



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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

<<Αύξηση και ανάπτυξη του σκληρού σίτου (*Triticum durum*) υπό την επίδραση διαφορετικών επιπέδων μίγματος υπολειμμάτων αγριαγκινάρας και ζεόλιθου>>

<< Growth and development of *Triticum durum* under different mixture levels of *Cynaracardunculus* and zeolite>>

ΣΥΓΓΡΑΦΗ: ΣΟΥΛΤΑΝΑ ΚΥΡΙΤΣΗ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ Ν.

ΒΟΛΟΣ 2020

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δαναλάτος Νικόλαος , Καθηγητής, Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων

Αντωνιάδης Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Εφαρμοσμένη Εδαφολογία, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος

Σκουφογιάννη Ελπινίκη, Γεωπόνος, Διδάκτορας Γεωργίας, Μέλος Διδακτικού προσωπικού, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Και πρώτα απ' όλα στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δαναλάτο Νικόλαο για την δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία. Την καθηγήτριά μου κα Σκουφογιάννη Ελπινίκη για τη συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη, τις ουσιώδεις συμβουλές, καθώς και την αδιάκοπη συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλο αυτό το διάστημα αλλά επίσης και για την παραχώρηση χώρου και εξοπλισμού του εργαστηρίου Γεωργίας για την υλοποίηση του εργαστηριακού μέρους του πειράματός μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το εργαστήριο Εδαφολογίας και συγκεκριμένα τον Επίκουρο καθηγητή κ. Αντωνιάδη Βασίλειο και την καθηγήτρια Γκόλια Ευαγγελία για την πολύτιμη βοήθειά τους στο πειραματικό μέρος της εργασίας μου και τις χρήσιμες συμβουλές τους. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθώ στον συνάδελφό μου Λακιώτη Κοσμά για την αμέριστη βοήθειά του.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και όλους εκείνους που ήταν δίπλα μου σε όλη αυτή την προσπάθεια παρέχοντας απεριόριστη κατανόηση και ψυχολογική υποστήριξη.

ABSTRACT

The high nutritional value of grains covers the biggest part of the human diet. That is the main reason why they have worldwide economic importance. In Greece, the cultivation of grain and especially of durum wheat covers the biggest percentage of its crops. That's why it is so important and many studies are conducted for the improvement of its cultivation.

On the current project, the effect of different leveled mixtures of residues of cardoon and zeolite in the increase in growth and development of durum wheat (*Triticum durum*) was studied. The cultivation of durum wheat was done in pots. All in all, 5 substrates were created (treatments) for the culture of the plants and every treatment had a different substrate. The first treatment had as a substrate a mixture of soil, zeolite, cardoon pulp in percentages of 50 – 25 – 25 %. The second had soil, cardoon pulp and zeolite in percentages of 50 – 40 – 10 %. The third had the biggest percentage of soil at 70 % and of zeolite and cardoon pulp at 15 % each. The fourth one had a mixture of soil, cardoon pulp, and zeolite at 70 – 25 – 5 % respectively and the last treatment which also constituted the witness of the experiment had only soil as a substrate. The pH, the electrical conductivity (EC), phosphorus Olsen, the organic substance in the substrates and the cardoon pulp were measured in a laboratory. Also, observations were taken from the plants which concerned the increase and growth of said plants in characteristics such as their height, the number of siblings, etc.

From the results, it can be seen that the usage of cardoon pulp which is rich in organic matter and of zeolite brought about positive results regarding the growth and development of the durum wheat plants only in the 3rd and 4th treatment. This of course happened because they were applied in the right proportion. Otherwise, we would have observed cementation of the substrate. What is more, there was a rise in soil fertility, the plants nutrient uptakes and their overall growth. However, they should be applied in appropriate proportions so as not to change the soil structure resulting in the creation of a very compact substrate as it happened in the 1st and 2nd treatment.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υψηλή θρεπτική αξία των σιτηρών καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της διατροφής του ανθρώπου. Αυτός είναι ο κυριότερος λόγος που έχουν παγκόσμια οικονομική σημασία. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια σιτηρών και ιδιαίτερα του σκληρού σίτου καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό, γι' αυτό και είναι σημαντική και γίνονται μελέτες για την βελτίωση της καλλιέργειάς του.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών επιπέδων μίγματος υπολειμμάτων αγριαγκινάρας και ζεόλιθου στην αύξηση και ανάπτυξη του σκληρού σίτου (*Triticum durum*). Η καλλιέργεια του σκληρού σίτου έγινε σε γλάστρες. Συνολικά, δημιουργήθηκαν πέντε υποστρώματα (μεταχειρίσεις) για την καλλιέργεια των φυτών και κάθε μεταχείριση είχε διαφορετικό υπόστρωμα. Η πρώτη μεταχείριση είχε ως υπόστρωμα μίγμα εδάφους, ζεόλιθο και πούλπα αγριαγκινάρας σε ποσοστά 50 – 25 – 25 %. Η δεύτερη είχε έδαφος, πούλπα αγριαγκινάρας και ζεόλιθο σε ποσοστά 50 – 40 – 10 %. Η τρίτη είχε μεγαλύτερο ποσοστό σε έδαφος (70%) και μίγμα ζεόλιθου και πούλπα αγριαγκινάρας σε ποσοστό 15% το καθένα. Η τέταρτη είχε μίγμα εδάφους, πούλπα αγριαγκινάρας και ζεόλιθο σε ποσοστά 70 – 25 – 5 % αντίστοιχα, και η τελευταία μεταχείριση η οποία αποτέλεσε και τον μάρτυρα του πειράματος είχε ως υπόστρωμα μόνο έδαφος. Εργαστηριακά μετρήθηκαν το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), ο φώσφορος κατά Olsen και η οργανική ουσία στα υποστρώματα και στην πούλπα αγριαγκινάρας. Επιπλέον, λήφθηκαν παρατηρήσεις από τα φυτά, οι οποίες αφορούσαν την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών σε χαρακτηριστικά όπως το ύψος φυτών, ο αριθμός αδελφιών κ.α.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι, η εφαρμογή πούλπας αγριαγκινάρας η οποία είναι πλούσια σε οργανική ουσία και ο ζεόλιθος επέδρασαν θετικά στον ρυθμό αύξησης και ανάπτυξης των φυτών σκληρού σίτου μόνο στην 3^η και 4^η μεταχείριση. Αύξησαν τη γονιμότητα του εδάφους, τη δέσμευση θρεπτικών από τα φυτά και συνολικά την ανάπτυξή τους. Όμως, θα πρέπει να εφαρμόζονται σε κατάλληλες αναλογίες για να μην αλλάζουν την δομή του εδάφους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πολύ συμπαγούς υποστρώματος όπως συνέβη με την 1^η και 2^η μεταχείριση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Σιτηρά.....	8
1.1.1 Σπουδαιότητα της καλλιέργειας των σιτηρών.....	8
1.1.2 Σημασία της καλλιέργειας των σιτηρών στον κόσμο και στην Ελλάδα	8
1.1.3 Προοπτικές για το μέλλον	10
1.2 Σκληρό σιτάρι	11
1.2.1 Ταξινόμηση.....	11
1.2.2 Ποικιλίες.....	12
1.2.3 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά.....	14
1.2.4 Στάδια και φάσεις ανάπτυξης.....	18
1.2.5 Οικολογικές απαιτήσεις.....	23
1.2.6 Περιβάλλον και ποιότητα σιταριού	24
1.2.7 Σπορά.....	24
1.2.8 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού & σύσταση των κόκκων	25
1.3 Λίπανση.....	25
1.3.1. Σημασία της λίπανσης στη γεωργία	25
1.3.2. Λιπαντικές ανάγκες σιτηρών	28
1.3.3 Επίδραση της στο έδαφος στην απόδοση και την ποιότητα.....	29
1.4 pH & Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).....	29
1.5 Εδαφοβελτιωτικά	30
1.5.1 Η σημασία του ζεόλιθου στη γεωργία.....	30
1.5.2 Αγριαγκινάρα: Ιδιότητες και οι χρήσεις της στη γεωργία.....	32
1.6 Σκοπός της εργασίας	33
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	34
2.1. Τοποθεσία του πειράματος.....	34
2.2. Πειραματικό σχέδιο.....	34
2.3. Πειραματική διαδικασία.....	35
2.3.1. Τα υλικά του πειράματος.....	37
2.3.2 Μετρήσεις.....	38
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ	42
3.1 Εργαστηριακές μετρήσεις	42
3.1.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα και pH.....	42
3.1.2 Οργανική ουσία	44

3.1.3 Αποτελέσματα μέτρησης φωσφόρου.....	46
3.2 Παρατηρήσεις στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.....	49
3.3 Στατιστική ανάλυση.....	55
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	62

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σιτηρά

1.1.1 Σπουδαιότητα της καλλιέργειας των σιτηρών

Τα σιτηρά έχουν παγκόσμια οικονομική σημασία, καλλιεργούνται σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου και αποτελούν κύρια πηγή διατροφής για το 50% του πληθυσμού. Είναι υψηλής θρεπτικής και ενεργειακής αξίας, πλούσια σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. Χρησιμοποιούνται στην εκτροφή των ζώων, στη βιομηχανία, ως πηγή ενέργειας (βιοαιθανόλη) και στην κοσμετολογία. Ορισμένα χαρακτηριστικά βοήθησαν στην κυρίαρχη θέση των σιτηρών και την εξάπλωση της καλλιέργειας τους σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτά είναι οι μεγάλες αποδόσεις σε συνθήκες πλήρους εκμηχάνισης και υψηλών εισροών, η προσαρμοστικότητα σε διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος και η υψηλή θρεπτική τους αξία (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).

Από βοτανικής άποψης ανήκουν στην οικογένεια των αγρωστωδών (*Gramineae*) και ανάλογα με την εποχή σποράς στη χώρα μας, διακρίνονται σε χειμερινά και εαρινά. Χειμερινά σιτηρά είναι το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη και η σίκαλη και σπέρνονται το φθινόπωρο ή αρχές του χειμώνα. Ενώ εαρινά είναι το καλαμπόκι, το ρύζι, το σόργο και το κεχρί και σπέρνονται την άνοιξη (Τσαμπάζη κ.ά., 2010). Τα χειμερινά σιτηρά καλλιεργούνται, κατά κύριο λόγο, σε ημιορεινές πλαγιές και ημιγόνιμες πεδινές συνήθως μη αρδευόμενες λόγω της μεγάλης προσαρμοστικότητας που εμφανίζουν. Σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2018), από τα χειμερινά σιτηρά τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα στην Ελλάδα παρουσιάζει το σιτάρι, ενώ από τα εαρινά ο αραβόσιτος.

1.1.2 Σημασία της καλλιέργειας των σιτηρών στον κόσμο και στην Ελλάδα

Η καλλιέργεια των σιτηρών και ιδιαίτερα του σιταριού έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της γεωργίας και στην εξέλιξη του πολιτισμού. Από αρχαιολογικά ευρήματα προκύπτει ότι είναι από τα πρώτα φυτά που καλλιεργήθηκαν από τον άνθρωπο. Σύμφωνα με τον Bozzini (1998), η καταγωγή του φαίνεται να είναι από άγρια είδη αγρωστωδών φυτών που υπήρχαν στην Μέση Ανατολή. Από αναφορές του Ομήρου και ευρήματα απανθρακωμένων σπόρων σε νεολιθικούς οικισμούς στην περιοχή του Βόλου, αποδεικνύεται ότι στην Ελλάδα καλλιεργείται από την Αρχαιότητα.

Από το 1950 μέχρι το 1990 παρατηρείται ραγδαία αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής σιτηρών. Μετά το 1990 η παραγωγή έχει σταθεροποιηθεί γύρω στους 2,6 δισεκατομμύρια τόνους. Σύμφωνα με τον Curtis (2002) οι ανεπτυγμένες χώρες είχαν την κυριαρχία στην παραγωγή σιτηρών, τα τελευταία χρόνια όμως οι αναπτυσσόμενες χώρες τείνουν να αντιστρέψουν το φαινόμενο αυτό. Οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό εκτάσεων σιτηρών είναι η Κίνα, οι Η.Π.Α., η Ρωσία και η Ινδία. Στον παρακάτω Πίνακα φαίνεται η εξέλιξη της παραγωγής των σιτηρών από το 2009 ως το 2016 σε παγκόσμιο επίπεδο(FAOSTAT, 2018).

Πίνακας 1.1: Εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής σιτηρών για τα έτη 2009-2016.

Έτος	Έκταση (εκτάρια)	Απόδοση (τόνοι/εκτάρια)	Παραγωγή (τόνοι)
2009	700.195.768	35.594	2.492.284.837
2010	693.740.399	35.554	2.466.501.240
2011	706.179.279	36.650	2.588.114.778
2012	706.179.279	36.253	2.562.046.409
2013	722.317.347	38.321	2.768.023.350
2014	722.867.266	39.063	2.823.732.885
2015	712.565.699	39.232	2.795.547.146
2016	718.130.478	39.668	2.848.661.914

Πηγή: FAOSTAT 2018 (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database).

Στην Ελλάδα από το 1940 μέχρι το 1970 οι εκτάσεις όπου καλλιεργούνταν σιτηρά ήταν σχετικά σταθερές και κυμαίνονταν στα 15εκατομμύρια στρέμματα. Το 2010 μειώθηκαν σε 9.8 εκατομμύρια στρέμματα, όμως αυξήθηκε η παραγωγή χάρη στις βελτιωμένες ποικιλίες που άρχισαν να χρησιμοποιούνται (Παπακώστα – Τασοπούλου,2012). Κατά το καλλιεργητικό έτος 2015-2016 έφτασαν συνολικά τα 9.4 εκατομμύρια στρέμματα και σε απόδοση τους 2.831.130 τόνους (Πίνακας 1.2).Με τα χειμερινά σιτηρά να καταλαμβάνουν τις μεγαλύτερες εκτάσεις, κυρίως γιατί μπορούν να αποδώσουν και σε αγροτεμάχια τα οποία δεν είναι ποτιστικά (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012). Οι εκτάσεις με σκληρό σιτάρι καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό, ακολουθούν με μεγάλη διαφορά το μαλακό σιτάρι, το κριθάρι και ο

αραβόσιτος, ενώ όλα τα υπόλοιπα σιτηρά είναι σε πολύ μικρό ποσοστό. Από την παραγωγή σκληρού σιταριού μεγάλες ποσότητες εξαγονται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είτε ως σπόροι είτε ως αλεύρι για την παραγωγή ζυμαρικών.

Πίνακας1.2: Εκτάσεις, αποδόσεις και παραγωγή σιτηρών στην Ελλάδα 2015-2016.

Σιτηρά	Έκταση (εκτάρια)	Απόδοση (τόνοι/ εκτάρια)	Παραγωγή (τόνοι)
Μαλακό σιτάρι	154.843	2.28	352.975
Κριθάρι	154.112	2.30	353.886
Σκληρό σιτάρι	332.252	2.36	785.657
Σίκαλη	15.715	1.46	22.974
Βρώμη	96.013	0.87	83.058
Αραβόσιτος	152.047	10.14	1.542.304
Σόργο	8.861	3.59	10.274
Τριτικάλε	18.888	1.69	31.989
Λοιπά	234	2.73	636

Πηγή : Υπ.Α.Α.Τ (2018). Στατιστικά στοιχεία για τα δημητριακά, Φυτική παραγωγή, Σιτηρά.

1.1.3 Προοπτικές για το μέλλον

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες ενότητες η καλλιέργεια των σιτηρών έχει παγκόσμια οικονομική σημασία. Η υψηλή θρεπτική τους αξία καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της διατροφής του ανθρώπου. Καθώς ο πληθυσμός της γης παρουσιάζει αυξητική τάση οι ποσότητες που θα απαιτούνται για την σίτισή του θα είναι μεγαλύτερες. Σύμφωνα με μελέτη του ο Rajaram (2001), συμπέρανε ότι το 2020 θα χρειαστεί η παγκόσμια παραγωγή των σιτηρών να αυξηθεί κατά 40% συγκριτικά με αυτή του 2000 για να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες. Με αυτούς τους ρυθμούς το 2030 θα πρέπει να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η παραγωγή. Για να είναι εφικτό κάτι τέτοιο απαιτείται κάθε στρέμμα καλλιεργούμενης έκτασης σιτηρών να αποδίδει περισσότερο. Μεγαλύτερες αποδόσεις ανά στρέμμα θα προέλθουν από τη γενετική βελτίωση των ποικιλιών, τη δημιουργία υβριδίων από διασταυρώσεις και την ολοκληρωμένη και ορθότερη διαχείριση της καλλιέργειας (Pingali and Rajaram, 1998).

Στην Ελλάδα θα πρέπει να αξιοποιηθούν και να βελτιωθούν τεχνικές καλλιέργειας σιτηρών έτσι ώστε να αυξηθεί η απόδοσή τους. Η προώθηση ποικιλιών με υψηλές αποδόσεις και πολύ καλά χαρακτηριστικά σπόρου θα αυξήσουν την ανταγωνιστικότητα τόσο σε εγχώριο όσο και σε επίπεδο εξαγωγών (ΥπΑΑΤ, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2007). Επιπλέον, η ορθολογικότερη χρήση των εισροών και η ολοκληρωμένη διαχείριση του εδάφους και της καλλιέργειας θα μειώσει το κόστος της παραγωγής. Με τη μείωση του κόστους μπορεί να γίνει αγορά εξοπλισμού και να δημιουργηθούν μικρές ομάδες παραγωγών οι οποίες θα μεταποιούν το αρχικό προϊόν που θα παράγουν. Έτσι θα μειωθούν οι ποσότητες που εισάγονται, τα σιτηρά θα ανταγωνίζονται σε ποιότητα και αποδόσεις αυτά των άλλων χωρών και θα αυξηθούν οι ποσότητες που εξάγονται.

1.2 Σκληρό σιτάρι

1.2.1 Ταξινόμηση

Το σκληρό σιτάρι είναι το μόνο τετραπλοειδές είδος σίτου με μεγάλη εμπορική σημασία (Εικόνα 1.1).

Διπλοειδή ($2n=2x=14$)
<i>T. monococcum</i> L.
<i>T. speltoides</i> Gren ex Richter
<i>T. tauschii</i> (Coss). Small
Τετραπλοειδή ($2n=4x=28$)
<i>T. turgidum</i> L. var <i>dicoccoides</i>
<i>T. durum</i>
<i>T. polonicum</i>
<i>T. dicoccum</i>
<i>T. timopheevi</i>
Εξαπλοειδή ($2n=6x=42$)
<i>T. aestivum</i> L. em. Thell
<i>T. vulgare</i>
<i>T. spelta</i>

Εικόνα 1.1: Ταξινόμηση των ειδών του σίτου σύμφωνα με το γονιδίωμα (Morris&Sears, 1967).

Η συστηματική ταξινόμηση του είναι η εξής :

Άθροισμα: Spermatophyta, Υποάθροισμα: Magnoliophytina, Κλάση: Liliatae
(Monocotyledoneae, Monocotyledones), Υποκλάση: Liliidae, Τάξη: Poales,
Οικογένεια: Poaceae (ή *Gramineae*), Γένος: *Triticum*, Είδος: *Triticum turgidum* L.
subsp. *Durum* (Desf.) Husn., Κοινό όνομα: Σκληρό σιτάρι.

1.2.2 Ποικιλίες

Οι κυριότερες ποικιλίες σκληρού σίτου που καλλιεργούνται στην Ελλάδα αναφέρονται παρακάτω:

Mexa: Είναι ποικιλία με κοντό στέλεχος. Ο στάχυς και τα άγανα έχουν λευκό χρώμα και ο κόκκος είναι ανοιχτό κεχριμπαρένιο. Είναι πολύ πρώιμη ποικιλία, με μέτριο αδέρφωμα και μεγάλη προσαρμοστικότητα. Η ποικιλία αυτή είναι ανθεκτική στο πλάγιασμα και στη σκωρίαση του στελέχους (Παππάς, 1999).

Simeto: Είναι Ιταλική ποικιλία σκληρού σιταριού με μεγάλη ζήτηση καθώς κατέχει το 35% της Ιταλικής και Ισπανικής αγοράς. Έχει μέτριο ανάστημα, περίπου 80-85 cm, ο στάχυς είναι επιμήκης μεγάλος με πολλά μαύρα άγανα και ο σπόρος επιμήκης μεγάλος με κεχριμπαρένιο χρώμα. Είναι πρώιμη ποικιλία με μέτριο αδέρφωμα. Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή και σταθερή παραγωγικότητα και πολύ καλή προσαρμογή στις Ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Τα φυτά της ποικιλίας αυτής δεν πλαγιαίνουν, έχουν αντοχή στο ψύχος και την ξηρασία (Παππάς, 1999).

