



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ
ΚΑΡΠΟ ΤΟΥ ΣΚΛΗΡΟΥ ΣΙΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΧΟΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ**



ΑΡΖΟΥΜΑΝΙΔΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2021

Η πτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Ελληνικού Σίτου MISKO που είναι μία δράση της MISKO η οποία στοχεύει στην αειφορική παραγωγή υψηλής ποιότητας σκληρού σίτου στην Ελλάδα, προς όφελος των παραγωγών και της βιομηχανίας ζυμαρικών. Απευθύνεται προς την παραγωγική βάση της MISKO, δηλαδή τους Έλληνες αγρότες που παράγουν την πρώτη ύλη, το σκληρό σιτάρι, το οποίο είναι η βάση της υψηλής ποιότητας των ζυμαρικών που παράγει.

Η τριμελής επιτροπή αποτελείται από τους:

- κ. Δαναλάτο Νικόλαο, Καθηγητή, Επιβλέπων,
- κ. Καρκάνη Ανέστη, Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος,
- κ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο, ΕΔΠ, Μέλος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον Γέμτο Θεοφάνη, Ομότιμο καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να συμμετάσχω σε αυτό το πείραμα και την βοήθεια του στην διεκπεραίωση αυτής της εργασίας.

Τις θερμές μου ευχαριστίες να εκφράσω στον καθηγητή και επιβλέποντα Δρ. Δαναλάτο Νικόλαο που δέχτηκε να εργαστώ στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών και να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω τον Δρ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο μέλος Ε.ΔΙ.Π., ο οποίος μέχρι και το τέλος παρείχε την πολύτιμη βοήθεια του και χωρίς την συνδρομή του δύσκολα θα ολοκλήρωνα αυτή την εργασία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο καθηγητή Δρ. Γιαννούλη Κυριάκο ο οποίος από την αρχή της φοιτητικής μου ζωής μέχρι και το τέλος δεν έπαυσε να με συμβουλεύει και να με καθοδηγεί.

Οι φίλοι που με στήριξαν και με υποστήριξαν τους ευχαριστώ πάρα πολύ.

Η οικογένεια δεν θα μπορούσε να παραλειφθεί από αυτήν την σελίδα καθώς η μεγάλη χορηγία τους δεν συγκρίνεται με τίποτα άλλο και χωρίς αυτή δεν θα μπορούσα να σπουδάσω.

Ο αδερφός μου ήταν το μεγαλύτερο στήριγμα σε όλη την διαδικασία της πτυχιακής και χωρίς αυτόν ο χρόνος δεν θα περνούσε το ίδιο ωραία για την διεκπεραίωσή της. Ευχαριστώ!

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	7
1.2.ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ.....	7
1.3.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	8
1.4.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	9
1.4.1. ΡΙΖΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	9
1.4.2. ΒΛΑΣΤΟΣ.....	9
1.4.3. ΦΥΛΛΑ.....	10
1.4.4. ΤΑΞΙΑΝΘΙΕΣ-ΑΝΘΗ.....	10
1.5.ΜΟΝΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ.....	10
1.6.ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ.....	11
1.7.ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	12
1.7.1. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ.....	12
1.7.2. ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ.....	13
1.7.3. ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ Ή ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ.....	13
1.8.ΛΙΠΑΝΣΗ.....	16
1.9.ΣΠΟΡΑ.....	17
1.10. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	18
1.11. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ.....	19
1.12. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	19
1.13. NEAR-INFRARED REFLECTANCE(NIR).....	20
1.14. ΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	21
1.15. ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	22
1.16. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GRANODURO NET.....	23
1.17. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	25
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	26
2.1.ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	26
2.2.ΣΠΟΡΑ.....	27
2.3.ΕΦΑΡΜΟΓΗ GRANODURO NET.....	27
2.4.ΛΙΠΑΝΣΗ.....	28
2.5.ΑΡΔΕΥΣΗ.....	28
2.6.ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ.....	28
2.7.ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	28
2.8.ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	29

2.9. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ.....	29
2.10. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	30
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	33
3.1. ΑΥΞΗΣΗ-ΑΝΑΠΤΥΞΗ.....	33
3.2. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	37
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	41
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	42

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή το πείραμα εγκαταστάθηκε σε αγρό 92 στρεμμάτων λίγο έξω από την Λάρισα στο χωριό Χάλκη. Ο αγρός στα 52 στρέμματα είχε καλαμπόκι σαν προηγούμενη καλλιέργεια και τα υπόλοιπα 40 ρεβίθι. Οι εκτάσεις των δύο αυτών καλλιεργειών χωρίστηκαν η καθεμία στην μέση έχοντας τελικά 4 διαφορετικά πειραματικά αγροτεμάχια, δύο των 26 στρεμμάτων και δύο των 20 στρεμμάτων, όπου στα πρώτα δύο η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν καλαμπόκι και ρεβίθι αντίστοιχα. Στη 1^η μεταχείριση εφαρμόσθηκε η μέθοδος της ακαλλιέργειας, στη 2^η περιστροφικός καλλιεργητής και στη 3^η και 4^η κατεργάστηκε με μέσο καλλιεργητή. Στη 1^η και 4^η μεταχείριση οι καλλιεργητικές απαιτήσεις υπολογίζονταν από το λογισμικό του Granoduro net και στην 2^η και 3^η από την εμπειρία του παραγωγού.

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορική αναδρομή

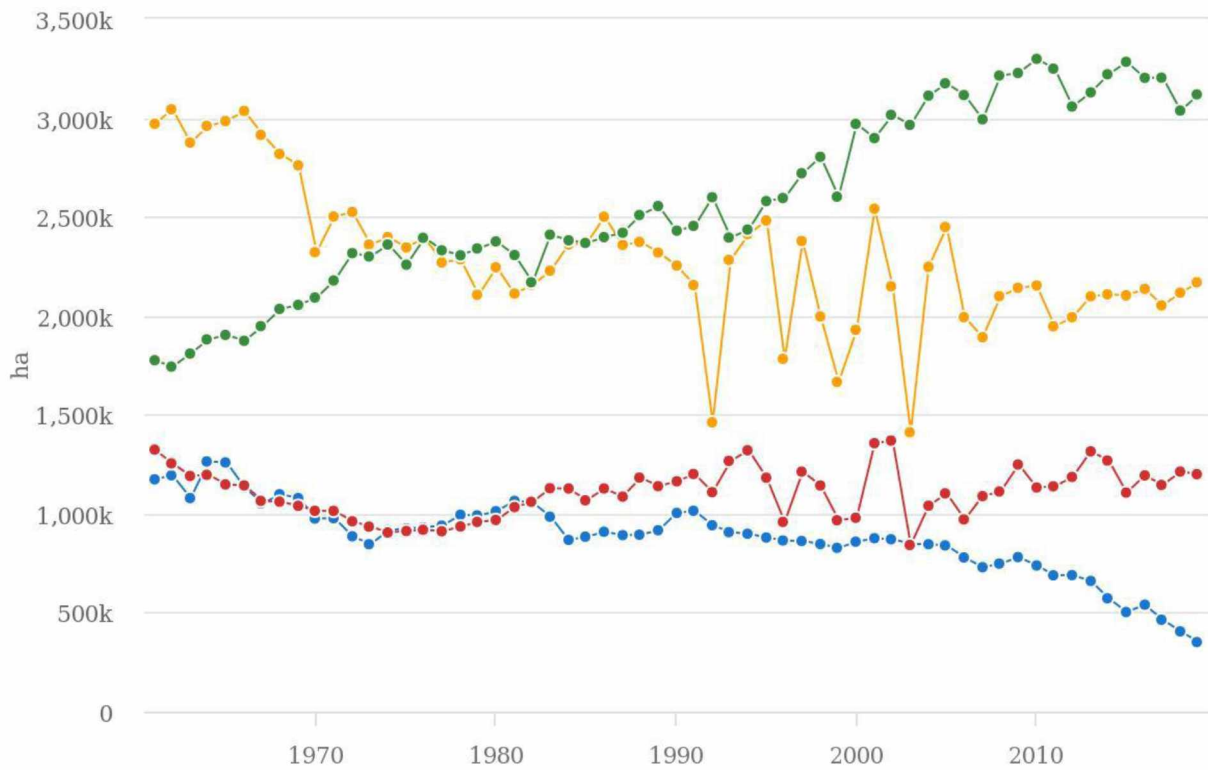
Το σιτάρι προέρχεται από το άγριο είδος *Triticum dicoccum* Koern για το οποίο υπάρχουν αναφορές μεταξύ 10000-12000 π. Χ. (Hakan et.al., 2010). Ενδείξεις για το σιτάρι δεν υπάρχουν ξεκάθαρες, όμως πρωτοεμφανίστηκαν κοντά στο 8000π.Χ. στις λεκάνες των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη οι διπλοειδείς και τετραπλοειδείς γονότυποι, ενώ οι εξαπλοειδείς νότια της Κασπίας και βόρεια του Ιράν μέχρι το βόρειο Αφγανιστάν (Smith 1995). Σπόροι σιτηρών ενδέχεται να πρωτοεμφανίστηκαν στον Ελλαδικό χώρο περίπου το 7000 π.Χ. στις περιοχές της Θεσσαλίας, Πελοποννήσου και Κρήτης (Valamoti and Kostakis, 2007). Οι αρχαίοι Έλληνες τα αποκαλούσαν ως <<Δήμητρας καρποί>>, <<δημητριακά σπέρματα>> ή απλούστερα <<δημητριακά>>.

Εμφανίζεται στην Εύκρατη ζώνη συνήθως μεταξύ 30° και 60° ΒΠ και 27° και 40° ΝΠ και από παραθαλάσσιες περιοχές μέχρι και υψόμετρο 3000m. Αποτελεί το πιο διαδεδομένο είδος και γι' αυτό τον λόγο κάθε μήνα του έτους συγκομίζεται και μία καλλιέργεια σιταριού σε κάθε περιοχή της γης.

1.2 Οικονομική σημασία του σιταριού

Έχει παρατηρηθεί μια μείωση στις καλλιεργούμενες εκτάσεις σιταριού στον Ελλαδικό χώρο με την πάροδο του χρόνου σε αντίθεση με την απόδοση η οποία έφθασε τα 230kg/ στρέμμα το 2006 σε σύγκριση με τα 100kg/ στρέμμα το 1940. Ο διπλασιασμός αυτός στην τελική απόδοση οφείλεται στην χρήση πιο παραγωγικών και βελτιωμένων ποικιλιών, καθώς και στην χρησιμοποίηση εισροών όπως λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Σε αντίθεση με την Ελλάδα οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες οι οποίες καλλιεργούν εδώ και δεκαετίες το σιτάρι αυξάνουν σε έκταση όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (FAOSTAT 2019). Το 2019 σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ η συνολική έκταση σε σιτηρά ήταν 7,17 εκατομμύρια στρέμματα περίπου και από αυτά στο 38,5% καλλιεργούνταν σκληρό σιτάρι και στο 14,3% μαλακό, ενώ το 2016 τα εκμεταλλεύσιμα στρέμματα γης ήταν 9,15 εκατομμύρια στρέμματα.

Λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού άρα και των αναγκών θα χρειαστεί να αυξηθεί και η παραγωγή του σιταριού στα επόμενα χρόνια (Tilman et.al., 2011). Η έκταση των σιτηρών στην χώρα μας καταλαμβάνει όσον αφορά τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας το 60% περίπου και αυτό γιατί συμβάλει άμεσα στην διατροφή του ανθρώπου.



Διάγραμμα 1: Έκταση εκμεταλλεύσιμης γης σιταριού σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες

Wheat

Wheat

Wheat

Wheat

Source: FAOSTAT (Sep 29, 2021)

1.3 Ταξινόμηση

Το σκληρό σιτάρι ανήκει στην οικογένεια Poaceae ή Gramineae, η επιστημονική του ονομασία είναι *Triticum durum* και είναι μονοκοτυλήδονο φυτό. Διαθέτει 7 χρωμοσώματα και διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

1. Τα διπλοειδή AA ($2n=14$)
2. Τα τετραπλοειδή AABB ($2n=28$)
3. Τα εξαπλοειδή AABBDD ($2n=42$)

1.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

1.4.1 Ριζικό σύστημα

Δύο είναι οι τύποι ριζών που αναπτύσσει το σιτάρι: α)τις εμβρυακές και β)τις μόνιμες ή δευτερογενείς. . Οι εμβρυακές ρίζες είναι πρωταρχικές ρίζες που εκφύονται από τον σπόρο και στις οποίες βασίζεται το φυτό στα αρχικά στάδια ανάπτυξής του για να καλύψει τις ανάγκες σε νερό και θρεπτικά στοιχεία. Είναι μικρότερες σε σχέση με τις μόνιμες σε πάχος ενώ αναπτύσσουν κυρίως πλευρικές διακλαδώσεις. . Με την εμφάνιση των μόνιμων ριζών περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό η συνεισφορά τους στο φυτό. Αντιθέτως, οι μόνιμες είναι περισσότερες, παχύτερες και ισχυρότερες με οριζόντια πρωταρχική ανάπτυξη η οποία στη συνέχεια κατευθύνεται προς τα κάτω. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βάθος και την έκταση του ριζικού συστήματος είναι κυρίως η δομή, η γονιμότητα, η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους, η πυκνότητα σποράς και των ζιζανίων, το είδος και η ποικιλία του σιτηρού (Παπακώστα 2012).



Φωτογραφία 1: πρωτεγενής ρίζα από τον πειραματικό αγρό

1.4.2 Βλαστός

Ο βλαστός των χειμερινών σιτηρών γνωστός και ως καλάμι είναι κυλινδρικός και αποτελείται από μεσογονάτια διαστήματα και από συμπαγή γόνατα . Το ύψος στα χειμερινά σιτηρά ποικίλει ξεκινώντας από 60cm φθάνοντας έως τα 150cm, ενώ η διάμετρος από 3mm έως 10mm, τα οποία εξαρτώνται από το είδος, την ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης. Οι νέοι βλαστοί που εκφύονται από καταβολές οφθαλμών που βρίσκονται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους λέγονται αδέρφια. Τα αδέρφια αυτά μπορούν να δώσουν νέα αδέρφια με τον ίδιο τρόπο τα οποία κάτω από ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες και επάρκεια χώρου μπορούν να φθάσουν μέχρι και τα 150 αδέρφια από ένα μεμονωμένο σπόρο.

