



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ « ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΥΠΩΝ
ΔΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ»



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΓΡΗΓΟΡΙΑΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ

2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά επιθυμώ να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην τριμελή επιτροπή, η οποία αποτελείται από τον κύριο Δαναλάτο Νικόλαο που μου έδωσε την δυνατότητα να διεκπεραιώσω την πτυχιακή μου εργασία. Στη συνέχεια ευχαριστώ πολύ τον κύριο Μπαρτζιάλη Δημήτριο για την καθοδήγηση του καθόλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος και τις πολύτιμες γνώσεις που παρείχε. Επιπροσθέτως ευχαριστώ πολύ τον επίκουρο καθηγητή Ανέστη Καρκάνη για την πολύτιμη βοήθειά του στη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Σκουφογιάννη Ελπινίκη για τον πολύτιμο χρόνο και υλικό που μου διέθεσε για την υλοποίηση της συγκεκριμένης διατριβής, με την παραχώρηση χώρου και πολύτιμου εργαστηριακού εξοπλισμού να παίζουν ρόλο καταλύτη στην περάτωση αυτή της εργασίας. Είναι επίσης απαραίτητο να ευχαριστήσω τον κύριο Γιαννούλη Κυριάκο για τις σημαντικές υποδείξεις και συμβουλές του οι οποίες έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην πτυχιακή εργασία.

Τέλος ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου καθώς και τον κοινωνικό μου περίγυρο για την στήριξη και την βοήθεια κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
Κεφάλαιο 1ο : Καλλιέργεια καλαμποκιού	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1.1 Ιστορικά στοιχεία	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1.2 Βοτανική περιγραφή.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1.3 Τύποι και καλλιεργούμενα υβρίδια	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Κεφάλαιο 2ο : Λίπανση καλαμποκιού	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.1 Γενικά.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.2 Σημασία λίπανσης	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.3 Άζωτο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.4 Φώσφορος	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.5 Κάλιο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.6 Ψευδάργυρος	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.7 Μαγνήσιο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.8 Ασβέστιο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.9 Σίδηρος.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.10 Βόριο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.11 Μαγγάνιο.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.12 Χαλκός	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.13 Θείο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Κεφάλαιο 3ο : Πείραμα.....	33
3.1 Υλικά και μέθοδοι.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
3.2 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	33
3.3 Μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης φυτών	37
3.4 Καιρικές Συνθήκες	38
3.5 Έδαφος	39
Κεφάλαιο 4ο : Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	40
4.1 Αύξηση-Ανάπτυξη-Απόδοση	40
4.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	44
4.3 Αποδοτικότητα χρήσης φωσφόρου	47
4.4 Συμπεράσματα.....	54
Βιβλιογραφία.....	56

Περιεχόμενα-Εικόνες

Εικόνα 1-Φυλογενετική ανάλυση των διπλοειδών φυτών και η θέση του αραβόσιτου Πηγή : Gautetal., (2000).....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 2-Κόκκοι γλυκού καλαμποκιού	13
Εικόνα 3-Σπορά.....	34
Εικόνα 4-Πλάνο σποράς και λίπανσης.....	35

Περιεχόμενα-Πίνακες

Πίνακας 1-Ποσότητα λαμβανόμενων θρεπτικών από τον αραβόσιτο για παραγωγικότητα 1000kg/στρ.	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Πίνακας 2-Όρια επαρκούς ποσότητα θρεπτικών συστατικών σε διάφορα αναπτυξιακά στάδια του καλαμποκιού	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Πίνακας 3-Εδαφικές ιδιότητες των επιφανειακών (0-30 εκ) και υποεπιφανειακών (30-60 εκ) οριζόντων.	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Πίνακας 4-Περιεκτικότητα μικροθρεπτικών και ιχνοστοιχείων των επιφανειακών (0-30 εκ) και υποεπιφανειακών (30-60 εκ) οριζόντων.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Πίνακας 5-Αραβόσιτος..... **Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Πίνακας 6-Περιεχόμενα συστατικά στον σπόρο αραβοσίτου**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Πίνακας 7-Αποδοτικότητα χρήσης φωσφόρου στον αραβόσιτο**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Πίνακας 8-Περιεχόμενος φώσφορος στα μέρη του φυτού αραβοσίτου**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αραβόσιτος είναι ένα από τα σημαντικότερα κι ευρέως καλλιεργούμενα φυτά σε παγκόσμιο αλλά και σε εγχώριο επίπεδο. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή των σπόρων του όπου με την σειρά τους βρίσκουν μία ευρεία σειρά χρήσεων που περιλαμβάνουν την νωπή τους κατανάλωση έως και την παραγωγή βρώσιμων και μη ελαίων.

Ο αραβόσιτος αποτελεί ετήσια εαρινή καλλιέργεια υψηλών αποδόσεων. Λόγω της υψηλής παραγωγικότητας της καλλιέργειας απαιτείται και η εφαρμογή μίας μεγάλης ποσότητας λιπάσματος ώστε να υποστηριχθεί η υψηλή παραγωγικότητα. Η εφαρμογή λιπασμάτων απαιτεί την εφαρμογή κυρίως αζωτούχας λίπανσης όπως απαιτείται και η εφαρμογή λίπανσης φωσφόρου καθώς και καλίου ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του φυτού.

Στην παρούσα έρευνα θα μελετηθεί η επίδραση της λίπανσης καλλιέργειας αραβόσιτου με λίπασμα εταιρείας combo.

Λέξεις κλειδιά : καλλιέργεια, λίπανση, φώσφορος

ABSTRACT

Maize or corn is one of the most important and widely cultivated plants globally and domestically. It is used for the production of its seeds where in turn they find a wide range of uses that include their fresh consumption up to the production of edible and non-edible oils.

Maize is an annual spring crop of high yields. Due to the high productivity of the crop, the application of a large amount of fertilizer is required to support the high productivity. The application of fertilizers requires the application of mainly nitrogen

fertilization as required and the application of phosphorus and potassium fertilization to meet the needs of the plant.

In the present research the effect of the fertilization of maize crop with combo fertilizer will be studied.

Keywords: cultivation, fertilization, phosphorus

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το καλαμπόκι (*Zea mays*) ή αλλιώς αραβόσιτος αποτελεί μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ αποτελεί την καλλιέργεια με την μεγαλύτερη παραγωγικότητα ετησίως. Ο αραβόσιτος καλλιεργείται σε περισσότερες περιοχές του πλανήτη από οποιαδήποτε άλλη καλλιέργεια και καλλιεργείται σε κάθε ήπειρο εκτός από την Ανταρκτική.

Ο αραβόσιτος έχει γίνει βασική τροφή σε πολλά μέρη του κόσμου, με τη συνολική παραγωγή αραβοσίτου να υπερβαίνει εκείνη του σίτου ή του ρυζιού. Ο κόκκος του αραβοσίτου χρησιμοποιείται τόσο για την παραγωγή βρώσιμων σπόρων, τροφίμων, ζωοτροφών καθώς και διαφόρων άλλων υλικών.

Ο αραβόσιτος λόγω της αυξημένης του ζήτησης καλλιεργείται κατά κύριο λόγο σε εντατικά συστήματα υψηλών αποδόσεων ώστε να καλυφθούν οι ποσότητες προς ζήτηση. Λόγω αυτής της υψηλής παραγωγικότητας η καλλιέργεια του αραβόσιτου απαιτεί την εφαρμογή υψηλής ποσότητας λιπάσματος για να αποφευχθεί η εμφάνιση τυχών τροφοπενιών.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που εφαρμόζονται δια μέσω της λίπανσης είναι ο φώσφορος. Ο φώσφορος χρησιμοποιείται από τα φυτά για την πραγματοποίηση της διαδικασίας του μεταβολισμού, της φωτοσύνθεσης και μίας μεγάλης σειράς από διεργασίες.

Κεφάλαιο 1ο : Καλλιέργεια καλαμποκιού

1.1 Ιστορικά στοιχεία

Το *Zea mays*, που συνήθως αναφέρεται ως αραβόσιτος, είναι μέλος της οικογένειας *Poaceae*. Θεωρείται πως προήλθε πριν από 55-70 εκατομμύρια χρόνια από την περιοχή της Κεντρικής ή Νότιας Αμερικής κι έκτοτε έχει διαφοροποιηθεί σε σχεδόν 10.000 είδη. Δεν υπάρχει άμεσος πρόγονος για τον αραβόσιτο. Ωστόσο, μέχρι σήμερα, ο πλησιέστερος σε σχέση με τον αραβόσιτο είναι το *teosintes*. Το κατά πόσο οι πυρήνες πέφτουν από μόνοι τους είναι ένα βασικό αποδεικτικό στοιχείο που χρησιμοποιείται

στην αρχαιολογία για να διακρίνει τον εξημερωμένο αραβόσιτο από τον πρόγονο του. Η προϊστορική επιλογή είχε ως αποτέλεσμα οι σπόροι στον αραβόσιτο να προσκολλώνται σταδιακά έως ότου αφομοιωθούν εντελώς. Λόγω της προσαρμογής αυτής η ικανότητα του αραβόσιτου να επιβιώνει χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση είναι ελάχιστη.

Οι περισσότεροι ιστορικοί πιστεύουν ότι ο αραβόσιτος εξημερώθηκε στην κοιλάδα Tehuacán του Μεξικού. Οι μελετητές δείχνουν τώρα την παρακείμενη κοιλάδα του ποταμού Balsas στο νότιο-κεντρικό Μεξικό ως το κέντρο της εξημέρωσης του καλαμποκιού.

Η μελέτη των Matsuoka et al. (2002) έδειξε πως όλοι οι αραβόσιτοι προήλθαν από μια ενιαία εξημέρωση στο νότιο Μεξικό πριν από περίπου 9.000 χρόνια. Η μελέτη έδειξε επίσης ότι οι παλαιότεροι τύποι αραβόσιτου που σώζονται είναι εκείνοι των ορεινών περιοχών του Μεξικού. Αργότερα, ο αραβόσιτος εξαπλώθηκε από αυτήν την περιοχή στην Αμερική σε δύο κύριους δρόμους. Αυτό συμβαδίζει με την θεωρία που βασίζεται στα αρχαιολογικά ευρήματα και δείχνει πως ο αραβόσιτος διαφοροποιήθηκε στα υψίπεδα του Μεξικού πριν εξαπλωθεί στα πεδινά.

Σύμφωνα με μια γενετική μελέτη του Embrapa, η καλλιέργεια καλαμποκιού εισήχθη στη Νότια Αμερική από το Μεξικό, σε δύο μεγάλα κύματα: το πρώτο, πριν από περισσότερα από 6000 χρόνια, εξαπλώθηκε στις Άνδεις. Επιπλέον στοιχεία καλλιέργειας στο Περού βρέθηκαν περίπου 6700 χρόνια πριν. Το δεύτερο κύμα, πριν από περίπου 2000 χρόνια, μέσα από τα πεδινά της Νότιας Αμερικής.

Τα πρώτα φυτά αραβόσιτου συμπεριλάμβαναν την ανάπτυξη μικρών σταχτών καλαμποκιού με μήκος περίπου 25 χιλιοστά και μόνο ένα ανά φυτό. Έπειτα από πολλούς αιώνες τεχνητής επιλογής από τους αυτόχθονες πληθυσμούς της Αμερικής, αναπτύχθηκαν φυτά που είχαν την ικανότητα να αναπτύξουν αρκετά στάχυα ανά φυτό με μήκος συνήθως αρκετών εκατοστών το καθένα. Πιστεύεται ότι από το 2500 π.χ. περίπου, η καλλιέργεια εξαπλώθηκε σε μεγάλο μέρος της Αμερικής ενώ η τρέχουσα έρευνα έχει δείξει αρκετές παλαιότερες ημερομηνίες.

