



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό βλάστησης των σπόρων  
ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού»**



**Φοιτήτρια : ΤΕΚΕΟΓΛΟΥ ΕΛΕΝΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2011**



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

Αριθ. Εισ.: 10153/1  
Ημερ. Εισ.: 22-11-2011  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2011  
ΤΕΚ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

---

Τεκέογλου Ελένη

«Επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό βλάστησης των σπόρων  
ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής (Επιβλέπων)
- Χα Ιμπραχίμ Αβραάμ, Καθηγητής (Μέλος)
- Σφουγγάρης Αθανάσιος, Επίκουρος Καθηγητής (Μέλος)

**ΒΟΛΟΣ 2011**

*Αφιερώνεται στους γονείς μου*

*και στην αδερφή μου*

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω ευχαριστίες πρωτίστως στον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Νικόλαο Δαναλάτο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργίας που μου έδωσε τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στον επιστημονικό τομέα που επιθυμούσα. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τη καθοδήγηση και τη βοήθεια του οποιαδήποτε στιγμή το χρειαζόμουν και για την αμέριστη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Ιμπραχίμ Αβραάμ Χα και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αθανάσιο Σφουγγάρη για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή, το χρόνο που αφιέρωσαν στην διόρθωση της παρούσας πτυχιακής και την βοήθεια που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Ιδιαίτερος ευχαριστώ τον Διδάκτορα Αρχοντούλη Σωτήρη για την πολύτιμη βοήθειά του και τις χρήσιμες υποδείξεις που μου προσέφερε τόσο κατά την εκτέλεση των πειραμάτων όσο και κατά τη συγγραφή του κειμένου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου και την αδερφή μου για την αγάπη τους και τη συνεχή ηθική και οικονομική συμπαράσταση τους όχι μόνο κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

# Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	4
Περίληψη .....	6
1. Εισαγωγή .....	7
1.1 Βλάστηση του σπόρου .....	7
1.2 Βλαστική ικανότητα σπόρου .....	7
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη βλάστηση των σπόρων .....	8
1.3.1 Νερό .....	9
1.3.2 Οξυγόνο .....	10
1.3.3 Θερμοκρασία του αέρα .....	10
1.3.3.1 Θερμοκρασία του εδάφους .....	11
1.3.4 Φως ή σκοτάδι .....	12
1.3.5 Μέγεθος του σπόρου και βάθος σποράς .....	12
1.4 Μέθοδοι μέτρησης της βλαστικής ικανότητας του σπόρου .....	14
1.4.1 Το τεστ του τετραζολίου (Tetrazolium ή TZ test) .....	14
1.4.1.1 Διαδικασία του τεστ .....	17
1.4.1.2 Πλεονεκτήματα του τεστ τετραζολίου .....	17
1.4.2 Θάλαμοι ανάπτυξης και προβλαστήρια .....	18
1.4.3 Μέτρηση φυτρωτικής ικανότητας σπόρου σε γλαστράκια .....	19
1.4.4 Μέτρηση φυτρωτικής ικανότητας σπόρου στον αγρό .....	20
1.4.5 Standard τεστ Βλαστικής ικανότητας (warm test) .....	21
1.4.6 Τεστ βλαστικότητας με άμμο .....	21
1.4.7 Κρύο τεστ Βλαστικής Ικανότητας (cool test) .....	21
1.4.8 Βλάστηση Κορεσμένου Ψύχους .....	22
1.4.9 Επιταχυνόμενη γήρανση .....	22
1.5 Επίδραση της θερμοκρασίας στη βλάστηση των σπόρων .....	23
1.6 Ηλίανθος .....	26
1.7 Αγριαγκινάρα .....	27
1.8 Καλαμπόκι .....	28
1.9 Μπιζέλι .....	29
1.10 Σκοπός της μελέτης .....	30
2. Υλικά και μέθοδοι .....	31
2.1 Μέτρηση βλαστικής ικανότητας σπόρων .....	31
2.2 Προβλαστήριο .....	32
2.3 Μετρήσεις – παρατηρήσεις .....	33
2.4 Στατιστική ανάλυση .....	33
3. Αποτελέσματα .....	36
3.1 Ηλίανθος .....	36
3.2 Αγριαγκινάρα .....	40
3.3 Καλαμπόκι .....	44
3.4 Μπιζέλι .....	48
4. Συζήτηση .....	52
5. Συμπεράσματα .....	54
6. Βιβλιογραφία .....	55
7. Παράρτημα .....	65

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στο ρυθμό βλάστησης των σπόρων ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού. Για το σκοπό αυτό μετρήθηκε η βλαστική ικανότητα των σπόρων αυτών σε οκτώ διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας (5, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C και 40 °C), σε προβλαστήριο του Εργαστηρίου Γεωργίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στην Εισαγωγή της Πτυχιακής Διατριβής δίνεται ο ορισμός της βλάστησης και της βλαστικής ικανότητας ενός σπόρου καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν την βλάστηση του σπόρου. Περιγράφονται επίσης και οι μέθοδοι μέτρησης της βλαστικής ικανότητας του σπόρου και γίνεται αναφορά στις θεμελιώδεις θερμοκρασίες για την βλάστηση του σπόρου, δηλαδή στην ελάχιστη ή βασική θερμοκρασία ανάπτυξης (base temperature,  $T_b$ ), τη μέγιστη θερμοκρασία (maximum temperature,  $T_c$ ) και τρίτον την βέλτιστη ή άριστη θερμοκρασία (optimum temperature,  $T_o$ ).

Ακολουθούν τα υλικά και μέθοδοι της παρούσας διατριβής και τέλος τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα αυτής. Η βασική θερμοκρασία βλάστησης υπολογίστηκε 4,8, 3,29, 6,39 και 3,82 για τον ηλίανθο, αγριαγκινάρα, καλαμπόκι και μπιζέλι αντίστοιχα. Η βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$  βρέθηκε 30, 21, 35 και 20 °C για τον ηλίανθο, αγριαγκινάρα, καλαμπόκι και μπιζέλι αντίστοιχα.

# 1.Εισαγωγή

## 1.1 Βλάστηση του σπόρου

Το έμβρυο μέσα στο σπόρο είναι ένα φυτό σε μικρογραφία. Στον ώριμο σπόρο αυτό έχει σταματήσει να αναπτύσσεται αλλά είναι ζωντανό και αναπνέει με πολύ βραδύ ρυθμό. Ύστερα από μια μικρή ή μεγάλη περίοδο ληθάργου ο σπόρος γίνεται ώριμος για βλάστηση και όταν βρεθεί κάτω από κατάλληλες συνθήκες για αύξηση, το έμβρυο θα αρχίσει την ανάπτυξή του. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό σαν βλάστηση. Το πιο κοινό παράδειγμα βλάστησης είναι η βλάστηση ενός σποριόφυτου από ένα σπόρο ενός αγγειόσπερμου ή γυμνόσπερμου.

Όλοι οι πλήρως ανεπτυγμένοι σπόροι περιέχουν ένα έμβρυο τυλιγμένο σε ένα περίβλημα σπόρου. Μερικά φυτά παράγουν έναν αριθμό σπόρων που δεν διαθέτουν έμβρυο, αυτοί οι σπόροι ονομάζονται κενοί σπόροι και δεν θα βλαστήσουν ποτέ.

Οι περισσότεροι σπόροι περνούν από μια περίοδο ηρεμίας όπου δεν παρατηρείται ενεργός ανάπτυξη. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ο σπόρος μπορεί να μεταφερθεί με ασφάλεια σε μια νέα θέση ή / και να επιβιώσει σε δυσμενείς κλιματικές συνθήκες έως ότου οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξή του.

Οι σπόροι ηρεμίας, είναι ώριμοι σπόροι που δεν βλαστάνουν γιατί υπόκεινται σε εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες που εμποδίζουν την έναρξη των μεταβολικών διεργασιών και την ανάπτυξη των κυττάρων. Υπό ευνοϊκές συνθήκες, ο σπόρος αρχίζει να βλαστάνει και οι εμβρυϊκοί ιστοί αρχίζουν να αυξάνονται.

## 1.2 Βλαστική ικανότητα σπόρου

Βλαστική ικανότητα, είναι η διαδικασία κατά την οποία ένας σπόρος αρχίζει να αναπτύσσεται. Η βλαστική ικανότητα μιας σπορομερίδας δείχνει την ικανότητά της να εγκαθίστανται φυτάρια υπό ευνοϊκές συνθήκες χωραφιού και είναι το ποσοστό των καθαρών σπόρων που βλαστάνουν κανονικά και είναι ικανοί να παράγουν κανονικά φύτρα σε συνθήκες προβλαστηρίου.

Η σπουδαιότητα της υψηλής βλαστικής ικανότητας για τους καλλιεργητές είναι προφανής, αλλά στην πράξη ο αριθμός των φυταρίων που εγκαθίστανται κανονικά στο χωράφι είναι μικρότερος από ό,τι δείχνει η βλαστική ικανότητα. Οι συνθήκες στο χωράφι κατά τη σπορά μπορεί να είναι γενικά δυσμενείς γιατί υπάρχει ξηρασία ή



υπερβολική υγρασία ή πολύ κρύο, ώστε τα φυτάρια να πεθαίνουν από ξηρασία ή από ασφυξία ή προσβάλλονται από μύκητες. Ακόμη και εάν οι συνθήκες είναι γενικά ευνοϊκές, ατομικοί σπόροι μπορεί να πέσουν επάνω ή κάτω από μια πέτρα, να προσβληθούν από έντομα εδάφους, να φαγωθούν από πουλιά ή να αποτύχουν να εγκατασταθούν εξαιτίας του ανταγωνισμού από ζιζάνια ή απ' τα άλλα φυτάρια. Μια συνέπεια της υψηλής θνησιμότητας στο χωράφι είναι ότι μικρές διαφορές στο ποσοστό της βλαστικής ικανότητας δεν έχουν πρακτική σημασία. Εντούτοις όσο μεγαλύτερη είναι η βλαστική ικανότητα, τόσο καλύτερη είναι η εγκατάσταση των φυτών στο χωράφι. Συνήθως αυτή κυμαίνεται σε ποσοστό από 95 % και πάνω για το βαμβάκι και το καλαμπόκι, πάνω από 85 – 90 % για τον ηλιάνθο και σε ποσοστό από 80 – 85 % και πάνω για το σιτάρι.

Από έρευνες έχει βρεθεί ότι δεν είναι δυνατόν να αντισταθμίσουμε τη χαμηλή βλαστικότητα σπέρνοντας αναλογικά περισσότερους σπόρους. Η βλαστική ικανότητα επηρεάζεται από τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη συγκομιδή και στη συνέχεια από τις συνθήκες της αποθήκευσης και η ποιότητα του σπόρου είναι διαφορετική από χρονιά σε χρονιά.

Ο αριθμός των σπόρων που μπορούν να φυτρώσουν είναι συνάρτηση της καθαρότητας και της βλαστικής ικανότητας. Η συνάρτηση αυτή εκφράζεται από την παραγωγική αξία που υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο :

παραγωγική αξία = (ποσοστό καθαρότητας x ποσοστό βλαστικής ικανότητας) / 100

Ο τύπος αυτός δείχνει το ποσοστό των σπόρων της συγκεκριμένης ποικιλίας, οι οποίοι είναι ικανοί να βλαστήσουν, για να παραχθούν εύρωστα φυτάρια.

### **1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη βλάστηση των σπόρων**

Η βλαστική ικανότητα των σπόρων εξαρτάται τόσο από εσωτερικούς όσο και από εξωτερικούς παράγοντες.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το φως, το pH, και η υγρασία του εδάφους είναι γνωστό ότι επηρεάζουν την βλάστηση των σπερμάτων. (Chachalis and Reddy 2000).

Οι σημαντικότεροι εξωτερικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την θερμοκρασία, το νερό, το οξυγόνο και, ενίοτε, το φως ή το σκοτάδι. Διάφορα φυτά απαιτούν διαφορετικές μεταβλητές για την επιτυχή βλάστηση των σπόρων, συχνά αυτό εξαρτάται από την ποικιλία των σπόρων και συνδέεται στενά με τις οικολογικές συνθήκες του φυσικού ενδιαίτηματος του φυτού. Η μελλοντική βλάστηση ορισμένων σπόρων επηρεάζεται από περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του σχηματισμού τους.

### 1.3.1 Νερό

Η παρουσία νερού είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Το νερό είναι απαραίτητο για τη βλάστηση και χρειάζεται για να αυξηθεί η περιεχόμενη υγρασία των ιστών του εμβρύου στο επίπεδο του 80 έως 90 %. Για να επιτευχθεί όμως αυτή η συνθήκη, η γενική περιεχόμενη υγρασία του σπόρου μπορεί να είναι λιγότερη από 50 %.

Χωρίς νερό, τα κύτταρα δεν μπορούν να πραγματοποιούν τις απαραίτητες δραστηριότητές τους και οι σπόροι δεν θα βλαστήσουν. Οι σπόροι πρέπει να ενυδατώνονται μέχρι να φθάσουν στην κρίσιμη υγρασία για βλάστηση, η οποία είναι διαφορετική για κάθε σπόρο.

Οι ώριμοι σπόροι είναι συχνά εξαιρετικά ξηροί και απαιτούν σημαντικές ποσότητες νερού, σε σχέση με το ξηρό βάρος του σπόρου. Οι περισσότεροι σπόροι χρειάζονται αρκετό νερό για να υγρανθούν τα σπέρματα αλλά δεν αρκεί για να μουλιάσουν. Όταν ένας σπόρος απορροφά το νερό, αυτό ονομάζεται ρόφηση. Το νερό εισέρχεται στον σπόρο είτε μέσω ενός μικροσκοπικού ανοίγματος που ονομάζεται μικροπύλη ή μέσω του περιβλήματος του σπόρου που λέγεται περισπέρμιο. Καθοριστικό βήμα είναι η διάσπαση της στεγανότητας του περισπερμίου και η ενυδάτωση του σπόρου. Γίνεται επομένως κατανοητό πως το ίδιο το περισπέρμιο, σαν ρυθμιστής της ενυδάτωσης του σπόρου μπορεί να αποτελέσει σοβαρό εμπόδιο στη βλαστικότητα των σπόρων.

Η απορρόφηση του νερού από τους σπόρους οδηγεί σε οίδημα και τελικά στο σπάσιμο του περιβλήματος του σπέρματος. Όταν τα σπέρματα σχηματίζονται, τα περισσότερα φυτά αποθηκεύουν ουσίες όπως άμυλο, πρωτεΐνες, ή λιπίδια. Αυτό το αποθεματικό τροφίμων παρέχει τροφή στο αυξανόμενο έμβρυο.

Όταν ο σπόρος απορροφά νερό, τότε υδρολυτικά ένζυμα ενεργοποιούνται τα οποία διαλύουν και μετατρέπουν τους αποθηκευμένους διατροφικούς πόρους σε μεταβολικά χρήσιμες χημικές ουσίες. Έπειτα προκύπτει το σποριόφυτο από το περίβλημα του σπόρου και αρχίζει να αναπτύσσει ρίζες και φύλλα. Στο σημείο αυτό τα αποθεματικά τρόφιμα του σποριόφυτου έχουν τυπικά εξαντληθεί και πλέον η φωτοσύνθεση παρέχει την ενέργεια που απαιτείται για τη συνεχή αύξηση και το σποριόφυτο τώρα απαιτεί συνεχή παροχή νερού, θρεπτικών ουσιών, και φωτός.

### **1.3.2 Οξυγόνο**

Οι σπόροι που πρόκειται να βλαστήσουν χρειάζονται το οξυγόνο για την αναπνοή, η οποία συνοδεύει την επαναδραστηριοποίηση του εμβρύου, και για τον μεταβολισμό.

Το οξυγόνο χρησιμοποιείται στην αερόβια αναπνοή και αποτελεί την κύρια πηγή της ενέργειας του σποριόφυτου μέχρι να αναπτύξει φύλλα. Εάν ένας σπόρος είναι θαμμένος πολύ βαθιά μέσα στο χώμα ή το έδαφος είναι βαρύ, οι σπόροι μπορούν να μείνουν χωρίς οξυγόνο. Μερικοί σπόροι έχουν στεγανό περίβλημα που εμποδίζει το οξυγόνο να εισέλθει στους σπόρους, προκαλώντας ένα είδος φυσικού λήθαργου. Ο λήθαργος αυτός σταματάει όταν το περίβλημα του σπόρου έχει φθαρεί αρκετά ώστε να επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων και την απορρόφηση του νερού από το περιβάλλον.

### **1.3.3 Θερμοκρασία του αέρα**

Η θερμοκρασία ασκεί αποφασιστική επίδραση στη βλάστηση των σπόρων. Επηρεάζει τόσο το ρυθμό με τον οποίο βλαστάνουν οι σπόροι όσο και τις πιθανότητες βλάστησης τους. Ακόμα επηρεάζει τις κυτταρικές μεταβολικές και τους ρυθμούς ανάπτυξης. Σύμφωνα με τον Roberts (1988) η θερμοκρασία καθορίζει τον ρυθμό της βλάστησης στους σπόρους που δεν βρίσκονται σε λήθαργο.

Σπόροι από διάφορα είδη, ακόμη και σπόροι από το ίδιο φυτό βλαστάνουν σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Οι σπόροι έχουν συχνά μια σειρά θερμοκρασιών εντός των οποίων θα βλαστήσουν, ενώ δεν θα βλαστήσουν πάνω ή κάτω από το εύρος αυτό. Πολλοί σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασίες λίγο πάνω από την θερμοκρασία δωματίου, στους 16-24 ° C, άλλοι πάνω ακριβώς από την θερμοκρασία κατάψυξης και άλλοι βλαστάνουν μόνο σε εναλλαγές της θερμοκρασίας μεταξύ ζεστού και

δροσερού. Μερικοί σπόροι απαιτούν την έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες (vernalization) έτσι ώστε να σταματήσει ο λήθαργος. Σπόροι σε μια λανθάνουσα κατάσταση, δεν θα βλαστήσουν ακόμη και αν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Σπόροι που εξαρτώνται από την θερμοκρασία για την διακοπή του λήθαργου έχουν ένα είδος φυσιολογικού λήθαργου. Για παράδειγμα, οι σπόροι που απαιτούν το κρύο του χειμώνα δεν βλαστάνουν μέχρι να βρεθούν σε δροσερές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία των 4 °C είναι αρκετά καλή έτσι ώστε να διακοπεί ο λήθαργος για τους περισσότερο αδρανείς σπόρους, αλλά ορισμένες ομάδες σπόρων, ειδικά της οικογένειας *Ranunculaceae* και άλλων, χρειάζονται θερμοκρασίες χαμηλότερες από -5 °C.

Από την μελέτη των κατώτερων, ανώτερων και άριστων θερμοκρασιών για τη βλάστηση των σπόρων, προκύπτουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των καλλιεργούμενων φυτών. Θα μπορούσαμε να διακρίνουμε τρεις μεγάλες ομάδες φυτικών ειδών.

Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει φυτά με χαμηλές κατώτερες θερμοκρασίες (1-2,8 °C) και υψηλές άριστες (25-35 °C) και ανώτερες θερμοκρασίες (30-40 °C). Στην ομάδα αυτή υπάγεται το τριφύλλι το έρπον, η μηδική, η κάνναβις, τα πύσσα, η σίκαλη, ο βίκος και το λινάρι. Η δεύτερη ομάδα χαρακτηρίζεται από υψηλότερες κατώτερες (4-5 °C) και χαμηλότερες άριστες (20-30 °C) και ανώτερες θερμοκρασίες (28-36 °C) σε σύγκριση με την πρώτη ομάδα. Στην ομάδα αυτή ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη, τα ζαχαρότευτλα και η φακή. Τέλος, στην τρίτη ομάδα παρουσιάζονται οι υψηλότερες κατώτερες θερμοκρασίες (8-14 °C), ενώ οι άριστες (28-35 °C) και ανώτερες (35-42 °C) είναι παραπλήσιες των φυτών της πρώτης ομάδας και υψηλότερες εκείνων της δεύτερης ομάδας. Στην τρίτη ομάδα υπάγεται ο αραβόσιτος, το σόργο, το ρύζι, ο καπνός και το βαμβάκι.

### **1.3.3.1 Θερμοκρασία του εδάφους**

Η θερμοκρασία εδάφους επηρεάζει επίσης την βλάστηση των σπόρων και κάθε είδος σπόρων προς σπορά έχει μια βέλτιστη θερμοκρασία εδάφους κατά την οποία το υψηλότερο ποσοστό των σπόρων που έχουν σπαρθεί θα βλαστήσουν στο συντομότερο χρονικό διάστημα.

Μόλις ο σπόρος φυτεύεται, είναι σημαντικό να προχωρήσει η βλάστηση ομοιόμορφα και χωρίς καθυστέρηση. Αν το χώμα είναι πάρα πολύ δροσερό, η βλάστηση καθυστερεί, γεγονός που οδηγεί σε βλάβη των σπόρων και άνιση ή ανεπαρκή εμφάνισης σποράς. Από την άλλη πλευρά, εάν το έδαφος είναι ασυνήθιστα ζεστό, την άνοιξη, μπορεί να είναι καλύτερο για τους σπόρους να φυτεύονται νωρίτερα από την κανονική ημερομηνία σποράς. Εντούτοις κάποιοι σπόροι βλαστάνουν όταν το έδαφος είναι δροσερό, -2 έως 4 ° C, και μερικοί όταν το έδαφος είναι ζεστό, 24-32 ° C.