Μεξικάλι 81: Δεν πλαγιαίνει, έχει μέτριο ύψος και ο στάχυς είναι λευκός με σπόρο μεγάλου μεγέθους. Είναι πολύ πρώιμη με αποτέλεσμα να αποφεύγει τις δυσμενείς επιδράσεις των ξηροθερμικών ανέμων κατά το μήνα Μάιο. Είναι πολύ παραγωγική, κατάλληλη για γόνιμα και με υψηλή υγρασία εδάφη. Έχει όμως μέτρια αντοχή στους παγετούς. Είναι ανθεκτική στο ωίδιο και έχει καλή αντοχή στις σκωριάσεις, με εξαίρεση την καστανή σκωρίαση. Τέλος, είναι σχετικά ευπαθής στη σεπτόρια και συνίσταται να μην καλλιεργείται σε περιοχές με υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία την περίοδο της άνοιξης (Παππάς, 1999).

Άθως: Είναι ποικιλία με μέσο ύψος και μέτρια αντοχή στο πλάγιασμα. Ο στάχυς είναι λευκός με πολλά μαύρα άγανα και ο σπόρος είναι μέτριου μεγέθους. Είναι μερικές μέρες πιο όψιμη στο ξεστάχνασμα από τη Μεξικάλι 81. Είναι παραγωγική, κατάλληλη κυρίως για ημιγόνιμα χωράφια και έχει καλή αντοχή στο

ψύχος. Έχει μέτρια αντοχή στις σκωριάσεις και είναι ευπαθής στο ωίδιο, κυρίως σε περιοχές με υψηλή εδαφική και ατμοσφαιρική υγρασία την περίοδο της άνοιξης (Παππάς, 1999).

Σελάς: Είναι ποικιλία με μέσο ύψος και δεν πλαγιάζει. Ο στάχυς είναι λευκός και ο σπόρος είναι μεγάλου μεγέθους. Είναι πρώιμη ποικιλία με υψηλή παραγωγικότητα και είναι κατάλληλη για γόνιμα και με υψηλή υγρασία εδάφη. Τέλος, έχει ανθεκτικότητα στο ωίδιο και μέτρια αντοχή στις σκωριάσεις και στους παγετούς(Παππάς, 1999).

Cosmodur: Είναι πολύ πρώιμη Γαλλική ποικιλία με χαμηλό ύψος, υψηλό δυναμικό παραγωγής και άριστη προσαρμογή στις Ελληνικές συνθήκες. Ο στάχυς είναι εξαιρετικά γόνιμος και παρουσιάζει πολύ γρήγορο ξεστάχυσμα και γέμισμα του σπόρου. Έχει εξαιρετικά υψηλό ποσοστό υαλωδών κόκκων, πολύ χαμηλό ποσοστό μαύρων στιγμάτων και αυξημένη περιεκτικότητα κίτρινων χρωστικών. Επίσης, είναι ανθεκτική στο γυμνό άνθρακα και την μαύρη σκωρίαση και έχει ικανοποιητική αντοχή στο ψύχος (Παππάς, 1999).

Messapia: Είναι Ιταλική ποικιλία με μέσο ύψους, δεν πλαγιάζει, προσαρμόζεται και αποδίδει άριστα ακόμα και κάτω από αντίξοες συνθήκες. Ο στάχυς είναι ατρακτοειδής με πάρα πολλά σταχύδια και χαρακτηρίζεται από εξαιρετική πρωιμότητα ξεσταχύσματος και ωρίμανσης. Τέλος, είναι ανθεκτική στο φουζάριο και στο ωίδιο και πολύ παραγωγική με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη(Παππάς, 1999).

Jabato: Είναι μεσο πρώιμη ποικιλία, με κοντό στέλεχος. Ο στάχυς έχει χρώμα ξανθό, με άγανα κοντά ως μέτρια και ο κόκκος έχει χρώμα ανοιχτό κόκκινο. Εμφανίζει μέτριο αδελφωμα και έχει εξαιρετικά μεγάλη παραγωγή. Είναι ανθεκτική στη σκωρίαση του στελέχους, στο ωίδιο και τη σεπτόρια (Παππάς, 1999).

Καλλιθέα: Είναι ποικιλία με μέσο ύψος και μέτρια αντοχή στο πλάγιασμα. Είναι κατάλληλη κυρίως για ημιγόνιμα χωράφια και έτσι αποφεύγεται το πλάγιασμα. Ο στάχυς είναι λευκός και ο σπόρος έχει μέτριο μέγεθος. Παρουσιάζει μέτρια αντοχή στις σκωριάσεις, ενώ είναι ευπαθής στο ωίδιο, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή εδαφική και ατμοσφαιρική υγρασία στην περίοδο της άνοιξης. Όσον αφορά στην πρωιμότητα είναι ίδια με της Άθως και έχει παρόμοια αντοχή στο ψύχος (Παππάς, 1999).

Ιόνιο: Είναι πολύ πρώιμη Ιταλική ποικιλία με μέσο ύψος και έχει στάχυ μεγάλο με μεγάλους σπόρους. Παρουσιάζει έντονο αδελφωμα και αντοχή στο πλάγιασμα. Είναι ευρείας προσαρμοστικότητας με πολύ υψηλές αποδόσεις. Γενικά, πρόκειται για μια ποικιλία με άριστα ποιοτικά χαρακτηριστικά και ως εκ τούτου προτιμάται από τις βιομηχανίες ζυμαρικών (Παππάς, 1999).

1.2.3 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Το ριζικό σύστημα των σιτηρών είναι θυσσανώδες και χωρίζεται στις εμβρυακές και στις μόνιμες ή δευτερογενείς ρίζες. Στο στάδιο του φυτρώματος βγαίνουν οι εμβρυακές ρίζες από τον σπόρο, ενώ οι μόνιμες σχηματίζονται από τους πρώτους κόμβους στο σημείο που ονομάζεται σταυρός και αποτελούν τον κύριο όγκο του ριζικού συστήματος. Το τμήμα μεταξύ του σπόρου και του σταυρού ονομάζεται μεσοκοτύλιο και το μήκος του ποικίλλει από 1 ως 10 cm, αναλόγως το βάθος σποράς (Stoskopf, 1985). Οι εμβρυακές ρίζες αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού ριζικού συστήματος και ο συνολικός αριθμός τους, ανάλογα με το είδος του σιτηρού, κυμαίνεται από 3 έως 8. Μορφολογικά είναι λεπτές, με ομοιόμορφη διάμετρο και άφθονες πλευρικές διακλαδώσεις. Παραμένουν ενεργές καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών και συνεισφέρουν σε πολύ μεγάλο ποσοστό στην απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης. Οι μόνιμες ρίζες είναι σε αριθμό πολύ περισσότερες από τις εμβρυακές, έχουν μεγαλύτερη διάμετρο και είναι πιο ισχυρές. Αρχικά αναπτύσσονται σχεδόν οριζόντια, ενώ στη συνέχεια κατακόρυφα. Οι περισσότερες φθάνουν σε βάθος 30 έως 50 cm, μπορούν όμως να διεισδύσουν μέχρι και 2 m. Το βάθος όπου θα φτάσει το ριζικό σύστημα και το πόσο θα επεκταθεί εξαρτάται από παράγοντες του εδάφους όπως η δομή, η γονιμότητα, η θερμοκρασία και η υγρασία του. Καθώς και από την πυκνότητα των φυτών, την ύπαρξη ζιζανίων και την ποικιλία του σίτου. Επίσης, το ριζικό σύστημα σε ποικιλίες που είναι ανθεκτικές στην ξηρασία είναι πιο πλούσιο συγκριτικά με τις ευπαθείς (Hamblinet al., 1990).



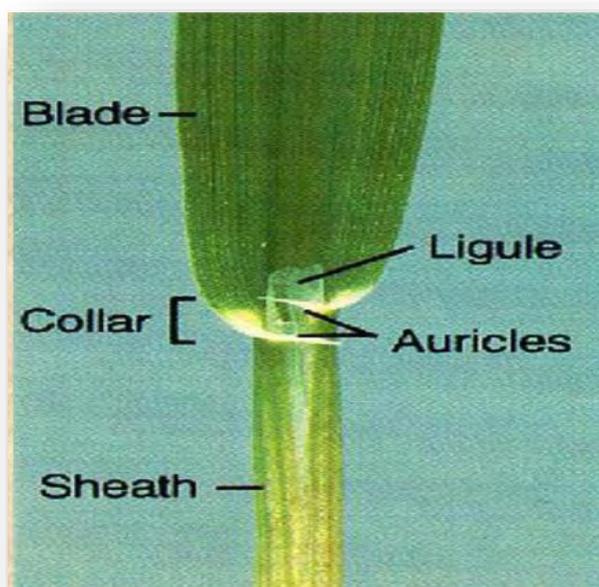
Εικόνα 1.2: Ριζικό σύστημα σιτηρών. Ανακτήθηκε στις 02/03/20 από https://www.google.com/search?0i7i30j0i24.iZYOPMpgk6Y&ei=7tlXqPGKoO4aKqTg5gJ&bih=657&biw=1366#imgrc=NEJ_rrebS0S2MM

Ο βλαστός ή στελέχος είναι ένας κυκλικός σωλήνας, κενός στο εσωτερικό του και διαστήματα με συμπαγή κατασκευή στην επιφάνεια του, τα οποία ονομάζονται γόνατα ή κόμβοι. Τα γόνατα βοηθούν τα φυτά να διατηρούν την όρθια θέση και να μην πλαγιάζουν. Το ύψος του στελέχους κυμαίνεται μεταξύ 0,60 και 1,50 m, ανάλογα με τα είδος και την ποικιλία των σιτηρών (Σφήκας, 1995). Μεταξύ των ριζών και του στελέχους υπάρχει η στεφάνη ή σταυρός, η οποία αποτελείται από μεριστωματικούς ιστούς από τους οποίους εκφύονται ρίζες και φύλλα. Το συγκεκριμένο τμήμα είναι αυτό που απαιτεί την μεγαλύτερη προσοχή, διότι αν για οποιοδήποτε λόγο ζημιωθεί, καταστρέφονται οι ιστοί και το φυτό ξεραίνεται (Μετζάκης, 1998). Από τις καταβολές των οφθαλμών που βρίσκονται στους κόμβους του βλαστού, ακριβώς κάτω από το έδαφος, εκφύονται νέα στελέχη τα οποία ονομάζονται αδέρφια. Επίσης από οφθαλμούς των αδελφωμάτων μπορούν να σχηματισθούν δευτερογενή αδέρφια και ούτω καθ' εξής. Υπό ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες και σε επάρκεια χώρου, από ένα σπόρο μπορούν να δημιουργηθούν μέχρι και 150 αδέρφια (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).

Τα φύλλα αποτελούνται από τον κολεό και το έλασμα. Ο κολεός (μπορεί να έχει τρίχες ή όχι) είναι το κατώτερο τμήμα του φύλλου που περιβάλλει το βλαστό. Στην βάση του κολεού, στο σημείο όπου ενώνεται με τον αντίστοιχο κόμβο, σχηματίζεται ένας μασχαλιαίος οφθαλμός. Όταν βρεθεί κοντά στην επιφάνεια του εδάφους από τον μασχαλιαίο οφθαλμό μπορεί να αναπτυχθεί καινούριος βλαστός (αδέρφι). Το έλασμα του φύλλου είναι επίμηκες και στενό. Οι κύριες νευρώσεις του

είναι παράλληλες, δεν διακλαδίζονται και συνδέονται σταυρωτά μεταξύ τους με άλλα μικρότερα νεύρα. Και στις δύο επιφάνειες του ελάσματος υπάρχει ένα προστατευτικό στρώμα κυττάρων, η επιδερμίδα. Στο εσωτερικό του ελάσματος υπάρχει άφθονο σπογγώδες μεσόφυλλο. Επίσης, στις δύο πλευρές των φύλλων, με περισσότερη έμφαση στην πάνω επιφάνεια βρίσκονται τα στόματα, τα οποία είναι διατεταγμένα σε παράλληλη σειρά. Ο χρωματισμός του ελάσματος επηρεάζεται από την ποικιλία, τη θερμοκρασία και την εδαφική υγρασία. Επιπροσθέτως, η ένταση του πράσινου χρώματος στο έλασμα είναι ένα χαρακτηριστικό που συνδέεται με την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων, κυρίως του αζώτου, στο έδαφος (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012). Στο σημείο όπου ενώνεται το έλασμα του φύλλου με τον κολεό υπάρχουν, το γλωσσίδιο και τα ωτίδια. Το σιτάρι έχει μέτριου μεγέθους ωτίδια και γλωσσίδιο. Το γλωσσίδιο είναι μία μεμβρανώδης σχεδόν διαφανής εκβλάστηση με όρθια έκφυση. Ενώ, τα ωτίδια είναι μεμβρανώδεις προεκτάσεις του ελάσματος, τα οποία περιβάλλουν το στέλεχος. Ο χρωματισμός τους ποικίλλει από πράσινο μέχρι ερυθρό και σε ορισμένες περιπτώσεις όταν το φυτό ωριμάζει, παίρνουν χρώμα λευκό(Παπακώστα-Τασοπούλου,2012).

Τα φύλλα είναι διατεταγμένα σε δύο σειρές η μία απέναντι από την άλλη (φυλλοταξία δίστοιχη) και ο αριθμός τους συνήθως είναι 5-10. Το τελευταίο φύλλο είναι και το μικρότερο και λέγεται φύλλο σημαία. Ο ρόλος του είναι πολύ σημαντικός, καθώς εφοδιάζει τον κόκκο με προϊόντα φωτοσύνθεσης (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 1.3: Μορφολογία φύλου σίτου. Ανακτήθηκε στις 03/03/20 από <https://slideplayer.gr/slide/11870635/66/images/34.jpg>

Η ταξιανθία του σίτου, είναι σύνθετος στάχυς και αποτελείται από έναν κύριο αρθρωτό άξονα, τη ράχη. Τα άνθη είναι τοποθετημένα εναλλάξ πάνω στην ράχη σε ένα μικρό μη διακλαδιζόμενο άξονα, το ραχίδιο. Το μήκος του στάχυ κυμαίνεται από 5 ως 15 cm (Δαναλάτος, 2005). Κάθε σταχύδιο περιβάλλεται από δυο βράκτια φύλλα, τα οποία ονομάζονται εξωτερικά λέπυρα. Ενώ, τα δύο βράκτια φύλλα που περιβάλλουν κάθε άνθος λέγονται εσωτερικά. Στην άκρη από τα εξωτερικά λέπυρα σχηματίζεται μια μύτη, η ονομαζόμενη ακίδα. Το εσωτερικό λέπυρο που αντιστοιχεί στη ράχη του κόκκου λέγεται χιτώνας και αυτό που είναι στην κοιλιά του κόκκου, λεπίδα. Ο χιτώνας μπορεί να προεκτείνεται και να σχηματίζεται το άγανο (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 1.4: Ταξιανθία στάχυς του σίτου. Ανακτήθηκε στις 04/03/20 από <http://jaiswallab.cgrb.oregonstate.edu/genomics/wheat>.

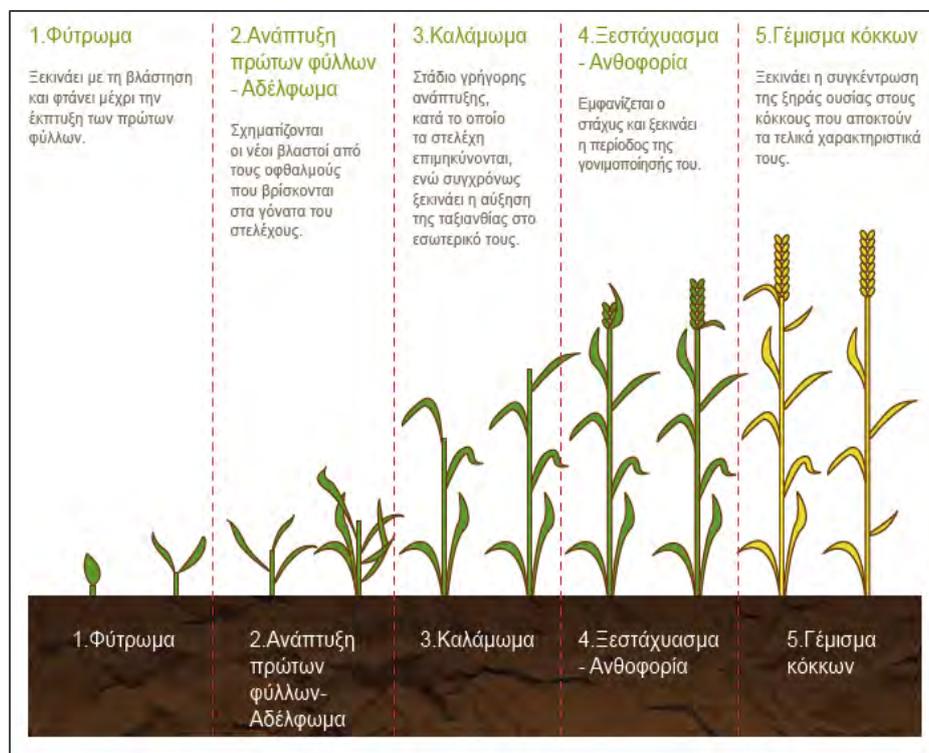
Υπάρχουν ποικιλίες αγανοφόρες, μη αγανοφόρες και ενδιάμεσες. Οι ποικιλίες που φέρουν άγανα απαντώνται κυρίως στα ξηρότερα και θερμότερα κλίματα, ενώ οι μη αγανοφόρες αναπτύσσονται σε εύκρατα κλίματα. Μέσα στα εσωτερικά λέπυρα από κάθε άνθος, περικλείονται ο ύπερος και δύο γλωχίνες (μικρά λεπιοειδή κατάσκευάσματα). Ο ύπερος αποτελείται από μια μονόχωρη ωοθήκη και δύο στύλους (ενωμένους) με πτεροειδές στίγμα. Οι ανθήρες στηρίζονται σε λεπτά νήματα, τα οποία επιμηκύνονται πολύ γρήγορα την άνοιξη. Η αναπαραγωγή στο σιτάρι γίνεται με αυτογονιμοποίηση και παρατηρείται ποσοστό σταυρογονιμοποίησης 1-4% ανάλογα με τις ποικιλίες και τις κλιματολογικές συνθήκες (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).

Ο καρπός των σιτηρών είναι καρύωση. Το περίβλημα του σπόρου ενώνεται με την εσωτερική πλευρά του περικαρπίου, έτσι καρπός και σπόρος αποτελούν μια μάζα, τον κόκκο. Ο κόκκος αποτελείται από 4 μέρη, τα οποία είναι το περικάρπιο, το περίβλημα του σπόρου, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το περικάρπιο αποτελείται από στρώματα κυττάρων, τα οποία δημιουργούνται κατά τη διαφοροποίηση των τοιχωμάτων της ωοθήκης. Το περίβλημα του σπόρου περιβάλλει πλήρως το έμβρυο και το ενδοσπέρμιο και αποτελείται από ημιπερατόλεπτο στρώμα κυττάρων, το οποίο δημιουργείται κατά τη διαφοροποίηση των χιτώνων της σπερματικής βλάστης. Τα κύτταρα του περιβλήματος μπορεί να έχουν χρωστικές με αποτέλεσμα να χρωματίζεται και ο κόκκος. Το ενδοσπέρμιο σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του κόκκου και καλύπτει τον εσωτερικό χώρο του κόκκου, με εξαίρεση το τμήμα που καταλαμβάνει το έμβρυο. Ο ρόλος του είναι σπουδαίος καθώς προσφέρει θρεπτικά στοιχεία στο αναπτυσσόμενο έμβρυο αλλά και στο νεαρό φυτάριο που μόλις έχει βλαστήσει, μέχρι αυτό να μπορεί να λάβει τα θρεπτικά από το έδαφος (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012). Το εξωτερικό στρώμα του ενδοσπερμίου ονομάζεται αλευρώνη. Τα κύτταρα της είναι μεγάλα, ορθογώνια, δεν περιέχουν άμυλο και είναι πλούσια σε αλευρόκοκκους, οι οποίοι περιέχουν πρωτεΐνες. Το τμήμα του ενδοσπερμίου με εξαίρεση την αλευρώνη, αποτελείται από μεγάλα κύτταρα πλούσια σε αμυλόκοκκους και διάσπαρτους αλευρόκοκκους (Campbell *et al.*, 1981). Στον ώριμο κόκκο τα κύτταρα της αλευρώνης παραμένουν ζωντανά, ενώ τα υπόλοιπα κύτταρα του ενδοσπερμίου νεκρώνονται (Brudberry *et al.*, 1956). Το έμβρυο βρίσκεται στο ένα άκρο του κόκκου κοντά στον ποδίσκο, σε κατάσταση λήθαργου. Σε ένα τμήμα του εμβρύου προεξέχει μια ογκώδης κοτυληδόνα, η οποία ονομάζεται ασπίδιο. Ο κύριος ρόλος του ασπιδίου είναι η έκκριση υδρολυτικών ενζύμων και η μετακίνηση των αποθηκευμένων θρεπτικών συστατικών προς το αναπτυσσόμενο έμβρυο, κατά τη διάρκεια της βλάστησης (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).

