



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

**«Επίδραση θερμοκρασιών στη βλαστικότητα του σπόρου
σε έξι ποικιλίες σόργου, τρεις ποικιλίες λούπινου και
τρεις ποικιλίες μπιζελιού»**

Πτυχιακή Διατριβή
Ελένης Γ. Τσάμπρα

Επιβλέπων Καθηγητής: **Δαναλάτος Νικόλαος**

Βόλος, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

**«Επίδραση θερμοκρασιών στη βλαστικότητα του σπόρου
σε έξι ποικιλίες σόργου, τρεις ποικιλίες λούπινου και
τρεις ποικιλίες μπιζελιού»**

**«Temperature effect on seed germination in six sorghum
varieties, three lupine varieties and three pea varieties»**

Πτυχιακή Διατριβή

Ελένης Γ. Τσάμπρα

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής, Επιβλέπων
Καρκάνης Ανέστης, Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος
Σκουφογιάννη Ελπινίκη, Ε.ΔΙ.Π., Μέλος

Βόλος, 2021

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή με θέμα «Επίδραση θερμοκρασιών στη βλαστικότητα του σπόρου σε έξι ποικιλίες σόργου, τρεις ποικιλίες λούπινου και τρεις ποικιλίες μπιζελιού» εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών, του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021.

Νιώθω την υποχρέωση να ευχαριστήσω από βάθους ψυχής ορισμένους ανθρώπους για τη συνδρομή και τη βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου διατριβής.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διατριβής, κ. Δαναλάτο Νικόλαο, Καθηγητή Γεωργίας - Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και την ανάθεση αυτού, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγηση κατά την διεξαγωγή του πειράματος και κατά την συγγραφή της.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, κ. Καρκάνη Ανέστη, Επίκουρο Καθηγητή Ζιζανιολογίας και κα Ελπινίκη Σκουφογιάννη, Ε.ΔΙ.Π, για την συμμετοχή τους σε αυτή, αλλά και για την βοήθεια τους και για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους κατά τη διάρκεια τα πειράματος.

Ακολουθως, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλο το προσωπικό του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών και ιδιαίτερα στους κ. Γιαννούλη Κυριάκο, Επίκουρο Καθηγητή Γεωργίας με έμφαση στην καλλιέργεια Ενεργειακών, Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών και κ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο, μέλος Ε.ΔΙ.Π, για την συμβολή τους στην πραγματοποίηση του πειράματος και το ενδιαφέρον που επέδειξαν από την αρχή του πειράματος..

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για την οικονομική και ψυχολογική στήριξη όλα τα χρόνια φοίτησής μου.

Τέλος, ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στην ξαδέρφη και συγκάτοικό μου για την καθημερινή της συμπαράσταση, αλλά και στους φίλους μου για την εμπύχωση που μου παρείχαν στις δύσκολες στιγμές.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	I
Περιεχόμενα	II
Περίληψη	IV
Abstract	V
1. Εισαγωγή	1
1.1 Μπιζέλι	1
1.1.1 Ταξινόμηση	1
1.1.2 Βιολογικός Κύκλος	1
1.1.3 Οικολογικές συνθήκες	2
1.1.4 Σπόρος	2
1.2 Λούπινο	2
1.2.1 Ταξινόμηση	3
1.2.2 Βιολογικός κύκλος	3
1.2.3 Οικολογικές συνθήκες	3
1.2.4 Σπόρος	4
1.3 Σόργο	5
1.3.1 Ταξινόμηση	5
1.3.2 Βιολογικός κύκλος	5
1.3.3 Οικολογικές συνθήκες	5
1.3.4 Σπόρος	6
1.4 Switchgrass	6
1.4.1 Ταξινόμηση	6
1.4.2 Βιολογικός κύκλος	7
1.4.3 Οικολογικές συνθήκες	7
1.4.4 Σπόρος	8
1.5 Βλαστικότητα σπόρου	8
1.5.1 Λήθαργος σπόρου	8
1.6 Σκοπός της εργασίας	9
2. Υλικά και μέθοδοι	10
2.1 Στοιχεία πειράματος	10
2.2 Προετοιμασία τριβλίων	11

2.3 Μετρήσεις - παρατηρήσεις	12
2.4 Στατιστική ανάλυση	13
3. Αποτελέσματα	14
3.1 Βλαστικότητα σπόρων στους 24°C	14
3.2 Βλαστικότητα σπόρων στους 20°C	16
3.3 Βλαστικότητα σπόρων στους 16°C	17
3.4 Βλαστικότητα σπόρων στους 12°C	19
3.5 Βλαστικότητα σπόρων στους 10°C	20
3.6 Βλαστικότητα σπόρων στους 8°C	22
3.7 Βλαστικότητα σπόρων στους 6°C	23
3.8 Βλαστικότητα σπόρων στους 4°C	24
3.9 Βλαστικότητα σπόρων σόργου	25
3.10 Βλαστικότητα σπόρων λούπινου	28
3.11 Βλαστικότητα σπόρων μπιζελιού	30
3.12 Βλαστικότητα σπόρων switchgrass	33
4. Συζήτηση	34
5. Συμπεράσματα	37
6. Βιβλιογραφία	39

Περίληψη

Τα σιτηρά και τα ψυχανθή φυτά είναι πολύ διαδεδομένα και καταλαμβάνουν μεγάλες καλλιεργητικές εκτάσεις σε όλον τον κόσμο. Θεωρούνται προϊόντα μεγάλης οικονομικής σημασίας καθώς διαθέτουν υψηλή διατροφική αξία και χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή, τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνδυασμό. Δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις για να καλλιεργηθούν, ωστόσο οι οικολογικοί παράγοντες συνδέονται στενά με την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό ένα από τα σημαντικότερα στάδια της ανάπτυξης, την βλάστηση. Μπορεί να καθορίσει τόσο την ποσότητα όσο και τον ρυθμό των σπόρων που θα βλαστήσουν.

Στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών, του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα με έξι ποικιλίες σόργου, τρεις ποικιλίες μπιζελιού, τρεις ποικιλίες λούπινου και μία ποικιλία switchgrass έτσι ώστε να μελετηθούν ως προς την βλαστική τους ικανότητα σε διαφορετικές θερμοκρασίες (24°C, 20°C, 16°C, 12°C, 10°C, 8°C, 6°C και 4°C). Χρησιμοποιήθηκαν 100 σπόροι από κάθε ποικιλία οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε έναν θάλαμο με ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Οι παρατηρήσεις καταγράφονταν σε ορισμένο χρονοδιάγραμμα και βοήθησαν στην αξιολόγηση των ποικιλιών και στην καλύτερη δυνατή επιλογή σπόρων για καλλιέργεια.

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι σε υψηλή θερμοκρασία 24°C ευνοούνται όλες οι ποικιλίες εκτός από την ποικιλία Dennis του λούπινου που δεν κατάφερε να ολοκληρώσει την βλάστηση των σπόρων της. Σε θερμοκρασίες <10°C, το σόργο και το switchgrass δεν είναι ικανά να βλαστήσουν γι' αυτό δεν συμπεριλήφθηκαν στο πείραμα. Από τις ποικιλίες του σόργου ξεχώρισαν η Elite και η buffalo-grain από τις οποίες καταγράφηκαν μεγάλα ποσοστά βλαστημένων σπόρων σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες. Οι σπόροι των ποικιλιών του μπιζελιού και του λούπινου απέδειξαν μεγάλη βλαστική ικανότητα σχεδόν σε ολόκληρο το εύρος θερμοκρασιών, με εξαίρεση την ποικιλία Dennis του λούπινου η οποία αποτύγχανε να βλαστήσει εντός των ημερών που είχαν οριστεί για έλεγχο. Όσο μειωνόταν η θερμοκρασία, τόσο μειωνόταν και ο ρυθμός βλάστησης των σπόρων ενώ επισημαίνεται ότι το μπιζέλι ήταν το μόνο που είχε μη αξιοσημείωτη μείωση.

Abstract

Grains and leguminous are widely known and are cultivated in large areas all around the world. They are considered to be products of economical importance, while they have high dietary value and are used as food for animals, either individual or in combination. They do not require many substances in order to be cultivated, nevertheless the ecological factors are interrelated to the increase and development of plants. More precisely the temperature is a factor which affects up to a point, one of the most important stages of the development. The germination it can also determine both the quantity and the rhythm of the seeds will grow.

In the Laboratory of Agriculture and Applied Plant Physiology, of the Department of Agriculture, Plant Production and Rural Environment, of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Thessaly held an experiment was conducted with six different kinds of sorghum, three kinds of peas, three of lupin and one of switchgrass in order to be studied, in relation to their germinal development in different temperatures (24°C, 20°C, 16°C, 12°C, 10°C, 8°C, 6°C and 4°C). 100 seeds from its kind were used, which were put into booth with controlled atmosphere. The observations were written down to a particular timetable and enhanced the assessment of the plants and the choice of seeds.

The results of the experiment have shown that the temperature of 24°C helps all the prementioned kinds apart from variety Dennis of lupin, which wasn't able to complete the germination of their seeds. In temperatures like <10°C, sorghum and switchgrass were not capable either. That is why, they were not involved into the experiment. Elite and Buffalo grain standed out, when it comes to Sorghum's varieties and they were observed to be having high percentages of germination. Peas' and lupin's seeds proved their high germination ability almost in all the different temperatures apart from lupin's Dennis which could not germinate within the days which were offered for the experiment. The less the temperature, the less the seeds' rhythm of germination while it should be mentioned that pea was the only one that did not have a noticeable reduction.

1. Εισαγωγή

1.1 Μπιζέλι

Το μπιζέλι είναι ένα χειμερινό φυτό, ετήσιο και ποώδες. Πρόκειται για ένα καλλιεργούμενο είδος με άφθονα θρεπτικά συστατικά, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και αμινοξέα. Από τον άξονα που εκφύονται τα φύλλα, προκύπτει και η ταξιανθία του φυτού που χαρακτηρίζεται από βότρυ. Σύμφωνα με τον Cousin (2019), διακρίνονται 5 μορφολογικοί τύποι μπιζελιού:

- A) συνήθης τύπος
- B) με παράφυλλα
- Γ) χωρίς παράφυλλα
- Δ) χωρίς έλικες
- E) όρθια έκφυση μικρών φυλλαρίων

Οι εκτάσεις του μπιζελιού στην Ελλάδα ήταν 19.167 στρέμματα σύμφωνα με τις μετρήσεις του 2018, ενώ η παραγωγή αυτών έφτανε τους 12.408 τόνους. Στην Θεσσαλία η παραγωγή ανερχόταν στους 22 τόνους σε 36 στρέμματα (ELSTAT, 2018).

1.1.1 Ταξινόμηση

Το μπιζέλι είναι ένα δικοτυλήδονο φυτό, το οποίο ανήκει στην τάξη *Fabales* και στην οικογένεια των Ψυχανθών, *Fabaceae*. Το γένος του είναι *Pisum L.* και πρόκειται για το εδώδιμο είδος *Pisum Sativum* (USDA). Στο είδος *Pisum Sativum L.* subsp. *Sativum* ανήκουν δύο καλλιεργούμενα είδη, το λαχανοκομικό μπιζέλι (*Pisum sativum L.*) και το κτηνοτροφικό μπιζέλι (*Pisum arvense L.*). Αυτό συμβαίνει, διότι είναι γενετικά συγγενή και διασταυρώνονται πολύ εύκολα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).

1.1.2 Βιολογικός Κύκλος

Το φυτό του μπιζελιού φυτρώνει υπόγεια. Λίγο πριν εμφανιστούν οι καταβολές του άνθους, η ρίζα φτάνει στο τελικό της μέγεθος, αλλά λίγο πριν την έκπτυξη του πρώτου άνθους ξεκινά η απότομη μείωση στην παραγωγή των ριζών (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013). Το άθροισμα των θερμοκρασιών από την έναρξη της άνθισης είναι γραμμικά ανάλογο με την πορεία της , την έναρξη γεμίσματος των σπόρων αλλά και την ωρίμανση αυτών. Γραμμικά συσχετίζεται επίσης και η αύξηση του δείκτη συγκομιδής (Locoeur et al

2001). Ανάλογα με τον αριθμό των ανθοφόρων γονάτων στο φυτό, καθορίζεται και η περίοδος της άνθισης, η οποία διαρκεί κάποιες εβδομάδες ενώ όλη η περίοδος ανάπτυξης των φυτών μέχρι και τη συγκομιδή μετρά 100-120 ημέρες.

1.1.3 Οικολογικές συνθήκες

Οι Muehlbauer F. J., et al (1997) αναφέρουν τις θερμοκρασίες στις οποίες ευνοείται το φυτό του μπιζελιού. Απαιτείται δροσερό και σχετικά υγρό κλίμα σε υψηλά υψόμετρα σε τροπικές περιοχές με ιδανική θερμοκρασία από 7 έως 30°C. Άριστη θερμοκρασία βλάστησης είναι 21°C την ημέρα και 16°C τη νύχτα. Ως χειμερινό φυτό, το μπιζέλι αντέχει στους -2°C ενώ τα σκληραγωγημένα φυτά είναι ανθεκτικά στους -10°C και σε περιπτώσεις χιονιού (Slinkard et al, 1994). Τα μπιζέλια μπορούν να καλλιεργηθούν εξίσου το καλοκαίρι, αρκεί να επικρατούν σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και συχνές βροχοπτώσεις ή έστω η δυνατότητα συχνής άρδευσης.

Για πρώιμες καλλιέργειες ιδανικά εδάφη είναι τα πηλοαμμώδη, ενώ για μεγαλύτερες αποδόσεις πρέπει να είναι καλά στραγγιζόμενα, αργιλοπηλώδη και ιλυοπηλώδη εδάφη. Είναι μέτρια ανθεκτικό στην οξύτητα του εδάφους με ιδανικό pH: 6-8 (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2013).

Το μπιζέλι είναι απαιτητικό σε υγρασία εδάφους, καθώς το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται σε μεγάλο βαθμό με ταχείς ρυθμούς (Nielsen, 2001). Την περίοδο της άνθησης και κατά το γέμισμα των σπόρων, τα φυτά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην ξηρασία και μετά την άνθηση, η διαθεσιμότητα του νερού φέρει θετικά αποτελέσματα στις αποδόσεις του σπόρου (Siddique et al, 2001).

1.1.4 Σπόρος

Όσον αφορά τους σπόρους στο κτηνοτροφικό μπιζέλι, έχουν σφαιρικό μέγεθος και μερικές φορές ελαφρώς πεπλατυσμένοι. Είναι λείοι με σκούρες αποχρώσεις του γκρι και του καφέ. Οι σπόροι στο λαχανοκομικό μπιζέλι είναι εξίσου σφαιρικοί και λείοι αλλά διαφέρουν στο χρώμα το οποίο είναι κίτρινο-λευκό ή κυανοπράσινο.

1.2 Λούπινο

Το λούπινο είναι μια καλλιέργεια ψυχανθών που πιθανότατα κατάγεται από τη Μεσόγειο ή τη Βόρεια και τη Νότια Αμερική (OGTR, 2013). Στο γένος *Lupinus L.* υπάρχουν τόσο ετήσια όσο και πολυετή φυτά, ποώδη, θαμνώδη αλλά και δενδρώδη είδη

(Maxted et al, 2001). Τα καλλιεργούμενα είδη είναι ετήσια, ποώδη φυτά, με κατακόρυφη διάταξη. Στη χώρα μας ευδοκimei η πρώιμη φθινοπωρινή σπορά, ενώ η πρώιμη ανοιξιάτικη προτιμά τις ορεινές περιοχές.