1.4.3 Φύλλα

Τα φύλλα των σιτηρών αποτελούνται από δύο κύρια μέρη, τον κολεό και το έλασμα. Ο κολεός είναι το κατώτερο τμήμα του φύλλου που περιτυλίγει το βλαστό, ο οποίος μπορεί να φέρει τρίχες. Η φυλλοταξία είναι δίστοιχη με τα φύλλα να είναι τοποθετημένα σε δύο σειρές η μία απέναντι από την άλλη, με αριθμό που κυμαίνεται από 5-10 φύλλα, με μικρότερο να αποτελεί συνήθως το τελευταίο δηλαδή το φύλλο σημαία.

1.4.4 Ταξιανθίες-Άνθη

Στο σιτάρι η ταξιανθία είναι στάχυς και αποτελείται από πολλά άνθη, τα σταχύδια, τα οποία είναι τοποθετημένα πάνω στη ράχη η οποία αποτελεί προέκταση του βλαστού. Το σιτάρι κατατάσσεται στα αυτογονιμοποιούμενα φυτά με ένα πολύ μικρό ποσοστό σταυρογονιμοποίησης της κλίμακας του 1-4%.

1.5 Μονοκαλλιέργεια

Με την μονοκαλλιέργεια ο παραγωγός καλλιεργεί αποκλειστικά κάθε καλλιεργητική περίοδο το ίδιο είδος φυτού. Εφαρμόζεται κυρίως σε χωράφια τα οποία δεν έχουν καλή απόδοση, είναι φτωχά, δεν υπάρχει ή είναι περιορισμένη η δυνατότητα άρδευσης ή δεν υπάρχει η οικονομική δυνατότητα εγκατάστασης μιας άλλης καλλιέργειας (Lithourgidis et.al., 2006). Οι ανάγκες σε νερό καλύπτονται με το νερό της βροχής το οποίο ανάλογα την κατανομή του επηρεάζει τελικά και την απόδοση της καλλιέργειας. Γενικώς η μονοκαλλιέργεια αποτελεί μία ασφαλή και λογική επιλογή όταν είναι γνωστές οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής. Για παράδειγμα, σε περιοχές με μεγάλη συχνότητα βροχοπτώσεων επιλέγεται η καλλιέργεια που ευδοκιμεί σε αυτές τις συνθήκες.

Αν και δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο, με την μονοκαλλιέργεια του σίτου επί σειρά ετών παρατηρείται το φαινόμενο της αλληλοπάθειας όπου τα υπολείμματα λόγω της τοξικής της επίδρασης να

επηρεάζουν την τελική απόδοση αρνητικά (Pratley et. al., 2001) και μειώνουν το μέγεθος της ρίζας (Masoni et. al., 2014).

Στην περίπτωση όπου τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας ενσωματωθούν ή παραμείνουν στην επιφάνεια του εδάφους τότε ανάλογα μπορεί να δράσουν θετικά αλλά μπορεί να έχει και αρνητικά αποτελέσματα για την καλλιέργεια που ακολουθεί. Αυτό αφορά την ποσότητα της βιομάζας καθώς και την αναλογία μεταξύ άνθρακα προς άζωτο (C/N) την οποία περιέχουν τα υπολείμματα (Masoni et. al., 2014). Οι Kirkegaard et. al., 2008 βρήκαν ότι τα υπολείμματα των καλλιεργειών από καλαμπόκι, ηλίανθο και σιτάρι ακινητοποιούν το άζωτο λόγω της υψηλής αναλογίας C/N η οποία ξεπερνά το 40/1 σε αντίθεση με την καλλιέργεια του ψυχανθούς αλφάλα, όπου τα υπολείμματα της ανοργανοποιούν το οργανικό άζωτο καθώς η αναλογία C/N είναι μικρότερη από 30/1.

Έρευνες με μακροχρόνια καλλιέργεια σκληρού σιταριού σε μεσογειακό κλίμα έχουν παρουσιάσει αποτελέσματα όπου δεν εμφανίστηκε σημαντική μείωση στην απόδοση, εφόσον καλυφθεί επαρκώς η λίπανση και επιτευχθεί αποτελεσματική αντιμετώπιση των ζιζανίων (Lithourgidis et. al., 2006, Procházková et.al., 2003). Η σταδιακή υποβάθμιση του εδάφους και η μείωση της οργανικής ουσίας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες αλλά είναι ελεγχόμενη με τις σωστές καλλιεργητικές πρακτικές, όπως ο τρόπος κατεργασίας του εδάφους, την προσθήκη κοπριάς και την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων (Reeves, 1997).

1.6 Αμειψισπορά

Αμειψισπορά αποτελεί το αντίθετο της μονοκαλλιέργειας, δηλαδή για κάθε καλλιεργητική περίοδο ο γεωργός σπέρνει ή φυτεύει διαφορετικό είδος φυτού στον ίδιο αγρό. Κάθε καλλιέργεια έχει τους δικούς της εχθρούς, ασθένειες και ζιζάνια και εφαρμόζοντας επανειλημμένα μονοκαλλιέργεια η επιτυχία της αντιμετώπισης τους ολοένα και ελαττώνεται καθώς συσσωρεύονται τα παράσιτα (Chaddad 2015). Επί πλέον οι οργανισμοί αυτοί σταδιακά αρχίζουν και αποκτούν ανθεκτικότητα με την επαναλαμβανόμενη χρήση φυτοφαρμάκων με παρόμοιες δραστικές, με αποτέλεσμα να μειώνεται η παραγωγή καθώς η αντιμετώπισή τους είναι πιο δύσκολη και ο παραγωγός να αναγκάζεται να χρησιμοποιεί ακόμη μεγαλύτερες δόσεις. Η χρήση των φυτοφαρμάκων έχει σαν αποτέλεσμα:

- Πέρα από την προσωρινή καταπολέμηση των εχθρών και ασθενειών την επιρροή και των ωφέλιμων οργανισμών για την καλλιέργεια. Υπάρχει η δυνατότητα σε ορισμένες περιπτώσεις από τους παραγωγούς να επιλέξουν φυτοφάρμακα επιλεκτικά αλλά λόγω των αυξημένων τιμών που έχουν αυτά τα προϊόντα τελικά επιλέγεται το πιο φθηνό που είναι και καθολικό
- Η μόλυνση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα
- Η πιθανή παρουσία τους στο τελικό προϊόν το οποίο θα καταλήξει στην αγορά

Με την αμειψισπορά επιτυγχάνεται ο έλεγχος αυτών των εχθρών καθώς καλλιεργώντας διαφορετικές καλλιέργειες επί μία σειρά ετών που μπορεί να διαρκέσει από 2 έως και 5 έτη μειώνεται έτσι το ποσοστό επιβίωσης (Karlen et al., 1994, Kabak et al., 2006, Chaddad 2015). Σε

ένα σύστημα αμειψισποράς η καλλιέργεια ψυχανθών είναι πολύ σημαντική καθώς με την ικανότητα των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων που αναπτύσσονται στις ρίζες τους αποθηκεύουν άζωτο στο έδαφος. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι απαιτήσεις σε εισροές σε λιπάσματα (Hayat et al., 2019) για την επόμενη καλλιέργεια. Υπάρχουν αναφορές για προσθήκη από 3 έως και 8 kg αζώτου/ στρέμμα στο έδαφος μετά από καλλιέργεια σόγιας (Ding et al., 1998, Varvel and Wilhelm 2003). Παρόλα τα θετικά που προκύπτουν από την καλλιέργεια των ψυχανθών είναι γεγονός πως συγκριτικά με το σιτάρι θα εμφανίσει και ορισμένα μειονεκτήματα. Αυτά είναι:

- Μικρότερη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Μεγαλύτερες απαιτήσεις σε υγρασία, επομένως και πιθανή ανάγκη άρδευσης
- Δυσκολία συγκομιδής λόγω πλαγιάσματος
- Μικρότερο κέρδος για τον παραγωγό καθώς παρόλο την μεγαλύτερη τιμή πώλησης οι αποδόσεις είναι μικρότερες (Παπακώστα 2012).

Με την αμειψισπορά έχει παρατηρηθεί η μείωση του πληθυσμού νηματωδών στην περιοχή της ρίζας (Ahlam et al., 2015). Ο συνδυασμός της με την ακατεργασία συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση του νερού πέρα από την προσθήκη αζώτου, γεγονός που θα βοηθούσε αρκετά σε περιοχές με ξηρό κλίμα ή στην περίπτωση των σιτηρών που βασίζονται στις κατακρημνίσεις για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε νερό (Lal, 2015). Ιστορικά υπάρχουν αρκετές αναφορές όπου εφαρμόστηκε η αμειψισπορά στα αρχαία χρόνια από τον 2^ο αιώνα π.Χ. στην Ρωμαϊκή εποχή, όμως η αξιοποίησή της ξεκίνησε να φθίνει κατά την περίοδο του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου όταν άρχισε η παραγωγή των συνθετικών λιπασμάτων (Francis 2005).

1.7 Κατεργασία εδάφους

1.7.1 Παραδοσιακή κατεργασία

Σε αυτή πραγματοποιείται το όργωμα με το άροτρο να φθάνει σε βάθος 15-25cm (Carter, and McKyes 2005) να αναμοχλεύει το έδαφος και να προκαλεί τελικά την αναστροφή του. Η εργασία αυτή συνήθως γίνεται μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου για να έχει απορροφήσει το έδαφος υγρασία να έχει μαλακώσει και να έχει φθάσει στο ρώγο του. Είναι ένα μέτρο αντιμετώπισης των πολυετών και βαθύρριζων ζιζανίων όπως είναι η αγριάδα, η κύπερη, ο βέλιουρας κ.λπ. καθώς φέρνει στην επιφάνεια και εκθέτει στις υψηλές θερμοκρασίες τις ρίζες οι οποίες αποτελούν και τον αγενή τρόπο πολλαπλασιασμού τους. Επίσης αποτελεί ένα τρόπο ενσωμάτωσης των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας (Carter 2005, Yucheng Feng, Kipling and Balkcom 2017) αυξάνοντας έτσι προσωρινά την οργανική ουσία του εδάφους. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει η δευτερογενής κατεργασία, δηλαδή η προετοιμασία του εδάφους για την σπορά με καλλιεργητή για να ψιλοτεμαχίσει το έδαφος φθάνοντας σε βάθος μέχρι 10 cm προετοιμάζοντας το έτσι ώστε να έχει την κατάλληλη δομή για τον σπόρο και την καλή ανάπτυξη της ρίζας (Καβαλάρης 2017). Τέλος ακολουθεί η σπορά (Carter, McKyes 2005). Με την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων και την έκθεση του εδάφους στον ήλιο αυτό θερμαίνεται πιο γρήγορα (Johnson and

Lowery, 1985; Al-Darby and Lowery, 1987), το οποίο οδηγεί και στην αύξηση της εξάτμισης και τελικά απώλεια της απαραίτητης για την ακόλουθη καλλιέργεια εδαφικής υγρασίας.

Με την παραδοσιακή κατεργασία επιτυγχάνεται αερισμός του εδάφους με αποτέλεσμα να αυξάνεται για ένα μικρό διάστημα η μικροβιακή δραστηριότητα και επομένως η ανοργανοποίηση ελαττώνοντας εν τέλει την οργανική ουσία (Lou and Zhou, 2010, Dotaniya et.al, 2019). Όταν συμβαίνει το καλοκαίρι το έδαφος είναι ακόμα ξηρό και αυτό προκαλεί φθορές στο άροτρο ενώ χάνεται και ότι υγρασία είχε αποθηκεύσει το έδαφος. Η συνεχής άροση και συγκεκριμένα στο ίδιο βάθος επί σειρά χρόνων μπορεί να προκαλέσει αναμφίβολα κάποια στιγμή ένα σκληρό εδαφικό ορίζοντα. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την δυσκολία ανάπτυξης της ρίζας και της περατότητας του νερού σε μεγαλύτερα βάθη. Για να σπάσει αυτός ο ορίζοντας ο παραγωγός χρειάζεται να κάνει ένα ακόμα πιο βαθύ όργωμα το οποίο θα αυξήσει τελικά το συνολικό κόστος εργασίας (Καβαλάρης 2017).

1.7.2 Μειωμένη κατεργασία

Σε αυτό το είδος κατεργασίας επιδιώκεται η μείωση του βάθους, του βαθμού και της συχνότητας κατεργασίας καθώς και η εφαρμογή της στο ελάχιστο δυνατό για τις απαιτήσεις της κάθε καλλιέργειας (Carter and McKyes 2005). Δεν αναστρέφεται το έδαφος και ένα μεγάλο ποσοστό των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους άθικτο ή τεμαχισμένο. Η επιλογή της κατεργασίας αυτής γίνεται κυρίως σε περιοχές όπου η κάλυψη των αναγκών σε νερό επιτυγχάνεται με τις κατακρημνίσεις (Lorite et.al., 2018), όπου λόγω των υπολειμμάτων ελαττώνεται η εξάτμιση από το έδαφος και επιτυγχάνεται πιο αποτελεσματική αξιοποίηση του νερού (Gómez et al., 2003, 2014b; Abazi et al., 2013). Παράλληλα, παρατηρείται μια άνοδος στην εμφάνιση των ζιζανίων η οποία αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, τα οποία συγκεντρώνουν τους σπόρους τους κατά ένα μεγάλο ποσοστό στα ανώτερα στρώματα του εδάφους (Albrecht, Sprenger, 2008). Από αυτή την μέθοδο φαίνεται να επωφελούνται τα πολυετή ζιζάνια (Belde et al., 2000; Albrecht, 2004; Albrecht et al., 2008; Sprenger, 2004, Rao et.al., 2017). Εξαιτίας αυτής της ανόδου σε πληθυσμό ζιζανίων τα πρώτα έτη παρουσιάζεται μείωση στην παραγωγή και για αυτό κρίνεται αναγκαία η αυξημένη εφαρμογή ζιζανιοκτόνων (Porazinska, Wall 2001).