1.2.4 Στάδια και φάσεις ανάπτυξης

Με βάση τις βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο εσωτερικό του φυτού, διακρίνονται τα εξής στάδια ανάπτυξης: το βλαστικό, το αναπαραγωγικό και το γέμισμα του κόκκου. Κατά την διάρκεια αυτών των σταδίων το φυτό δημιουργεί και αυξάνει τα όργανά του και ολοκληρώνει τον βιολογικό του κύκλο. Ενώ, σύμφωνα με τις αλλαγές που γίνονται στα εξωτερικά χαρακτηριστικά του φυτού, τα βασικά στάδια ανάπτυξης είναι, είναι η βλάστηση, η ανάπτυξη του νεαρού φυταρίου (ανάπτυξη των

φύλλων), το αδελφωμα, η επιμήκυνση του στελέχους (καλάμωμα), η έκπτυξη της ταξιανθίας (ξεστάχιασμα) και η ανάπτυξη (γέμισμα) του κόκκου(Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 1.5: Βασικά στάδια ανάπτυξης σιταριού. Ανακτήθηκε στις 04/03/2020 από <https://www.yara.gr/threpsi-lipansi/lipansi-sitari/stadia-sitariou/>

Στάδιο 1^ο Βλάστηση: Για να βλαστήσει ο σπόρος, ακόμα και όταν είναι ώριμος πρέπει πρώτα να διέλθει από τη φάση του λήθαργου. Με αυτό το φαινόμενο αποτρέπεται η βλάστηση του σπόρου, σε περίπτωση που βραχεί κατά τον θερισμό. Η διάρκεια του λήθαργου κυμαίνεται από λίγες ημέρες μέχρι και τους έξι μήνες. Αν οι συνθήκες την περίοδο που συλλέχθηκε και διατηρήθηκε ο σπόρος ήταν άριστες, τότε η διάρκεια του θα είναι μικρή (Leonard and Martin, 1963). Τα αίτια που προκαλούν τον λήθαργο δεν είναι πλήρως γνωστά. Πιθανόν να οφείλονται στην απουσία γιββεριλλινών (η παρουσία της γιββεριλλίνης είναι απαραίτητη για να βλαστήσει ο σπόρος), στα διαφορετικά επίπεδα παραγωγής της α-αμυλάσης, στην ικανότητα του περικαρπίου να απορροφά οξυγόνο και υγρασία, καθώς και στην ύπαρξη αναστολέων στα λέπυρα και το περικάρπιο (π.χ. η παρουσία αμπισισσικού οξέος) (Taiz and Zeiger, 2002). Ο λήθαργος μπορεί να διακοπεί, με τη μείωση της υγρασίας στους σπόρους, την έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες και με την παρουσία γιββεριλλινών και κυτοκινίνων. Όταν οι συνθήκες αποθήκευσης είναι άριστες, τότε ο σπόρος διατηρεί

τη βλαστική του ικανότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα (μέχρι και για δέκα έτη). Συνήθως, κατά τη σπορά προτιμώνται σπόροι της προηγούμενης σοδειάς ή και λίγο παλαιότεροι. Μετά τη σπορά ξεκινά η διαδικασία της βλάστησης του σπόρου. Σε αυτό το στάδιο οι σπόροι απορροφούν νερό και αρχίζουν να βλαστάνουν. Αρχικά επιμηκύνεται η κολλεόριζα, σχίζει το περικάρπιο και βγαίνει έξω από τον σπόρο. Την επόμενη ημέρα από την άκρη της κολλεόριζας, εμφανίζεται η πρώτη εμβρυακή ρίζα και ακολουθούν οι υπόλοιπες εμβρυακές ρίζες. Παράλληλα γίνεται επιμήκυνση της κολεοπτίλης και εμφάνισή της στην επιφάνεια του εδάφους. Καθώς η κολεοπτίλη βγαίνει στην επιφάνεια, η ανάπτυξή της διακόπτεται και εμφανίζεται στην κορυφή της το πρώτο πραγματικό φύλλο.

Στάδιο 2^ο Ανάπτυξη του νεαρού φυταρίου: Με την εμφάνιση του σποριόφυτου, κάθε 4-5 μέρες δημιουργούνται νέα φύλλα. Συνολικά δημιουργούνται 9-10 φύλλα, ενώ στις όψιμες ποικιλίες ο αριθμός τους μπορεί να φτάσει και τα 15. Στην αρχή, κάθε φύλλο μοιάζει με μια πολύ δυσδιάκριτη περιοχή κυττάρων που περιβάλλει το γόνατο. Όταν ωριμάσουν, σχηματίζουν μια θήκη που περιβάλλει τα νέα αναπτυσσόμενα φύλλα, τα οποία περιβάλλουν τη κορυφή του βλαστού και τα ασχημάτιστα φύλλα. Συνήθως ένα με δύο φύλλα εμφανίζονται κάθε φορά. Ο ρυθμός εμφάνισής τους επηρεάζεται από τον γενότυπο και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες (MirallesandSlafer, 1999). Το μέγεθος των ώριμων φύλλων εξαρτάται από τη θέση τους επάνω στο φυτό. Συνήθως, το μέγεθος μεταξύ διαδοχικών φύλλων όσο τείνουμε προς την κορυφή αυξάνεται, με εξαίρεση το τελευταίο φύλλο (φύλλο σημαία), το οποίο είναι μικρότερο από το προτελευταίο (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012). Μέχρι την εμφάνιση του 4^{ου} και 5^{ου} φύλλου επικρατούν οι εμβρυακές ρίζες, ενώ αρχίζει γρήγορα να αυξάνεται και η συμβολή των μόνιμων ριζών στη δέσμευση θρεπτικών από το έδαφος. Οι κύριες ρίζες προέρχονται από τον κεντρικό βλαστό και αρχίζουν να αναπτύσσονται με την έκπτυξη του πρώτου αδελφίου. Το πρώτο ζεύγος μόνιμων ριζών βγαίνει από τον κόμβο (σταυρό) του κυρίου στελέχους που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Το δεύτερο ζεύγος από τον δεύτερο κόμβο και οι υπόλοιπες ρίζες από κόμβους που βρίσκονται λίγο κάτω ή λίγο πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

Στάδιο 3^ο Αδέλφωμα: Μετά την εμφάνιση του τέταρτου φύλλου στον κύριο βλαστό, αρχίζουν να εκπτύσσονται από τους πλευρικούς οφθαλμούς που βρίσκονται στις μασχάλες των πρώτων φύλλων, νέοι βλαστοί (αδέλφια) (Παπακώστα-

Τασοπούλου, 2012). Η έκπτυξη των αδελφιών διαρκεί 30-40 ημέρες. Η ανάπτυξη των πλευρικών οφθαλμών που θα δώσουν αδέρφια, ελέγχεται από ορμόνες που υπάρχουν στο φυτό (Sharif and Dale, 1980). Αρχικά, τα αδέρφια λαμβάνουν θρεπτικά από το κεντρικό φυτό και εξαρτώνται πλήρως από αυτό. Όταν σχηματίσουν τρία φύλλα τότε γίνονται ανεξάρτητα και αποκτούν το δικό τους ριζικό σύστημα. Συνήθως σχηματίζουν λιγότερα φύλλα, μικρότερες ταξιανθίες και παράγουν λιγότερους και με μικρότερο βάρος κόκκους σε κάθε ταξιανθία, συγκριτικά με τον κύριο βλαστό (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012). Επίσης, η άνθηση της ταξιανθίας τους συγχρονίζεται με εκείνη του κυρίου βλαστού (Gallagher et al., 1976). Το πόσα αδέρφια θα παραχθούν από ένα φυτό εξαρτάται από γενετικούς (ποικιλία) και περιβαλλοντικούς (φωτισμός, πυκνότητα και βάθος σποράς, γονιμότητα του εδάφους, επάρκεια υγρασίας) παράγοντες. Ακόμη δύο παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τον αριθμό των αδελφιών είναι η θερμοκρασία (14-18 °C θεωρείται ιδανική θερμοκρασία) και η επάρκεια σε αζωτούχο λίπανση. Ο αριθμός των αδελφιών έχει θετική συσχέτιση με την απόδοση, με εξαίρεση όταν τα αδέρφια σχηματίζονται πολύ όψιμα (Φολίνας, 1990). Επίσης, οι ρίζες που αναπτύσσουν τα αδέρφια προσφέρουν στήριξη στο φυτό (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).

Στάδιο 4° Επιμήκυνση του στελέχους (καλάμωμα): Το σιτάρι μετά από το στάδιο του αδελφώματος αρχίζει να αναπτύσσεται ταχύτατα. Το κύριο στέλεχος (καλάμι), αυξάνεται με την επιμήκυνση των μεσογονατίων, ταυτόχρονα τα φύλλα και οι ρίζες αυξάνονται. Η ταξιανθία βαθμιαία προωθείται προς την κορυφή του στελέχους και αυξάνεται. Η επιμήκυνση των μεσογονατίων γίνεται από μια μεριστωματική περιοχή που έχει την ικανότητα να αυξάνεται πολύ γρήγορα. Επίσης, οι κολεοί των φύλλων, που περιβάλλουν τα μεσογονάτια, έχουν στη βάση τους μία περιοχή από την οποία αυξάνονται (Peterson, 1965). Αρχικά, επιμηκύνονται τα κατώτερα μεσογονάτια και σταδιακά τα πιο πάνω. Η επιμήκυνση ενός μεσογονατίου αρχίζει, όταν το προηγούμενο μεσογονάτιο έχει αποκτήσει το μισό του τελικού του μεγέθους (Simmons, 1987). Όσο ανεβαίνουμε προς την κορυφή το μήκος των μεσογονατίων αυξάνεται. Το μεσογονάτιο που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο, καλύπτεται από τον κολεό του ανώτερου φύλλου και φέρει την ταξιανθία. Κατά την επιμήκυνση αυτού του μεσογονατίου, η ταξιανθία ωθείται μέσα στον κολεό του τελευταίου φύλλου (φύλλο-σημαία). Η αντοχή του στελέχους στο πλάγιασμα και το τελικό του ύψος, που κυμαίνεται από 30 cm μέχρι 150 cm, εξαρτώνται από το

γενότυπο και από τις συνθήκες ανάπτυξης. Παράγοντες όπως είναι οι υψηλές θερμοκρασίες, η επάρκεια νερού και αζώτου, ευνοούν την επιμήκυνση των μεσογονατίων. Γενικά, οι διαφορές στο ύψος οφείλονται περισσότερο στο μήκος των μεσογονατίων και όχι τόσο στον αριθμό τους.

Στάδιο 5^ο Έκπτυξη της ταξιανθίας (Ξεστάχυσμα): Μετά την επιμήκυνση των μεσογονατίων διαστημάτων αρχίζει να αυξάνεται ο στάχυς και μετακινείται από την βάση του φυτού προς την κορυφή. Ο στάχυς βρίσκεται στη βάση του υψηλότερου από το έδαφος κόμβου. Όταν φθάσει στον κολεό του τελευταίου φύλλου ο κολεός διογκώνεται (φούσκωμα) σχίζεται κατά μήκος και εμφανίζεται η ταξιανθία. Το στάδιο αυτό λέγεται έκπτυξη ταξιανθίας ή ξεστάχυσμα. Στις αγανοφόρες ποικιλίες, εμφανίζονται μέσα από τον κολεό, πρώτα τα άγανα και μετά ο στάχυς. Συνήθως, το μεσογονάτιο που φέρει την ταξιανθία συνεχίζει να αυξάνεται και μετά την εμφάνιση της ταξιανθίας, μέχρι η ταξιανθία να φθάσει πιο ψηλά από το τελευταίο φύλλο. Η εποχή ξεσταχυσματος είναι χαρακτηριστικό του κάθε γενοτύπου και θεωρείται σαν δείκτης προωμότητας των ποικιλιών. Επηρεάζεται ωστόσο από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, την εποχή σποράς, τη γονιμότητα του εδάφους και άλλους εξωτερικούς παράγοντες, (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).

Στάδιο 6^ο Ανάπτυξη και ωρίμανση του κόκκου: Στο τελευταίο στάδιο, μετακινούνται από τα βλαστικά τμήματα των φυτών προς τους αναπτυσσόμενους κόκκους ουσίες από προϊόντα φωτοσύνθεσης. Από την άνθηση μέχρι το στάδιο που γεμίζει ο κόκκος χρειάζονται 30-60 ημέρες, αναλόγως το γενοτύπο και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Έπειτα από κάποιες μέρες ο κόκκος αρχίζει να ωριμάζει και σταματάει να δέχεται προϊόντα φωτοσύνθεσης. Στο στάδιο της ωρίμανσης παύει να αυξάνεται το βάρος του κόκκου και αρχίζει να αφυδατώνεται. Ταυτόχρονα το φυτό αρχίζει βαθμιαία να ξηραίνεται από τον λαιμό μέχρι τον στάχυ (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012). Σε αυτή τη φάση ο κόκκος είναι σκληρός, δεν σπάει εύκολα αλλά χαράζεται και η υγρασία του είναι 30-40%. Όταν ο κόκκος έχει ωριμάσει πλήρως και έχει φτάσει στο στάδιο της συγκομιδής, όλο το φυτό είναι ξηρό και εύθραυστο, ο κόκκος είναι σκληρός, ασυμπίεστος και δεν χαράζεται εύκολα (Καραμάνος, 1992). Τα στάδια ωρίμανσης του κόκκου είναι: γάλακτος, κηρού (εξαφανίζεται η χλωροφύλλη), σκληρού σπόρου (τα υπόλοιπα τμήματα του φυτού

γίνονται εύθραυστα) και του υπερώριμου σπόρου (γίνεται εύθραυστος και ο σπόρος) (Δαναλάτος, 2005).

1.2.5 Οικολογικές απαιτήσεις

Το σιτάρι μπορεί να καλλιεργηθεί σε μέσης σύστασης έως βαριά γόνιμα εδάφη, με καλή στράγγιση. Ωστόσο, σε ιλυοπηλώδη και αργιλοπηλώδη εδάφη με υψηλή εδαφική υγρασία και απαλλαγμένα από ζιζάνια, παρουσιάζει τις μεγαλύτερες και σταθερότερες αποδόσεις. Εδάφη τα οποία είναι πλούσια σε οργανική ουσία δημιουργούν προδιάθεση για πλάγιασμα, αν και η ύπαρξη οργανικής ουσίας είναι επιθυμητή. Τα πολύ αμμώδη και τα κακώς στραγγιζόμενα δίνουν μικρές αποδόσεις, ενώ ακατάλληλα για καλλιέργεια είναι τα όξινα και τα ισχυρώς εκπλυθέντα. Αναλυτικότερα, προτιμά εδάφη με pH 6 - 7,8 (ουδέτερο ως ελαφρώς αλκαλικό), το μαλακό δίνει τις υψηλότερες αποδόσεις σε pH 6,5 - 7,5 και το σκληρό σε pH 6,7 - 7,8. Επίσης, σε αλατούχα εδάφη με τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας πάνω από 6-7dS/m παρατηρείται μείωση της απόδοσης.

Γενικά, ευδοκμεί σε περιοχές με εύκρατο κλίμα. Μπορεί όμως, να καλλιεργηθεί και σε θερμά ή υγρά κλίματα με την προϋπόθεση να υπάρχει μια περίοδος σχετικά δροσερή που να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να καθυστερεί τη δράση παρασιτικών ασθενειών. Η άριστη θερμοκρασία για να βλαστήσει είναι 20-22°C, η ελάχιστη 3-4°C και η μέγιστη 35°C (Παπακώστα -Τασοπούλου, 2012). Οι εαρινές ποικιλίες έχουν μικρή μέτρια αντοχή στο ψύχος μέχρι -10°C, ενώ οι χειμερινές ιδίως μετά από σκληραγώγηση μπορούν να αντέξουν μέχρι -30°C και κάτω από χιόνι έως -40°C. Το τμήμα του φυτού που χρειάζεται μεγάλη προσοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες είναι ο σταυρός, καθώς βλάβες σε αυτό το σημείο έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο φυτό. Για τη δημιουργία αδελφιών οι ιδανική θερμοκρασία είναι 14-18°C και για τη φωτοσύνθεση γύρω στους 22°C (Παπακώστα -Τασοπούλου, 2012).

Όσον αφορά στις ανάγκες σε υγρασία και νερό, το περισσότερο νερό περίπου το 70% των αναγκών του το χρειάζεται την περίοδο μεταξύ καλαμώματος και άνθησης. Γενικά προτιμώνται περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 375-775 mm. Η κατανομή της βροχόπτωσης σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία είναι πολύ βασικοί παράγοντες για την ανάπτυξή του. Η κατανομή της βροχής στην Ελλάδα δεν είναι ιδανική επειδή οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού πέφτουν το χειμώνα και την

άνοιξη είναι ακανόνιστη. Σε αυτές τις συνθήκες χρειάζεται να γίνει άρδευση του σιταριού. Οι όψιμες βροχοπτώσεις (στο στάδιο του γεμίσματος) είναι ανεπιθύμητες γιατί ευνοούν το όψιμο πλάγιασμα, προσβολές από σκωριάσεις και καθυστερούν ωρίμανση των κόκκων. Ο δριμύς χειμώνας ακολουθούμενος από δροσερή και ξηρή θερινή περίοδος ευνοεί την περιεκτικότητα των κόκκων σε πρωτεΐνη. Σε περιοχές με πιο ήπιο κλίμα, μειώνεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και αυξάνονται οι υδατάνθρακες (Παπακώστα -Τασοπούλου, 2012).

1.2.6 Περιβάλλον και ποιότητα σιταριού

Το τελικό προϊόν στο σκληρό σιτάρι δεν είναι το αλεύρι αλλά το σιμιγδάλι για την παραγωγή ζυμαρικών. Η ποιότητα των ζυμαρικών εξαρτάται από την ποσότητα των πρωτεϊνών στο ενδοσπέρμιο. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο ο δριμύς χειμώνας όταν ακολουθείται από δροσερή και ξηρή θερινή περίοδος αυξάνει την περιεκτικότητα των κόκκων σε πρωτεΐνη. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τα ποσοστά σε πρωτεΐνες είναι η ποικιλία, η επάρκεια σε αζωτούχο λίπανση και η διαθέσιμη εδαφική υγρασία κατά τη διάρκεια γεμίσματος των κόκκων (Raoetal.,1993). Ο χρόνος και η δόση εφαρμογής της αζωτούχου λίπανσης επηρεάζουν σημαντικά την τελική απόδοση, την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και την ποιότητα του σκληρού σιταριού(López- Bellidoetal.,1998). Σύμφωνα με έρευνα των Wangetal. (2004) βρέθηκε ότι η αύξηση της συχνότητας άρδευσης αυξάνει την περιεκτικότητα των κόκκων σε άμυλο και μειώνει την πρωτεΐνη. Γενικά, οι ξηρές συνθήκες κατά την περίοδο της ανάπτυξης αυξάνουν τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης στους κόκκους (Voasetal., 1998). Σύμφωνα με τον Terman (1969) η μεγαλύτερη αύξηση σε πρωτεΐνη μετά από εφαρμογή αζώτου διαπιστώθηκε σε εδάφη όπου δεν είχε γίνει άρδευση. Ωστόσο, σε ελάχιστες περιπτώσεις έχει αναφερθεί ότι η άρδευση αύξησε τη περιεκτικότητα των κόκκων σε πρωτεΐνη, λόγω διαλυτοποίησης και κινητοποίησης του επιφανειακού αζώτου (Yamadaetal.,1972, Purietal.,1989).

1.2.7 Σπορά

Η ημερομηνία σποράς επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη της καλλιέργειας του σιταριού. Στη χώρα μας σπέρνεται το φθινόπωρο τους μήνες Οκτώβριο με Νοέμβριο, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις κάθε περιοχής. Στις ορεινές περιοχές πιο κατάλληλος μήνας σποράς είναι ο Οκτώβριος. Αν καθυστερήσει η σπορά συνήθως υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση και στην ποιότητα την παραγωγής (Fowler, 1982). Ενώ, αν γίνει πολύ πρόωμη σπορά, τα νεαρά φυτά την

περίοδο που θα επικρατούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες θα έχουν φτάσει σε προηγμένο βλαστικό στάδιο στο οποίο αυξάνεται η πιθανότητα καταστροφής τους από παγετό.