1.2.1 Ταξινόμηση

Το λούπινο είναι ένα δικοτυλήδονο φυτό που ανήκει στην τάξη *Fabales* και την οικογένεια *Fabaceae* ή *Leguminosae*. (USDA). Οι N. Maxted et al (2001) αναφέρουν τα τέσσερα καλλιεργούμενα είδη:

- *L. angustifolious L.* (μπλε λούπινο)
- *L. albus L.* (λευκό λούπινο)
- *L. luteus L.* (κίτρινο λούπινο)
- *L. mutabilis Sweet* (λούπινο των Άνδεων)

Το λευκό λούπινο και το μπλε λούπινο είναι από τα πλέον πιο διαδεδομένα είδη. Τα ονόματα του προέρχονται από τα χρώματα των ανθέων. Το 2018 καταγράφηκαν οι εκτάσεις του φυτού στην Ελλάδα, οι οποίες ήταν 171.341 στρέμματα και η παραγωγή έφτανε τους 30.319 τόνους. Στη Θεσσαλία καταγράφηκαν 625 στρέμματα και η παραγωγή αυτών ήταν 136 τόνοι (ELSTAT, 2018).

1.2.2 Βιολογικός κύκλος

Η σπορά του φυτού γίνεται συνήθως από τα τέλη Απριλίου μέχρι και αρχές Ιουνίου, ωστόσο επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το ύψος των βροχοπτώσεων αλλά και τις εδαφικές συνθήκες. Η έναρξη την άνθισης και η διάρκεια γεμίσματος των σπόρων εξαρτώνται από την περίοδο που θα διεξαχθεί η σπορά (Walker et al, 2011). Συχνά ξεκινά αργά τον Ιούλιο, μέχρι αρχές Σεπτέμβρη και έπειτα γίνεται η συγκομιδή τον μήνα Οκτώβρη και Νοέμβρη (OGTR). Για την βελτιστοποίηση της ποιότητας των κόκκων αλλά και τη σταθερότητα της απόδοσης προτείνεται έγκαιρη συγκομιδή. Διαρκεί περίπου τρεις εβδομάδες μέχρι οι σπόροι να ωριμάσουν και να αποκτήσουν το μέγιστο ξηρό βάρος τους (Walker et al, 2011.)

1.2.3 Οικολογικές συνθήκες

Ιδανικό κλίμα για την καλλιέργεια του λούπινου είναι το εύκρατο κλίμα και είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στον παγετό. Τα φυτά που σπέρνονται το φθινόπωρο δέχονται την επίδραση χαμηλών θερμοκρασιών και έπειτα διαφοροποιούν τα άνθη τους, μια διαδικασία

γνωστή ως εαρινοποίηση. Για παράδειγμα στο λευκό λούπινο, εαρινοποίηση υφίσταται σε $\theta < 14^{\circ}\text{C}$ (Huyghe, 1997). Προτιμά το μεσογειακό κλίμα και τις πρώιμες φθινοπωρινές σπορές. Όσον αφορά την ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες, για τα πιο διαδεδομένα είδη, εκφράζεται με τη σχέση:

Μπλε > Λευκό > Κίτρινο

Το λούπινο των Άνδεων, σπέρνεται ιδανικά σε ζεστές αλλά βροχερές περιοχές και συγκομίζεται σε περιόδους ξηρασίας. Είναι ουδέτερο στον φωτοπεριοδισμό σε αντίθεση με το λευκό και το μπλε λούπινο που είναι φυτά μεγάλης ημέρας (Neves Martins et al, 2016).

Όσον αφορά τα εδάφη που ευδοκιμεί το φυτό, προτιμά τα καλά στραγγιζόμενα, αμμώδη ή αμμοαργιλώδη εδάφη. Το ιδανικό pH ποικίλει ανάλογα με το είδος. Για παράδειγμα, το λευκό λούπινο είναι ανθεκτικό στα αλκαλικά εδάφη με $\text{pH}=7-8$, το λούπινο των Άνδεων προτιμά τα ουδέτερα εδάφη και το μπλε λούπινο τα εδάφη με χαμηλότερο $\text{pH}=6-6,5$ (Gresta et al, 2017, Cowling et al, 1998). Οι Gresta et al (2017) αναφέρθηκαν επίσης στο ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), το οποίο έχει μεγάλη επίδραση στην καλλιέργεια του φυτού, με κάποια είδη να είναι ανθεκτικά, όπως το λευκό λούπινο και κάποια άλλα ευαίσθητα.

Στα κρίσιμα στάδια της καλλιέργειας, όπως κατά την άνθηση, την καρπόδεση και το γέμισμα των λοβών είναι απαραίτητη η ύπαρξη νερού. Διαφορετικά, μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα στις αποδόσεις του φυτού (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013). Γενικότερα όμως, τα λούπινα προτιμούν περιοχές όπου το ύψος της βροχής δεν ξεπερνά ετησίως τα 500 mm (French and Buirchell, 2005).

1.2.4 Σπόρος

Λόγω της ποικιλίας των ειδών, παρατηρούνται διαφορές τόσο στις συνθήκες ανάπτυξης τους όσο και στα εξωτερικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν. Έτσι, ακόμα και οι σπόροι κάθε είδους δεν είναι ίδιοι μορφολογικά. Συγκεκριμένα:

L. albus: Οι σπόροι είναι μεγάλοι σε μέγεθος, έχουν σχεδόν τετραγωνικό σχήμα και λεία επιφάνεια με στρογγυλεμένες άκρες. Έχουν ανοιχτό μπεζ χρώμα που φαίνεται λευκό και ίσως κάποιες σκουρόχρωμες σκιές (Jansen, 2006, Clark, 2014).

L. luteus: Μικροί σπόροι και λίγο πεπλατυσμένοι, με ανοιχτό λευκό προς κιτρινωπό χρώμα. Έχουν επίσης μαύρες σκιές που μοιάζουν με μαύρα στίγματα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).

L. angustifolius : Μικροί σπόροι σε μέγεθος και στρογγυλοί, ελαφρώς νεφροειδείς με πιο σκούρες αποχρώσεις γκριζοπράσινες ή και καστανές. Συχνά παρατηρούνται λευκές κηλίδες πάνω στους σπόρους (USDA).

L.mutabilis: Αυτό το είδος μπορεί να έχει λευκούς σπόρους ή σπόρους με καφέ και μαύρο χρώμα, δημιουργώντας ένα σχέδιο, γνωστό και ως μωσαϊκό (USDA).

1.3 Σόργο

Το σόργο είναι ένα μονοκότυλο, ετήσιο, C4 φυτό, γεγονός που αιτιολογεί την προσαρμοστικότητα του τόσο σε θερμές, όσο και σε ψυχρές περιοχές, σε ξηρές αλλά και υγρές συνθήκες (OGTR, 2017). Οι Hmon et al. αναφέρονται στην ταξιανθία του, η οποία χαρακτηρίζεται ως φόβη και στο ύψος του το οποίο καθορίζεται από την ποικιλία του σόργου και δεν ξεπερνά τα 5 m. (Καραμάνος, 1999). Στην Ελλάδα όπως καταγράφηκε το 2017, η παραγωγή ανερχόταν στους 487 τόνους σε συνολικά 1.761 στρέμματα. Στην Θεσσαλία, συγκεκριμένα, σε 119 στρέμματα η παραγωγή έφτανε στους 31 τόνους.

1.3.1 Ταξινόμηση

Το σόργο είναι μέλος της οικογένειας των αγραστωδών, *Poaceae*, και κατατάσσεται στο φύλο *Andropogoneae*, στο γένος *Sorghum* και στο καλλιεργούμενο είδος *Sorghum bicolor Moench*. Εξαιτίας των ποικίλων μορφών του, παρουσιάζονται πέντε υπογένη στα οποία διαιρείται: *Sorghum*, *Chaetosorghum*, *Heterosorghum*, *Parasorghum* και *Stiposorghum*. Επιπλέον, το συγκεκριμένο είδος ταξινομείται στους τύπους: *Bicolor*, *Guinea*, *Caudatum*, *Kafir* και *Durra* (Dahlberg 2000).

1.3.2 Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του σόργου δεν έχει σταθερή διάρκεια, καθώς επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως τον τύπο του φυτού, τη θερμοκρασία, το φως ή το έδαφος. Σε τόπους με εύκρατο κλίμα, κυμαίνεται από 80-120 ημέρες και η άνθιση παρατηρείται 2-6 ημέρες αφού εμφανιστούν οι ταξιανθίες. Επίσης, η φυσιολογική ωρίμανση ακολουθεί την άνθιση περίπου 25 έως 55 ημέρες μετά, σε σχέση με τις τροπικές περιοχές που επιτυγχάνεται από 34 έως 70 ημέρες μετά από αυτή (Παπακώστα, 2008).

1.3.3 Οικολογικές συνθήκες

Το σόργο είναι ένα φυτό ανεκτικό στην ξηρασία, δεν εμφανίζει προβλήματα στην παραγωγή, καθώς διαθέτει ένα εκτεταμένο ριζικό σύστημα αλλά και έναν σωστό έλεγχο της εξατμισοδιαπνοής μέσω των στομάτων. Η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 550 έως 800 mm (Umakanth et al, 2019)

Είναι γνωστό ότι προσαρμόζεται στις υψηλές θερμοκρασίες, με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης φυτών από 27°C έως 32°C και ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος τους 10°C. Επιπλέον, ως κατάλληλη θερμοκρασία ημέρας ορίζεται από 21°C έως 36°C και νύχτας στους 19°C (ICRISAT 2015).

Το σιτηρό αυτό καλλιεργείται σε ένα ευρύ φάσμα εδαφών αλλά προτιμά τα γόνιμα, καλά στραγγιζόμενα, αργιλώδη εδάφη, με τιμές pH 6-7.5 αντλώντας τα κατάλληλα θρεπτικά συστατικά. Στα όξινα εδάφη, σε τιμές pH < 5,5 μπορεί να προκληθεί τοξικότητα από το μαγγάνιο είτε να στερηθεί το φώσφορο και το μαγνήσιο (Espinoza and Kelley, 2004).

1.3.4 Σπόρος

Η μορφή του σπόρου είναι σφαιρική, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις έχει πεπλατυσμένη τη μία πλευρά του. Το χρώμα του ποικίλει σε αποχρώσεις του μπλε και του καφέ αλλά και κόκκινο, μωβ ή μαύρο ανάλογα με το χρώμα του περικαρπίου και του περιβλήματός του. Σε κάθε ταξιανθία περιέχονται 800-6000 σπόροι. Το βάρος του ποικίλει από 1-6 g ανά 100 σπόρους (Spenceley et al. 2005, Pacific Seeds 2008).

1.4 Switchgrass

Πρόκειται για ένα μονοκοτυλήδονο, C₄ φυτό, το οποίο θεωρείται ενεργειακό, καθώς χρησιμοποιείται για την παραγωγή υγρού - στερεού βιοκαυσίμου, καθώς και ως ζωοτροφή. Είναι πολυετές, ανήκει στα αγρωστώδη και αναπτύσσεται κυρίως τις θερμές περιόδους, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες αδρανοποιείται.

1.4.1 Ταξινόμηση

Το switchgrass ανήκει στην τάξη *Cyperales* και την οικογένεια *Poaceae* ή αλλιώς *Graminaea*. Ταξινομείται στο γένος *Panicum L.* και συγκεκριμένα το είδος *Panicum virgatum L.* (USDA, McLaughlin and Kszos, 2005). Υπάρχουν διάφορες ποικιλίες, οι οποίες χωρίζονται σε πεδινές και ορεινές. Για παράδειγμα η *Alamo* και η *Kanlow* είναι πεδινού

τύπου καλλιέργειες, ενώ οι *Blackwell*, *Cave-in-Rock*, *Pathfinder*, *Caddo* και *Summer* αποτελούν τις ποικιλίες ορεινού τύπου (Guretzky J., 2009).

1.4.2 Βιολογικός κύκλος

Το switchgrass είναι ένα φυτό που σπέρνεται στην Ελλάδα την άνοιξη και συγκεκριμένα τον Μάιο. Εισέρχεται στην ανθοφορία το καλοκαίρι, όπου γίνεται η γονιμοποίηση των ανθέων με τον άνεμο (Secter and Bob, 2006). Γενικότερα, είναι επιτακτική ανάγκη του φυτού να αναπτύσσει δύο ή περισσότερα αδέρφια έτσι ώστε να μπορεί να διατηρηθεί τους χειμερινούς μήνες. Τον πρώτο χρόνο, αφού σπαρθεί, είναι ικανό να προσφέρει έως και το 50% της μέγιστης απόδοσής του, με την προϋπόθεση να αναπτύσσεται σε ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Schmer et al, 2006). Όσον αφορά την συγκομιδή, ξεκινά από τα τέλη Νοεμβρίου έως τον Ιανουάριο και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη χρονική περίοδο διεξαγωγής της, καθώς επηρεάζει την θρέψη του φυτού. Για παράδειγμα, αν πραγματοποιηθεί μετά τον πρώτο παγετό, μπορεί να φέρει αρνητικά αποτελέσματα στην απόδοση του φυτού, μειώνοντας την κατά 20%, αλλά θα επιφέρει το πλεονέκτημα μεταφοράς των θρεπτικών από τα υπέργεια μέρη προς τις ρίζες (McLaughlin and Kszos, 2005). Επίσης, η υγρασία των φυτικών ιστών θα πρέπει να μειώνεται και να φθάνει σε ποσοστό 25% , η οποία θα διευκολύνει την μεταφορά αλλά και την ποιότητα του προϊόντος (Rinehart, 2006).

1.4.3 Οικολογικές συνθήκες

Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος του switchgrass είναι 10,3°C. Παρ' όλα αυτά, οι υψηλότερες θερμοκρασίες (>15,5°C) ενισχύουν την ταχύτητα φυτρώματος σύμφωνα με τους Lewandowski et al (2003), οι οποίοι αναφέρουν ότι οι περισσότεροι σπόροι φυτρώνουν εντός τριών ημερών, σε θερμοκρασία 29,5°C. Γενικά, οι υψηλές θερμοκρασίες βοηθούν το φυτό να αναπτυχθεί την άνοιξη. Οι νεαροί βλαστοί έχουν ανεκτικότητα στον παγετό και μπορούν να αναβλαστήσουν ακόμα και μετά από σοβαρές νεκρώσεις.

Όσον αφορά το έδαφος, μπορεί να προσαρμοστεί σε ποικιλία εδαφών, αλλά ιδανικά συνιστώνται γόνιμα, καλά αποστραγγιζόμενα, αμμώδη εδάφη έως και αργιλοπηλώδη. Βέβαια, στα αμμώδη εδάφη το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται πιο εύκολα σύμφωνα με τους Guretzky et al (2009). Οι τιμές του pH κυμαίνονται από 4,5 έως 7,6, ενώ σε πιο αλκαλικά εδάφη παρατηρείται μείωση στις αποδόσεις της βιομάζας.