1.7.3 Ακαλλιέργεια ή Ακατεργασία

Η επιλογή των αγροτών να μην <<πειράζουν>> την γη και να αφήνουν τα υπολείμματα από τις προηγούμενες καλλιέργειες ξεκίνησε εδώ και πάρα πολλές δεκαετίες έστω και με μικρές εκτάσεις γης στην Αμερική τα τέλη του 1940. Μέχρι τα τέλη του 1990 οι εκτάσεις αυτές αυξήθηκαν εκθετικά φθάνοντας τα 19,4 εκατομμύρια εκτάρια παροτρύνοντας με αυτόν τον τρόπο και τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου να πειραματιστούν με αυτή την καινούργια μέθοδο. Μέχρι το 2009 έφτασε να καλύπτει την μεγαλύτερη σε έκταση γη ακαλλιέργειας σαν χώρα με 26,5 εκατομμύρια εκτάρια ακολουθούμενη από την Βραζιλία με 25,5 εκατομμύρια. Στον παρακάτω πίνακα

φαίνονται όλες οι χώρες ανά τον κόσμο που εφάρμοσαν το σύστημα της ακαλλιέργειας με έκταση από 100 χιλιάδες εκτάρια και πάνω (Derpsch et al., 2010).

Πίνακας 1. Συνολική έκταση ακαλλιέργειας

Χώρα	Έκταση ακαλλιέργειας(εκτάρια) 2008/2009
ΗΠΑ	26,500,000
Βραζιλία	25,502,000
Αργεντινή	19,719,000
Καναδάς	13,481,000
Αυστραλία	17,000,000
Παραγουάη	2,400,000
Κίνα	1,330,000
Καζακστάν	1,200,000
Βολιβία	706,000
Ουρουγουάη	655,100
Ισπανία	650,000
Ν. Αφρική	368,000
Βενεζουέλα	300,000
Γαλλία	200,000
Φινλανδία	200,000
Χιλή	180,000
Νέα Ζηλανδία	162,000
Κολομβία	102,000
Ουκρανία	100,000
Σύνολο	110.755.100

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 1 η Νότια και η Βόρεια Αμερική καταλαμβάνουν περίπου το 85% της συνολικής έκτασης, ενώ η Ευρώπη μόνο το 1,1%. Από αυτό το μικρό ποσοστό, Ευρωπαϊκές χώρες που έχουν εντάξει αυτή την μέθοδο στην αγροτική τους ζωή είναι η Ισπανία που διατηρεί την πρώτη θέση και ακολουθούν η Γαλλία, η Φινλανδία και τέλος η Ουκρανία. Υπάρχουν και άλλες χώρες οι οποίες ξεκίνησαν τα τελευταία χρόνια να εφαρμόζουν την ακαλλιέργεια αλλά οι εκτάσεις τους είναι πολύ μικρότερες από τα 100 χιλιάδες εκτάρια (Derpsch et. al., 2010).

Με το σύστημα αυτό όπως περιγράφει και η ονομασία δεν διαταράσσεται καθόλου το έδαφος, δηλαδή δεν καλλιεργείται με κανένα από τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στις παραπάνω

δύο μεθόδους. Προκειμένου να σπαρθεί ο σπόρος απαιτείται ειδικά σπαρτική καθώς οποιαδήποτε συμβατική <<μπουκώνει>> με τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας. Αυτή η σπαρτική η οποία ρυθμίζεται στο κατάλληλο ύψος για την κάθε καλλιέργεια, με δίσκους τεμαχίζει τα υπολείμματα, ανοίγει αυλάκι με ικανό βάθος και πλάτος στο οποίο πέφτει ο σπόρος και καλύπτεται τελικά με χώμα (Derpsch et. al., 2014).

Με την εφαρμογή της ακαλλιέργειας τα φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας παραμένουν στην επιφάνεια του εδάφους και το καλύπτουν προστατεύοντάς το από το κτύπημα των σταγόνων της βροχής. Παρατηρείται μείωση της απορροής και απώλειες εδάφους από απορροή κατά 49-60%, με εξαίρεση να αποτελούν τα πιο βαριά εδάφη στα οποία μπορεί να παρατηρηθεί μια μικρότερη αύξηση (Klik, Rosner 2020). Απώλειες όσον αφορά διάβρωση από άνεμο επίσης είναι μικρότερες σε σχέση με την παραδοσιακή κατεργασία, η οποία παρουσιάζει και τις μεγαλύτερες απώλειες εδάφους της τάξης των 8,6 -33,3 t/ εκτάριο, ενώ με την ακαλλιέργεια παρατηρήθηκαν απώλειες μεταξύ 1,9-3 t/ εκτάριο (Klik, Rosner 2020). Όπως και στην περίπτωση της μειωμένης κατεργασίας έτσι και εδώ λόγω των υπολειμμάτων περιορίζεται η εξάτμιση (Li et al., 2011; Xie et al., 2007). Επίσης η μη διατάραξη του εδάφους περιορίζει τον αερισμό του και τη δράση των μικροοργανισμών που αποσυνθέτουν τη οργανική ουσία με αποτέλεσμα να αυξάνει την οργανική ουσία του εδάφους (Singh, Malhi S., 2006, Alhameid et.al., 2017).

Παρά τα πλεονεκτήματα έρευνες έχουν δείξει ότι το έδαφος είναι πιο συμπιεσμένο όπου εφαρμόζεται η ακαλλιέργεια σε αντίθεση με αυτά που πραγματοποιείται η συμβατική κατεργασία (Hill, 1990, Wu et al., 1992, Salinas-Garcia et al., 1997), ενώ άλλες ότι υπάρχει ελάχιστη έως καθόλου διαφορά στο βαθμό συμπίεσης (Azooz et.al., 1996). Επίσης έχει παρατηρηθεί μία μείωση στην παραγωγή σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές κοντά στο 10% παρά στις εύκρατες (Lundyab et.al., 2015). Παρόλο που υπάρχει η πιθανότητα ο παραγωγός να έχει μια μείωση στην παραγωγή του καταφέρνει να το ισοσταθμίσει αυτό και ίσως να το υπερκαλύψει καθώς μειώνονται τα έξοδα που θα έκανε αν χρησιμοποιούσε την παραδοσιακή κατεργασία (Derpsch et.al., 2010). Αυτό συμπεριλαμβάνει τον αριθμό των κινήσεων μηχανημάτων στο χωράφι δηλαδή το κόστος του καυσίμου, της απόσβεσης των μηχανημάτων που χρειάζεται να διαθέτει στην κατοχή του για να εκτελέσει τις απαραίτητες εργασίες και το ανάλογο σε ισχύ ελκυστήρα για να στηρίξει αυτά τα μηχανήματα. Έχουν γίνει πολλές έρευνες γύρω από την ακαλλιέργεια και δεν έχει αναφερθεί κάποια καλλιέργεια στην οποία να μην μπορεί να εφαρμοσθεί συμπεριλαμβανομένου και των καλλιεργειών για κονδύλους και ρίζες (Derpsch et. al., 2010). Η εφαρμογή αυτού του συστήματος μαζί με αυτό της μειωμένης κατεργασίας δείχνει να αυξάνεται συνεχώς καθώς σε 3 χρόνια αυξήθηκαν οι εκτάσεις παγκοσμίως από 125 εκατομμύρια εκτάρια σε 157 (Friedrich et.al., 2012, Kassam et.al., 2012, Kassam et.al., 2015).

1.8 Λίπανση

Εξαιτίας της χαμηλής αποτελεσματικότητας των λιπασμάτων, η οποία φθάνει περίπου το 50% (Chien et.al., 2009, Liu et.al., 2010, Tilman 2002, Dobermann 2004) οι παραγωγοί εφαρμόζουν αναγκαστικά τις διπλάσιες ποσότητες από τις απαιτούμενες προκειμένου να πετύχουν τις επιθυμητές αποδόσεις. Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από:

- τον τύπο εδάφους,
- το είδος του φυτού,
- τις κλιματικές συνθήκες και
- τις καλλιεργητικές πρακτικές (Ladha JK et.al., 2005).

Η κατεργασία εδάφους αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς λόγους απώλειας αζώτου, σε αντίθεση με την ακαλλιέργεια που τις περιορίζει με τις φυσικοχημικές τις ιδιότητες (Zhang et al., 2016, Camarotto et al., 2018). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ρύπανση του περιβάλλοντος, του νερού και την επίδραση της υγείας του ανθρώπου (Sutton et.al. 2011, Pimentel 1996, Bowles et al., 2018). Η βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας τους είναι απαραίτητη για το μέλλον καθώς κάθε χρόνο χάνονται τεράστιες ποσότητες (Abedi T. et.al., 2010, Liu et.al., 2010).

Η κατάσταση αυτή επιδεινώνεται σε περιοχές με κλίση όπου με την διάβρωση και με την απορροή παρατηρούνται μεγαλύτερες απώλειες (Wang et al., 2018, Cameron et al., 2013). Το φαινόμενο αυτό χειροτερεύει ακόμα περισσότερο όταν οι παραγωγοί οργώνουν κάθετα στις ισοϋψείς καμπύλες αντί παράλληλα, προκαλώντας σημαντικές απώλειες εδάφους επομένως και απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων. Ένας τρόπος μείωσης και ελαχιστοποίησης του φαινομένου αυτού είναι η κάλυψη του εδάφους με υπολείμματα προηγούμενων καλλιεργειών, αποτρέποντας έτσι την διάβρωση (Shunlin Liang et.al., 2012).

Ανάλογα της φύσης και της ποιότητας των υπολειμμάτων μπορεί να επιδράσουν αρνητικά τα φυτά ακινητοποιώντας το άζωτο (Chaves et al. 2004; Gentile et al. 2009; Manzoni et al. 2008). Έρευνες παρουσίασαν ότι υπολείμματα καλαμιών σιταριού απέδωσαν άζωτο στο έδαφος μέσω της ανοργανοποίησης 0.71, 0.55 και 0.29 mg Αζώτου/ kg φυτικού υπολείμματος μετά από 7, 28 και 54 ημέρες αντίστοιχα (Shindo, Nishio 2005). Το έδαφος μπορεί να καλύψει ένα μέρος των αναγκών σε άζωτο μέσω της οργανικής ουσίας αλλά δεν επαρκεί για όλες τις ανάγκες με αποτέλεσμα να χρειάζεται προσθήκη λιπασμάτων (Sangoi et.al., 2007; Dougado-Neto et.al., 2010). Είναι πολύ σημαντική η γνώση της εφαρμογής λίπανσης την κατάλληλη χρονική στιγμή που τα φυτά το έχουν ανάγκη, η οποία καθορίζεται από τον τύπο εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες, το είδος φυτού, την περίοδο εφαρμογής καθώς και την ποσότητα που εφαρμόζεται.

Η λίπανση του σιταριού χωρίζεται σε δύο μέρη, τη βασική στην οποία πριν ή μαζί με την σπορά προστίθεται και λίπασμα, και στην επιφανειακή που γίνεται στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, που στο σιτάρι γίνεται στο τέλος του Χειμώνα ή στις αρχές της Άνοιξης (Παπακώστα 2012). Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της ποσότητας της βασικής λίπανσης παίζει η προηγούμενη καλλιέργεια. Αν είναι ψυχανθές τότε θα χρειαστεί λιγότερη ή και καθόλου. Ο προσδιορισμός των χρονικών στιγμών που έχει ανάγκες λίπανσης η καλλιέργεια σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα νερού αυξάνουν την αποτελεσματικότητα και επομένως επιτυγχάνουν μείωση των απωλειών

αζώτου (Mariana et.al., 2003). Έρευνα έδειξε ότι η εφαρμογή 8, 16 και 24 kg N/ στρέμμα αύξησαν την απόδοση σιταριού κατά 52, 115 και 95% αντίστοιχα σε σχέση με τον μάρτυρα (Abedi et.al., 2010). Στην ίδια έρευνα αποδείχθηκε ότι ο συνδυασμός του λιπάσματος με compost από 3-6 t/ στρέμμα βελτίωσε την ποιότητα του κόκκου αυξάνοντας την πρωτεΐνη, καθώς το compost αποτρέπει την διήθηση του αζώτου και σταδιακά το αποδεσμεύει κάνοντας το διαθέσιμο στα φυτά τα οποία με πιο καλή ανάπτυξη της ρίζας απορρόφησαν περισσότερα θρεπτικά στοιχεία (Abedi et.al., 2010, Brady and Weil 2005). Η ποσότητα του προστιθέμενου N συνιστάται να μην ξεπεράσει τα 24 kg/ στρέμμα που είναι το μέγιστο στο οποίο μπορεί να φθάσει η παραγωγή, καθώς περαιτέρω προσθήκη θα οδηγήσει σε απώλειες είτε μέσω διήθησης είτε ως αέρια αφού τα φυτά δεν προλαβαίνουν να το απορροφήσουν, ούτε οι μικροοργανισμοί να το ακινητοποιήσουν (Vitousek et.al., 2009, Holub, 2020).

1.9 Σπορά

Η επιλογή της κατάλληλης ημερομηνίας σποράς καθώς και της κατάλληλης ποικιλίας σε μεσογειακές συνθήκες είναι πολύ κρίσιμο για την τελικά απόδοση της καλλιέργειας (Connor et.al., 1992, Gomez-Macpherson and Richards, 1995, Turner, 2004). Στη μεσόγειο παρατηρείται συχνά το φαινόμενο τα εδάφη να πλημμυρίζουν από τις ακανόνιστες και υπερβολικές ποσότητες του Χειμώνα, ενώ την περίοδο της Άνοιξης και του Καλοκαιριού ξηραίνονται από τις ελλειψεις βροχοπτώσεις και τις υψηλές θερμοκρασίες (Rivoira et.al., 1987).

Στα εδάφη που νεοκρατούν είναι ακόμα πιο κρίσιμη η επιλογή της κατάλληλης ημερομηνίας και ποικιλίας (McDonald and Gardner 1987, Gregory and Eastham 1996). Σε τέτοια εδάφη έχει παρατηρηθεί μείωση της παραγωγής κατά 20-30% (Rivoira et.al., 1987). Ένας ακόμη παράγοντας που είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί είναι και η πιθανότητα παγετού. Όταν οι πιθανότητες είναι ελάχιστες κατά την περίοδο της άνθισης και σε συνδυασμό φυσιολογικών βροχοπτώσεων με απουσία πλημμύρας η πρόωμη σπορά θα επιτύχει καλές αποδόσεις (Stapper and Harris, 1989, Precetti and Hollington, 1997, Ghaffari et.al., 2001, Heng et.al., 2007, Asseng et.al., 2008, Simona et.al., 2009). Η επιλογή πολύ πρόωμης ή πολύ όψιμης σποράς θα έχει αρνητικά αποτελέσματα στην καλλιέργεια καθώς στην πρώτη περίπτωση τα φυτά παρουσιάζουν μεγάλη βλαστική ανάπτυξη καθιστώντας τα επιρρεπή στο πλάγιασμα και στην δεύτερη μπορεί να υπάρξει καθυστέρηση στο φύτρωμα, μειωμένη ανάπτυξη ριζικού συστήματος καθώς και καθυστέρηση στην άνθιση.