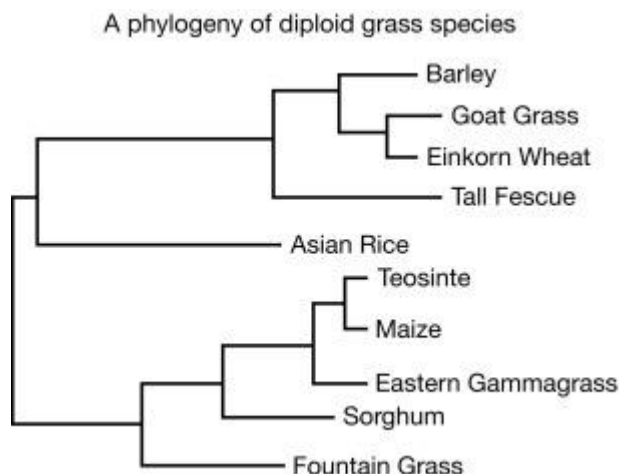
Μετά την άφιξη των Ευρωπαίων το 1492, οι Ισπανοί άποικοι κατανάλωναν αραβόσιτο, και οι εξερευνητές και οι έμποροι το έφεραν πίσω στην Ευρώπη και το εισήγαγαν σε άλλες χώρες. Οι Ισπανοί άποικοι προτιμούσαν πολύ το ψωμί σίτου από τον αραβόσιτο, την μανιόκα ή τις πατάτες. Το αλεύρι αραβόσιτου δεν μπορούσε να αντικαταστήσει το

σιτάρι με το ψωμί της κοινωνίας, καθώς στη χριστιανική πεποίθηση μόνο το σιτάρι θα μπορούσε να υποστεί μετουσίωση και να μετατραπεί σε σώμα του Χριστού. Ο αραβόσιτος εξαπλώθηκε στον υπόλοιπο κόσμο λόγω της ικανότητάς του να αναπτύσσεται σε διαφορετικά κλίματα. Καλλιεργήθηκε στην Ισπανία λίγες δεκαετίες μετά τα ταξίδια του Κολόμβου και μετά εξαπλώθηκε στην Ιταλία, τη Δυτική Αφρική και σε άλλες περιοχές.

1.2 Βοτανική περιγραφή

Ο αραβόσιτος αποτελεί μέλος της οικογένειας των χόρτων και είναι ένα από τα φυτά που παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα.

Τα φυτά αραβοσίτου περιέχουν τόσο αρσενικές όσο και θηλυκές αναπαραγωγικές δομές και αναπαράγονται τόσο από την σταυρο-επικονίαση όσο και από την αυτο-επικονίαση. Στους περισσότερους εμπορικούς γονότυπους τα θηλυκά αναπαραγωγικά όργανα (ύπερος) προεξέχουν προς τα έξω από έναν κεντρικό μίσχο ενώ τα αρσενικά αναπαραγωγικά όργανα (ύπερος) προεξέχει από την κορυφή του μίσχου. Η γύρη από τον ύπερο μεταφέρεται με τον άνεμο σε άλλα φυτά αραβόσιτου όπου τα γονιμοποιεί.



Εικόνα 1-Φυλογενετική ανάλυση των διπλοειδών φυτών και η θέση του αραβόσιτου

Ο αραβόσιτος είναι ένα ετήσιο φυτό με μεταβολισμό C4, καθιστώντας το πολύ αποτελεσματικό στην αφομοίωση άνθρακα.

1.3 Τύποι και καλλιεργούμενα υβρίδια

Αν και υπάρχουν εκατοντάδες καλλιεργούμενα είδη καλαμποκιού, τα περισσότερα καλλιεργούμενα υβρίδια προέρχονται από λίγα μόνο είδη.

Ο **οδοντωτός αραβόσιτος** είναι ο πρωταρχικός τύπος αραβοσίτου που καλλιεργείται στις ΗΠΑ, Ευρώπη, Νότια Αφρική και Κίνα. Οι οδοντωτές ποικιλίες έχουν προσαρμοστεί μέσω υβριδισμού και επιλογής για να παρέχουν ένα ευρύ φάσμα αγρονομικών και ποικίλων χαρακτηριστικών. Γονότυποι αραβοσίτου υψηλής αμυλόξης (γραμμικό άμυλο) και κηρώδες (διακλαδισμένο άμυλο) έχουν αναπτυχθεί στο εμπόριο για πολλά χρόνια. Παράγονται και άλλοι μοναδικοί γονότυποι, όπως ο αραβόσιτος υψηλού ελαίου και ο αραβόσιτος υψηλής λυσίνης (Caballero et al., 2003).

Ο **αραβόσιτος *Flint*** είναι γενετικά διαφορετικός στην καταγωγή από τον αραβόσιτο και χαρακτηρίζεται από σκληρούς στρογγυλούς πυρήνες. Τα ενδοσπέρματα αραβοσίτου αποτελούνται κυρίως από σκληρό ή υαλώδες ενδοσπέρμιο. Το σκληρό ενδοσπέρμιο επιτρέπει στον αραβόσιτο να αντέχει σε μεγαλύτερες δυνάμεις πρόσκρουσης προτού υποστεί ζημιά, κάτι που έχει πλεονεκτήματα στο εμπόριο (Caballero et al., 2003).

Το **ποπ κορν** είναι ένας αραβόσιτος που έχει επιλεγεί γενετικά για την ικανότητά του να επεκτείνεται όταν θερμαίνεται. Το σκάσιμο εμφανίζεται όταν οι πυρήνες θερμαίνονται γρήγορα στους ~240 ° C. Το πυκνό ενδοσπέρμιο περιορίζει τη διάχυση των υδρατμών, που προκαλεί την αύξηση της πίεσης μέσα στον πυρήνα έως ότου εκραγεί. Είναι οι κόκκοι αμύλου που εκρήγνυνται και στη διαδικασία τεντώνουν τη μήτρα πρωτεΐνης. Καθώς η πρωτεϊνική μήτρα ψύχεται, γίνεται άκαμπτη. Το λευκό χνουδωτό τμήμα του ποπ κορν είναι ζελατινοποιημένο άμυλο διασκορπισμένο στην επιφάνεια της μήτρας των διογκωμένων κυτταρικών πρωτεϊνών (Caballero et al., 2003).

Το **γλυκό καλαμπόκι** (*Zea mays convar. Saccharata* var. *Rugosa*) ονομάζεται επίσης καλαμπόκι ζάχαρης και καλαμπόκι πόλων. Είναι μια ποικιλία αραβοσίτου με υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη. Το γλυκό καλαμπόκι είναι το αποτέλεσμα μιας φυσικής υπολειπόμενης μετάλλαξης στα γονίδια που ελέγχουν τη μετατροπή του σακχάρου σε άμυλο εντός του ενδοσπερμίου του πυρήνα του καλαμποκιού. Σε αντίθεση με τις ποικιλίες καλαμποκιού, οι οποίες συγκομίζονται όταν οι πυρήνες είναι ξηροί και ώριμοι (στάδιο βαθουλωμάτων), το γλυκό καλαμπόκι συλλέγεται όταν είναι ανώριμο.

Τα υβρίδια του περιέχουν ένα γονίδιο που επιβραδύνει τη μετατροπή της γλυκόζης σε άμυλο στο ενδοσπέρμιο. Υπάρχουν γενικά τρεις έως τέσσερις φορές περισσότεροι πολυσακχαρίτες βραχείας αλυσίδας που συσσωρεύονται στο γλυκό καλαμπόκι από ότι σε άλλες ποικιλίες αραβοσίτου (Caballeroetal., 2003).

Το γλυκό καλαμπόκι εμφανίζεται ως αυθόρμητη μετάλλαξη στο χωράφι και καλλιεργήθηκε από διάφορες φυλές Αμερικανών ιθαγενών. Οι Ιρόκοι έδωσαν το πρώτο καταγεγραμμένο γλυκό καλαμπόκι (που ονομάζεται «Paroon») στους Ευρωπαίους εποίκους το 1779.Σύντομα έγινε ένα δημοφιλές φαγητό στις νότιες και κεντρικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών.

Οι ανοιχτές επικονιασμένες ποικιλίες λευκού γλυκού καλαμποκιού άρχισαν να διατίθενται ευρέως στις Ηνωμένες Πολιτείες τον 19ο αιώνα. Δύο από τις πιο ανθεκτικές ποικιλίες, που είναι ακόμα διαθέσιμες σήμερα, είναι το «Country Gentleman» (ένα καλαμπόκι Shoepeg με μικρούς πυρήνες σε ακανόνιστες σειρές) και το «Stowell's Evergreen».

Στις περισσότερες χώρες της Λατινικής Αμερικής, το γλυκό καλαμπόκι τρώγεται παραδοσιακά με φασόλια. Κάθε τροφή έχει ανεπάρκεια σε δύο απαραίτητα αμινοξέα τα οποία τυχαίνει να είναι άφθονα στο άλλο, οπότε μαζί το γλυκό καλαμπόκι και τα φασόλια σχηματίζουν ένα πλήρες πρωτεϊνικό γεύμα. Στη Βραζιλία, το γλυκό καλαμπόκι που κόβεται και τρώγεται γενικά με μπιζέλια (όπου αυτός ο συνδυασμός, δεδομένης της πρακτικότητας των κονσερβοποιημένων σπόρων στον ατμό σε μια αστική διατροφή, είναι μια συχνή προσθήκη σε διαφορετικά γεύματα όπως σαλάτες, μαγειρευτά, εποχιακό άσπρο ρύζι, ριζότο , σούπες, ζυμαρικά και χοτ-ντογκ.

Στη Μαλαισία, υπάρχει μια ποικιλία μοναδική στην περιοχή των ορεινών περιοχών του Καμερούν που ονομάζεται "μαργαριτάρι καλαμπόκι". Οι πυρήνες είναι γυαλιστερά λευκά που μοιάζουν με μαργαριτάρια και μπορούν να καταναλωθούν ωμά από το στάχυ, αλλά συχνά βράζονται σε νερό και αλάτι.

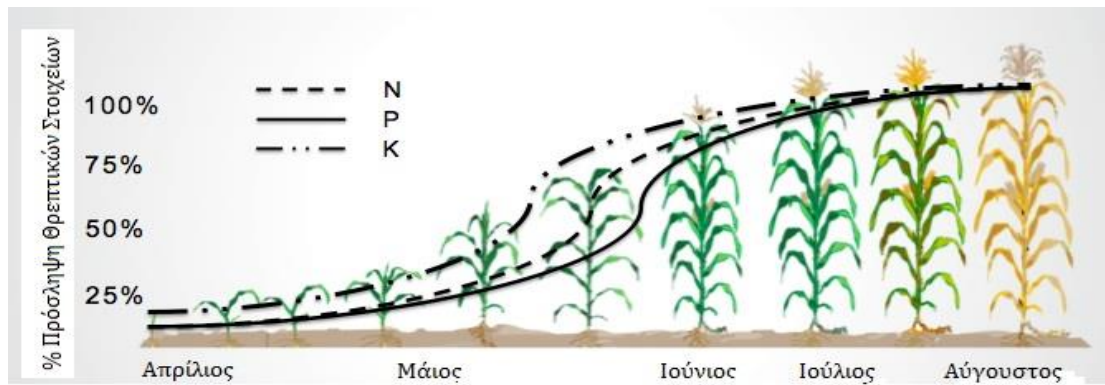


Εικόνα 2-Κόκκοι γλυκού καλαμποκιού

2 Λίπανση καλαμποκιού

2.1 Γενικά

Η ισορροπημένη διατροφή είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για την επίτευξη μίας ποιοτικής παραγωγής αραβόσιτου. Η παρουσία θρεπτικών συστατικών όπως το μαγνήσιο, ο φώσφορος, το άζωτο και το κάλιο σε καλά προσαρμοσμένες μορφές είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και την τελική απόδοση των φυτών.



Ο αραβόσιτος αποτελεί ένα φυτό υψηλής απόδοσης και για να καλυφθούν οι ανάγκες αυτές απαιτείται σε αρκετές περιπτώσεις η εφαρμογή λίπανσης , για κάλυψη των ελλείψεων.

Πίνακας 1-Ποσότητα λαμβανόμενων θρεπτικών από τον αραβόσιτο για παραγωγικότητα 1000kg/στρ.

Θρεπτικά στοιχεία	Συνολική ποσότητα (kg/στρ)		
	Καρπός	Στελέχη	Συνολικά
Αζωτο	13,8	6,6	20,4
Φώσφορος	3,4	0,8	4,2
Κάλιο	4,2	16,8	21
Ασβέστιο	0,1	4,1	4,2
Μαγνήσιο	1,2	3,6	4,8
Θείο	1,3	1,1	2,4
Χλώριο	0,5	8,1	8,6
Σίδηρος	0,012	0,022	0,034
Μαγγάνιο	0,006	0,03	0,036
Χαλκός	0,002	0,01	0,012
Ψευδάργυρος	0,2	0,02	0,04
Βόριο	0,005	0,014	0,019
Μολυβδαίνιο	0,0006	0,0004	0,001

Πίνακας 2-Όρια επαρκούς ποσότητα θρεπτικών συστατικών σε διάφορα αναπτυξιακά στάδια του καλαμποκιού

Θρεπτικό	Σπορά 24–45 ημέρες	Ανάπτυξη 3ου φύλλου, 45–80 ημέρες	Ανάπτυξη φύλλων ταξιανθίας
	%		
Άζωτο	4.0–5.0	3.5–4.5	2.76–3.75
Φώσφορος	0.40–0.60	0.35–0.50	0.25–0.50
Κάλιο	3.0–5.0	2.0–3.5	1.75–2.75
Ασβέστιο	0.51–1.6	0.20–0.80	0.30–0.60
Μαγνήσιο	0.30–0.60	0.20–0.60	0.16–0.40
Θείο	0.18–0.40	0.18–0.40	0.16–0.40
	Ppm		
Ψευδάργυρος	25–60	20–60	19–75
Βόριο	6–25	6–25	5.1–40
Μαγγάνιο	40–160	20–150	19–75
Σίδηρος	40–500	25–250	50–250
Χαλκός	6–20	6–20	3–15

2.2 Σημασία λίπανσης

Το καλαμπόκι χρησιμοποιεί σημαντικές ποσότητες αζώτου (N), φωσφορικών (f2O5) και καλίου (K2O) και σχετικά μικρές ποσότητες δευτερογενών θρεπτικών ουσιών και μικροθρεπτικών συστατικών.