Το switchgrass έχει δύο βασικούς τύπους καλλιέργειας, τους ορεινούς και τους πεδινούς. Οι ορεινοί προτιμούν τα ξηρά εδάφη σε ημίξηρα κλίματα, κινδυνεύοντας από μυκητολογικές προσβολές αν βρεθούν σε υγρές συνθήκες, ενώ οι πεδικοί ευδοκιμούν σε περιοχές με διαθεσιμότητα νερού. Μετά την φύτευση, χρειάζεται υγρό έδαφος τουλάχιστον για έναν μήνα ώστε να εγκατασταθεί επιτυχώς η καλλιέργεια, έπειτα όμως μπορεί να εκμεταλλεύεται τα βαθύτερα στρώματα εδάφους, χάρη στην έκταση της ρίζας του (Wright, 2007). Σε ξηρικές συνθήκες, το ύψος βροχόπτωσης είναι >400 mm, ενώ οι πεδικοί τύποι καλλιέργειας χρειάζονται >650 mm βροχόπτωσης ετησίως (Elbersen et al, 2001).

1.4.4 Σπόρος

Η ταξιανθία του φυτού είναι φόβη και φέρει διακλαδώσεις, σε κάθε μία από τις οποίες ξεκινούν διακλαδώσεις ανώτερης τάξης που καταλήγουν σε ένα μικρό σταχύδιο. Από το σταχύδιο αναπτύσσονται οι σπόροι, οι οποίοι είναι μήκους 3-6 mm και πλάτους έως 1,5 mm. Λόγω του τόσο μικρού μεγέθους τους, είναι σημαντικό, το βάθος σποράς να φτάνει στα 6-12 mm.

1.5 Βλαστικότητα σπόρου

Με τον όρο βλαστικότητα εννοούμε την ικανότητα ενός σπόρου να φυτρώνει κάτω από ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος. Όλοι οι σπόροι που έχουν αναπτυχθεί πλήρως περιέχουν ένα έμβρυο τυλιγμένο στο περίβλημα τους μέχρι να επέλθει η βλάστηση κατά την οποία παρατηρείται διάτρηση του περιβλήματος και ανάπτυξη του νεαρού φυτού (Parihar et al., 2015). Το εύρος βλάστησης ποικίλλει τόσο ανάμεσα σε διαφορετικά είδη όσο και σε σπόρους του ίδιου είδους καθώς η διαδικασία ξεκινά όταν συμπληρωθούν οι απαραίτητες θερμομονάδες θέρους και ψύχους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την βλάστηση είναι το νερό, το οξυγόνο, η θερμοκρασία και το φως και η παρουσία τους εξαρτάται από τις ανάγκες κάθε φυτού. Έτσι σε ένα εργαστήριο που οι παράγοντες αυτοί είναι ελεγχόμενοι η βλαστική ικανότητα των σπόρων διαφέρει από το χωράφι που μπορεί να παρουσιαστούν δυσμενείς και απρόβλεπτες συνθήκες (Walck et al., 2011).

1.5.1 Λήθαργος σπόρου

Όταν ένας σπόρος βρίσκεται σε κατάσταση λήθαργου, δεν είναι ικανός να βλαστήσει. Ένας από τους λόγους που συμβαίνει αυτό είναι οι δυσμενείς περιβαλλοντικές

συνθήκες στις οποίες βρίσκεται ο σπόρος, Ωστόσο, λήθαργος παρατηρείται ακόμα και όταν τα επίπεδα των παραγόντων βλάστησης είναι ιδανικά. Σε αυτήν την περίπτωση υπεύθυνος είναι ο σπόρος και κάποια χαρακτηριστικά στη δομή του που εμποδίζουν την διαδικασία. Η απελευθέρωση από τον λήθαργο είναι εφικτή με τις κατάλληλες μεταχειρίσεις του σπόρου (Τεκεόγλου, 2011).

1.6 Σκοπός της εργασίας

Τα τελευταία δέκα χρόνια το ενδιαφέρον για την παραγωγή ζωοτροφής και την ενίσχυση της κτηνοτροφίας είναι μεγάλο. Η σταθερή παραγωγή οφείλεται στην ταχύτητα ανάπτυξης των φυτών, συνεπώς και της βλάστησης των σπόρων. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της βλάστησης των σπόρων ορισμένων σιτηρών και ψυχανθών σε ελεγχόμενες συνθήκες κατά τη διάρκεια της επιβολής τους σε διαφορετικές τιμές θερμοκρασιών.

2. Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας . Για κάθε θερμοκρασία χρησιμοποιήθηκαν 100 σπόροι από κάθε ποικιλία των σιτηρών και ψυχανθών φυτών που επιλέχθηκαν έτσι ώστε να μετρηθούν οι σπόροι που βλάστησαν μετά από ένα χρονικό διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίστηκε η βλαστική ικανότητα του λούπινου (*Lupinus albus L.*), του μπιζελιού (*Pisum arvense L.*), του σόργου (*Sorghum bicolor L.*) και του switchgrass (*Panicum virgatum L.*).

2.1 Στοιχεία πειράματος

Οι σπόροι που επιλέχθηκαν ήταν από 3 διαφορετικές ποικιλίες του λούπινου (multitalia, dennis, zouliamis), 3 ποικιλίες μπιζελιού (dodoni, arvika, olympos), 6 ποικιλίες σόργου (5K1009, Elite, 5D61, Big Kahuna, Buffalo Grain, 4264) και το switchgrass (alamo). Οι θερμοκρασίες στις οποίες δοκιμάστηκαν ήταν οι 24°C, 16°C, 14°C, 12°C, 10°C, 8°C, 6°C και 4°C. Εφαρμόστηκε ένα πειραματικό σχέδιο πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με 4 επαναλήψεις.

Στο εργαστήριο υπήρχε ο θάλαμος βλάστησης ελεγχόμενης ατμόσφαιρας όσον αφορά το φως, τη θερμοκρασία και την υγρασία.



Εικόνες 2.1.1 Θάλαμος βλάστησης ελεγχόμενης ατμόσφαιρας

2.2 Προετοιμασία τριβλίων

Αρχικά τοποθετήθηκαν 52 τριβλία σε νερό με υποχλωριώδες νάτριο έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η απολύμανση τους. Στη συνέχεια ξεπλύθηκαν με νερό και αφέθηκαν να στεγνώσουν. Αφού στέγνωσαν, τοποθετήθηκαν μέσα σε αυτά 52 κύκλοι από στυπόχαρτο Watman No 1, που κόπηκαν με ψαλίδι, σε διάμετρο αντίστοιχη με αυτή του τριβλίου.

Επόμενο βήμα ήταν η προετοιμασία ενός δοχείου με 97% απιονισμένο νερό και 3% υποχλωριώδες νάτριο μέσα στο οποίο έγινε η εμφύσηση των σπόρων. Έπειτα ξεπλύθηκαν με απιονισμένο νερό για να γίνει η τοποθέτησή τους στα τριβλία. Για τη μεταφορά τους, χρησιμοποιήθηκαν γάντια και μια αποστειρωμένη λαβίδα για να εξασφαλιστεί πλήρης απουσία μικροοργανισμών πριν την είσοδο τους στο θάλαμο.

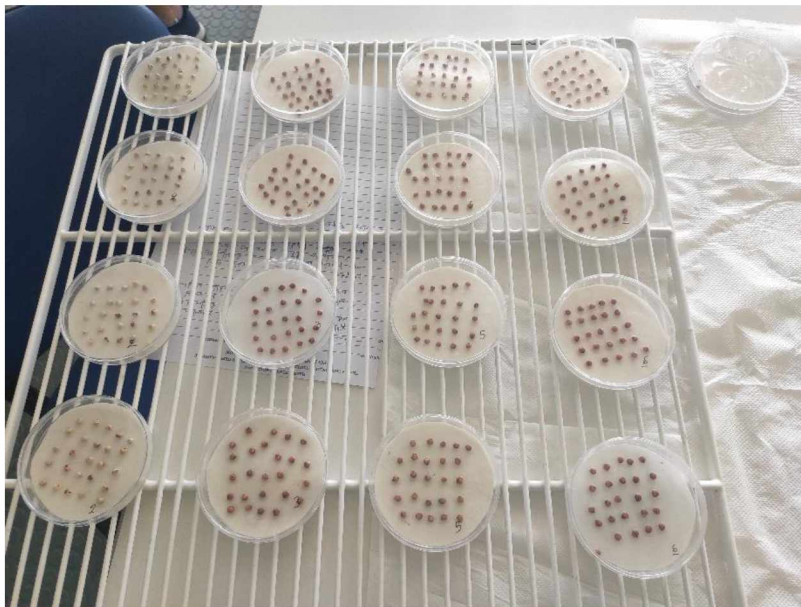
Από κάθε ποικιλία χρησιμοποιήθηκαν 100 σπόροι και χωρίζονταν ισάριθμα ανάλογα με το μέγεθος τους σε 4 τριβλία. Σε κάθε μέτρηση γινόταν διαβροχή των σπόρων με απιονισμένο νερό έτσι ώστε να διατηρείται η κατάλληλη υγρασία μέσα στο τριβλίο. Όταν παρατηρήθηκε το βλαστίδιο με μήκος >1 mm τότε καταγραφόταν ότι ο σπόρος έχει βλαστήσει.



Εικόνα 2.2.1 Τοποθέτηση σε απολυμασμένα τριβλία



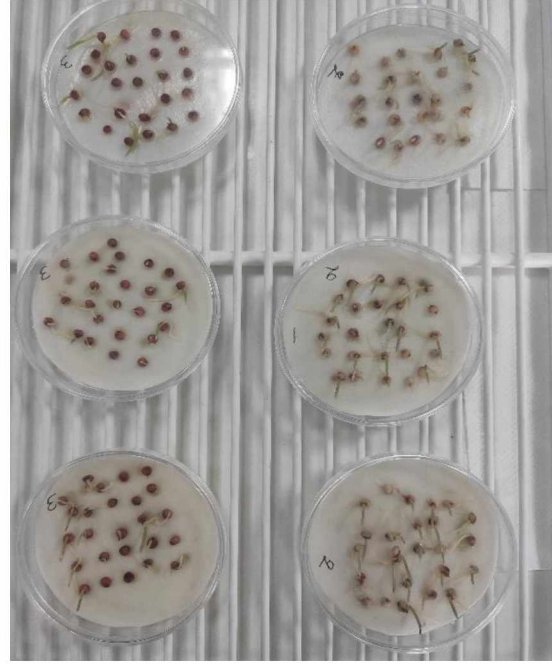
Εικόνα 2.2.2 Εμβάπτιση σπόρων σε υποχλωριώδες νάτριο και απιονισμένο νερό



Εικόνα 2.2.3 Τοποθέτηση σπόρων στα τριβλία.

2.3 Μετρήσεις - παρατηρήσεις

Στις θερμοκρασίες 24°C, 20°C, 16°C, 14°C, 12°C και 10°C οι μετρήσεις γινόντουσαν καθημερινά και αφορούσαν όλες στις ποικιλίες ενώ στους 8°C, 6°C και 4°C γινόντουσαν μέρα παρά ημέρα εξαιρώντας από τις μετρήσεις το σόργο και το switchgrass που βλαστάνουν κυρίως σε υψηλές θερμοκρασίες. Για κάθε φυτό ξεχωριστά σημειωνόταν η ημερομηνία και ο αριθμός των σπόρων που βλάστησαν ανά επανάληψη κάθε φυτού. Έπειτα υπολογιζόταν το ποσοστό βλαστικής ικανότητας ανά φυτό. Για κάθε θερμοκρασία υπήρχε ένα χρονικό περιθώριο 20 ημερών, αλλά σε περίπτωση που είχαν βλαστήσει και οι 100 σπόροι νωρίτερα, ο έλεγχος ολοκληρωνόταν.



Εικόνα 2.3.1 Βλαστημένοι σπόροι σόργου

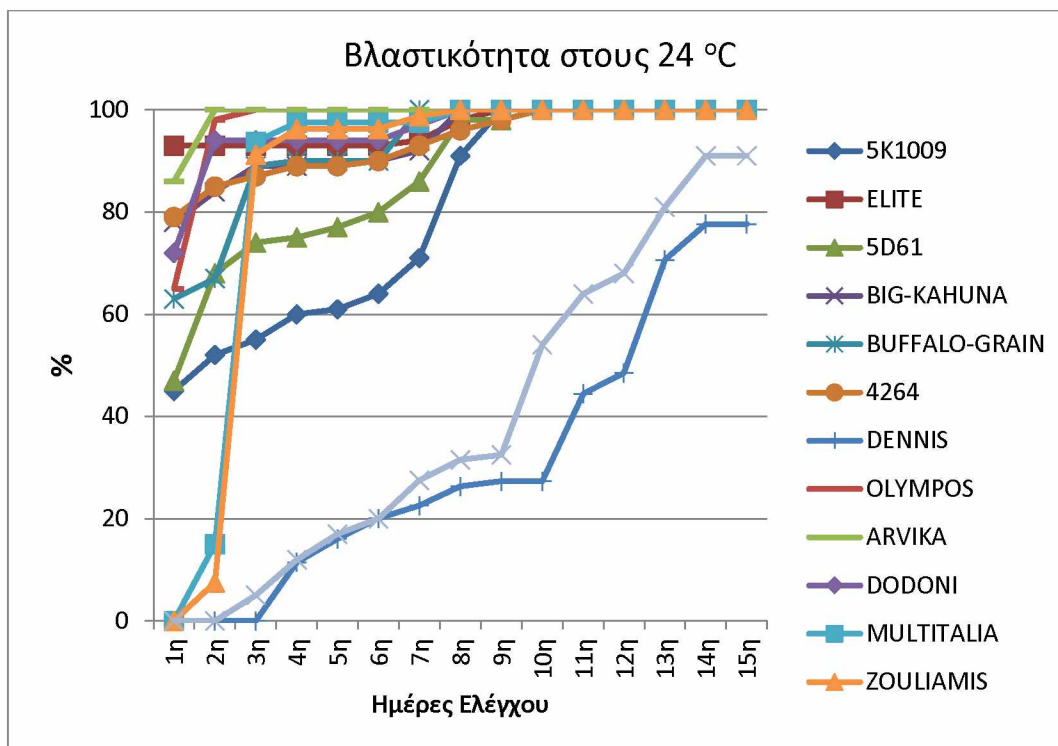
2.4 Στατιστική ανάλυση

Οι μετρήσεις καταγράφηκαν σε πίνακες Excel μαζί με τον υπολογισμό την βλαστικής ικανότητας για κάθε φυτό, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Genstat 7th edition.

3. Αποτελέσματα

Η διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του πειράματος παρέχει πληροφορίες για την βλαστικότητα των σπόρων συγκεκριμένων ποικιλιών του σόργου, του λούπινου, του μπιζελιού και του switchgrass στις διάφορες θερμοκρασίες.

3.1 Βλαστικότητα σπόρων στους 24°C



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 24°C.

