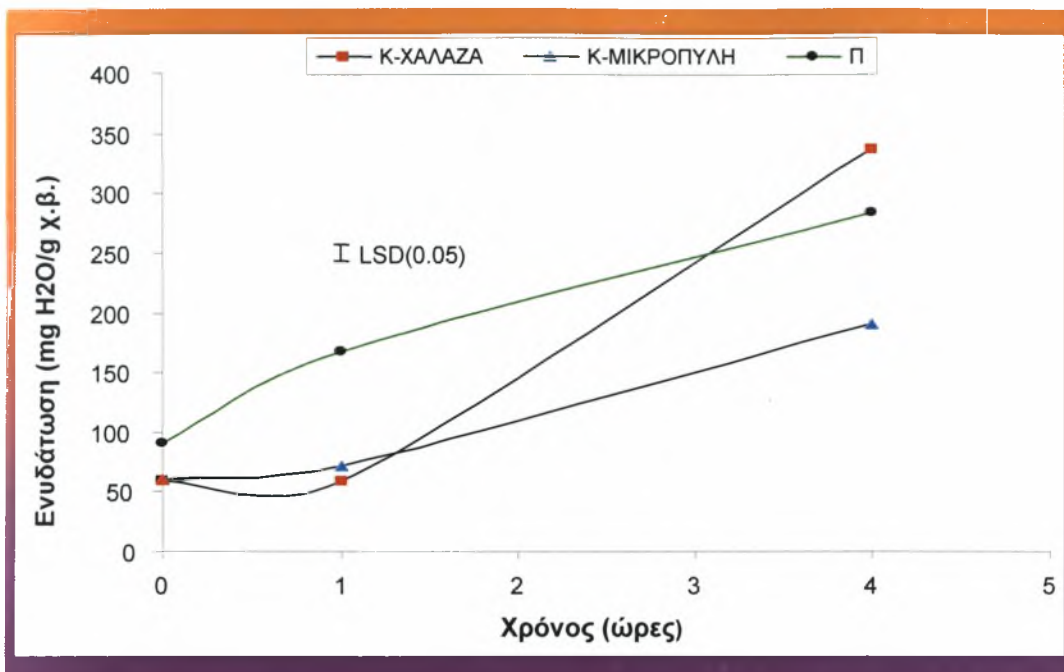
Γράφημα 8. Γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης ως σχετικές τιμές νερού (mg νερού/g χλωρού βάρους ιστού) που προσροφάται: στις κοτυληδόνες, τα περιβλήματα (Π) και το έμβρυο (Ε) κατά τις πρώτες 72 ώρες της ενυδάτωσης (σπόροι υψηλής βλαστικής δύναμης).

Όσον αφορά την απόλυτη ενυδάτωση (mg νερού) παρατηρούμε ότι οι περιοχές των κοτυληδόνες της χάλαζας (Κ-ΧΑΛΑΖΑ) έχουν μεγαλύτερες τιμές από αυτές της μικροπύλης (Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ) (Γράφημα 9). Πιο συγκεκριμένα, στην αρχική κατάσταση των σπόρων πριν την έναρξη της ενυδάτωσης και την 1^η ώρα ενυδάτωσης. Αντίθετα, την 4^η ώρα της ενυδάτωσης η περιοχή των κοτυληδόνων της χάλαζας (Κ-ΧΑΛΑΖΑ) έχει περίπου διπλάσιες τιμές από αυτήν της μικροπύλης (Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ).



Γράφημα 9. Γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης ως απόλυτες τιμές (mg νερού) που προσροφάται στις κοτυληδόνες της περιοχής της χάλαζας (Κ-ΧΑΛΑΖΑ), της μικροπύλης (Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗΣ) και του περιβλήματος (Π).

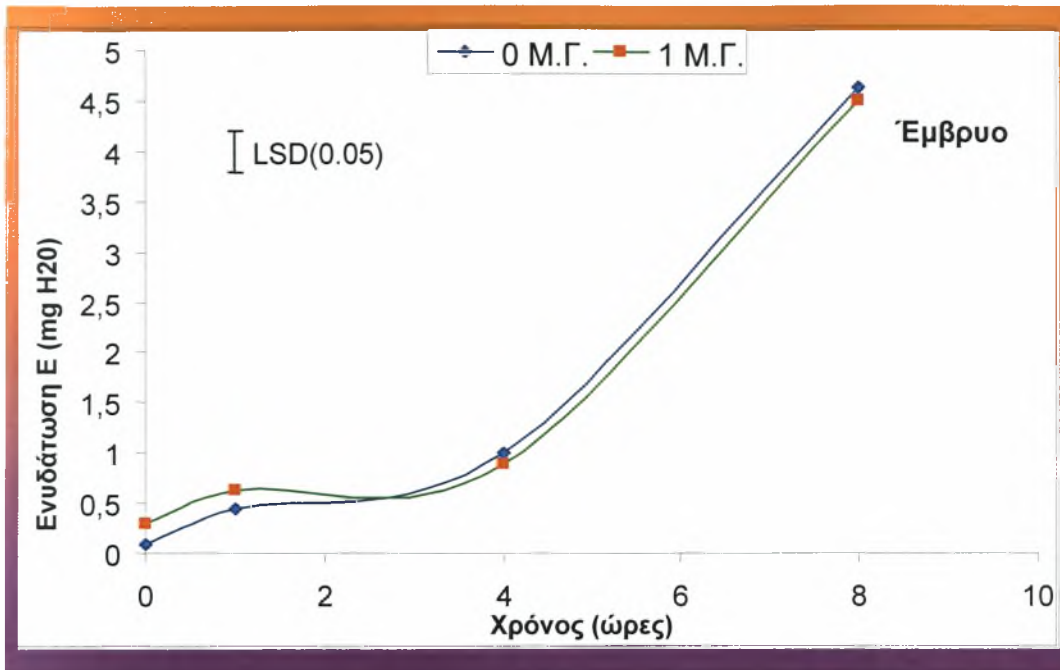
Όσον αφορά την σχετική ενυδάτωση (mg νερού/g χλωρό βάρος ιστού) παρατηρούμε ότι οι περιοχές των κοτυληδόνων της χάλαζας (Κ-ΧΑΛΑΖΑ) έχουν μεγαλύτερες τιμές από αυτές της μικροπύλης (Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ) (Γράφημα 10) και οι καμπύλες είναι παρόμοιες με αυτές της απόλυτης ενυδάτωσης.