Η σπορά μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: 1) στα πεταχτά με το χέρι ή μηχανικά με λιπασματοδιανομέα και 2) σε γραμμές με σπαρτικές μηχανές, με πιο συνηθισμένο να αποτελεί τον δεύτερο τρόπο (Παπακώστα 2012). Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών κυμαίνονται στα 15-20 cm με βάθος σποράς στα 2-5 cm και σε ορισμένες περιπτώσεις μεγάλης ξηρασίας στα 8-10 cm, με μεγαλύτερο βάθος να αποτελεί ζημιογόνο καθώς τα φυτά είναι πιθανό να μην φυτρώσουν (Torres και Paulsen 1982). Όσον αφορά την ποσότητα του σπόρου έρευνες σε διάφορες ποικιλίες σκληρού σιταριού έχουν δείξει πως η απόδοση δεν διέφερε σε πυκνότητες φύτευσης από 300-600 φυτά/m²

καθώς αυξανόμενου του αριθμού μειωνόταν σταδιακά ο αριθμός των στάχων/ φυτό και των κόκκων/ στάχυ (Κυζερίδης και Καρτίτση 1997). Η συνιστώμενη ποσότητα κυμαίνεται από 14-18 kg/στρέμμα σε περιοχές με ήπιο χειμώνα και έως 20 kg/ στρέμμα σε ορεινές.



Φωτογραφία 2: Η σπαρτική με την οποία επιτεύχθηκε η σπορά στον αγρό

1.10 Οικολογικές απαιτήσεις

Το σιτάρι είναι φυτό το οποίο αναπτύσσεται σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, από 3-4°C που είναι το ελάχιστο για να φυτρώσει μέχρι και 30-32°C, με βέλτιστες να είναι οι θερμοκρασίες από 22-25°C. Ορισμένες ποικιλίες, οι πιο ανθεκτικές, έχουν την δυνατότητα να αντέξουν σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, μέχρι και -31°C, ενώ οι ευαίσθητες που αποτελούν και τις προτιμώμενες στην Ελλάδα υφίστανται ζημιές όταν η θερμοκρασία πέσει στους -10°C (Δαναλάτος 2005). Η ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες συνδέεται στενά με την πρωιμότητα και είναι αντιστρόφως ανάλογες καθώς όσο πιο πρόιμη είναι μια ποικιλία τόσο μικρότερη η ανθεκτικότητά της στο κρύο. Η πρωιμότητα αποτελεί κύριο στόχο με σκοπό να αποφευχθούν οι ξηρασίες και οι ζέστες του καλοκαιριού, με τις ποικιλίες που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα να είναι σχετικά ευαίσθητες σε χαμηλές θερμοκρασίες. Όσον αφορά τις απαιτήσεις σε νερό το σιτάρι που καλύπτει τις ανάγκες του κυρίως με το νερό των βροχοπτώσεων ξεκινάει από τα 250mm και φθάνει μέχρι

τα 1000mm όπου μεγιστοποιεί την παραγωγή. Πέρα από την ποσότητα έχει σημασία και η κατανομή των βροχών με πολύ σημαντικές αυτές στα στάδια του καλαμώματος και της άνθισης, με αποτέλεσμα η απόδοση να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες και να κυμαίνεται από 150kg μέχρι και πάνω από 600kg το στρέμμα. Παρόλο που μπορεί να καλλιεργηθεί σε ποικιλία εδαφών, πιο αποδοτικά είναι τα γόνιμα, βαθιά, καλώς στραγγιζόμενα ιλυοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη εδάφη, με ελάχιστο pH να είναι το 5,5 (Carver και Ownby 1995) και με τις υψηλότερες αποδόσεις να εμφανίζονται σε 7-8,5(Delorit κ.ά. 1984).

1.11 Αντιμετώπιση ζιζανίων

Τα κυριότερα ζιζάνια τα οποία θα χρειαστούν αντιμετώπιση είναι η αγριοβρόμη, η κύπερη, η αγριάδα, η ήρα, η αλεπονουρά και ο βέλιουρας από τα αγρωστώδη, ενώ από τα πλατύφυλλα είναι η παπαρούνα, η κολλιτσίδα, το γαϊδουράγκαθο και το άγριο σινάπι(Γιαννοπολίτης και Ελευθεροχωρινός 1991). Η χημική καταπολέμηση ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού κρίνεται απαραίτητη μόνο όταν ο πληθυσμός τους υπερβεί κάποιο ορισμένο όριο που θα προκαλέσει ζημιά στην απόδοση, αλλιώς θεωρείται κοστοβόρα ενέργεια, ενώ το βοτάνισμα έχει πάψει να εφαρμόζεται καθώς είναι επίπονο, χρονοβόρο και δαπανηρό.



Φωτογραφία 3: Ζιζάνια στον πειραματικό αγρό τον μήνα Μάιο

1.12 Συγκομιδή

Στο σιτάρι η συγκομιδή γίνεται όταν ο σπόρος έχει φθάσει στο κατάλληλο ποσοστό υγρασίας το οποίο είναι κάτω από 13% έτσι ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί για αρκετό χρονικό διάστημα και

να μην χρειαστεί περαιτέρω ξήρανση το οποίο θα αυξήσει το κόστος παραγωγής. Η διαδικασία αυτή για την πεδινή Θεσσαλία γίνεται συνήθως μέσα στον Ιούνιο και πραγματοποιείται με τις θεριζοαλωνιστικές. Καθυστέρηση στην συγκομιδή ενέχει κινδύνους λόγω χαλαζιού ή βροχών, καθώς και τίναγμα των σπόρων μειώνοντας την ποιότητα και την τελική απόδοση. Επίσης, σε ορισμένες ποικιλίες δεν υφίσταται ο λήθαργος του σπόρου το οποίο εγκυμονεί τον κίνδυνο της βλάστησής του πάνω στον στάχυ σε περίπτωση που βρέξει την περίοδο ωρίμανσής του.

1.13 Near-Infrared reflectance (NIR)

Ο έλεγχος των ποιοτικών χαρακτηριστικών μετά τη συγκομιδή αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι προκειμένου να διαπιστωθεί η ποιότητα του καρπού, καθώς η υψηλή παραγωγή δεν αντικατοπτρίζει και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Υψηλά ποσοστά πρωτεΐνης είναι επιθυμητά από τον παραγωγό καθώς έτσι ενδέχεται να πουλήσει την παραγωγή του σε υψηλότερη τιμή και επομένως να έχει μεγαλύτερο κέρδος. Μια μέθοδος ελέγχου των ποιοτικών χαρακτηριστικών αποτελεί η χημική ανάλυση, η οποία είναι ακριβής μεν στα αποτελέσματα της αλλά απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι να διεξάγει τα αποτελέσματα. Μία άλλη μέθοδος η οποία είναι λιγότερο χρονοβόρα καθώς σε 15 λεπτά μπορεί να βγάλει τα αποτελέσματα, είναι αυτή του NIR. Το NIR μπορεί να πραγματοποιήσει ανάλυση τόσο σε σπόρο όσο και στο φύλλωμα εμφανίζοντας τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Το NDF αποτελεί μια ένδειξη της κυτταρικής δομής του φυτού και πιο συγκεκριμένα του κυτταρικού τοιχώματος το οποίο αυξάνεται όσο πιο ώριμο είναι το φυτό. Το ADF αφορά την περιεκτικότητα του φυτού σε κυτταρίνη και λιγνίνη και συνδέεται άμεσα με το πόσο εύπεπτο είναι στο συγκεκριμένο στάδιο το συγκεκριμένο προϊόν, με επιθυμητές όσο το δυνατόν χαμηλότερες τιμές (Rasby et al., 2008).

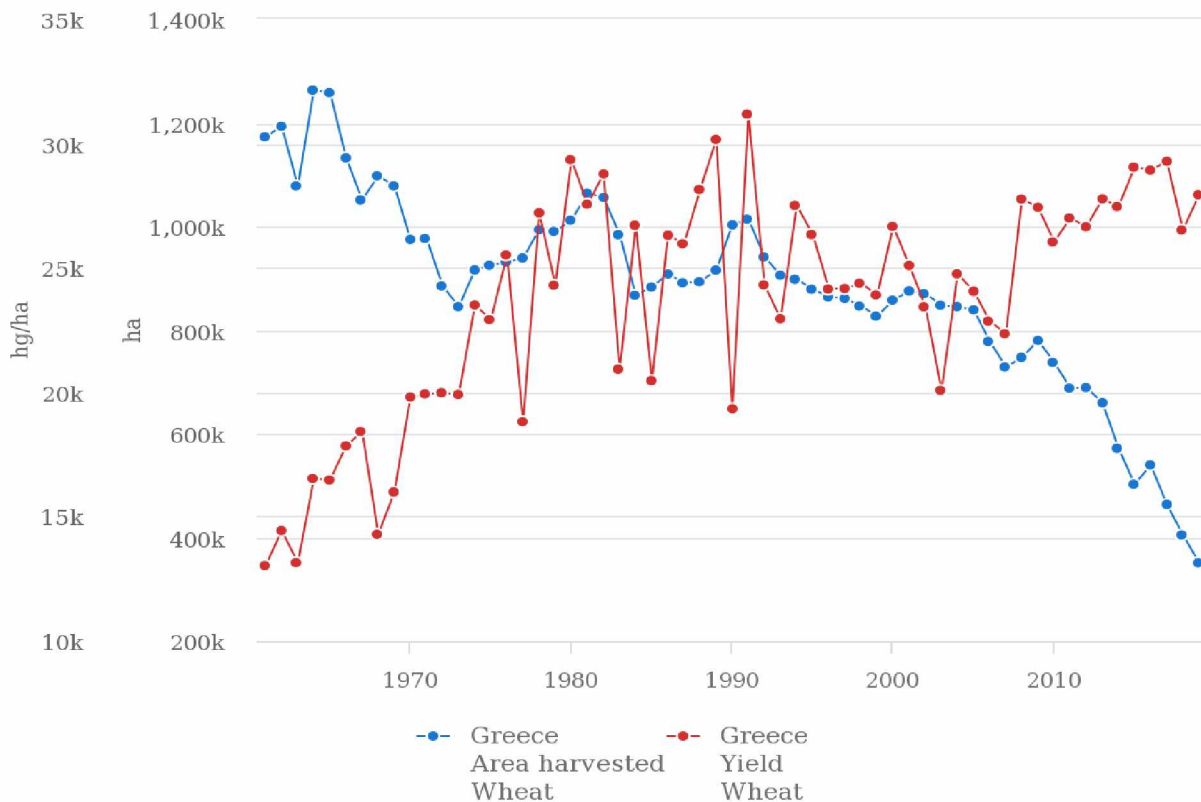
Πίνακας 2: Ποιοτικών χαρακτηριστικών με την μέθοδο του NIR

Φύλλωμα	Καρπός
Υγρασία	Υγρασία
Πρωτεΐνη	Πρωτεΐνη
Στάχυη	Ξηρή γλουτένη
NDF	Υγρή γλουτένη
ADF	
Φυτικές ίνες	
Λίπη	
Ασβέστιο	
Φώσφορος	

1.14 Παραγωγή

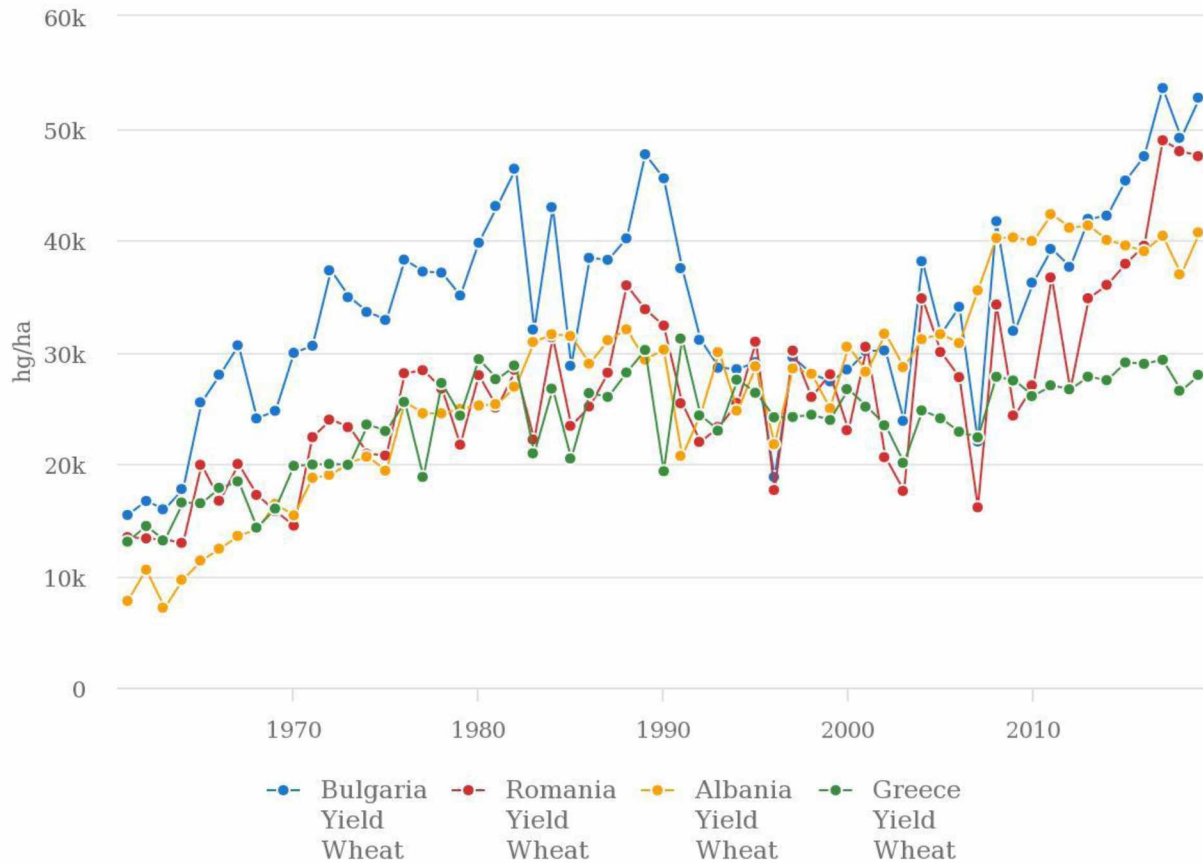
Στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί με την πάροδο του χρόνου μια αύξηση στην στρεμματική απόδοση το οποίο οφείλεται στην συνεχή βελτίωση των ποικιλιών τόσο στην απόδοση όσο και στην προσαρμογή των βελτιωμένων φυτών στις διάφορες καταπονήσεις που υφίστανται λόγω των ελληνικών κλιματικών συνθηκών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε ελληνικά εδάφη η καλλιέργεια του σιταριού να μην φτάνει τις αποδόσεις που θα μπορούσε, δηλαδή της κλίμακας των 800 kg/ στρέμμα ή σε μερικές περιπτώσεις ακόμα και τα 1200 kg/ στρέμμα σε ορισμένες χώρες της Κεντρικής Ευρώπης (Δαναλάτος 2005).