Στο διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται το ποσοστό βλάστησης έξι ποικιλιών σόργου (5K1009, Elite, 5D61, Big-Kahuna, Buffalo-grain, 4264), τριών ποικιλιών λούπινου (Dennis, Multitalia, Zouliamis), τριών ποικιλιών μπιζελιού (Olympos, Arvika, Dodoni) και μιας ποικιλία switchgrass (Alamo) στους 24°C. Οι παρατηρήσεις ήταν καθημερινές και ολοκληρώθηκαν την 15^η ημέρα. Φαίνεται ότι από την πρώτη κιόλας ημέρα το σόργο είχε αυξημένη βλαστική ικανότητα (έναντι των άλλων ειδών), με την ποικιλία Elite να φτάνει σε ποσοστό 93%, ενώ μικρότερη βλαστική ικανότητα βρέθηκε να έχει η ποικιλία 5K1009 με ποσοστό 45%. Σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (Διάγραμμα 3.1) όλες οι ποικιλίες του σόργου κατάφεραν να αποκτήσουν ποσοστό βλάστησης $\geq 95\%$. Στην περίπτωση του μπιζελιού, οι σπόροι των ποικιλιών Olympos και Arvika βλάστησαν όλοι κατά τις πρώτες

δύο ημέρες, ενώ και η ποικιλία Dodoni έφτασε το ποσοστό 100% την 8^η ημέρα. Στο λούπινο, και συγκεκριμένα στις ποικιλίες Multitalia και Zouliamis, ο ρυθμός της βλάστησης των σπόρων ήταν ταχύτατος και από την 3^η ημέρα τα ποσοστά των βλαστημένων σπόρων ξεπερνούσαν το 90%. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι σπόροι Dennis, μία ποικιλία με αργό ρυθμό και μικρότερη ενέργεια που κατάφερε να αποκτήσει 78% βλαστημένων σπόρων την 15^η ημέρα (βλαστική ικανότητα αρκετά μικρή) κατατάσσοντας την ποικιλία (σπόρο) ως εκείνη με τη στατιστικώς χαμηλότερη βλαστική ικανότητα (Πίνακας 3.1).

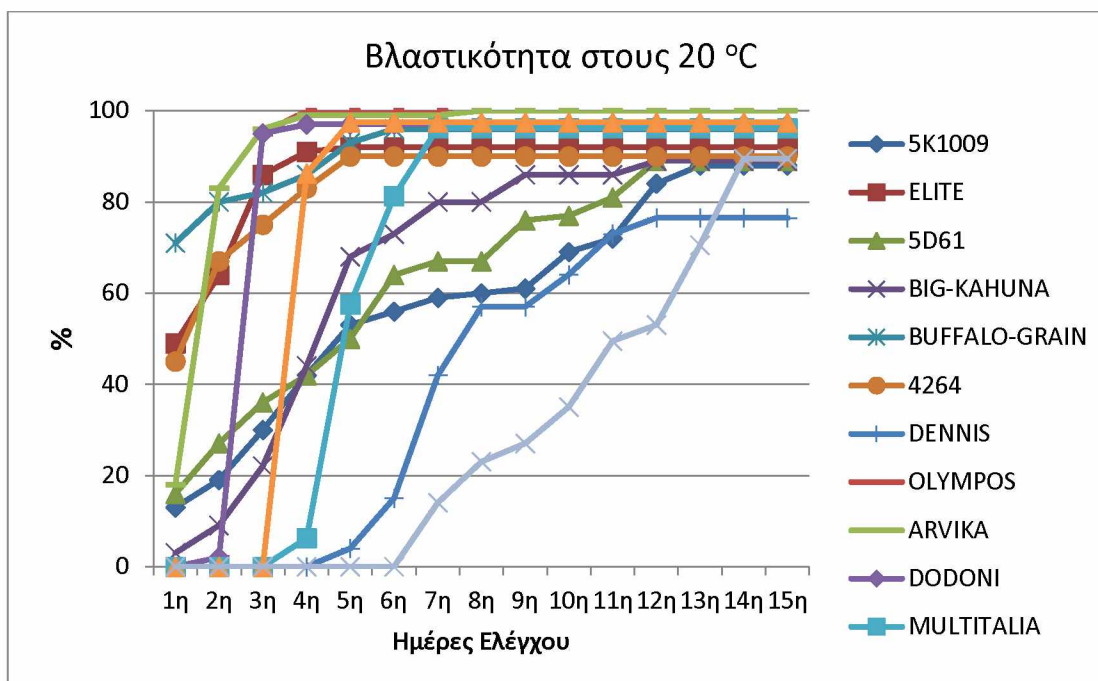
Όπως ακριβώς φαίνεται και στον πίνακα 3.1, το σόργο και το μπιζέλι αποτελούν εκείνα τα είδη με την στατιστικώς πιο γρήγορη βλάστηση. Συγκεκριμένα η ακολουθία της ταχύτητας βλάστησης των ποικιλιών κατά την πρώτη ημέρα ήταν “Elite > Arvika > 4264 > Big Kahuna > Dodoni > Olympos > Buffalo Grain > 5K1009”.

Πίνακας 3.1 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 24°C.

Είδος	1^η Ημέρα	2^η Ημέρα	6^η Ημέρα	15^η Ημέρα
5K1009	45	52	64	100
ELITE	93	93	93	100
5D61	47	68	80	100
BIG KAHUNA	78	84	90	100
BUFFALO GRAIN	63	67	90	100
4264	79	85	90	100
DENNIS	0	0	20	78
OLYMPPOS	65	98	100	100
ARVIKA	86	100	100	100
DODONI	72	94	94	100
MULTITALIA	0	15	98	100
ZOULIAMIS	0	8	96	100
ALAMO	0	0	20	91
ΕΣΔ_{.05}	26.44	21.54	14.83	3.081
CV %	10.2	7.8	2.7	0.7

Οι σπόροι του switchgrass ευνοούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες (Lewandowski et al, 2003) και παρ' όλο που είχαν πιο αργό ρυθμό, το 91% των σπόρων κατάφερε να βλαστήσει την 15^η ημέρα.

3.2 Βλαστικότητα σπόρων στους 20°C



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.2 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 20°C.

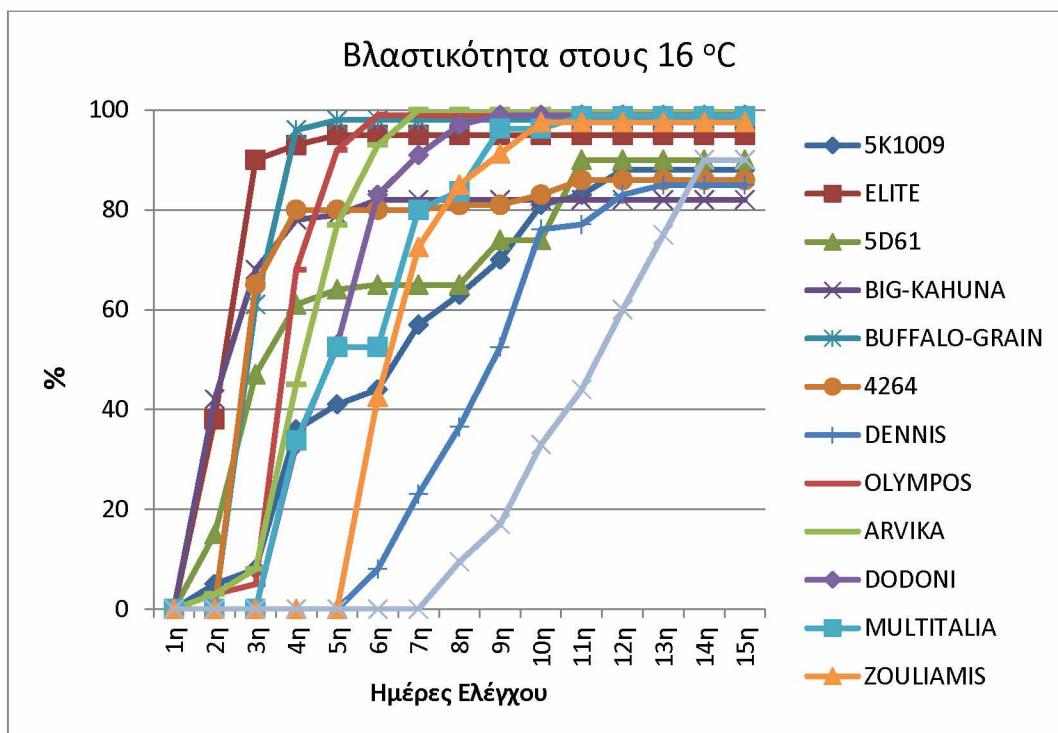
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.2, σε χαμηλότερη θερμοκρασία, και συγκεκριμένα στους 20°C, παρατηρήθηκαν κάποιες διαφορές. Συγκεκριμένα, ο ρυθμός βλάστησης των περισσότερων ποικιλιών όλων των ειδών, ήταν πιο αργός εκτός από την ποικιλία Buffalo-grain, που από την πρώτη μέρα ξεπέρασε το 70%. Επιπλέον, καμία ποικιλία δεν κατάφερε να ολοκληρώσει την βλάστηση με 100% βλαστημένους σπόρους εντός 15 ημερών εκτός από τις ποικιλίες του μπιζελιού, Olympos και Arvika (Διάγραμμα 3.2). Η συμπεριφορά του μπιζελιού ήταν ιδανική και στους 20°C, αφού οι σπόροι είχαν ταχύτατο ρυθμό βλάστησης από τις πρώτες ημέρες. Το switchgrass φαίνεται πως χρειάστηκε τον περισσότερο χρόνο για να ξεκινήσει την έκπτυξη των βλαστιδίων, αλλά τελικώς το 90% των σπόρων βλάστησε μέχρι την 15^η ημέρα ελέγχου (Πίνακας 3.2).

Όπως ακριβώς φαίνεται και στον πίνακα 3.2, το σόργο και μια ποικιλία μπιζελιού αποτέλεσαν εκείνα τα είδη με την στατιστικώς πιο γρήγορη βλάστηση. Συγκεκριμένα η ακολουθία της ταχύτητας βλάστησης των ποικιλιών κατά την πρώτη ημέρα ήταν “Buffalo grain > Elite > 4264 > Arvika > 5D61 > 5K1009 > Big Kahuna”.

Πίνακας 3.2. Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μιζέλι, λούπινο) στους 20°C.

Είδος	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
5K1009	13	19	56	88
ELITE	49	64	92	92
5D61	16	27	64	89
BIG KAHUNA	3	9	73	89
BUFFALO GRAIN	71	80	96	96
4264	45	67	90	90
DENNIS	0	0	15	77
OLYMPUS	0	2	100	100
ARVIKA	18	83	99	100
DODONI	0	2	97	97
MULTITALIA	0	0	81	96
ZOULIAMIS	0	0	98	98
ALAMO	0	0	0	89,5
ΕΣΔ ₀₅	26.82	22.40	19.77	5.228
CV %	40.5	17.8	6.8	0.7

3.3 Βλαστικότητα σπόρων στους 16°C



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.3 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μιζέλι, λούπινο) στους 16°C.

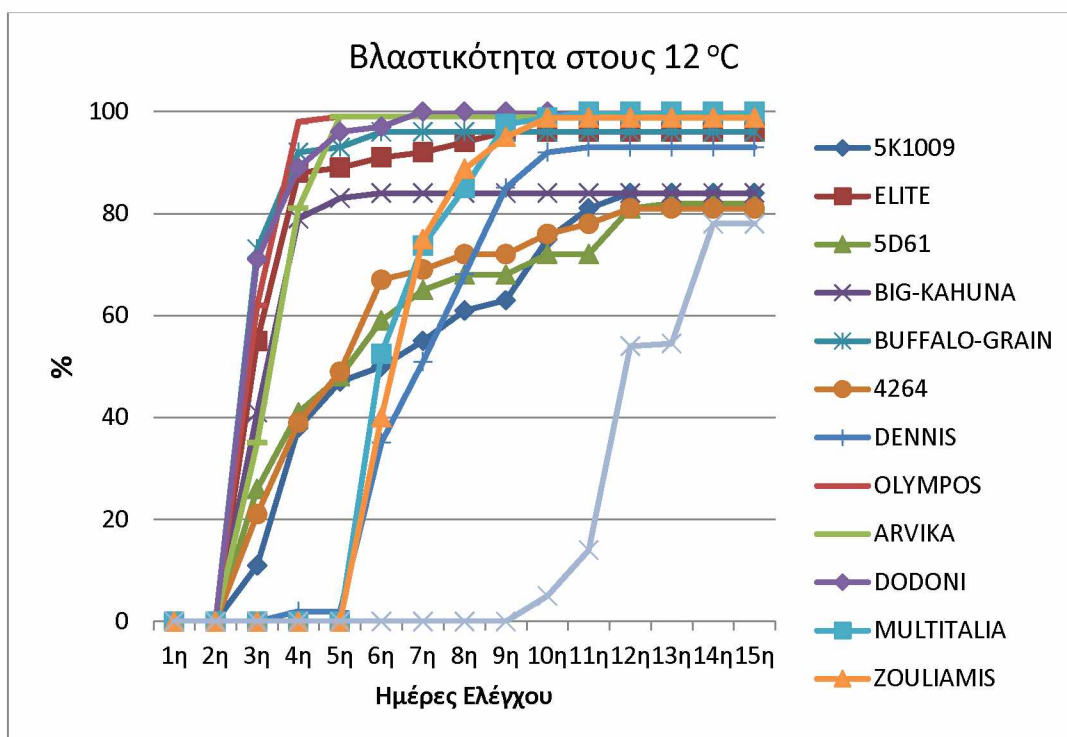
Στο διάγραμμα 3.3 φαίνεται ότι το λούπινο και το μπιζέλι παρουσιάζουν γρήγορο ρυθμό βλάστησης σε σύντομο χρονικό διάστημα, με τους σπόρους του μπιζελιού να καταφέρνουν να ολοκληρώσουν την βλάστηση τους εντός 15 ημερών (Πίνακας 3.3). Όσον αφορά το λούπινο, οι σπόροι της ποικιλίας Multitalia ξεκίνησαν την βλάστηση τους την 4^η ημέρα, πιο νωρίς από τις ποικιλίες Dennis και Zouliamis. Τόσο από τον πίνακα όσο και από το διάγραμμα γίνεται κατανοητό ότι η συγκεκριμένη θερμοκρασία αποδείχθηκε εξίσου ευνοϊκή για την Zouliamis, ενώ η Dennis κατέγραψε 85% βλαστημένους σπόρους την 15^η ημέρα (βλαστική ικανότητα αρκετά μικρή). Το Alamo σε σχέση με το σόργο καθυστερεί να ξεκινήσει την βλάστηση των σπόρων του, παρ' όλα αυτά κατάφερε να αποκτήσει 90% βλαστημένων σπόρων την τελευταία ημέρα ελέγχου κατατάσσοντας μια ποικιλία (σπόρο) του σόργου ως εκείνη με τη χαμηλότερη βλαστική ικανότητα (Big Kahuna), (Πίνακας 3.3).

Όπως ακριβώς φαίνεται στον πίνακα 3.3, σε μικρότερη θερμοκρασία (16°C), δεν καταγράφονται βλαστημένοι σπόροι την πρώτη ημέρα των παρατηρήσεων. Την δεύτερη ημέρα ξεκινά η έκπτυξη των βλαστιδίων σε ποικιλίες του σόργου και του μπιζελιού με την ταχύτητα βλάστησης να ακολουθεί τη σειρά: “Big Kahuna > Elite > 5D61 > 5K1009 > Olympos, Arvika.

Πίνακας 3.3 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 16°C.

Είδος	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
5K1009	0	5	44	88
ELITE	0	38	95	95
5D61	0	15	65	90
BIG KAHUNA	0	42	82	82
BUFFALO GRAIN	0	0	98	98
4264	0	0	80	86
DENNIS	0	0	8	85
OLYMPUS	0	3	99	99
ARVIKA	0	3	93	100
DODONI	0	0	83	99
MULTITALIA	0	0	53	99
ZOULIAMIS	0	0	43	98
ALAMO	0	0	0	90
ΕΣΔ ₀₅	-	4.091	21.60	4.890
CV %	-	6.5	8.9	0.9

3.4 Βλαστικότητα σπόρων στους 12°C



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.4 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λουπινό) στους 12°C.