Γράφημα 10. Γραφική απεικόνιση της ενυδάτωσης ως σχετικές τιμές (mg νερού/g χλωρού βάρους ιστού) που προσροφάται στις κοτυληδόνες της περιοχής της χάλαζας (Κ-ΧΑΛΑΖΑ), της μικροπύλης (Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗΣ) και του περιβλήματος (Π).

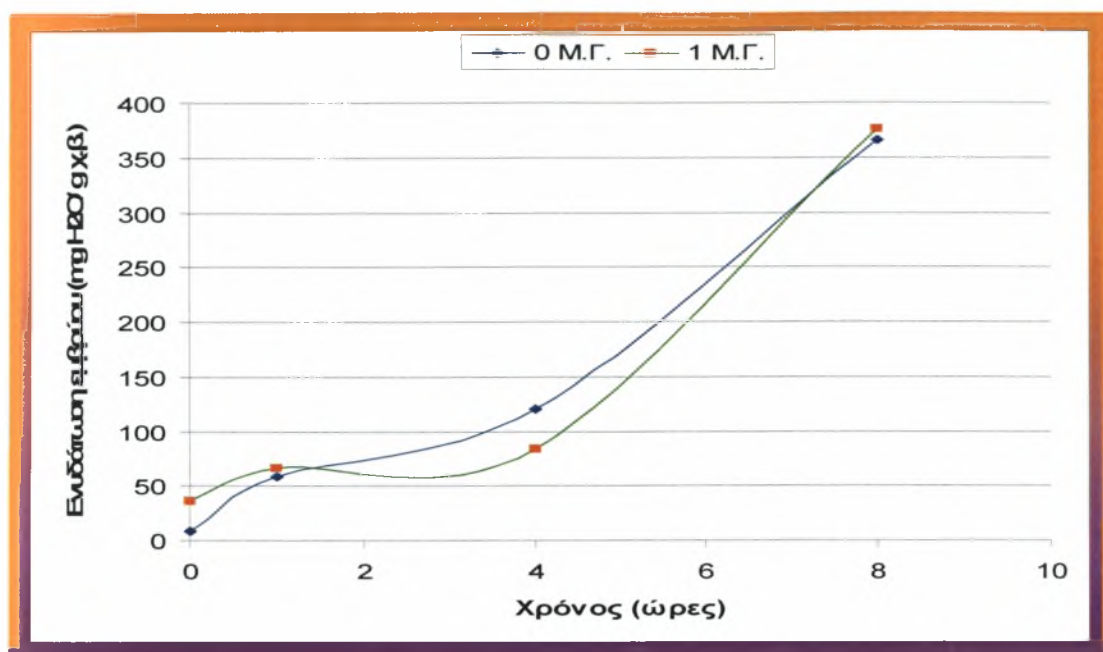
4.4. Η επίδραση της βλαστικής δύναμης στην ενυδάτωση του σπόρου και των μερών αυτού

Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει διαφορά στην ενυδάτωση του εμβρύου μεταξύ των σπόρων υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης (Γράφημα 11).



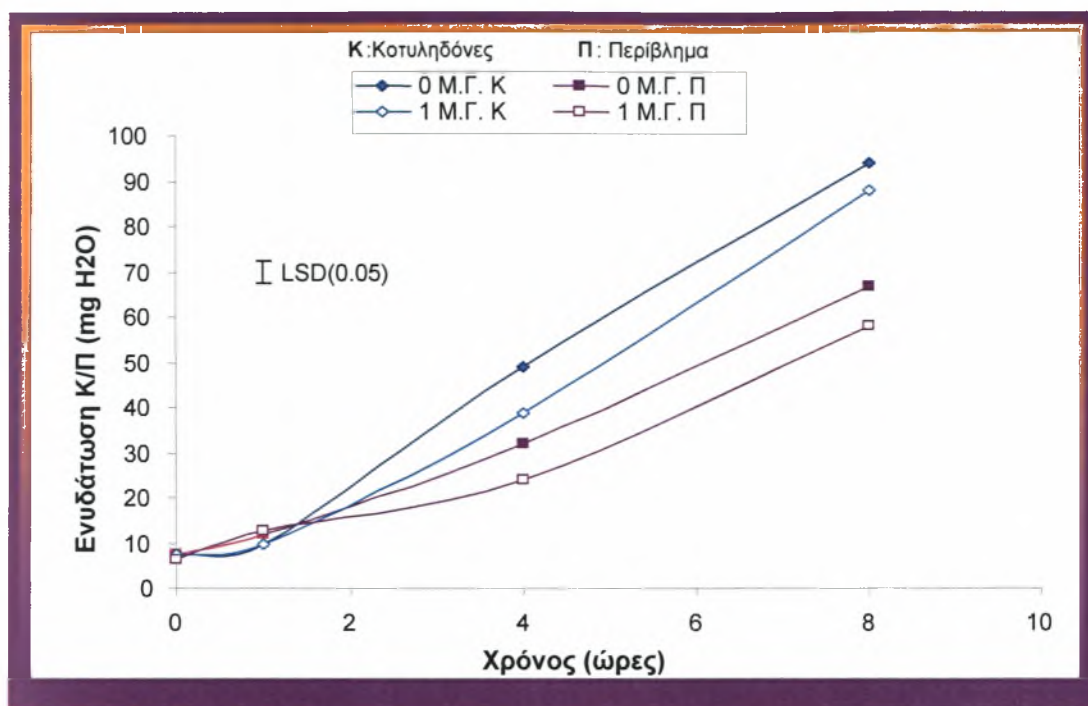
Γράφημα 11. Γραφική απεικόνιση της απόλυτης ενυδάτωσης (mg νερού) του εμβρύου σε σπόρους υψηλής (0 M.Γ.) και χαμηλής (1 M.Γ.) βλαστικής δύναμης

Όσον αφορά την σχετική ενυδάτωση (mg νερού/g ιστού) του εμβρύου παρατηρούμε ότι είναι διαφορετική από την αντίστοιχη απόλυτη ενυδάτωση (Γράφημα 12). Πιο συγκεκριμένα, στην αρχική κατάσταση του σπόρου πριν από την έναρξη της ενυδάτωσης, η σχετική περιεκτικότητα του εμβρύου της χαμηλής (1 M.Γ.) είναι μεγαλύτερη από αυτήν της υψηλής (0 M.Γ.) βλαστικής δύναμης, όπως και στις 4 ώρες, ενώ την 1^η και 8^η ώρα δεν υπάρχουν διαφορές.