Η κακή γονιμότητα του εδάφους είναι ένα από τα εμπόδια για τη διατήρηση της παραγωγής και της αποδοτικότητας αραβοσίτου. Σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας αλλά και γενικότερα τα εδάφη είναι ανεπαρκή σε βασικά στοιχεία με την κατάσταση να επιδεινώνεται από το ιστορικό καλλιέργειας (Debelleetal., 2002).

Εάν δεν υπάρχουν επαρκή θρεπτικά συστατικά στο φυτό καλαμποκιού, συχνά αναπτύσσεται μια ανώμαλη εμφάνιση ή συμπτώματα που αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά της ανεπάρκειας του συγκεκριμένου θρεπτικού συστατικού.

Ο αραβόσιτος αποτελεί καλλιέργεια που απαιτεί μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών, ιδιαίτερα N και P που συχνά αποτελούν τα περιοριστικά θρεπτικά συστατικά για την παραγωγικότητα του αραβόσιτου. Όταν το καλαμπόκι εμφανίζει αυτά τα συμπτώματα, ειδικά κατά τη διάρκεια των σταδίων ανάπτυξης στις αρχές έως τα μέσα της σεζόν, η ανεπάρκεια είναι πιθανώς σοβαρή και προκαλούνται πιθανές μειώσεις της απόδοσης.

Αν και η χρήση λιπασμάτων αυξήθηκε πρόσφατα, η ποσότητα λιπάσματος που εφαρμόζεται στον αραβόσιτο από μικροκαλλιεργητές εξακολουθεί να είναι πολύ χαμηλή.

2.3 Άζωτο

Το άζωτο (N) είναι ένα ουσιαστικό συστατικό όλων των ζωντανών πλασμάτων. Έτσι για τις καλλιέργειες η αζωτούχα λίπανση είναι απαραίτητη ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες τους και να επιτευχθεί η ανάπτυξη τους και μία ικανοποιητική παραγωγικότητα.

Το προστιθέμενο άζωτο απαιτείται κυρίως για την αντιστάθμιση της χαμηλότερης ετήσιας ποσότητας αζώτου που εξορύσσεται από οργανική ύλη εδάφους σε συστήματα υψηλής παραγωγικότητας και πιθανώς να αντισταθμίζει το άζωτο που εξατμίζεται από τα επιφανειακά υπολείμματα.

Οι αποδόσεις καλαμποκιού περιορίζονται συχνότερα από ανεπαρκή παροχή αζώτου παρά από ελλείψεις άλλων βασικών θρεπτικών συστατικών. Αυτό συμβαίνει επειδή το καλαμπόκι έχει υψηλή απαίτηση αζώτου και απώλειες εφαρμοζόμενου αζώτου μπορεί να συμβούν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου με έκπλυση, απονιτροποίηση ή άλλες διαδικασίες.

Επομένως, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι απαιτήσεις αζώτου από τον αραβόσιτο και να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικές πρακτικές διαχείρισης για

την ελαχιστοποίηση των απωλειών του εφαρμοσμένου αζώτου. Επομένως το καλαμπόκι απαιτεί ετήσιες προσθήκες αζώτου από λιπάσματα, κοπριά ή προηγούμενες καλλιέργειες οσπρίων, επειδή η ποσότητα του αζώτου που παρέχεται από το έδαφος είναι συνήθως μικρότερη από τη συνολική απαίτηση καλλιέργειας.

Η συνιστώμενη ποσότητα αζώτου παρουσιάζει ορισμένες διαφορές ανάλογα με το είδος του εδάφους αλλά και ανάλογα με το αν αρδεύονται η όχι. Οι χαμηλότερες συστάσεις για τα μη αρδευόμενα αμμώδη εδάφη αντικατοπτρίζουν το χαμηλότερο δυναμικό απόδοσης καλαμποκιού σε ένα περιβάλλον όπου η υγρασία είναι συχνά ανεπαρκής. Για εδάφη μεσαίας και λεπτής υφής, οι συστάσεις αζώτου βασίζονται στο δυναμικό απόδοσης του εδάφους και στην περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες. Η πιθανή κατάταξη απόδοσης για κάθε σειρά εδάφους βασίζεται σε χαρακτηριστικά εδάφους όπως αποστράγγιση, βάθος ζώνης ρίζας και ικανότητα συγκράτησης νερού. Τα εδάφη με πολύ υψηλό ή υψηλό δυναμικό απόδοσης λαμβάνουν υψηλότερες συστάσεις αζώτου από εκείνα με πιθανή μέση ή χαμηλή απόδοση.

Οι στόχοι απόδοσης δεν αποτελούν παράγοντα για την υποβολή συστάσεων αζώτου. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι οι βέλτιστοι ρυθμοί αζώτου για το καλαμπόκι δεν συνδέονται στενά με την απόδοση. Στην πραγματικότητα, ο βέλτιστος ρυθμός αζώτου για το καλαμπόκι σε ένα δεδομένο έδαφος είναι παρόμοιος σε χρόνια υψηλής και χαμηλής απόδοσης. Οι αποδόσεις είναι πιο μεταβλητές από τους βέλτιστους ρυθμούς αζώτου, επειδή το καλαμπόκι ανακτά το άζωτο πιο αποτελεσματικά σε ευνοϊκές συνθήκες καλλιέργειας και λιγότερο αποτελεσματικά σε δυσμενείς συνθήκες ανάπτυξης.

Η εφαρμογή αζώτου μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εφαρμογή βιομηχανικών ή οργανικών λιπασμάτων σύνθετων και μη. Η μορφή με την οποία προσφέρεται το N καθορίζει έντονα σε ποιο βαθμό το N μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες. Η χρήση κοπριάς μπορεί να ικανοποιήσει τις συνολικές ανάγκες σε άζωτο του καλαμποκιού πριν την καλλιέργειά του παρέχοντας ένα μεγάλο μέρος ή το σύνολο των αναγκών του καλαμποκιού.

Ένας αναστολέας νιτροποίησης όπως η νιτραπυρίνη (N-Serve) ή το δικυαντιμίδιο (DCD) μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αμμωνιακό λίπασμα αζώτου για τη μείωση των απωλειών αζώτου υπό ορισμένες συνθήκες. Οι αναστολείς νιτροποίησης επιβραδύνουν τη μετατροπή του αμμωνίου σε νιτρικό άλας από βακτήρια του εδάφους. Επειδή οι

απώλειες έκπλυσης και απονιτροποίησης συμβαίνουν μέσω της νιτρικής μορφής του αζώτου, η χρήση ενός αναστολέα για τη διατήρηση του αζωτούχου λιπάσματος στη μορφή αμμωνίου θα πρέπει να μειώσει αυτές τις απώλειες.

Οι αναστολείς νιτροποίησης που χρησιμοποιούνται με αζωτούχο λίπασμα συνήθως αυξάνουν τις αποδόσεις καλαμποκιού μόνο όταν υπάρχει υψηλός κίνδυνος απώλειας αζώτου μέσω έκπλυσης ή απονιτροποίησης. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές αζώτου το φθινόπωρο σε στραγγιζόμενα εδάφη διατρέχουν υψηλό κίνδυνο για απώλεια του αζώτου μέσω απονιτροποίησης. Παρομοίως, οι απώλειες αζώτου μέσω έκπλυσης είναι πιθανές όταν γίνονται εφαρμογές σε αμμώδη εδάφη. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, ένας αναστολέας νιτροποίησης που εφαρμόζεται με το λίπασμα θα αυξήσει τις αποδόσεις.

Οι ενώσεις N σε παραπροϊόντα που περιέχουν N δεσμεύονται τουλάχιστον εν μέρει οργανικά. Αυτό σημαίνει ότι το N δεν μπορεί να αφομοιωθεί άμεσα από τα φυτά. Αυτό ισχύει, για παράδειγμα στο N στην κοπριά, στα πράσινα λιπάσματα και στα υπολείμματα των προηγούμενων καλλιεργειών. Αυτές οι μορφές N πρέπει να ανοργανοποιούνται πριν να μπορούν να απορροφηθούν από τις ρίζες. Ωστόσο, η χρονική αντιστοιχία μεταξύ ορυκτοποίησης και ζήτησης καλλιέργειας δεν είναι πάντα τέλεια και αυτός είναι ένας άλλος λόγος για τον οποίο μπορεί να υπάρξουν απώλειες N.

Η ικανότητα των οργανικών λιπασμάτων να παρέχουν N δεν μειώνεται μόνο από αυτήν την πρόωρη ανοργανοποίηση. Η εγγενής σύνθεση των οργανικών λιπασμάτων N μπορεί επίσης να διεγείρει άλλες διεργασίες απώλειας, όπως απονιτροποίηση και πτητικοποίηση της αμμωνίας (Huijsmans and Schils, 2009). Αυτή η περιορισμένη διαθεσιμότητα N από οργανικά λιπάσματα μπορεί να εκφραστεί σε λεγόμενες τιμές αντικατάστασης λιπάσματος N (NFRVs). Ο NFRV ενός οργανικού λιπάσματος ορίζεται ως το kg του N ανά 100 kg συνολικού N που έχει το ίδιο αποτέλεσμα απόδοσης με το ορυκτό λίπασμα (Webb et al., 2013).

Σε παγκόσμιο επίπεδο η αζωτούχα λίπανση (N) εφαρμόζεται για την επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων ενώ σε αρκετές περιπτώσεις εφαρμόζεται σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από τις αναγκαίες. Για παράδειγμα, η μέση δόση λιπάσματος N που εφαρμόστηκε από τους αγρότες ήταν μεγαλύτερη από τη συνιστάμενη 300 Kg

ha^{-1} ($288 \pm 113 \text{ Kg ha}^{-1}$), η οποία υπερβαίνει κατά πολύ τους βέλτιστους ρυθμούς N για τον αραβόσιτο που επιδεικνύονται σε πειράματα αγρού (Yang et al., 2017).

Η υπερβολική εφαρμογή λίπανσης έχει αρνητικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες, μειώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα χρήσης N (NUE) και προκαλεί σημαντικές απώλειες έκπλυσης νιτρικών αλάτων (άνω του 50% N στο περιβάλλον) και μόλυνση των υπόγειων υδάτων (Erismann et al., 2013).

Μείωση εισροών N σε μέτρια επίπεδα εφαρμογής οδηγεί σε βελτίωση της NUE ενώ ταυτόχρονα διατηρεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο παραγωγικότητας. Ταυτόχρονα εμφανίζονται λιγότερες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για την εφαρμογή μειωμένης ποσότητας N είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί ο βαθμός στον οποίο ο ρυθμός εφαρμογής λιπασμάτων N συμφωνεί με τις απαιτήσεις της καλλιέργειας σε N για τη μεγιστοποίηση της χρήσης πόρων και τη συντήρηση σχετικά υψηλών αποδόσεων (Zhang et al., 2015).

2.4 Φώσφορος

Ο φώσφορος αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία για την θρέψη των φυτών και γενικότερα των ζώντων οργανισμών. Σε παγκόσμιο επίπεδο η ανεπάρκεια φωσφόρου αποτελεί ένα συχνό φαινόμενο και ιδιαίτερα σε καλλιέργειες υψηλών αποδόσεων όπως ο αραβόσιτος.

Ο φώσφορος αποτελεί ένα σημαντικό μακροθρεπτικό συστατικό για βέλτιστη ανάπτυξη, μεταβολισμό και ανάπτυξη των φυτών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο P θεωρείται βασικός παράγοντας για την αύξηση της απόδοσης, μετά το άζωτο.

Το 0,12% του φλοιού της γης αποτελείται από ορυκτό φωσφόρο. Ο P είναι ένας μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος που υπάρχει σε όλους τους τύπους βράχων και εδαφών, σε όλα τα ζωντανά κύτταρα, αλλά μπορεί να σχηματίσει και σύνθετες ενώσεις. Τα αποθέματα ορυκτών είναι η κύρια πηγή φωσφόρου. Όλα τα φωσφορικά ορυκτά προέρχονται από τον απατίτη. Κυρίως το φωσφορικό άλας βρίσκεται σε διάφορες μορφές όπως χαλαζία, ασβεστίτη, δολομίτη, απατίτη, ανόργανα οξείδια Fe και ορυκτά αργίλου. Έτσι το ορυκτό απατίτης χρησιμοποιείται για την δημιουργία των λιπασμάτων.