Όσον αφορά βάθος σποράς του χειμερινού σιταριού αυτό θα πρέπει να είναι 10-25mm για να γίνει η βέλτιστη εγκατάσταση των φυτών. Αν η σπορά γίνει σε βάθος μεγαλύτερο από τα 25mm, τότε παρατηρείται καθυστερημένη εμφάνιση των σπορόφυτων, μείωση της συσσωρευμένης ξηράς ουσίας και της αντοχής στο ψύχος (Loerppky and Lafond, 1989). Σύμφωνα με τους Lafond και Fowler (1989) η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει μεγαλύτερη επίδραση από την υγρασία του εδάφους στην ανάπτυξη του σιταριού. Η ποσότητα που χρησιμοποιείται για τη σπορά είναι 14-18 kg σπόρου/στρ. σε περιοχές με ήπιο χειμώνα. Σε ορεινές περιοχές με δριμύ χειμώνα ή για ποικιλίες που δεν αδελφώνουν, η ποσότητα μπορεί να φτάσει τα 20 kg σπόρου/στρ.

1.2.8 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού & σύσταση των κόκκων

Τα σιτηρά περιέχουν υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, αζωτούχες ενώσεις, λιπίδια, ανόργανα άλατα, νερό και μικρές ποσότητες βιταμινών και ενζύμων. Το επιθυμητό τελικό προϊόν στο σκληρό σιτάρι είναι το σιμιγδάλι για την παραγωγή ζυμαρικών. Η ποιότητα των ζυμαρικών σε μεγάλο ποσοστό ελέγχεται από την ποσότητα και την περιεκτικότητα του ενδοσπερμίου σε πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από γλουτελίνες και γλοιαδίνες και οι δύο μαζί σχηματίζουν τη γλουτένη (Porceddu et al., 1998). Η συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες που επιθυμείται στο σκληρό σιτάρι κυμαίνεται από 9% έως 18%. Οι υδατάνθρακες είναι και αυτοί βασικό συστατικό και περιλαμβάνουν άμυλο, κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και πεντοζάνες (ενώσεις κυτταρίνης με λιγνίνη), δεξτρίνες και σάκχαρα. Τέλος, η χημική σύσταση των σιτηρών μπορεί να αλλάξει κατά την επεξεργασία, την αποφλοιώση και την άλεση.

1.3 Λίπανση

1.3.1. Σημασία της λίπανσης στη γεωργία

Η λίπανση, δηλαδή ο εφοδιασμός των φυτών με θρεπτικά στοιχεία υπήρξε πολύ σημαντικός παράγοντας για την γεωργία από την αρχαιότητα. Τα τελευταία χρόνια δε, έχει σημειωθεί μεγάλη αύξηση στην γεωργική παραγωγή χάρη στη χρήση λιπασμάτων. Τα φυτά για να αναπτυχθούν χρειάζονται επάρκεια σε θρεπτικά στοιχεία. Ορισμένα από αυτά μπορούν και τα προσλαμβάνουν από το έδαφος ή το

νερό, κάποια άλλα όμως χρειάζεται να προστεθούν στο έδαφος της καλλιέργειας με την χρήση λιπασμάτων. Έλλειψη ή ανεπαρκής ποσότητα ενός θρεπτικού στοιχείου δημιουργεί προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών και επιφέρουν μειώσεις στην απόδοση. Η προσθήκη των διαφόρων λιπασμάτων έχει ως σκοπό να εφοδιάζει τα φυτά με τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους θρεπτικά στοιχεία (Μακρίδης, 2017). Η λίπανση οδηγεί μεν σε αύξηση της απόδοσης, αλλά πέρα από κάποιο όριο η αύξηση της απόδοσης δεν καλύπτει το κόστος της επιπλέον ποσότητας λιπάσματος (νόμος της μη αναλόγου απόδοσης).

Άζωτο (N): Το άζωτο είναι το στοιχείο που απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες από τα φυτά. Απαντάται στο έδαφος υπό μορφή οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Σε μορφή οργανικών ενώσεων είναι το 98% περίπου του ολικού αζώτου και σε ανόργανων ενώσεων το υπόλοιπο 2%. Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την ποσότητα του ολικού αζώτου στο έδαφος είναι το κλίμα, η βλάστηση, η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους και το σύστημα καλλιέργειας. Οι οργανικές αζωτούχες ενώσεις είναι συστατικά της οργανικής ουσίας του εδάφους, από τις οποίες ελευθερώνεται άζωτο με τη μορφή αμμωνίας με την βοήθεια βιοχημικών διεργασιών. Οι ανόργανες μορφές του αζώτου είναι τα ιόντα NH_4^+ , NO_3^- και NO_2^- και προέρχονται είτε από την αποικοδόμηση των οργανικών υλικών, ή από την προσθήκη λιπασμάτων. Αυτές οι μορφές του αζώτου είναι αφομοιώσιμες από τα φυτά, σε αντίθεση με τις οργανικές ενώσεις του αζώτου. Το NH_4^+ άζωτο κατά ένα μεγάλο ποσοστό απαντάται προσροφημένο στη στερεή φάση του εδάφους ως ανταλλάξιμο και σε μικρότερες ποσότητες στο εδαφικό διάλυμα. Επίσης, ένα μικρό ποσοστό είναι δεσμευμένο από ορυκτά της αργίλου, όπως ο βερμικουλίτης και ο ιλλίτης. Το άζωτο αυτό δεν είναι άμεσα προσιτό στα φυτά και το ποσοστό του αυξάνει σημαντικά σε σχέση με το βάθος του εδάφους. Οι άλλες μορφές κυρίως το NO_3^- άζωτο, δεν συγκρατούνται από τη στερεή φάση του εδάφους και βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο εδαφικό διάλυμα. Η επάρκεια σε άζωτο, συμβάλλει στην υψηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα και στην ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο, η περίσσεια αζώτου σε σχέση με άλλα θρεπτικά στοιχεία, προκαλεί καθυστέρηση της ωρίμανσης και πλάγιασμα των φυτών σε ορισμένα είδη. Αντίθετα, η έλλειψη αζώτου αναστέλλει την φωτοσύνθεση και την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών και αδρανοποίηση των οφθαλμών. Η έλλειψη αζώτου εμφανίζεται στα φυτά με το κιτρίνισμα του ελάσματος των παλαιότερων φύλλων (Κεραμίδας, 1989).

Φώσφορος (P): Ο φώσφορος είναι συστατικό που βρίσκεται σε διάφορες οργανικές ενώσεις του φυτού και ιδιαίτερα στους ενεργοποιημένους υδατάνθρακες, όπως στον 6-φωσφορικό εστέρα της γλυκόζης και της φρουκτόζης, στον 1,5-διφωσφορικό εστέρα της ριβουλόζης των φωσφολιπιδίων και νουκλεϊκών οξέων. Ο φώσφορος βοηθάει στη ρύθμιση του pH των κυττάρων. Μέσω της φωσφορυλίωσης ενεργοποιεί τους υδατάνθρακες, οι οποίοι γίνονται πιο δραστικοί κατά τις διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις. Επίσης, συμβάλλει στη σύνθεση και την μεταφορά των υδατανθράκων, στον σχηματισμό των αναπαραγωγικών μερών του φυτού, στην πρωίμιση της παραγωγής και στην αύξηση του ριζικού συστήματος. Αντίθετα, η έλλειψή του αναστέλλει την ανάπτυξη των φυτών τους και επηρεάζει όλα τα στάδια της αύξησης σε επίπεδο μεταβολισμού. Ενώ, Η υπερβολική λίπανση σε φώσφορο εμποδίζει την απορρόφηση ιχνοστοιχείων όπως σιδήρου, χαλκού, ψευδαργύρου με αποτέλεσμα τη μειωμένη ανάπτυξη των φυτών (Τσαπικούνης, 1997).

Κάλιο (K⁺): Αντίθετα με το άζωτο και τον φώσφορο, το κάλιο δεν μετέχει σαν δομικό στοιχείο στα μακρομόρια των συστατικών των κυττάρων. Βρίσκεται είτε μεμονωμένο σαν κατιόν στο διάλυμα, ή σχηματίζει δεσμό με τις αρνητικά φορτισμένες οργανικές ρίζες και συμμετέχει σε λειτουργίες που σχετίζονται με το ιοντικό φορτίο του διαλύματος των κυττάρων, τις αντλίες πρωτονίων των κυτταρικών μεμβρανών και τον σχηματισμό ATP. Όταν υπάρχει επάρκεια καλίου, τα στόματα των φυτών λειτουργούν αποτελεσματικά, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απώλεια νερού λόγω διαπνοής. Επίσης, αποτελεί παράγοντα ενεργοποίησης πολλών ενζύμων, καθώς περισσότερα από πενήντα ένζυμα εξαρτώνται πλήρως ή ενεργοποιούνται από την παρουσία του καλίου (Τσαπικούνης, 1997).

Νάτριο (Na²⁺): Το νάτριο είναι απαραίτητο στοιχείο ιδιαίτερα για τα αλόφυτα είδη. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νατρίου συγκεντρώνεται στα χυμοτόπια των κυττάρων, όπου χρησιμεύει ως ωσμολύτης για τη διατήρηση της σπαργής, επιτυγχάνοντας την οικονομία του νερού στο φυτό. Η συγκέντρωσή του στα φυτά ποικίλλει ευρέως μεταξύ 0,01 και 10%. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στα αλόφυτα. Όταν υπάρχει έλλειψη σε νάτριο, τα φύλλα των φυτών γίνονται ιδιαίτερα σκουρόχρωμα, πράσινα και πυκνά, και τα φυτά εμφανίζουν συμπτώματα μάρανσης γρηγορότερα και αναπτύσσονται υπερβολικά κατά πλάτος.

Επίσης, μπορεί να εμφανίζεται μεσονεύρια νέκρωση των φύλλων, όμοια με εκείνη της έλλειψης καλίου (Τσαπικούνης, 1997).

1.3.2. Λιπαντικές ανάγκες σιτηρών

Η λίπανση είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στην επίτευξη υψηλών αποδόσεων και καλής ποιότητας προϊόντων στα χειμερινά σιτηρά. Η συχνότερη έλλειψη σε θρεπτικά συνήθως παρατηρείται στο άζωτο. Η ανεπάρκεια σε άζωτο μπορεί να μειώσει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση της καλλιέργειας. Ακόμη, η υπερβολική αζωτούχα λίπανση κάνει τα φυτά επιρρεπή στο πλάγιασμα και έμμεσα οδηγεί πάλι στη μείωση της τελικής απόδοσης. Γι' αυτό μετά από εδαφολογική ανάλυση, ένα ποσοστό της απαιτούμενης ποσότητας αζώτου χορηγείται ως βασική λίπανση πριν την σπορά. Ωστόσο, το υπερβολικό άζωτο το φθινόπωρο (βασική λίπανση) μπορεί να προκαλέσει υπέρμετρη ανάπτυξη των φυτών, το οποίο αυξάνει τις πιθανότητες εμφάνισης ασθενειών. Το υπόλοιπο άζωτο εφαρμόζεται ως επιφανειακή λίπανση στο τέλος του χειμώνα ή νωρίς την άνοιξη πριν την επιμήκυνση των καλαμιών. Η όσιμη εφαρμογή του αζώτου την άνοιξη έχει ως στόχο την αύξηση της περιεκτικότητας του σπόρου σε πρωτεΐνη και δεν επηρεάζει τόσο την τελική απόδοση (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Η ποσότητα του αζώτου που συστήνεται ως λίπανση στην Ελλάδα είναι 10-15 kg N/στρ. περίπου. Ένα ακόμη βασικό στοιχείο είναι ο φώσφορος. Η εφαρμογή φωσφόρου γίνεται πριν από την σπορά (βασική λίπανση) σε μία δόση. Επειδή ο φώσφορος έχει την ικανότητα να δεσμεύεται στο έδαφος και να απελευθερώνεται σταδιακά δεν είναι απαραίτητη η λίπανση του σε όλα τα εδάφη και σε κάθε καλλιεργητική περίοδο. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί έλλειψη, μετά από αναλύσεις, συνιστώνται μέχρι 6 kg/στρ. (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Η επάρκεια σε φώσφορο οδηγεί σε ταχεία ανάπτυξη των φυτών και πρόωμη ωρίμανση, το οποίο είναι χρήσιμο σε περιοχές που πλήττονται από παγετούς (McKenzie *et al.*, 2000). Επίσης, ευνοεί την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος του σίτου. Η έλλειψη φωσφόρου μειώνει την ανάπτυξη και το αδέλωμα των σιτηρών. Αντίθετα, η υπερβολική λίπανση σε φώσφορο υποβαθμίζει ποιοτικά τον καρπό καθώς μειώνει την περιεκτικότητα του σε πρωτεΐνη. Όσον αφορά στο κάλιο, τα ελληνικά εδάφη όπου καλλιεργούνται σιτηρά έχουν αφθονία καλίου και δεν χρειάζεται προσθήκη. Σε περίπτωση που έχουμε έλλειψη καλίου τότε τα φύλλα νεκρώνουν περιφερειακά ενώ, η περίσσεια καλίου δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις. Γενικά, η συνιστώμενη ποσότητα είναι 2-3 kg K/στρ. σε περίπτωση που

χρειάζεται (Σφήκας, 1995). Την μεγαλύτερη ανάγκη σε κάλιο την έχει το σιτάρι στο φαινολογικό στάδιο ανάπτυξης του δεύτερου μεσογονατίου διαστήματος. Επίσης, στην έναρξη του καλαμώματος, η επάρκεια σε κάλιο μπορεί να αντισταθμίσει ικανοποιητικά τη μικρή ηλιοφάνεια (Header και Mengel, 1976). Επίσης, μετά το ξεστάχνασμα, συμβάλλει σημαντικά στην αφομοίωση του CO₂ συμβάλλοντας στο καλό γέμισμα των κόκκων.

1.3.3 Επίδραση της στο έδαφος στην απόδοση και την ποιότητα

Η εφαρμογή θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος για τη χρησιμοποίησή τους από το φυτό (λίπανση) επηρεάζει πάρα πολλούς παράγοντες της καλλιέργειας. Από τα βασικότερα στοιχεία της λίπανσης είναι το άζωτο. Η αζωτούχος λίπανση επιδρά στα συστατικά που αφορούν την απόδοση των σιτηρών. Επίσης, είναι απαραίτητη για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και πολύ καλής ποιότητας. Η επίδραση της λίπανσης στην απόδοση δεν εξαρτάται τόσο από την ποσότητα που θα χορηγηθεί, όσο και από τον τρόπο χορήγησης. Επιπλέον, παρατηρείται αλληλεπίδραση μεταξύ φωσφορικών και αζωτούχων λιπασμάτων, αφού το άζωτο αυξάνει τη διαθεσιμότητα των φωσφορικών ιόντων στο έδαφος και αυξάνει τις δυνατότητες απορρόφησης φωσφορικών ιόντων (Boatwright and Haas, 1961). Σύμφωνα με τον Langer (1980) το σιτάρι αντιδρά στην έγκαιρη εφαρμογή αζώτου και παράγει περισσότερα αδέρφια ανά φυτό, με υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης αδελφιών με στάχεις. Το πότε θα εφαρμοστεί η αζωτούχος λίπανση επηρεάζει και το σχηματισμό των κόκκων. Μετά το στάδιο του φουσκώματος, η εφαρμογή αζώτου αυξάνει την συνολική ξηρά ουσία και το βάρος των κόκκων. Επιπροσθέτως, παρατηρείται αύξηση του ρυθμού αφομοίωσης του άνθρακα, του αριθμού των στάχων ανά επιφάνεια, του αριθμού των κόκκων ανά στάχυ και της βιολογικής απόδοσης (Sage and Pearcy, 1987). Η έλλειψη αζώτου μειώνει το πρωτεϊνικό απόθεμα των κόκκων ενώ η επάρκεια αζώτου μειώνει την περιεκτικότητα σε άμυλο βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των κόκκων του σκληρού σιταριού (Fowler *et al.*, 1989).

1.4 pH & Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Ως pH ορίζεται: ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των διαλυμένων ιόντων υδρογόνου (H⁺) σε ένα διάλυμα και δίνεται από την σχέση $pH = -\log[H^+]$. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της οξύτητας ή αλκαλικότητας σε ένα διάλυμα, για αυτό αναφέρεται και ως ενεργός οξύτητα. Η έννοια και η κλίμακα του pH επινοήθηκε το 1909 από το Δανό χημικό Sören Peter Lauritz Sørensen. Στους

25 °C, η κλίμακα του pH κυμαίνεται από 0 έως 14. Όταν το διάλυμα έχει pH= 7 είναι ουδέτερο, όταν έχει pH> 7 είναι βασικό, ενώ όταν έχει pH< 7 είναι όξινο.

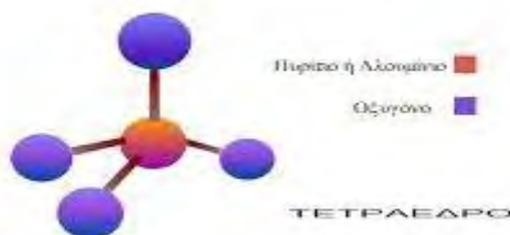
Ως ηλεκτρική αγωγιμότητα(EC) ορίζεται: η ικανότητα ενός διαλύματος να άγει τον ηλεκτρισμό. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I) οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δίνονται σε: mho/m ή Siemens/m ή mmho/cm ή dS/m (Hanlon, 2015). Επειδή όμως οι τιμές της είναι πολύ μικρές συχνά χρησιμοποιείται σαν μονάδα μέτρησης το μικροSiemens ανά cm (μS/cm). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους αυξάνει όσο αυξάνει η περιεκτικότητα των αλάτων στο έδαφος (Bozkurtetal., 2009). Ωστόσο, η συγκέντρωση (%) σε άλατα σε ένα διάλυμα είναι ένας συνδυασμός συγκέντρωσης αλάτων, υγρασίας και δομής του εδάφους.

1.5 Εδαφοβελτιωτικά

1.5.1 Η σημασία του ζεόλιθου στη γεωργία

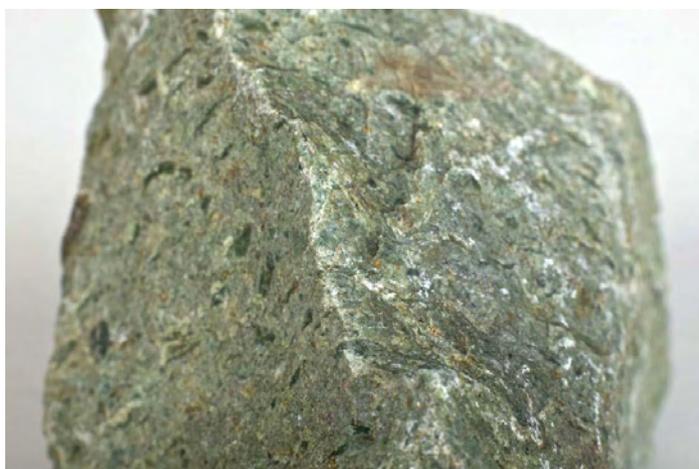
Οι ζεόλιθοι είναι αργιλοπυριτιικοί κρύσταλλοι, οι οποίοι σχηματίστηκαν από την αλλοίωση αργιλοπυριτικών ορυκτών, υπό την επίδραση υδροθερμικών συνθηκών. Έχουν τρισδιάστατη κρυσταλλική δομή η οποία σχηματίζεται από τετράεδρα SiO₄ ή AlO₄, ενώ προστίθενται μονοσθενή ή δισθενή ιόντα, ώστε το φορτίο των κρυστάλλων να διατηρείται ουδέτερο. Χάρη στην πορώδη δομή τους μπορούν να κατακρατούν και να αποβάλλουν μεγάλες ποσότητες νερού καθώς και μεγάλη ικανότητα ιοντοανταλλαγής (Τσιραμπίδης, 1991). Η ανακάλυψή του έγινε το 1756 από έναν Σουηδό ορυκτολόγο ονόματι Freiherr Axel Fredrick Cronstedt, στον οποίο αποδίδεται και η ονομασία του. Ετυμολογικά, η λέξη «ζεόλιθος» είναι σύνθετη και προέρχεται από το αρχαίο ρήμα ζέω (βράζω) και το ουσιαστικό λίθος (πέτρα), διότι όταν το ορυκτό θερμαίνεται και χάνει νερό αποκτά αναβράζουσα μορφή.