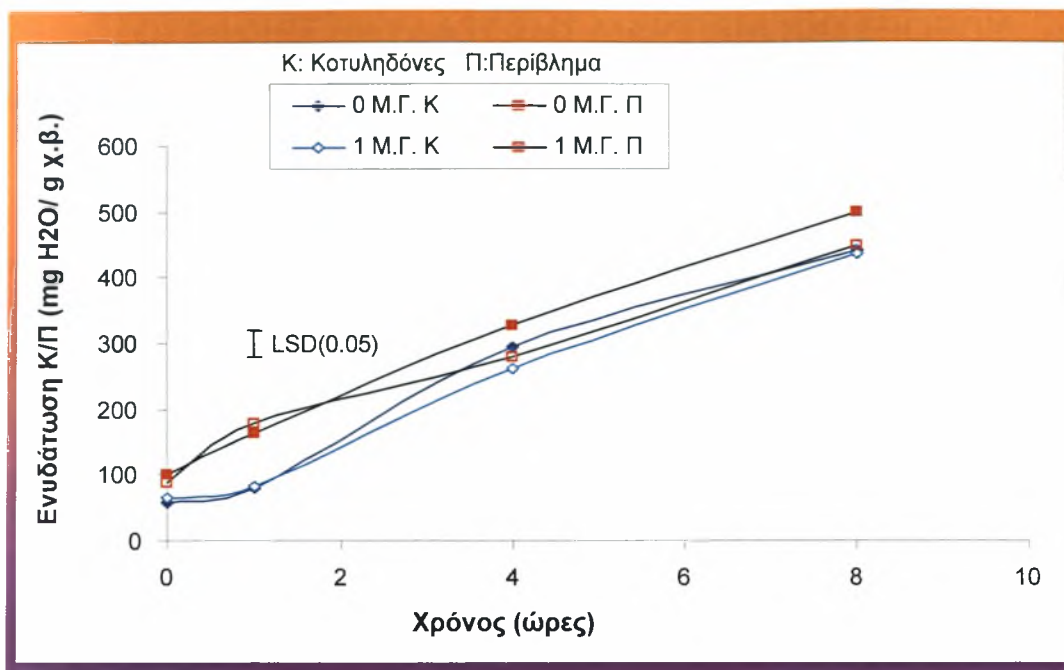
Γράφημα 12. Γραφική απεικόνιση της σχετικής ενυδάτωσης (mg νερού/g χλωρό βάρος ιστού) του εμβρύου σε σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης..

Γενικά, παρατηρούμε ότι οι σπόροι υψηλής (0 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης έχουν μεγαλύτερες τιμές ενυδάτωσης από τους σπόρους χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης όσον αφορά τις κοτυληδόνες και το περίβλημα (Γράφημα 13). Πιο συγκεκριμένα, οι διαφορές εντοπίζονται όχι στην 1^η ώρα, αλλά στις 4 και 8 ώρες ενυδάτωσης.



Γράφημα 13. Γραφική απεικόνιση της απόλυτης ενυδάτωσης (mg νερού) των κοτυληδόνων (Κ) και του περιβλήματος (Π) σε σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης.

Γενικά, παρατηρούμε ότι οι σπόροι υψηλής (0 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης έχουν μεγαλύτερες τιμές σχετικής ενυδάτωσης (mg νερού/g χλωρό βάρος ιστού) από τους σπόρους χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης όσον αφορά κυρίως το περίβλημα (Γράφημα 14).



Γράφημα 14. Γραφική απεικόνιση της σχετικής ενυδάτωσης (mg νερού/g χλωρό βάρος ιστού) των κοτυληδόνων (Κ) και του περιβλήματος (Π) σε σπόρους υψηλής (0 Μ.Γ.) και χαμηλής (1 Μ.Γ.) βλαστικής δύναμης

5. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ ΜΑΡΤΥΡΑ ΚΑΙ ΣΠΟΡΟΥ ΠΑΛΑΙΩΣΗΣ

Οι χρωστικές είναι κάποιες χημικές ουσίες που όταν διαλυθούν σε οργανικό διαλύτη και ρίξουμε λίγες από τις σταγόνες του διαλύματος τότε το διάλυμα βάφει τα σημεία του σπόρου στα οποία υπάρχει νερό. Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρατηρούμε την πορεία του νερού κατά τη διάρκεια της ενυδάτωσης, το βαμμένο μπλε σημείο είναι η θέση του νερού εκείνη τη στιγμή.