#### **1.3.4 Φως ή σκοτάδι**

Το φως επηρεάζει σημαντικά την βλάστηση των σπερμάτων ορισμένων φυτών (Pons, 2000) και μπορεί να υποκινήσει ή να αναστέλλει την βλάστηση των σπόρων ορισμένων ειδών. Επίσης μπορεί να είναι ένα περιβαλλοντικό έναυσμα για τη βλάστηση και είναι ένα είδος φυσιολογικού λήθαργου.

Δεδομένου ότι το φως μπορεί να φτάσει μόνο τους σπόρους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, οι σπόροι που ανήκουν στην κατηγορία εκείνων που απαιτούν το φως δεν θα βλαστήσουν αν δεν βρίσκονται σε αυτό το τμήμα του εδάφους.

Κάποιοι σπόροι απαιτούν φως για τη βλάστηση όπως η μιγκόνια, η βιολέτα, το μαρούλι και η πετούνια. Άλλα φυτά βλαστάνουν καλύτερα στο σκοτάδι όπως για παράδειγμα η καλέντουλα, η λουίζα κ.α.. Τέλος, μερικά φυτά βλαστάνουν είτε σε φωτεινές ή σκοτεινές συνθήκες.

#### **1.3.5 Μέγεθος του σπόρου και βάθος σποράς**

Το βάθος σποράς των σπόρων καθώς και το μέγεθος του σπόρου επηρεάζει επίσης την βλάστηση των σπερμάτων και την εμφάνιση των σποριόφυτων.

Οι επιπτώσεις του μεγάλου μεγέθους σπόρου στην ταχεία αρχική ανάπτυξη των φυτών είναι πολύ θετικές. Τα μεγαλύτερα σπέρματα παράγουν σποριόφυτα που εμφανίζονται πιο γρήγορα, είναι μεγαλύτερα και έχουν καλύτερη πρόσβαση σε πηγές θρεπτικών συστατικών. Για τους λόγους αυτούς οι μεγάλοι σπόροι ευνοούν την επιβίωση των σποριόφυτων στην αντιμετώπιση αντίξωων συνθηκών όπως για

παράδειγμα η ξηρασία. Το μεγάλο μέγεθος του σπόρου δίνει στα φυτά ένα συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα φυτά μικρών σπόρων.

Η γοργή εμφάνιση δίνει στα φυτά ταχύτερη πρόσβαση στις πηγές θρεπτικών συστατικών. Αυτό κάνει τα φυτά που έχουν μικρούς σπόρους νάνα ή τα σκοτώνει διότι ανταγωνίζονται τις ίδιες πηγές θρεπτικών συστατικών με τα φυτά που εμφανίζονται γρηγορότερα.

Όσον αφορά το βάθος σποράς, οι σπόροι πρέπει να φυτεύονται σε τέτοιο βάθος έτσι ώστε να δέχονται την απαιτούμενη υγρασία, φως και οξυγόνο για να βλαστήσουν. Για παράδειγμα οι σπόροι που χρειάζονται πολύ φως για να βλαστήσουν θα πρέπει να φυτεύονται σε μικρό βάθος. Από την άλλη πλευρά βαθύτερα στρώματα εδάφους είναι πιο υγρά και έτσι διατηρούν ευκολότερα ένα σταθερό επίπεδο υγρασίας των σπόρων και επίσης προστατεύουν τους σπόρους από την ξηρασία και τους ανέμους αμέσως μετά την σπορά.

Το βάθος σποράς επιλέγεται επίσης ανάλογα με το είδος του φυτού και το μέγεθος του σπόρου έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη και γρηγορότερη βλάστηση. Έτσι μικρότεροι σπόροι πρέπει να φυτεύονται σε μικρότερα βάθη. Για παράδειγμα οι σπόροι καρότου που έχουν μέγεθος μικρότερο από 3mm σπέρνονται σε μικρό βάθος, περίπου 6mm.

Τέλος, ο τύπος του εδάφους επηρεάζει το βάθος σποράς που επιλέγεται για την καλύτερη βλάστηση του σπόρου.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την βλάστηση των σπόρων. Η γνώση των παραπάνω παραγόντων είναι πολύ σημαντική γιατί πρώτον μας βοηθά να κατανοήσουμε τα ίδια τα φυτά και καθορίζουν τις ευνοϊκές συνθήκες στις οποίες ο σπόρος ενός φυτού μπορεί να βλαστήσει και κατ' επέκταση τις συνθήκες περιβάλλοντος στις οποίες θα πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη του φυτού. Επίσης γνωρίζοντας τις περιβαλλοντικές συνθήκες μιας περιοχής αλλά και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις μιας καλλιέργειας μπορεί να αξιολογηθεί κατά πόσο μια καλλιέργεια μπορεί να αναπτυχθεί σε μια περιοχή.

Ακόμα γνωρίζοντας τους παράγοντες που επηρεάζουν την βλάστηση ενός σπόρου μπορούν να αναπτυχθούν μαθηματικά μοντέλα που αφορούν την βλάστηση των σπόρων σαν αντίδραση στην θερμοκρασία, το φως κ.α.

## 1.4 Μέθοδοι μέτρησης της βλαστικής ικανότητας του σπόρου

### 1.4.1 Το τεστ του τετραζολίου (Tetrazolium ή TZ test)

Η βλαστική ικανότητα του σπόρου συνδέεται άμεσα και με την βιωσιμότητα του σπόρου. Για τον έλεγχο της βιωσιμότητας του σπόρου χρησιμοποιείται το τεστ τετραζολίου (TZ τεστ), το οποίο δίνει αποτελέσματα σχετικά με το εάν ένας σπόρος είναι ζωντανός και κατ' επέκταση εάν ο σπόρος αυτός είναι ικανός να βλαστήσει.

Το τεστ τετραζολίου αναγνωρίζεται ευρέως ως ένα ακριβές μέσο για την εκτίμηση της βιωσιμότητας των σπόρων. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε στη Γερμανία, στις αρχές της δεκαετίας του 1940, από τον καθηγητή George Lakon. Ο Lakon και οι συνεργάτες του ανακάλυψαν ότι οι εμβρυϊκοί ιστοί έπρεπε να είναι ζωντανοί και να αναπνέουν, προκειμένου οι σπόροι να βλαστήσουν κανονικά. Αρχικά ο Lakon είχε προσπαθήσει να κάνει διάκριση μεταξύ ζωντανών και νεκρών σπόρων με την έκθεσή τους σε άλατα τοξικών χημικών ουσιών όπως το σελήνιο και το τελλούριο. Όμως η μεγάλη τοξικότητα των ουσιών αυτών περιόρισε την χρησιμότητά τους.

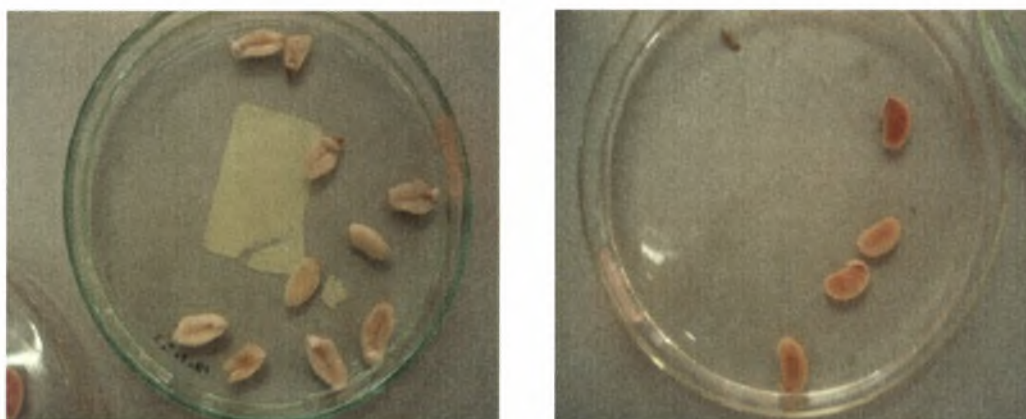
Το 1942, ο Lakon χρησιμοποίησε και δοκίμασε και άλατα τετραζολίου και τα βρήκε πιο αποτελεσματικά κι έτσι ανέπτυξε μια μέθοδο που χρησιμοποιείται το λιγότερο τοξικό τετραζόλιο ως δείκτης βιωσιμότητας. (Tetrazolium Testing Handbook, Contribution No.29, Revised 2000)

Σήμερα η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο ως μια άκρως αναγνωρισμένη μέθοδος για τον υπολογισμό της βιωσιμότητας σπόρων και είναι τεστ ρουτίνας σε πολλά εργαστήρια δοκιμών σπόρων προς σπορά. Συχνά αναφέρεται ως «γρήγορος έλεγχος», δεδομένου ότι μπορεί να ολοκληρωθεί σε λίγες μόνο ώρες (σε σύγκριση με την συνηθισμένη δοκιμή βλάστησης που απαιτεί μέχρι και δύο μήνες για μερικά είδη). Τα αποτελέσματα του τεστ τετραζολίου μπορεί να είναι εξαιρετικά πολύτιμα για την παροχή πληροφοριών επισήμανσης (ετικέτα) των συσκευασιών των σπόρων, για την άμεση αποστολή των παρτίδων σπόρων προς σπορά χωρίς να περιμένει την ολοκλήρωση των δοκιμών βλάστησης. Είναι επίσης μια πολύτιμη τεχνική έρευνας για την εκτίμηση της βιωσιμότητας σπόρων και για να προσδιορισθούν οι αιτίες της φτωχής βλάστησης.

Το τεστ τετραζολίου είναι μια βιοχημική εξέταση, η οποία διαφοροποιεί τους ζωντανούς από τους νεκρούς ιστούς των εμβρύων σπόρου με βάση την δράση του ενζύμου αφυδρογονάση (ένζυμο αναπνοής). Μετά την ενυδάτωση του σπόρου, η δραστηριότητα των ενζύμων αφυδρογονάσης αυξάνει, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ιόντων υδρογόνου, τα οποία μειώνουν το άχρωμο διάλυμα άλατος τετραζολίου (2,3,5-τριφαινύλο τετραζόλιο) σε μια χημική ένωση που ονομάζεται κόκκινο φορμαζάνης. Οι λεκέδες φορμαζάνης κόκκινου χρώματος εμφανίζονται στα ζωντανά κύτταρα, ενώ τα νεκρά κύτταρα παραμένουν άχρωμα. Η βιωσιμότητα των σπόρων ερμηνεύεται σύμφωνα με το πρότυπο χρώσης του εμβρύου και την ένταση του χρωματισμού. Αλλά η ερμηνεία απαιτεί δεξιότητες και εμπειρία.

Από πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί παρατηρήθηκε ότι οι υγιείς ιστοί εμβρύων απορροφούν τετραζόλιο αργά και τείνουν να αναπτύσσουν πιο ανοιχτό χρώμα (Σχήμα Α) από τα έμβρυα που είναι μελανιασμένα, ηλικιωμένα, κατεψυγμένα, ή διαταραγμένα με άλλους τρόπους (Σχήμα Β). Τα χρωματισμένα δείγματα αποκαλύπτουν τις ζωντανές και νεκρές περιοχές των εμβρύων δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να διαπιστώσουμε αν οι σπόροι έχουν την ικανότητα να παράγουν φυσιολογικά φυτά. Οι περιοχές κυτταρικής διαίρεσης των εμβρύων είναι οι πιο κρίσιμες κατά τη διάρκεια της βλάστησης, και αν είναι ακηλίδωτες ή ασυνήθιστα βαμμένες, το δυναμικό βλάστηση των σπόρων προς σπορά θα είναι εξασθενημένο.

A)



Σχήμα Α:

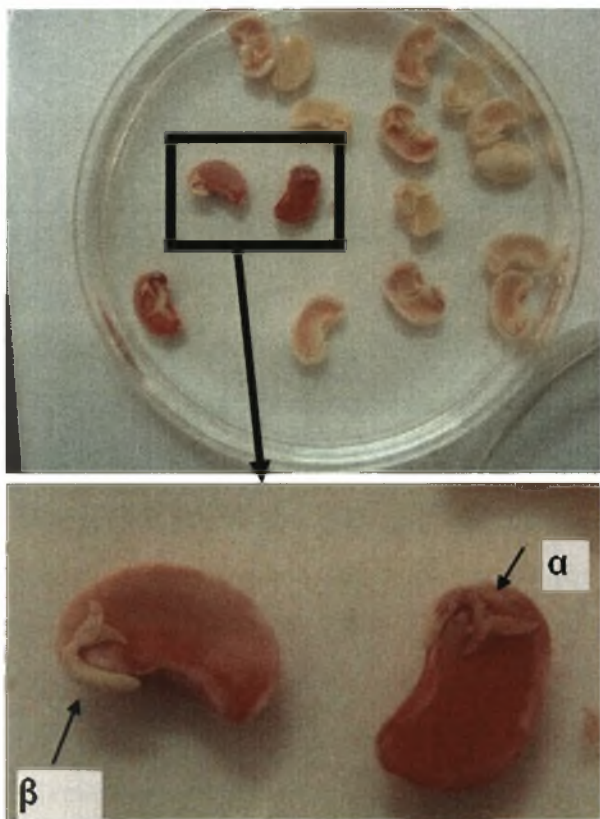
Σπόροι σόγιας (αριστερά) και καρύδια εδάφους έδειξαν σχετικά καλή βιωσιμότητα μετά από επώαση 30 λεπτών σε φούρνο, στους 37 ° C. Σύμφωνα με τους Patil and Dadlani (2009), η διάρκεια εμβάπτισης (συνήθως 15 – 45 λεπτά) και η



θερμοκρασία (μεταξύ 20 και 40 °C) δεν έχει καμία επίδραση στην ακρίβεια της δοκιμής τετραζολίου, αλλά η χρώση εκτελείται ταχύτερα σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Είναι σημαντικό ότι το διάλυμα τετραζολίου διεισδύει στο έμβρυο. Στην περίπτωση των σκληρών σπόρων ψυχανθών, το αδιάβροχο περίβλημα του σπόρου πρέπει να κοπεί, και στην περίπτωση σπόρων προς σπορά γκαζόν, μια επιμήκης τομή του εμβρύου μπορεί να απαιτείται πριν την τοποθέτηση των σπόρων σε διάλυμα τετραζολίου. Μια σταδιακή μείωση της έντασης χρώματος από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του σπόρου δείχνει αργή απορρόφηση και διείσδυση του διαλύματος τετραζολίου.

**B)**



Σχήμα Β: Αρκετοί σπόροι μπιζελιών παρουσίασαν χαμηλή βιωσιμότητα κατά τη διάρκεια της δοκιμής τετραζολίου. Σχεδόν όλο το μέρος του ενδοσπερμίου (βέλος β) είναι χρωματισμένο κόκκινο, υποδεικνύοντας υποβάθμιση της δράσης του ενζύμου και γρήγορη φθορά των σπόρων. Οι άνισα χρωματισμένες περιοχές της

κολεοπτύλης και του ριζιδίου (βέλος α) αποδεικνύει αδύναμη βιωσιμότητα των περιοχών αυτών, οι σπόροι μπορεί να μην βλαστήσουν.

Οι ακηλίδωτοι νεκροί ιστοί της κολεοπτύλης και του ριζιδίου (βέλος β) φαίνονται χαλαροί, μουσκεμένοι, και αλευρώδεις στο χρώμα. Οι σπόροι δεν θα βλαστήσουν.

#### **1.4.1.1 Διαδικασία του τεστ**

Από το δείγμα εργασίας επιλέγονται τυχαία 200 καθαροί σπόροι για δοκιμές. Τα περισσότερα είδη των καλλιεργειών, στη συνέχεια τοποθετούνται σε υγρό στυπτικές ταινίες κατά διάρκεια της νύχτας και σε περίσσεια νερού. Το επόμενο πρωί κόβουμε ή τρυπούμε το σακί με τους σπόρους (ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος των σπόρων προς σπορά) και στη συνέχεια οι σπόροι βυθίζονται σε διάλυμα χλωριούχου τετραζολίου και επωάζονται. Ο χρόνος και η θερμοκρασία που απαιτείται για τη χρώση ποικίλλει ανάλογα με το είδος που εξετάζεται. Όταν η χρώση είναι πλήρης και το διάλυμα είναι στραγγισμένο, οι σπόροι εξετάζονται κάτω από το μικροσκόπιο.

#### **1.4.1.2 Πλεονεκτήματα του τεστ τετραζολίου**

Η ταχύτητα αυτού του τεστ είναι το πιο προφανές πλεονέκτημα του και μπορεί να δικαιολογήσει τη χρήση του, όταν η ταχύτητα είναι σημαντική ή για τα είδη τα οποία έχουν πολύ μεγάλες απαιτήσεις βλαστικής ικανότητας. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η χρησιμότητά του για τους σπόρους που βρίσκονται καθώς και για αυτούς που δεν βρίσκονται σε λήθαργο. Είναι επίσης χρήσιμο για την έρευνα και τη διδασκαλία της βιολογίας και της φυσιολογίας της ποιότητας των σπόρων και των διαδικασιών φθοράς.

Όπως και κάθε άλλη μέθοδος δοκιμών σπόρων προς σπορά, η δοκιμή τετραζολίου απαιτεί ειδική εκπαίδευση και εμπειρία. Αυτός μπορεί να είναι ο λόγος για τον οποίο αυτή η δοκιμή δεν έχει πλήρως αξιοποιηθεί στο παρελθόν. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια, αυτή η δοκιμή γίνεται πιο τυποποιημένη και οι περισσότεροι αναλυτές εκπαιδεύονται να την χρησιμοποιούν.

## 1.4.2 Θάλαμοι ανάπτυξης και προβλαστήρια

Μία μέθοδο μέτρησης της βλαστικής ικανότητας του σπόρου αποτελούν τα πειράματα βλαστικότητας που πραγματοποιούνται σε θαλάμους ανάπτυξης και σε προβλαστήρια.

Οι θάλαμοι ανάπτυξης φυτών είναι μεγάλες συσκευές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εργαστηριακές και βιομηχανικές εφαρμογές ή οπουδήποτε απαιτείται ακριβής έλεγχος διαφόρων παραμέτρων όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία, προσομοίωση ηλιακού φωτός, σύνθεση αέρα με μίγματα αερίων κ.ά.. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία θαλάμων ανάπτυξης που καλύπτει διαφορετικές ανάγκες και εφαρμογές. Υπάρχουν θάλαμοι κατάλληλοι για φυτά μεγάλου ύψους ή με μεγάλη επιφάνεια πολλαπλών επιπέδων για μικρά φυτά, θάλαμοι για διαφορετικό φάσμα και ένταση φωτισμού και διαφορετική θέση του συστήματος φωτισμού. Οι θάλαμοι ανάπτυξης χρησιμοποιούνται και στα εργαστήρια Γεωπονικών σχολών για πειράματα και δοκιμές βλαστικότητας.

Τα προβλαστήρια δημιουργούν ένα περιβάλλον κορεσμένης σχετικής υγρασίας σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών καλύπτοντας τις ανάγκες βλάστησης κάθε σπόρου σύμφωνα με τους κανονισμούς του ISTA (International Seed Testing Association) Έχουν εφαρμογή σε κάθε είδους πειράματα ή δοκιμές βλαστικότητας εργαστηρίων και επιχειρήσεων.

Είναι συμπαγείς κατασκευές από ανοξείδωτο χάλυβα και εξασφαλίζουν μεγάλη ακρίβεια λειτουργίας διότι διαθέτουν έλεγχο συνθηκών, ή εναλλακτικά είναι εξοπλισμένα με τα συστήματα ελέγχου CMP2, δηλαδή έχουν την δυνατότητα προγραμματισμού ημερήσιων ή εβδομαδιαίων προγραμμάτων με ελεγχόμενες παραμέτρους την θερμοκρασία, σχετική υγρασία, φωτοπερίοδο, ένταση φωτισμού, πότισμα και τέλος την ρύθμιση της συγκέντρωσης ενός αερίου όπως CO<sub>2</sub> ή O<sub>2</sub>, και αξιοπιστία διότι εξοπλίζονται με ειδικά σχεδιασμένο μηχανολογικό εξοπλισμό και έχουν εσωτερική κυκλοφορία αέρα. Δεν αποτελούν τροποποιημένα κοινά ψυγεία τροφίμων. Διαθέτουν δεύτερη εσωτερική γυάλινη πόρτα που επιτρέπει τον έλεγχο χωρίς την αλλοίωση των συνθηκών και διάτρητους δίσκους για καλύτερο αερισμό των δειγμάτων. Τέλος οι λάμπες φθορισμού του συστήματος φωτισμού που βρίσκονται εκτός θαλάμου διαθέτουν σύστημα δυναμικού εξαερισμού και διπλό μονωτικό διαχωριστικό κρύσταλλο καλύπτοντας με ομοιογένεια όλους τους δίσκους.

Από ένα δείγμα σπόρων επιλέγεται τυχαία ένας αριθμός σπόρων με σκοπό να μετρηθεί η βλαστική τους ικανότητα. Οι σπόροι τοποθετούνται σε στυπόχαρτο (διηθητικό χαρτί) και σκεπάζονται με αυτό. Πριν από την τοποθέτηση των σπόρων στον θάλαμο ανάπτυξης ή στο προβλαστήριο εφαρμόζεται σε αυτούς μικρή ποσότητα μυκητοκτόνου, με προστατευτική δράση για την απολύμανση των σπόρων και για την προστασία από ανάπτυξη μυκήτων αλλά και μεγάλη ποσότητα απεσταγμένου νερού, με την βοήθεια ενός μικρού ψεκαστήρα, για καλύτερη διαβροχή των σπόρων. Μετά από την ολοκλήρωση της διαδικασίας της προετοιμασίας των σπόρων, το στυπόχαρτο με τους σπόρους τοποθετείται στους διάτρητους δίσκους του θαλάμου ή του προβλαστήριου. Πριν από την τοποθέτηση του στυπόχαρτου τοποθετούνται στους δίσκους 3-4 λεπτά φύλλα χαρτιού (λεπτά για να επιτρέπουν το αερισμό των δειγμάτων). Κατά την διάρκεια του πειράματος εφαρμόζεται επιπλέον απεσταγμένο νερό στους σπόρους εάν είναι αναγκαίο.