Τα φυτά διαθέτουν την ικανότητα εξαγωγής P από τα φωσφορικά άλατα. Αναλυτικότερα τα φυτά επηρεάζουν τη διάλυση με το εκκρινόμενο οξύ ή αλκάλιο, μέσω της πρόσληψης Ca, της παραγωγής χημικών οργανικών οξέων όπως κιτρικού, μηλικού και 2-κετογλυκονικών οξέων τα οποία συμπλέκουν το Ca και καταστρέφουν το P στο έδαφος. Οι ρίζες των φυτών προκαλέσαν αλλαγή στο pH της ριζόσφαιρας που προκαλεί ανισορροπία στην αναλογία ανιονικού (συνήθως NO_3^- , NO_2^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} και Cl^-) και κατιονικού θρεπτικού συστατικού (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} και Na^+) από τα φυτά. Η ανισορροπία στη ριζόσφαιρα διατηρείται με την απελευθέρωση είτε H^+ είτε OH^- / HCO_3^- , εξισορροπώντας έτσι το pH της ριζόσφαιρας. Το όξινο χώμα ενισχύει το ρυθμό διάλυσης φωσφορικών ορυκτών.

Η ικανότητα κατακράτησης φωσφορικών και η υγρασία του εδάφους επηρεάζουν τη διάλυση φωσφορικών πετρωμάτων για τη συγκράτηση του P. Το υγρό έδαφος αυξάνει το ρυθμό διάλυσης φωσφορικών επιτρέποντας στα προϊόντα διάλυσης να εισέρχονται στο εδαφικό διάλυμα επιδρώντας θετικά στην θρέψη του φυτού.

Ενώ τα περισσότερα εδάφη περιέχουν σημαντικές ποσότητες P, ο φυτικά διαθέσιμος P είναι γενικότερα χαμηλός λόγω της ταχείας δέσμευσής του και της απορρόφησης από τα αντιδραστικά συστατικά του εδάφους (Richardson et al. 2011). Λόγω της πολύ χαμηλής απόδοσης του P, απαιτείται μεγάλη ποσότητα λίπανσης για την βελτιστοποίηση της διαθεσιμότητας του P, για την διατήρηση του κέρδους και της παραγωγικότητας των φυτών.

Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι οι καλλιέργειες που είναι περισσότερο παραγωγικές σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε P έχουν την εγγενή ικανότητα αποτελεσματικής τροφής P ή κινητοποίησης P μέσω βιοχημικών μηχανισμών ριζόσφαιρας με μυκορριζικούς εμβολιασμούς (Ortas, 2012). Ωστόσο υψηλότερα επίπεδα λίπανσης P συχνά επηρεάζουν ή καταστέλλουν τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους, όπως η ανάπτυξη μυκορριζών.

Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι σε χαμηλά επίπεδα P, ο αποικισμός των ριζικών φυτών και η περιεκτικότητα σε ιστούς P είναι υψηλά. Ωστόσο, με τα αυξανόμενα επίπεδα P, ο αποικισμός των ριζών των φυτών και η περιεκτικότητα σε ιστούς P είναι χαμηλά (Ortas 2012). Στο καλαμπόκι η μακροχρόνια λίπανση με P επηρεάζει σημαντικά τον αποικισμό των ριζών, τον αριθμό των ριζομυκήτων, την απόδοση των καλλιεργειών και την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Λίπανση 50-100 kg

P205/ha είναι οι βέλτιστες τιμές για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγικότητας της καλλιέργειας καλαμποκιού. Ωστόσο, η φυσιολογική και αγρονομική αποτελεσματικότητα της χρήσης P από το καλαμπόκι μειώθηκε με υψηλότερα ποσοστά λίπανσης με P (OrtasandIslam, 2018).

Οι Flachetal., (1987) αξιολόγησαν την ικανότητα του καλαμποκιού κι άλλων ειδών να χρησιμοποιεί το P από τα φωσφορικά άλατα και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως τα είδη φυτών επηρεάζουν τη διάλυση του P.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που σχετίζεται με την λίπανση με φώσφορο είναι η ικανότητα συγκράτησής του στο έδαφος. Ο φώσφορος αποτελεί δυσκίνητο θρεπτικό συστατικό κι έτσι σε αρκετά εδάφη δεν είναι διαθέσιμος σε μεγάλες ποσότητες. Οι προστιθέμενες διαλυτές μορφές P σταθεροποιούνται γρήγορα από πολλά εδάφη.

Η απόδοση του αραβόσιτου αυξάνεται με εφαρμογή λίπανσης P. Ταυτόχρονα αυξημένη εφαρμογή του P ενισχύει την πρόσληψη των νιτρικών στο έδαφος και το K. Αυξημένη λίπανση αζώτου οδηγεί σε αύξηση της διαθεσιμότητας του P το οποίο αυξάνει την ανάπτυξη των ριζών, την ικανότητα των ριζών να απορροφούν και να μετατρέπουν το P (Havlin et al., 2016). Έτσι λοιπόν αυξάνεται η απόδοση των φυτών.

Η επίδραση του φωσφόρου στις αποδόσεις οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις λειτουργίες αυτού του στοιχείου στη μείωση της επίδρασης των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων καταπόνησης. Τα φυτά στα οποία εφαρμόζεται P παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες και σε παθογόνους παράγοντες (Zörb et al. 2014).

Η εφαρμογή λίπανσης P στον αραβόσιτο οδηγεί σε μεγαλύτερο ύψος των φυτών και σε σημαντική αύξηση του P στα φύλλα ανεξάρτητα από την μέθοδο εφαρμογής του στο έδαφος. Όμως διαφυλλικές εφαρμογές αζώτου σχετίζονται με μεγαλύτερο ύψος φυτών συγκριτικά με εδαφική εφαρμογή του P. Πειράματα έδειξαν μείωση της εξάρτησης του P που εφαρμόζεται στο έδαφος και εξοικονόμηση λιπάσματος λόγω της εφαρμογής διαφυλλικού P. Η εφαρμογή αυτή του P αυξάνει το ύψος του φυτού ενώ η εφαρμογή στο έδαφος οδηγεί σε καλύτερη συνολική απόδοση των φυτών στις περιοχές του φυλλώματος.

Ο φωσφόρος αυξάνει την ανάπτυξη των φυτών συμμετέχοντας στη μεταβολική δραστηριότητα, ενισχύοντας την φωτοσυνθετική διαδικασία και την αφομοίωση

φωτοσυνθετικών ουσιών (Wahidetal., 2019) κι ως εκ τούτου αυξάνουν το ύψος των φυτών. Άλλες μελέτες (Singaram and KO than darmam, 1994) επίσης έδειξαν πως η εφαρμογή P οδηγεί σε μεγαλύτερη ανάπτυξη των φυτών και σε υψηλότερο ρυθμό αφομοίωσης P.

Ο φωσφόρος είναι υπεύθυνος για πολλές ενζυματικές και μεταβολικές δραστηριότητες καθώς και για την καλή ανάπτυξη των ριζών. Παρατηρείται ότι αυξάνει το βάρος 1000 κόκκων και άλλες παραμέτρους ανάπτυξης και απόδοσης.

Ακόμα και ο τρόπος εφαρμογής του φωσφόρου έχει διαφορετικά αποτελέσματα στο φυτό. Διαφυλλική εφαρμογή του P θα μπορούσε να αυξήσει το διαθέσιμο P και να μειώσει την εξάρτηση των καλλιεργειών από το έδαφος. Ο Younis (2014) πρότεινε ότι η διαφυλλική εφαρμογή του P θα μπορούσε να βοηθήσει την αποτελεσματικότητα της χρήσης των λιπασμάτων. Οι Sharma και Sharma (1991) αναφέρουν πως οι εφαρμογές λιπασμάτων P αυξάνουν σημαντικά τον αριθμό των κόκκων στον αραβόσιτο ενώ οι Maqsoodetal., (2001) αναφέρει πως ο αριθμός των κόκκων του αραβόσιτου επηρεάζεται σημαντικά και από την διαφυλλική εφαρμογή του P. Οι Arain et al. (1989) ανέφεραν πως ο αριθμός των κόκκων του αραβόσιτου αυξάνεται με αύξηση της εφαρμογής του P.

Έτσι η αύξηση των αποδόσεων του αραβόσιτου σχετίζεται έντονα με την εφαρμογή λίπανσης P. Ο Marschner συμπέρανε ότι η διαθεσιμότητα P, η οποία ρυθμίζει τη φωτοσύνθεση και το μεταβολισμό των υδατανθράκων στην καλλιέργεια, ήταν ο πιο περιοριστικός παράγοντας κατά τη διάρκεια του αναπαραγωγικού σταδίου. Οι Arain et al. (1989) ανέφεραν επίσης αύξηση στην απόδοση σιτηρών του αραβόσιτου με αύξηση στην εφαρμογή P.

2.5 Κάλιο

Το εδαφικό κάλιο μπορεί να χωριστεί σε τρεις μεγάλες ομάδες διαθεσιμότητα φυτών:

- Ορυκτό εδαφικό κάλιο
- Σταθερό κάλιο

- Ανταλλάξιμο κάλιο στο εδαφικό διάλυμα

Το ορυκτό K δεν είναι διαθέσιμο για πρόσληψη από τα φυτά, αλλά με την πάροδο του χρόνου, τα ορυκτά του εδάφους διαλύονται και απελευθερώνεται K στο διάλυμα εδάφους. Το σταθερό κάλιο είναι μέρος της εσωτερικής δομής των ορυκτών αργίλου του εδάφους. Αυτό διατίθεται αργά για πρόσληψη από τα φυτά με το πέρασμα του χρόνου. Η συνολική ποσότητα K στο εδαφικό διάλυμα είναι σχετικά μικρή (ένα ή δύο τοις εκατό του συνόλου ποσότητα K στο έδαφος). Αυτό το K είναι άμεσα διαθέσιμο για απορρόφηση από τα φυτά και για ανεφοδιασμό του ανταλλάξιμου K. Μεγάλο μέρος του εδαφικού K προέρχεται από την λύση ανταλλάξιμων ομάδων K (Adnan, 2020).

Το κάλιο είναι ένα θετικά φορτισμένο ιόν (κατιόν). Δεν ξεπλένεται εύκολα λόγω αρνητικής φόρτισης του εδάφους που δημιουργεί ισχυρή δέσμευση με αυτό ωστόσο σε αμμώδη εδάφη με χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων μπορεί να εκπλυθεί. ν. Κάποια ποσότητα του K μπορεί επίσης να επιστραφούν στο έδαφος ως αποτέλεσμα της έκπλυσης από φυλλώματα με νερό της βροχής ή άρδευσης (Adnan, 2020).

Το κάλιο θεωρείται ως τα περισσότερα περιβαλλοντικά μακροθρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για τη σωστή ανάπτυξη και βιώσιμη απόδοση των καλλιεργειών. Ο αραβόσιτος καταναλώνει περίπου 5,2 κιλά P_2O_5 ha^{-1} την ημέρα κατά την περίοδο της ανθοφορίας. Μετά τη σπορά κατά τη διάρκεια 38 έως 52 ημερών, τα φυτά αραβοσίτου απαιτούν το 38% της συνολικής ποσότητας καλίου που εφαρμόζεται την καλλιεργητική περίοδο (Adnan, 2020).

Το κάλιο βελτιώνει την συνολική απόδοση του αραβόσιτου ενώ βοηθάει επίσης το φυτό στη ρύθμιση της κίνησης των στομάτων (Cochrane and Cochrane, 2009). Το κάλιο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διέγερση των ενζύμων, στη φωτοσύνθεση, στη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης, στην κίνηση των στομάτων, στη σύνθεση πρωτεϊνών, στη μεταφορά φλοιών, στη μεταφορά της ενέργειας, στην ισορροπία κατιόντος-ανιόντος στο έδαφος και στη βελτίωση της αντίστασης κατά του στρες (Navved, 2013).

Υψηλά επίπεδα λίπανσης καλίου σε συνδυασμό με υψηλά επίπεδα λίπανσης φωσφόρου οδηγούν σε σημαντική αύξηση του βάρους κι αριθμού κόκκων αυξάνοντας έτσι την απόδοση της καλλιέργειας. Εφαρμογή αζώτου σε ποσότητες 200kg/ha οδηγεί σε μέγιστη απόδοση στους σπόρους (Akrametal., 2010).