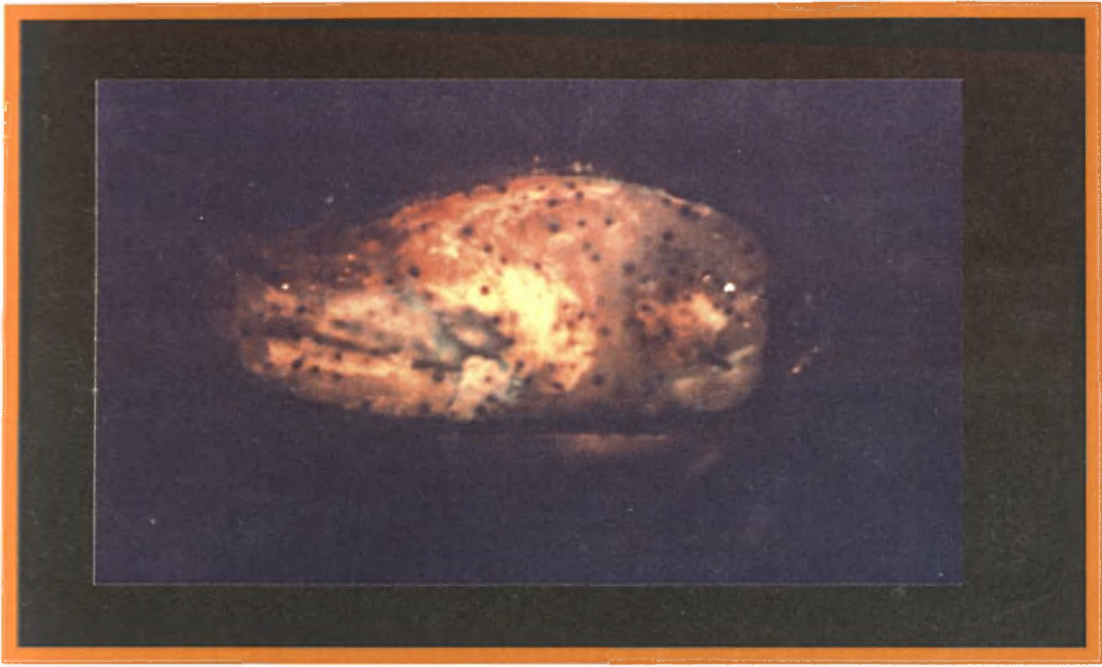
Εικόνα 1. Το νερό βρίσκεται στις κάτω κοτυληδόνες, η ενυδάτωση δεν έχει περάσει ακόμη στις πάνω κοτυληδόνες και στο έμβρυο (βαθμιαία χρώση για μία ώρα ενυδάτωση).



Εικόνα 2. Αρχικό στάδιο της ενυδάτωσης του σπόρου. Παρατηρείται αρχική διάρρυξη περιβλημάτων κατά τις δύο ώρες της ενυδάτωσης.



Εικόνα 3. Το νερό βρίσκεται στις άνω και κάτω κοτυληδόνες (χάλαζα και μικροπύλη αντίστοιχα), συνεχίζουν να απορροφούν νερό μέχρι τις 8 ώρες όπου και σταθεροποιείται η κατάσταση (Γράφημα 8). Από την άλλη το έμβρυο απορροφάει συνεχώς νερό, για το λόγο αυτό η περιοχή γύρω από το έμβρυο είναι βαμμένη μπλε χρώμα. Πρόκειται για την τελική διάρρυξη των περιβλημάτων κατά τις 6 ώρες της ενυδάτωσης.



Εικόνα 4. Το νερό μεταφέρεται στις κάτω κοτυληδόνες, κοντά στο έμβρυο, για να σταθεροποιηθεί στις 8 ώρες ενυδάτωσης. Παρατηρούμε μία βαθμιαία χρώση για τις 6 ώρες της ενυδάτωσης.



Εικόνα 5. Το νερό διακρίνεται στο σημείο που βάφει η χρωστική το σπόρο με μπλε χρώμα. Αυτό το σημείο είναι οι άνω κοτυληδόνες. Παρατηρείται εντονότερο βάψιμο της πάνω περιοχής των κοτυληδόνων σε σχέση με την αντίστοιχη κάτω.



Εικόνα 6. Ενυδατωμένος σπόρος 48 ωρών, το νερό έχει περάσει από το περίβλημα, στους κοτυληδόνες και στο έμβρυο. (βαθμιαία χρώση για 48 ώρες ενυδάτωσης).



Εικόνα 7. Ο σπόρος που δεν είναι βαμμένος με χρωστική είναι ο δεξιός, ο άλλος έχει εμβαπτιστεί με Fast Green. (μάρτυρας Fast Green).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Είναι αυτονόητο ότι οι απόλυτες τιμές της ενυδάτωσης (mg νερού) είναι μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερο είναι το αρχικό βάρος του ιστού. Έτσι, είναι αναμενόμενο ότι η σειρά των απόλυτων τιμών της ενυδάτωσης θα είναι κοτυληδόνες>περίβλημα>έμβρυο (Chachalis and Smith, 2001).

. Για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα αυτό, η ενυδάτωση των ιστών μετρήθηκε σε σχετικές τιμές (mg νερού ανά g χλωρού βάρους ιστού). Έτσι, οι σχετικές τιμές της ενυδάτωσης στην ουσία μας δείχνουν το δυναμικό κάθε ιστού προς ενυδάτωση ανεξαρτήτου αρχικού βάρους.

Σε σπόρους, γενικά, πριν από την έναρξη της ενυδάτωσης, η σειρά της σχετικής παρουσίας νερού είναι περίβλημα>κοτυληδόνες>έμβρυο. Είναι πραγματικά αξιοσημείωτο πόσο λίγο νερό ανά γραμμάριο ιστού περιέχεται στο έμβρυο (μόλις 9mg νερού ανά γραμμάριο), ενώ το περίβλημα έχει δέκα φορές περισσότερο νερό. Αντίθετα, σε άλλα είδη σπόρων όπως η σόγια, το έμβρυο και οι κοτυληδόνες έχουν 72g και 88 mg νερού ανά γραμμάριο ιστού (McDonald *et al.* 1988), ενώ παρόμοια είναι και η κατάσταση στο καλαμπόκι (McDonald *et al.* 1994).