Με την τοποθέτηση των σπόρων στο προβλαστήριο ολοκληρώνεται η διαδικασία προετοιμασίας του πειράματος. Από εδώ και πέρα πραγματοποιούνται μετρήσεις και παρατηρήσεις των σπόρων που έχουν βλαστήσει σε τακτά ή λιγότερο τακτά χρονικά διαστήματα ανάλογα με το κάθε πείραμα. Ένας σπόρος θεωρείται ότι έχει βλαστήσει όταν τουλάχιστον 1 mm βλαστιδίου ή ριζιδίου είναι ορατό. (Lisson et al., 2000 , Carberry and Abrecht, 1990).

#### **1.4.3 Μέτρηση φυτρωτικής ικανότητας σπόρου σε γλαστράκια**

Ως φυτρωτική ικανότητα, ορίζεται, η ικανότητα εξόδου πάνω από την επιφάνεια του εδάφους της κολεοπτύλης και του ριζιδίου. Είναι έννοια ίδια με την βλαστική ικανότητα αλλά μετράται σε συνθήκες αγρού ή στο εργαστήριο σε γλάστρες όπου τοποθετείται χώμα.

Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται γλαστράκια διαμέτρου 200 cm<sup>2</sup>. Τα γλαστράκια γεμίζονται με μια ποσότητα χώματος και μικρότερη ποσότητα περλίτη. Το χώμα κοσκινίζεται για απομάκρυνση ξένων ουσιών και σκουπιδιών. Στη συνέχεια από ένα δείγμα σπόρων επιλέγεται τυχαία ένας αριθμός σπόρων και τοποθετούνται στα γλαστράκια, σε βάθος λίγων εκατοστών από την επιφάνεια του μίγματος χώματος – περλίτη. Έπειτα προστίθεται νερό και πραγματοποιούνται ποτίσματα σε όλη τη διάρκεια του πειράματος αυτού.

Καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιούνται παρατηρήσεις και μετρήσεις των σπόρων που έχουν φυτρώσει.

Η μέτρηση της φυτρωτικής ικανότητας σε γλαστράκια δίνει μια εύλογη εκτίμηση των σπόρων που πρόκειται να φυτρώσουν. Σε σχέση με την μέθοδο μέτρησης βλαστικής ικανότητας σπόρων σε θαλάμους ανάπτυξης και σε προβλαστήρια, δίνει καλύτερα αποτελέσματα γιατί συνδυάζει τις ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού του εργαστηρίου αλλά και τις συνθήκες αγρού (χώμα).

#### **1.4.4 Μέτρηση φυτρωτικής ικανότητας σπόρου στον αγρό**

Μετράται η φυτρωτική ικανότητα σπόρων στον αγρό. Αρχικά γίνεται εγκατάσταση και χάραξη του πειραματικού αγρού. Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη την απαιτούμενη ποσότητα σπόρου για ένα 1m<sup>2</sup> έκτασης αγρού, υπολογίζεται η απαιτούμενη ποσότητα σπόρου για την έκταση του πειραματικού αγρού καθώς και η ποσότητα λιπάσματος που πρέπει να τοποθετηθεί στην καλλιέργεια, με βάση τις απαιτήσεις της καλλιέργειας σε θρεπτικά.

Μετά την σπορά, σε αποστάσεις φύτευσης της συγκεκριμένης καλλιέργειας, γίνεται εφαρμογή άρδευσης του πειραματικού αγρού καθώς και επιπλέον ποτίσματα όταν είναι αναγκαίο.

Καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιούνται παρατηρήσεις και μετρήσεις των σπόρων που έχουν φυτρώσει καθώς και των σταδίων ανάπτυξης του φυτού.

Σε αυτή τη μέθοδο, εφόσον πραγματοποιείται στον αγρό, επικρατούν οι κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες της περιοχής και όχι ελεγχόμενες συνθήκες του εργαστηρίου.

Το κόστος για τη διεξαγωγή πειραμάτων αγρού είναι ένα από τα μειονεκτήματα του. Επιπλέον απαιτούνται καλές καιρικές συνθήκες για την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος. Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, όταν ο καιρός είναι δυσμενής, μπορεί οι δοκιμές να αποτύχουν εντελώς.

#### **1.4.5 Standard τεστ Βλαστικής ικανότητας (warm test)**

Αυτό το τεστ βλάστησης χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της επισημάνσης (ετικέτα) των συσκευασιών σπόρου και δίνει μια λογική εκτίμηση της εμφάνισης των σπόρων στον αγρό κάτω από ευνοϊκές συνθήκες. Διαρκεί συνήθως 7-10 ημέρες. Απαιτούνται τουλάχιστον 400 σπόροι για μία επίσημη δοκιμή βλαστικότητας σύμφωνα με τους κανονισμούς των AOSA (Association of Official Seed Analysts), NSHS (National Seed Health System και ISTA (International Seed Testing Association). Οι δοκιμές μπορούν να διεξαχθούν σε ρολό χαρτί κουζίνας καφέ χρώματος (8 επαναλήψεις των 50 σπόρων), σε γαλάζιο χαρτί στυπόχαρτο, με κρεπ από Κυτταρίνη (Kimprak®), και Kimprak® καλυμμένο με άμμο. Το καλαμπόκι και η σόγια έχουν δοκιμαστεί κανονικά στους 25 °C για 7 ημέρες.

#### **1.4.6 Τεστ βλαστικότητας με άμμο**

Τα τεστ άμμου διαρκούν συνήθως 7-10 ημέρες και γίνονται με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο γίνονται και τα warm τεστ, με την μόνη διαφορά ότι ένα στρώμα υγρής άμμου τοποθετείται πάνω από τους σπόρους και γαλάζιο χαρτί στυπόχαρτο, με κρεπ από Κυτταρίνη (Kimprak®). Η δοκιμή αυτή είναι χρήσιμη στην καταστολή κάποιων μυκήτων. Βοηθά επίσης στην ομοιόμορφη απορρόφηση του νερού, ιδιαίτερα στο χαμηλό ποσοστό υγρασίας του σπόρου σόγιας. Για τα δείγματα σόγιας, τα αποτελέσματα του τεστ βλαστικότητας με άμμο είναι τα ίδια ή ελαφρώς υψηλότερα από ότι τα αποτελέσματα του warm τεστ ενώ σε περιπτώσεις μυκητιασικών προβλημάτων ή εξαιρετικά ξηρού σπόρου, τα τεστ με άμμο μπορεί να έχουν σημαντικά υψηλότερα αποτελέσματα απ' ότι τα warm τεστ. Έχει βρεθεί ότι όσο υψηλότερη είναι η βλάστηση της παρτίδας σπόρων, τόσο λιγότερο θετική επίδραση έχει η άμμος στα αποτελέσματα.

#### **1.4.7 Κρύο τεστ Βλαστικής Ικανότητας (cool test)**

Το τεστ κρύας βλάστησης δίνει μια εύλογη εκτίμηση της εμφάνισης των σπόρων υπό λιγότερο ιδανικές συνθήκες. Η διάρκεια του είναι 12 – 14 ημέρες.

Δύο επαναλήψεις των 100 σπόρων πραγματοποιούνται σε γαλάζιο χαρτί στυπόχαρτο, με κρεπ από Κυτταρίνη (Kimprak®) που έχει υγρανθεί και διατηρήθηκε σε απλή ψύξη κατά διάρκεια της νύχτας σε 10 ° C. Οι σπόροι καλύπτονται με ένα μη-αποστειρωμένο μίγμα άμμου / χώματος και αφήνονται στους 10 ° C για επτά ημέρες, χωρίς φως. Στη συνέχεια οι σπόροι μεταφέρονται στους 25 ° C για 5 - 7 ακόμη ημέρες.

Τα σποριόφυτα που αναδύονται μέσα από το μίγμα άμμου / χώματος αξιολογούνται σύμφωνα με κανόνες του AOSA (Association of Official Seed Analysts). Ένα ακόμα εκτεταμένο κρύο τεστ είναι επίσης διαθέσιμο το οποίο εκθέτει τους σπόρους σε στο κρύο δύο εβδομάδες αντί για μία.

#### **1.4.8 Βλάστηση Ψύχους**

Το τεστ βλάστησης ψύχους είναι ένας άλλος τρόπος για να καθοριστεί πόσο καλά μια παρτίδα σπόρων θα βλαστήσει κάτω από αντίξοες συνθήκες και διαρκεί 9 ή 10 ημέρες. Οι σπόροι τοποθετούνται σε ένα λεπτό στρώμα κορεσμένου εδάφους σε απορροφητικό χαρτί πάνω σε ειδική θήκη. Οι σπόροι είναι στραμμένοι έτσι ώστε η πλευρά του πυρήνα του σπόρου να βρίσκεται πλησιέστερα προς το έμβρυο που είναι κάτω από το χώμα. Τοποθετούνται στους 10 ° C για επτά ημέρες, χωρίς φως και στη συνέχεια μεταφέρονται στους 25 ° C για 2 - 3 ημέρες.

#### **1.4.9 Επιταχυνόμενη γήρανση**

Η επιταχυνόμενη γήρανση είναι ένα άλλο τεστ ζωτικότητας, διάρκειας δέκα ημερών, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της εμφάνισης σπόρων στον αγρό. Το πλεονέκτημά του είναι ότι σχεδόν κάθε είδος σπόρων μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας το τεστ AA. Το τεστ συνίσταται στην τοποθέτηση ειδικού βάρους ενός είδους σπόρων προς σπορά (όχι ένα συγκεκριμένο αριθμό) σε ένα υπερυψωμένο κόσκινο. Το κόσκινο έχει τοποθετηθεί σε ένα ακρυλικό κουτί που περιέχει 40 ml νερού. Όταν το κουτί καλύπτεται με στεγανό καπάκι και τοποθετείται στο θάλαμο AA, οι σπόροι εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες και υγρασία. Η περίοδος γήρανσης κυμαίνεται σε 48 - 96 ώρες ανάλογα με το είδος των σπόρων (για παράδειγμα καλαμπόκι και σόγια 72 ώρες). Οι

ανάλογα με το είδος των σπόρων (για παράδειγμα καλαμπόκι και σόγια 72 ώρες). Οι σπόροι στη συνέχεια αφαιρούνται από το θάλαμο και αμέσως φυτεύονται σε στυπτικές ταινίες, χαρτοπετσέτες, ή σε γαλάζιο χαρτί στυπόχαρτο, με κρεπ από Κυτταρίνη (Kimprak®). Οι σπόροι που φυτεύτηκαν σε Kimprak® καλύπτονται με ένα στρώμα υγρού χώματος. Οι σπόροι καλλιεργούνται σε ένα χρονικό διάστημα παρόμοιο με το warm test.

### 1.5 Επίδραση της θερμοκρασίας στη βλάστηση των σπόρων

Η θερμοκρασία επηρεάζει άμεσα τη βλάστηση του σπόρου (Baskin and Baskin, 1998, Bouwmeester and Karssen, 1992, Probert, 2000). Η θερμοκρασία επίσης προσδιορίζει το χρόνο ολοκλήρωσης της βλάστησης ενός σπόρου (Alvarado και Bradford, 2002, Bradford, 2002). Οι θερμοκρασίες που επικρατούν εντός της περιοχής στην οποία η βλάστηση μπορεί να εμφανιστεί καθορίζει τον αριθμό των σπόρων ικανών να βλαστήσουν και τον χρόνο που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία βλάστηση. Για οποιοδήποτε μη αδρανή πληθυσμό σπόρου, η βλάστηση είναι δυνατή μόνο μέσα σε σαφώς καθορισμένα όρια θερμοκρασίας.

Η ύπαρξη τριών κρίσιμων θερμοκρασιών για την βλάστηση σπόρων αναγνωρίστηκε για πρώτη φορά πάνω από εκατό χρόνια πριν. Από τότε έχουν υπάρξει αμέτρητες αναφορές που περιγράφουν την σχέση της βλάστησης με τη θερμοκρασία σε πολλά διαφορετικά είδη και οικοτύπους (Bewley και Black, 1994).

Αυτές οι κρίσιμες θερμοκρασίες, οι οποίες συνήθως αναφέρονται ως θεμελιώδεις θερμοκρασίες, αποτελούνται από την ελάχιστη ή βασική θερμοκρασία ανάπτυξης (base temperature,  $T_b$ ), τη μέγιστη θερμοκρασία (maximum temperature,  $T_c$ ), κάτω ή/και πάνω από τις οποίες θερμοκρασίες αντίστοιχα η βλάστηση δεν θα συμβεί, και τρίτον την βέλτιστη ή άριστη θερμοκρασία (optimum temperature,  $T_o$ ) στην οποία η βλάστηση γίνεται στον ελάχιστο δυνατό χρόνο (Bradford, 2002). Οι Bewley και Black (1994) περιγράφουν τις θεμελιώδεις θερμοκρασίες ως το εύρος των θερμοκρασιών στις οποίες σπόροι που προέρχονται από έναν ιδιαίτερο γονότυπο μπορούν να βλαστήσουν.

Παρακάτω δίνεται πίνακας με τις θεμελιώδεις θερμοκρασίες για τη βλάστηση ορισμένων φυτών.



Πίνακας 1 : Θεμελιώδεις θερμοκρασίες ( Tb, To, Tc ) για τη βλάστηση των σπόρων διάφορων φυτών.

Είδος φυτού	Θερμοκρασίες (° C)			Πηγή
	Βασική (Tb)	Άριστη (To)	Ανώτερη (Tc)	
Κεχρί, <i>Pennisetum glaucum</i>	10 - 12 °C	33 - 34 °C	47-57 °C	Ong και Monteith (1985)
Κενάφ, <i>Hibiscus cannabinus</i>	10 °C	35 °C	45 °C	Carberry και Abrecht (1990)
Ρύζι, <i>Oryza spp.</i>	2 - 7,3 °C	32,5 °C	42,2 - 43,3 °C	Adam et al. (2010)
Ρύζι, <i>Oryza spp.</i>	11 °C	32 °C	41 °C	PSTU Study (2010)
Σιτάρι, <i>Triticum aestivum</i>	2,04 – 2,9 °C	31,81 – 32,42 °C	38,1 – 42,1 °C	Zeinati et al. (2011)
Σιτάρι, <i>Triticum spp.</i>	4 °C	25 °C	32 °C	PSTU Study (2010)
Κριθάρι, <i>Hordeum vulgare</i>	4 °C	22°C	36 °C	PSTU Study (2010)
Φασόλι, <i>Phaseolus vulgaris L.</i>	8 °C	29 - 34 °C	-	White και Montes (1993)
Καλαμπόκι, <i>Zea mays L.</i>	9 °C	33 °C	42 °C	PSTU Study (2010)
Καλαμπόκι, <i>Zea mays L.</i>	6,1 °C	33,6 °C	42,9 °C	Itabari et al. (1993)
Σόγια, <i>Glycine max</i>	4 °C	34 - 34,5 °C	46,8 - 55,2 °C	Covell et al. (1986)
Σόγια, <i>Glycine max</i>	9 °C	30 °C	41 °C	PSTU Study (2010)
Switchgrass, <i>Panicum virgatum</i>	11,1 °C	33,1 °C	46 °C	Ramdeo Seepaul et al. (2011)
Φάβα, <i>Vicia faba L.</i>	0,83 - 3,71 °C	25,5 °C	28 °C	Dumur et al. (1990)
Ηλιανθος, <i>Helianthus annuus</i>	3,3 – 6,7 °C	30 – 35,6 °C	41,7 – 48,9 °C	Khalifa et al. (2000)
Μπιζέλι, <i>Pisum sativum</i>	0°C	29°C	40°C	Olivier et al. (1998)

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών, σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί προς την ποσοτικοποίηση των αντιδράσεων βλάστησης στη θερμοκρασία και την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης. Μοντέλα που περιγράφουν την συμπεριφορά της βλάστησης των σπερμάτων, σε μια σειρά από θερμοκρασίες έχουν προταθεί και αναπτύχθηκαν από τους Covell et al, 1986, Ellis και Butcher, 1988, Alvarado και Bradford, 2002, Hardegree, 2006.

Αν και από προηγούμενες μελέτες έχει αποδειχθεί η γραμμική σχέση μεταξύ του ποσοστού της βλάστησης των σπόρων (συνήθως ορίζεται ως το αντίστροφο του χρόνου που απαιτείται για τη βλαστική ικανότητα 50%) και της θερμοκρασίας, οι Garcia-Huidobro et al. (1982) ήταν οι πρώτοι που ανέπτυξαν ένα μοντέλο το οποίο ενσωματώνει το γεγονός ότι διαφορετικά άτομα σε έναν πληθυσμό σπόρων μπορούν να βλαστήσουν με διαφορετικούς ρυθμούς.

Για τη βλαστική ικανότητα των διαφόρων ποσοστών ενός πληθυσμού σπόρων του *Pennisetum typhoides* σε μη ιδανική θερμοκρασία, οι Garcia-Huidobro et al. ανέπτυξαν την εξίσωση:

$$1 / t (G) = (T - T_b (G)) / \theta (G) \quad (1)$$

όπου  $T$  = η θερμοκρασία,  $T_b$  = η θερμοκρασία βάση της οποίας ο ρυθμός βλάστησης ( $1 / t$ ) είναι μηδέν και  $\theta$  = η θερμική περίοδος σε θερμοημέρες πάνω από το  $T_b$  που απαιτούνται για να συγκεντρώσουν το δεδομένο ποσοστό βλάστησης ( $G$ ).

Αυτό το μοντέλο προβλέπει την βλαστική ικανότητα για ένα δεδομένο κλάσμα σπόρων (υπο-βέλτιστο και υπερ-βέλτιστο εύρος) σε μια γραμμική συνάρτηση της θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, οι Covell et al (1986) έδειξαν ότι, εντός πληθυσμών σπόρων ρεβιθίου και σόγιας, η θερμοκρασία βάσης δεν διαφέρει και ότι η διακύμανση της θερμικής περιόδου ήταν φυσιολογική. Κατά συνέπεια, η ακόλουθη εξίσωση αναπτύχθηκε για να περιγράψει την αντίδραση του ποσοστού βλάστησης σε πληθυσμούς σπόρου σε μη ιδανική σταθερή θερμοκρασία:

$$1 / t (G) = (T - T_b) / ((\text{probit } (G) - K) \sigma) \quad (2)$$

όπου  $\sigma$  = η τυπική απόκλιση της κατανομής συχνοτήτων των θερμικών περιόδων και  $K$  = μια σταθερά. Αξίζει να σημειωθεί ότι, εκτός από το μοντέλο probit, και άλλες συναρτήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για να περιγράψουν την διακύμανση των χαρακτηριστικών θερμικών περιόδων σε πληθυσμούς σπόρων (Washitani, 1985, Benech Arnold et al., 1990)

Εξισώσεις παρόμοιες με τις 1 και 2, επίσης, έχουν αναπτυχθεί για να περιγράψουν τη βλάστηση σε υπερ-βέλτιστες θερμοκρασίες, όπου το ποσοστό της βλάστησης μειώνεται συνήθως γραμμικά με την αύξηση της θερμοκρασίας και, για ορισμένα είδη τουλάχιστον, ο θερμικός χρόνος είναι μια σταθερά, και η διαφορά από σπόρο σε σπόρο του ποσοστού βλάστησης εξηγείται από μια κανονική κατανομή με το ανώτατο όριο (μέγιστη) θερμοκρασίας (Roberts, 1988).

Επιστρέφοντας στις επιδράσεις μη βέλτιστης θερμοκρασίας, όπου έχει επικεντρωθεί η περισσότερη προσοχή, δημοσιευμένες εκθέσεις έχουν δείξει, ότι η θερμοκρασία βάσης κυμαίνεται μεταξύ διαφορετικών ειδών κάτι το οποίο δεν αποτελεί έκπληξη. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία βάσης κυμάνθηκε μεταξύ 0 και 8,5 °C για διαφορετικά όσπρια (Corvell et al., 1986). Μελέτες μεταβλητότητας δεν έχουν δείξει καμία μεταβολή της θερμοκρασίας βάσης στην περίπτωση του ρεβιθίου

(Ellis et al., 1986) αλλά και σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ γενοτύπων του *Sorghum bicolor* (Harris et al., 1987). Σε επίπεδο πληθυσμού, αρκετές μελέτες δείχνουν ελάχιστη ή καμία μεταβολή της θερμοκρασίας βάσης μεταξύ μεμονωμένων σπόρων μη αδρανών πληθυσμών σπόρων προς σπορά (Covell et al., 1986, Ellis et al., 1986, Benech Arnold et al., 1990, Pritchard and Manger, 1990). Μελέτες που αφορούν το κρεμμύδι (Ellis και Butcher, 1988) και το κριθάρι (Ellis et al., 1987) δείχνουν επίσης ότι, σε περίπτωση απουσίας του λήθαργου, η θερμοκρασία βάσης δεν συγγέεται με την ποιότητα των σπόρων. Υπό την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία βάσης δεν διαφέρει μέσα σε πληθυσμούς, Η εξίσωση 2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει έναν πληθυσμό ή είδη για το ποσοστό της βλάστησης των σπόρων σε μη ικανοποιητικές θερμοκρασίες. Αυτή η προσέγγιση φαίνεται να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την επιλογή των γονότυπων που παρουσιάζουν ανοχή στις θερμοκρασίες κρύου φυτώριου (Covell et al., 1986).