Μελέτη της απόκρισης του αραβοσίτου στο κάλιο ανέφερε ότι η αύξηση των επιπέδων καλίου έδειξε αύξηση της απόδοσης. Ο αραβόσιτος παρουσίασε μέγιστη απόδοση όταν χρησιμοποιήθηκε κάλιο σε ποσότητες 125kg/ha συγκριτικά με άλλες ποσότητες αποτελώντας την πιο οικονομική λύση.

Η εφαρμογή καλίου στον αραβόσιτο οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των κόκκων, υψηλότερο βάρος κόκκων τα οποία βοηθούν στην υψηλότερη απόδοση της καλλιέργειας (Saleem et al., 2010).

Σε πειράματα η παραγωγή βιομάζας και ανάπτυξη αραβοσίτου δηλαδή διάμετρος βλαστού, μήκος βλαστού, φρέσκια βιομάζα βλαστού, ξηρή βιομάζα βλαστού, αριθμού των φύλλων φυτού ανά εκτάριο και της έκτασης των φύλλων βελτιώθηκε με εφαρμογή καλίου σε ποσότητες 60kg/ha.

Σε άλλες έρευνες παρατηρήθηκε ότι το κάλιο σε ποσότητες 175,0 kg ha⁻¹ έδωσε το μεγαλύτερο ύψος φυτού (273,72 cm), το μέγεθος σπάδικας (22,30 cm), αρ. των σειρών cob-1 (17.84), αρ. κόκκων cob-1 (541.76 No.) και βάρος χιλίων κόκκων (457,12g).

Άλλες μελέτες έδειξαν πως η λίπανση με κάλιο ενισχύει τις αποδόσεις και την ανάπτυξη των φυτών αραβόσιτου κάτω από συνθήκες ξηρασίας. Ως εκ τούτου, προτάθηκε ότι το κάλιο θα πρέπει να εφαρμόζεται ως προσέγγιση για την ελαχιστοποίηση της λειψυδρίας στην καλλιέργεια αραβοσίτου (Adnan et al., 2020).

Οι (Amanullah et al., 2015) μελέτησαν τους διαφορετικούς χαρακτήρες του αραβόσιτου, τα διαφορετικά επίπεδα καλίου (30,0, 60,0 και 90,0 kg ha⁻¹) και αναφέρουν πως χωράφια που έλαβαν λίπανση με κάλιο σε ποσότητες 90kg/ha αποτελούνταν από φυτά με μεγαλύτερο μέγεθος φύλλων, μεγαλύτερη μέγιστη μέση έκταση φύλλων, μέγιστη ξηρή μάζα σε διάφορα μέρη των φυτών, δηλαδή (στελέχη, αυτιά και φύλλα) τα οποία στο σύνολό τους οδήγησαν σε υψηλότερη βιολογική απόδοση.

Οι (Abid et al., 2016) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα της διαφυλλικής εφαρμογής K συγκριτικά με την εδαφική εφαρμογή σε υβρίδια αραβόσιτου. Πραγματοποιήθηκε ψεκασμός του φυλλώματος με 3% K₂O και λίπανση καλίου 75kg/ha σε μορφή K₂O. Η διαφυλλική εφαρμογή καλίου οδήγησε σε αύξηση της απόδοσης και ταυτόχρονα στην παραγωγή σπόρων με καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η λίπανση του φυλλώματος με 3% K₂O έδωσε τη μέγιστη παραγωγή βιομάζας (15,0 τόνους ha⁻¹) και

η απόδοση σπόρων (8,08 τόνοι ha⁻¹) υβριδικού αραβοσίτου ακολουθούμενη από ψεκασμό φυλλώματος 2% K₂O.

Μελέτες σε υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας αραβόσιτου καθόρισαν την επίδραση αρκετών επιπέδων καλίου, δηλ. (1, 2, 4, 6 και 8 mM) και επίπεδα σιδήρου, δηλ. (30, 60, 90 και 120 micro M) στην πρόσληψη μακροθρεπτικών ουσιών του αραβοσίτου. Η αύξηση των επιπέδων καλίου και σιδήρου έδειξε αύξηση στη συνολική πρόσληψη σιδήρου από τον αραβόσιτο. Αλλά η υψηλότερη δόση καλίου μείωσε την πρόσληψη σιδήρου. Εξετάστηκε ότι η συγκέντρωση P, Mg και Ca μειώθηκε στα φύλλα και τις ρίζες του αραβοσίτου αυξάνοντας τα επίπεδα καλίου.

Οι Bahrani et al., (2012) μελέτησαν τα διαφορετικά επίπεδα λιπασμάτων καλίου, δηλαδή (0,0, 150,0 και 300,0 kg ha⁻¹) που επηρεάζουν την αποδοτικότητα χρήσης νερού και περιορισμένες μεθόδους άρδευσης: πλήρης άρδευση, μεταβλητή και στεγνή μερική ρίζα (PRD-V και PRD-F) με την απόδοση του καλαμποκιού. Εξήχθη το συμπέρασμα ότι τα υψηλότερα WUE και IWUE παρατηρήθηκαν στο PRD-V όπου το κάλιο εντοπιζόταν σε ποσότητες 300,0 kg ha⁻¹ και το ελάχιστο WUE βρέθηκε σε πλήρη άρδευση όπου εφαρμόστηκαν 0,0 kg ha⁻¹ καλίου. Ταυτόχρονα μελέτησαν και την αποτελεσματικότητα χρήσης καλίου στον αραβόσιτο και ανέφεραν πως εκτός από το δείγμα ελέγχου όλα τα επίπεδα καλίου οδήγησαν σε παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα χρήσης του καλίου.

Παράλληλα η λίπανση με κάλιο έχει σημαντική επίδραση στο υδατικό δυναμικό των φύλλων, το δυναμικό θολότητας, τη συγκριτική περιεκτικότητα υγρασίας στα φυτά, το ρυθμό διαπνοής και το ρυθμό φωτοσύνθεσης. Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το κάλιο θα μπορούσε να είναι χρήσιμο για την αντοχή στα φυτά έναντι των συνθηκών λειψυδρίας καθώς και για την ανάπτυξη της καλής ποιότητας παραγωγής των καλλιεργειών (Aslam et al., 2013).

Τέλος προσδιορίστηκε η απόκριση ως προς την ανάπτυξη των υβριδίων αραβοσίτου (YH-1898 που είναι ευαίσθητο στην ξηρασία και 32-F-10 που είναι ανθεκτικό στην ξηρασία) σε διαφορετικά επίπεδα καλίου κάτω από συνθήκες ξηρασίας. Μελετήθηκαν δύο επίπεδα υδατοικανότητας : 70% υδατοικανότητα και 100% υδατοικανότητα ενώ εφαρμόστηκαν διαφορετικές δόσεις K δηλαδή (0,0, 50,0, 100,0, 150,0 και 200,0 mg / kg εδάφους). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως το κάλιο σε ποσότητες 100mg/kg οδηγεί σε επίτευξη υψηλών αποδόσεων στο υβρίδιο 32-F-10 (ανθεκτικό), σε

αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης ($18,72 \mu \text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$) και στην επίτευξη ενός σχετικού υδατικού δυναμικού σε τιμές 83,68%. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή του καλίου υπό την πίεση ξηρασίας ενίσχυσε σημαντικά όλους τους μελετημένους χαρακτήρες του αραβοσίτου σε σύγκριση με το δείγμα ελέγχου (Aslam et al., 2014).

2.6 Ψευδάργυρος

Ο ψευδάργυρος είναι το μικροθρεπτικό συστατικό με την μεγαλύτερη πιθανότητα να είναι ανεπαρκής στην καλλιέργεια του καλαμποκιού, επειδή το καλαμπόκι έχει σχετικά υψηλή απαίτηση για αυτό το θρεπτικό συστατικό.

Αν και ο ψευδάργυρος (Zn) είναι βασικό μικροθρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυτών, η είσοδος Zn έχει λάβει πολύ λιγότερη προσοχή από το άζωτο (N), τον φωσφόρο (P) ή την άρδευση (Mueller et al. 2012). Ωστόσο, σχεδόν οι μισές περιοχές καλλιέργειας αραβόσιτου έχουν χαμηλή διαθεσιμότητα σε Zn. Επομένως, η εφαρμογή λιπασμάτων Zn είναι απαραίτητη σε τέτοια εδάφη για να εξασφαλιστεί η απόδοση των δημητριακών και η συγκέντρωση του Zn στους κόκκους (Cackmak, 2008). Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η απόδοση του αραβοσίτου αυξάνεται σημαντικά με την εφαρμογή λιπασμάτων Zn σε εδάφη με ανεπάρκεια Zn (Liu et al., 2017). Όμως απαιτείται καλύτερη κατανόηση του φυσιολογικού ρόλου της εφαρμογής λιπασμάτων Zn στην αύξηση της απόδοσης του αραβόσιτου.

Οι κατώτεροι κόκκοι αραβοσίτου έχουν συχνά λιγότερους πυρήνες και χαμηλότερη βιομάζα. Έτσι, η βελτίωση της ανάπτυξης αυτών των κατώτερων κόκκων θα μπορούσε να αυξήσει την απόδοση του κόκκου αραβοσίτου. Ένας τρόπος βελτίωσης των κατώτερων κόκκων μπορεί επομένως να είναι η εφαρμογή Zn καθώς οδηγεί σε θετική σχέση μεταξύ του αριθμού του πυρήνα και του περιεχόμενου Zn στο στέλεχος του αραβόσιτου ενώ η απουσία Zn οδηγεί σε πιο άγονους κόκκους (Potarzycki, 2010).

Η ανεπαρκής αφομοίωση που προκαλείται από το αβιοτικό στρες, όπως η ανεπάρκεια Zn οδηγεί σε πιο αργή ανάπτυξη των πυρήνων των κόκκων (Serrago et al., 2013). Η βελτιωμένη βιομάζα βλαστών αραβοσίτου με την αύξηση της προσφοράς Zn έδειξε ότι

η επάρκεια σε Zn οδήγησε στην αφομοίωση της διαθέσιμης παροχής (Liu et al., 2017). Η διαχείριση του ψευδαργύρου είναι ζωτικής σημασίας για την αύξηση της βιωσιμότητας της γύρης και της αφομοίωσης Zn στον αραβόσιτο και για την εξασφάλιση της ανάπτυξης των βλαστών και ειδικά των τμημάτων της κορυφής.

Οι ανεπάρκειες εμφανίζονται συνήθως σε διαβρωμένα εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες, σε αμμώδη εδάφη, σε οργανικά εδάφη με τιμές pH άνω του 6,5 και σε εδάφη με υψηλά επίπεδα διαθέσιμου φωσφόρου. Στην περίπτωση που απαιτείται η εφαρμογή ψευδαργύρου γίνεται σε ποσότητες περίπου 2kg/στρέμμα.

2.7 Μαγνήσιο

Η συσσώρευση μαγνησίου στα φυτά συνδέεται στενά με τη διαχείριση του αζώτου των φυτών και μια ιδιαίτερα ισχυρή σχέση καθαυτή εκδηλώνεται μετά το στάδιο της άνθισης. Έτσι συμπερίληψη του μαγνησίου στα συστήματα λίπανσης ενισχύουν και την χρήση του αζώτου από τον αραβόσιτο. Το μαγνήσιο είναι αδιάσπαστο στις διαδικασίες υδρόλυσης πρωτεϊνών σε φυτικά όργανα καθώς και για τη μεταφορά προϊόντων αφομοίωσης από φύλλα σε αυτιά. Αυτή η θρεπτική ουσία συμμετέχει στη φωτοσύνθεση (παρατείνει το στάδιο των πράσινων φύλλων) και τη μεταφορά πρωτεϊνών από φυτικά όργανα σε σπόρους ή πυρήνες (CakMak, kirKBy 2008). Το αποτέλεσμα σχηματισμού απόδοσης του μαγνησίου είναι ιδιαίτερα εμφανές υπό τις συνθήκες ανεπαρκούς παροχής αζώτου σε φυτά (Gajetal., 2018).

Ανεπάρκεια μαγνησίου δεν εντοπίζεται στις καλλιέργειες καλαμποκιού εκτός από τις περιπτώσεις που το κάλιο στο έδαφος είναι υψηλότερο από τα επίπεδα του εδαφικού μαγνησίου. Υπό αυτές τις συνθήκες, η ανεπάρκεια μαγνησίου στο καλαμπόκι μπορεί να διορθωθεί ή να προληφθεί με εφαρμογή 4,5-9 kg μαγνησίου/ στρέμμα με την μορφή θειικού μαγνησίου.