Σύμφωνα με δεδομένα της FAOSTAT η Ελλάδα το 1961 είχε παραγωγή κοντά στα 130 kg/ στρέμμα και το 2019 έφτασε στα 280 kg/ στρέμμα. Ενώ παρατηρήθηκε αύξηση στην παραγωγή, υπό τριπλασιάστηκε η συνολική καλλιεργούμενη έκταση έχοντας σαν αποτέλεσμα η τωρινή συνολική παραγωγή να παραμένει περίπου η ίδια με αυτή του 1961 όπως υποδεικνύεται και στην παρακάτω φωτογραφία.



Source: FAOSTAT (Sep 09, 2021)

Διάγραμμα 2: Η καλλιεργούμενη με σιτηρά έκταση και απόδοση στην Ελλάδα από το 1961-2019



Source: FAOSTAT (Sep 11, 2021)

Διάγραμμα 3: Αποδόσεις σιταριού σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες

1.15 Εχθροί και ασθένειες

Όπως και στη ζιζανιοκτονία έτσι και εδώ η επέμβαση για ψεκασμό πραγματοποιείται μόνο όταν η ζημιά που θα προκληθεί είναι μεγάλη και θα συμφέρει τον καλλιεργητή. Μείωση των προσβολών επιτυγχάνεται με χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, συστημάτων αμειψισποράς καθώς και επένδυση του σπόρου με φυτοπροστατευτικό προϊόν. Οι συνήθεις εχθροί που θα συναντήσει σε καλλιέργεια σιταριού από άποψης εντόμων είναι οι εξής:

- ο ζάβρος,
- οι σιδηροσκώληκες και

- οι αγρότιδες.

Όσον αφορά τους μύκητες οι κυριότεροι είναι:

- η κίτρινη (*Puccinia graminis*) σκωρίαση,
- η καστανή (*Puccinia triticina*) σκωρίαση,
- το φουζάριο (*Fusarium graminearum*),
- το ωίδιο (*Erysiphe graminis*) και
- η σεπτόρια (*Septoria tritici*).



Φωτογραφία 4: Προσβολή του φυλλώματος από τον μύκητα Septoria tritici

1.16 Λογισμικό Granoduro net

Πρόκειται για μία διαδικτυακή υπηρεσία τεχνικής υποστήριξης η οποία βοηθά τον αγρότη να διαχειριστεί καλύτερα την καλλιέργεια του. Σε αυτό το σύστημα ο παραγωγός προσθέτει δεδομένα για τον αγρό του τα οποία επεξεργάζεται το λογισμικό και τελικά εξάγει πληροφορίες στις οποίες βασίζεται για την λήψη των αποφάσεων του. Το σύστημα αυτό είναι συνδεδεμένο με ένα δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών οι οποίοι επεξεργάζονται τα μετεωρολογικά στοιχεία και παρέχουν πρόβλεψη καιρού για 7 ημέρες η οποία ανανεώνεται κάθε μία ώρα. Τα δεδομένα που δίνει ο παραγωγός είναι:

- η θέση του αγρού,
- η μηχανική σύσταση εδάφους,

- εδαφολογικές αναλύσεις,
- η ποικιλία που πρόκειται να καλλιεργηθεί,
- οι προηγούμενες καλλιέργειες,
- το είδος κατεργασίας,
- την εκτιμώμενη παραγωγή,
- τα ζιζάνια κ.λπ.
- διαχείριση υπολειμμάτων προηγούμενης καλλιέργειας

Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα το λογισμικό: 1) κάνει εκτιμήσεις και προτείνει σχέδιο σποράς και την απαιτούμενη ποσότητα, 2) συμβουλεύει για τη βασική αλλά και την επιφανειακή λίπανση για την ποσότητα και την περίοδο εφαρμογής, 3) εμφανίζει σε διάγραμμα τα φαινολογικά στάδια του βιολογικού κύκλου και πότε είναι πιθανό να εμφανιστούν, 4) προβλέπει τις πιθανές προσβολές από εχθρούς και ασθένειες με βάση τα μετεωρολογικά στοιχεία και κάνει εκτιμήσεις για τον βαθμό του κινδύνου, 5) συνιστά άρδευση 6) συλλέγει όλα τα δεδομένα και τα αποθηκεύει έτσι ώστε ο παραγωγός να έχει την δυνατότητα πρόσβασης στο ιστορικό του αγρού του.

Το λογισμικό granoduro net δεν αντικαθιστά τον γεωπόνο ή τον παραγωγό, αλλά του παρέχει πρόσθετες πληροφορίες για την ορθότερη λήψη αποφάσεων στη διαχείριση της καλλιέργειάς του (Καρτσαφλέκης, miskoprogrammasitou.gr, 2020).

1.17 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός του πειράματος στην παρούσα πτυχιακή ήταν η διαπίστωση της επίδρασης του βαθμού κατεργασίας, της προηγούμενης καλλιέργειας και της αζωτούχου λίπανσης στην αύξηση, ανάπτυξη και απόδοση σε καρπό σκληρού σίτου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ένα αγρό 92 στρεμμάτων με τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις. Οι πρώτες δύο καταλάμβαναν από 26 στρέμματα και οι υπόλοιπες από 20. Στις πρώτες δύο μεταχειρίσεις προηγούμενη καλλιέργεια ήταν ο αραβόσιτος και στις άλλες δύο το ρεβίθι. Στην 1^η μεταχείριση δεν εφαρμόστηκε κάποια κατεργασία, αφήνοντας τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας στο έδαφος. Στην 2^η καλλιεργήθηκε με περιστροφικό καλλιεργητή και στην 3^η και 4^η με μέσο καλλιεργητή.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Κατεργασία εδάφους

Όπως φαίνεται και στον πίνακα στο πρώτο αγροτεμάχιο μετά από το καλαμπόκι εφαρμόστηκε ακαλλιέργεια, δηλαδή δεν εισήχθη κανένα μηχάνημα για κατεργασία του εδάφους και έγινε απ' ευθείας σπορά. Τα υπολείμματα από το καλαμπόκι που ήταν η προηγούμενη καλλιέργεια παρέμειναν στο χωράφι μετά από πέρασμα με ένα καταστροφέα που τα τεμάχισε και τα διένειμε σε όλη την επιφάνεια του χωραφιού. Το δεύτερο αγροτεμάχιο μετά το καλαμπόκι μετά το πέρασμα του καλλιεργητή καλλιεργήθηκε με περιστροφικό καλλιεργητή το οποίο ενσωμάτωσε τα υπολείμματα καλαμποκιού. Ακολούθησε δευτερογενής κατεργασία με ελαφρύ καλλιεργητή. Στα δύο αγροτεμάχια μετά το ρεβίθι εφαρμόστηκε μειωμένη κατεργασία με πέρασμα ενός μέσου καλλιεργητή.

Προηγούμενη καλλιέργεια Αραβόσιτος		Προηγούμενη καλλιέργεια Ρεβίθι	
Ακαλλιέργεια	Περιστροφικός καλλιεργητής	Μέσος καλλιεργητής	
4	8	12	16
3	7	11	15
2	6	10	14
1	5	9	13
26 στρέμματα	26 στρέμματα	20 στρέμματα	20 στρέμματα

Οι μεταχειρίσεις ήταν οι εξής:

1. Η 1^η μεταχείριση είναι αυτή της ακαλλιέργειας στην οποία ο παραγωγός δεν όργωσε, παρέμειναν τα υπολείμματα από την προηγούμενη καλλιέργεια, δηλαδή του αραβοσίτου και η εφαρμογή των καλλιεργητικών πρακτικών βασίστηκε στο λογισμικό Granoduro net.
2. Στην 2^η μεταχείριση ο παραγωγός ενσωμάτωσε τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, δηλαδή του αραβοσίτου, με περιστροφικό καλλιεργητή και εφάρμοσε τις δικές του καλλιεργητικές πρακτικές.
3. Η 3^η μεταχείριση είχε σαν προηγούμενη καλλιέργεια το ρεβίθι, όπου ο παραγωγός κατεργάστηκε το έδαφος με μέσο καλλιεργητή και εφάρμοσε τις δικές του καλλιεργητικές πρακτικές.
4. Η 4^η μεταχείριση επίσης είχε σαν προηγούμενη καλλιέργεια το ρεβίθι, κατεργάστηκε με μέσο καλλιεργητή και η εφαρμογή των καλλιεργητικών πρακτικών βασίστηκε στο λογισμικό του Granoduro net.

2.2 Σπορά

Η σπορά έγινε στις 7/11/2020 και χρησιμοποιήθηκε για σπόρο η ποικιλία Pigreco. Στα 52 στρέμματα που υπήρχε σαν προηγούμενη καλλιέργεια το καλαμπόκι για την σπορά χρησιμοποιήθηκε ειδική σπαρτική για ακαλλιέργεια από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας λόγω των υπολειμμάτων που υπήρχαν ήδη στον αγρό, καθώς οποιαδήποτε συμβατική σπαρτική θα είχε <<μπουκώσει>>. Για τα υπόλοιπα 40 ο παραγωγός έσπειρε με κανονική σπαρτική την ίδια μέρα. Στην σπορά χρησιμοποιήθηκαν 21 κιλά/ στρέμμα για το κομμάτι του καλαμποκιού και 22 κιλά/ στρέμμα σε αυτό του ρεβιθιού.

2.3 Εφαρμογή Granoduro net

Στα δύο τεμάχια ένα μετά από το καλαμπόκι και ένα μετά το ρεβίθι (τα τεμάχια Α και Δ) ακολουθήθηκε από την αρχή το πρόγραμμα υποβοήθησης αγροτών στη λήψη αποφάσεων Granoduro net. Στα άλλα δύο ο παραγωγός εφάρμοσε τις καλλιεργητικές φροντίδες όπως τις συνήθιζε τα προηγούμενα χρόνια.

2.4 Λίπανση

Βασική λίπανση δεν χορηγήθηκε καθώς θεωρήθηκε ότι λόγω του δεσμευμένου αζώτου από την καλλιέργεια ψυχανθούς δηλαδή του ρεβιθιού και του υπολειμματικού αζώτου του καλαμποκιού ήταν αρκετά για να καλύψουν τις αρχικές ανάγκες της καλλιέργειας. Στα τεμάχια Α και Δ τα οποία ήταν υπό την επίβλεψη του Granoduro net η επιφανειακή λίπανση έγινε σε δύο δόσεις ενώ στα Β και Γ σε μία. Η πρώτη έγινε στις 7/2/2020 όπου στα δύο τεμάχια του Granoduro net χρησιμοποιήθηκαν από 15 kg/ στρέμμα αντίστοιχα ενώ στα άλλα δύο από 35 kg/ στρέμμα. Η δεύτερη έγινε στις 7/3/2020 όπου χρησιμοποιήθηκαν 17 kg/ στρέμμα και 15 kg/ στρέμμα για τα τεμάχια Α και Δ αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας το λίπασμα Piazur 46 – Teofert.

2.5 Άρδευση

Παρόλο που πρόκειται για καλλιέργεια σκληρού σίτου η άρδευση κρίθηκε αναγκαία καθώς το μήνα του Μαΐου επικράτησαν καύσωνες οι οποίοι θα επηρέαζαν την τελική απόδοση. Στις 7/5 και 9/5 αρδεύτηκαν τα τεμάχια Α και Β με 23,1mm αντίστοιχα , ενώ τα Γ και Δ στις 9/5/2020 και 11/5/2020 με 30 mm αντίστοιχα.

2.6 Διαχείριση ζιζανίων

Εξαιτίας της μηδενικής κατεργασίας στο αγροτεμάχιο Α και από την συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας κατά την οποία είχε <<πεταχτεί>> σπόρος, είχαν φυτρώσει φυτά καλαμποκιού στο συγκεκριμένο κομμάτι του αγρού με αποτέλεσμα να κριθεί απαραίτητη η επέμβαση με ένα μη εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο το Reglone στις 23/10/2019. Τελικά τα φυτά επηρεάστηκαν ελάχιστα και καταστράφηκαν εν τέλει με τις πρώτες παγωνιές του Νοέμβρη. Εφαρμόστηκε ακόμα μία φορά στις 18/3/2020 στα τεμάχια Γ και Δ καθώς ο πληθυσμός των πλατύφυλλων ζιζανίων είχε αυξηθεί σε σημείο ζημίας με το ζιζανιοκτόνο Mustang 306 SE.

2.7 Εχθροί και ασθένειες

Στον συγκεκριμένο αγρό και γενικά στην περιοχή της Χάλκης υπήρχε έντονο πρόβλημα όσον αφορά τα ποντίκια τα οποία δημιουργούσαν μεγάλα κενά μέσα στο χωράφι καθώς κατασκεύαζαν τρύπες και έτρωγαν τα νεαρά φυτά σε σημείο που χρειάστηκε η επέμβαση με κάποιο φάρμακο. Για την τρωκτικοκτονία χρησιμοποιήθηκε το φάρμακο Phostoxin καθολικά στον αγρό στις 10/1/2020.