Στην παρούσα μελέτη σκοπός είναι να υπολογίσει τις θερμοκρασίες ανάπτυξης για τέσσερις καλλιέργειες, ευρέως διαδεδομένες στην Ελλάδα, τις ακόλουθες.

## 1.6 Ηλίανθος

Ο Ηλίανθος είναι ένα φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Asteraceae*, του γένους *Helianthus* και του είδους *annuus*. Αποτελεί ετήσια εαρινή καλλιέργεια και ανήκει στην κατηγορία των C<sub>3</sub> φυτών. Ο βιολογικός κύκλος του φυτού είναι περίπου 3,5 μήνες (αναλόγως πάντοτε του υβριδίου). Τα επιμέρους στάδια ανάπτυξης του ηλίανθου έχουν προσδιοριστεί σύμφωνα με το διεθνές σύστημα BBCH (Lancashire et al., 1991). Τα φύλλα του ηλίανθου είναι καρδιόσχημα, ωοειδή, οδοντωτά στην περιφέρεια και τριχωτά.

Το εμπορικό προϊόν που παράγεται από τους σπόρους του είναι το έλαιο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βρώσιμο (π.χ. το κοινώς γνωστό ως ηλιέλαιο) ή ως βιοντίζελ. Το ηλιέλαιο περιέχεται στους καρπούς του (ηλιόσποροι) σε ποσοστό 25% ως 32%, παραλαμβάνεται με έκθλιψη και θεωρείται ισάξιο με το ελαιόλαδο. Οι ηλιόσποροι τρώγονται αποξηραμένοι ή καβουρντισμένοι ενώ οι πολύ μικροί χρησιμοποιούνται ως πτηνοτροφή. Ο ηλίανθος είναι μια πλούσια πηγή φυτικού ελαίου με μεγάλη περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα κυρίως παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό και λινελαϊκό. (Fuller et al. 1967). Το ελαϊκό και

λινελαϊκό οξύ αποτελούν το 85-90% των συνολικών λιπαρών οξέων των σπόρων (Kilman, 1964, Lagravere et al., 1998, Murphy 1994). Η μέση περιεκτικότητα ολόκληρου του σπόρου σε λάδι είναι περίπου 45%.

Από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα υπάρχει παραγωγή και εμπορία ηλιελαίου σε μεγάλη κλίμακα στη Ρωσία, η οποία το 1991-92 έφθασε να παράγει το 27% της παγκόσμιας παραγωγής κατέχοντας την 1<sup>η</sup> θέση. Ο ηλίανθος με 21 εκατομ. τόνους κατέχει την 3<sup>η</sup> θέση μετά τη σόγια και το βαμβάκι στην παγκόσμια παραγωγή ελαιούχων σπόρων. Σήμερα καλλιεργείται παγκοσμίως σε 180 εκατομμύρια στρέμματα με πρώτη χώρα τις ΗΠΑ (10 εκατομμύρια στρέμματα). Στην Ευρώπη, την 1<sup>η</sup> θέση κατέχει η Ισπανία με 8,5 εκατομμύρια στρέμματα και παραγωγή 743.000 τόνους (FAOSTAT,2007). Στην Τουρκία καλλιεργούνται πάνω από 5 εκατομμύρια στρέμματα με παραγωγή πάνω από ένα εκατομμύριο τόνους έχοντας μέσο όρο παραγωγής που ξεπερνά τα 200 κιλά το στρέμμα (FAOSTAT,2007). Στην Ελλάδα καλλιεργούνται 150.000 στρέμματα με παραγωγή 19.000 τόνους δηλαδή με μια μέση παραγωγή 127 κιλά το στρέμμα (FAOSTAT,2007).

Η απόδοση του σπόρου του ηλίανθου, που μπορεί να φτάσει και 4,5-5 τόνους / στρ. μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε εδάφη με υψηλή στάθμη υπόγειου νερού όπως αυτά της δυτικής Θεσσαλίας κάτω από μειωμένες εισροές άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης (Geronikolou et al., 2005, Danalatos et al., 2005). Τέτοιες αποδόσεις είναι τρεις φορές υψηλότερες σε σύγκριση με τις αποδόσεις ηλίανθου που λαμβάνουν χώρα στη βόρεια Ελλάδα.

## 1.7 Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα είναι πολυετές C<sub>3</sub> φυτό της οικογένειας *Asteraceae*, του γένους *Cynara* και του είδους *cardunculus*, που προέρχεται εντός της λεκάνης της Μεσογείου (Rottemberg and Zohary, 2005, Sonnante et al, 2007). Ο βιολογικός κύκλος της αγριαγκινάρας είναι περίπου 11 μήνες. Τα στάδια ανάπτυξης του φυτού προσδιορίστηκαν πρόσφατα από τον Archontouli et al. (2010α) σύμφωνα με το διεθνές BBCH σύστημα, όπως στην περίπτωση του ηλίανθου.

Τα φύλλα της είναι ελλειπτικά και καλλιεργείται κυρίως για την παραγωγή ξηρής βιομάζας, συμπεριλαμβανομένων των κεφαλών με τους σπόρους, οι οποίες είτε διατίθενται στην αγορά ως νωπό προϊόν ή υποβάλλονται σε επεξεργασία

κονσερβοποίησης ή κατάψυξης (Basnizki, 1985, Bianco, 1990). Επιπλέον τα φύλλα του φυτού περιέχουν ορισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και θεραπευτικές ουσίες χρήσιμες για απόσταξη και για φαρμακευτικές βιομηχανίες, και τα υπολείμματα της καλλιέργειας μπορούν να ανακυκλωθούν ως ζωοτροφές (Bianco, 1990).

Η απόδοση της αγριαγκινάρας εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, την επάρκεια της εδαφικής υγρασίας, τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών στο έδαφος και κυμαίνεται από 1-3 τόνους / στρ. σε ξηρή ουσία, αναλόγως των παραπάνω παραγόντων (Πουλέας, 2001; Danalatos et al., 2007, Archontoulis et al., 2008). Σε μεσογειακές συνθήκες (450 mm βροχής / έτος), η αγριαγκινάρα καλλιεργούμενη ως πολυετής καλλιέργεια αποδίδει κατά μέσο όρο στην Ισπανία 1,7 τόνους / στρέμμα βιομάζας με 12 % υγρασία (δηλαδή 1,5 τόνους / στρ. ξερής βιομάζας), ενώ στην Ελλάδα σε πειράματα αξιόπιστα (Θήβα) και σε ποτιστική καλλιέργεια έχει καταμετρηθεί σοδειά έως και 3,3 τόνους / στρ. ξερής βιομάζας. Ο σπόρος της αγριαγκινάρας περιέχει κατά μέσο όρο 23% λάδι (εύρος: 19-32%), το οποίο έχει παρόμοιες ιδιότητες με αυτό του ηλιάνθου (Archontoulis et al., 2010β). Το δυναμικό παραγωγής του σπόρου ανέρχεται στα 480 kg/στρ., ενώ οι συνηθέστερες παραγωγικότητες είναι της τάξης των 70-330 kg/στρ. σε συνάρτηση πάντα με την ολική παραγωγή βιομάζας (Archontoulis et al., 2010β). Η αγριαγκινάρα παράγει μια σύνθετη ταξιανθία, όπου οι κεφαλές ποικίλουν σε αριθμό, βάρος, μέγεθος και περιεκτικότητα σε σπόρους. Για την Ελλάδα οι αποδόσεις κάτω από αντίξοες συνθήκες έχουν βρεθεί ότι είναι 1.5 τόνοι / στρ. (Danalatos et al., 2007).

## 1.8 Καλαμπόκι

Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος είναι ένα φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*, του γένους *Zea* και του είδους *mays*. Αποτελεί ετήσια εαρινή καλλιέργεια και ανήκει στην κατηγορία των  $C_4$  φυτών. Είναι ψηλό φυτό με χοντρό όρθιο και συμπαγή βλαστό, στενά και μακριά φύλλα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο και ονομάζεται φόβη. Η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται σπάδικας.

Το καλαμπόκι είναι βασική πηγή διατροφής σε πολλές χώρες αλλά η θρεπτική του αξία είναι μικρότερη απ' ότι στα άλλα σιτηρά. Χάρη στη μεγάλη ενεργειακή του

συγκέντρωση, η οποία οφείλεται στο πλούσιο άμυλό του, ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται ευρέως στη ζωική διατροφή (CIV, 2008). Στη διατροφή χρησιμοποιείται το έλαιο του καλαμποκιού, το γνωστό αραβοσιτέλαιο. Οι κόκκοι του καλαμποκιού, με κατάλληλη επεξεργασία, μπορεί να παράγουν αλκοόλη βιομηχανικής χρήσης, αιθανόλη. Οι άξονες των σπαδικών χρησιμοποιούνται σαν βιοκαύσιμο και για την παραγωγή διαφόρων διαλυτών χρήσιμων στη βιομηχανία. Τα υπολείμματα καλλιεργειών του αραβόσιτου αποτελούν άφθονη, ανέξοδη πηγή βιομάζας που μπορεί να αφαιρεθεί από τους αγρούς χωρίς επιβλαβή προϊόντα ή περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αν χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη διαχείριση (Kim and Dale, 2004).

Το καλαμπόκι αποτελεί μια κατεξοχήν αρδευόμενη καλλιέργεια ανά τον κόσμο (Musik et al, 1990, Φιλίντας, 2003) με κύρια παραγωγό χώρα τις Η.Π.Α. (Φιλίντας, 2003). Οι ΗΠΑ παράγουν το 40% της παγκόσμιας παραγωγής. Άλλες χώρες με μεγάλη παραγωγή περιλαμβάνουν την Κίνα, τη Βραζιλία, το Μεξικό, την Ινδονησία, την Ινδία, τη Γαλλία και την Αργεντινή. Η παγκόσμια παραγωγή ήταν 817 εκατομμύρια τόνοι το 2009, μεγαλύτερη από το ρύζι που είχε παραγωγή 678 εκατ. τόνους και το σιτάρι που είχε παραγωγή 682 εκατ. τόνους. Το 2009, πάνω από 159 εκατομμύρια εκτάρια καλαμποκιού φυτεύτηκαν σε όλο τον κόσμο, με απόδοση πάνω από 5 τόνους / εκτάριο. Στην Ελλάδα η ετήσια παραγωγή φτάνει το 1,5 εκατομμύριο τόνους. Το έτος 2004 σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας, η μέση παραγωγή βιομάζας αραβόσιτου στην Ελλάδα ήταν 1010,43 kg / στρ. και η απόδοση καρπού ήταν 1040,75 kg / στρ. (Filintas et al. , 2007).

Το καλαμπόκι για να επιτύχει μέγιστες αποδόσεις έχει υψηλές εποχικές απαιτήσεις σε νερό (Doorenbos and Kassam, 1986, Φιλίντας, 2003, Filintas et al, 2008), με υδατικές απαιτήσεις που κυμαίνονται από 500 έως 800 m<sup>3</sup> νερού για την επίτευξη μέγιστης παραγωγής από μια ποικιλία μέσης ωριμότητας σπόρου (Doorenbos and Kassam, 1986)

## 1.9 Μπιζέλι

Το μπιζέλι ή αρακάς είναι ένα φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Fabaceae*, του γένους *Pisum* και του είδους *sativum*. Αποτελεί ετήσια χειμερινή καλλιέργεια, είναι

ποώδες και ψυχανθές φυτό και η ανάπτυξη του εξαρτάται αρκετά από την ποικιλία (νάνα, αναρριχώμενη, ημιαναρριχώμενη). Καλλιεργείται για τα νωπά σπέρματά του.

Ο καρπός του ονομάζεται λοβός, έχει χρώμα πράσινο ή κίτρινο και σχήμα κυλινδρικό. Περικλείει 4-8 ή και περισσότερα σπέρματα, σφαιρικά, λεία ή ρικνά. Οι λοβοί και τα σπέρματα του μπιζελιού χαρακτηρίζονται από υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών και υδατανθράκων.

Ο μέσος σπόρος μπιζελιού ζυγίζει μεταξύ 0,1 και 0,36 γραμμάρια. Το είδος χρησιμοποιείται ως λαχανικό, νωπό, κατεψυγμένο ή σε κονσέρβα, και επίσης καλλιεργείται για την παραγωγή ξηρού μπιζελιού, όπως το μπιζέλι split. Τα νωπά σπέρματά του καταναλώνονται μαγειρεμένα. Υπάρχουν ποικιλίες με βρώσιμους λοβούς, με ξερά σπέρματα κατάλληλα για κτηνοτροφή ή με καλλωπιστικό ενδιαφέρον. Ο αρακάς, όπως και όλα τα ψυχανθή φυτά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για χλωρή λίπανση.

Η απόδοση μιας καλλιέργειας αρακά είναι 500-1500 kg / στρέμμα σε λοβούς από όπου μόλις το 30 % λαμβάνεται ως βρώσιμο προϊόν - σπέρματα (150-1000 kg / στρέμμα). Στην περίπτωση του γλυκομπίζελου είναι 500-1000 kg / στρέμμα. Στην Ελλάδα οι αποδόσεις κυμαίνονται από 500 έως 700 kg το στρέμμα στις ξηρικές καλλιέργειες και από 700 έως 1000 kg το στρέμμα στις ποτιστικές.

Όταν οι καρποί αφήνονται να ωριμάσουν, για σποροπαραγωγή, το φυτό δίνει 25 με 30 καρπούς. Όταν όμως συγκομίζονται ενώ είναι ακόμη μικροί και τρυφεροί, για βρώση, ένα φυτό μπορεί να δώσει δύο και τρεις φορές περισσότερους καρπούς.

### **1.10 Σκοπός της μελέτης**

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να μετρηθεί η βλαστική ικανότητα των σπόρων ηλιάνθου, καλαμποκιού, αγριαγκινάρας και μπιζελιού σε διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας.

Συγκεκριμένα ο σκοπός της μελέτης είναι να περιγράψει την επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό βλάστησης των σπόρων των παραπάνω φυτών και την σχέση μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξής των και της θερμοκρασίας. Τέλος, να προσδιορίσει τις θεμελιώδεις θερμοκρασίες για την βλάστηση των παραπάνω τεσσάρων φυτών, δηλαδή την θερμοκρασία βάσης,  $T_b$ , την βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$  και την μέγιστη θερμοκρασία  $T_c$ .

## 2. Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Μέτρηση βλαστικής ικανότητας σπόρων

Το πείραμα για την μέτρηση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και διήρκεσε οκτώ μήνες, από μέσα Οκτωβρίου του έτους 2009 μέχρι και τέλος του Μαΐου του έτους 2010.

Η βλαστική ικανότητα των σπόρων ηλίανθου, αγριαγκινάρας καλαμποκιού, και μπιζελιού μετρήθηκε σε οκτώ διαφορετικές θερμοκρασίες, 5, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C και 40 °C. Αρχικά πραγματοποιήθηκαν τα πειραματικά στάδια στις θερμοκρασίες των 10, 20, 30 και 40 °C και στην συνέχεια στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες των 5, 15, 25 και 35 °C.

Σε κάθε πειραματικό στάδιο (σε κάθε διαφορετικό επίπεδο θερμοκρασίας) χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 100 σπόροι από κάθε φυτό, που επιλέχθηκαν τυχαία από δείγματα των σπόρων κάθε φυτού. Οι σπόροι κάθε φυτού χωρίστηκαν σε τέσσερα μέρη των 25 σπόρων, επομένως σε κάθε θερμοκρασία είχαμε τέσσερις επαναλήψεις των σπόρων από κάθε φυτού.

Η μέτρηση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων πραγματοποιήθηκε σε ειδικό προβλαστήριο όπου επικρατούσε ένα περιβάλλον κορεσμένης σχετικής υγρασίας και ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτός καλύπτοντας τις ανάγκες βλάστησης κάθε σπόρου σύμφωνα με τους κανονισμούς του ISTA (International Seed Testing Association).

Η τοποθέτηση των σπόρων μέσα στο προβλαστήριο έγινε επάνω σε στυπόχαρτο (διηθητικό χαρτί σε σχήμα M, δίπλωση στα δύο και στη συνέχεια στα τέσσερα) και σε μεταλλικούς διάτρητους δίσκους πάνω στους οποίους τοποθετήθηκαν 3-4 λεπτά φύλλα χαρτιού, για να επιτρέπεται ο αερισμός των σπόρων. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν στο στυπόχαρτο και πριν την μεταφορά τους, μέσα στο προβλαστήριο, σκεπάστηκαν με αυτό.

Σε όλα τα πραγματοποιούμενα πειραματικά στάδια, πριν από την τοποθέτηση των δίσκων με τους σπόρους, στο προβλαστήριο, εφαρμόσαμε στους σπόρους μικρή ποσότητα μυκητοκτόνου επαφής, Blumont 25DP, με προστατευτική δράση για την



απολύμανση των σπόρων και για την προστασία από ανάπτυξη μυκήτων αλλά και μεγάλη ποσότητα απεσταγμένου νερού, με την βοήθεια ενός μικρού ψεκαστήρα, για καλύτερη διαβροχή των σπόρων. Κατά την διάρκεια κάθε πειραματικού σταδίου εφαρμόσαμε επιπλέον απεσταγμένο νερό στους σπόρους, όποτε κρίθηκε αναγκαίο.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, σε κάθε διαφορετική θερμοκρασία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, σε συχνά και τακτά χρονικά διαστήματα, των σπόρων που είχαν βλαστήσει. Στις υψηλότερες θερμοκρασίες πραγματοποιήθηκαν καθημερινές μετρήσεις, μέχρι και δύο έως τρεις φορές την ημέρα, συνήθως πρωί, μεσημέρι και απόγευμα.

Να σημειώσουμε ότι ένας σπόρος θεωρείται ότι έχει βλαστήσει όταν τουλάχιστον 1 χιλιοστό βλαστιδίου ή ριζιδίου είναι ορατό (Lisson et al., 2000, Carberry and Abrecht, 1990). Επομένως από την στιγμή που ένας σπόρος εμφάνιζε βλαστίδιο 1 mm σημειωνόταν ότι έχει βλαστήσει μαζί με την ημερομηνία και την ακριβή ώρα της μέτρησης.

## 2.2 Προβλαστήριο

Για την μέτρηση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού χρησιμοποιήθηκε προβλαστήριο της σειράς SG και συγκεκριμένα το προβλαστήριο SG-500D.

Είναι συμπαγής κατασκευή από ανοξείδωτο χάλυβα, με μεγάλη ακρίβεια λειτουργίας διότι διαθέτει έλεγχο συνθηκών και αξιοπιστία διότι είναι εξοπλισμένο με ειδικά σχεδιασμένο μηχανολογικό εξοπλισμό και έχει εσωτερική κυκλοφορία αέρα.

Οι εξωτερικές διαστάσεις του προβλαστηρίου SG-500D είναι 815 X 750 X 2160 (Π X Β X Υ σε mm), διαθέτει δεκαπέντε ράφια και έχει χωρητικότητα 500 λίτρα. Η σταθερότητα θερμοκρασίας είναι  $\pm 0,5^{\circ} \text{C}$  και το εύρος θερμοκρασίας  $4-40^{\circ} \text{C}$ . Τέλος, έχει παροχή ρεύματος 220-240V.

Διαθέτει δεύτερη εσωτερική γυάλινη πόρτα που επιτρέπει τον έλεγχο χωρίς την αλλοίωση των συνθηκών και διάτρητους δίσκους για καλύτερο αερισμό των δειγμάτων. Οι λάμπες φθορισμού του συστήματος φωτισμού βρίσκονται εκτός θαλάμου και διαθέτουν σύστημα δυναμικού εξαερισμού και διπλό μονωτικό διαχωριστικό κρύσταλλο καλύπτοντας με ομοιογένεια όλους τους δίσκους.

### 2.3 Μετρήσεις – παρατηρήσεις

Ολόκληρο το πείραμα περιελάμβανε οκτώ πειραματικά στάδια, ένα για κάθε επίπεδο θερμοκρασίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. 10°C) τα πειράματα επαναλήφθηκαν προκειμένου να πιστοποιηθεί η ακρίβεια των μετρήσεων μας. Σε κάθε πειραματικό στάδιο έγιναν καθημερινές παρατηρήσεις και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των σπόρων που είχαν βλαστήσει καθώς σημειώθηκε και η ημερομηνία και η ώρα της κάθε μέτρησης.

Για τους σπόρους κάθε φυτού ξεχωριστά, σε κάθε μέτρηση, σημειωνόταν οι σπόροι που βλάστησαν ανά επανάληψη κάθε φυτού. Κατόπιν υπολογιζόταν το ποσοστό βλαστικής ικανότητας ανά φυτό.

Κάθε πειραματικό στάδιο ολοκληρωνόταν όταν και οι 100 σπόροι κάθε φυτού είχαν βλαστήσει (βλάστηση 100%). Σε περίπτωση που για ένα φυτό, ο αριθμός των σπόρων που είχαν βλαστήσει παρέμενε ίδιος για διάστημα 3-4 ημερών, τότε θεωρείτο ότι οι μετρήσεις για το φυτό αυτό έχουν ολοκληρωθεί.

Τα πειραματικά δεδομένα όλων των μετρήσεων κάθε πειραματικού σταδίου συγκεντρώθηκαν σε πίνακες και στη συνέχεια, μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

### 2.4 Στατιστική ανάλυση

Μετά τη συλλογή και επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για κάθε φυτό ξεχωριστά, για όλες τις θερμοκρασίες με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Excel.