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΔΟΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΖΕΟΛΙΘΟΥ



Εικόνα 1.6: Πρωτογενής δομική μονάδα ζεόλιθου. Ανακτήθηκε στις 20/03/2020 από <https://www.google.com/search?q=%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%AE+%CE%B6>

%CE%B5%CF%8C%CE%BB%CE%B9%CE%B8%CE%BF%CF%85&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjrrfbQgq7oAhUPsaQKHYZNAJAQ_AUoAXoECBMQAw&biw=1366&bih=657#imgrc=4liIjL40TsqbKM



Εικόνα1.7: Πέτρωμα ζεόλιθου. Ανακτήθηκε στις 20/03/2020 από<https://zeolife.gr/chimiki-analisi-ellinikou-zeolithou-n-ligeros/>

Οι φυσικοί ζεόλιθοι έχουν υψηλή ικανότητα ιοντικής ανταλλαγής και κατακράτησης. Χάρη στην πορώδη δομή τους και την υψηλή CEC έχουν την ικανότητα να απορροφούν αμμωνιακά ιόντα NH_4^+ και να τα προστατεύουν από τη νιτροποίηση τους (Huang and Petrovic, 1994). Όταν εφαρμόζεται αζωτούχος λίπανση τα αμμωνιακά ιόντα μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα (νιτροποίηση). Μέρος από τα νιτρικά ιόντα εκπλένονται με τις βροχοπτώσεις και την άρδευση και μετακινούνται από τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους στα βαθύτερα στρώματα. Εκεί δεν είναι διαθέσιμα για την καλλιέργεια και για τις απαιτήσεις του φυτού σε άζωτο χρειάζεται να γίνει εκ νέου λίπανση. Επίσης, ένα μέρος από τα νιτρικά ιόντα κατά την έκπλυση και την μετακίνησή τους προς τα βαθύτερα στρώματα καταλήγει στον υδάτινο ορίζοντα, ρυπαίνοντας τα υπόγεια ύδατα. Με την προσθήκη ζεόλιθου τα νιτρικά ιόντα δεσμεύονται από αυτόν και κατακρατούνται στο επιφανειακό στρώμα της καλλιέργειας. Εκεί είναι διαθέσιμο για τα φυτά. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η ποσότητα του λιπάσματος που χρειάζεται να προστεθεί και κατά συνέπεια και το κόστος. Οπότε έμμεσα η προσθήκη ζεόλιθου μειώνει και τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων και του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού απαιτείται μικρότερη ποσότητα λιπάσματος να εφαρμοστεί. Επίσης τα δεσμευμένα από τον ζεόλιθο θρεπτικά

παρέχονται στα φυτά όποτε χρειάζεται μέσω ενός ωσμωτικού μηχανισμού βραδείας αποδέσμευσης, ο οποίος ελέγχεται από τα φυτά της καλλιέργειας.

Σήμερα έχουν αναγνωριστεί περισσότερα από 50 διαφορετικά είδη φυσικών ζεόλιθων τα οποία απαντώνται σχεδόν σε όλο τον κόσμο. Στην Ελλάδα υπάρχουν κατά κύριο λόγο δύο είδη φυσικών ζεόλιθων ο κλινοπτιλόλιθος και ο μοντερνίτης.

Η χρήση ζεόλιθων έχει εφαρμογή σε πολλούς τομείς όπως στη βιομηχανία, στη γεωργία, στην κτηνοτροφία κ.α. Στη γεωργία χρησιμοποιούνται είτε ως εδαφοβελτιωτικά για να αυξηθεί η συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων στο έδαφος, είτε ως υποστρώματα σε καλλιέργειες, ή για να προωθηθεί η διάλυση των φωσφορικών πετρωμάτων. Επίσης, η προσθήκη ζεόλιθου στο έδαφος βελτιώνει τη δομή του εδάφους, βοηθά στην αύξηση της διαθεσιμότητας του νερού προς τα φυτά και αυξάνει την τελική απόδοση της παραγωγής (Olczyk, 2005).

Σύμφωνα με τους Seyyedetal (2017) σε εδάφη τα οποία ήταν εμπλουτισμένα με ζεόλιθο βελτιώθηκε σημαντικά ο ρυθμός διήθησης του νερού, ο δείκτης της κορεσμένης υδραυλικής αγωγιμότητας (K_s) και η ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC). Η συγκράτηση του νερού ήταν κατά 20% περισσότερη σε αμμώδη εδάφη που είχε γίνει προσθήκη ζεόλιθου συγκριτικά με αμμώδη εδάφη χωρίς ζεόλιθο ενώ σε βαριά εδάφη βοηθά στην αποστράγγιση του νερού. Βέβαια, είναι σωστό να γνωρίζουμε την ενδεδειγμένη κοκκομετρία του ζεόλιθου για ενσωμάτωση στο έδαφος. Σε βαριά εδάφη προτιμάται ζεόλιθος με την μορφή χαλικιού (2,5 – 5 χιλιοστά) ενώ σε ελαφριά εδάφη συστήνεται ζεόλιθος με την μορφή λεπτού χαλικιού (0,8- 2,5 χιλιοστά). Σε αμμώδη εδάφη μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πούδρα έως 0,8 χιλιοστά. Επίσης, η προσθήκη ζεόλιθου βελτίωσε σημαντικά την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC) του εδάφους

1.5.2 Αγριαγκινάρα: Ιδιότητες και οι χρήσεις της στη γεωργία

Η αγριαγκινάρα είναι πολυετές φυτό με Μεσογειακή προέλευση και ανήκει στην οικογένεια *Asteraceae* (*Compositae*) και στο γένος *Cynara*. Το γένος *Cynara* περιλαμβάνει δυο καλλιεργούμενα είδη την αγκινάρα (*Cynarascolumus*) και την αγριαγκινάρα (*Cynaracardunculus*). Αυτά τα δυο καλλιεργούμενα είδη χρησιμοποιούνται στη λαχανοκομία και ως διακοσμητικά φυτά. Έχει διάφορα κοινά ονόματα όπως *cyanara*, *cardoon*, *globeartichoke* κ.α. Ευδοκίμει σε περιοχές με Μεσογειακό κλίμα, ωστόσο υπάρχουν ποικιλίες που έχουν προσαρμοστεί σε πιο

ξηροθερμικές συνθήκες και μπορούν να καλλιεργηθούν και σε χώρες όπως Αυστραλία, Αργεντινή, Βραζιλία κ.α. (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Είναι ένα πολυσύνθετο φυτό το οποίο βρίσκει εφαρμογές σε πολλούς τομείς(Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Γενικά, χρησιμοποιείται ως στερεό καύσιμο, υγρό καύσιμο, για τη δημιουργία ζωοτροφών, για την παραγωγή χαρτιού, στη Φαρμακοβιομηχανία και ως οργανικό λίπασμα. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα υπολείμματα του σπόρου της αγριαγκινάρας(αυτό που μένει μετά την εξαγωγή του λαδιού) περιέχουν: 50% άνθρακα, 3.8% άζωτο, 0.8% φώσφορο, 0.93% κάλιο και 5.12% στάχτη. Η αναλογία άνθρακα(C)/άζωτο (N) είναι 13:1, ενώ στις περισσότερες καλλιέργειες είναι $C/N = 40:1$. Για παράδειγμα, το άχυρο της βρώμης έχει $C/N = 80:1$, το τριφύλλι έχει $C/N = 13:1$ και ο χούμος έχει $C/N = 10:1$. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι, τα υπολείμματα της αγριαγκινάρας έχουν πολύ θετική επίδραση στο έδαφος καθώς βελτιώνουν την οργανική ουσία του εδάφους. Επειδή η καλλιέργεια της είναι πολυετής, η προετοιμασία και η σπορά του αγρού γίνεται κάθε 9 έτη περίπου. Ως καλλιέργεια χρειάζεται μεγάλη προσοχή και φροντίδα, γιατί λάθη κατά την προετοιμασία και τη σπορά είναι μη αναστρέψιμα και έχουν αρνητική επίδραση στην παραγωγικότητα και τη διάρκεια ζωής της καλλιέργειας (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.6 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διατριβή είχε ως σκοπό να μελετήσει την επίδραση διαφορετικών επιπέδων μίγματος υπολειμμάτων αγριαγκινάρας και ζεόλιθου στην αύξηση και ανάπτυξη του σκληρού σίτου (*Triticum durum*).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Τοποθεσία του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την ακαδημαϊκή περίοδο 2016-2017, στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η σπορά του σκληρού σιταριού έγινε σε γλάστρες, η κάθε μία συνολικής χωρητικότητας 7 λίτρων. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε έδαφος από την περιοχή του Βελεστίνου το οποίο και αεροξηράναμε. Το συγκεκριμένο έδαφος είναι αργιλώδες και είναι πλούσιο σε οργανική ουσία.

2.2. Πειραματικό σχέδιο

Το είδος που μελετήθηκε είναι το *Triticum durum* (κοιν. σκληρό σιτάρι). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η σπορά του σκληρού σίτου για τη διεξαγωγή του πειράματος έγινε σε γλάστρες χωρητικότητας 7 lt. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 20 γλάστρες. Υπήρχαν πέντε μεταχειρίσεις και σε κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις (Εικόνα 2.1). Κάθε μεταχείριση είχε διαφορετικό υπόστρωμα.

- Η πρώτη μεταχείριση είχε ως υπόστρωμα μίγμα εδάφους, ζεόλιθο και πούλπα αγριαγκινάρας σε ποσοστά 50 – 25 – 25 % αντίστοιχα.
- Η δεύτερη είχε έδαφος, πούλπα αγριαγκινάρας και ζεόλιθο σε ποσοστά 50 – 40 – 10 %.
- Η τρίτη είχε μεγαλύτερο ποσοστό σε έδαφος (70%) και μίγμα ζεόλιθου και πούλπα αγριαγκινάρας σε ποσοστό 15% το καθένα.
- Η τέταρτη μεταχείριση είχε μίγμα εδάφους, πούλπα αγριαγκινάρας και ζεόλιθο σε ποσοστά 70 – 25 – 5 % αντίστοιχα και
- Η τελευταία μεταχείριση η οποία αποτέλεσε και τον μάρτυρα του πειράματος είχε ως υπόστρωμα μόνο έδαφος.

Πειραματικό σχέδιο				
Μεταχειρήσεις	Επαναλήψεις			
1η (50%έδαφος,25%ζεολ.,25%αγριαγκ.)	A	B	Γ	Δ
2η (50%έδαφος,40%αγριαγκ.,10%ζεολ.)	A	B	Γ	Δ
3η (70%έδαφος,15%ζεολ.,15%αγριαγκ.)	A	B	Γ	Δ
4η (70%έδαφος,25%αγριαγκ.,5%ζεολ.)	A	B	Γ	Δ
5η Μάρτυρας (100% έδαφος)	A	B	Γ	Δ

Εικόνα 2.1: Πειραματικό σχέδιο.

2.3. Πειραματική διαδικασία

Στις 02/11/2016 τρίφτηκε το πέλετ(από την κορυφή) της αγριαγκινάρας για την δημιουργία πούλπας (Εικόνα 2.2).

Στις 09/11/2016 αναμείχθηκαν ο ζεόλιθος (κλινοπτιλόλιθος), η πούλπα αγριαγκινάρας και το έδαφος για τη δημιουργία των διαφορετικών υποστρωμάτων. Σε γλάστρες χωρητικότητας 7 λίτρων τοποθετήθηκαν τα διαφορετικά υποστρώματα. Συνολικά δημιουργήθηκαν πέντε διαφορετικά υποστρώματα (δηλαδή πέντε μεταχειρίσεις)και για κάθε μεταχείριση υπήρχαν τέσσερις επαναλήψεις. Η πέμπτη μεταχείριση (E) είχε ως υπόστρωμα μόνο έδαφος, το οποίο και αποτέλεσε τον μάρτυρα του πειράματος.

Στις 15/11/2016 έγινε η σπορά του σκληρού σίτου στις γλάστρες (τοποθετήσαμε 20 σπόρους σκληρού σίτου σε κάθε γλάστρα) και ακολούθησε η άρδυσή τους (1 λίτρο νερό σε κάθε γλάστρα).Το πότισμα των γλαστρών γινόταν όποτε το χρειάζονταν τα φυτά (περίπου 800ml ανά γλάστρα).

Στις 23/11/2016 η φυτρωτικότητα στις γλάστρες ήταν 0% ενώ στις 29/11/2016 παρατηρήσαμε φυτρωτικότητα 85% (ποσοστό βλαστικότητας στο εργαστήριο 92%).Από αυτό το σημείο και έπειτα ξεκίνησε η λήψη των παρατηρήσεων (ύψος φυτών, αδέλφωμα, κ.α.).

Στις 20/02/17 λήφθηκαν δείγματα από κάθε υπόστρωμα και τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 40-50°C για 2-3 ημέρες (έως την πλήρη ξήρανσή τους). Μετά την ξήρανση έγινε λειοτριβήση τους σε γουδί με γουδοχέρι και κοσκίνισμα σε κόσκινο με διάμετρο οπών 2mmώστε να πραγματοποιηθούν οι εργαστηριακές αναλύσεις και

μετρήσεις. Στο τέλος της περιόδου της καλλιέργειας μετρήθηκαν το συνολικό βάρος των φυτών, το βάρος ταξικαρπίας, το βάρος των φύλλων, το μήκος της ταξικαρπίας και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων.



Εικόνα 2.2: Μηχάνημα στο οποίο τοποθετήθηκε το πέλετ αγριαγκινάρας για να τριφτεί και να παραχθεί η πούλπα αγριαγκινάρας.



Εικόνα 2.3: Αριστερά: πέλετ αγριαγκινάρας. Δεξιά: πούλπα αγριαγκινάρας.



Εικόνα 2.4: Η μορφή του ζεόλιθου που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.



Εικόνα 2.5: Οι γλάστρες με τα διαφορετικά υποστρώματα (5 διαφορετικά υποστρώματα επί 4 επαναλήψεις).

2.3.1 Τα υλικά του πειράματος

Για τη δημιουργία των υποστρωμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά: πέλετ αγριαγκινάρας, το οποίο τρίφτηκε και τη δημιουργία πούλπας, αργιλώδες έδαφος και ζεόλιθος (μικρής κοκκομετρικής σύστασης). Επίσης, είκοσι πλαστικές γλάστρες χωρητικότητας 7 λίτρων η κάθε μία, όπου έγινε η σπορά του σκληρού σίτου. Και πλαστικά μπουκάλια νερού χωρητικότητας 1,5 λίτρων, τα οποία είχαν κοπεί οριζόντια σε διαφορετικό ύψος για ογκομέτρηση. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργήθηκαν οι μεζούρες για τη μέτρηση της ποσότητας πούλπας, ζεόλιθου και εδάφους που προστέθηκε σε κάθε γλάστρα. Για τις εργαστηριακές μετρήσεις

χρησιμοποιήθηκαν: Ζυγός, πλαστικοί κωνικοί σωλήνες τύπου falcon 50 ml, υδροβολέα, οριζόντιος αναδευτήρας, πεχάμετρο, πλαστικά δοχεία 120, ογκομετρικές φιάλες των 25 mL, γουδί, γουδοχέρη, κόσκινο με διάμετρο οπών 0,2 mm, κωνικές φιάλες των 500mL και φασματοφωτόμετρο ορατού – υπεριώδους.

2.3.2 Μετρήσεις

Στο εργαστήριο: Μετρήθηκαν η οξύτητα με τον προσδιορισμό του pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), ο φώσφορος κατά Olsen και η οργανική ουσία στα υποστρώματα και στην πούλπα αγριαγκινάρας.

- Για τον προσδιορισμό του pH ακολουθήθηκε η ηλεκτρομετρική μέθοδος. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Με τη χρήση ζυγού ζυγίστηκαν 10 γραμμάρια από κάθε μίγμα υποστρώματος (5 διαφορετικά υποστρώματα επί 4 επαναλήψεις 20 δείγματα συνολικά) και τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς κωνικούς σωλήνες falcon χωρητικότητας 50ml. Σε κάθε falcon μαζί με τα 10 γραμμάρια υποστρώματος προστέθηκαν με υδροβολέα 25ml απιονισμένου νερού. Τα διαλύματα αναδεύτηκαν για 15 λεπτά σε οριζόντιο αναδευτήρα. Έπειτα τοποθετήθηκαν σε ορθή στάση σε ηρεμία για μισή ώρα. Και έγινε ο προσδιορισμός του pH με τη χρήση πεχάμετρου.



Εικόνα 2.6: Αριστερά: Κωνικός πλαστικός σωλήνας τύπου falcon χωρητικότητας 50 ml. Δεξιά: Πεχάμετρο. Ανακτήθηκαν στις 23/03/2020 από <https://www.appletonwoods.co.uk/product/falcon-50ml-high-clarity-pp-centrifuge-tube->

conical-bottom-sterile-25-bag-500-case/ και <https://www.coleparmer.de/p/oakton-ph-550-benchttop-ph-meter-kits/72959>

- Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) έγινε ως εξής: Ζυγίστηκαν 30 γραμμάρια από το μίγμα υποστρώματος για κάθε μεταχείριση και τοποθετήθηκαν σε πλαστικό δοχείο (το οποίο είχε καπάκι) χωρητικότητας 120 ml. Στη συνέχεια προστέθηκαν 30 ml απιονισμένο νερό στο ίδιο δοχείο, τα δοχεία σφραγίστηκαν και έγινε ανακίνηση τους για 1 λεπτό, ώστε να ομογενοποιηθεί το διάλυμα. Αμέσως μετά έγινε η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με την εισαγωγή του ακροδέκτη του φορητού αισθητήρα στο διάλυμα υποστρώματος/νερού (μέχρι η ένδειξη στον αισθητήρα να σταθεροποιηθεί). Η τιμή που καταγράφηκε ήταν σε $\mu\text{S}/\text{cm}$. Να σημειωθεί ότι ο αισθητήρας ήταν βαθμονομημένος χρησιμοποιώντας διάλυμα KCl με 0,01 M.
- Η μέτρηση φωσφόρου έγινε με την μέθοδο του Olsen. Η διαδικασία χωρίστηκε σε δύο στάδια: (α) την εκχύλιση και (β) την ανάπτυξη κυανού χρώματος και μέτρηση. Για την εκχύλιση: Ζυγίστηκε 1g υποστρώματος (για κάθε μεταχείριση και επανάληψη) και τοποθετήθηκε σε πλαστικά φιαλίδια τύπου falcon χωρητικότητας 50 mL. Έπειτα προστέθηκαν 20 mL NaHCO_3 0,5 M (pH 8,5) και ακολούθησε ανάδευση του διαλύματος για μισή ώρα. Τέλος, το διάλυμα διηθήθηκε με αργό διηθητικό χαρτί σε πλαστικά δοχεία falcon. Η ανάπτυξη χρώματος στο «άγνωστο» δείγμα έγινε σε ογκομετρικές φιάλες των 25 mL. Ελήφθησαν 5 mL εκχυλίσματος και σε αυτά προστέθηκαν 2,5 mL αντιδραστηρίου B (ασκορβικό οξύ). Τέλος, συμπληρώθηκε απιονισμένο H_2O μέχρι τη χαραγή. Η ανάπτυξη χρώματος στο «γνωστό» δείγμα (standard) έγινε σε ογκομετρικές φιάλες των 25 mL. Σε έξι διαφορετικές φιάλες προστέθηκαν διαδοχικά 0, 0.5, 1, 2, 4 και 6 mL διαλύματος και 5 (mg^*P)/L. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν πρότυπα διαλύματα με συγκέντρωση φωσφόρου 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 και 1.2 (mg^*P)/L, αντίστοιχα. Στη συνέχεια, ελήφθησαν 5 mL διαλύματος NaHCO_3 0,5 M (pH 8.5), προστέθηκαν 2,5 mL αντιδραστηρίου B (ασκορβικό οξύ) και συμπληρώθηκε απιονισμένο H_2O

μέχρι τη χαραγή. Μετά από αναμονή 30 λεπτών για την ανάπτυξη χρώματος έγινε μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο στα 882 nm. Ο υπολογισμός του φωσφόρου έγινε από τον τύπο: Φώσφορος (mg/kg εδάφους)=(mL διαλύματος εκχύλισης * mL ογκομετρικής φιάλης) / (mL διηθήματος στην ογκομετρική φιάλη) * (A/B). Όπου A=(mg*P)/L στο εκχύλισμα (αυτό που μετρήθηκε στο φασματοφωτόμετρο) και B = βάρος υποστρώματος σε g.

- Η μέτρηση της οργανικής ουσίας έγινε κατά Walkley-Black. Αρχικά τα δείγματα από το κάθε υπόστρωμα και της πούλπας αγριαγκινάρας αποξηράθηκαν φυσικά σε αέρα. Έπειτα κονιοποιήθηκαν με γουδί και περάστηκαν από κόσκινο με διάμετρο οπών 0,2 mm. Από το κάθε δείγμα ζυγίστηκε 1 g και μεταφέρθηκε σε κωνική φιάλη των 500mL. Κατόπιν, προστέθηκαν 10mL διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ 1N και 20mL πυκνού H_2SO_4 , ανακινήθηκαν για ένα λεπτό ήπια και αφέθηκαν σε ηρεμία για 30 λεπτά. Μετά το τέλος των 30 λεπτών προστέθηκαν στην κωνική φιάλη κατά σειρά 150mL νερού, 10 mL πυκνού H_3PO_4 , 0,2 g NaFe και 1mL δείκτη διφαινυλαμίνης. Μετά την ομογενοποίησή του, το δείγμα είχε πάρει ένα σκούρο μπλε-ιώδες χρώμα. Παράλληλα, χρησιμοποιείται και τυφλό δείγμα για τον προσδιορισμό της κανονικότητας του τιτλοδότη ($FeSO_4$ 0,5N). Ο υπολογισμός του οργανικού άνθρακα γίνεται από τον τύπο:

$$\text{Οργανικός \% C} = 10 \times [(1-B)/A] * [(0,3*f)/\Gamma]$$

Όπου: **A**= τα mL του διαλύματος 0,5 N θεικού σιδήρου που καταναλώθηκαν στο τυφλό δείγμα.