Τα αποτελέσματα της σχετικής ενυδάτωσης των τμημάτων του σπόρου (Γράφημα 7) επιβεβαιώνουν την κλασική αντίληψη που υπάρχει στην διεθνή βιβλιογραφία ότι η ενυδάτωση του σπόρου ακολουθεί μια αντίθετη-σιγμοειδή καμπύλη (reverse sigmoidal-shaped curve), και αφορά το έμβρυο αλλά όχι το περίβλημα, ενδοσπέρμιο ή κοτυληδόνες (Kozlowski, 1972). Σύμφωνα με αυτήν, το έμβρυο έχει μια αρχικά απότομη αύξηση της ενυδάτωσης, μετά υπάρχει ένα πλατό και τέλος μια δεύτερη αύξηση που αντιστοιχεί σε ανάπτυξη μετά την βλάστηση του σπόρου. Αντίθετα, οι κοτυληδόνες και το περίβλημα δεν ακολουθούν την παραπάνω τάση, αποκτώντας ένα πλατό σχετικά νωρίς χωρίς περαιτέρω αύξηση. Έτσι, η ποσότητα του νερού που μπορεί να απορροφηθεί από τον σπόρο είναι συγκεκριμένη και περιορισμένη Phillips (1968) and Sean *et al.*, (1982).

Στην παρούσα μελέτη, κατά τις πρώτες ώρες της ενυδάτωσης (μέχρι τις 4 ώρες), υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ αφενός του περιβλήματος/κοτυληδόνων και αφετέρου του εμβρύου. Θα λέγαμε ότι αυτό είναι σχετικά αναμενόμενο καθώς

το περίβλημα είναι ο πρώτος ιστός που έρχεται σε επαφή εξωτερικά με το νερό. Επιπρόσθετα, το περίβλημα έχει ένα δυναμικό ενυδάτωσης το οποίο φθάνει στο μέγιστο του πολύ νωρίς σχετικά, πιο συγκεκριμένα, τις πρώτες 4 με 8 ώρες ενυδάτωσης. Αντίθετα, στην σόγια το δυναμικό ενυδάτωσης του περιβλήματος αφενός είναι μικρότερο και αφετέρου απαιτείται περισσότερος χρόνος για να πιάσει ένα πλατό (McDonald *et al.*, 1988). Πολύ πιθανόν είναι το γεγονός, ότι κάποιες διαφορές που παρατηρούνται στην χημική σύσταση καθώς και στην μικροδομή των περιβλημάτων, μπορεί να οφείλονται στις παραπάνω διαφορές, αφού και το βαμβάκι και η σόγια ανήκουν σε διαφορετικές βοτανικές οικογένειες.

Στη μελέτη μας, η σχετική ενυδάτωση του εμβρύου ακολουθεί εν μέρει την προαναφερθείσα αντίθετη-σιγμοειδή καμπύλη καθώς δεν παρατηρείται δεύτερη αύξηση λόγω του ότι οι μετρήσεις δεν συνεχίστηκαν για περισσότερο από τις 72 ώρες (Διάγραμμα 7B). Ακόμη, παρατηρείται ότι το έμβρυο έχει μεγαλύτερο δυναμικό ενυδάτωσης από τα άλλα μέρη του σπόρου. Παρόμοια αποτελέσματα, όσον αφορά το δυναμικό ενυδάτωσης του εμβρύου, έχουν δημοσιευθεί για την σόγια (McDonald *et al.*, 1988), το μπιζέλι (Waggoner and Parlange, 1976), και το καλαμπόκι (McDonald *et al.*, 1994).

Η πιο πιθανή εξήγηση για το μεγαλύτερο δυναμικό ενυδάτωσης του εμβρύου σε σχέση με τις κοτυληδόνες είναι η υψηλότερη περιεκτικότητα του σε υδατοδιαλυτούς (insoluble) υδατάνθρακες, όπως έχει μετρηθεί στην σόγια Wolf and Cowan (1971). Επιπρόσθετα, οι Smith and Circle (1972) έδειξαν ότι πρωτίστως οι υδατοδιαλυτοί (insoluble) υδατάνθρακες και δευτερευόντως οι πρωτεΐνες είναι υπεύθυνοι για την απορρόφηση του νερού στο σπόρο της σόγιας.

Στο πειραματικό μέρος της μελέτης μας, χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα PEG ώστε να μειωθεί το υδατικό δυναμικό και τελικά να χαρακτηριστεί η επίδραση του υδατικού δυναμικού στην βλάστηση σπόρων υψηλής και χαμηλής βλαστικής δύναμης. Είναι αξιοσημείωτο ότι μόνο για τιμές υδατικού δυναμικού (-0.20 MPa), παρατηρήθηκε τεράστια μείωση στην βλάστηση του σπόρου χαμηλής σε σχέση με την υψηλή βλαστική δύναμη. Αυτό έχει μεγάλη σημασία και μπορεί να αποτελέσει την βάση για την δημιουργία ενός εναλλακτικού τεστ διαχωρισμού των σπόρων σε υψηλής και χαμηλής ποιότητας. Η ανάγκη δημιουργίας εναλλακτικών τεστ ελέγχου της ποιότητας

των σπόρων είναι καταγεγραμμένη τόσο για το βαμβάκι όσο και για όλες τις άλλες καλλιέργειες (Bewley and Black, 1985).

Ακόμη, παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ποσοστό ενυδάτωσης σε σπόρους χαμηλής βλαστικής δύναμης από ότι σε σπόρους υψηλής βλαστικής δύναμης μόνο για τις πρώτες 8 ώρες της ενυδάτωσης (Γράφημα 11). Έρευνες έχουν δείξει ότι σε σπόρους σόγιας που έχουν υποστεί επιταχυνόμενη γήρανση, υπάρχει αύξηση στα galactosyl σάκχαρα (Main *et al.* 1983) και στην μπάμια μείωση ολικών πρωτεϊνών με παράλληλη αύξηση αμινοξέων (Singh and Singh, 1986). Επιπρόσθετα, είναι πιθανόν ότι όλη η διαδικασία της επιταχυνόμενης γήρανσης να έχει επιφέρει αλλαγές στην μικροδομή των περιβλημάτων με αποτέλεσμα να παρατηρείται σε αυτά μεγαλύτερη διαπερατότητα στο νερό. Παρόμοια τέτοια επίδραση έχει δειχθεί και στην σόγια (Chachalis and Smith, 2001).