Αρχικός σκοπός ήταν να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείται για να βλαστήσει το 50 % των σπόρων κάθε φυτού. Για το σκοπό αυτό καταρχάς τα δεδομένα μετατράπηκαν σε κλίμακα επί % . Αυτό έγινε διαιρώντας κάθε τιμή με την μέγιστη τιμή των βλαστημένων σπόρων.

Στην συνέχεια για όλα τα φυτά κατασκευάστηκε γράφημα του ποσοστού βλάστησης σπόρου συναρτήσει του χρόνου, ένα για κάθε θερμοκρασία, το οποίο περιείχε δύο σειρές δεδομένων. Η μία σειρά δεδομένων περιείχε όλα τα δεδομένα από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε θερμοκρασία (ποσοστά βλάστησης

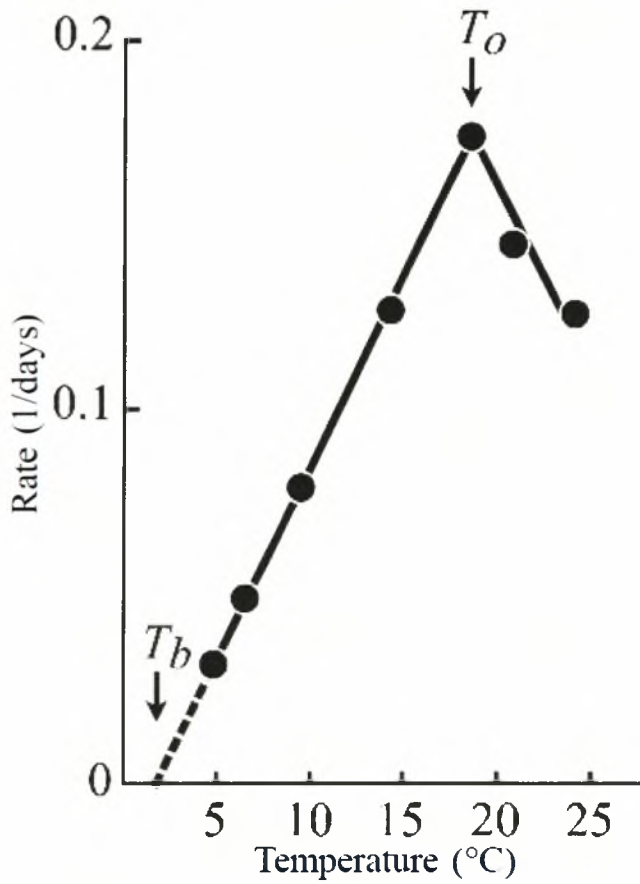
από 0 έως 100 %) ενώ η δεύτερη σειρά δεδομένων είχε 2-4 τιμές πριν και μετά το 50 % της βλάστησης των σπόρων.

Στη συνέχεια στη δεύτερη σειρά δεδομένων κάθε γραφήματος έγινε προσθήκη ευθύγραμμης γραμμής τάσης και προέκυψε η εξίσωση της μορφής  $y = ax + \beta$  και το  $R^2$  για κάθε σετ δεδομένων. Στην εξίσωση αυτή έγινε αντικατάσταση του  $y$  με 0,5 (= το 50% της βλάστησης) και έτσι προέκυψαν οι ώρες στις οποίες φυτρώνει το 50 % των σπόρων κάθε φυτού σε κάθε επίπεδο θερμοκρασίας.

Έπειτα για να υπολογιστούν οι θερμοκρασίες  $T_o$ ,  $T_b$  και  $T_c$  έπρεπε να υπολογιστεί αρχικά ο ρυθμός ανάπτυξης. Ο ρυθμός ανάπτυξης υπολογίστηκε ως το αντίστροφο του χρόνου που απαιτείται για τη βλαστική ικανότητα 50%, υπολογίστηκε δηλαδή διαίρωντας  $1 / \text{χρόνος για το 50 \% εμφάνισης (ώρες)}$ .

Κατόπιν κατασκευάστηκε γράφημα του ρυθμού ανάπτυξης των σπόρων κάθε φυτού συναρτήσει της θερμοκρασίας και από το γράφημα αυτό έγινε η εκτίμηση των θεμελιωδών θερμοκρασιών ( $T_b$ ,  $T_o$  και  $T_c$ ) για την βλάστηση των σπόρων κάθε φυτού. Ο υπολογισμός της βασικής θερμοκρασίας ( $T_b$ ) έγινε εφαρμόζοντας ευθύγραμμη γραμμή τάσης στις θερμοκρασίες από την μικρότερη μέχρι και την μεγαλύτερη τιμή του ρυθμού ανάπτυξης των σπόρων. Προέκυψε εξίσωση της μορφής  $y = ax + \beta$  και το  $R^2$  για κάθε φυτό όπου αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προέκυψε η βασική θερμοκρασία. Η βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$ , υπολογίστηκε πάλι από το γράφημα, ως το σημείο ένωσης των δύο γραμμών τάσεως (Σχήμα 1).

Η μέγιστη θερμοκρασία ( $T_c$ ) ανάπτυξης υπολογίστηκε (όπου ήταν εφικτό) εφαρμόζοντας ευθύγραμμη γραμμή τάσης στα σημεία του γραφήματος, από την μεγαλύτερη τιμή του ρυθμού ανάπτυξης μέχρι και το τελευταίο σημείο του γραφήματος. Και σε αυτή την περίπτωση προέκυψε εξίσωση της μορφής  $y = ax + \beta$  και το  $R^2$  για κάθε φυτό όπου αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προέκυψε η μέγιστη θερμοκρασία.

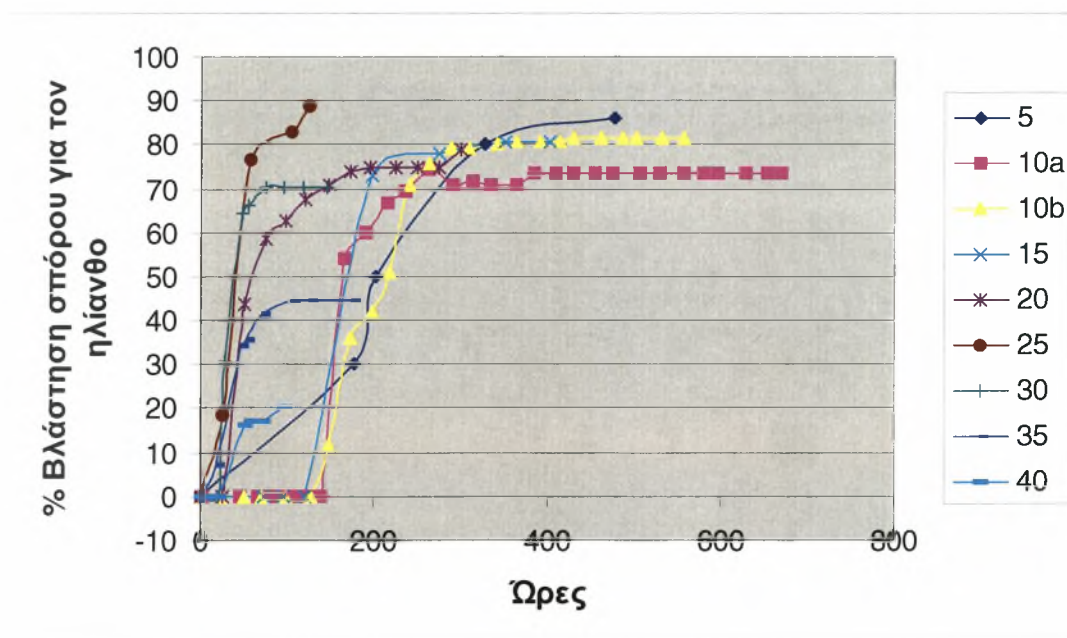


**Σχήμα 1.** Σχέση μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης και των θερμοκρασιών. Η βασική,  $T_b$  και η βέλτιστη,  $T_o$  θερμοκρασία ανάπτυξης εμφανίζονται στο γράφημα (πηγή: Trudgill et al., 2005).

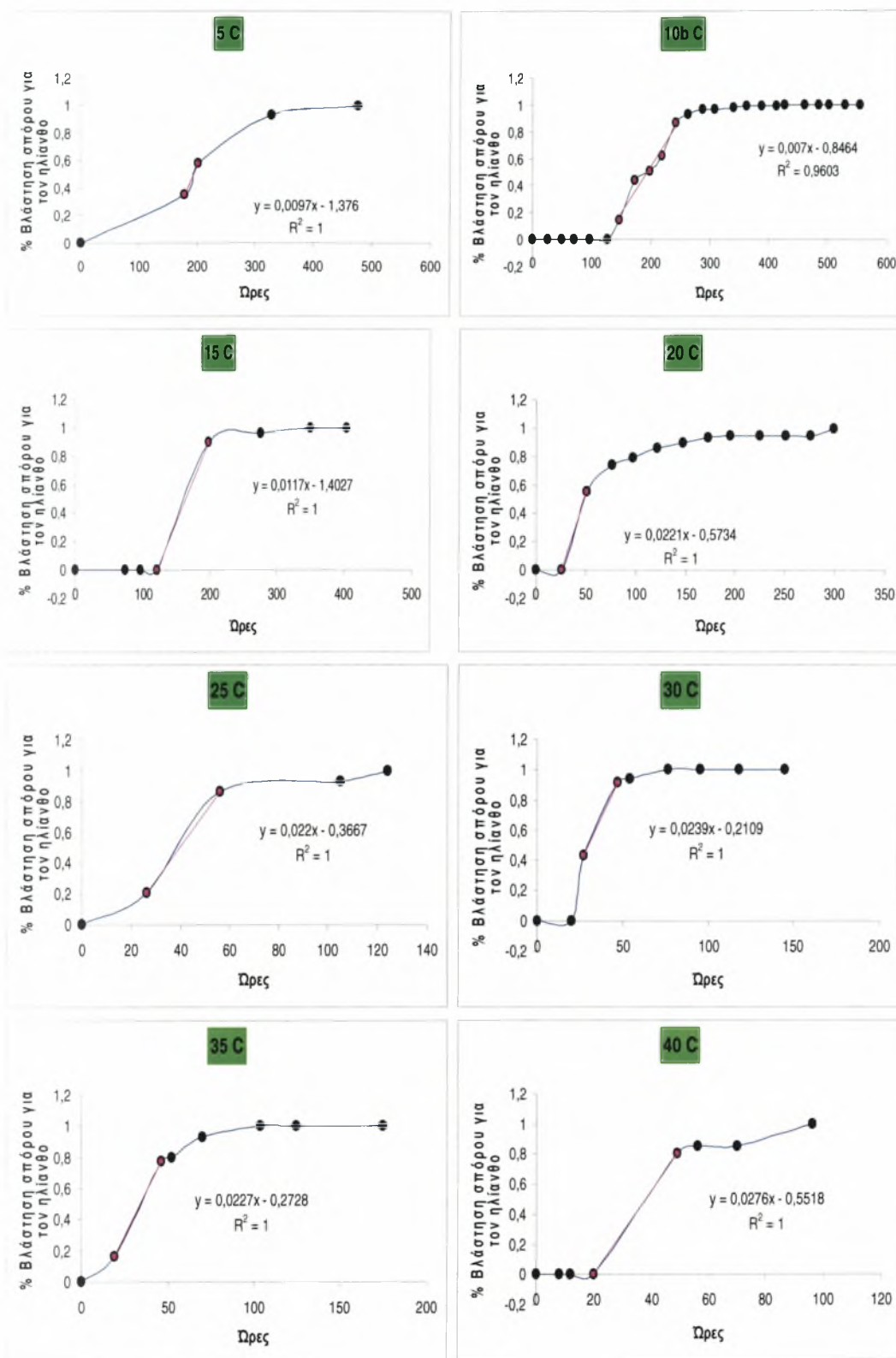
### 3. Αποτελέσματα

#### 3.1 Ηλιάνθος

Στο σχήμα 2 δίδεται το ποσοστό της βλαστικής ικανότητας του σπόρου του ηλιάνθου σε συνάρτηση με τον χρόνο, για οκτώ διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Η βλάστηση των σπόρων ακολούθησε μια σιγμοειδή καμπύλη (S shape) σε σχέση με το χρόνο σε όλες τις περιπτώσεις. Με την εξαίρεση ορισμένων θερμοκρασιών (π.χ. 40 °C), σε γενικές γραμμές η βλαστική ικανότητα των σπόρων του ηλιάνθου κυμάνθηκε περί το 70–85 %. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε καμία περίπτωση ο σπόρος του ηλιάνθου δεν έφτασε στο 100% βλάστησης και μόνο στην θερμοκρασία των 25 °C έφτασε στο 90 %.



Σχήμα 2. % Βλαστική ικανότητα σπόρου ηλιάνθου σε 8 διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου.



Σχήμα 3. Ποσοστό (%) βλάστησης σπόρου του ηλιανθο συναρτήσει του χρόνου σε διάφορα επίπεδα θερμοκρασίας. Η έγχρωμη γραμμή (ροζ σημεία) δηλώνει το εύρος των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να βλαστήσει το 50% των σπόρων ανά εύρος θερμοκρασίας. Επίσης η γραμμική συσχέτιση δίδεται ανά θερμοκρασία.

Στο σχήμα 3 απεικονίζεται η βλάστηση (%) του σπόρου του ηλίανθου συναρτήσει του χρόνου για 8 διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα μαύρα σημεία δίνουν ποσοστά βλάστησης από 0 έως 100% (όλα τα δεδομένα). Τα ροζ σημεία απεικονίζουν ποσοστά βλάστησης πριν και μετά από το 50 % (κάθε φορά επιλέγουμε 2-4 σημεία πριν και μετά το 50 %). Στη συνέχεια, για να υπολογίσουμε τις ώρες που απαιτούνται για να φυτρώσει το 50 % των σπόρων, εφαρμόσαμε γραμμή τάσης και προκύπτει η εξίσωση της μορφής  $y = ax - \beta$  και το  $R^2$  για κάθε θερμοκρασία. Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0,5 (δηλαδή το 50% της βλάστησης) βρίσκουμε σε πόσες ώρες φυτρώνει το 50 % των σπόρων. Έπειτα κατασκευάστηκε ο ακόλουθος πίνακας :

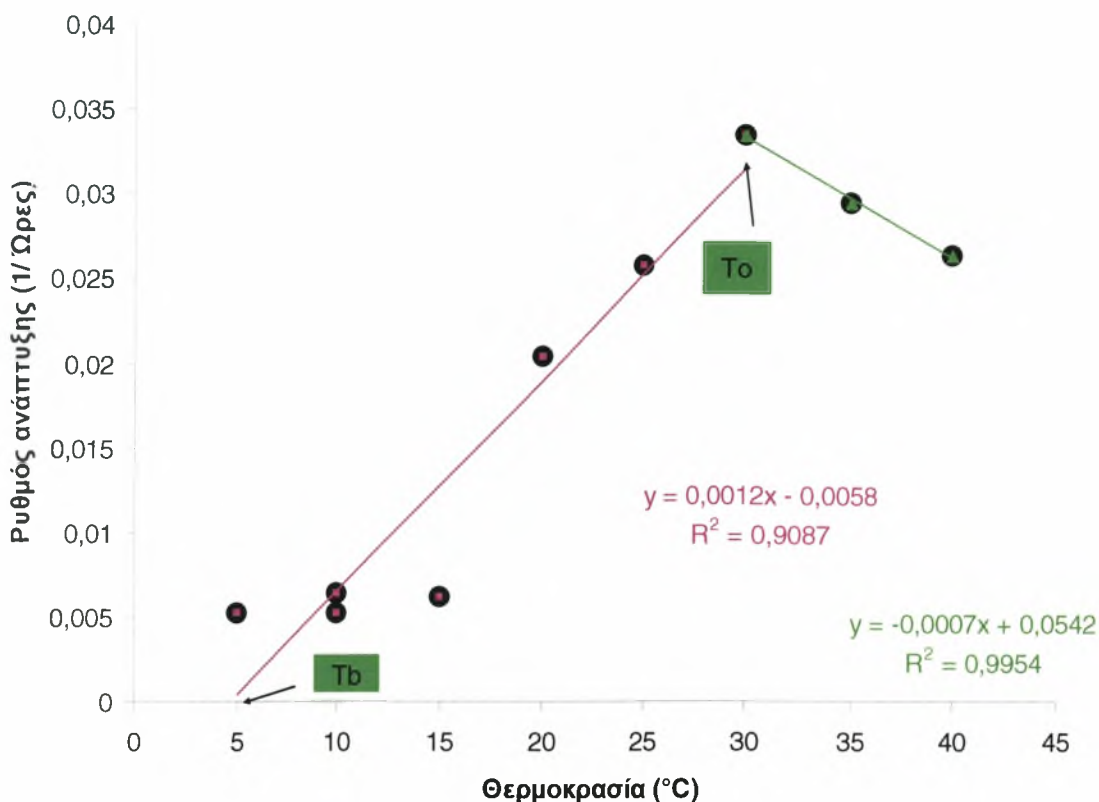
Πίνακας 1 : Χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50 % βλάστησης του ηλίανθου και ρυθμός βλαστικής ικανότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας.

<u>Θερμοκρασία (°C)</u>	<u>Χρόνος (Ωρες)</u>	<u>Ρυθμός (1/χρόνος)</u>
5	193	0,005181
10	158	0,006329
10	192	0,005208
15	163	0,006135
20	49	0,020408
25	39	0,025641
30	30	0,033333
35	34	0,029412
40	38	0,026316

Ο πίνακας δείχνει το χρόνο (που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50%) και το ποσοστό της βλάστησης του σπόρου του ηλίανθου σε οκτώ επίπεδα θερμοκρασίας.

Με βάση τον πίνακα αυτό, ο ρυθμός της βλαστικής ικανότητας, που υπολογίζεται διαιρώντας 1/χρόνος για το 50% της εμφάνισης, απεικονίζεται συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, μια γραμμική συσχέτιση εφαρμόζεται προκειμένου να εκτιμηθεί η βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ), η βέλτιστη θερμοκρασία ( $T_o$ ) και η μέγιστη θερμοκρασία ( $T_c$ ) ανάπτυξης και προκύπτει το εξής γράφημα :



**Σχήμα 4.** Ρυθμός ανάπτυξης ηλίανθου συναρτήσει της θερμοκρασίας, βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ) και βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης ( $T_o$ ).

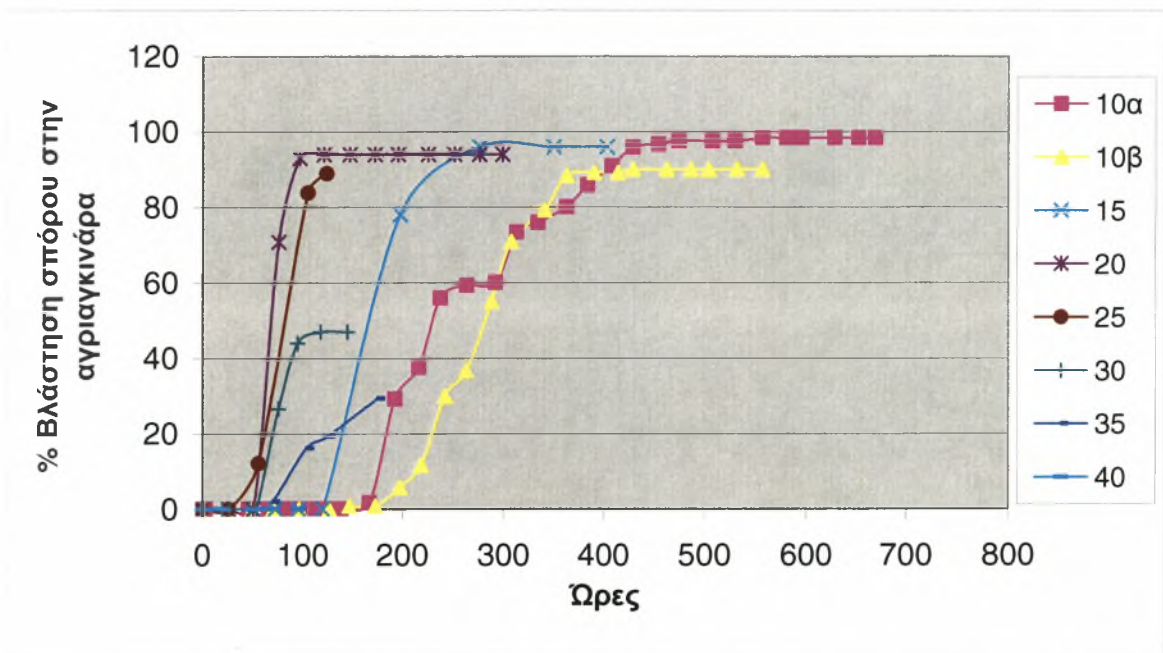
Έπειτα εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα ροζ σημεία (για τις θερμοκρασίες από 5 έως 30 °C) προκύπτει η εξίσωση  $y = 0,0012x - 0,0058$  και  $R^2 = 0,9087$ . Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η βασική θερμοκρασία,  $T_b$ , η οποία είναι 4,83 °C για την ηλίανθο. Ο υπολογισμός της βασικής θερμοκρασίας είναι σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες σε άλλες ποικιλίες του ηλίανθου (π.χ. Khalifa et al., 2000)

Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του ηλίανθου είναι  $T_o = 30$  °C (σχήμα 4) και είναι και αυτή η τιμή σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στον ηλίανθο (Khalifa et al., 2000). Τέλος εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα πράσινα σημεία προκύπτει η εξίσωση  $y = -0,0007x + 0,0542$  και  $R^2 = 0,9954$  και από την εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του ηλίανθου. Παρατηρήθηκε ότι στην προκειμένη περίπτωση η μέγιστη θερμοκρασία στην οποία μπορεί να βλαστήσει σπόρος βρέθηκε ίση με 77,43 °C, η οποία είναι σαφώς εκτός ορίων βιολογικής σημασίας και ο εσφαλμένος υπολογισμός οφείλεται στα ελλιπή δεδομένα στις υψηλές θερμοκρασίες.