B= τα mL του διαλύματος 0,5 N θεικού σιδήρου που καταναλώθηκαν για το υπό εξέταση δείγμα.

\Gamma= τα g του εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν.

0,3 = Συντελεστής μετατροπής 1 mL διαλύματος 1N $K_2Cr_2O_7$ σε άνθρακα. Ο συντελεστής περιλαμβάνει και τις μαθηματικές πράξεις αναγωγής του C σε g %.

f = Συντελεστής που αναφέρεται στο επί τις εκατό ποσοστό του άνθρακα το οποίο οξειδώνεται με την εν λόγω μέθοδο. Έχει βρεθεί ότι ισούται με 1,3.

Η επί τις εκατό περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία δίνεται από την σχέση:

$$(\% \text{ Οργανική ουσία}) = (\% \text{ C}) \times 2,0$$

Ο συντελεστής 2,0 προκύπτει από την παραδοχή ότι η οργανική ουσία περιέχει κατά μέσον όρο 50 % άνθρακα.

Παρατηρήσεις στα φυτά:

Για τις μετρήσεις που αφορούσαν το ύψος των φυτών, τον αριθμό αδελφιών, το μήκος της ταξικαρπίας και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων έγιναν τρεις δειγματοληψίες σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Σε κάθε δειγματοληψία επιλέγονταν με τυχαίο σύστημα δύο φυτά σκληρού σίτου από κάθε γλάστρα και υπολογίζονταν ο μέσος όρος αυτών. Το ύψος τους μετρήθηκε με χάρακα από τη βάση των φυτών μέχρι την κορυφή. Ενώ οι μετρήσεις που αφορούσαν το συνολικό βάρος των φυτών, το βάρος της ταξικαρπίας και το βάρος των φύλλων λήφθηκαν μία φορά κατά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των φυτών. Αντίστοιχα όπως και παραπάνω, δείγματα φύλλων, φυτών και ταξικαρπιών ελήφθησαν από δύο φυτά ανά γλάστρα, με τυχαίο σύστημα. Γενικά, για κάθε μεταχείριση λαμβάνονταν μετρήσεις από οχτώ φυτά (κάθε γλάστρα ήταν μια επανάληψη και κάθε μεταχείριση είχε τέσσερις επαναλήψεις).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Εργαστηριακές μετρήσεις

3.1.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα και pH

Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα τα δείγματα της πέμπτης μεταχείρισης, τα οποία ήταν ο μάρτυρας του πειράματος (100% έδαφος), είχαν υψηλότερες τιμές pH (pH= 8-8,2) από τις λοιπές μεταχειρίσεις (pH= 6,5-7,4). Επίσης, τα δείγματα της πρώτης και της δεύτερης μεταχείρισης είχαν τις χαμηλότερες τιμές pH. Αυτές οι δύο μεταχειρίσεις ήταν τα υποστρώματα με ποσοστά (50% έδαφος, 25% ζεόλιθος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας) η 1^η και (50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας, 10% ζεόλιθος) η 2^η μεταχείριση. Η πούλπα αγριαγκινάρας σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις είχε ελαφρώς όξινο προς ουδέτερο pH (pH=6,02). Αυτό εξηγεί τη μείωση του pH στις μεταχειρίσεις όπου εφαρμόστηκε πούλπα αγριαγκινάρας, ιδιαίτερα στην πρώτη και στη δεύτερη μεταχείριση. Το σκληρό σιτάρι αναπτύσσεται καλύτερα σε εδάφη με pH 6,7-7,8. Επομένως, η προσθήκη της πούλπας αγριαγκινάρας μείωσε τις τιμές του pH σε επίπεδα όπου η καλλιέργεια ευδοκίμει περισσότερο. Οι χαμηλές τιμές pH ευνοούν την αποσάθρωση των ορυκτών και την απελευθέρωση θρεπτικών ιόντων, όπως K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} . Επιπλέον, αυξάνεται η διαλυτότητα των ανθρακικών, θεικών και φωσφορικών αλάτων στο έδαφος. Επιπροσθέτως, σύμφωνα με έρευνες φαίνεται ότι η δραστηριότητα διαφόρων μικροοργανισμών επηρεάζεται σημαντικά από το εδαφικό pH. Για παράδειγμα, τα ποσά των νιτρικών που προκύπτουν με την νιτροποίηση του NH_4^+N από τους *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* είναι πιο έντονη σε ουδέτερα pH και λιγότερη σε όξινα.

Όσον αφορά στα αποτελέσματα από τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας υπήρξε μια μικρή μεταβολή στις τιμές της, συγκριτικά με τον μάρτυρα, στα υποστρώματα της 1^{ης} και 3^{ης} μεταχείρισης. Στην πρώτη μεταχείριση μειώθηκαν οι τιμές ενώ στην τρίτη αυξήθηκαν ελάχιστα. Όμως η διακύμανση των τιμών ήταν μεγάλη για να προκύψουν ακριβή συμπεράσματα. Γενικά το εύρος των τιμών που καταγράφηκε κυμαίνονταν από 186-534 $\mu S/cm$. Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην πούλπα αγριαγκινάρας ήταν 127,3 $\mu S/cm$. Να σημειωθεί ότι στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I) οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δίνονται σε: mho/m ή (S/m). Επειδή όμως οι τιμές της είναι πολύ μικρές συχνά χρησιμοποιείται σαν μονάδα

μέτρησης το ($\mu\text{S}/\text{cm}$) μικροSiemens ανά cm . (Για υπολογιστικούς λόγους $1 \text{ dS}/\text{m} = 1 \text{ mS}/\text{cm} = 1,000 \mu\text{S}/\text{cm}$).

Πίνακας 3.1: Οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε $\mu\text{S}/\text{cm}$ για κάθε μεταχείριση (υπόστρωμα). Όπου 1^η μεταχείριση: υπόστρωμα (50% έδαφος, 25% ζεόλιθος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας), 2^η: υπόστρωμα (50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας, 10% ζεόλιθος), 3^η: υπόστρωμα (70% έδαφος, 15% ζεόλιθος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας), 4^η: υπόστρωμα (70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 5% ζεόλιθος) και 5^η: Μάρτυρας (υπόστρωμα 100% έδαφος).

Plot	Block (μεταχείριση)	pH	Ηλεκτρική αγωγιμότητα
1	1 ^η	6,77	185,8
2	1 ^η	6,72	200,6
3	1 ^η	6,78	345,4
4	1 ^η	6,72	372,1
5	2 ^η	6,51	383,3
6	2 ^η	6,68	409,3
7	2 ^η	6,63	588,4
8	2 ^η	6,64	596,9
9	3 ^η	7,3	562,9
10	3 ^η	7,41	534,3
11	3 ^η	7,21	513
12	3 ^η	7,38	504,7
13	4 ^η	7,23	499,8
14	4 ^η	7,04	490,5
15	4 ^η	7,22	472,4
16	4 ^η	7,05	485,2
17	5 ^η	8,09	481,3
18	5 ^η	8,04	461,2
19	5 ^η	8,14	456,2
20	5 ^η	8,24	423,9

Συγκρίνοντας τις τιμές του Πίνακα 3.1 με τον Πίνακα 3.2 μπορούμε να κατατάξουμε τα υποστρώματα όλων των μεταχειρίσεων ως καθόλου αλατούχα ($\text{EC} < 2 \text{ dS}/\text{m}$). Κατάλληλα για την καλλιέργεια σκληρού σίτου είναι εδάφη με τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας μικρότερες από $7 \text{ dS}/\text{m}$, καθώς πάνω από αυτό το όριο παρατηρείται μείωση της απόδοσης. Όμως, τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας χαμηλότερες από ένα κατώτερο όριο δείχνουν ότι η περιεκτικότητα σε ορισμένα

θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής. Αντίστοιχα, πολύ υψηλές τιμές πάνω από ένα ανώτατο όριο σημαίνουν ότι η συνολική περιεκτικότητα του διαλύματος σε άλατα (θρεπτικών στοιχείων και μη) είναι τόσο μεγάλη, ώστε τα φυτά υφίστανται αλατούχο καταπόνηση.

Πίνακας 3.2: Χαρακτηρισμός εδάφους ανάλογα με τα επίπεδα αλάτων και την αγωγιμότητα(Πηγή:UnitedStatesDepartmentofAgricultureNaturalRecoursesConservationService).

Επίπεδο αλατότητας	Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mS/cm)
Καθόλου	0 ως <2
Ελάχιστη	2 ως <4
Ελαφρώς	4 ως <8
Μέτρια	8 ως <16
Έντονη	≥16

3.1.2 Οργανική ουσία

Στον Πίνακα 3.3 φαίνονται οι μετρήσεις της οργανικής ουσίας σε δείγματα που λήφθηκαν από την πούλπα αγριαγκινάρας και από την κάθε μεταχείριση. Η πούλπα αγριαγκινάρας είναι πλούσια σε οργανική ουσία (OM). Σε μάζα πούλπας ίση με 0,05 γραμμάρια, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία ήταν 57%. Ενώ, στα δείγματα εδάφους (μάρτυρας πειράματος) ήταν 7-9%. Στο υπόστρωμα της πρώτης μεταχείρισης, το οποίο περιείχε έδαφος, πούλπα αγριαγκινάρας και ζεόλιθο (σε ποσοστά 50-25-25% αντίστοιχα) η οργανική ουσία ήταν 12-16%. Στην δεύτερη μεταχείριση (υπόστρωμα: 50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας και 10% ζεόλιθος),όπου προστέθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα πούλπας αγριαγκινάρας, εμφανίστηκε η υψηλότερη περιεκτικότητα σε OM, η οποία ήταν 17-21%. Τα δείγματα της τρίτης μεταχείρισης (υπόστρωμα:70% έδαφος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας και 15% ζεόλιθος) είχαν περιεκτικότητα σε OM ίση με 10%. Τέλος, στην τέταρτη μεταχείριση(υπόστρωμα: 70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας και 5% ζεόλιθος) η OM κυμαίνονταν από 8 μέχρι 13%. Συμπερασματικά, η εφαρμογή πούλπας αγριαγκινάρας στο έδαφος αύξησε τα επίπεδα της οργανικής ουσίας. Όσο μεγαλύτερο ήταν το ποσοστό σε πούλπα που εφαρμόστηκε στα υποστρώματα τόσο αυξανόταν και η περιεκτικότητα σε OM. Ακόμη, παρόλο που η πρώτη και η τέταρτη μεταχείριση είχαν στο υπόστρωμα το ίδιο ποσοστό σε πούλπα αγριαγκινάρας (25%),

εμφάνισαν διαφορετική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Στην πρώτη ήταν 12-16%, ενώ στην τέταρτη μεταχείριση 8-13%.

Πίνακας 3.3: Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία για κάθε μεταχείριση (υπόστρωμα). Όπου Α: υπόστρωμα (50% έδαφος, 25% ζεόλιθος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας), Β: υπόστρωμα (50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας, 10% ζεόλιθος), Γ: υπόστρωμα (70% έδαφος, 15% ζεόλιθος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας), Δ: υπόστρωμα (70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 5% ζεόλιθος) και Ε: Μάρτυρας (υπόστρωμα 100% έδαφος).

Οργανική ουσία				
Δείγματα	mL FeSO₄	Μάζα εδάφους (g)	OC%	ΟΜ
Blanc	14,00			
Πούλπα αγκινάρας	5,50	0,05	33,15	57,16
Λευκό	23,40			
A1	15,40	0,20	7,80	13,45
A2	15,10	0,20	8,09	13,95
A3	16,00	0,21	6,87	11,85
A4	14,00	0,20	9,17	15,80
B1	10,80	0,20	12,29	21,18
B2	12,40	0,21	10,21	17,61
B3	13,00	0,20	10,14	17,48
B4	10,70	0,21	11,79	20,33
Γ1	17,00	0,21	5,94	10,25
Γ2	17,20	0,21	5,76	9,93
Γ3	17,30	0,21	5,66	9,77
Γ4	17,20	0,21	5,76	9,93
Δ1	18,40	0,22	4,43	7,64
Δ2	15,00	0,21	7,80	13,45
Δ3	15,50	0,20	7,70	13,28
Δ4	16,20	0,21	6,69	11,53
E1	19,00	0,22	3,90	6,72
E2	18,80	0,20	4,49	7,73
E3	18,20	0,20	5,07	8,74
E4	18,40	0,20	4,88	8,41

3.1.3 Αποτελέσματα μέτρησης φωσφόρου

Τα αποτελέσματα από τον προσδιορισμό του φωσφόρου (P) για τα δείγματα της κάθε μεταχείρισης και της πούλλας αγριαγκινάρας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4. Η περιεκτικότητα της πούλλας αγριαγκινάρας σε φώσφορο ήταν 207,5 mg/Kg εδάφους. Σε κάθε μεταχείριση υπήρχε μεγάλη διακύμανση μεταξύ των τιμών, ωστόσο η περιεκτικότητα κάθε υποστρώματος σε φώσφορο διέφερε μεταξύ των μεταχειρίσεων. Υπολογίζοντας κατά μέσο όρο τη συγκέντρωσή του, σε κάθε μεταχείριση έχουμε τα εξής αποτελέσματα: η πρώτη μεταχείριση είχε 48 mg P/Kg εδάφους, η δεύτερη είχε 44 mg P/Kg εδάφους, η τρίτη είχε 25 mg P/Kg εδάφους, η τέταρτη είχε 43 mg P/Kg εδάφους και η πέμπτη μεταχείριση (μάρτυρας) είχε μόλις 15 mg P/Kg εδάφους. Συνεπώς, η προσθήκη πούλλας αγριαγκινάρας αύξησε τα επίπεδα του φωσφόρου. Στην 1^η, 2^η και 4^η μεταχείριση παρουσιάστηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις σε P, διότι σε αυτές είχαν εφαρμοστεί τα υψηλότερα ποσοστά σε πούλλα αγριαγκινάρας. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, ο φώσφορος αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών, καθώς συντελεί στην ταχεία ανάπτυξη των φυτών και την πρόιμη ωρίμανση (McKenzieetal., 2000). Αντιθέτως, η έλλειψη φωσφόρου μειώνει την ανάπτυξη και το αδελφωμα στα σιτηρά. Επομένως, η προσθήκη πούλλας αγριαγκινάρας βοηθάει σημαντικά στην αύξηση του φωσφόρου στο έδαφος και κατ' επέκταση στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών. Τέλος, επειδή ο φώσφορος έχει την ικανότητα να δεσμεύεται στο έδαφος και να απελευθερώνεται σταδιακά, η προσθήκη ζεόλιθου συμβάλλει θετικά στην πρόσληψή του από τα φυτά.

Πίνακας 3.4: Η περιεκτικότητα σε φώσφορο για κάθε μεταχείριση (υπόστρωμα). Όπου Α: 1^η μεταχείριση, υπόστρωμα (50% έδαφος, 25% ζεόλιθος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας), Β: 2^η μεταχείριση, υπόστρωμα (50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας, 10% ζεόλιθος), Γ: 3^η μεταχείριση, υπόστρωμα (70% έδαφος, 15% ζεόλιθος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας), Δ: 4^η μεταχείριση, υπόστρωμα (70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 5% ζεόλιθος) και Ε: 5^η μεταχείριση, Μάρτυρας (υπόστρωμα 100% έδαφος)

Φώσφορος				
ΔΕΙΓΜΑ	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	ppm P (mg/L)	mg P/ kgεδάφους	μάζα εδάφους (g)
ΠΟΥΛΠΑ πριν την ανακίνηση	0,110	0,09	18,23	1,02
ΠΟΥΛΠΑ μετά την ανακίνηση	1,110	1,06	207,53	1,02
A1	0,254	0,27	53,21	1,00
A2	0,212	0,20	54,39	0,72
A3	0,167	0,12	21,53	1,12
A4	0,309	0,36	61,73	1,16
B1	0,233	0,23	43,57	1,06
B2	0,385	0,49	89,83	1,08
B3	0,440	0,58	115,41	1,00
B4	0,344	0,42	75,73	1,10
Γ1	0,177	0,14	24,51	1,12
Γ2	0,262	0,28	49,90	1,12
Γ3	0,127	0,05	10,52	1,02
Γ4	0,377	0,47	90,72	1,04
Δ1	0,243	0,25	42,70	1,16
Δ2	0,290	0,33	60,41	1,08
Δ3	0,216	0,20	36,82	1,10
Δ4	0,197	0,17	31,04	1,10
E1	0,142	0,08	14,86	1,06
E2	0,185	0,15	26,43	1,14
E3	0,153	0,10	18,33	1,06
E4	0,242	0,25	43,15	1,14

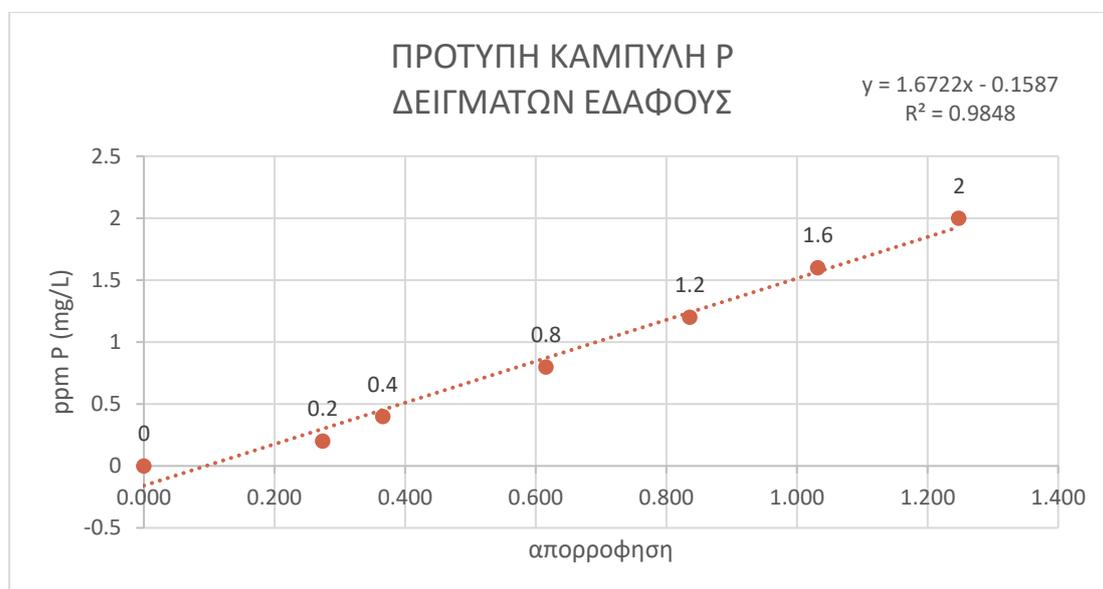
Πίνακας 3.5 και 3.6:

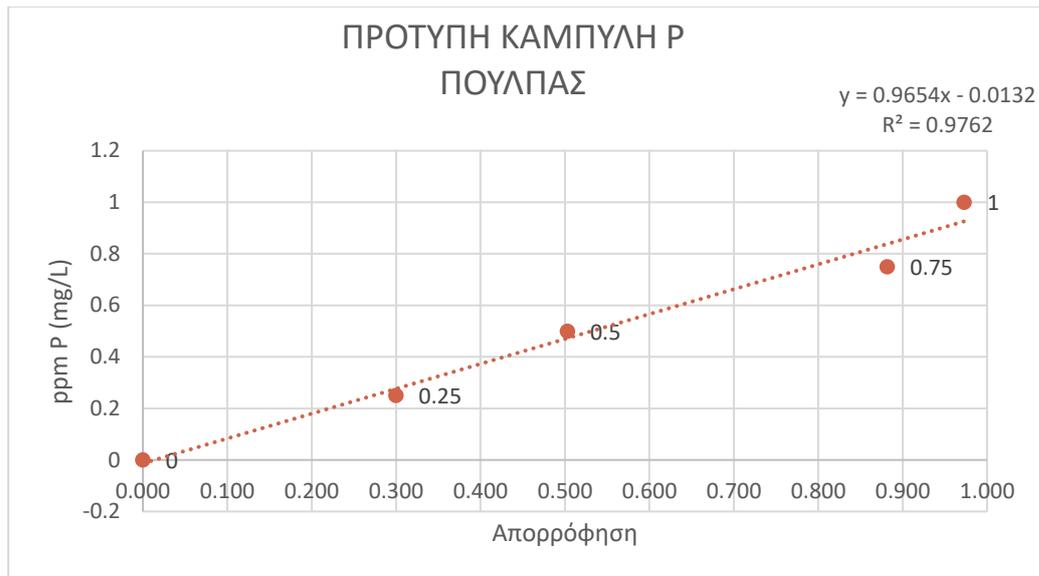
Τα πρότυπα με τα οποία έγινε η μέτρηση των δειγμάτων του εδάφους και της πούλπας

ΠΡΟΤΥΠΑ ΟΤΑΝ ΕΓΙΝΕ Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ	
ppm (mg/L)	ένδειξη οργάνου
0	0,000
0,2	0,274
0,4	0,366
0,8	0,616
1,2	0,836
1,6	1,032
2	1,248

ΠΡΟΤΥΠΑ ΟΤΑΝ ΕΓΙΝΕ Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΥΛΠΑΣ	
ppm (mg/L)	ένδειξη οργάνου
0	0,000
0,25	0,300
0,5	0,503
0,75	0,882
1	0,973

Πρότυπες καμπύλες P δειγμάτων εδάφους και πούλπα αγριαγκινάρας, αντίστοιχα.