Φωτογραφία 5: Τρύπες από ποντίκια στον πειραματικό αγρό

Από τα μέσα Μαρτίου άρχισαν να εμφανίζονται προσβολές από τον μύκητα *Septoria tritici* ο οποίος ήταν αναγκαίο να καταπολεμηθεί από ένα σημείο και έπειτα, για αυτό και εφαρμόστηκε μυκητοκτονία στις 14/4/2020 με το σκεύασμα Elatus Era.

2.8 Συγκομιδή

Η συγκομιδή έγινε με κοινή Θ/Α. Το κάθε τεμάχιο συγκομίστηκε χωριστά, ζυγίστηκε και έγινε προσδιορισμός του ποσοστού πρωτεΐνης.

2.9 Δειγματοληψίες και μετρήσεις στον αγρό

Συνολικά στον αγρό έγιναν οι εξής εργασίες:

- α) Μετρήσεις ύψους,

- β) Μετρήσεις χλωροφύλλης με την σχετική συσκευή μέτρησής της και
- γ) Κοπές συγκεκριμένων τμημάτων του χωραφιού και στην συνέχεια άμεση μεταφορά τους στο εργαστήριο Γεωργίας για μετρήσεις βάρους προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια υγρασίας των φυτών με σκοπό πιο ακριβείς μετρήσεις.

Για την μέτρηση του ύψους χρησιμοποιήθηκε μέτρο και για την οριοθέτηση των τμημάτων δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε ένα τετράγωνο πλαίσιο των 0,25 m² μέσα από το οποίο γινόταν δειγματοληψία των φυτών περίπου στο ύψος των 4-5cm. Σε κάθε αγροτεμάχιο από τα 16 συνολικά πραγματοποιήθηκε 1 δειγματοληψία στο κάθε ένα, τα φυτά αποθηκεύονταν προσωρινά σε πλαστικές σακούλες, όπου έπειτα μεταφέρονταν στο εργαστήριο για τις περαιτέρω μετρήσεις.

Οι δειγματοληψίες μαζί με τις μετρήσεις βάρους έγιναν στις εξής ημερομηνίες:

1. 13/3/2020
2. 13/4/2020
3. 18/5/2020
4. 4/6/2020

Οι μετρήσεις χλωροφύλλης τις ημερομηνίες:

1. 13/3/2020
2. 13/4/2020
3. 18/5/2020

Τέλος οι μετρήσεις του ύψους πραγματοποιήθηκαν στις εξής ημερομηνίες:

1. 13/3/2020
2. 13/4/2020
3. 18/5/2020

2.10 Εργαστηριακές μετρήσεις

Στο εργαστήριο μετρήθηκαν τα βάρη των δειγμάτων από τις δειγματοληψίες σε ζυγαριά ακριβείας. Αφότου μετρήθηκε το συνολικό βάρος, από κάθε δείγμα έγινε λήψη 500g τα οποία εισήχθησαν σε χάρτινες σακούλες και τελικά τοποθετήθηκαν στο φούρνο για ξήρανση στους 60°C. Μετά την ξήρανση τα δείγματα ζυγίστηκαν ξανά για τον υπολογισμό του τελικού τους βάρους.

Στην τελευταία δειγματοληψία που περιείχε και σπόρο, αρχικά έγινε διαχωρισμός του σπόρου από το καλάμι το οποίο τοποθετήθηκε σε χάρτινες σακούλες χωρίς να υποστεί ξήρανση και στην συνέχεια επιτεύχθηκε ο αλωνισμός του σπόρου για την απόσπαση του από τον καρπό.



Φωτογραφία 6: Η αλωνιστική μηχανή του πανεπιστημίου στο Βελεστίνο

Όλα τα δείγματα εκτός από αυτά που περιείχαν τους σπόρους κονιορτοποιήθηκαν και στη συνέχεια με την χρήση της συσκευής NIR (Near infrared spectroscopy) επιτεύχθηκαν ξεχωριστές μετρήσεις για το καλάμι και ξεχωριστές για τον σπόρο.

Για τον σπόρο μετρήθηκαν οι εξής τιμές: 1) Moisture, 2) Protein, 3) Dry gluten και 4) Wet Gluten. Για το καλάμι: 1) Moisture, 2) Protein, 3) Ash, 4) NDF, 5) ADF, 6) Crude fiber, 7) Fat, 8) Calcium και 9) Phosphorus.



Φωτογραφία 7: Συσκευή NIR στο εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Αύξηση- Ανάπτυξη

Κατά την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4 δειγματοληψίες στον πειραματικό αγρό στις οποίες υπολογίστηκαν με την χρήση της συσκευής NIR τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών στο εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών σε 4 διαφορετικές ημερομηνίες:

1. 13/3/2020
2. 13/4/2020
3. 18/5/2020
4. 4/6/2020

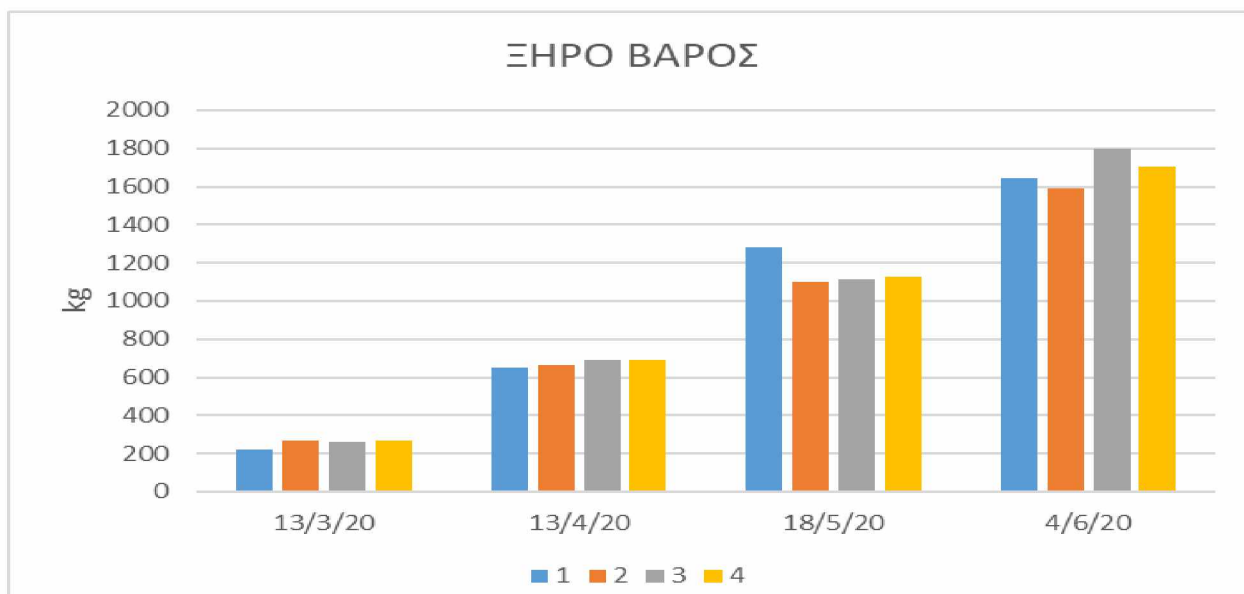
Οι μετρήσεις του χλωρού βάρους, της χλωροφύλλης και του ύψους των φυτών πραγματοποιήθηκαν τις τρεις πρώτες ημερομηνίες καθώς μέχρι τις 18/5 τα φυτά είχαν αποκτήσει ήδη το τελικό τους ύψος, η χλωροφύλλη είχε μειωθεί σε μεγάλο βαθμό και τέλος τα φυτά είχαν ήδη χάσει μεγάλο μέρος της υγρασίας τους.

Στο παρακάτω γράφημα είναι εμφανή τα χλωρά βάρη στις τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις και επανάληψεις όπου δεν παρατηρείται κάποια στατιστική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων σε κάθε επανάληψη. Μπορεί όμως να αναφερθεί το γεγονός ότι στην πρώτη επανάληψη υπήρχαν διαφορές στις τιμές. Η πρώτη μεταχείριση παρουσιάζει και την μικρότερη τιμή, το οποίο μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι λόγω της ακαλλιέργειας το έδαφος δεν ανακατεύθηκε με αποτέλεσμα ο σπόρος που << πετάχτηκε>> κατά τη συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας να φυτρώσει και να αναπτυχθεί μέχρι και τον μήνα Δεκέμβρη. Έτσι, τα φυτά καλαμποκιού πιθανώς στερήσαν την υγρασία από τα φυτά του σιταριού. Στις επόμενες δύο δειγματοληψίες αντιθέτως παρατηρείται μια μικρή υπεροχή στην μάζα των φυτών της ακαλλιέργειας που μπορεί να οφείλεται στην μείωση του φαινομένου της εξάτμισης λόγω των υπολειμμάτων που παρέμειναν στην επιφάνεια του εδάφους.



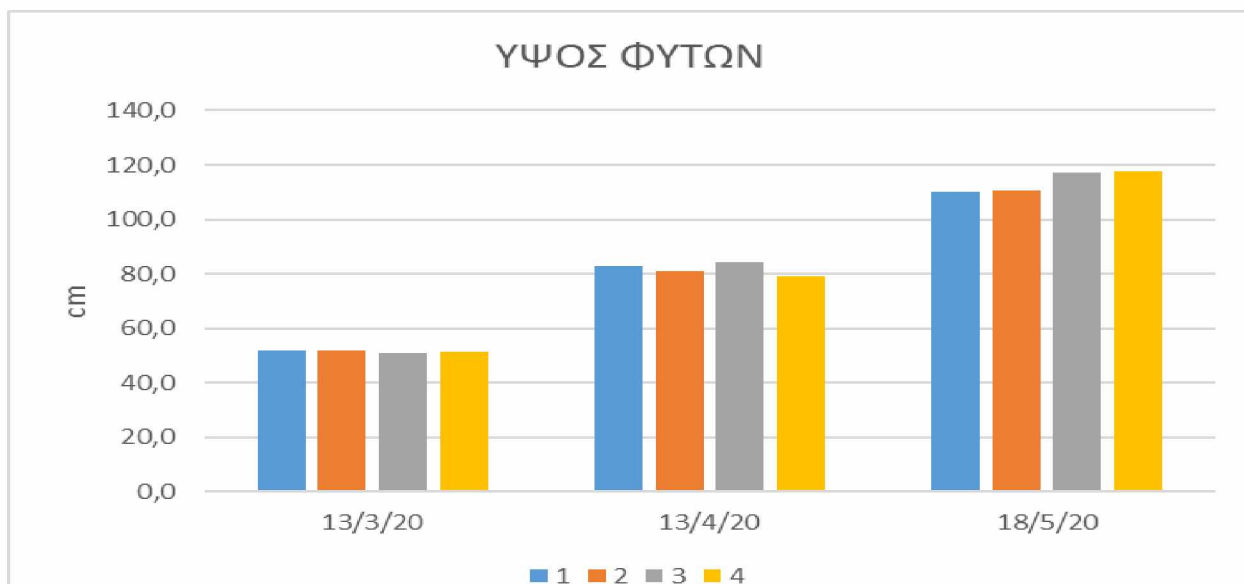
Γράφημα 1: Απεικόνιση του χλωρού βάρους των τεσσάρων μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται τα ξηρά βάρη των διαφορετικών μεταχειρίσεων και οι δειγματοληψίες στις ημερομηνίες που φαίνονται. Όπως και στα χλωρά βάρη έτσι και εδώ δεν εμφανίζεται κάποια στατιστική διαφορά μεταξύ των τιμών, παρόλα αυτά μπορούν να παρατηρηθούν ορισμένες διακριτές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία. Η 1^η μεταχείριση, δηλαδή αυτή της ακαλλιέργειας παρουσιάζει μια μικρή διαφορά στη πρώτη δειγματοληψία έχοντας το μικρότερο βάρος συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στην 3^η παρατηρείται μια εμφανής υπεροχή του κομματιού της ακαλλιέργειας, ενώ στην τελευταία δειγματοληψία το πειραματικό τεμάχιο με προηγούμενη καλλιέργεια το ρεβίθι εμφανίζει και το υψηλότερο βάρος από όλες τις μεταχειρίσεις.



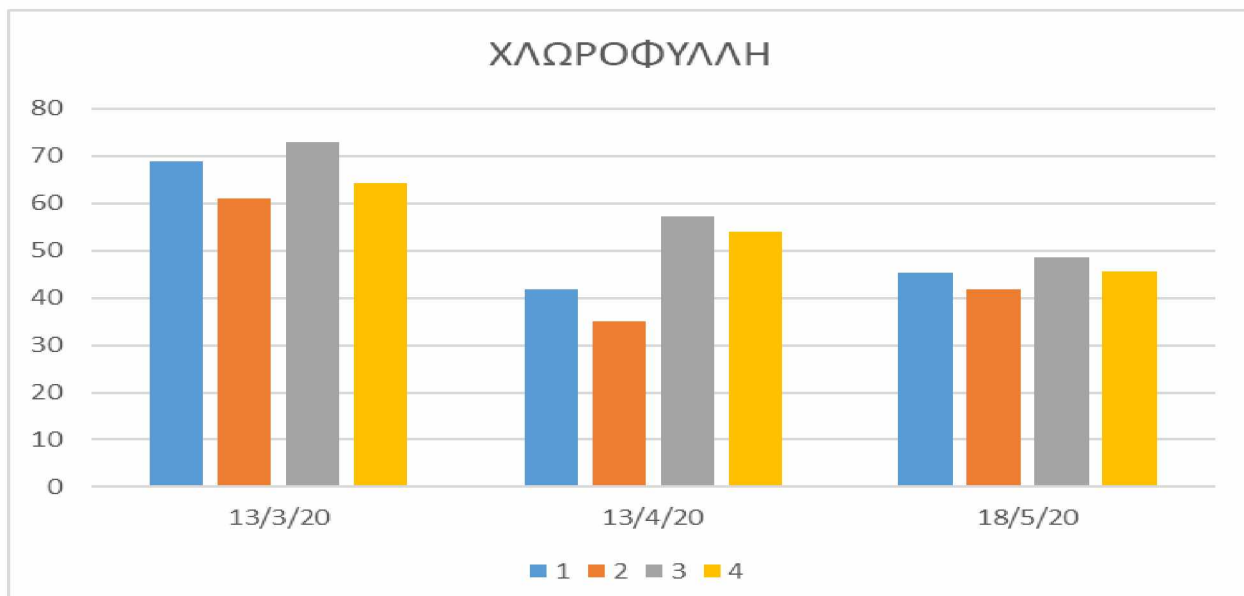
Γράφημα 2: Απεικόνιση του ξηρού βάρους των τεσσάρων μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία

Τα ύψη των φυτών δεν παρουσίασαν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα με αποτέλεσμα να μην υπάρχει στατιστική διαφορά. Εξάιρεση αποτελεί η τελευταία μέτρηση όπου οι δύο μεταχειρίσεις που περιείχαν για προηγούμενη καλλιέργεια ρεβίθι όπως απεικονίζεται εμφάνισαν ελάχιστα μεγαλύτερη ανάπτυξη.