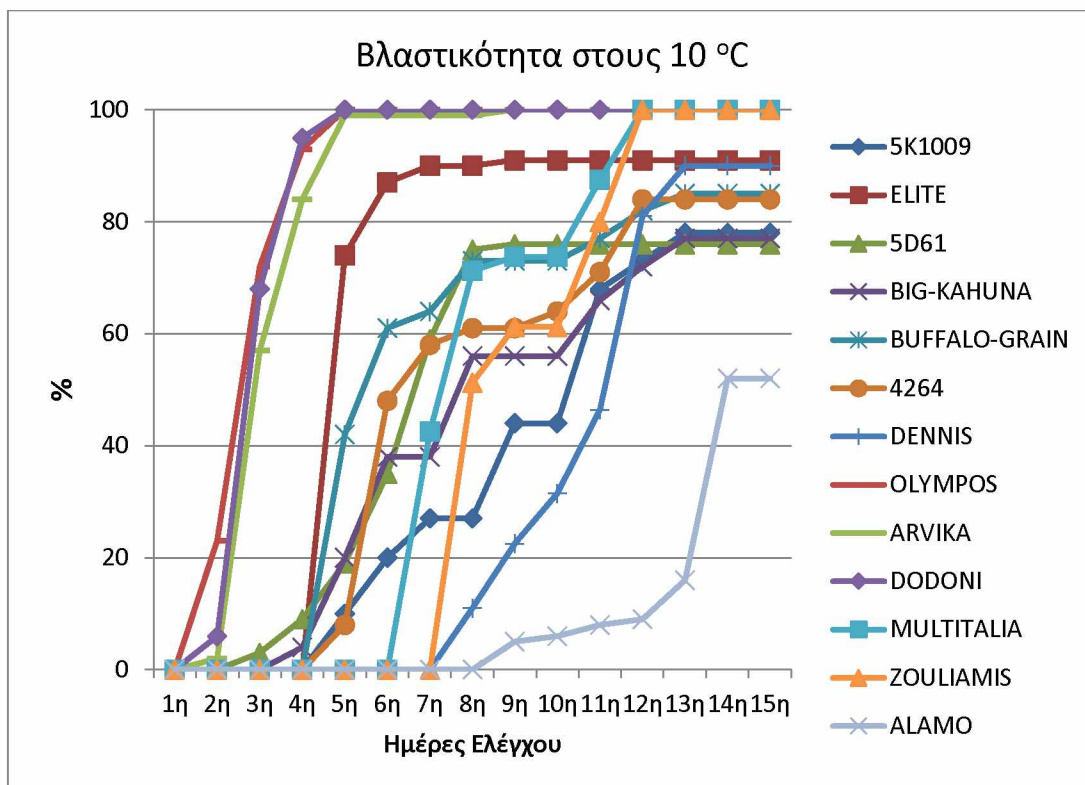
Στο Διάγραμμα 3.4 διακρίνεται μια απότομη αύξηση όσον αφορά τους σπόρους που βλάστησαν από την 3^η ημέρα σε ορισμένες ποικιλίες του σόργου και του μπιζελιού, όπως στις ποικιλίες Elite, Buffalo-grain, Olympos και Dodoni. Την 15^η ημέρα καταγράφονται μεγάλα ποσοστά βλαστημένων σπόρων τόσο στις ποικιλίες που προαναφέρθηκαν όσο και στην Arvika (μπιζέλι), αλλά και στις τρεις ποικιλίες του λούπινου. Το Alamo, η ποικιλία του switchgrass καθυστέρησε αρκετά να αποκτήσει βλαστημένους σπόρους και ήταν η μοναδική που δεν κατάφερε να καταγράψει ποσοστό > 80% την 15^η ημέρα των παρατηρήσεων (Πίνακας 3.4).

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 3.4, την 1^η και 2^η ημέρα καμία ποικιλία δεν απέκτησε βλαστημένους σπόρους. Παρ' όλα αυτά, σύμφωνα με την καταγραφή των αποτελεσμάτων την 15^η ημέρα, κάποιες ποικιλίες έδειξαν μεγάλη βλαστική ικανότητα και άλλες όχι. Η βλαστικότητα των σπόρων παρουσιάζεται με αύξουσα σειρά: "Dodoni, Multitalia > Arvika, Olympos, Zouliamis > Buffalo Grain, Elite > Dennis > 5K1009, Big Kahuna > 5D61 > 4264 > Alamo".

Πίνακας 3.4 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μιζέλι, λουπινο) στους 12°C.

Είδος	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
5K1009	0	0	50	84
ELITE	0	0	91	96
5D61	0	0	59	82
BIG KAHUNA	0	0	84	84
BUFFALO GRAIN	0	0	96	96
4264	0	0	67	81
DENNIS	0	0	35	93
OLYMPOS	0	0	99	99
ARVIKA	0	0	99	99
DODONI	0	0	97	100
MULTITALIA	0	0	53	100
ZOULIAMIS	0	0	40	99
ALAMO	0	0	0	78
ΕΣΔ _{.05}	-	-	19.58	4.441
CV %	-	-	6.0	0.5

3.5 Βλαστικότητα σπόρων στους 10°C



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.5 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μιζέλι, λούπινο) στους 10°C.

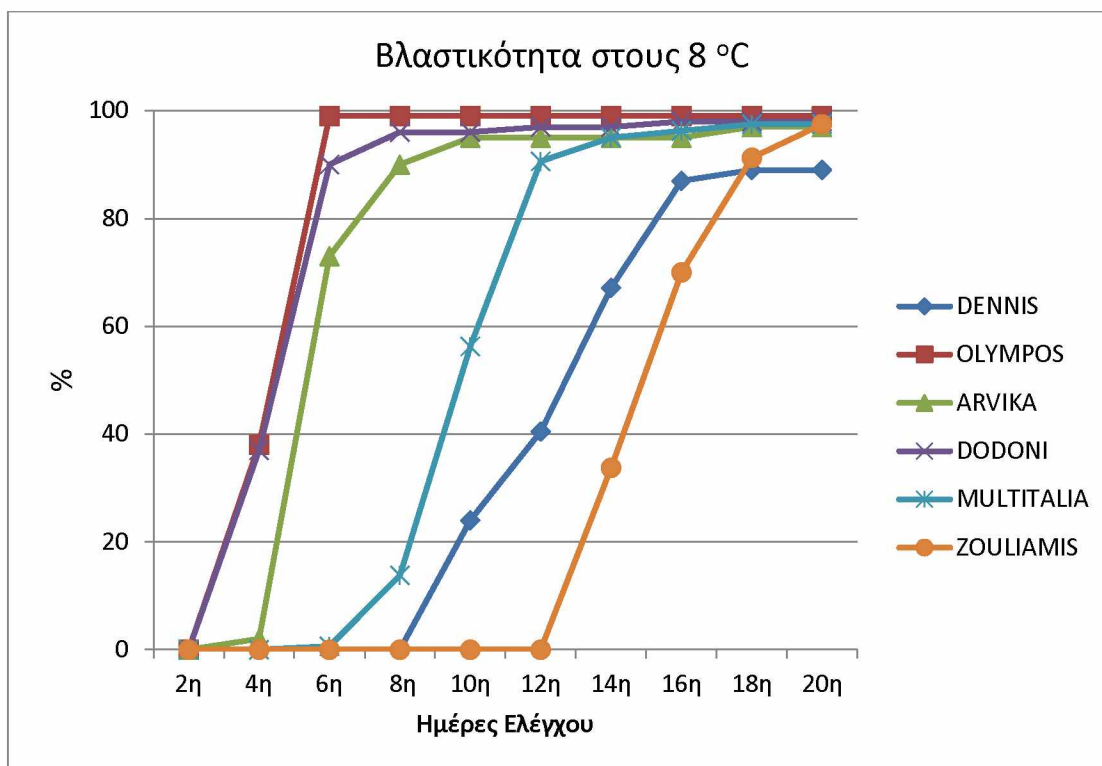
Στο διάγραμμα 3.5 φαίνεται ότι οι περισσότερες ποικιλίες του σόργου παρουσιάζουν σχετικά αργό ρυθμό βλάστησης στους 10°C, αλλά ένα ικανοποιητικό ποσοστό σπόρων καταφέρνει να βλαστήσει μέχρι και την 15^η μέρα. Οι σπόροι των ποικιλιών του λούπινου καθυστερούν να εκπύξουν βλαστίδιο, αλλά έπειτα βλαστάνει το 100% των σπόρων, κυρίως στις δύο ποικιλίες του λούπινου, Multitalia και Zouliamis (Πίνακας 3.5). Αντίθετα, οι ποικιλίες του μπιζελιού παρουσιάζουν γρήγορο ρυθμό και το σύνολο των σπόρων βλαστάνει πολύ νωρίς στην συγκεκριμένη θερμοκρασία, από την 2^η ημέρα. Το switchgrass δεν ευνοείται ιδιαίτερα στους 10°C, αφού παρατηρείται αργή βλάστηση και μόνο το 52% των σπόρων καταφέρνουν να βλαστήσουν την 15^η ημέρα (πολύ μικρή βλαστική ικανότητα).

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.5, την 1^η ημέρα δεν βλάστησε κανένας σπόρος ενώ την 2^η ημέρα μόνο οι ποικιλίες του μπιζελιού άρχισαν να καταγράφουν βλαστημένους σπόρους. Την 6^η ημέρα, μόνο στις ποικιλίες του λούπινου και του switchgrass δεν είχε βλαστήσει κανένας σπόρος. Η ποικιλία Dennis, παρά την καθυστέρηση, φαίνεται να ευνοήθηκε στους 10°C, καθώς κατέγραψε 90% βλαστημένους σπόρους την 15^η ημέρα

Πίνακας 3.5 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 10°C

Είδος	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
5K1009	0	0	20	78
ELITE	0	0	87	91
5D61	0	0	35	76
BIG KAHUNA	0	0	38	77
BUFFALO GRAIN	0	0	61	85
4264	0	0	48	84
DENNIS	0	0	0	90
OLYMPUS	0	23	100	100
ARVIKA	0	2	99	100
DODONI	0	6	100	100
MULTITALIA	0	0	0	100
ZOULIAMIS	0	0	0	100
ALAMO	0	0	0	52
ΕΣΔ _{.05}	-	-	6.766	7.556
CV %	-	-	69.4	6.9

3.6 Βλαστικότητα σπόρων στους 8°C



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.6 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 8°C.

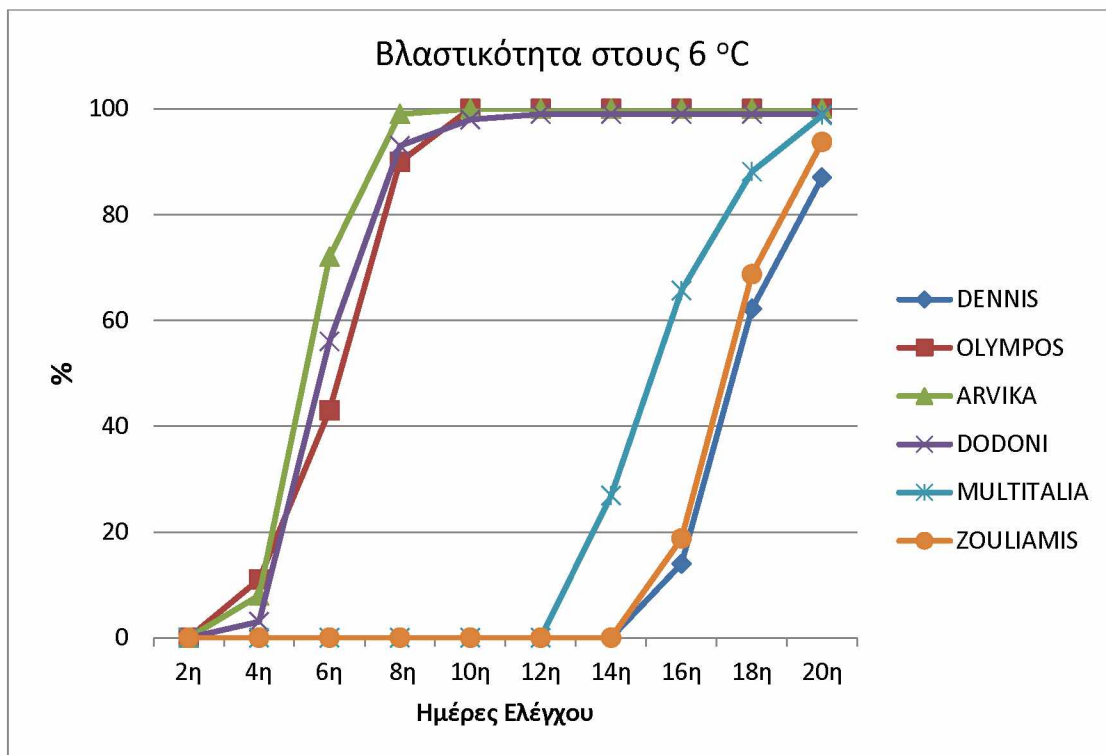
Το διάγραμμα 3.6 περιέχει μόνο τις τρεις ποικιλίες του λούπινου (Dennis, Multitalia, Zouliamis) και τις τρεις ποικιλίες του μπιζελιού (Olympos, Arvika, Dodoni), καθώς η θερμοκρασία είναι χαμηλή και δεν ευνοεί τα υπόλοιπα είδη. Οι παρατηρήσεις παίρνονταν κάθε δύο μέρες εντός 20 ημερών. Οι ποικιλίες του μπιζελιού καταγράφουν μεγάλο ποσοστό βλαστημένων σπόρων από τις πρώτες ημέρες ελέγχου, σε σχέση με τις ποικιλίες του λούπινου, όπως η Zouliamis, που καθυστερεί να αποκτήσει βλαστημένους σπόρους. Τελικά, και τα δύο είδη ανταποκρίνονται ιδανικά σε αυτή τη θερμοκρασία και μόνο οι βλαστημένοι σπόροι της ποικιλίας Dennis δεν ξεπερνούν το 90% την 20^η ημέρα (Πίνακας 3.6).

Όπως ακριβώς φαίνεται στον πίνακα 3.6, την 2^η ημέρα ελέγχου δεν καταγράφηκαν βλαστημένοι σπόροι για καμία ποικιλία. Την 6^η ημέρα βλέπουμε ότι μόνο οι ποικιλία του μπιζελιού είχε καταφέρει να βλαστήσει με μεγάλη ταχύτητα. Συγκεκριμένα, ως προς την ταχύτητα βλάστησης κατά την 6^η ημέρα, είχαν την εξής ακολουθία: “Olympos > Dodoni > Arvika”.

Πίνακας 3.6. Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 8°C.

Είδος	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
DENNIS	0	0	89
OLYMPPOS	0	99	99
ARVIKA	0	73	97
DODONI	0	90	98
MULTITALIA	0	0	97,5
ZOULIAMIS	0	0	97,5
ΕΣΔ _{.05}	-	13.42	5.177
CV %	-	9.2	1.5

3.7 Βλαστικότητα σπόρων στους 6°C



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.7 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 8°C.