3.2 Παρατηρήσεις στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών

Οι παρατηρήσεις που αφορούσαν το ύψος των φυτών, τον αριθμό αδελφιών, το μήκος της ταξικαρπίας και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων λήφθηκαν σε τρεις δειγματοληψίες σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Στις Εικόνες 3.1 μέχρι 3.4 φαίνεται η πορεία της ανάπτυξης των φυτών σκληρού σίτου για την κάθε μεταχείριση.



Εικόνα 3.1: Ανάπτυξη φυτών σκληρού σίτου 2 μήνες μετά τη σπορά. Η πρώτη στήλη αριστερά είναι η πρώτη μεταχείριση, η δεύτερη στήλη είναι η δεύτερη μεταχείριση κ.ο.κ. (Λήψη φωτογραφίας στις 18/01/17).



Εικόνα 3.2: Ανάπτυξη φυτών σκληρού σίτου 3 μήνες μετά τη σπορά. Η πρώτη στήλη αριστερά είναι η πρώτη μεταχείριση, η δεύτερη στήλη είναι η δεύτερη μεταχείριση κ.ο.κ. (Λήψη φωτογραφίας στις 20/02/17).



Εικόνα 3.3: Ανάπτυξη φυτών σκληρού σίτου 4 μήνες σχεδόν μετά τη σπορά. Η πρώτη στήλη αριστερά είναι η πρώτη μεταχείριση, η δεύτερη στήλη είναι η δεύτερη μεταχείριση κ.ο.κ. (Λήψη φωτογραφίας στις 08/03/17).

Όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες τα φυτά της τρίτης, τέταρτης και πέμπτης (μάρτυρας) μεταχείρισης αναπτύχθηκαν ικανοποιητικά. Ειδικότερα, στην τρίτη (υπόστρωμα: 70% έδαφος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας, 15% ζεόλιθο) και στην τέταρτη μεταχείριση (υπόστρωμα: 70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 5% ζεόλιθος) παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη αύξηση και ανάπτυξη. Αντίθετα, τα φυτά της

πρώτης και δεύτερης μεταχείρισης δεν είχαν καλή ανάπτυξη παρόλο που η οργανική τους ουσία ήταν υψηλή. Η πρώτη μεταχείριση είχε ως υπόστρωμα έδαφος, πούλπα αγριαγκινάρας και ζεόλιθο σε ποσοστά 50-25-25% αντίστοιχα, και η δεύτερη σε ποσοστά 50-40-10%. Η μικρή κοκκομετρία που είχε ο ζεόλιθος που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος μαζί με την προσθήκη της αγριαγκινάρας σε μορφή πούλπας, οδήγησαν σε ‘τσιμεντοποίηση’ του υποστρώματος. Το υπόστρωμα έγινε πολύ συμπαγές, με αποτέλεσμα την αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών.

Στον Πίνακα 3.4 δίνονται οι παρατηρήσεις που αφορούσαν τον αριθμό των αδελφιών, το στάδιο ανάπτυξης (αριθμός φύλλων) και την εμφάνιση ή μη της ταξιανθίας (ξεστάχασμα). Οι παρατηρήσεις αυτές λήφθηκαν 4 μισή μήνες μετά τη σπορά. Τα περισσότερα αδέλφια παρατηρήθηκαν στα φυτά της 3^{ης} μεταχείρισης (υπόστρωμα: 70% έδαφος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας και 15% ζεόλιθος). Αντίθετα, στην 2^η μεταχείριση εμφανίστηκαν κατά μέσο όρο ένα αδέλφι σε κάθε φυτό. Γενικά σαν συνολική εικόνα τα φυτά της 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} μεταχείρισης (μάρτυρας) είχαν την καλύτερη ανάπτυξη συγκριτικά με τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις και αυτό συνέβη λόγω της υψηλής οργανικής ουσίας που περιέχει η πούλπα αγριαγκινάρας αλλά και ο μάρτυρας (100% έδαφος). Βέβαια, σημαντικό ρόλο παίζει και η αναλογία του υποστρώματος καθώς στην 3^η και 4^η μεταχείριση το έδαφος ήταν μεγαλύτερο σε ποσοστό και η συμβολή του ζεόλιθου με την πούλπα αγριαγκινάρας μικρότερη. Στην πρώτη μεταχείριση, όπου το υπόστρωμα αποτελούταν από 50% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας και 25% ζεόλιθου και στην δεύτερη μεταχείριση, όπου το υπόστρωμα αποτελούταν από 50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας και 10% ζεόλιθο, τα φυτά σκληρού σίτου δεν είχαν ικανοποιητική ανάπτυξη.

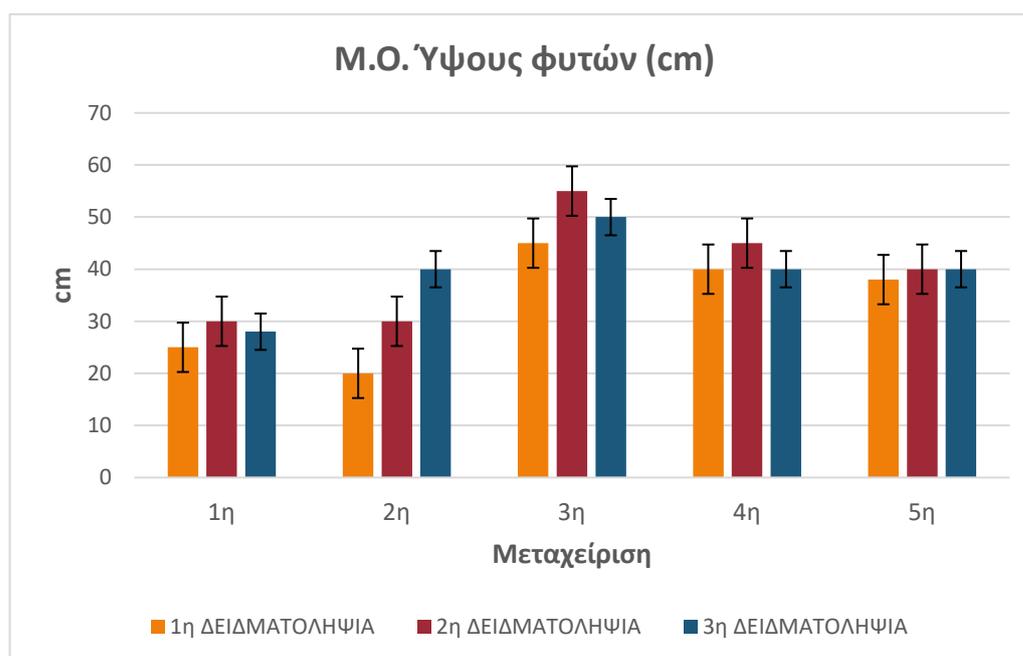
Πίνακας 3.4: Αριθμός αδελφιών, στάδιο ανάπτυξης και έκπτυξη ταξιανθίας (ξεστάχυσμα) για κάθε μεταχείριση στις 31/03/2017. Όπου 1^η μεταχείριση: υπόστρωμα (50% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 25% ζεόλιθος), 2^η: υπόστρωμα (50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας, 10% ζεόλιθος), 3^η: υπόστρωμα (70% έδαφος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας, 15% ζεόλιθος), 4^η: υπόστρωμα (70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 5% ζεόλιθος) και 5^η: Μάρτυρας (υπόστρωμα 100% έδαφος).

Plot	Block (μεταχείριση)	Αδέλφωμα	Στάδιο ανάπτυξης	Ξεστάχυσμα
1	1 ^η	2	7ο φύλλο	εμφάνιση στάχews
2	1 ^η	1	7ο φύλλο	όχι εμφάνιση στάχews
3	1 ^η	4	7ο φύλλο	έναρξη ξεσταχυσματος
4	1 ^η	1	5ο φύλλο	όχι ξεστάχυσμα
5	2 ^η	1	6ο φύλλο	εμφάνιση στάχews
6	2 ^η	1	5ο φύλλο	εμφάνιση στάχews
7	2 ^η	1	5ο φύλλο	όχι εμφάνιση στάχews
8	2 ^η	2	6ο φύλλο	εμφάνιση στάχews
9	3 ^η	4	6ο φύλλο	όχι εμφάνιση στάχews
10	3 ^η	4	7ο φύλλο	Ξεσταχυσμα
11	3 ^η	3	6ο φύλλο	όχι ξεστάχυσμα
12	3 ^η	4	6ο φύλλο	Ξεσταχυσμα
13	4 ^η	3	7ο φύλλο	εμφάνιση στάχews
14	4 ^η	3	5ο φύλλο	όχι εμφάνιση στάχews
15	4 ^η	3	6ο φύλλο	εμφάνιση στάχews
16	4 ^η	4	6ο φύλλο	Ξεσταχυσμα
17	5 ^η	3	5ο φύλλο	Ξεσταχυσμα
18	5 ^η	3	6ο φύλλο	Ξεσταχυσμα
19	5 ^η	3	6ο φύλλο	Ξεσταχυσμα
20	5 ^η	3	5ο φύλλο	Ξεσταχυσμα

Όπως προαναφέρθηκε, η μικρόμετρία του ζεόλιθου και η μορφή της αγριαγκινάρας σε μορφή πούλπας έκαναν το υπόστρωμα πολύ συμπαγές σαν τσιμέντο. Παρόμοια εικόνα εμφάνισαν και τα αποτελέσματα που αφορούσαν το ύψος των φυτών (Πίνακας 3.5). Με εξαίρεση τα φυτά της 3^{ης} μεταχείρισης στα οποία καταγράφηκε το μεγαλύτερο ύψος.

Πίνακας 3.4: Μέσοι όροι ύψους φυτών σκληρού σίτου σε κάθε μεταχείριση. Όπου 1^η μεταχείριση: υπόστρωμα (50% έδαφος, 25% ζεόλιθος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας), 2^η: υπόστρωμα (50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας, 10% ζεόλιθος), 3^η: υπόστρωμα(70% έδαφος, 15% ζεόλιθος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας), 4^η:υπόστρωμα (70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 5% ζεόλιθος) και 5^η: Μάρτυρας (υπόστρωμα 100%έδαφος)

Μ.Ο. ΥΨΟΥΣ ΦΥΤΩΝ (cm)					
Δειγματοληψία	BLOCK (μεταχείριση)				
	1^η	2^η	3^η	4^η	5^η
1η	25	20	45	40	38
2η	30	30	55	45	40
3η	28	40	50	40	40



Σχήμα 3.1: Η εξέλιξη του μέσου όρου του ύψους των φυτών σκληρού σίτου μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία. ΜΟ±sd (1)

Πίνακας 3.5: Στο τέλος της περιόδου της καλλιέργειας μετρήθηκαν το συνολικό βάρος των φυτών, το βάρος ταξικαρπίας, το βάρος των φύλλων, το μήκος της ταξικαρπίας και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων σε κάθε μεταχείριση. Όπου 1^η μεταχείριση: υπόστρωμα (50 % έδαφος, 25% ζεόλιθος και 25% πούλπα αγριαγκινάρας), 2^η: υπόστρωμα (50 % έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας και 10% ζεόλιθος), 3^η: υπόστρωμα (70% έδαφος, 15 % ζεόλιθος και 15% πούλπα αγριαγκινάρας) 4^η: υπόστρωμα (70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας και 5% ζεόλιθος) και 5^η: Μάρτυρας (υπόστρωμα 100% έδαφος).

Plot	Block (μεταχείριση)	Βάρος ταξικαρπίας (g)	Βάρος φύλλων (g)	Βάρος στελεχών (g)	Συνολικό βάρος (g)	Μήκος ταξικαρπίας (cm)	Μεσογονάτιο (cm)
1	1 ^η	2,7	0,5	0,7	4,3	12	4
2	1 ^η	0,5	0,3	0,8	1,8	6	6
3	1 ^η	1,1	1,1	0,4	3,2	13	7
4	1 ^η	0,4	0,4	0,4	1,2	8	5
5	2 ^η	0,1	0,4	0,1	0,6	5	4
6	2 ^η	0,1	0,4	0,1	0,6	5	8
7	2 ^η	Δεν έχει	0	0,1	0,1	Δεν έχει	2
8	2 ^η	1,9	0,5	1,9	4,1	9	10
9	3 ^η	Δεν έχει	0,5	0,8	1,4	Δεν έχει	6
10	3 ^η	0,7	1,3	1,5	3,7	6	5
11	3 ^η	0,5	1,3	2,6	4,8	5	13
12	3 ^η	1,2	0,6	1,4	4,3	15	12
13	4 ^η	0,7	0,9	1,6	3,4	8	6
14	4 ^η	0,5	1,2	1,9	3,8	13	9
15	4 ^η	0,5	1,1	2,4	4,8	12	9
16	4 ^η	1	0,8	0,9	3,2	13	6
17	5 ^η	0,6	0,5	0,5	2,1	8	2
18	5 ^η	1	0,6	1,6	3,9	9	4
19	5 ^η	1,9	0,5	1,7	4,9	10	9
20	5 ^η	1,4	0,7	1,2	3,6	10	8

3.3 Στατιστική Ανάλυση:

Το πείραμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν **μονοπαραγοντικό** (υπόστρωμα ανάπτυξης) και ακολουθήθηκε το σχέδιο των **Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων**. Για το πείραμα είχαμε 5 διαφορετικές επεμβάσεις με 16 φυτά για κάθε επέμβαση και επανάληψη.

Για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε η **Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά**.

Για τη στατιστική ανάλυση και επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το **στατιστικό πρόγραμμα GENSTAT**.

Μεταβλητές Παράγοντες	EC	pH	P	ΟΡΓ ΟΥΣΙΑ	ΥΨΟΣ	ΦΥΛΛΑ	ΒΛΑΣΤΟΙ	ΒΑΡΟΣ ΣΤΑΧΕΩΣ	ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΧΕΩΣ	ΣΥΝΟΛ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΟΥ	
Υπόστρωμα	A	276	6.748	47.7	13.76	35	2.9	2.88	5.88	9,75	11,6
	B	494	6.616	81.1	19.15	27	1.6	2.75	2.62	4,75	7
	Γ	529	7.325	43.9	9.97	45	4.6	7.88	3	6,5	15,5
	Δ	487	7.135	42.7	11.47	48,8	5	8.50	3.88	11,5	16,9
	E	456	8.128	25.7	7.90	38,8	8.5	6.25	6.12	9,25	20,9
ΕΣΔ ₀₅	105.1	0.1371	ns	2.744	12,4 9	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11.6	1.2	47.1	14.3	20,8	67	57	85	22.4	22,3	

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα συνολικά αποτελέσματα που αφορούσαν τις εργαστηριακές μετρήσεις και τις μετρήσεις αγρού προκύπτει ότι, η προσθήκη πούλπας αγριαγκινάρας και ζεόλιθου στο έδαφος, αύξησε την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και σε φώσφορο. Επίσης, η πούλπα αγριαγκινάρας μείωσε το pH και την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα υποστρώματα. Ο μάρτυρας του πειράματος που είχε ως υπόστρωμα 100% έδαφος είχε pH= 8-8,2, ενώ οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις είχαν pH= 6,5-7,4 το οποίο είναι πιο ευνοϊκό για την ανάπτυξη του σίτου. Επομένως, η πούλπα αγριαγκινάρας και ο ζεόλιθος μπορούν να αυξήσουν την γονιμότητα του εδάφους και να βελτιώσουν τα εδάφη.

Οι παρατηρήσεις αγρού που λήφθηκαν από τα φυτά σκληρού σίτου έδειξαν βέλτιστη ανάπτυξη σε φυτά της 3^{ης} και 4^{ης} μεταχείρισης λόγω οργανικής ουσίας αλλά και για τον λόγο ότι οι αναλογίες ζεόλιθου, πούλπα αγριαγκινάρας και έδαφος ήταν ιδανικότερες, έτσι αποφύγαμε τη δημιουργία ενός συμπαγούς στρώματος. Έπειτα με μικρή διαφορά ακολουθεί η 5^η μεταχείριση. Η τρίτη είχε ως υπόστρωμα (70% έδαφος, 15% πούλπα αγριαγκινάρας και 15% ζεόλιθο) και η τέταρτη (70% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας και 5% ζεόλιθο). Στην 1^η και στην 2^η μεταχείριση, οι οποίες είχαν ως υποστρώματα (50% έδαφος, 25% πούλπα αγριαγκινάρας, 25% ζεόλιθο) και (50% έδαφος, 40% πούλπα αγριαγκινάρας, 10% ζεόλιθο) αντίστοιχα, τα υλικά 'τσιμέντωσαν'. Παρόλο που στη δεύτερη μεταχείριση η οργανική ουσία είναι αρκετά υψηλή αυτό είχε αρνητική επίπτωση στην ανάπτυξη των φυτών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην επιλογή κοκκομετρίας ζεόλιθου. Σε βαριά εδάφη προτιμάται ζεόλιθος με τη μορφή χαλικιού (2,5- 5 χιλιοστά).

Συμπερασματικά, η εφαρμογή πούλπας αγριαγκινάρας και ζεόλιθου επιδρά θετικά στον ρυθμό αύξησης και ανάπτυξης σε φυτά σκληρού σίτου. Αυξάνει την γονιμότητα του εδάφους, τη δέσμευση θρεπτικών από τα φυτά και συνολικά στην αύξηση και ανάπτυξή τους. Όμως, πρέπει να εφαρμόζονται σε κατάλληλες αναλογίες για να μην αλλάζουν τη δομή του εδάφους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πολύ συμπαγούς υποστρώματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση:

Δαναλάτος Ν.,2005. “Σημειώσεις ειδικής γεωργίας Ι” (χειμερινά σιτηρά και καρποδοτικά ψυχανθή), Βόλος

Δαναλάτος Ν. και Αρχοντούλης Σ., 2008. Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων, αγριαγκινάρας, ηλιάνθου και σόργου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Καραμάνος Α. 1992. Τα σιτηρά των Εύκρατων Κλιμάτων. Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών. Αθήνα.

Κεραμίδας Ζ.Β, 1989.Σημειώσεις γονιμότητας εδαφών. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Μετζάκης, Δ. 1998. Ειδική Γεωργία Ι-Σιτηρά. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής. Τ.Ε.Ι. Ηπείρου. Άρτα.

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ., 2012. Ειδική Γεωργία, Σιτηρά και Ψυχανθή. Θεσσαλονίκη:Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Σφήκας Α., 1995, Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων: Θεσσαλονίκη.

Τσαμπάζη Μ., Ταταροπούλου Σ., Τσιβελίκας Α. Λ., Νίνου Ε., Μυλωνάς Ι. Γ. Ράλλη Π., Κοτζαμανίδης Κ., Ευγενίδης Γ., Παλάτος, Γ., Μπλαδενόπουλος Κ., 2010. Μελέτη της συμπεριφοράς εμπορικών ποικιλιών σκληρού σίτου (*Triticum turgidum* L.). Πρακτικά 13ου συνεδρίου της Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Γενετικής Βελτίωσης των Φυτών, Καλαμάτα.

Τσαπικούνης Φ., 1997. Θρέψη - Λίπανση των φυτών, Β' μέρος. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.

Τσιραμπίδης Α.Ε., 1991. Μελέτη των ζεολιθοφόρων ημιστειοκλαστικών ιζημάτων των Μεταξάδων Έβρου. Ορυκτός πλούτος. 72:41-48.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων Υπ.Α.Α.Τ., 2007. Προοπτικές ανάπτυξης οσπρίων και κτηνοτροφικών φυτών, Ενημερωτικά φυλλάδια με βάσεις προτάσεις και συμπεράσματα Περιφερειακών μελετών νέας Κ.Α.Π.. Ανακτήθηκε

10/02/2020, από http://www.minagric.gr/images/stories/docs/ypourgeio/dimosieyseis-Arthra/meleti_gia_Nea_KAP/filadia_fytikis/KTHNOTROFIKA_FYTA.pdf

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων Υπ.Α.Α.Τ., 2018. Στατιστικά στοιχεία για τα δημητριακά, Φυτική παραγωγή, Σιτηρά. Ανακτήθηκε 10/02/2020, από http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Dimitriaka/isoz_sitira2015_2016.pdf

Φολίνας, Ν. 1990. Φυτά μεγάλης καλλιέργειας Ι. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα.