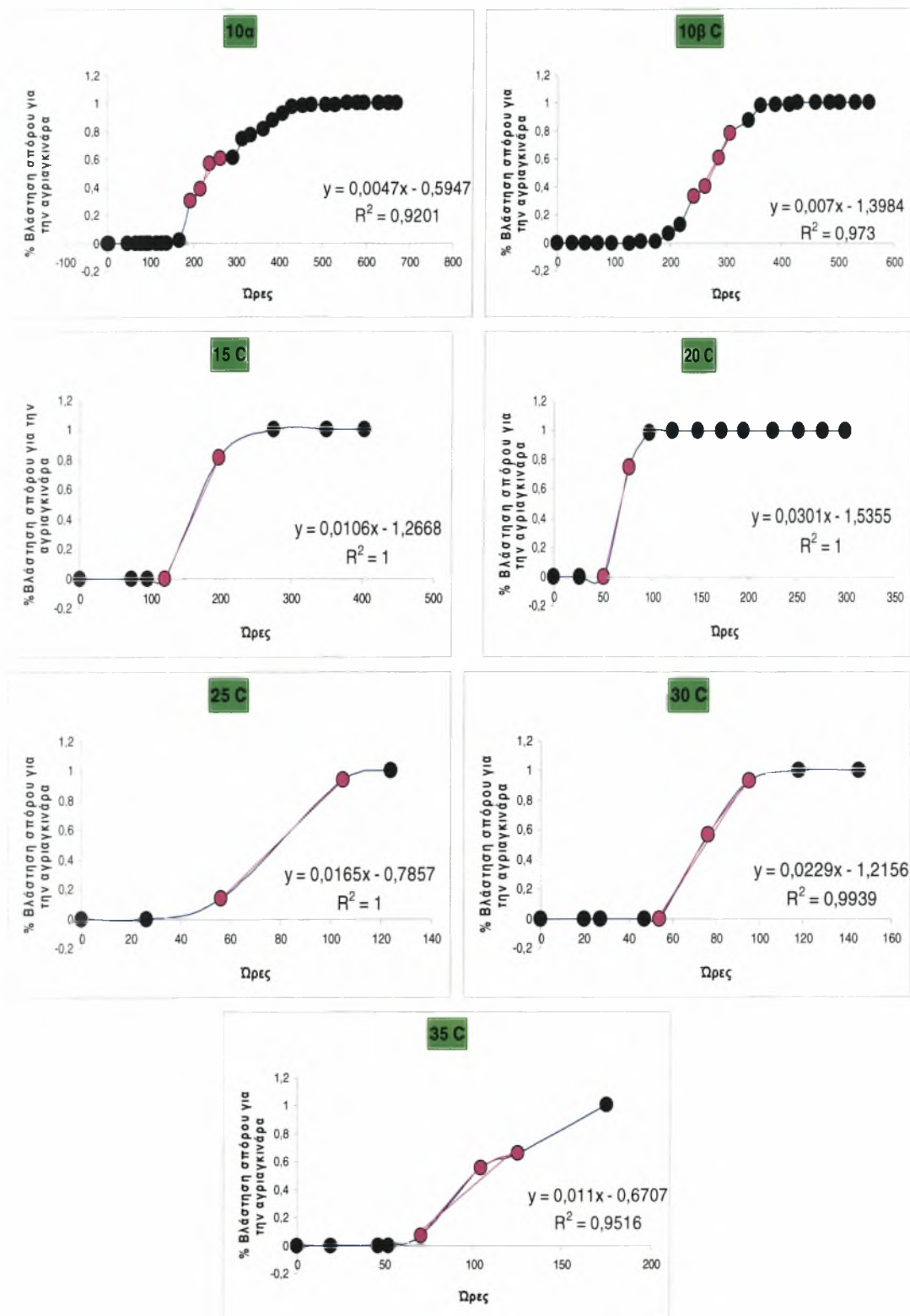


### 3.2 Αγριαγκινάρα

Στο σχήμα 5 δίδεται το ποσοστό βλαστικής ικανότητας του σπόρου αγριαγκινάρας σε συνάρτηση με τον χρόνο για επτά διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Η βλάστηση των σπόρων ακολούθησε μια σιγμοειδή καμπύλη (S shape) σε σχέση με το χρόνο σε όλες τις περιπτώσεις. Με την εξαίρεση των θερμοκρασιών 30°C και 35 °C, σε γενικές γραμμές η βλαστική ικανότητα των σπόρων της αγριαγκινάρας κυμάνθηκε περι στο 80-95 %. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο σπόρος της αγριαγκινάρας έφτασε στο 100 % της βλάστησης μόνο στη θερμοκρασία των 10 °C (στο πρώτο πείραμα που έγινε στους 10 °C) ενώ στην θερμοκρασία των 40 °C δεν παρατηρήσαμε βλάστηση



Σχήμα 5. % Βλαστική ικανότητα σπόρου αγριαγκινάρας σε 8 διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου.



Σχήμα 6. Ποσοστό (%) βλάστησης σπόρου της αγριαγκινάρας συναρτήσει του χρόνου σε διάφορα επίπεδα θερμοκρασίας. Η έγχρωμη γραμμή (ροζ σημεία) δηλώνει το εύρος των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να βλαστήσει το 50% των σπόρων ανά εύρος θερμοκρασίας. Επίσης η γραμμική συσχέτιση δίδεται ανά θερμοκρασία.

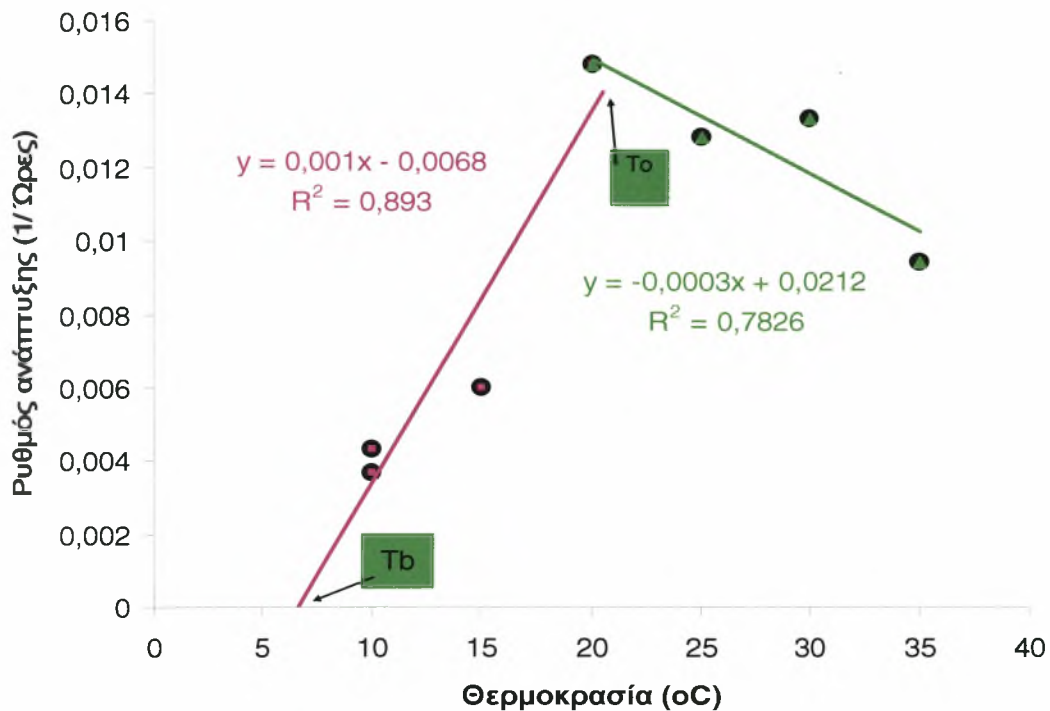
Στο σχήμα 6 απεικονίζεται η βλάστηση (%) του σπόρου της αγριαγκινάρας συναρτήσει του χρόνου για 8 διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα μαύρα σημεία δίνουν ποσοστά βλάστησης από 0 έως 100% (όλα τα δεδομένα). Τα ροζ σημεία απεικονίζουν ποσοστά βλάστησης πριν και μετά από το 50 % (κάθε φορά επιλέγουμε 2-4 σημεία πριν και μετά το 50 %). Στη συνέχεια, για να υπολογίσουμε τις ώρες που απαιτούνται για να φυτρώσει το 50 % των σπερμάτων, εφαρμόζουμε γραμμή τάσης και προκύπτει η εξίσωση της μορφής  $y = ax - \beta$  και το  $R^2$  για κάθε θερμοκρασία. Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0,5 (δηλαδή το 50% της βλάστησης) βρίσκουμε σε πόσες ώρες φυτρώνει το 50 % των σπόρων. Έπειτα κατασκευάστηκε ο ακόλουθος πίνακας :

Πίνακας 2 : Χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50 % βλάστησης της αγριαγκινάρας και ρυθμός βλαστικής ικανότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας.

<u>Θερμοκρασία (οC)</u>	<u>Χρόνος (Ωρες)</u>	<u>Ρυθμός (1/χρόνος)</u>
10	232,9	0,004294
10	271,2	0,003687
15	166,67	0,006
20	67,62	0,014789
25	77,92	0,012834
30	74,91	0,013349
35	106,42	0,009397

Ο πίνακας δείχνει το χρόνο (που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50%) και το ποσοστό της βλάστησης του σπόρου της αγριαγκινάρας σε επτά επίπεδα θερμοκρασίας. Με βάση τον πίνακα αυτό, ο ρυθμός της βλαστικής ικανότητας, που υπολογίζεται διαιρώντας 1/χρόνος για το 50% της εμφάνισης, απεικονίζεται συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, μια γραμμική συσχέτιση εφαρμόζεται προκειμένου να εκτιμηθεί η βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ), η βέλτιστη θερμοκρασία ( $T_o$ ) και η μέγιστη θερμοκρασία ( $T_c$ ) ανάπτυξης και προκύπτει το εξής γράφημα :



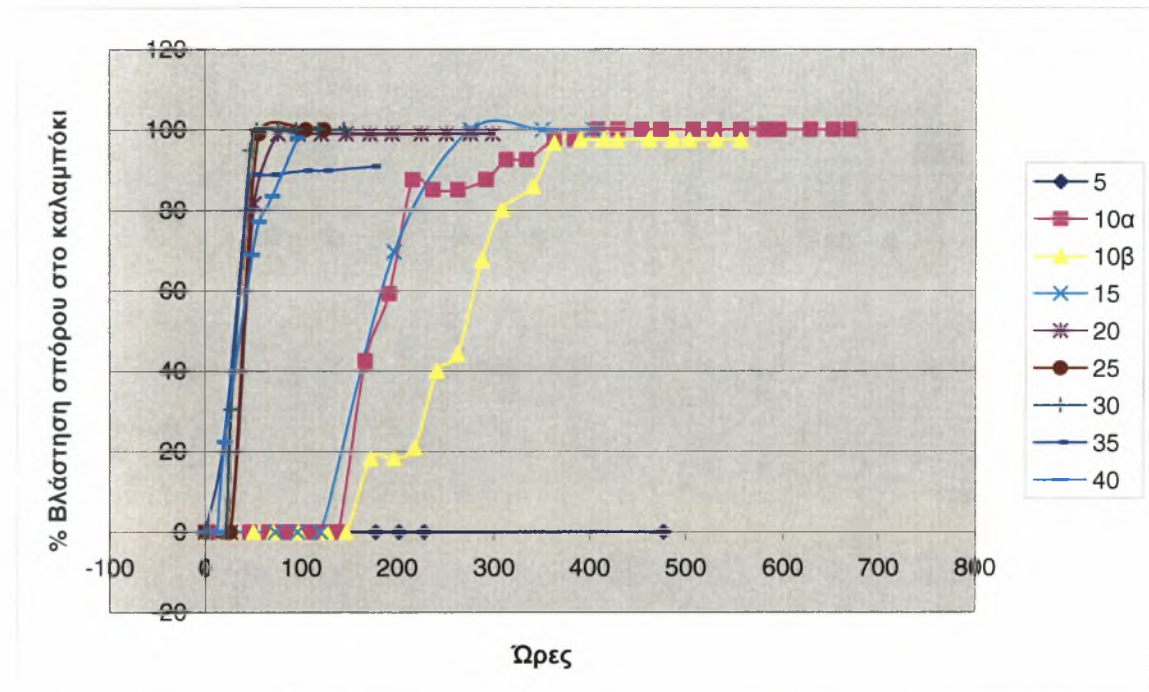
Σχήμα 7. Ρυθμός ανάπτυξης αγριαγκινάρας συναρτήσει της θερμοκρασίας, βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ) και βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης ( $T_o$ ).

Έπειτα εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα ροζ σημεία (για τις θερμοκρασίες από 10 έως 20 °C) προκύπτει η εξίσωση  $y = 0,001x - 0,0068$  και  $R^2 = 0,893$ . Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η βασική θερμοκρασία,  $T_b$ , η οποία είναι 6,8 °C για την αγριαγκινάρα. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης για την αγριαγκινάρα είναι περίπου περί τους 20-22 °C (σχήμα 7).

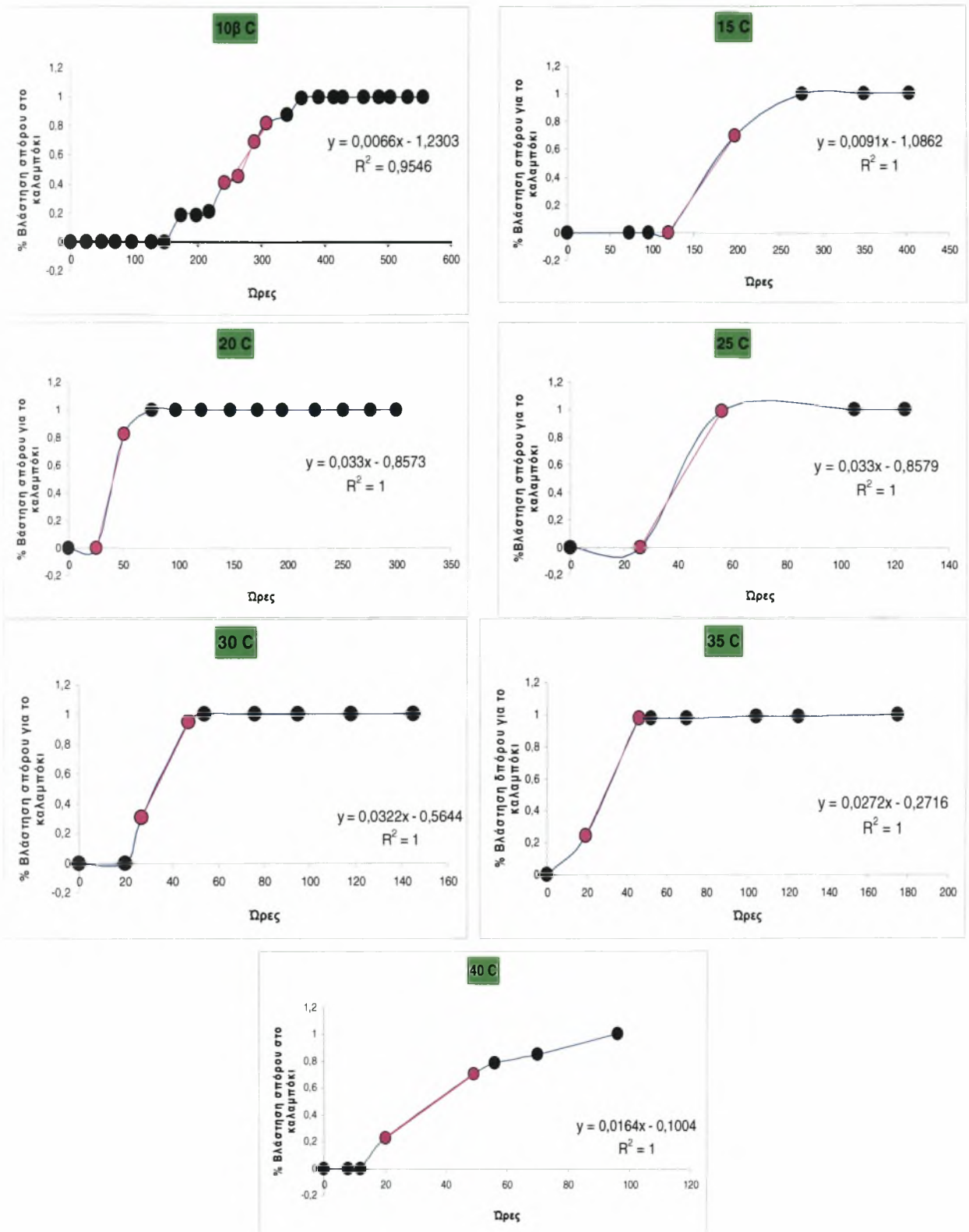
Τέλος εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα πράσινα σημεία προκύπτει η εξίσωση  $y = -0,0003x + 0,0212$  και  $R^2 = 0,7826$  και από την εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης της αγριαγκινάρας. Στην προκειμένη περίπτωση δεν μπόρεσε να βρεθεί από αυτή τη μελέτη, με ακρίβεια η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης,  $T_c$  καθώς οι μετρήσεις σε υψηλές θερμοκρασίες ήταν περιορισμένες για να εξαχθεί αποτέλεσμα.

### 3.3 Καλαμπόκι

Στο σχήμα 8 δίδεται το ποσοστό βλαστικής ικανότητας του σπόρου καλαμποκιού σε συνάρτηση με τον χρόνο για οκτώ διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Η βλάστηση των σπόρων όπως και στα προηγούμενα φυτά ακολούθησε μια σιγμοειδή καμπύλη (S shape) σε σχέση με το χρόνο σε όλες τις περιπτώσεις. Σε γενικές γραμμές η βλαστική ικανότητα των σπόρων του καλαμποκιού κυμάνθηκε από 85 έως 95 %. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο σπόρος του καλαμποκιού έφτασε στο 100 % βλάστησης σε όλες τις θερμοκρασίες με εξαίρεση την θερμοκρασία των 35°C, όπου έφτασε στο 90 % βλάστησης και την θερμοκρασία των 5 °C, όπου δεν παρατηρήθηκε βλάστηση του σπόρου του καλαμποκιού.



Σχήμα 8. % Βλαστική ικανότητα σπόρου καλαμποκιού σε 8 διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου.



Σχήμα 9. Ποσοστό (%) βλάστησης σπόρου του καλαμποκιού συναρτήσει του χρόνου σε διάφορα επίπεδα θερμοκρασίας. Η έγχρωμη γραμμή (ροζ σημεία) δηλώνει το εύρος των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να βλαστήσει το 50% των σπόρων ανά εύρος θερμοκρασίας. Επίσης η γραμμική συσχέτιση δίδεται ανά θερμοκρασία.

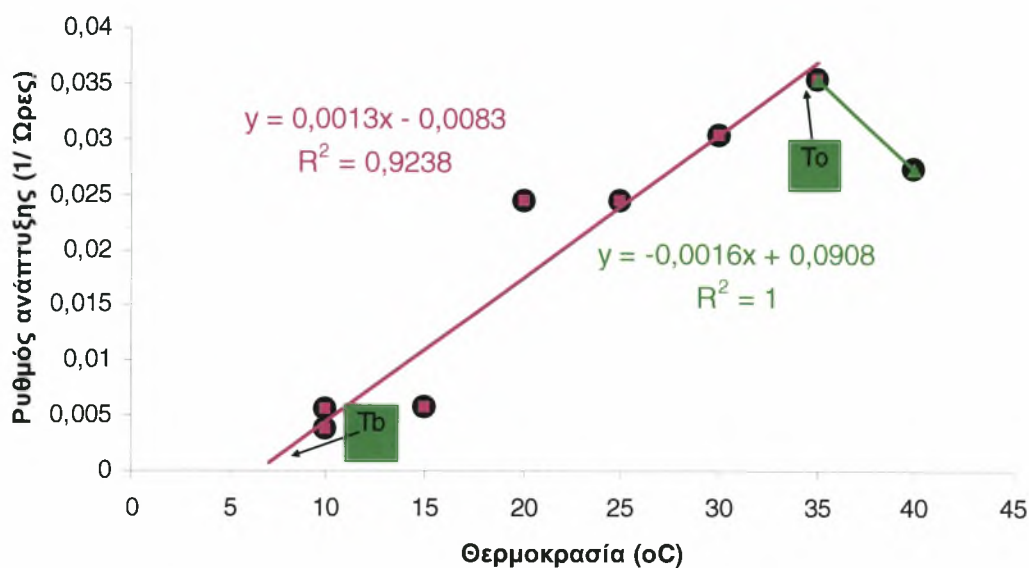
Στο σχήμα 9 απεικονίζεται η βλάστηση (%) του σπόρου του καλαμποκιού συναρτήσει του χρόνου για 8 διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα μαύρα σημεία δίνουν ποσοστά βλάστησης από 0 έως 100% (όλα τα δεδομένα). Τα ροζ σημεία απεικονίζουν ποσοστά βλάστησης πριν και μετά από το 50 % (κάθε φορά επιλέγουμε 2-4 σημεία πριν και μετά το 50 %). Στη συνέχεια, για να υπολογίσουμε τις ώρες που απαιτούνται για να φυτρώσει το 50 % των σπερμάτων, εφαρμόζουμε γραμμή τάσης και προκύπτει η εξίσωση της μορφής  $y = ax - \beta$  και το  $R^2$  για κάθε θερμοκρασία. Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0,5 (δηλαδή το 50% της βλάστησης) βρίσκουμε σε πόσες ώρες φυτρώνει το 50 % των σπόρων. Έπειτα κατασκευάστηκε ο ακόλουθος πίνακας :

Πίνακας 3 : Χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50 % βλάστησης του καλαμποκιού και ρυθμός βλαστικής ικανότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας.