Παρατηρείται ανεπάρκεια μαγνησίου στο καλαμπόκι σε ορισμένα αμμώδη εδάφη μετά από μέτριες έως υψηλές εφαρμοζόμενες ποσότητες λιπασμάτων καλίου ή λιπάσματος αζώτου. Υψηλές συγκεντρώσεις καλίου ή αμμωνίου σε αμμώδη εδάφη με χαμηλή

περιεκτικότητα σε μαγνήσιο παρεμβαίνουν στην πρόσληψη μαγνησίου από το καλαμπόκι.

2.8 Ασβέστιο

Το ασβέστιο αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο για την θρέψη του αραβόσιτου και γενικότερα των φυτών. Το ασβέστιο ρυθμίζει τις ωσμωτικές και τις ιοντικές διεργασίες στις κυτταρικές μεμβράνες. Ανεπάρκεια ασβεστίου είναι ιδιαίτερα συχνή σε φυτά που αναπτύσσονται σε υπερβολικά όξινα εδάφη, με χαμηλή περιεκτικότητα σε Ca που προκαλείται από την έκπλυση κατιόντων Ca^{2+} ή με χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC), καθώς και υπό ποιές συνθήκες τα φυτά εκτίθενται σε συνθήκες τοξικότητας αλουμινίου (Gajetal., 2018).

Η πιο οικονομική μέθοδος εφαρμογής ασβεστίου και μαγνησίου για το καλαμπόκι είναι μέσω της χρήσης δολομιτικού ασβέστη για τη διατήρηση των επιπέδων pH του εδάφους πάνω από 6,0. Αυτό παρέχει επαρκείς ποσότητες ασβεστίου και μαγνησίου για την παραγωγή καλαμποκιού στα περισσότερα εδάφη.

2.9 Σίδηρος

Ο σίδηρος είναι ένα βασικό ιχνοστοιχείο για όλους τους οργανισμούς. Αν και ο Fe είναι το τέταρτο πιο άφθονο στοιχείο στο φλοιό της γης, είναι το τρίτο πιο περιοριστικό θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη του φυτού κυρίως λόγω της χαμηλής διαλυτότητας του σε οξειδωμένα και αερόβια περιβάλλοντα. Ο οξειδωμένος Fe (III) έχει πολύ χαμηλή διαλυτότητα σε βασικό pH και υψηλές συγκεντρώσεις όξινου ανθρακικού άλατος με αποτέλεσμα περιορισμένη απορρόφηση από τις ρίζες των φυτών επειδή δεν μπορεί να απορροφηθεί από ριζικά κύτταρα. Έλλειψη σιδήρου συνήθως σχετίζεται με υψηλή αλκαλικότητα του εδάφους όμως επίσης σχετίζεται και με την υπερβολική άρδευση κακή αποστράγγιση και χαμηλή θερμοκρασία εδάφους.

2.10 Βόριο

Γενικότερα η ανεπάρκεια βορίου είναι συχνότερη συγκριτικά με ανεπάρκεια άλλων μικροστοιχείων των φυτών. Εκτός από το ρόλο του βορίου στην ανάπτυξη του φυτού, το βόριο συμμετέχει επίσης σε πολλά φυσιολογικά και βιοχημικά συμβάντα που αφορούν το φυτό. Παράλληλα το βόριο βοηθάει στην σύνθεση κυτταρικών τοιχωμάτων, δομή των τοιχωμάτων, μεταβολισμό των υδατανθράκων, αναπνοή, μεταβολισμό οξικού οξέος και μεμβρανών (Sahin, 2014).

Η ανεπάρκεια βορίου παρατηρείται γενικά σε εδάφη με χαμηλή αλατότητα, υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστη, υψηλή αντίδραση εδάφους, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και σε λεπτόκοκκη δομή. Η υψηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστη μειώνει την πρόσληψη βορίου από το φυτό. Αυτοί οι αναφερόμενοι λόγοι εμποδίζουν τα φυτά να επωφεληθούν από το στοιχείο βορίου που υπάρχει στο έδαφος. Έτσι οι τιμές είναι από 1-5 Ppm στο έδαφος (Sahin, 2014).

Η ανεπάρκεια βορίου στο καλαμπόκι είναι σχετικά σπάνια στην Ελλάδα. Ωστόσο εφαρμογή του δεν θα πρέπει να γίνεται σε μεγάλες ποσότητες στην περίοδο κοντά στην σπορά του καθώς μπορεί να εμποδίσει τη βλάστηση και να μειώσει τις αποδόσεις. Η εφαρμογή βορίου πιθανότατα να απαιτείται σε αρδευόμενες καλλιέργειες καλαμποκιού υψηλών αποδόσεων σε αμμώδη εδάφη.

2.11 Μαγγάνιο

Το μαγγάνιο είναι ένα βασικό φυτικό θρεπτικό συστατικό που λειτουργεί ως βασικό μέρος των προσθετικών ομάδων σε σημαντικές διαδικασίες. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν την κατάλυση του διαχωρισμού νερού στο φωτοσύστημα II (ένζυμο-S) και τη εξάλειψη των αντιδραστικών ειδών οξυγόνου στα μιτοχόνδρια από ένα υπεροξειδίο δισμουτάση που περιέχει Mn (Mn-SOD). Το Mn είναι ενεργοποιητής σε

πολλά σημαντικά ένζυμα συμπεριλαμβανομένης της φαινυλαλανίνης αμμωνιάσ-
λύασης (PAL), ένζυμα του κύκλου τρικαρβοξυλικού οξέος και του πολυμεράση RNA
χλωροπλαστών. Το Mn²⁺ στο έδαφος εξαρτάται κυρίως από τη μείωση της
οξειδωτικής διαδικασία καθώς και από όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν τις
εδαφικές διεργασίες.

Η τροφοπενία μαγγανίου είναι μία δευτερογενής διατροφική διαταραχή καθώς το
μαγγάνιο είναι γενικότερα άφθονο στο έδαφος. Οι ελλείψεις μαγγανίου εντοπίζονται
σχετικά σπάνια σε εδάφη στην Ελλάδα καθώς είναι πιο πιθανό να εμφανιστούν σε
εδάφη με υψηλότερες τιμές pH αλλά και σε σκουρόχρωμα εδάφη. Τα οργανικά εδάφη
που έχουν καεί μπορεί επίσης να έχουν ανεπάρκεια μαγγανίου. Σε περιπτώσεις που
απαιτείται η εφαρμογή μαγγανίου πραγματοποιείται σε ποσότητες περίπου 2,5
κιλά/στρέμμα

2.12 Χαλκός

Ο χαλκός είναι ένα βασικό μικροθρεπτικό φυτό, απαιτείται για τα πρωτεϊνικά
συστατικά διαφόρων ενζύμων. Ως εκ τούτου, όταν υπάρχει σε υπερβολικές ποσότητες,
το Cu είναι επίσης εξαιρετικά τοξικό για την ανάπτυξη των φυτών δυνητικά,
προκαλώντας βλάβη με αποτέλεσμα την πλήρη αναστολή της ανάπτυξης (Korittke and
Menzies, 2005). Στο έδαφος, το Cu είναι σχετικά ακίνητο, δεδομένου ότι συνδέεται
έντονα με την οργανική ύλη και σπάνια εξαρτάται και η διαθεσιμότητά του σε φυτά
εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό τον τύπο του εδάφους, συγκεκριμένα: περιεκτικότητα
οργανικής ύλης και pH (Burkhead et al., 2009). Η πρόσληψη Cu από τα φυτά
επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως το pH του εδάφους, τα επικρατούμενα
χημικά είδη και η συγκέντρωση του Cu που υπάρχει στο έδαφος.

Η πρόσληψη του Cu από τις ρίζες των φυτών είναι μια ενεργή διαδικασία που
επηρεάζεται κυρίως από το είδος Cu. Τα φυτά διαφέρουν ως προς την ευαισθησία τους
σε ανεπάρκεια Cu με τον αραβόσιτο να είναι μέτρια ευαίσθητος (Barker and Pilbeam,
2007). Έτσι έλλειψη σιδήρου οδηγεί σε αύξηση του χαλκού και N στα φύλλα

αραβόσιτου. Έλλειψη χαλκού εμφανίζεται συνήθως σε όξινα εδάφη ενώ είναι σχετικά απίθανο να εμφανιστεί έλλειψη χαλκού σε καλλιέργειες καλαμποκιού στην Ελλάδα.

2.13 Θείο

Το θείο αποτελεί ένα σημαντικό και βασικό θρεπτικό συστατικό για όλους τους φυτικούς οργανισμούς και τις καλλιέργειες με τον ρόλο του στην διατροφή των φυτών να είναι καλά τεκμηριωμένος. Το θείο παίζει ζωτικό ρόλο στον πρωτογενή μεταβολισμό των υψηλότερων φυτών και εμπλέκεται στη σύνθεση δευτερογενών μεταβολικών προϊόντων σε ορισμένες ομάδες φυτών. Το θείο επίσης συμμετέχει στη σύνθεση των απαραίτητων αμινοξέων, όπως η κυστεΐνη, η κυστίνη και η μεθειονίνη. Εκτός αυτού αποτελεί συστατικό βιταμινών - θειαμίνης και βιοτίνης, γλυκοσίδων θείου και συνενζύμου A121. Βελτιώνει τη διαχείριση των καλλιεργειών μέσω των ευνοϊκών της επιπτώσεων στο περιβαλλοντικό στρες, στην αντοχή έναντι των παρασίτων και στις ασθένειες (Lakkineni and Abrol, 1992).

Κατατάσσεται μαζί με άζωτο και φώσφορο σε σπουδαιότητα για το σχηματισμό πρωτεϊνών. Δεν επηρεάζει μόνο την απόδοση, αλλά επίσης βελτιώνει την ποιότητα των καλλιεργειών λόγω της επίδρασής της στον μεταβολισμό των πρωτεϊνών και τη σύνθεση των λιπαρών του σπόρου (Sutaretal 2017).

Περίπου 2% του οργανικού θείου στο φυτό υπάρχει στο κλάσμα υδατοδιαλυτής θειόλης (-SH) και υπό κανονικές συνθήκες η τριπεπτιδική γλουταθειόνη αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 90% αυτού του κλάσματος. Η απαίτηση θείου για βέλτιστη ανάπτυξη κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 0,5% σε ξηρό βάρος των φυτών.

Αρκετοί παράγοντες που συμβάλλουν στις ανεπάρκειες του θείου αναφέρθηκαν από πολλούς ερευνητές περιλαμβάνουν, την αυξημένη χρήση λιπασμάτων χωρίς θείο, περιορισμένη χρήση κοπριάς καθώς και την μικρότερη ποσότητα φυτοφαρμάκων που περιέχουν θείο σε εντατικές καλλιέργειες υψηλών αποδόσεων. Σε περιπτώσεις έλλειψης θείου η απόδοση των φυτών μειώνεται αισθητά και δεν μπορεί να επιτευχθεί πλήρης απόδοση μιας καλλιέργειας όταν το έδαφος πάσχει από έλλειψη θείου, ακόμη

και ανεξάρτητα από όλες τις άλλες εφαρμογές θρεπτικών ουσιών και υπό άριστες πρακτικές διαχείρισης.

Η έλλειψη θείου στην καλλιέργεια καλαμποκιού είναι σχετικά σπάνια όμως μπορεί να παρατηρηθούν μεμονωμένες ελλείψεις. Η ανεπάρκεια θείου είναι πιθανότερο να συμβεί σε αμμώδη εδάφη και σε εδάφη με οργανική ύλη κάτω του 3%.

Όταν απαιτείται η λίπανση με θείο μπορεί να εφαρμοστεί σε ποσότητες 4,5-9kg/στρέμμα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν θεικές μορφές θείου ή στοιχειακού θείου. Το στοιχειακό θείο πρέπει να εφαρμόζεται πριν από την αναμενόμενη χρήση της καλλιέργειας για να δοθεί χρόνος για μετατροπή σε διαθέσιμες για τα φυτά μορφές.

Κεφάλαιο 2ο : Υλικά και μέθοδοι

Με σκοπό την επίτευξη των κατάλληλων αποτελεσμάτων και της καλύτερης κατανόησης της χρήσης λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης στην καλλιέργεια του αραβοσίτου πραγματοποιήθηκε πείραμα το οποίο έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου την καλλιεργητική περίοδο 2017- 2018. Χρησιμοποιήθηκαν τα λιπάσματα της **Compo AE** και η ποικιλία αραβοσίτου **PR31Y43** της **Pioneer Hi -Bred** .Η χρήση των συγκεκριμένων ποικιλιών σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες παραμέτρους απέδωσαν σημαντικά

στοιχεία για την αποδοτικότητα καθώς και για την ποιοτικότερη παραγωγή καρπού στην καλλιέργεια του αραβοσίτου.