Ξενόγλωσση:

Bozzini A., 1988. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In Fabriani G and Lintas C (ed). Durum: Chemistry and Technology. AACC, Minnesota, USA. pp 1-16

Brudberry D., M.M. MacMasters, and CullI.M., 1956. Structure of the mature wheat kernel, II. Microscopic structure of pericarp seed coat and other covering of the endosperm and gem of hard red winter wheat. Cereal Chem. 33:342-360.

Campbell L.D., B.O Eggum and JacobsenI., 1981. Biological value, amino acid availability and true metabolizable energy of low-glucosinolate rapeseed meal (canola) determined with rats and/or roosters. Nutr. Rep. Int. 24 (4): 791-798

Curtis B.C., 2002. Wheat in the world. In: Bread Wheat, Improvement and Production. Plant Production and Protection Series, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAOSTAT, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. Ανακτήθηκε 08/02/2020, από<http://faostat.fao.org/>

Fowler D.B. 1982. Date of seeding, fall growth, and winter survival of winter wheat and rye. Agron. J. 74:1060-1063.

Fowler D.B. and EntzM.H., 1989. Response of winter wheat to N and water: Growth, water use, yield and grain protein. Canadian. Journal Plant Science 69:1135–1147.

- Gallagher J.N., P.V. Biscoe and HunterB., 1976. Effects of drought on grain growth. *Nature*. 264. pp. 541–542.
- Hamblin, J., D. Tennant and DerryM.W., 1990. The cost of stress: Dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. *Plant Soil*. 122: 47-58.
- Huang Z.T. and Petrovic, 1994. Soil processes and chemical transport, clinoptilolite zeolite influence leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand based golf greens *J. Environ. Qual.* Vol:23.
- Lafond G.P., and FowlerD.B., 1989. Soil temperature and water content, seeding depth and simulated rainfall effects on winter wheat emergence. *Agron. J.* 81: 609–614.
- Langer R.H.M., 1980. The dynamics of wheat yield. *New Zealand Wheat Review* 1979: 32-40.
- Leonard W.H., and MartinJ.H.,1963. *Cereal Crops*. Macmillan and Co. London. pp. 449-603.
- Loeppky H. A., G. P. Lafond, and FowlerD. B., 1989. Seeding depth in relation to plant development. winter survival and yield of no-till winter wheat. *Agron. J.* 81: 125–129.
- López-Bellido L., J.E. Castillo, M. Fuentes and LópezGarridoF.J., 1998. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Research* p. 3671.
- McKenzie R. H., W. Schatz, and MiddletonA., 2000. *Fertilizing Winter Wheat in Southern Alberta*. Alberta Agriculture and Rural Development.
- Morris R. and Sears E.R. (1967). The cytogenetics of wheat and its relatives. In *Wheat and Wheat Improvement*. K.S. Quisenberry and Reitz L.P. (Editors) American Society of Agronomy, Madison, Wisc.
- Miralles D.J. & Slafer, G.A., 1999. Wheat development In *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*, pp. 13-43, New York: Food Production Press.
- Peterson R.F., 1965. «Wheat». Leonard Hill Books, London.

- Pingali R.F. and Rajaram S., 1998. Technological opportunities for sustaining wheat productivity growth toward 2020. IFPRI Brief No. 51
- Porceddu E., T. Turchetta, S. Masci, R.D. Ovidio and M.M. Nachit., 1998. Variation in endosperm protein composition and technological quality properties in durum wheat. *Euphytica* 100:197-205
- Puri, Y.P., M.F. Miller, R.N. Sah, K.G. Baghott, E. Fereres-Castel, and R.D. Meyer. 1989. Response surface analysis of the effects of seeding rates, N-rates and irrigation on durum wheat. II. Protein yield and grain quality. *Phyton* (Buenos Aires) 49:41–59
- Rajaram S., 2001. Prospects and promise of wheat breeding in the 21st century. *Euphytica* 119:
- Rao A.C.S., J.L. Smith, V.K. Jandhyala, R.I. Papendick and J.F. Parr , 1993. Cultivar and climatic effects on protein content of soft white winter wheat. *Agronomy Journal* 85: 1023–1028.
- Sage R.F. and R.W. Pearcy. 1987. The nitrogen use efficiency of C3 and C4 plants. *Plant Physiology* 84: 954–8.
- Seyyed A. N., Madjid D., Babak E. B. and Hossein K., 2017. Application of Zeolites for Sustainable Agriculture: a Review on Water and Nutrient Retention. *Water, Air and Soil Pollution* 228:464. (DOI: 10.1007/s11270-017-3649-1)
- Simmons S.R. 1987. Growth, development and physiology. Chapter 3. In: EG Heyne. Ed. *Wheat and wheat improvement*. Edition 2. ASA Inc, CSSA, Inc and SSS of American Inc. Madison Wisconsin. USA. Pp 77-104.
- Sharif R., and J.E. Dale. 1980. Growth regulating substances and the growth of tiller buds in barley .Effects of cytokinin. *J. Exp. Bot.* 31 : 921-930.
- Stoskopf N.C. 1985. *Cereal grain crops*. Reston Pub. Co. Inc. Reston. Virginia.
- Taiz L., and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology* (Third Edition). Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland. 67-86.

Terman G.L., R.E. Ramig, A.F. Dreier, and R.A. Olson. 1969. Yield– protein relationships in wheat grain, as affected by N and water. *Agronomy Journal* 61:755–759.

Vos J., P.E.L. van der Putten, M.H. Hussein, A.M. van Dam and P.A. Leffelaar. 1998. Field observation on nitrogen atch crops: II. Root length and root length distribution in relation to species and nitrogen supply. *Plant Soil* 201: 149-155.

Wang Q., J. Chen and Y. Li. 2004. Nondestructive and rapid estimation of leaf chlorophyll and nitrogen status of peace lily using a chlorophyll meter. *Journal of Plant Nutrition* 27: 557-569

Yamada H., J. St.Andre and R.M.Hoover. 1972. Effects of irrigation and fertilizer on INIA 66 wheat. *California Agriculture* 26:9–10.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

GenStat Release 7.1 (PC/Windows)

22 July 2020 17:55:21

Copyright 2003, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

GenStat Seventh Edition

GenStat Procedure Library Release PL15

1 %CD 'C:/Users/user/Documents'

2 "Data taken from File: C:/Users/user/Desktop/TANIA STATISTICS neo.xls"

3 DELETE [Redefine=yes] _stitle_: TEXT _stitle_

4 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_

8 PRINT [IPrint=*_stitle_]; Just=Left

Data imported from Excel file: C:\Users\user\Desktop\TANIA STATISTICS neo.xls

on: 22-Jul-2020 17:55:48 taken from sheet ""Genstat"", cells A2:P21

9 DELETE [redefine=yes] A_A,Blocks,Treatments,P,ORG_MATTER,Height_1st_cm,\

10 Height_2nd_cm, Height_3rd_cm, ph, EC, Length_Stachis_cm, Stachis_Weight_gr,\

11 Leaves_Weight_gr, Stem_Weight_gr, Total_Weight_gr

12 UNITS [NVALUES=*_

13 VARIATE [nvalues=20] A_A

14 READ A_A

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
------------	---------	------	---------	--------	---------

A_A	1.000	10.50	20.00	20	0
-----	-------	-------	-------	----	---

16 FACTOR [modify=yes; nvalues=20; levels=4; reference=1] Blocks

17 READ Blocks; frepresentation=ordinal

Identifier Values Missing Levels

Blocks 20 0 4

19 FACTOR [modify=yes;nvalues=20;levels=5;reference=1] Treatments

20 READ Treatments; frepresentation=ordinal

Identifier Values Missing Levels

Treatments 20 0 5

22 VARIATE [nvalues=20] P

23 READ P

Identifier Minimum Mean Maximum Values Missing

P 10.52 48.24 115.4 20 0

26 VARIATE [nvalues=20] ORG_MATTER

27 READ ORG_MATTER

Identifier Minimum Mean Maximum Values Missing

ORG_MATTER 6.720 12.45 21.18 20 0

30 VARIATE [nvalues=20] Height_1st_cm

31 READ Height_1st_cm

Identifier Minimum Mean Maximum Values Missing

Height_1st_cm 15.00 33.90 50.00 20 0

33 VARIATE [nvalues=20] Height_2nd_cm

34 READ Height_2nd_cm

Identifier Minimum Mean Maximum Values Missing

Height_2nd_cm 20.00 38.40 60.00 20 0

36 VARIATE [nvalues=20] Height_3rd_cm

37 READ Height_3rd_cm

Identifier Minimum Mean Maximum Values Missing

Height_3rd_cm 20.00 38.90 60.00 20

39 VARIATE [nvalues=20] ph

40 READ ph

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
ph	6.510	7.190	8.240	20	0

43 VARIATE [nvalues=20] EC

44 READ EC

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
EC	185.8	448.4	596.9	20	0

47 VARIATE [nvalues=20] Length_Stachis_cm

48 READ Length_Stachis_cm

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Length_Stachis_cm	0.0000	8.350	15.00	20	0

50 VARIATE [nvalues=20] Stachis_Weight_gr

51 READ Stachis_Weight_gr

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Stachis_Weight_gr	0.0000	4.200	13.50	20	0

53 VARIATE [nvalues=20] Leaves_Weight_gr

54 READ Leaves_Weight_gr

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Leaves_Weight_gr	0.0000	4.525	25.00	20	0 Skew

56 VARIATE [nvalues=20] Stem_Weight_gr

57 READ Stem_Weight_gr

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Stem_Weight_gr	0.5000	5.650	13.00	20	0

59 VARIATE [nvalues=20] Total_Weight_gr

60 READ Total_Weight_gr


```

Identifier  Minimum  Mean  Maximum  Values Missing
Total_Weight_gr  0.5000  14.38  43.00  20  0

62

63 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

64 BLOCK Blocks

65 TREATMENTS Treatments

66 COVARIATE "No Covariate"

67 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

68 P

68.....

```

***** Analysis of variance *****

Variate: P

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Blocks stratum	3	2139.9	713.3	1.38		
Blocks.*Units* stratum						
Treatments	4	6558.8	1639.7	3.18	0.053	
Residual	12	6187.0	515.6			
Total	19	14885.7				

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3 *units* 2 42.0 s.e. 17.6

***** Tables of means *****

Variate: P

Grand mean 48.2

Treatments	1	2	3	4	5
	47.7	81.1	43.9	42.7	25.7

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	11.35

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	16.06

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
l.s.d.	34.98

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: P

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	11.94	24.8
Blocks.*Units*	12	22.71	47.1

69 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

70 BLOCK Blocks

71 TREATMENTS Treatments

72 COVARIATE "No Covariate"

73 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

74 ORG_MATTER

74.....

***** Analysis of variance *****

Variate: ORG_MATTER

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	4.915	1.638	0.52	
Blocks.*Units* stratum					
Treatments	4	297.665	74.416	23.45	<.001
Residual	12	38.078	3.173		
Total	19	340.658			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1 *units* 4 -3.23 s.e. 1.38

***** Tables of means *****

Variate: ORG_MATTER

Grand mean 12.45

Treatments	1	2	3	4	5
	13.76	19.15	9.97	11.47	7.90

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	0.891

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Treatments
-------	------------

rep. 4
d.f. 12
s.e.d. 1.260

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table Treatments

rep. 4
d.f. 12
l.s.d. 2.744

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: ORG_MATTER

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.572	4.6
Blocks.*Units*	12	1.781	14.3

75 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

76 BLOCK Blocks

77 TREATMENTS Treatments

78 COVARIATE "No Covariate"

79 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

80 EC

80.....

***** Analysis of variance *****

Variate: EC

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	15116.	5039.	1.08	
Blocks.*Units* stratum					

Treatments	4	159384.	39846.	8.57	0.002
Residual	12	55797.	4650.		
Total	19	230297.			

***** Tables of means *****

Variate: EC

Grand mean 448.

Treatments	1	2	3	4	5
	276.	494.	529.	487.	456.

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	34.1

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	48.2

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
l.s.d.	105.1

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: EC

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
---------	------	------	-----

Blocks 3 31.7 7.1
 Blocks.*Units* 12 68.2 15.2

81 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

82 BLOCK Blocks

83 TREATMENTS Treatments

84 COVARIATE "No Covariate"

85 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
 PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

86 Height_1st_cm

86.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Height_1st_cm

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

Blocks stratum	3	90.60	30.20	0.87		
----------------	---	-------	-------	------	--	--

Blocks.*Units* stratum

Treatments	4	1804.30	451.07	13.05	<.001	
------------	---	---------	--------	-------	-------	--

Residual	12	414.90	34.57			
----------	----	--------	-------	--	--	--

Total	19	2309.80				
-------	----	---------	--	--	--	--

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	*units* 1	10.4	s.e. 4.6
----------	-----------	------	----------

***** Tables of means *****

Variate: Height_1st_cm

Grand mean 33.9

Treatments	1	2	3	4	5
------------	---	---	---	---	---

	27.5	18.8	42.5	43.8	37.
--	------	------	------	------	-----

*** Standard errors of means ***

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

e.s.e. 2.94

***** Standard errors of differences of means *****

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

s.e.d. 4.16

***** Least significant differences of means (5% level) *****

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

l.s.d. 9.06

******* Stratum standard errors and coefficients of variation *******

Variate: Height_1st_cm

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
----------------	-------------	-------------	------------

Blocks	3	2.46	7.2
---------------	----------	-------------	------------

Blocks.*Units*	12	5.88	17.3
-----------------------	-----------	-------------	-------------

87 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

88 BLOCK Blocks

89 TREATMENTS Treatments

90 COVARIATE "No Covariate"

**91 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]**

92 Height_2nd_cm

92.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Height_2nd_cm

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Blocks stratum	3	119.60	39.87	0.73		
Blocks.*Units* stratum						
Treatments	4	1422.30	355.57	6.56	0.005	
Residual	12	650.90	54.24			
Total	19	2192.80				

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 2 *units* 4 11.7 s.e. 5.7

***** Tables of means *****

Variate: Height_2nd_cm

Grand mean 38.4

Treatments	1	2	3	4	5
	35.0	24.5	45.0	48.8	38.8

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	3.68

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	5.21

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
l.s.d.	11.35

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Height_2nd_cm

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	2.82	7.4
Blocks.*Units*	12	7.36	19.2

93 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

94 BLOCK Blocks

95 TREATMENTS Treatments

96 COVARIATE "No Covariate"

97 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

98 Height_3rd_cm

98.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Height_3rd_cm

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	166.60	55.53	0.84	
Blocks.*Units* stratum					
Treatments	4	1164.30	291.07	4.43	0.020
Residual	12	788.90	65.74		
Total	19	2119.80			

******* Tables of means *******

Variate: Height_3rd_cm

Grand mean 38.9

Treatments	1	2	3	4	5
	35.0	27.0	45.0	48.8	38.8

***** Standard errors of means *****

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	4.05

***** Standard errors of differences of means *****

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	5.73

***** Least significant differences of means (5% level) *****

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
l.s.d.	12.49

******* Stratum standard errors and coefficients of variation *******

Variate: Height_3rd_cm

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	3.33	8.6
Blocks.*Units*	12	8.11	20.8

99 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

100 BLOCK Blocks

101 TREATMENTS Treatments

102 COVARIATE "No Covariate"

103 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

104 Leaves_Weight_gr

104.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Leaves_Weight_gr

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Blocks stratum	3	108.14	36.05	1.52		
Blocks.*Units* stratum						
Treatments	4	108.68	27.17	1.14	0.383	
Residual	12	285.43	23.79			
Total	19	502.24				

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3 *units* 5 12.5 s.e. 3.8

***** Tables of means *****

Variate: Leaves_Weight_gr

Grand mean 4.5

Treatments	1	2	3	4	5
	2.9	1.6	4.6	5.0	8.5

*** Standard errors of means ***

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

e.s.e. 2.44

*** Standard errors of differences of means ***

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

s.e.d. 3.45

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

l.s.d. 7.51

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Leaves_Weight_gr

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	2.68	59.3
Blocks.*Units*	12	4.88	107.8

105 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

106 BLOCK Blocks

107 TREATMENTS Treatments

108 COVARIATE "No Covariate"

109 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

110 Length_Stachis_cm

110.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Length_Stachis_cm

Source of variation d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.

Blocks stratum 3 52.55 17.52 1.33

Blocks.*Units* stratum

Treatments 4 116.30 29.07 2.21 0.129

Residual 12 157.70 13.14

Total 19 326.55

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 4 *units* 3 5.85 s.e. 2.81

***** Tables of means *****

Variate: Length_Stachis_cm

Grand mean 8.35

Treatments	1	2	3	4	5
	9.75	4.75	6.50	11.50	9.25

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	1.813

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	2.563

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Treatments
rep.	4

d.f. 12

l.s.d. 5.585

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Length_Stachis_cm

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	1.872	22.4
Blocks.*Units*	12	3.625	43.4

111 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

112 BLOCK Blocks

113 TREATMENTS Treatments

114 COVARIATE "No Covariate"

115 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

116 Stachis_Weight_gr

116.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Stachis_Weight_gr

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Blocks stratum	3	24.50	8.17	0.58		
Blocks.*Units* stratum						
Treatments	4	44.45	11.11	0.79	0.555	
Residual	12	169.25	14.10			
Total	19	238.20				

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1 *units* 1 7.73 s.e. 2.

***** Tables of means *****

Variate: Stachis_Weight_gr

Grand mean 4.20

Treatments	1	2	3	4	5
	5.88	2.62	3.00	3.38	6.12

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	1.878

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	2.656

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
l.s.d.	5.786

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Stachis_Weight_gr

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	1.278	30.4
Blocks.*Units*	12	3.756	89.4

117 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

118 BLOCK Blocks

119 TREATMENTS Treatments

120 COVARIATE "No Covariate"

121 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes;
PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

122 Stem_Weight_gr

122.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Stem_Weight_gr

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Blocks stratum	3	31.45	10.48	1.00		
Blocks.*Units* stratum						
Treatments	4	118.17	29.54	2.80	0.074	
Residual	12	126.42	10.54			
Total	19	276.05				

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 4 *units* 2 6.60 s.e. 2.51

***** Tables of means *****

Variate: Stem_Weight_gr

Grand mean 5.65

Treatments	1	2	3	4	5
	2.88	2.75	7.88	8.50	6.25

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12

e.s.e. 1.623

*** Standard errors of differences of means ***

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

s.e.d. 2.295

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table Treatments

rep. 4

d.f. 12

l.s.d. 5.001

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Stem_Weight_gr

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	1.448	25.6
Blocks.*Units*	12	3.246	57.4

123 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

124 BLOCK Blocks

125 TREATMENTS Treatments

126 COVARIATE "No Covariate"

127 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

128 Total_Weight_gr

128.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Total_Weight_gr

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Blocks stratum	3	231.14	77.05	0.91		
Blocks.*Units* stratum						
Treatments	4	446.87	111.72	1.33	0.316	
Residual	12	1010.92	84.24			
Total	19	1688.94				

*** MESSAGE: the following units have large residuals.**

Blocks 3 *units* 5 16.8 s.e. 7.1

******* Tables of means *******

Variate: Total_Weight_gr

Grand mean 14.4

Treatments	1	2	3	4	5
	11.6	7.0	15.5	16.9	20.9

***** Standard errors of means *****

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	4.59

***** Standard errors of differences of means *****

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	6.49

***** Least significant differences of means (5% level) *****

Table	Treatments
rep.	4

d.f. 12

l.s.d. 14.14

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Total_Weight_gr

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	3.93	27.3
Blocks.*Units*	12	9.18	63.9

129 "One-way ANOVA (in Randomized Blocks)."

130 BLOCK Blocks

131 TREATMENTS Treatments

132 COVARIATE "No Covariate"

133 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means; LSDLEVEL=5]\

134 ph

134.....

***** Analysis of variance *****

Variate: ph

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.002680	0.000893	0.11	
Blocks.*Units* stratum					
Treatments	4	5.706350	1.426588	180.26	<.001
Residual	12	0.094970	0.007914		
Total	19	5.804000			

***** Tables of means *****

Variate: ph

Grand mean 7.190

Treatments	1	2	3	4	5
	6.748	6.615	7.325	7.135	8.128

*** Standard errors of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
e.s.e.	0.0445

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
s.e.d.	0.0629

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Treatments
rep.	4
d.f.	12
l.s.d.	0.1371

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: ph

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.0134	0.2
Blocks.*Units*	12	0.0890	1.2