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη, αποδείχθηκε ότι η περιοχή των κοτυληδόνων της χάλαζας απορροφάει ποσοτικώς περισσότερο νερό ταχύτερα σε σχέση με την περιοχή των κοτυληδόνων της μικροπύλης (Γράφημα 10). Παράλληλα, με τη βοήθεια των χρωστικών, αποδείχθηκε ότι η απορρόφηση του νερού δεν είναι ομοιόμορφη στο σπόρο του βαμβακιού, σύμφωνα με τα δεδομένα από ποσοτικές μετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε μέσω των χρωστικών (εικόνα 1) ότι η περιοχή των κοτυληδόνων της χάλαζας απορροφάει νερό ταχύτερα από την περιοχή των κοτυληδόνων της μικροπύλης. Αυτό μπορεί να οφείλεται αφενός σε μεγαλύτερη περατότητα του περιβλήματος και αφετέρου στο μεγαλύτερο δυναμικό ενυδάτωσης της περιοχής των Κ-ΧΑΛΑΖΑΣ από ότι σε αυτή των Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗΣ (εικόνα 1). Παρατηρώντας τα γραφήματα και τις αντίστοιχες εικόνες της ενυδάτωσης διαπιστώνουμε ότι η ενυδάτωση του σπόρου του βαμβακιού γίνεται ακριβώς όπως ήταν αναμενόμενο από τη μελέτη των γραφημάτων. Πιο αναλυτικά, στη μία ώρα της ενυδάτωσης (εικόνα 1) η χρωστική έχει βάψει μόνο τη περιοχή της χάλαζας, που σημαίνει ότι εκεί βρίσκεται το νερό. Όμως από γράφημα 9 το περισσότερο νερό συγκεντρώνεται στη μικροπύλη. Καθώς βέβαια συνεχίζεται η ενυδάτωση η χρωστική βάφει τα σημεία που ήταν αναμενόμενο να βάψει, όπως φαίνεται και στην εικόνα 7 με αντίστοιχο γράφημα 7 κατά τις δύο ώρες της ενυδάτωσης, αντίστοιχα στις 6 ώρες (εικόνα 2) και 48 ώρες (εικόνα 5).

Εν κατακλείδι, προκειμένου να δημιουργηθεί μία εικόνα από το μονοπάτι ενυδάτωσης θα λέγαμε ότι η ενυδάτωση του σπόρου του βαμβακιού ξεκινάει με την εισαγωγή του νερού από το περίβλημα, συνεχίζει με την είσοδο του νερού στις κοτυληδόνες και συγκεκριμένα στην Κ-ΧΑΛΑΖΑ όπου και δεν παραμένει για παραπάνω από μία ώρα, όπως προκύπτει και από το γράφημα 9, πιθανόν λόγω χαμηλής αποθηκευτικής ικανότητας, αλλά προχωράει στην Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ όπου σε αυτό το σημείο αρχίζει να ενυδατώνεται το έμβρυο και να μειώνεται το ποσοστό απορρόφησης νερού από τη Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ. Για το λόγο αυτό παρατηρούμε στο γράφημα 9, ότι στη μία ώρα έχουμε Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ>Κ-ΧΑΛΑΖΑ ενώ στις 4 ώρες ενυδάτωσης παρατηρείται Κ-ΜΙΚΡΟΠΥΛΗ<Κ-ΧΑΛΑΖΑ. Οι ποσοτικές μας μετρήσεις όμως έρχονται σε

αντίθεση με τη μελέτη μας με τις χρωστικές. Σύμφωνα με αυτές συμπεραίνεται ότι το τμήμα του σπόρου του βαμβακιού που βιάφηκε περισσότερο με τις χρωστικές είναι αυτό που έχει το περισσότερο νερό, δηλαδή η Κ-ΧΑΛΑΖΑ (εικόνα 1). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής μπορεί να οδηγήσουν σε μια καλύτερη προσέγγιση των φυσιολογικών διεργασιών που απαντώνται κατά τη βλάστηση των σπόρων του βαμβακιού.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Basra S.M.A, Ahmad, N. et al (2003), Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. Seed Science and Technology (531-540).
- Basu, R. N. and G.Dey.1983. Soaking and drying of stored sunflower seeds for maintaining viability, vigor of seedling and yield potential. Ind. J. Agric. 53: 563-569.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1985. Seeds. Physiology of Development and Germination. Plenum, New York. p. 5, 9 and 118.
- Blacklow, W.M. (1972). Mathematical description of the influence of temperature and seed quality on imbibition by seeds of corn (*Zea mays* L). Crop Science. 12, (643-646).
- Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort. Science. 21:1105-1112.
- Chachalis and Smith (2000), Understanding the mechanisms and kinetics of seed ageing. Plant physiology. 124:1 595-1604.
- Chris J Meyer, Ernst Stendle and Carol A. Peterson 2006, Journal of Experimental Botany (Vol 58). Patterns and kinetics of water uptake by soybean seeds. 717-731.

- Gray D. and J. R. A. Steckel.1984. Viability of onion (*Allium cepa*) seed as influenced by temperature during seed growth. *Ann. Appl. Biol.* 104:375-382.
- Hegarty, T. W. 1978. The physiology of seed hydration and dehydration and the relation between water stress and the control of germination: a review. *Plant, Cell and Environment.* 1:110-119.
- Heydecker, W. J. Higgins and Y. J. Turner. 1975. Invigoration of seeds. *Seed Science Technology.* 3:881-884.
- Hopkins, W.G. (1995) *Introduction to plant physiology.* John Wiley and sons inc.
- Hunter, J.R. and Erickson, A.E. (1952). Relation of seed germination to soil moisture tension. *Agronomy journal.* 44, p(109-109).
- Leopold AC. 1983. Volumetric components of seed imbibition. *Plant Physiology* 73, 677-680.
- Lopez, A. and D. F. Grabe. 1973. Effect of protein content on seed performance in wheat (*Triticum aestivum* L). *Proc. Assoc. Offic. Seed. Anal.* 63: 106-116
- Mc Donald, M.B., J.SULLIVAN AND M.J.I. AVER.1994. *Seed Science and Technology.* The pathway of water uptake in maize seeds. 79-90.
- Mc Donald, M. B. 1988. *Crop Science.* Seed Coat Regulation of Soybean Seed Imbibition, Seed physiology, Production and Technology. 987-992.