Το **πειραματικό σχέδιο** που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια του αραβοσίτου είναι τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων (**RCB**).Οι μεταχειρίσεις είναι τέσσερις σε τέσσερις επαναλήψεις, δηλαδή αθροιστικά 16 τεμάχια για κάθε φυτό.

3.2 Καλλιεργητικές φροντίδες

1) . Προετοιμασία χωραφιού

Νωρίς την άνοιξη (Φεβρουάριο-Μάρτιο), μόλις το χωράφι έρθει στο ρώγο του, οργώνουμε με σκοπό να καταστρέψουμε τα αγριόχορτα και κυρίως για να διατηρηθεί η υγρασία. Αυτό το πέτυχαμε αφού αμέσως μετά το όργωμα ακολούθησε σβάρνισμα το οποίο συνοδεύτηκε από ένα ελαφρύ ισοπέδωμα. Οι ενέργειες αυτές λειτουργούν προστατευτικά για το έδαφος το οποίο με αυτό τον τρόπο διατηρεί την υγρασία του. Η διατήρηση αυτή της χειμωνιάτικης υγρασίας βοηθάει τα φυτά στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξής τους.

2) Σπορά



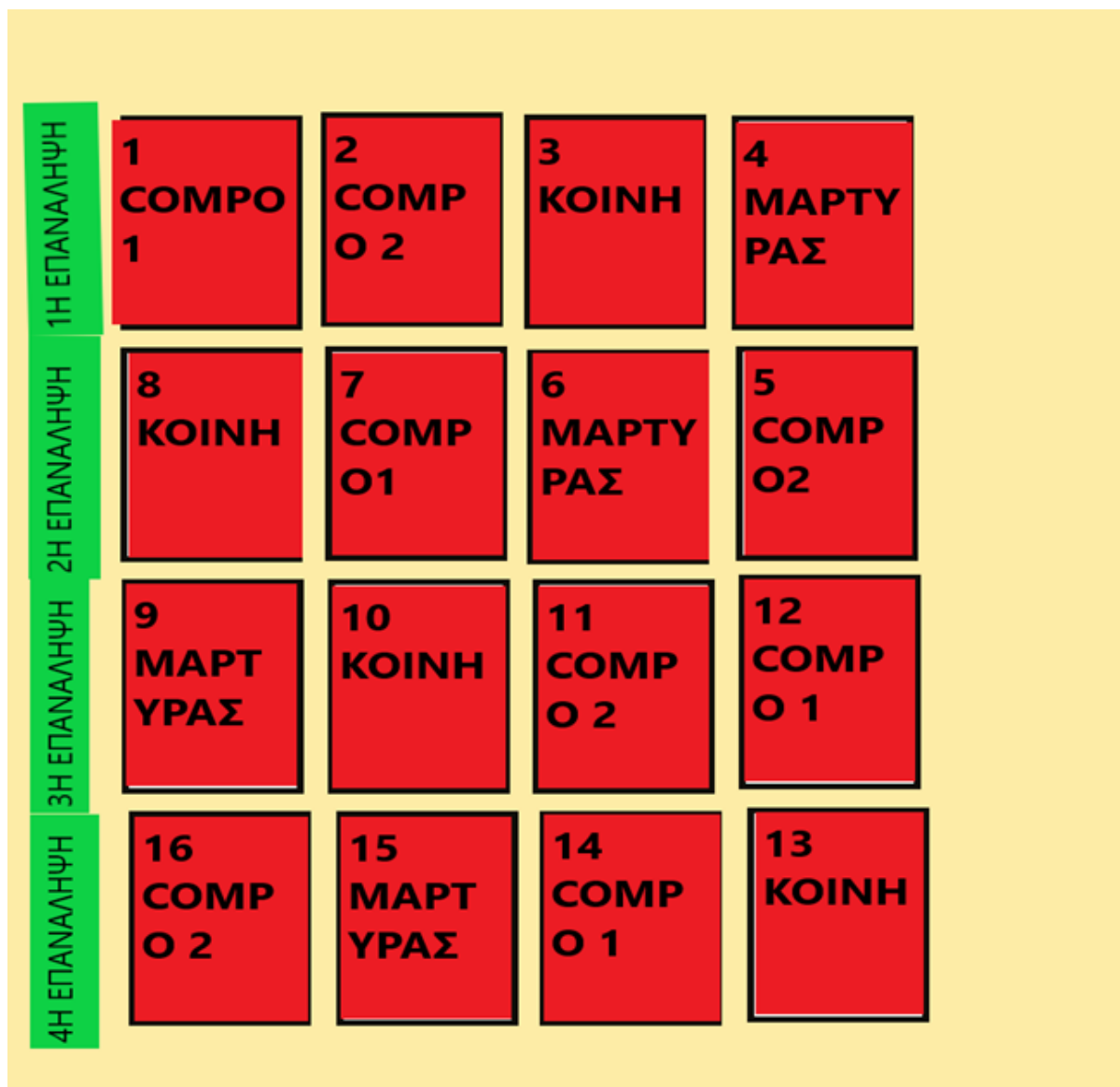
Εικόνα 2-Σπορά

Ο αραβόσιτος πρέπει να σπέρνεται όταν η θερμοκρασία του εδάφους σταθεροποιείται στους 12-15 βαθμούς Κελσίου. Αυτό εξασφαλίζεται συνήθως 15 με 20 μέρες μετά τις ανοιξιάτικες παγωνιές. Έχοντας λάβει γνώση τις παραπάνω παραμέτρους ξεκινήσαμε τη σπορά το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου. Η διαδικασία έγινε με σπαρτική μηχανή που με τη χρήση της ο σπόρος πήγε σε βάθος 3-5 πόντους και στις κατάλληλες αποστάσεις.

Επιπλέον στο αγρόκτημα του Βελεστίνου την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο είχε πραγματοποιηθεί χημική ζιζανιοκτονία για τον έλεγχο πλατύφυλλων ζιζανίων και αγρωστωδών με αποτέλεσμα ο πειραματικός αγρός να είναι απολυμασμένος και καθαρός από εχθρούς και ασθένειες.

Πριν τη σπορά ο αγρός χωρίστηκε σε 16 πειραματικά τεμάχια των 20 τετραγωνικών όπου τοποθετήθηκαν πάσσαλοι και ταμπέλες καθώς δημιουργήθηκε συγκεκριμένο

πλάνο σποράς και τρόπος λίπανσης. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ακριβώς το πλάνο σποράς και λίπανσης που εφαρμόστηκε.



Εικόνα 3-Σχέδιο αγρού στο Αγρόκτημα στο Βελεστίνο με 4 επίπεδα P –λίπανσης και 4 επαναλήψεις.

Compro1, Compro2, κοινή P-ική λίπανση, Μάρτυρας

3) Λίπανση

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν στον αραβόσιτο ήταν οι εξής όπως παρουσιάζονται παρακάτω

Compro 1(C1) : Βασική λίπανση **100 Kg/στρέμμα** με **Novatec 32- 8-12**.Κύριο χαρακτηριστικό του λιπάσματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο ενισχυμένος φώσφορος ο οποίος αποτελεί μία εξαιρετικά καινοτόμα κίνηση της εταιρείας καθώς παρουσιάζει υψηλή πρόσληψη από τα φυτά (χορηγήθηκαν **32 kg/ στρέμμα N** , **8 kg/ στρέμμα ενισχυμένος P** και **12 kg/ στρέμμα K**).

Compro 2(C2):Σε αυτή τη μεταχείριση εφαρμόστηκε το **85%** της βασικής λίπανσης της **Compro 1**, δηλαδή**85 kg/ στρέμμα** με λίπασμα **Novatec 32-8-12**.Παρατηρώντας ξανά τη χρήση του ενισχυμένου φωσφόρου λόγω της υψηλής πρόσληψης του από τα φυτά(έχουμε την χορήγηση **27.2 kg/ στρέμμα N** , **6.2kg/ στρέμμα P** και **10.2 kg/ στρέμμα K**).

Compro συμβατική (CC):Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρείται και πάλι βασική λίπανση **100 kg/ στρέμμα** με **Novatec 32-8-12**. Ωστόσο εδώ δεν χρησιμοποιείται ενισχυμένος φώσφορος αλλά ο κοινός τον οποίο χρησιμοποιεί η εταιρεία στα μικτά λιπάσματα(χορήγηση **32 kg/ στρέμμα N**, **8 kg/ στρέμμα P** και **12 kg/ στρέμμα K**).

Μάρτυρας Μηδενική λίπανση.

3.3 Μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης φυτών

Στον πειραματικό αγρό έγιναν τρεις κοπές ανά πειραματικό τεμάχιο όπου μετρήθηκε το ύψος των φυτών, το βάρος του βλαστού της ταξιανθίας, του καρπού και σαν τελικό αποτέλεσμα η απόδοση της καλλιέργειας σε διαφορετικές συνθήκες λίπανσης.

Ξηρά Βάρη

Κατά τη διάρκεια της κοπής απομακρύνονταν από κάθε πειραματικό τεμάχιο ολόκληρα τα φυτά σε ένα τετραγωνικό . Αρχικά ζυγίστηκε το χλωρό βάρος των συγκεκριμένων φυτών. Στη συνέχεια διαχωρίστηκαν ο βλαστός τα φύλλα και τα καρποφόρα όργανα. Έπειτα ακολούθησε ξήρανση δειγμάτων σε θερμοκρασία περίπου 50 βαθμούς Κελσίου που διήρκησε δύο μέρες. Ο χρόνος παραμονής των φυτών στο ξηραντήριο σταματούσε όταν το βάρος των τμημάτων των φυτών δεν μεταβαλλόταν από την προηγούμενη μέτρηση, με την παρέλευση μιας ημέρας.

Απόδοση

Για τον υπολογισμό της τελικής απόδοσης στην καλλιέργεια του πειράματος έγινε αλωνισμός σε κάθε πειραματικό τεμάχιο ξεχωριστά με τη χρήση θεριζοαλωνιστικής μηχανής τον Σεπτέμβριο του 2018. Από κάθε τεμάχιο ξεχωριστά συλλέχτηκαν οι καρποί της καλλιέργειας οι οποίοι ζυγίστηκαν ξεχωριστά .Στη συνέχεια μετρήθηκε το ειδικό βάρος καθώς και το βάρος των κόκκων του καλαμποκιού.

Ανάλυση φυτικών ιστών

Για την καλύτερη εκτίμηση της χρήσης των λιπασμάτων που εφαρμόστηκαν, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στα φύλλα στα στελέχη και στους καρπούς ξεχωριστά για τον προσδιορισμό του ολικού άζωτου έτσι ώστε να υπολογιστεί το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου αραβοσίτου

Για να προσδιοριστούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου αραβοσίτου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μέσω των οποίων εκτιμήθηκε η περιεχόμενη πρωτεΐνη, τα λιπαρά και το άμυλο με τον αναλυτή **NIR DA 7250** της εταιρείας **PERTEN** στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης φυσιολογίας φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Για να αναλυθεί η διακύμανση (**ANOVA**) των αποτελεσμάτων τα οποία προσκομίσθηκαν από τις μετρήσεις που έγιναν στον αγρό και στις εργαστηριακές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα **GenStat**. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίστηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά για επίπεδο εμπιστοσύνης **95%(LSD.05)** που χρησιμοποιήθηκε σαν κριτήριο για τη μελέτη των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

3.4 Καιρικές Συνθήκες

Η σπορά πραγματοποιήθηκε αρχές Απριλίου και συνοδεύτηκε από ορισμένες μικρές βροχοπτώσεις (15mm) καθώς και από μέτριες για την εποχή θερμοκρασίες(20 βαθμούς Κελσίου). Όλα αυτά οδήγησαν στο να υπάρχει ικανοποιητική αποτελεσματικότητα, καλή φύτευτικότητα και ομοιόμορφη κατανομή πληθυσμού κατά μήκος όλων των πειραματικών τεμαχίων. Κατά τους θερινούς μήνες λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων και επειδή ο αραβόσιτος είναι μία απαιτητική σε νερό καλλιέργεια πραγματοποιήθηκαν ποτίσματα με καταιονισμό (Ιούνιο-Ιούλιο). Τα ποτίσματα αυτά σε συνδυασμό με την καλή λίπανση και τις ικανοποιητικές θερμοκρασίες οδήγησαν στην παραγωγή μεγάλου ποσοστού βιομάζας.

Όσον αφορά στις θερμοκρασίες στην ευρύτερη περιοχή του πειράματος, αυτές κυμάνθηκαν σε φυσιολογικά για την εποχή πλαίσια χωρίς να επηρεάζουν αρνητικά την καλλιέργεια. Ωστόσο ορισμένοι καύσωνες (Ιούλιος-Αύγουστος) καθώς και άκαιρες για την εποχή βροχοπτώσεις (Ιούνιος) είχαν επίδραση στην καλλιέργεια μειώνοντας το ειδικό βάρος και υποβαθμίζοντας ποιοτικά το τελικό προϊόν.