<u>Θερμοκρασία (oC)</u>	<u>Χρόνος (Ωρες)</u>	<u>Ρυθμός (1/χρόνος)</u>
10	181,7339	0,005503
10	262,1667	0,003814
15	174,3077	0,005737
20	41,13	0,024313
25	41,14	0,024307
30	33,05	0,030257
35	28,36765	0,035251
40	36,6	0,027322

Ο πίνακας δείχνει το χρόνο (που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50%) και το ποσοστό της βλάστησης του σπόρου του καλαμποκιού σε επτά επίπεδα θερμοκρασίας. Με βάση τον πίνακα αυτό, ο ρυθμός της βλαστικής ικανότητας, που υπολογίζεται διαιρώντας 1/χρόνος για το 50% της εμφάνισης, απεικονίζεται συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, μια γραμμική συσχέτιση εφαρμόζεται προκειμένου να εκτιμηθεί η βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ), η βέλτιστη θερμοκρασία ( $T_o$ ) και η μέγιστη θερμοκρασία ( $T_c$ ) ανάπτυξης και προκύπτει το εξής γράφημα :



**Σχήμα 10.** Ρυθμός ανάπτυξης καλαμποκιού συναρτήσει της θερμοκρασίας, βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ) και βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης ( $T_o$ ).

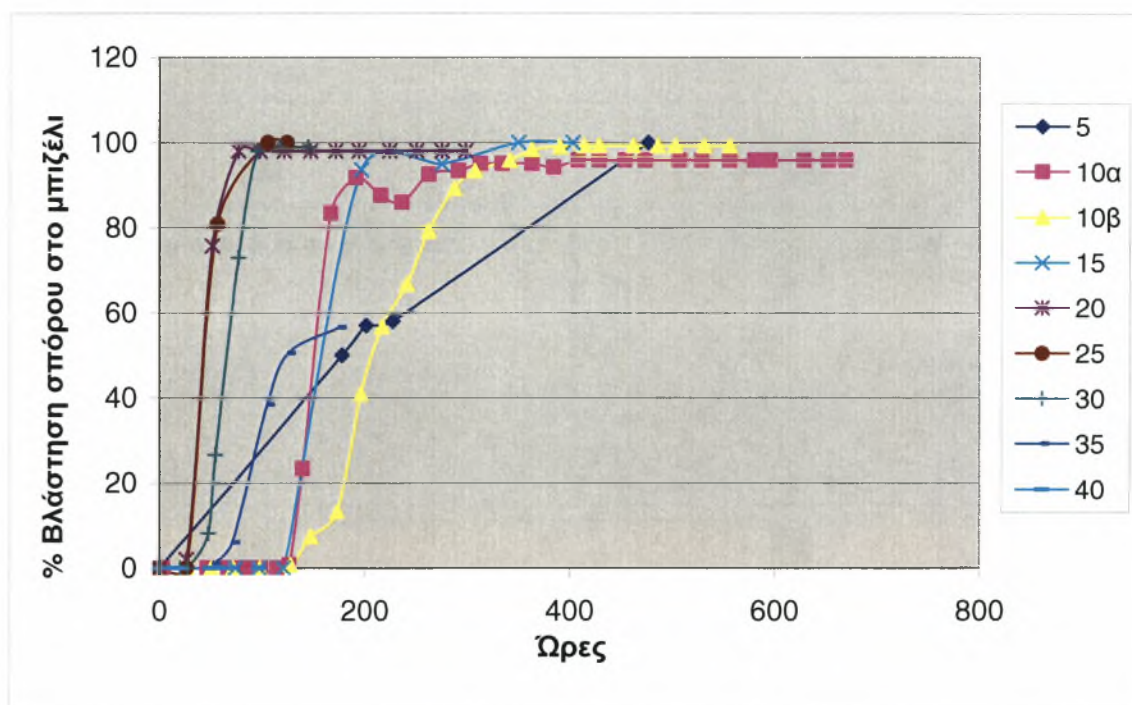
Έπειτα εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα ροζ σημεία (για τις θερμοκρασίες από 10 έως 35 °C) προκύπτει η εξίσωση  $y = 0,0013x - 0,0083$  και  $R^2 = 0,9238$ . Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η βασική θερμοκρασία,  $T_b$ , η οποία είναι 6,385 °C για το καλαμπόκι. Ο υπολογισμός της βασικής θερμοκρασίας είναι σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες σε άλλες ποικιλίες του καλαμποκιού (Itabari et al., 1993). Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης για το καλαμπόκι είναι 35 °C (σχήμα 10) και συνάπτει και αυτή η τιμή με προηγούμενες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο καλαμπόκι (Itabari et al., 1993).

Τέλος εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα πράσινα σημεία προκύπτει η εξίσωση  $y = -0,0016x + 0,0908$  και  $R^2 = 1$  και από την εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του καλαμποκιού. Στην προκειμένη περίπτωση δεν μπόρεσε από αυτή τη μελέτη, να βρεθεί με ακρίβεια, η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης,  $T_c$  για το καλαμπόκι καθώς οι μετρήσεις σε υψηλές θερμοκρασίες ήταν περιορισμένες για να εξαχθεί αποτέλεσμα (ωστόσο την αναφέρουμε  $T_c = 56,75$  °C).

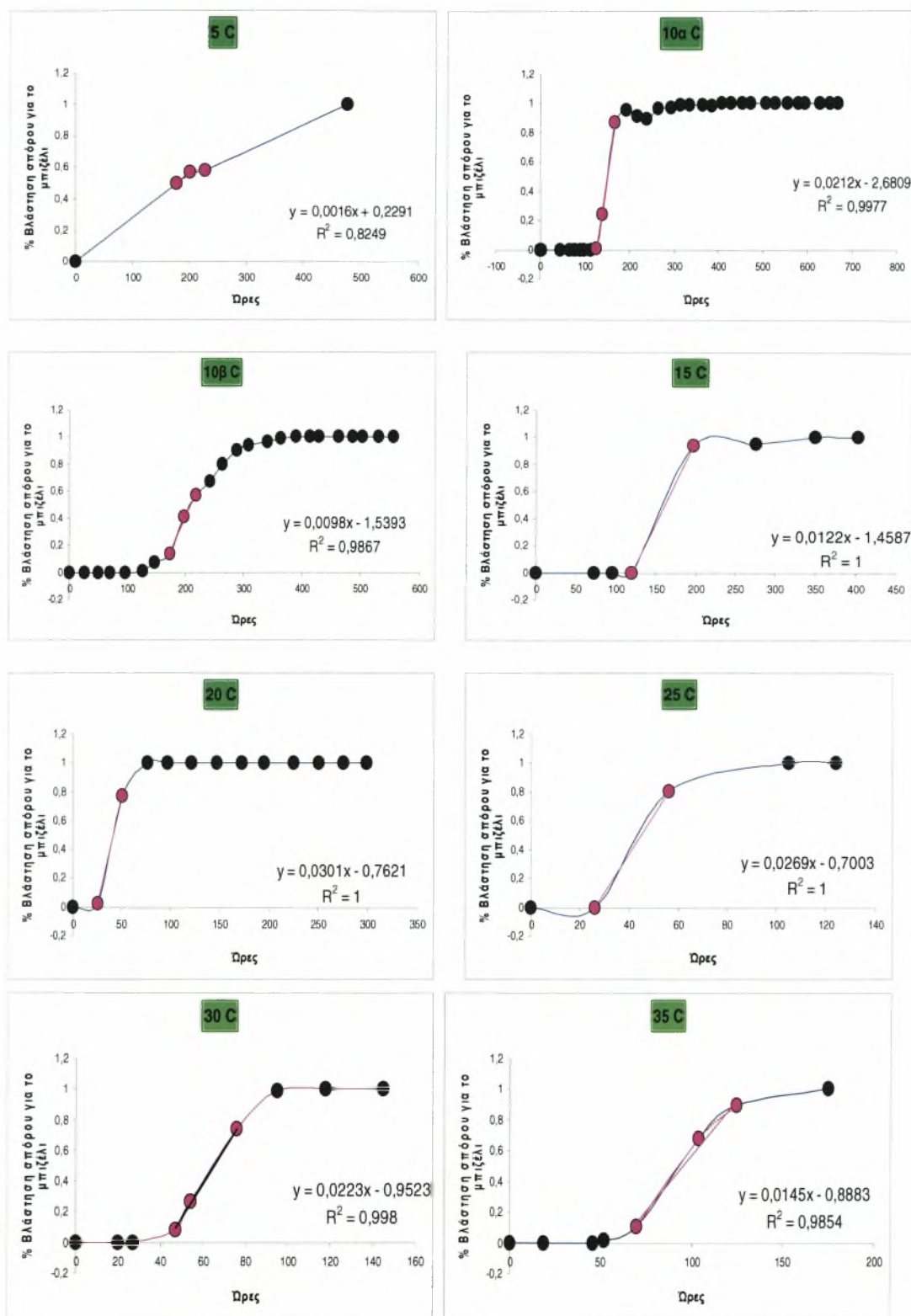


### 3.4 Μπιζέλι

Στο σχήμα 11 δίδεται το ποσοστό βλαστικής ικανότητας του σπόρου του μπιζελιού σε συνάρτηση με τον χρόνο, για οκτώ διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Η βλάστηση των σπόρων ακολούθησε μια σιγμοειδή καμπύλη (S shape) σε σχέση με το χρόνο σε όλες τις περιπτώσεις. Με την εξαίρεση της θερμοκρασίας των 35°C, σε γενικές γραμμές ο ρυθμός βλάστησης των σπόρων του ηλίανθου ήταν υψηλός και κυμάνθηκε από 80-100 %. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις θερμοκρασίες ο σπόρος του μπιζελιού έφτασε στο 95-100 % βλάστησης με εξαίρεση τους 35 °C όπου έφτασε μέχρι και το 56 % περίπου και τους 40 °C όπου δεν παρατηρούμε βλάστηση του σπόρου.



Σχήμα 11. % Βλαστική ικανότητα σπόρου μπιζελιού σε 8 διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου.



**Σχήμα 12.** Ποσοστό (%) βλάστησης σπόρου του καλαμποκιού συναρτήσει του χρόνου σε διάφορα επίπεδα θερμοκρασίας. Η έγχρωμη γραμμή (ροζ σημεία) δηλώνει το εύρος των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να βλαστήσει το 50% των σπόρων ανά εύρος θερμοκρασίας. Επίσης η γραμμική συσχέτιση δίδεται ανά θερμοκρασία.

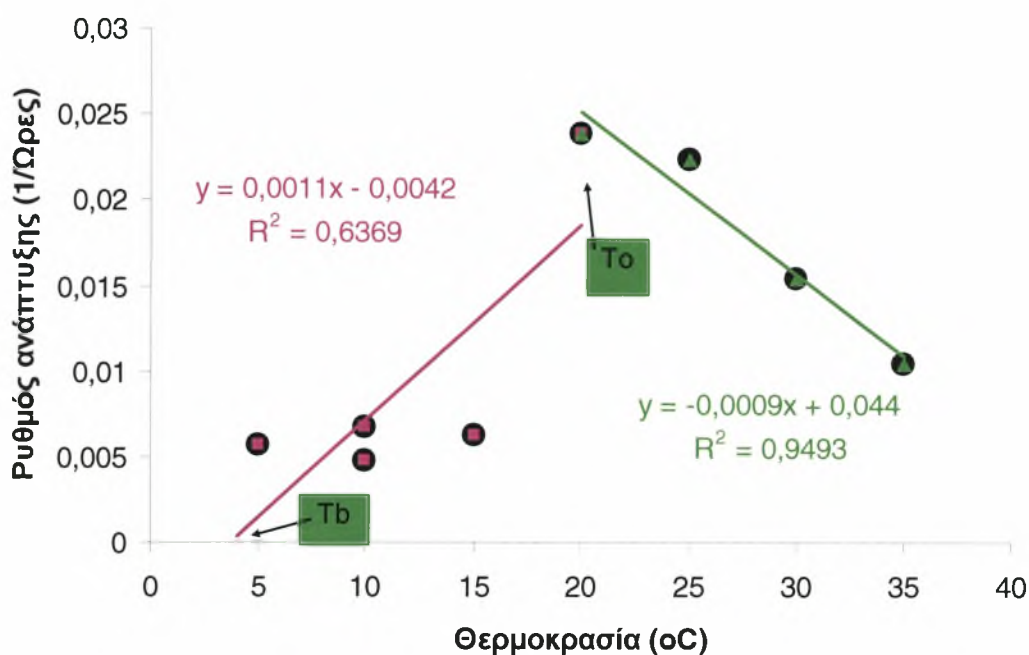
Στο σχήμα 12 απεικονίζεται η βλάστηση (%) του σπόρου του μπιζελιού συναρτήσει του χρόνου για 8 διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα μαύρα σημεία δίνουν ποσοστά βλάστησης από 0 έως 100% (όλα τα δεδομένα). Τα ροζ σημεία απεικονίζουν ποσοστά βλάστησης πριν και μετά από το 50 % (κάθε φορά επιλέγουμε 2-4 σημεία πριν και μετά το 50 %). Στη συνέχεια, για να υπολογίσουμε τις ώρες που απαιτούνται για να φυτρώσει το 50 % των σπερμάτων, εφαρμόζουμε γραμμή τάσης και προκύπτει η εξίσωση της μορφής  $y = ax - \beta$  και το  $R^2$  για κάθε θερμοκρασία. Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0,5 (δηλαδή το 50% της βλάστησης) βρίσκουμε σε πόσες ώρες φυτρώνει το 50 % των σπόρων. Έπειτα κατασκευάστηκε ο ακόλουθος πίνακας :

Πίνακας 4 : Χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50 % βλάστησης του μπιζελιού και ρυθμός βλαστικής ικανότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Θερμοκρασία (οC)	Χρόνος (Ωρες)	Ρυθμός (1/χρόνος)
5	178	0,005617978
10	150,03	0,006665334
10	208,09	0,004805613
15	160,54	0,006228977
20	41,9	0,023866348
25	44,62082	0,022411064
30	65,12	0,015356265
35	95,74	0,010444955

Ο πίνακας δείχνει το χρόνο (που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το 50%) και το ποσοστό της βλάστησης του σπόρου του μπιζελιού σε επτά επίπεδα θερμοκρασίας. Με βάση τον πίνακα αυτό, ο ρυθμός της βλαστικής ικανότητας, που υπολογίζεται διαιρώντας 1/χρόνος για το 50% της εμφάνισης, απεικονίζεται συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, μια γραμμική συσχέτιση εφαρμόζεται προκειμένου να εκτιμηθεί η βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ), η βέλτιστη θερμοκρασία ( $T_o$ ) και η μέγιστη θερμοκρασία ( $T_c$ ) ανάπτυξης και προκύπτει το εξής γράφημα :



**Σχήμα 13.** Ρυθμός ανάπτυξης μπιζελιού συναρτήσει της θερμοκρασίας, βασική θερμοκρασία ( $T_b$ ) και βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης ( $T_o$ ).

Έπειτα εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα ροζ σημεία (για τις θερμοκρασίες από 5 έως 20 °C) προκύπτει η εξίσωση  $y = 0,0011x - 0,0042$  και  $R^2 = 0,6369$ . Στην εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η βασική θερμοκρασία,  $T_b$ , η οποία είναι 3,818182 °C για το μπιζέλι. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης για το μπιζέλι είναι περί τους 20°C (σχήμα 13).

Τέλος εφαρμόζοντας γραμμή τάσης στα πράσινα σημεία προκύπτει η εξίσωση  $y = -0,0009x + 0,044$  και  $R^2 = 0,9493$  και από την εξίσωση αυτή αντικαθιστώντας το  $y$  με 0 προκύπτει η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του μπιζελιού. Στην προκειμένη περίπτωση, σε αντίθεση με τα προηγούμενα φυτά, καταφέραμε να υπολογίσουμε την μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης για το μπιζέλι, η οποία βρέθηκε 48,9 °C

## 4. Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη δίδει σημαντικές πληροφορίες αναφορικά με τις θεμελιώδεις θερμοκρασίες ανάπτυξης των σπόρων τεσσάρων καλλιεργειών και συγκεκριμένα των σπόρων ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού. Συνήθως στις περισσότερες των περιπτώσεων αυτές οι θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την ανάπτυξη ολόκληρου του φυτού κάνοντας χρήση των θερμομονάδων (Trudgill et al., 2005, Lisson et al., 2000, Porter, 1999, Olivier and Annandale, 1998, Slafer and Rawson, 1995).

Όπως άλλωστε αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, η βλάστηση των σπόρων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες (π.χ. νερό, φως), με την θερμοκρασία να αποτελεί το πιο σημαντικό παράγοντα (Sander H. Van Delden, 2011). Παρ' όλα αυτά όμως, η έρευνα σε σχέση με τους άλλους παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την βλάστηση των σπόρων, είναι απαραίτητο να συνεχιστεί.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτή τη μελέτη είναι αρκετά απλή αλλά ισχυρή. Συνήθως μη γραμμικά μοντέλα εφαρμόζονται στα δεδομένα ποσοστού βλάστησης σπόρου – χρόνο και ένας αριθμός παραμέτρων υπολογίζεται (π.χ. Timmermans BGH et al., 2007). Στην προκειμένη περίπτωση δεν εφαρμόσαμε τέτοιου είδους μοντέλα σε όλο το εύρος των δεδομένων μας, αλλά απλή γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού βλάστησης και της θερμοκρασίας σε ένα μικρό εύρος δεδομένων κοντά στο 50% της φυτρωτικής ικανότητας.

Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματά μας συνάπτουν με τη βιβλιογραφία για όλα τα υπό μελέτη φυτά. Για παράδειγμα οι Itabari et al. (1993), που μελέτησαν την επίδραση διαφόρων παραγόντων στην βλάστηση και την εμφάνιση των σπόρων καλαμποκιού, βρήκαν ότι η βασική θερμοκρασία,  $T_b$  και η βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$  ανάπτυξης για το καλαμπόκι είναι 6,1 και 33,6 °C αντίστοιχα, ενώ στην παρούσα μελέτη βρήκαμε βασική ( $T_b$ ) και βέλτιστη ( $T_o$ ) θερμοκρασία 6,385 και 35 °C αντίστοιχα.

Στην περίπτωση του ηλίανθου βρήκαμε βασική θερμοκρασία,  $T_b$  ίση με 4,83 °C και βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$  ίση με 30 °C. Οι θερμοκρασίες αυτές βρίσκονται σε συμφωνία με τις θερμοκρασίες των Khalifa et al. (2000) που βρήκαν ότι η βασική,  $T_b$  και η βέλτιστη,  $T_o$  θερμοκρασία ανάπτυξης για τον ηλίανθο είναι 3,3 – 6,7 και 30 – 35,6 °C αντίστοιχα.

Στην περίπτωση του μπιζελιού βρήκαμε βασική θερμοκρασία,  $T_b$  ίση με  $3,82\text{ }^{\circ}\text{C}$  και βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$  ίση με  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Οι Olivier et al. (1998) βρήκαν ότι η βασική θερμοκρασία,  $T_b$  και η βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$  ανάπτυξης για το μπιζέλι είναι  $0$  και  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα. Η μικρή αυτή απόκλιση προφανώς οφείλεται σε επιλογή ποικιλίας διαφορετικού βιολογικού κύκλου και προσαρμοστικότητας σε άλλες κλιματολογικές συνθήκες.

Στην περίπτωση της αγριαγκινάρας δεν υπάρχουν δεδομένα έως τώρα. Οι Αρχοντούλης κ.α., (2008) αναλύοντας δεδομένα φωτοσύνθεσης και θερμοκρασίας βρήκαν ότι η φωτοσύνθεση των φύλλων της αγριαγκινάρας μηδενίζεται κάτω από τους  $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , μια τιμή η οποία είναι πολύ κοντά στη βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού που βρέθηκε  $6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε αντίθεση με τη βασική θερμοκρασία,  $T_b$  και την βέλτιστη θερμοκρασία,  $T_o$ , στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν μπορέσαμε να υπολογίσουμε επαρκώς την μέγιστη θερμοκρασία,  $T_c$ , στην οποία οι σπόροι διαφόρων φυτών μπορούν να βλαστήσουν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν είχαμε αρκετά σημεία σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (εύρος  $35\text{-}55^{\circ}\text{C}$ ). Συνήθως το  $T$ -μέγιστο κυμαίνεται σε αυτό το εύρος (π.χ. κάνναβη, Lisson et al., 2000). Στην περίπτωση μας, ο θάλαμος (προβλαστήριο) που χρησιμοποιήσαμε δεν μπορούσε να ανεβάσει θερμοκρασίες (και να τις διατηρήσει για αρκετό χρόνο) πάνω από τους  $40^{\circ}\text{C}$ . Παρόλα αυτά η σημασία και η αξιοποίηση της παραμέτρου  $T$ -μέγιστη στις αγρονομικές μελέτες είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις παραμέτρους  $T_o$  και  $T_b$ .

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι μόνο στην περίπτωση του μπιζελιού καταφέραμε να υπολογίσουμε την μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης, η οποία είναι ίση με  $48,9^{\circ}\text{C}$ .