Γράφημα 3: Απεικόνιση του ύψους των τεσσάρων μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία

Οι τιμές που μετρήθηκαν για την χλωροφύλλη απεικονίζονται στο παρακάτω γράφημα και μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι υπήρχαν μεγάλες διακυμάνσεις σε κάθε μέτρηση που πραγματοποιήθηκε. Στατιστική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων υπάρχει σε κάθε κοπή και πιο συγκεκριμένα στην 1^η επανάληψη όπως φαίνεται και από το γράφημα η 3^η μεταχείριση, η οποία είχε σαν προηγούμενη καλλιέργεια το ρεβίθι και ήταν υπό την επίβλεψη του παραγωγού υπερέχει έναντι των υπολοίπων σε στατιστικώς σημαντικό βαθμό. Επίσης, παρατηρείται ότι στη 2^η επανάληψη οι τιμές των δύο πρώτων μεταχειρίσεων που περιείχαν καλαμπόκι σαν προηγούμενη καλλιέργεια είναι σημαντικά μικρότερες από τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις που περιείχαν ρεβίθι. Τέλος, στην τελευταία επανάληψη η 3^η μεταχείριση υπερέχει αριθμητικά έναντι της 1^{ης} και 4^{ης} μεταχείρισης και στατιστικά σημαντικό βαθμό έναντι της 3^{ης}.



Γράφημα 4: Απεικόνιση της χλωροφύλλης των τεσσάρων μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία

Στην απόδοση του σπόρου όπως μπορεί να παρατηρηθεί από το παρακάτω γράφημα επιτεύχθηκε παραγωγή πολύ μεγαλύτερη από αυτή του μέσου όρου που το 2019 έφτασε κοντά στα 280 kg/ στρέμμα (FAOSTAT). Ο μέσος όρος ήταν κοντά στα 650 kg/ στρέμμα και δεν παρουσιάστηκε στατιστική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Είναι όμως διακριτό ότι μεταξύ τους παρατηρούνται κάποιες διαφορές. Την μικρότερη απόδοση την είχε η δεύτερη μεταχείριση, δηλαδή αυτή που το αγροτεμάχιο είχε καλλιεργηθεί με καλαμπόκι, είχε υποστεί κατεργασία με περιστροφικό καλλιεργητή και εφαρμόστηκαν οι καλλιεργητικές φροντίδες του παραγωγού, φτάνοντας τα 623 kg. Την αμέσως μεγαλύτερη η πρώτη η οποία έφτασε στα 653 kg και ήταν το αγροτεμάχιο που εφαρμόστηκε η ακαλλιέργεια και η καθοδήγηση με την βοήθεια του λογισμικού Granoduro net. Η τρίτη και η τέταρτη μεταχείριση εμφάνισαν τις μεγαλύτερες αποδόσεις στο πείραμα αγγίζοντας τα 671 kg, γεγονός το οποίο πιθανώς οφείλεται στην προηγούμενη καλλιέργεια να αποτελεί ψυχανθές και συγκεκριμένα ρεβίθι με τον πολύ σημαντικό ρόλο του στην φύση, αυτόν της αζωτοδέσμωσης. Έρευνα του Aisthorpe (2013) έδειξε ότι η εναλλαγή καλλιέργειας από ρεβίθι σε σιτάρι αύξησε την απόδοση σιταριού κατά μεγάλο ποσοστό ανεξάρτητα με την λίπανση που εφαρμόστηκε μέσα στην καλλιεργητική περίοδο του σιταριού, ενώ η μονοκαλλιέργεια σιταριού για συνεχόμενες χρονιές απέφερε μικρότερες αποδόσεις. Οι Felton et. al. (1990) επίσης βρήκαν παρόμοια αποτελέσματα στην έρευνά τους με εναλλαγή από ρεβίθι σε σιτάρι και από την μονοκαλλιέργεια με σιτάρι. Σημαντικό ρόλο σε αυτή την ικανοποιητική απόδοση πιθανώς να έπαιζαν και οι αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν την δεύτερη εβδομάδα του Μαΐου όπου παρατηρήθηκαν υψηλές θερμοκρασίες και τα φυτά του σιταριού το είχαν ανάγκη για το γέμισμα και την αύξηση του κόκκου. Οι διαφορές στις αποδόσεις πιθανώς να επηρεάστηκαν και από την συνολική ποσότητα άρδευσης καθώς στις πρώτες δύο μεταχειρίσεις προστέθηκαν συνολικά 46,2 mm ενώ στις άλλες δύο 60 mm.



Γράφημα 5: Απεικόνιση της απόδοσης του σπόρου των τεσσάρων μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία

3.2 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της 1^{ης} δειγματοληψίας. Γίνεται αντιληπτό ότι το ποσοστό της πρωτεΐνης δεν παρουσίασε στατιστική διαφορά μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων, εμφανίζοντας όμως αριθμητική διαφορά των μεταχειρίσεων 3 και 4 που είχαν σαν προηγούμενη καλλιέργεια ρεβίθι σε σύγκριση με τις 1 και 2 που είχαν αραβόσιτο. Όσον αφορά τις τιμές της στάχτης, του NDF, του ADF και του φωσφόρου μπορεί να παρατηρηθεί και στα τέσσερα ότι η 1^η και 2^η μεταχείριση υστερούν στατιστικά σε σύγκριση με την 3^η και 4^η. Στο ασβέστιο η 4^η μεταχείριση υπερέχει στατιστικά από την 3^η και σε σημαντικό βαθμό από την 1^η και 2^η, ενώ οι τιμές του λίπους δεν εμφανίζουν κάποια διαφορά.

Πίνακας 2: Ποιοτικά χαρακτηριστικά από την δειγματοληψία στις 13/3/2020

treatment	Moisture	Protein	Ash	NDF	ADF	Crude Fiber	Fat	Calcium	Phosphorus
1	11,07	12,39	7,54	48,26	27,24	26,28	2,38	0,37	0,26
2	11,00	13,06	7,56	48,64	27,28	26,45	2,32	0,37	0,27
3	11,17	14,24	8,61	50,98	28,95	26,70	2,37	0,40	0,30
4	11,41	14,45	8,64	51,42	29,46	27,14	2,39	0,42	0,30
ΕΣΔ₀₅	ns	ns	0,442	2,397	1,598	ns	ns	0,019	0,017
CV%	2,5	7,9	3,4	3	3,5	2,9	2,8	3	3,7

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της 2^{ης} δειγματοληψίας και γίνεται αντιληπτό ότι στις τιμές της πρωτεΐνης, της στάχτης, του ασβεστίου και του φωσφόρου δεν παρουσιάζεται κάποια στατιστική διαφορά. Είναι όμως προφανές ότι οι πρώτες δύο μεταχειρίσεις υπερτερούν αριθμητικά έναντι των άλλων δύο σε αυτά τα χαρακτηριστικά, με την 3^η μεταχείριση να έχει την μικρότερη τιμή από τις υπόλοιπες. Στην 1^η μεταχείριση το NDF, το ADF και οι φυτικές ίνες υπερτερούν στατιστικά έναντι των μεταχειρίσεων 3 και 4 και η 2^η μεταχείριση παρουσιάζει στατιστική διαφορά και υπερτερεί μόνο έναντι της 3^{ης}.

Πίνακας 3: Ποιοτικά χαρακτηριστικά από την δειγματοληψία στις 13/4/2020

treatment	Moisture	Protein	Ash	NDF	ADF	Crude Fiber	Fat	Calcium	Phosphorus
1	10,00	7,36	6,57	53,95	31,47	34,40	1,72	0,33	0,20
2	10,17	7,38	6,06	53,23	30,93	34,88	1,71	0,30	0,19
3	10,10	7,38	5,73	49,03	28,21	31,10	1,82	0,29	0,18
4	10,53	6,97	5,97	51,57	29,77	32,64	1,83	0,31	0,19
ΕΣΔ₀₅	ns	ns	ns	2,618	1,890	2,338	ns	ns	ns
CV%	7,9	19,2	7,1	3,2	3,9	4,4	6,2	6,1	10,1

Ο παρακάτω πίνακας αποτυπώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της 3^{ης} δειγματοληψίας. Όπως φαίνεται η πρωτεΐνη δεν εμφανίζει κάποια στατιστική διαφορά με την 2^η μεταχείριση να είναι ελάχιστα μεγαλύτερη σε σχέση με τις υπόλοιπες. Οι φυτικές ίνες επίσης δεν παρουσιάζουν

στατιστική διαφορά μεταξύ τους, με τις μεταχειρίσεις 3 και 4 να έχουν μια αριθμητική υπεροχή έναντι των άλλων δύο. Η 4^η μεταχείριση, δηλαδή αυτή με προηγούμενη καλλιέργεια ρεβίθι υπό την επίβλεψη του Granoduro net εμφανίζει στατιστικώς υπεροχή σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις με προηγούμενη καλλιέργεια το καλαμπόκι στο NDF, στο ADF, στη στάχτη και στο φώσφορο. Η ακαλλιέργεια υπερέχει έναντι των υπολοίπων σε στατιστικώς σημαντικό βαθμό στα λίπη και η 3^η μεταχείριση αντίστοιχα έχει την ανώτερη τιμή σε ασβέστιο από τις άλλες τρεις με στατιστική διαφορά.

Πίνακας 4: Ποιοτικά χαρακτηριστικά από την δειγματοληψία στις 18/5/2020

treatment	Moisture	Protein	Ash	NDF	ADF	Crude Fiber	Fat	Calcium	Phosphorus
1	9,42	2,97	3,43	47,14	27,16	31,92	2,45	0,22	0,12
2	9,48	3,15	3,38	48,74	28,29	32,74	1,85	0,23	0,15
3	8,86	3,12	3,69	48,87	27,85	34,39	1,97	0,26	0,15
4	9,22	3,05	3,74	51,02	30,22	34,49	1,67	0,23	0,12
ΕΣΛ₀₅	0,437	ns	0,281	2,503	1,968	ns	0,336	0,026	0,020
CV%	3	19,7	4,9	3,2	4,3	4	10,6	6,8	9,6

Στην τελευταία δειγματοληψία, η οποία αποτελεί και την ημερομηνία συγκομιδής, ο στάχυς που περιείχε και τον σπόρο διαχωρίστηκε από το καλάμι και μετρήθηκαν ξεχωριστά με την μέθοδο NIR τα ποιοτικά χαρακτηριστικά από το καθένα. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά από το κομμάτι του καλαμιού που απέμεινε μετά τον αλωνισμό. Η 1^η και η 3^η μεταχείριση εμφάνισαν την περισσότερη πρωτεΐνη, παρόλα αυτά η ακαλλιέργεια ακόμα και στο στάδιο της συγκομιδής εμφάνισε μεγάλο ποσοστό πρωτεΐνης στο καλάμι και υπερέχει στατιστικά σε σημαντικό βαθμό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις. Τα πειραματικά τεμάχια που είχαν σαν καλλιέργεια τον αραβόσιτο εμφάνισαν στατιστική διαφορά καθώς υπερέχουν σε σχέση με το ρεβίθι στα χαρακτηριστικά της στάχτης, του NDF και του ADF. Η 4^η μεταχείριση αν και εμφάνισε τις μικρότερες τιμές σχεδόν σε όλα τα χαρακτηριστικά υπερέχει στατιστικά στα λίπη και στον φώσφορο έναντι των υπόλοιπων μεταχειρίσεων.

Πίνακας 5: Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλαμιού από την δειγματοληψία στις 4/6/2020

treatment	Moisture	Protein	Ash	NDF	ADF	Crude Fiber	Fat	Calcium	Phosphorus
1	11,79	1,41	4,57	58,93	35,85	42,63	1,37	0,34	0,10
2	10,99	0,33	4,54	58,21	35,29	42,86	1,34	0,33	0,09
3	11,88	0,71	4,19	56,31	33,70	41,62	1,45	0,33	0,09
4	12,30	0,43	4,13	52,64	30,61	38,85	1,63	0,34	0,12
ΕΣΔ₀₅	ns	0,543	0,268	1,313	1,147	1,103	0,154	ns	0,019
CV%	5,5	47,2	3,8	1,5	2,1	1,7	6,6	5,4	12,1

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές για την πρωτεΐνη του σπόρου καθώς και την υγρή και ξηρή γλουτένη που περιείχε. Συγκρίνοντας όλες τις μεταχειρίσεις μεταξύ τους γίνεται αντιληπτό πως η μεταχείριση της ακαλλιέργειας με τη βοήθεια του Granoduro net καθώς και αυτή που περιείχε ρεβίθι και εφαρμόστηκαν οι καλλιεργητικές πρακτικές του παραγωγού πέτυχαν και τα μεγαλύτερα ποσοστά πρωτεΐνης, υγρής γλουτένης και ξηρής γλουτένης και στατιστικά υπερέιχαν από την 2^η. Η 2^η μεταχείριση φαίνεται να εμφάνισε την λιγότερη πρωτεΐνη και η 4^η το μικρότερο ποσοστό υγρής και ξηρής γλουτένης. Ο Aisthorpe (2013) μέσα στην έρευνά του αναφέρει ότι με την εναλλαγή καλλιέργειας από ρεβίθι σε σιτάρι ανεξάρτητα από την λίπανση που εφαρμόστηκε την καλλιεργητική περίοδο του σιταριού παρουσίασε αυξημένο ποσοστό πρωτεΐνης σε σύγκριση με αυτή της μονοκαλλιέργειας σιταριού.