Στο διάγραμμα 3.7, στη μεταχείριση στους 6°C, παρατηρείται ότι βλάστησαν σχεδόν όλοι οι σπόροι από όλα τα είδη, με χαμηλότερο ποσοστό αυτό της ποικιλίας

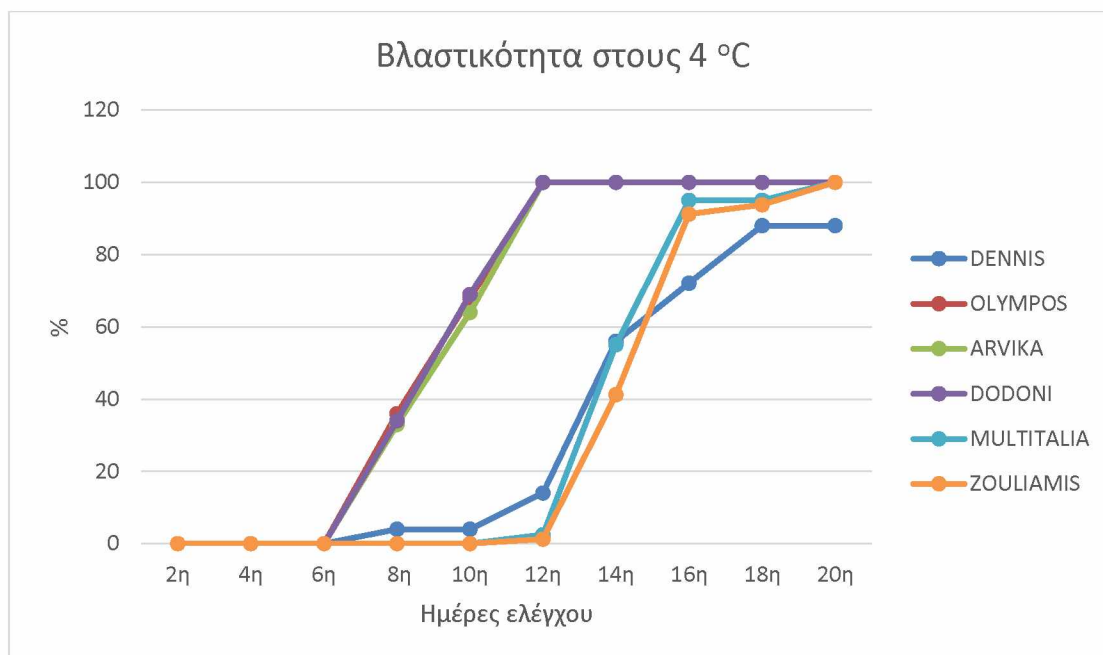
Dennis (87%) (Πίνακας 3.7). Το μπιζέλι είχε ταχύτερο ρυθμό βλάστησης σε σχέση με το λούπινο, το οποίο εμφάνισε το πρώτα βλαστίδια την 14^η ημέρα.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.7, την 2^η ημέρα δεν είχε βλαστήσει κανένας σπόρος, ενώ την 6^η ημέρα μόνο οι ποικιλίες(σπόροι) του μπιζελλιού κατάφεραν να βλαστήσουν. Συγκεκριμένα η ακολουθία της ταχύτητας βλάστησης των σπόρων τους κατά την 6^η ημέρα ήταν “Arvika > Dodoni > Olympos”.

Πίνακας 3.7. Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 6°C.

Είδος	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
DENNIS	0	0	87
OLYMPPOS	0	43	100
ARVIKA	0	72	100
DODONI	0	56	99
MULTITALIA	0	0	99
ΖΟΥΛΙΑΜΙΣ	0	0	94
ΕΣΔ _{.05}	-	26.03	4.829
CV %	-	29.4	2.1

3.8 Βλαστικότητα σπόρων στους 4°C



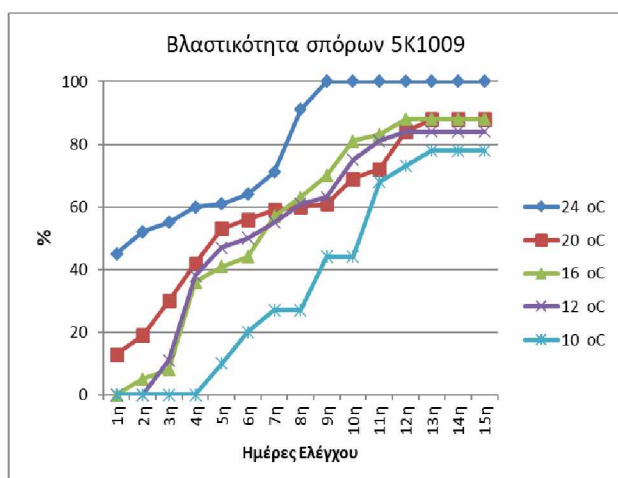
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.8 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 4°C.

Στο Διάγραμμα 3.8 φαίνεται ότι οι ποικιλίες του μπιζελιού από την 12^η ημέρα έχουν 100% βλαστημένους σπόρους, ενώ οι σπόροι στις ποικιλίες του λούπινου αργούν να βλαστήσουν, αλλά καταφέρνουν τελικά την πλήρη βλάστησή τους, με εξαίρεση για μια ακόμη φορά την ποικιλία Dennis, που δεν έχουν βλαστήσει όλοι οι σπόροι την 20^η ημέρα ελέγχου, αλλά το 88% αυτών (Πίνακας 3.8).

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.8, καμία ποικιλία δεν κατέγραψε βλαστημένους σπόρους την 2^η και την 6^η ημέρα ελέγχου. Παρ' όλα αυτά έδειξαν μεγάλη βλαστική ικανότητα, με το 100% των σπόρων να έχει βλαστήσει την 20^η ημέρα με εξαίρεση την ποικιλία Dennis που βλάστησε το 88% των σπόρων (χαμηλή βλαστική ικανότητα).

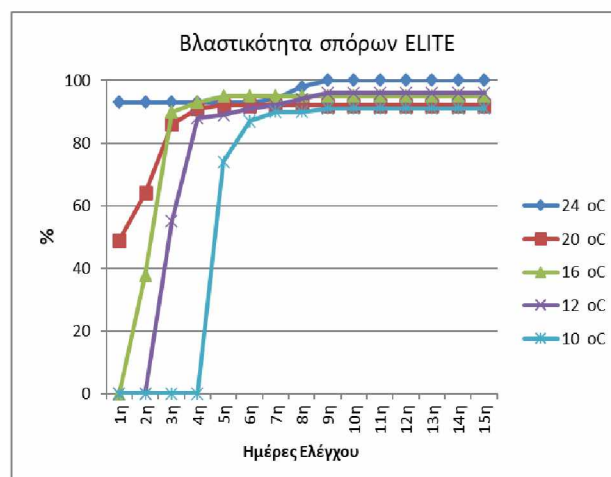
Πίνακας 3.8 Βλαστικότητα των σπόρων σε διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών (σόργο, switchgrass) και ψυχανθών (μπιζέλι, λούπινο) στους 4°C

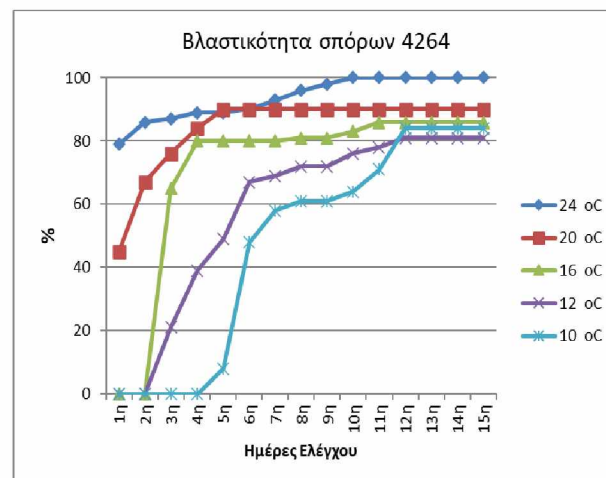
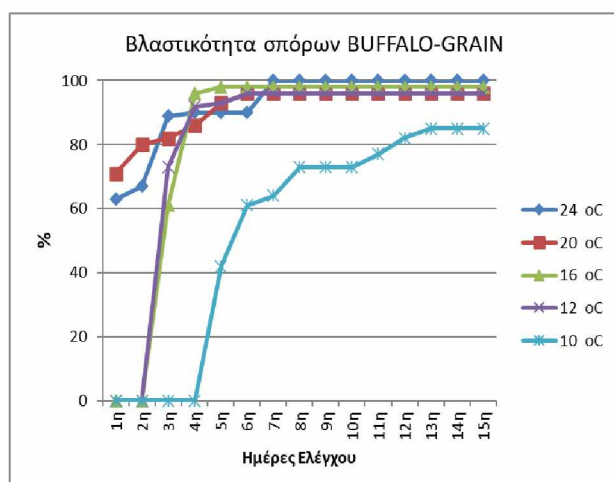
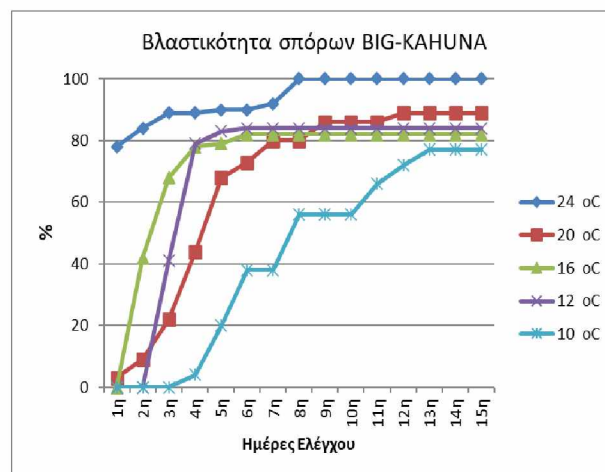
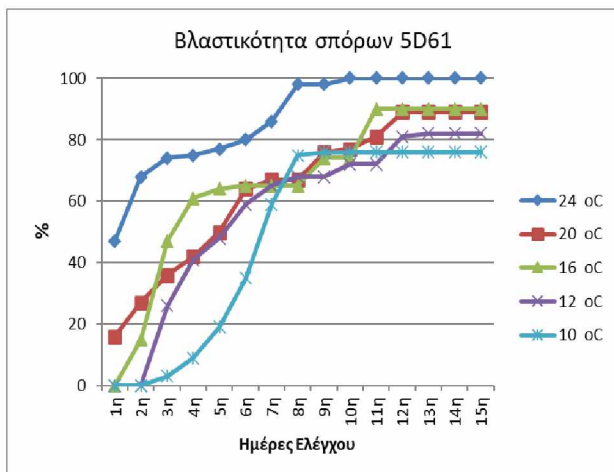
Είδος	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
DENNIS	0	0	88
OLYMPPOS	0	0	100
ARVIKA	0	0	100
DODONI	0	0	100
MULTITALIA	0	0	100
ZOULIAMIS	0	0	100
ΕΣΔ ₀₅	-	-	3.481
CV %	-	-	1.0



σόργου

3.9 Βλαστικότητα σπόρων





ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 3.9. Βλαστικότητα των σπόρων έξι ποικιλιών σόργου στις θερμοκρασίες 24°C, 20°C, 16°C, 12°C, 10°C

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζεται το ποσοστό βλάστησης των έξι ποικιλιών του σόργου στις διάφορες θερμοκρασίες μεταχείρισης. Συγκεκριμένα κάθε διάγραμμα αφορά μια ποικιλία (5K1009, Elite, 5D61, Big-Kahuna, Buffalo-grain, 4264) με ανώτερη θερμοκρασία τους 24°C και ελάχιστη θερμοκρασία τους 10°C. Παρατηρώντας τα διαγράμματα προκύπτει ότι στη θερμοκρασία 24°C ο ρυθμός βλάστησης είναι ταχύτερος και το 100% των σπόρων κάθε ποικιλίας, βλαστάνουν από τις πρώτες ημέρες. Όσο μειώνεται η θερμοκρασία, μειώνεται και ο ρυθμός βλάστησης της κάθε ποικιλίας αλλά και οι σπόροι ορισμένων ποικιλιών παρουσιάζουν χαμηλή βλαστική ικανότητα την 15^η ημέρα ελέγχου.

Όπως φαίνεται στους πίνακες καμία ποικιλία (σπόρος) του σόργου δεν καταφέρνει να βλαστήσει στις θερμοκρασίες 16°C, 12°C και 10°C κατά την 1^η ημέρα. Μεγαλύτερη ταχύτητα βλάστησης καταγράφεται στους 24°C για όλες τις ποικιλίες με εξαίρεση την

Buffalo grain όπου στους 20°C βλάστησε μεγαλύτερο ποσοστό σπόρων (71%) απ' ότι στους 24°C (63%).

Sorghum bicolor - variety 5K1009

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
10	0	0	20	78
12	0	0	50	84
16	0	5	44	88
20	13	19	56	88
24	45	52	64	100
ΕΣΔ _{.05}	-	3.7	34.66	2.6
CV %	-	47.1	18.0	0.8

Sorghum bicolor - variety Elite

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
10	0	0	87	91
12	0	0	91	96
16	0	38	95	95
20	49	64	92	92
24	93	93	93	100
ΕΣΔ _{.05}	26.22	17.50	6.561	3.030
CV %	26.3	7.9	2.1	1.8

Sorghum bicolor - variety 5D61

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
10	0	0	35	76
12	0	0	59	82
16	0	15	65	90
20	16	27	64	89
24	47	68	80	100
ΕΣΔ _{.05}	16.86	22.45	20.69	5.217
CV %	48.5	26.6	7.8	1.7

Sorghum bicolor - variety Big Kahuna

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
10	0	0	38	77
12	0	0	84	84
16	0	42	82	82
20	3	9	89	89
24	78	84	90	100
ΕΣΔ _{.05}	9.21	14.80	19.42	5.541
CV %	14.2	9.8	8.7	2.0

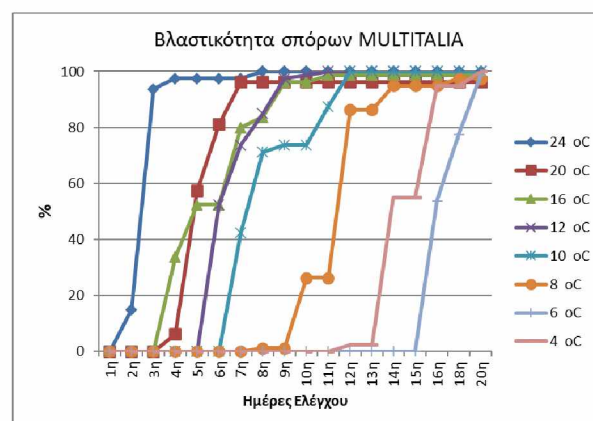
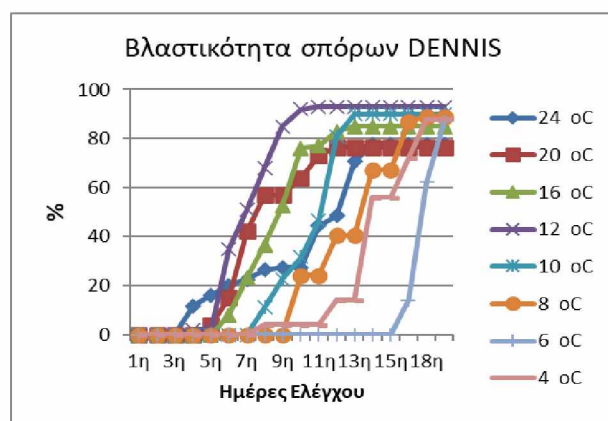
Sorghum bicolor - variety buffalo-grain

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	15 ^η Ημέρα
10	0	0	61	85
12	0	0	96	96
16	0	0	98	98
20	71	80	96	96
24	63	67	90	100
ΕΣΔ _{.05}	40.41	36.78	14.30	6.365
CV %	24.2	26.6	2.9	2.4

Sorghum bicolor - variety 4264

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
10	0	0	48	84
12	0	0	67	81
16	0	0	80	86
20	45	67	90	90
24	79	86	90	100
ΕΣΔ _{.05}	23.9	19.29	9.71	6.111
CV %	15.4	10.8	5.3	1.1

3.10 Βλαστικότητα σπόρων λούπινου





ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 3.10 Ποσοστό βλάστησης των σπόρων τριών ποικιλιών λούπινου στις 24°C, 20°C, 16°C, 12°C, 10°C, 8°C, 6°C, 4°C.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζεται το ποσοστό βλάστησης των τριών ποικιλιών του λούπινου στις διάφορες θερμοκρασίες μεταχείρισης. Συγκεκριμένα κάθε διάγραμμα αφορά μια ποικιλία (Dennis, Multitalia, Zouliamis) με ανώτερη θερμοκρασία τους 24°C και ελάχιστη θερμοκρασία τους 4°C. Οι ποικιλίες Multitalia και Zouliamis παρουσιάζουν ομοιότητες ως προς τον ρυθμό βλάστησης των σπόρων τους, με μεγαλύτερο εκείνον στους 24°C, και 100% βλαστημένους σπόρους από τις πρώτες ημέρες ελέγχου. Όσο μειώνεται η θερμοκρασία, μειώνεται ο ρυθμός, αλλά καταφέρνουν να βλαστήσουν όλοι οι σπόροι εντός 20 ημερών σε όλο το εύρος θερμοκρασιών. Η ποικιλία Dennis δεν έχει τόσο μεγάλο ρυθμό βλάστησης ακόμα και στους 24°C και το μέγιστο ποσοστό βλαστημένων σπόρων είναι περίπου 80-90% στις διάφορες θερμοκρασίες.