## 5. Συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα από την μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στο ρυθμό βλάστησης των σπόρων ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού σε οκτώ διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας είναι τα εξής :

- Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης (base temperature,  $T_b$ ) για τις υπό μελέτη ποικιλίες /υβρίδια ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού είναι 4.8, 6.8, 6.4 και 3.8 °C αντίστοιχα.
- Η άριστη ή βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης (optimum temperature,  $T_o$ ) για τις υπό μελέτη ποικιλίες /υβρίδια ηλίανθου, αγριαγκινάρας, καλαμποκιού και μπιζελιού είναι 30, 21, 35 και 20 °C αντίστοιχα.
- Αυτές οι παράμετροι είναι πολύ σημαντικοί στο να υποστηρίξουν αγρονομικές μελέτες.

## 6. Βιβλιογραφία

### Βιβλία

Ανδρέας Ι. Καραμάνου, Γενική Γεωργία Μέρος Ι, Το Εναέριο Περιβάλλον, Κεφάλαιο Β Θερμοκρασία του αέρα, 2β) Επίδραση στη βλάστηση των σπόρων, σελίδες 44-45, Αθήνα, 1989.

Παντελής Συμ. Ευθυμιάδης, Σποροπαραγωγή, 9.7 Βλάστηση του σπόρου, σελίδες 58-63, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΔΕΛΦΩΝ ΚΥΡΙΑΚΙΔΗ Α.Ε. , Θεσσαλονίκη, 2005, 2009.

### Επιστημονικά άρθρα

Adam B. Puteh, Roziah Rosli and Rosli B. Mohamad (2010) Dormancy and Cardinal Temperatures during Seed Germination of Five Weedy Rice (*Oryza* spp.) Strains. University Putra Malaysia Press Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 33 (2): 243 – 250.

Alvarado, V. and Bradford, K.J. (2002). A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell and Environment*, 25, 1061-1069.

Archontoulis S.V., Danalatos N.G., Yin X., P.C. Struik (2008). Leaf Photosynthesis and Respiration of *Cynara cardunculus*. 16<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition.

Archontoulis S.V., Struik, P.C., Vos, J., Danalatos, N.G., 2010a. Phenological growth stages of *Cynara cardunculus*: codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 156, 253–270.



- Archontoulis S.V., Struik, P.C., Yin, X., Bastiaans, L., Vos, J., Danalatos, N.G., 2010b. Inflorescence characteristics, seed composition, and allometric relationships predicting seed yields in the biomass crop *Cynara cardunculus*. *Global Change Biology–Bioenergy* 2, 113–129.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego, California, p. 666.
- Basnizki Y. (1985) *Cynara scolymus*. In *Handbook of Flowering*, pp. 391–399. Eds F.L. Tome II and A.H. Halevy. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Benech Arnold, R.L., Ghera, C.M., Sanchez, R.A. and Insausti, P. (1990) Temperature effects on dormancy release and germination rate in *Sorghum halepense* L. Pers, seeds : a quantitative analysis. *Weed Research* 30, 81-90.
- Bewley, J.D. and Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination* (2nd Edn.). New York: Plenum Press.
- Bianco V.V. (1990) *Carciofo (Cynara scolymus L.)*. In *Orticoltura*, pp. 209–251. Eds V.V. Bianco and F. Pampini. Bologna, Italy: Patron.
- Bouwmeester, H.J., Karssen, C.M., 1992. The dual role of temperature in the regulation of seasonal changes in dormancy and germination of seeds of *Polygonum persicaria* L. *Oecologia* 90, 88–94.
- Bradford, K.J. (2002). Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50, 248-260.
- Carberry, P.S. and Abrecht, D.G. (1990) Germination and elongation of the hypocotyl and radicle of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) in response to temperature. *Field Crops Research*, 24 (1990) 227-240.

- Chachalis, D. and K. N. Reddy. 2000. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. *Weed Sci.* 48:212–216.
- CIV (2008), Diet of Dattle, Centre d'information des viandes.
- Covell, S., Ellis, R.H., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J. (1986). The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *Journal of Experimental Botany*, 37, 705-715.
- Covell, S., Ellis, R.H., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J. (1986) The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. 1. A comparison of chickpea, lentil, soyabean and cow pea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany* 37, 705-715.
- Danalatos N.G., Archontoulis S.V., Geronikolou L., Papadakis G, 2005. Biomass Conference and Exhibition : Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 14<sup>th</sup> European Biomass Conference, 17-21 October Paris, pp. 308-311.
- Danalatos N.G., Skoufogianni E., Giannoulis K.G., Archontoulis S.V., 2007. Responses Of *Cynara Cardunculus* To Irrigation And N-Fertilization In Central Greece. 15<sup>th</sup> European Biomass Conferrence and Exhibition, Berlin, Germany.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H. (1986). Yield Responce to water, FAO Irrigation and Drainage paper 33, FAO, Rome, Italy, pp. 101-104.
- Dumur, D. , Pilbeam, C.J. and Craigon, J. (1990). Use of the Weibull function to calculate cardinal temperatures in Faba Bean. *Journal of Experimental at Botany*. Volume 41, Issue 11, pp : 1423-1430.

Ellis, R.H., Covell, S., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J. (1986) The influence of temperature on seed germination in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany* 37, 1503-1515.

Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. (1987) Comparison of cumulative germination and rate of germination of dormant and eged barley seed lots at different constant temperatures. *Seed Science and Technology* 15, 711-727.

Ellis, R.H. and Butcher, P.D. (1988). The effects of priming and natural differences in quality amongst onion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the identification of the characteristics under genotypic control. *Journal of Experimental Botany*, 39, 935-950.

Φιλίντας, Θ.Αγ.(2003).Καλλιέργεια Αραβόσιτου στην Ελλάδα:Αύξηση και ανάπτυξη, διαχείριση, απόδοση και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Τμήμα Περιβάλλοντος, Σχολή Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, Ελλάδα.

Filintas, T. Ag., Dioudis, P., Koutseris, E. and Papadopoulos, A., (2007). Soil Nitrates GLS mapping, Irrigation water and applied N-fertilizer effects in soils nitrogen depletion in a drip irrigated experimental field in Thessaly basin. Proc. of 3<sup>rd</sup> IASME/WSEAS Int. Conf. on: Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD'07) Agios Nikolaos, Crete Island, Greece, July 24-26, pp.486-492.

Filintas, Ag., Dioudis, P., Hatzopoulos, J and Karantounias, G. (2008). Irrigation effects in Maize yield, plant stress and GIS integrated modelling of available soil moisture.

- “Food and Agriculture Organization of the United Nations” , Statistics Division  
(2009). Maize, rice and wheat : area harvested, production quantity, yield
- Fuller M., Diamond,J., Applewhite, T. (1967), High oleic sunflower oil. Stability and chemical modification. J. Am. Oil Chem. Soc. 44,264-267.
- Garcia-Huidobro, J., Monteith, J.L. and Squire, G.R. (1982). Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum thyphoides* S. & H.). I. Constant temperatures. Journal of Experimental Botany, 33, 288-296.
- Geronikolaou L, Archontoulis S.V., Danalatos NG, Papadakis G, Kyritsis S, 2005. Economic Opportunity for Seed Oil production in S. Europe by New Sunflower Varieties and under New C.A.P. Conditions. 14<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition : Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 14<sup>th</sup> European Biomass Conference, 17-21 October Paris, pp. 1917-1920.
- Hardegree, S.P. (2006). Predicting germination response to temperature. I. Cardinal-temperature models and sub-population-specific regression. Annals of Botany, 97, 1115-1130.
- Harris, D., Hamdi, Q.A. and Terry, A.C. (1987) Germination and emergence of *Sorghum bicolor* : genotypic and environmentally induced variation in the response to temperature and depth of sowing. Plant, Cell and Environment 10, 501-508.
- In Proc of Int.Conf,:”Studying,Modeling and sence Making of planet Earth”.Department of Geography,University of the Aegean,1-6 June,Mytilene,Lesvos island, Greece,B04ID172,pp.8.

- Itabari, J.K, Gregory, P.J. and Jones, R.K. (1993), Effects of Temperature, Soil, Water Status and Depth of Planting on Germination and Emergence of Maize (*Zea Mays*) Adapted to Semi-Arid Eastern Kenya. *Experimental Agriculture*, Volume 29, Issue 03, Pages: 351-364.
- Khalifa, F.M., Schneiter, A.A. and Eltayeb, E.I., (2000), Temperature-germination responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *Helia*, vol. 23, br. 33, str. 97-104.
- Kilman M.L. and Earle, F.R. (1964), Agronomic performance and chemical composition of the seed of sunflower hybrids and introduced varieties. *Crop Sci.* 4,417-420.
- Kim, S.V. and Dale, B.E. (2004) Global potential bioethanol production from masted crops and crop residues *Biomass Bioenergy*, vol 6 pp.361-375.
- Lagravere, T., Kleiber, D., Dayde, J. (1998), Performance agronomique et conduits culturales du tournesol oléique. *Réalités et perspectives. Oléagineux Crops Gras Lipides* 5 (6), 477-485.
- Lancashire P.D., Bleiholder, H., Langelüddecke, P., Stauss, R., van den Boom, T., Weber, E.,Witzen-Bergera, A., 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119, 561–601.
- Lario N.A., Fern´andez A.J. (2007) Analysis of the artichoke trade. *Acta Horticulturae*, 730, 457–464.
- Lisson, S. N. , Mendham, N. J. and P. S. Carberry (2000) Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model 1. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40, 405–411.
- Murphy, D.J. (1994), *Designer Oil Crops, Breeding, Processing and Biotechnology*. VCH., Weinheim, Germany.

- Musick, J.T., Pringle, F.B., Harman, W.L., and Stewart, B.A. (1990). Long-term irrigation trends: Texas High Plains. *Appl. Eng. Agric.*, 6:717-724.
- Olivier, F.C. and Annandale, J.G. (1998), Thermal time requirements for the development of green pea (*Pisum sativum* L.), *Field Crops Research*, Volume 56, Issue 3, Pages 301-307.
- Ong CK, Monteith JL (1985) Response of pearl millet to light and temperature. *Field Crops Research* 11, 141–159.
- Patil, V.N. and Dadlani, M. 2009. Tetrazolium Test for Seed Viability and Vigour. Retrieved
- Pons, T.L., 2000. Seed responses to light. In: Fenner, M. (Ed.), *Seeds: The Ecology, Regeneration in Plant Communities*. 2nd ed. CAB International, Wallingford, pp.237–260.
- Porter, J., (1999), Temperature and the growth and development of Wheat: a review, *European Journal of Agronomy*, Volume 10, Issue 1, Pages 23-36.
- Πουλεάς Ηλίας, 2001. Πτυχιακή διατριβή : Αύξηση και ανάπτυξη της αγριαγκινάρας (*Cynara cardunculus*) κάτω από διαφορετικές συνθήκες πυκνότητας και αζωτούχου λίπανσης στη Θεσσαλία.
- Pritchard, H.W. and Manger, K.R. (1990) Quental response of fruit and seed germination rate in *Quercus robur* L. and *Castanea sativa* Mill, to constant temperatures and photon dose. *Journal of Experimental Botany* 41, 1549-1557.
- Probert, R.J., 2000. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. In: Fenner, M. (Ed.), *Seeds: The Ecology and Regeneration in Plant Communities*. 2nd ed. CAB International, Wallingford, pp. 261–291.

- Ramdeo Seepaul, Bisoondat Macoon, K. Raja Reddy, Brian Baldwin, (2011).  
Switchgrass (*Panicum vigratum* L.) Intraspecific Variation and  
Thermotolerance classification using in vitro seed germination assay.  
American Journal of Plant Sciences. Vol. 2, 2158-2742.
- Raven, Peter H.; Ray F. Evert, Susan E. Eichhorn (2005). *Biology of Plants*, 7th  
Edition. New York: W.H. Freeman and Company Publishers. pp. 504–  
508.
- Roberts, E.H (1988) Temperature and seed germination. In : Long, S.P. and  
Woodward, F.L. (eds) *Plants and Temperature*. Symposia of the society  
of Experimental Biology, Company of Biologists, Cambridge, pp. 109-  
132.
- Rottenberg A., Zohary D. (2005) Wild genetic resources of cultivated artichoke. *Acta  
Horticulturae*, 681, 307–313.
- Sander H. Van Delden, (2011) On seed physiology, biomechanics and plant  
phenology in *Eragrostis tef*. PhD thesis. Wageningen University. City:  
Wageningen. The Netherlands. 186 p.
- S. M. Siegel, L. A. Rosen (1962) Effects of Reduced Oxygen Tension on Germination  
and Seedling Growth *Physiologia Plantarum* 15 (3), 437–444.
- Slafer, G.A. and Rawson, H.M., (1995), Rates and Cardinal Temperatures for  
Processes of Development in Wheat: Effects of Temperature and  
Thermal Amplitude, *Australian Journal of Plant Physiology* 22(6) 913-  
926.
- Sonnante G., Pignone D., Hammer K. (2007) The domestication of artichoke and  
cardoon: from Roman times to the genomic age. *Annals of Botany*, 100,  
1095–1100.

- Timmermans BGH , Vos J, van Nieuwburg J, Stomph TJ, van der Putten PEL. 2007. Germination rates of *Solanum sisymbriifolium*: temperature response models, effects of temperature fluctuations and soil water potential. *Seed Science Research* 17: 221–231
- Trudgill, D.L., Honek A., van Straalen N.M. (2005) Thermal time – concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, **146**, 1–14.
- Washitani, I. (1985) Germination rate dependency on temperature of *Geranium carolinianum* seeds. *Journal of Experimental Botany* 36, 330-337.
- White, Jeffrey, W. and Montes-R, Consuelo, (1993). The influence of temperature on seed germination in cultivars of common bean. *Journal of Experimental Botany*. Volume 44, Issue 12, pp : 1795-1800.
- Zeinati, E. , Soltani, A. , Galeshi, S.A. and Sabati, S.J. , (2010) Cardinal temperatures response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*. Volume 3 : 23-42.

### **Πηγές Διαδικτύου**

<http://pstustudy.blogspot.com/2010/08/effect-of-temperature-on-crop.html>

<http://www.gardenguides.com/102180-effect-temperature-plant-seed-germination.html>

<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-8703.html>

[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex1203](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex1203)

<http://www.seedcheck.net/tt.tt.miscellaneous.htm>



<http://www.scribd.com/doc/24074407/Tetrazolium-Test>

[http://www.chryssagis.eu/cdr\\_v4\\_220110\\_090.htm](http://www.chryssagis.eu/cdr_v4_220110_090.htm)

[http://www.chryssagis.eu/cdr\\_v4\\_220110\\_130.htm](http://www.chryssagis.eu/cdr_v4_220110_130.htm)

<http://www.agricon.gr/PDF/enimerotiko.pdf>

<http://www.agronews.gr/content/view/44739/200/lang.el/>

[http://www3.aegean.gr/environment/labs/Remote\\_sensing/publications/59.pdf](http://www3.aegean.gr/environment/labs/Remote_sensing/publications/59.pdf)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Pea>

<http://informatics.aua.gr:8080/scam/2/resource/136>

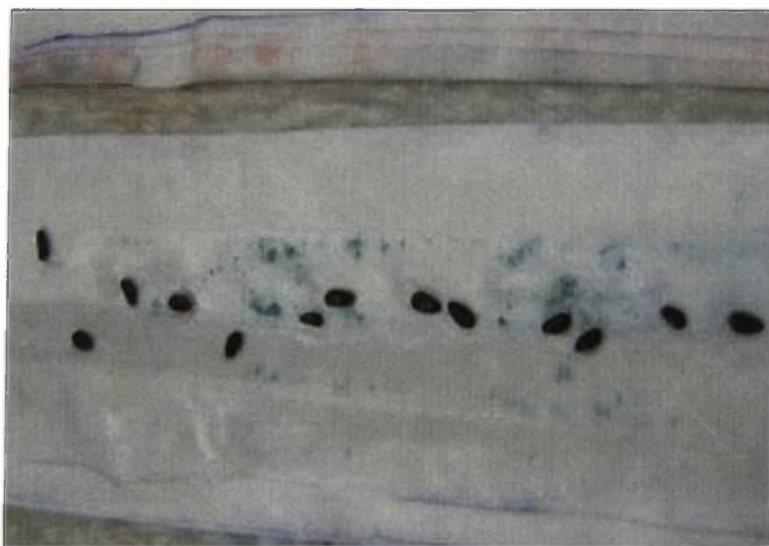
<http://www.seeds.iastate.edu/seedtest/testing.html>

FAOSTAT [www.fao.org](http://www.fao.org), 2007

## 7. Παράρτημα



**Εικόνα 1.** Σπόροι ηλίανθου με μυκητοκτόνο σε στυπόχαρτο πριν την τοποθέτησή τους στο προβλαστήριο.



**Εικόνα 2.** Σπόροι αγριαγκινάρας με μυκητοκτόνο σε στυπόχαρτο πριν την τοποθέτησή τους στο προβλαστήριο.



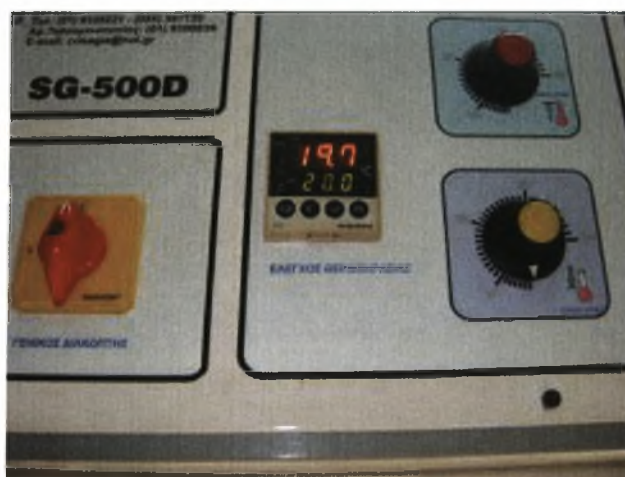
**Εικόνα 3.** Σπόροι καλαμποκιού με μυκητοκτόνο σε στυπόχαρτο, πριν την τοποθέτησή τους στο προβλαστήριο.



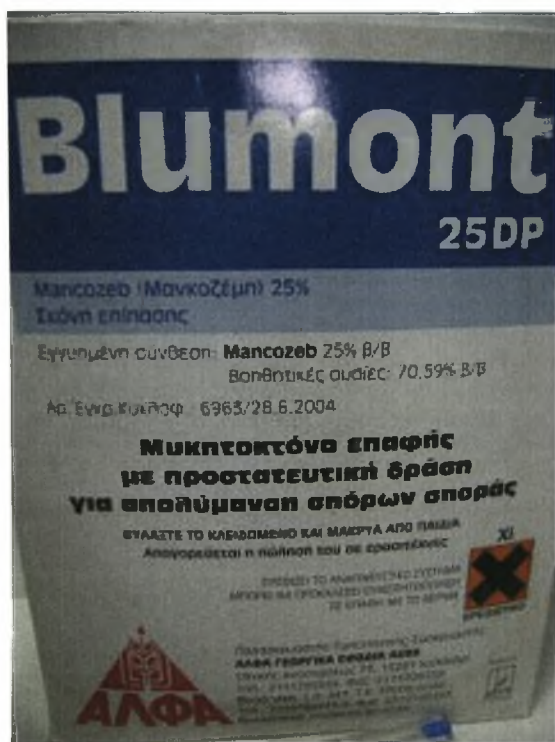
**Εικόνα 4.** Σπόροι μπιζελιού με μυκητοκτόνο σε στυπόχαρτο, πριν την τοποθέτησή τους στο προβλαστήριο.



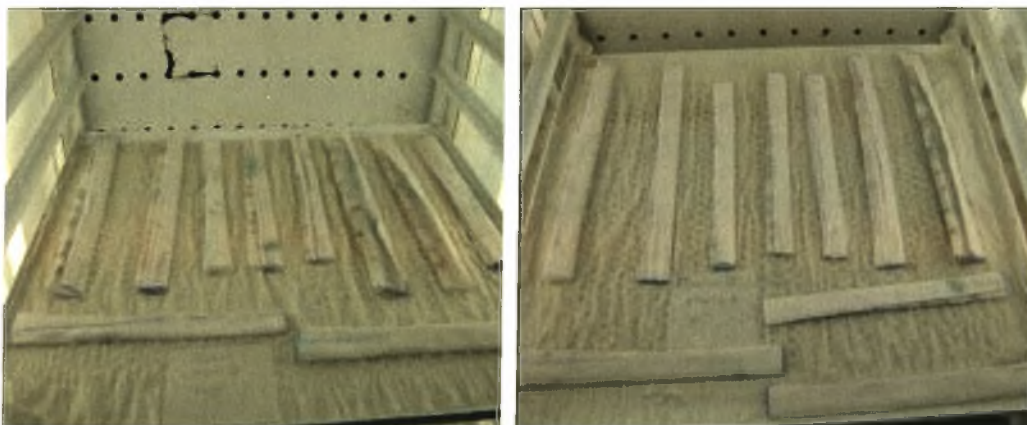
**Εικόνα 5.** Προβλαστήριο SG-500D στο οποίο πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων.



**Εικόνα 6.** Πίνακας ελέγχου και ρυθμίσεων του προβλαστήριου.



Εικόνα 7. Ετικέτα του μυκητοκτόνου που χρησιμοποιήθηκε για την προστασία των σπόρων.



Εικόνες 8 και 9. Δίσκοι που περιέχουν τις επαναλήψεις των σπόρων σε στυπόχαρτο, τοποθετημένοι στο προβλαστήριο.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000108488