- Mc Donald, M. B. November- December 1998. *Crop Science* Soybean Seed Imbibition: Water Absorption by Seed Parts: 993-997.
- Mc Donald, M. B. 2001. *Seed Conditioning and Handling. Principles of seed science and Technology*: 252-267.
- Murphy, G. B. and T. L. Noland. 1982. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant Physiology*.69: 428-431.
- Noggle, G. R. and G. J. Fritz. 1976. Water as a plant constituent. In W. D. McElroy and C. P. Swanson, Ed. *Introductory Plant Physiology*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Phillips, R.E. 1968. Water diffusivity of germinating soybean, corn and cotton seed. *Agron. J.* 60:568-571.
- Powell, A.A., and S.Matthews.1978. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. *J. Exp. Bot.* 29:1215-1229.
- Waggoner, P.E. and J.Y. Parlange. 1976. Water uptake and water diffusivity of seeds. *Plant Physiology*. 57:153-156.
- Webster, B.D. and A.C. Leopold. 1977. The ultrastructure of dry and imbibed cotyledons of soybean. *Am. J. Bot.* 64:1286-1293.
- Woodstock. L. W. 1998. *Journal of seed Technology*. Seed Imbibition: A critical period for successful Germination: 1-13.

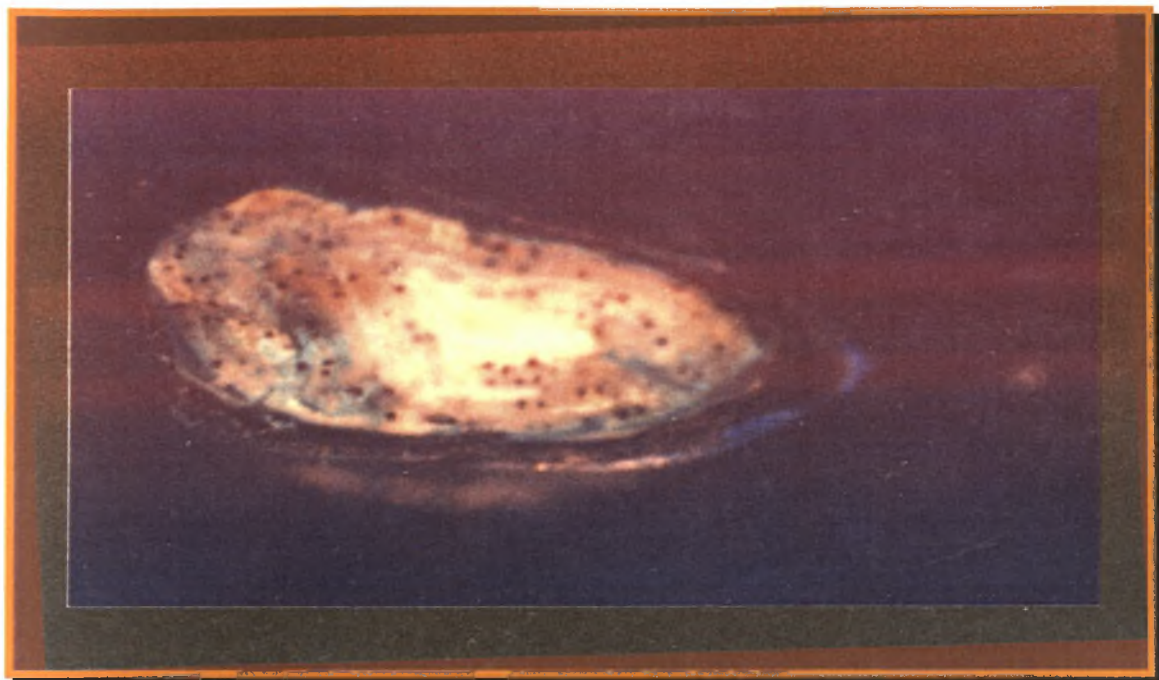
8.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα, τόμος 13^{ος} , σελ (241-242). Βαμβάκι. Αθήνα 1996.
- Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα, τόμος 10^{ος} , σελ (285). Καλαμπόκι. Αθήνα 1996.
- Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα, τόμος 36^{ος} , σελ (169). Κριθάρι. Αθήνα 1996.
- Μπαξεβάνος, Δ. 2001. Η ποιότητα του βαμβακόσπορου, η σπορά και η εγκατάσταση της φυτείας του βαμβακιού. MarketAgri 3: 1-17.
- Μυγδάκος, Ε. Οικονομική και Κοινωνική σημασία της βαμβακοκαλλιέργειας για την Ελλάδα. Εισήγηση στο συνέδριο του ΓΕΩΤΕΕ με θέμα «Το ελληνικό βαμβάκι στην Ευρώπη». Λάρισα 1994.
- Τόλης, Ι.Δ. 1986. Βαμβάκι: Εχθροί, Ασθένειες, Ζιζάνια. Αθήνα.
- ΧΑ. Ι.Α. 2007. Σποροπαραγωγή- Φυσιολογία και Τεχνολογία Σπόρου: 22.