Όπως φαίνεται στους πίνακες οι ποικιλίες (σπόροι) του λούπινου δεν κατάφεραν να βλαστήσουν κατά την 1^η ημέρα, ενώ την 2^η ημέρα μόνο η multitalia και η zouliamis έδειξαν γρήγορη βλαστική ικανότητα στους 24°C με 15% και 8% βλαστημένους σπόρους αντίστοιχα.

Lupinus albus - variety Dennis

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
4	0	0	0	88
6	0	0	0	87
8	0	0	0	89
10	0	0	0	90
12	0	0	35	93
16	0	0	8	85
20	0	0	15	77
24	0	0	20	78
ΕΣΔ₀₅	-	-	17.15	7.180
CV %			45.2	2.5

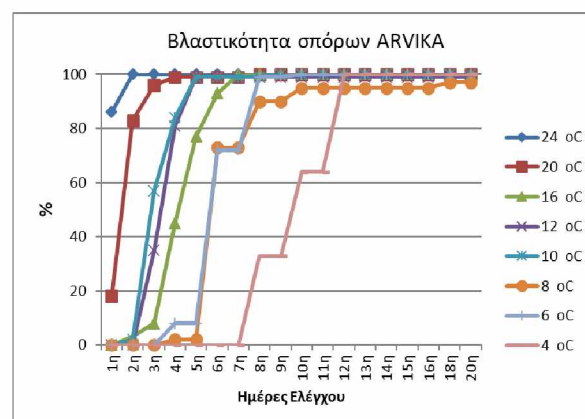
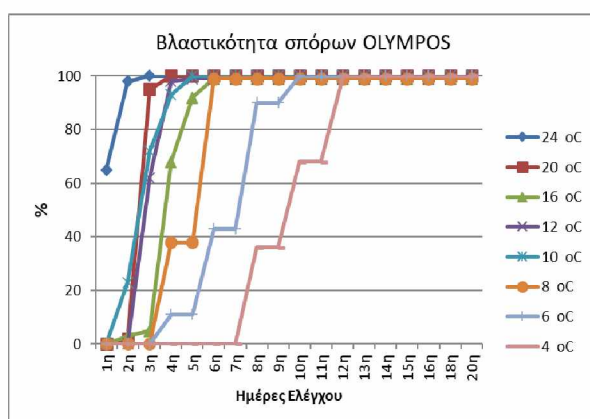
Lupinus albus - variety Multitalia

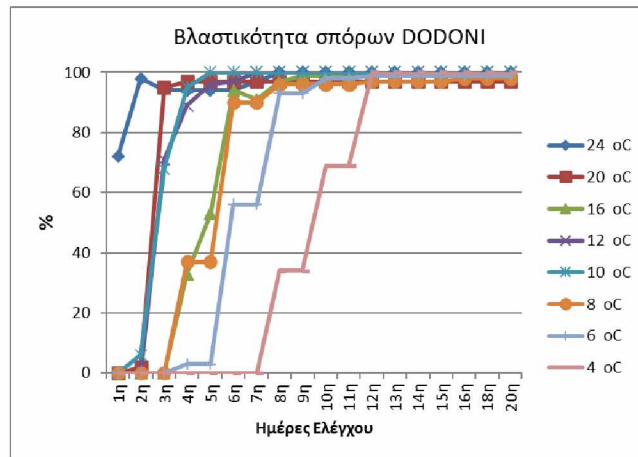
Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
4	0	0	0	100
6	0	0	0	99
8	0	0	0	98
10	0	0	0	100
12	0	0	53	100
16	0	0	53	99
20	0	0	81	96
24	0	15	98	100
ΕΣΔ _{.05}	-	3.676	34.66	2.615
CV %	-	47.1	18.0	0.8

Lupinus albus - variety Zouliamis

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
4	0	0	0	100
6	0	0	0	94
8	0	0	0	98
10	0	0	0	100
12	0	0	40	98,75
16	0	0	43	98
20	0	0	98	98
24	0	8	96	100
ΕΣΔ _{.05}	-	2.600	15.38	4.608
CV %	-	66.7	5.0	2.6

3.11 Βλαστικότητα σπόρων μπιζελιού





ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 3.11. Ποσοστό βλάστησης των σπόρων τριών ποικιλιών μπιζελιού στις θερμοκρασίες 24°C, 20°C, 16°C, 12°C, 10°C, 8°C, 6°C, 4°C.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζεται το ποσοστό βλάστησης των τριών ποικιλιών του μπιζελιού στις διάφορες θερμοκρασίες μεταχείρισης. Συγκεκριμένα, κάθε διάγραμμα αφορά μια ποικιλία (Olympos, Arnika, Dodoni) με ανώτερη θερμοκρασία τους 24°C και ελάχιστη θερμοκρασία τους 4°C. Και στις τρεις ποικιλίες, το 100% των σπόρων βλαστάνει με ταχύτατο ρυθμό ανεξαρτήτως θερμοκρασίας, με μια μικρή εξαίρεση στους 4°C, που η βλάστηση ξεκινά την 8^η ημέρα αλλά σύντομα ολοκληρώνεται στο 100% των σπόρων.

Όπως φαίνεται στους πίνακες, κατά την πρώτη ημέρα σε θερμοκρασία 24°C, και οι τρεις ποικιλίες καταγράφουν βλαστημένους σπόρους. Σε θερμοκρασία 20°C η ποικιλία (σπόρος) Arnika ξεκινά να βλαστάνει εξίσου από την 1^η ημέρα ελέγχου με ποσοστό 18%. Την 20^η ημέρα όλες οι ποικιλίες παρουσιάζουν μεγάλη βλαστική ικανότητα ($\geq 97\%$) τόσο στις υψηλές όσο και στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Pisum arvense - variety Olympos

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
4	0	0	0	100
6	0	0	43	100
8	0	0	99	99
10	0	0	100	100
12	0	0	99	99
16	0	3	99	99
20	0	2	100	100
24	65	98	100	100
ΕΣΔ₀₅	16.58	8.93	19.97	1.772
CV %	49.1	11.7	5.3	0.5

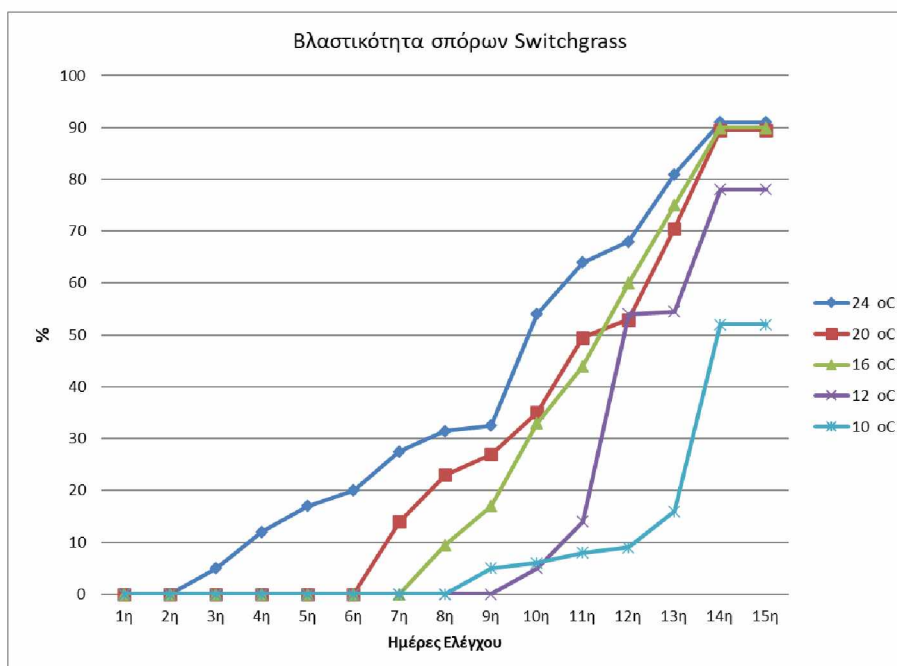
Pisum arvense - variety Arvika

Θερμοκρασία °C	1^η Ημέρα	2^η Ημέρα	6^η Ημέρα	20^η Ημέρα
4	0	0	0	100
6	0	0	72	100
8	0	0	73	100
10	0	0	99	99
12	0	0	99	100
16	0	3	93	97
20	18	83	99	100
24	86	100	100	100
ΕΣΔ_{.05}	19.12	7.675	11.58	2.129
CV %	37.7	9.0	5.3	0.7

Pisum arvense - variety Dodoni

Θερμοκρασία °C	1^η Ημέρα	2^η Ημέρα	6^η Ημέρα	20^η Ημέρα
4	0	0	0	100
6	0	0	56	99
8	0	0	90	98
10	0	6	100	100
12	0	0	97	100
16	0	0	94	99
20	0	2	97	97
24	72	98	94	100
ΕΣΔ_{.05}	6.122	3.304	21.39	3.989
CV %	16.4	9.5	4.7	1.0

3.12 Βλαστικότητα σπόρων switchgrass



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.12. Ποσοστό βλάστησης των σπόρων switchgrass (Alamo) στις θερμοκρασίες 24°C, 20°C, 16°C, 12°C, 10°C

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η ικανότητα βλάστησης της ποικιλίας Alamo του switchgrass στις διάφορες θερμοκρασίες μεταχείρισης. Ο ρυθμός βλάστησης των σπόρων του ήταν ταχύτερος στους 24°C, ενώ μειωνόταν όσο μειωνόταν και η θερμοκρασία. Την 15^η ημέρα ελέγχου περίπου 90% των σπόρων είχαν βλαστήσει στους 24°C, 20°C και 16°C, ενώ στις πιο χαμηλές θερμοκρασίες 12°C και 10°C η βλάστηση ξεκίνησε την 9^η ημέρα και έφτασε σε ποσοστά 78% και 52% αντίστοιχα.

Όπως φαίνεται στους πίνακες δεν παρατηρείται βλάστηση μέχρι και την 6^η ημέρα σε όλες τις θερμοκρασίες εκτός από τους 24°C (20%). Το switchgrass, όσο μειωνόταν η θερμοκρασία, δεν παρουσίαζε την ίδια βλαστική ικανότητα την τελευταία ημέρα ελέγχου αλλά μειωνόταν και αυτή αντίστοιχα.

Switchgrass – variety alamo

Θερμοκρασία °C	1 ^η Ημέρα	2 ^η Ημέρα	6 ^η Ημέρα	20 ^η Ημέρα
10	0	0	0	52
12	0	0	0	78
16	0	0	0	90
20	0	0	0	89.5
24	0	0	20	91
ΕΣΔ _{.05}	-	-	2.25	3.978
CV %	-	-	16.3	0.9

4. Συζήτηση

Η απεικόνιση των αποτελεσμάτων του πειράματος παρείχε σημαντικές πληροφορίες για την βλαστικότητα των σπόρων συγκεκριμένων ποικιλιών του σόργου, του λούπινου, του μπιζελιού και του switchgrass στις διάφορες θερμοκρασίες.

Ξεκινώντας με την υψηλότερη θερμοκρασία που δοκιμάστηκαν και γνωρίζοντας ότι οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν αρκετά όλα τα στάδια ανάπτυξης ενός φυτού, φαίνεται ότι το σόργο παρουσίασε υψηλό ρυθμό βλάστησης, καθώς από την πρώτη μέρα εμφάνισε υψηλό ποσοστό βλαστημένων σπόρων. Δεν είχαν όλες οι ποικιλίες την ίδια “ενέργεια”, κάτι που μπορεί να οφείλεται στο γονότυπο τους ή σε άλλες παραμέτρους, όπως στη διαλογή του σπόρου, κατά την οποία πρέπει να απορρίπτονται οι μικροί, λεπτοί, σπασμένοι ή προσβεβλημένοι σπόροι (Guiying et al, 2004). Παρ’ όλα αυτά, την 10^η ημέρα ολοκλήρωσαν την βλάστησή τους. Στις θερμοκρασίες 20°C, 16°C και 12°C ο ρυθμός βλάστησης μειώνεται, το ίδιο και τα ποσοστά βλαστημένων σπόρων. Ποικιλίες όπως η Elite, η Buffalo-grain και η 4264 κατάφεραν να ξεπεράσουν το 90% την τελευταία ημέρα ελέγχου, παρ’ όλο που σε αντίστοιχη έρευνα τα ποσοστά βλαστημένων σπόρων του σόργου σε υψηλές θερμοκρασίες εμφάνιζαν διαφορές συγκριτικά με μέτριες θερμοκρασίες (Nguyen et al, 2013). Στους 10°C, που θεωρείται ως η ελάχιστη θερμοκρασία που μπορεί να βλαστήσει το σόργο (OGTR, 2017) μόνο η Elite έφτασε το ποσοστό 91% βλαστημένων σπόρων, ενώ οι υπόλοιπες δεν είχαν την ίδια ικανότητα, με ποσοστά 75% - 85%.

Στο λούπινο, και συγκεκριμένα στις ποικιλίες Multitalia και Zouliamis, ο ρυθμός της βλάστησης των σπόρων ήταν ταχύτατος και από την 3^η ημέρα τα ποσοστά των βλαστημένων σπόρων ξεπερνούσαν το 90%. Εξάιρεση αποτέλεσαν οι σπόροι Dennis, μία ποικιλία με μικρότερη “ενέργεια” που κατάφερε να αποκτήσει 78% βλαστημένων σπόρων την 15^η ημέρα. Το λούπινο, σύμφωνα με παρόμοια πειράματα, είναι μια ετήσια καλλιέργεια η οποία έχει ταχύτατη βλάστηση σε θερμοκρασίες 21°C - 24°C (Mackay et al., 2001). Για το λόγο αυτό στους 20°C η διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου πειράματος ήταν παρόμοια με αυτή στους 24°C. Μειώνοντας τη θερμοκρασία, μειώθηκε γραμμικά και ο ρυθμός βλάστησης του λούπινου, κάτι που συμβαίνει σε θερμοκρασίες $\geq 15^\circ\text{C}$ (Garczarka et al. 2009). Συγκεκριμένα στους 6°C, η έκπτυξη των πρώτων βλαστιδίων πραγματοποιήθηκε την 16^η ημέρα. Μπορεί η βλάστηση να ήταν αργή, αλλά την τελευταία ημέρα του ελέγχου σχεδόν το 100% των σπόρων είχαν βλαστήσει.