Πίνακας 6: Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου από την δειγματοληψία στις 4/6/2020

treatment	Moisture	Protein(dry basis)	Dry Gluten	Wet Gluten
1	11,11	13,95	10,12	28,41
2	10,31	12,64	9,94	27,33
3	10,73	14,39	10,28	28,62
4	10,81	13,36	9,51	26,15
ΕΣΔ₀₅	0,234	0,400	ns	1,689
CV%	1,4	1,8	4	3,8

4. Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στους πίνακες και τα διαγράμματα παραπάνω μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι οι μεγαλύτερες αποδόσεις και ποσοστό πρωτεΐνης εμφανίσθηκαν στο 1^ο και 3^ο αγροτεμάχιο που είχε την ακαλλιέργεια με καλαμπόκι σαν προηγούμενη καλλιέργεια και ρεβίθι αντίστοιχα. Το 4^ο εμφάνισε και αυτό ικανοποιητική απόδοση ισόποση με αυτή του 3^{ου}, όμως με μικρότερο ποσοστό πρωτεΐνης. Την μικρότερη απόδοση και το λιγότερο ποσοστό πρωτεΐνης είχε το 2^ο αγροτεμάχιο, στο οποίο είχε εφαρμοστεί κατεργασία και ενσωματώθηκαν τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, δηλαδή του καλαμποκιού.

Το κομμάτι της ακαλλιέργειας εμφάνισε στα πρώτα στάδια μια ελαφρώς μικρότερη ανάπτυξη, το οποίο πιθανώς οφείλονταν στον ανταγωνισμό που προέκυψε από την παράλληλη ανάπτυξη των φυτών καλαμποκιού την περίοδο Νοεμβρίου- Δεκεμβρίου. Μέχρι όμως την συγκομιδή αναπλήρωσε αυτόν τον περιορισμό φθάνοντας σε μια πολύ ικανοποιητική απόδοση, με την βοήθεια του λογισμικού Granoduro net για τον υπολογισμό σε απαιτήσεις λιπάσματος και άρδευσης όπως και της κατάλληλης χρονικής περιόδου για την εφαρμογή τους. Στην υψηλή απόδοση επίσης πρέπει να συνέβαλε και ο περιορισμός της εξάτμισης από τα υπολείμματα διαθέτοντας στα φυτά το απαραίτητο για την ανάπτυξη νερό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Η 2^η μεταχείριση εμφάνισε την μικρότερη απόδοση καθώς δεν διέθετε ούτε μέρος από το υπολειμματικό άζωτο όπως η 1^η, ούτε το δεσμευμένο άζωτο όπως η 3^η και η 4^η. Η τελική απόδοση δεν παύει να είναι ικανοποιητική για δεδομένα Ελλάδας το οποίο ενδεχομένως οφείλεται στην εφαρμογή της άρδευσης τον μήνα Μάιο και της μεγάλης ποσότητας επιφανειακής λίπανσης τον Φεβρουάριο.

Στις δύο μεταχειρίσεις που περιείχαν ψυχανθές και συγκεκριμένα ρεβίθι για προηγούμενη καλλιέργεια μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην τελική απόδοση, καθώς πέτυχαν και τις υψηλότερες από όλες τις μεταχειρίσεις. Πιο συγκεκριμένα η 3^η πέτυχε και πού υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης ξεπερνώντας το 14% καθιστώντας τον σπόρο υψηλής ποιότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Γιαννοπολίτης, Κ.Ν. και Ελευθεροχωρινός. 1991. Τα ζιζάνια των σιτηρών. Αναγνώριση των σπουδαιότερων ειδών. Επιλογή του κατάλληλου ζιζανιοκτόνου. Γεωργία-Κτηνοτροφία Τεύχος 5:17-24
2. Δαναλάτος Ν., 2005, Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (χειμερινά σιτηρά και καρποδοτικά ψυχανθή), Βόλος
3. Καβαλάρης Χ., 2017, Σημειώσεις Γεωργικής Μηχανολογίας, Βόλος
4. Κυζερίδης, Ν. και Ε. Καρτίτση. 1997. Η επίδραση της πυκνότητας σποράς στην απόδοση καρπού σε έξι καλλιεργούμενες ελληνικές ποικιλίες σκληρού σιταριού (Tr. Durg. Conv. Durum.) Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 8(3):32-40
5. Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2012, Σιτηρά και ψυχανθή, Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη

Διεθνής

1. A. S. Lithourgidis, C. A. Damalas, and A. A. Gagianas, “Long-term yield patterns for continuous winter wheat cropping in northern Greece,” *European Journal of Agronomy*, vol. 25, no. 3, pp. 208–214, 2006.
2. Abdullah Alhameid, Colin Tobin, Amadou Maiga, Sandeep Kumar, Shannon Osborne, Thomas Schumacher. Chapter 9 - Intensified Agroecosystems and Changes in Soil Carbon Dynamics. *Soil Health and Intensification of Agroecosystems*, 2017, Pages 195-214
3. Abedi Tayebbeh, Alemzadeh Abass, Kazemeini Seyed Abdolreza. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. *AUSTRALIAN JOURNAL OF CROP SCIENCE*, Volume: 4, Issue: 6, Pages: 384-389, Published: AUG 2010
4. Amadou Tidiane Sall, Tiberio Chiari, Wasihun Legesse, Kemal Seid-Ahmed, Rodomiro Ortiz, Maarten van Ginkel, Filippo Maria Bassi. *Agronomy*, Volume 9, May 2019
5. B. Procházková, J. Hrubý, J. Dovrtěl, and O. Dostál, “Effects of different organic amendment on winter wheat yields under long-term continuous cropping,” *Plant, Soil and Environment*, vol. 49, no. 10, pp. 433–438, 2003
6. Bhattacharyya, R., Prakash, V., Kundu, S., Srivastva, A.K., Gupta, H.S. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 132, Issues 1–2, July 2009, Pages 126-134
7. C.A. Francis. CROP ROTATIONS. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 2005, Pages 318-322
8. Chen Baoqing, Liu EnKe, Tian Qizhuo, Yan Changrong, Zhang Yanqing. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. *AGRONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, Volume: 34, Pages: 429-442, Apr 2014
9. D.W. Reeves, the role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems, *Soil & Tillage Research* 43 (1997), pp. 131-167
10. Darren Aisthorpe, Trials explore chickpea/wheat rotations, *Grain research and development corporation*, Issue 105, 1 July 2013
11. Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., et.al. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Volume: 3, Issue: 1, Pages: 1-25 , Published: March 2010
12. Dorota L. Porazinska, Diana H. Wall. Soil Conservation. *Encyclopedia of Biodiversity*, 2001, Pages 315-326
13. Fabio Chaddad. Chapter 2 - Enabling Conditions. *The Economics and Organization of Brazilian Agriculture. Recent Evolution and Productivity Gains*, 2016, Pages 19-44
14. Fornari A.J., Caires E.F., Bini A.R., Haliski A., Tzaskos L., Joris Helio A.W. Nitrogen fertilization and potassium requirement for cereal crops under a continuous no-till system. *Pedosphere*, Volume 30, Issue 6, December 2020, Pages 747-758

15. Francisco J. Arriaga, Jose Guzman, Birl Lowery. Chapter 5 - Conventional Agricultural Production Systems and Soil Functions. *Soil Health and Intensification of Agroecosystems*, 2017, Pages 109-125
16. H. Albrecht, B. Sprenger. Chapter 3.2 - Long-Term Effects of Reduced Tillage on the Populations of Arable Weeds. *Perspectives for Agroecosystem Management, Balancing Environmental and Socio-Economic Demands*, 2008, Pages 237-256
17. H. Marcellos, W. L. Felton and D. F. Herridge, Crop productivity in a chickpea-wheat rotation, NSW Agriculture, Agricultural Research Centre, 1990
18. H. Wu, J. Pratley, D. Lemerle, and T. Haig, "Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*)," *Annals of Applied Biology*, vol. 139, no. 1, pp. 1–9, 2001.
19. Hayat Ullah, Raquel Santiago-Arenas, Zannatul Ferdous, Ahmed Attia, Avishek Datta. Chapter Two - Improving water use efficiency, nitrogen use efficiency, and radiation use efficiency in field crops under drought stress: A review. *Advances in Agronomy*, Volume 156, 2019, Pages 109-157
20. Holub Petr, Klem Karel, Tuma Ivan, Vavrikova Jana, Sura Katerina, Vesela Barbora, Urban Otmar, Zahora Jaroslav. Application of organic carbon affects mineral nitrogen uptake by winter wheat and leaching in subsoil: Proximal sensing as a tool for agronomic practice. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, Volume: 717, MAY 2020
21. Ignacio J. Lorite, Cristina Santos, Margarita Ruiz-Ramos, Clara Gabaldón Leal, María de la Cruz Blanco, Rafael Porras. Chapter 1 - Water Management and Climate Change in Semiarid Environments. *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment, Tools, Strategies, and Challenges for Woody Crops*, 2018, Pages 3-40
22. J. Kirkegaard, O. Christen, J. Krupinsky, and D. Layzell, "Break crop benefits in temperate wheat production," *Field Crops Research*, vol. 107, no. 3, pp. 185–195, 2008.
23. Juan Manuel Herrera, Christos Noulas, Peter Stamp, Lilia Levy-Häner, Didier Pellet, Ruijun Qin. Nitrogen Rate Increase Not Required for No-Till Wheat in Cool and Humid Conditions. *Agronomy*, Volume 10, 21 March 2020
24. Juan Manuel Herrera, Christos Noulas, Peter Stamp, Lilia Levy-Häner, Didier Pellet, Ruijun Qin. Nitrogen Rate Increase Not Required for No-Till Wheat in Cool and Humid Conditions. *Agronomy 2020*, Volume 10, March 2020
25. K.L. Regar, M. L. Dotaniya, K. Aparna, C.K. Dotaniya, Mahendra Singh. Chapter 33 - Role of Soil Enzymes in Sustainable Crop Production. *Enzymes in Food Biotechnology, Production, Applications, and Future Prospects*, 2019, Pages 569-589
26. Klik, A., Rosner, J. Long-term experience with conservation tillage practices in Austria: Impacts on soil erosion processes. *Soil and Tillage Research*, Volume 203, September 2020, 104669
27. Ladha J.K., Pathak H., Krupnik T.J., Six J., van Kessel C. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*, Volume 87, 2005, Pages 85-156
28. Li Lin, Niu Yining, Ruan Yuefeng, DePauw Ron M., Singh Asheesh K., Gan Yantai. Agronomic Advancement in Tillage, Crop Rotation, Soil Health, and Genetic Gain in Durum Wheat Cultivation: A 17-Year Canadian Story. *AGRONOMY-BASEL*, Volume: 8, Issue: 9, SEP 2018

29. M.R. Carter, E. McKyes. CULTIVATION AND TILLAGE. Encyclopedia of Soils in the Environment, 2005, Pages 356-361
30. M.R. Carter. CULTIVATION AND TILLAGE. Encyclopedia of Soils in the Environment, 2005, Pages 306-311
31. Mariana A. Melaj, Hernán E. Echeverría, Silvia C. López, Guillermo Studdert, Fernando Andrade, Néstor O. Bárbaro. Timing of Nitrogen Fertilization in Wheat under Conventional and No-Tillage System. Agronomy journal, November 2003
32. Mark E. Lundy, Cameron M. Pittelkow, Bruce A. Linquist, Xinqiang Liang, Kees Jan van Groenigen, Juhwan Lee, Johan Six, Rodney T. Venterea, Chrisvan Kessel. Nitrogen fertilization reduces yield declines following no-till adoption. Field Crops Research, Volume 183, November 2015, Pages 204-210
33. Qiang Chai, Yantai Gan, Neil C. Turner, Ren-Zhi Zhang. Chapter Two - Water-Saving Innovations in Chinese Agriculture. Advances in Agronomy, Volume 126, 2014, Pages 149-201
34. Rao A.N., Brainard D.C., Kumar V., Ladha J.K., Johnson D.E. Chapter Two - Preventive Weed Management in Direct-Seeded Rice: Targeting the Weed Seedbank. Advances in Agronomy, Volume 144, 2017, Pages 45-142
35. Rick J. Rasby, Paul J. Kononoff, Bruce E. Anderson. Understanding and Using a Feed Analysis Report, University of Nebraska–Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, 2008.
36. Simona Bassu, Senthold Asseng, Rosella Motzo, Francesco Giunta. Optimizing sowing date of durum wheat in a variable Mediterranean environment. Field Crops Research, Volume 111, Issues 1–2, 15 March 2009, Pages 109-118
37. Suresh Muthukrishnan, Gregory P. Lewis, C. Brannon Andersen. Chapter 24 - Land Cover and Land Use Changes. Developments in Environmental Science, Volume 5, 2012
38. T. K. Smith, C. K. Girish. 13 - Prevention and control of animal feed contamination by mycotoxins and reduction of their adverse effects in livestock. Animal Feed Contamination. Effects on Livestock and Food Safety. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2012, Pages 326-351
39. Valamoti S.M. and Kostakis K., 2007, Transitions to agriculture in the Aegean: the archaeobotanical evidence, p. 76-92, In S. College and J. Conolly, The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe, Walnut Creek: Left Coast Press.
40. Yucheng Feng, Kipling S. Balkcom. Chapter 11 - Nutrient Cycling and Soil Biology in Row Crop Systems under Intensive Tillage. Soil Health and Intensification of Agroecosystems, 2017, Pages 231-255
41. Zhang Yang), Xie Deti, Ni Jiupai, Zeng Xibai. Conservation tillage practices reduce nitrogen losses in the sloping upland of the Three Gorges Reservoir area: No-till is better than mulch-till. Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 300, 15 September 2020, 107003

Ηλεκτρονική

1. <https://terrapapers.com/olethria-monokalliergia/>
2. <https://www.britannica.com/technology/agricultural-technology/Factors-in-cropping#ref558283>
3. <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/->
4. <https://www.statistics.gr/>
5. https://miskoprogrammasitou.gr/farmers_news/to-logismiko-granoduro-net-ke-pos-bori-na-voithisi-ton-agroti/