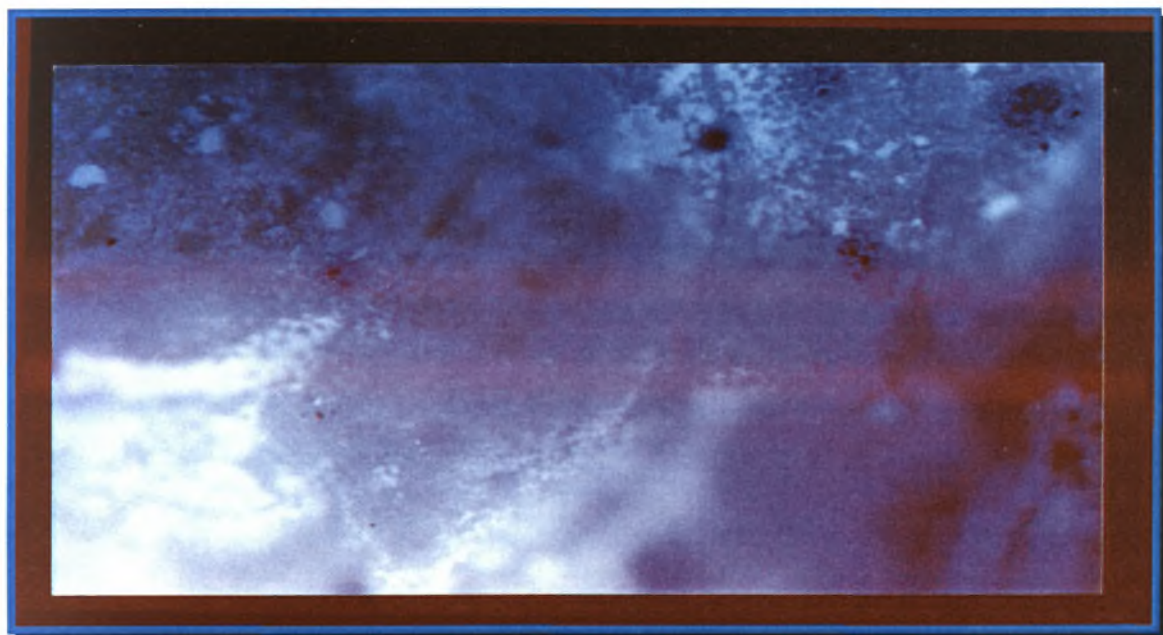
8.3. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <http://images.google.gr/images?hl=el&q=COTTON-+SEED+IMBIBITION&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wi>
- ([www.cottongrowth and development.org/pubs.caes.uga.edu/html](http://www.cottongrowthanddevelopment.org/pubs.caes.uga.edu/html))
- <http://www.griffin.uga.edu/caes/cotton>
- <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/B1252.htm>
- <http://scholar.google.com/scholar?q=COTTON-+SEED++PATHWAY+OF+IMBIBITION&hl=el&um=1&ie=UTF-8&oi=scholart>
- <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=166571>
- http://scholar.google.com/scholar?hl=el&lr=&scoring=r&q=COTTON-+SEED++PATHWAY+OF+IMBIBITION&as_ylo=2005&btnG=%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%B6%CE%AE%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7
- [http://www.plantphysiol.org/cgi/search?andorexactfulltext=and&resource_type=1&disp_type=&sortspec=relevance&author1=&fulltext=COTTON&pubdate_year=&volume=&firstpage.](http://www.plantphysiol.org/cgi/search?andorexactfulltext=and&resource_type=1&disp_type=&sortspec=relevance&author1=&fulltext=COTTON&pubdate_year=&volume=&firstpage)
- http://www.minagric.gr/greek/aqro_pol/tmima3_text.htm

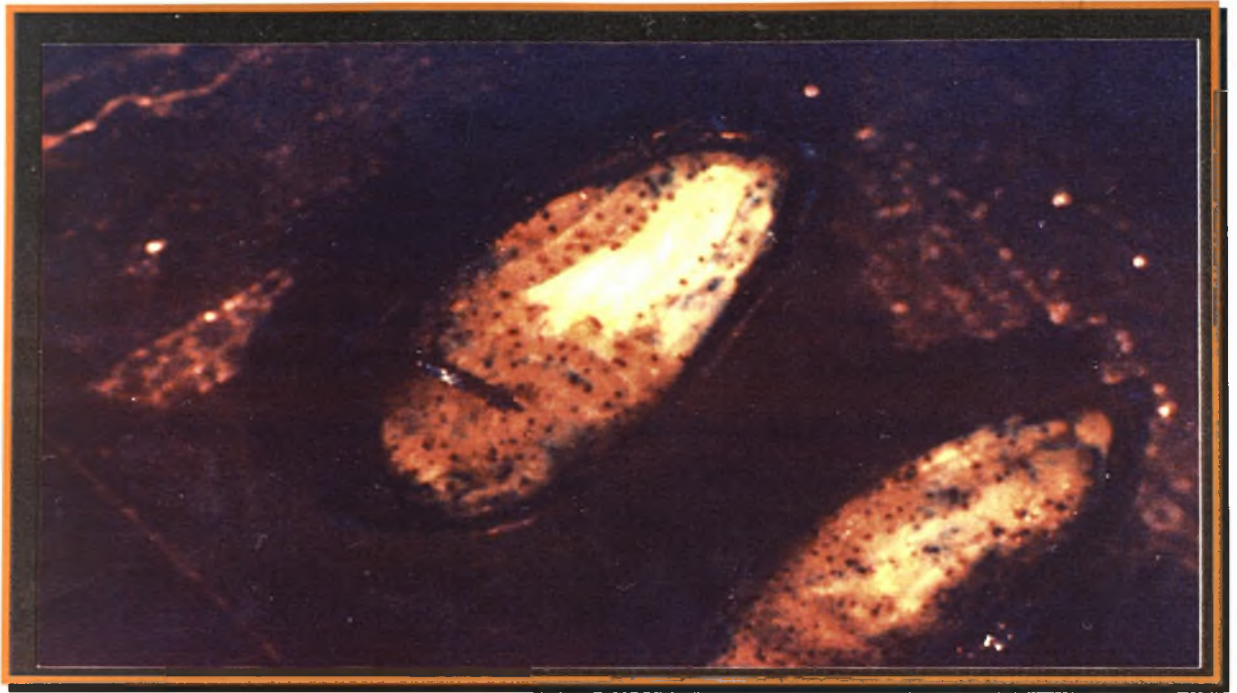
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1: Βαθμιαία χρώση της Fast Green κατά την ενυδάτωση του σπόρου



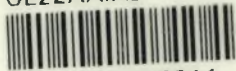
Εικόνα 2: Ενυδάτωση του σπόρου του βαμβακιού από μικροσκόπιο φθορισμού



Εικόνα 3: Ενυδατωμένοι σπόροι μάρτυρα (0 Μ. Γ.) και σπόροι γήρανσης (1 Μ.Γ.)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097811