Το δεύτερο ψυχανθές φυτό, που δοκιμάστηκε στις διάφορες θερμοκρασίες, είναι το μπιζέλι. Παρόμοια έρευνα αναφέρει ότι η βέλτιστη θερμοκρασία για την βλάστηση των σπόρων του μπιζελιού είναι 20°C (Mehmet et al, 2004). Στα διαγράμματα που απεικονίζεται η βλαστικότητα του σε υψηλές θερμοκρασίες, τόσο στους 24°C όσο και στους 20°C, είναι ξεκάθαρο πως από την 2^η και 3^η ημέρα αντίστοιχα, οι βλαστημένοι σπόροι είναι σε ποσοστό $\geq 90\%$. Οι Brar et al., (1992), αναφέρουν ότι σε θερμοκρασίες ανάμεσα στους 25°C και 10°C δεν υπάρχουν διαφορές στο τελικό ποσοστό των σπόρων που κατάφεραν να βλαστήσουν αλλά στον ρυθμό τους, ο οποίος μειωνόταν όσο μειωνόταν και η θερμοκρασία. Παρ' όλα αυτά, στα διαγράμματα που αφορούν τους 12°C και 10°C παρατηρούμε ότι οι σπόροι των συγκεκριμένων ποικιλιών Olympos, Arvika και Dodoni δεν άργησαν να ολοκληρώσουν την βλάστησή τους και συγκεκριμένα από την 4^η ή 5^η ημέρα ελέγχου τα ποσοστά βλαστικότητας ήταν αρκετά μεγάλα, περίπου 80-90%. Στους 8°C η βλάστηση ξεκίνησε την 4^η ημέρα και την 6^η ημέρα παρουσίαζε ήδη μεγάλα ποσοστά βλαστημένων σπόρων, κάτι που συνέβη εξίσου και στους 6°C, με μεγάλα ποσοστά βλαστικότητας να εμφανίζονται από την 8^η ημέρα. Στην χαμηλότερη θερμοκρασία που δοκιμάστηκαν, στους 4°C, η βλάστηση ξεκίνησε την 8^η ημέρα, πιο αργά συγκριτικά με τις προηγούμενες θερμοκρασίες, αλλά την 12^η ημέρα είχε βλαστήσει το 100% των σπόρων. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία, όπως ανέφεραν οι Mehmet et al (2004), σε ένα πείραμα όπου η χαμηλότερη μέση βλάστηση μιας ποικιλίας μπιζελιού στους 5°C ήταν 82%, ενώ σε μια άλλη ποικιλία που χρησιμοποίησαν ήταν μειωμένη σε ποσοστό 61,2% στην ίδια θερμοκρασία.

Το switchgrass είναι ένα φυτό το οποίο καταφέρνει να αναπτυχθεί, εν προκειμένω να επαναβλαστήσει (μαζί με σπόρους που βρίσκονται στο έδαφος από την προηγούμενη χρονιά) την άνοιξη όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές (Lewandowski et al, 2003). Στους 24°C, παρ' όλο που ο ρυθμός βλάστησης είναι αργός, την 15^η ημέρα ελέγχου το ποσοστό βλαστημένων σπόρων είναι $\geq 90\%$. Άλλωστε ιδανική θερμοκρασία για τους σπόρους του switchgrass θεωρείται η θερμοκρασία 25°C (Hanson and Johnson, 2005). Ομοίως, στους 20°C, ο σπόρος ξεκινά την βλάστησή του την 7^η ημέρα και φτάνει σε ποσοστό βλαστικότητας 90% την 15^η ημέρα. Όσο μειώνεται η θερμοκρασία, οι σπόροι Alamo δεν έχουν την ίδια ενέργεια, με την βλαστικότητα να μειώνεται και την 15^η ημέρα να καταγράφεται ποσοστό 88% στους 16°C και 76% στους 12°C. Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία δοκιμάστηκε ήταν οι 10°C, στην οποία δεν είχε την ικανότητα να

ολοκληρώσει την βλάστηση των σπόρων του εντός 15 ημερών καθώς την τελευταία ημέρα ελέγχου ο αριθμός των βλαστημένων σπόρων έφτασε μέχρι 56%.

5. Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, μπορούν να διεξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα για τη βλαστική ικανότητα των ποικιλιών των επιλεγμένων ειδών για την έρευνα.

Φαίνεται καθαρά ότι η θερμοκρασία των 24°C αποτελεί ευνοϊκό παράγοντα για όλους τους υπό εξέταση σπόρους, με την ποικιλία Elite του σόργου (θερμοαπαιτητικού φυτού) να βλαστάνουν από την πρώτη κιόλας ημέρα σε ποσοστό 93%. Η βλαστική ικανότητα του σπόρου της συγκεκριμένης ποικιλίας έφθανε να αγγίζει το μέγιστο από τις πρώτες κιόλας ημέρες σε όλες τις υπό μελέτη θερμοκρασίες. Φυσικά με τη μείωση της θερμοκρασίας (μέχρι τους 10°C), οι υπό δοκιμή ποικιλίες του σόργου δεν διατήρησαν όλες την ίδια βλαστική ικανότητα, αλλά ούτε και τον υψηλό ρυθμό βλάστησης και η ποικιλία εκείνη μετά την Elite που διατήρησε κάπως υψηλές τιμές, στις προαναφερθείσες παραμέτρους, ήταν η Buffalo-grain.

Στην περίπτωση της δοκιμής στους 24°C, μοναδική εξαίρεση με χαμηλή βλαστική ικανότητα βρέθηκε να αποτελεί μια ποικιλία του λούπινου και συγκεκριμένα η Dennis, για την οποία πρέπει να επισημανθεί ότι στους 12°C και 10°C κατάφερε να ξεπεράσει το 90% βλαστημένων σπόρων, ενώ ο ρυθμός βλάστησής της ήταν πολύ αργός με μείωση του με την πτώση της θερμοκρασίας. Η Dennis είναι μια τοπική ποικιλία και αν επιλεγθεί από κάποιον παραγωγό, αυτός θα πρέπει να λάβει υπόψιν του την χαμηλή βλαστική ικανότητα που τη χαρακτηρίζει καθώς και τους ρυθμούς βλάστησής της και προτείνεται να χρησιμοποιήσει περισσότερο σπόρο. Οι υπόλοιπες ποικιλίες του λούπινου, Zouliamis και Multitalia, κατέγραψαν $\geq 94\%$ βλαστημένους σπόρους σε όλο το εύρος θερμοκρασιών.

Όσον αφορά το μπιζέλι, βρέθηκε να έχει παρόμοια συμπεριφορά σε όλες τις θερμοκρασίες που δοκιμάστηκε, με ποσοστό βλαστημένων σπόρων $\geq 97\%$ την τελευταία ημέρα των μετρήσεων. Ο ρυθμός βλάστησης μειώθηκε ελάχιστα, κυρίως στους 6°C και 4°C, ενώ στις υψηλές και μέτριες θερμοκρασίες διαπιστώθηκε ότι οι ποικιλίες Olympos, Arvika και Dodoni είναι σπόροι που χαρακτηρίζονται από γρήγορη βλάστηση και μπορούν να αποτελούν ιδανική επιλογή για καλλιέργεια, ανεξαρτήτως εποχής και κλίματος.

Τέλος, το switchgrass, ένα εαρινό πολυετές σιτηρό, βρέθηκε να έχει πολύ αργό ρυθμό βλάστησης, και μάλιστα κατάφερε να σημειώσει υψηλά ποσοστά βλάστησης για το διάστημα των δύο εβδομάδων μόνο στις υψηλές θερμοκρασίες των 24°C, 20°C και 16°C. Όσο μειωνόταν η θερμοκρασία, μειωνόταν και ο ρυθμός που οι σπόροι κατάφερναν να βλαστήσουν, και την τελευταία ημέρα το ποσοστό τους ήταν 78% και 52% στους 12°C και

10°C αντίστοιχα. Συμπερασματικά, δεν θα ήταν σωστή επιλογή να καλλιεργηθεί με πρόωμη ανοιξιάτικη σπορά, αλλά παρά μόνο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 14°C, δηλαδή περί τα τέλη Μαΐου και έπειτα. Κρίνεται όμως σκόπιμο να αναφερθεί ότι από τα αποτελέσματα που σημειώθηκαν από την παρούσα διερεύνηση θα πρέπει να συνεχιστεί η έρευνα και στον αγρό όπου θα μετρηθεί η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων. Εκεί οι συνθήκες δεν είναι ελεγχόμενες και πιθανόν οι μεταβολές των υπόλοιπων παραγόντων να δώσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για την κατάλληλη επιλογή της ποικιλίας.

6. Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

- Celarier, R. P. 1959. Cytotaxonomy of the Andropogonca. III. Subtribe Sorghese, genus, Sorghum, Cytologia 23, pp. 395 - 418.
- Clayton W.D., Renvoize SA., 1986. Genera Graminum grasses of the world, Kew Bulletin Additional Series XIII, Royal Botanic, pp. 338-345.
- Cousin, R. 1997, Peas (*Pisum sativum* L.). Field Crops Research, pp. 111-130
- Dahlberg JA, 2000. Classification and character-ization of sorghum, Sorghum: origin, history, technology, and production. John Wiley & Sons Inc, New York, pp. 99-130.
- Davies D.R., Berry G.J., Heath M. C., and Dawkins T. C. K., 1985, Pea (*Pisum sativum* L.), pp. 147-198.
- Doorenbos, J., Karsam, A.H., Bentvelsen, C.L.M Branscheid, V., Plusje, J.M.G.A., Smith, M. Uittenbogaard, G.O. and Van Der Wal, H.K. 1986, Yield response to water. FAO Irrigatioll and Drainage, 33, pp. 193
- Downes R.W. (1972) Effect of temperature on the phenology and grain yield of *Sorghum bicolor*, Australian Journal of Agricultural Research, pp. 585-594.
- Duclos D.V., Altobello C.O., Taylor A.G., investigating seed dormancy in switchgrass (*Panicum virgatum* L.): Elucidating the effect of temperature regimnes and plant hormones on embryo dormancy, Industrial Crops and Products, 2014, pp.148-159.
- Duke J.A. 1981, Hand book of legumes of world economic importance, Plenum Press, New York, pp. 199-265.
- Dumoulin V., Ney B. and Eteve, 1994, Variability of seed and plant development in pea, Crop Science, pp. 992-998.
- Espinoza L, Kelley J, 2004, Grain Sorghum Production Handbook.
- Garber E. D. 1950. Cytotaxonomic studies in the genus Sorghum. University of California publications in botany, vol 23, pp. 283–361.
- Guiying L., Weibin G., Hicks A., Chapman K.R., 2004, A training manual for sweet sorghum.

- Guoju X., Qiang Z., Runyuan W., Yubi Y., Hong Z., Huzhi B., Xiong Y., 2009, Effects of Temperature Increase on Pea Production in a Semiarid Region of China.
- Hanson J.D., Johnson H.A., 2005, Seed Technology, vol.27, pp.203-210.
- Harlan J.R., De Wet J.M., 1972. A simplified classification of cultivated sorghum, Crop Science, pp. 72-176.
- Heath, M.C., Hebblethwaite. P.D, 1987. Seasonal radiation interception, dry mater production and yield determination for a semi - leafless pea (*Pisum sativum*) breeding selection under contrasting field conditions. Annals of Applied Biology pp.413-420.
- ICRISAT, 2015, Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Locoer J, Sinclair Th. R., 2001, Harvest index increase during seed growth of field pea, European Journal of Agronomy, pp.173-180.
- Lopez J., Devesa J. A., Ruiz T., Olivencia A.O., 1999, Seed Germination in Genisteae (Fabaceae) from South-West Spain, vol.39, pp.107-129.
- Mackay W.A., Davis T.D., Sankhla D., 2001, Influence of scarification and temperature on seed germination of *Lupinus arboreus*, Seed Science and Technology, vol.29, pp.543-548.
- Maxted N. et al, 2001, *Lupinus L.*, Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean, pp.191-206.
- Mehmet S., Bilgili U., Uzun A., Acikgoz E., 2004, Effect of low temperatures on the germination of different field pea genotypes, Seed Science and Technology, vol.32, pp.331-339.
- Muehlbauer F.J. and Abebe Tullu, 1997, *Pisum sativum* L. Purdue University, Center for New Crops & Plant Products, pp.1-7.
- Nguyen C.T., Singh V., Oosterom E., Chapman S.C., 2013, Genetic variability in high temperature effects on seed-set in sorghum, vol.40, pp.439.
- Pacific Seeds, 2008, Pacific Seeds grain sorghum agronomy guide.
- Purseglove, J.W. (1972) Sorghum. In: *Tropical Crops: Monocotyledons, Volume 1* Longman Scientific and Technical New York, pp. 259-287.
- Sander H. Van Delden, 2011, On seed physiology, biomechanics and plant phenology in *Eragrostis tef* PhD thesis, Wageningen University, City: Wageningen, The Netherlands, pp. 186.

- Singh V., Oosterom E.J.V., Jordan D.R., Hunt C.H. and Hammer G.L., 2001, Genetic variability and control of nodal root angle in sorghum, *Crop Science* 51, 2011 – 2020.
- Slinkard, A.E., G. Bascur and G. Hernandez-Bravo, 1994, Biotic and abiotic stresses of cool season food legumes in the western hemisphere, pp. 195-203.
- Spenceley, J., Butler, G., Nicholas, A., Simpfendorfer, S., Holland, J., Kniepp, J. et al., 2005, Grain Sorghum, NSW Department of Primary Industries.
- Tan T., Yu J., Shang F., 2011, Biorefinery Engineering, *Comprehensive Biotechnology*, vol 2, pp. 815-828.
- Umakanth A. V., Kumar A. A., Vermerris W., Tonapi V. A., 2019, Breeding Sorghum for Diverse End Uses, pp. 255-270.
- Vanderlip, R.L., 1993, How a sorghum plant develops, Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Foolad M.R., 2007, Heat tolerance in plants: An overview.
- Wiersema, J.H, and B. Leon. 1999. World economic plants: A standard reference CRC Press, pp.749.
- Witt Hmon K. P., Shehzad T., Okuno K., 2013, Variation in inflorescence architecture associated with yield components in a sorghum germplasm, *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, vol 1-8.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Δαλιάνης, Κ. (1983). Ανοιξιάτικα Σιτηρά. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη, σελ. 310-381.
- Καραμάνος, Α. (1999). Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων: Αραβόσιτος, σόργο, ρύζι, κεχρί. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Παπαζήση, σελ.198-247.
- Παπακώστα-Τασοπούλου Δ.,2008. Ειδική Γεωργία Ι – Τεύχος Α – Σιτηρά (Χειμερινά – Εαρινά). Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, σελ.415.

Web

- The Biology of Sorghum bicolor (L.) Moench subsp. bicolor (Sorghum), 2017, Australian Government, Department of Health, Office of the Gene Technology Regulator <http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content>
- Unites States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service <https://plants.usda.gov/java/Classification>