3.5 Έδαφος

Πριν τη σπορά πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες του εδάφους ώστε να εγκατασταθεί η καλλιέργεια. Παρατηρήθηκε ότι σε βάθος 0 έως 30cm το ποσοστό της οργανικής ουσίας είναι 2,91% ενώ σε βάθος 30 έως 60cm είναι 1,86% γεγονός που το χαρακτηρίζει ως γόνιμο σε σχέση με το μέσο όρο στην Ελληνική έκταση. Συνδυάζοντας το γεγονός ότι το έδαφος είναι αργιλώδες (pH>7.5) και ότι τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ως βάση τους το φώσφορο τα αποτελέσματα δεν θα έπρεπε να ήταν ενθαρρυντικά. Ωστόσο με την τεχνολογία βραδείας αποδέσμευσης λιπασμάτων διασφαλίζεται μεγαλύτερη σε χρόνο διάθεση του φωσφόρου στην καλλιέργεια καλύπτοντας τις ανάγκες των φυτών στα κρίσιμα στάδια όπου υπάρχουν ανάγκες.

Πίνακας 3-Εδαφικές ιδιότητες των επιφανειακών (0-30 εκ) και υποεπιφανειακών (30-60 εκ) οριζόντων.

Βάθος(cm)	Κοκκομετρική σύσταση			Υφή	ΦΕΒ	CEC (cmol/kg)	pH	EC mS/cm	C g/kg	N g/kg	C/N	Οργ. Ουσία (%)	ESP άμμος (%)
	Άμμος	ιλύς	Άργιλος										
0-30 cm	26,8	31,3	41,87	C	1,27	26,05	7,63	1,17	14,52	1,67	8,78	6,78	0,88

30-60 cm	25,9	30,93	43,13	C	1,27	23,18	7,90	0,47	9,31	1,06	8,85	7,68	1,03
----------	------	-------	-------	---	------	-------	------	------	------	------	------	------	------

Πίνακας 4-Περιεκτικότητα μικροθρεπτικών και ιχνοστοιχείων των επιφανειακών (0-30 εκ) και υποεπιφανειακών (30-60 εκ) οριζόντων.

Βάθος(cm)	P-olsen(mg/kg)	Na	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		Cmol/kg	Cmol/kg	Mg/kg				
0-30	18,73	0,23	1	5,47	15,22	1,40	1,80	0,40
30-60	3,45	0,24	0,35	7,72	16,37	0,6	2,01	0,32

Κεφάλαιο 4ο : Αποτελέσματα-Συζήτηση

4.1 Αύξηση-Ανάπτυξη-Απόδοση

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο της πτυχιακής διατριβής θα εξεταστούν τα αποτελέσματα της αύξησης, της ανάπτυξης και της απόδοσης του αραβοσίτου.

Αρχικά σχολιάζοντας το ύψος των φυτών δεν παρατηρείται κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων. Επιπλέον στις μεταχειρίσεις που χρησιμοποιήθηκε ενισχυμένος φώσφορος παρατηρήθηκε αριθμητική υπεροχή έναντι της συμβατικής λίπανσης. Αυτό γίνεται αντιληπτό με τη χρήση των μετρήσεων οι οποίες μας δείχνουν την υπεροχή αυτή στη συνολική παραγωγή βιομάζας και πιο συγκεκριμένα στην απόδοση σε καρπό.

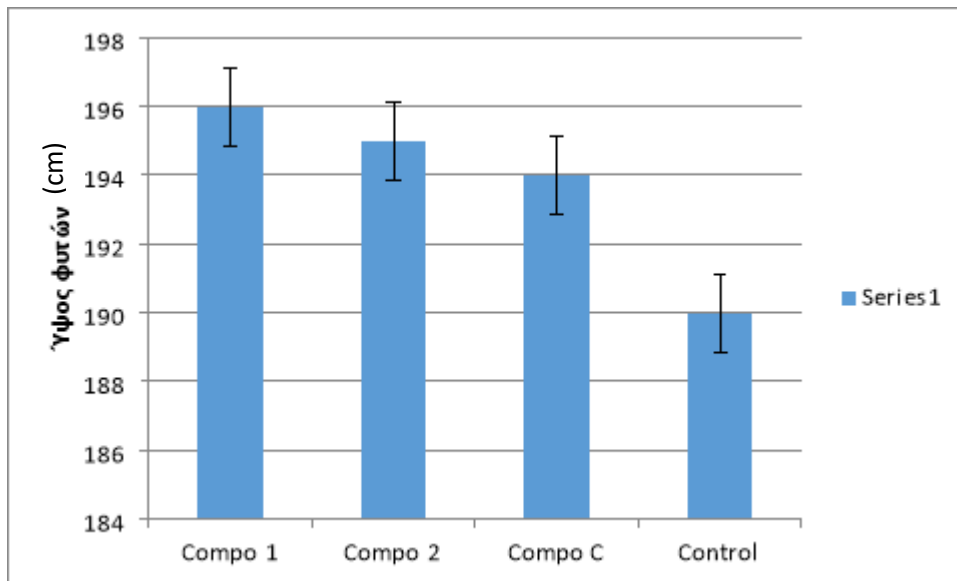
Στη συνέχεια παρατηρείται ότι λόγω της επάρκειας θρεπτικών συστατικών το ίδιο το έδαφος παρείχε την απαραίτητη αύξηση στα φυτά γεγονός το οποίο αντικατοπτρίζεται με το ύψος τους καθώς και με την ποσότητα βλαστών και φύλλων. Όμως όταν παύει να υπάρχει αυτή η επάρκεια τότε τα φυτά του μάρτυρα γίνονται χλωρωτικά με μικρό

ρυθμό φωτοσύνθεσης και τελικά μικρή απόδοση σε σπόρο και συνολική βιομάζα σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

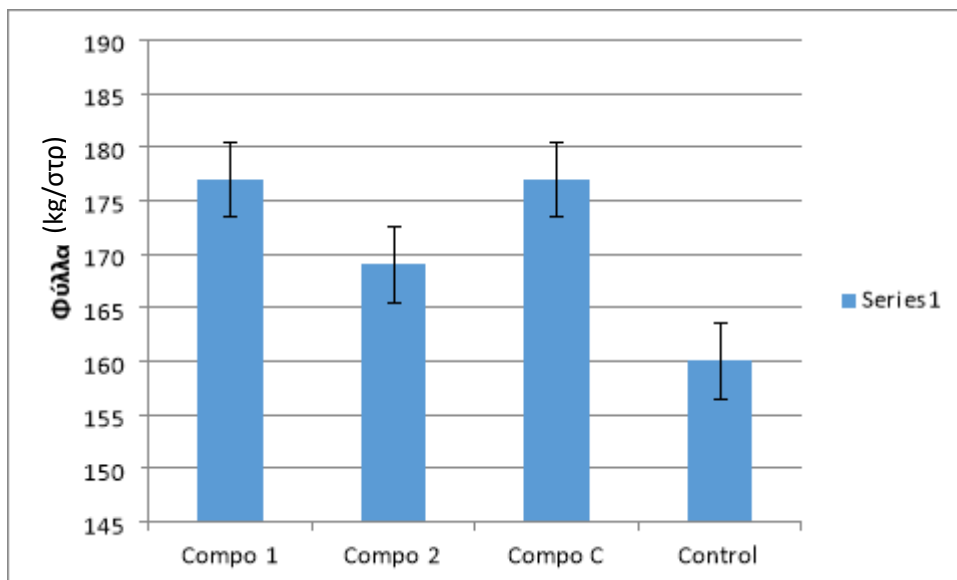
Σημαντική υστέρηση σε απόδοση σπόρου παρουσιάστηκε στη μεταχείριση που χρησιμοποιήθηκε κοινός φώσφορος έναντι αυτών με ενισχυμένο . Η διαφορά αυτή είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στους υψηλότερους ρυθμούς φωτοσύνθεσης λόγω των μεγαλύτερων τιμών χλωροφύλλης. Τέλος δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο στην ποσότητα των φύλλων όσο και στην ποσότητα των βλαστών.

Πίνακας 5-Ύψος φυτών αραβοσίτου, ξηρά βάρη των φύλλων, των βλαστών και των καρπών σύμφωνα με τις μεταχειρίσεις Compo 1, Compo 2, Compo C και Control.

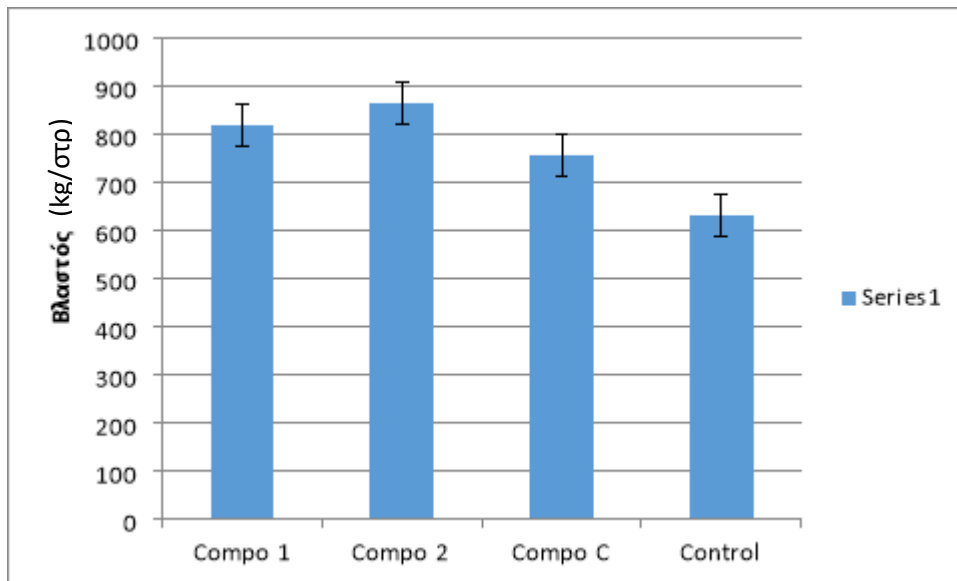
Μεταχείριση	Ύψος φυτών cm	Ξηρά Βάρη(kg/στρ)			
		Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Σύνολο Βιομάζας
Compo 1	196	177	817	1446	2440
Compo 2	195	169	862	1319	2349
Compo C	194	177	754	1252	2182
Control	190	160	630	556	1346
LSD.O5	ns	ns	ns	87	314,1
CV(%)	2,9	27	21,8	4,8	9,4



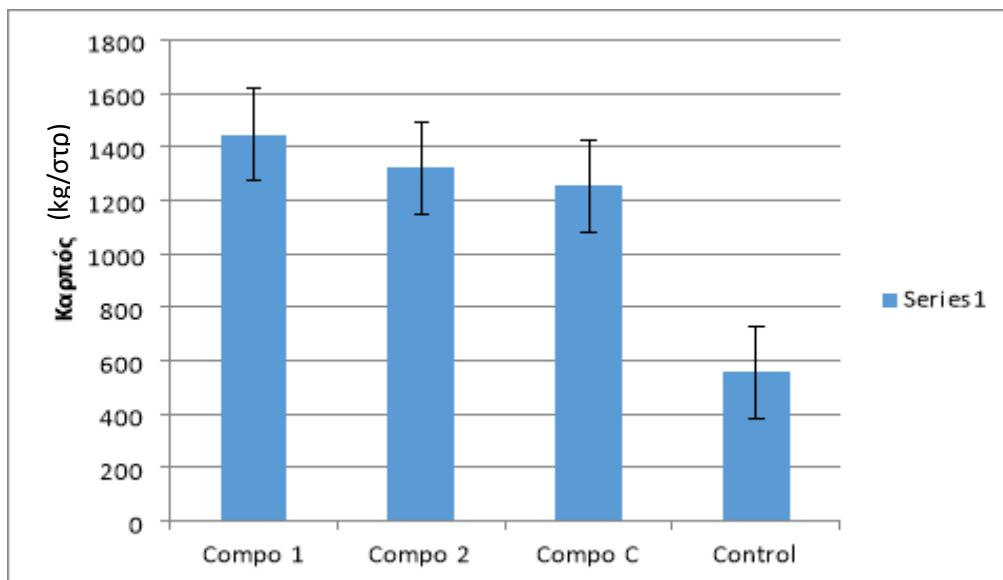
Διάγραμμα 1-Υψος φυτών αραβοσίτου στις 4 μεταχειρίσεις φωσφόρου. Οι μπάρες στο διάγραμμα αντιπροσωπεύουν το sd για $p \leq 0.05$.



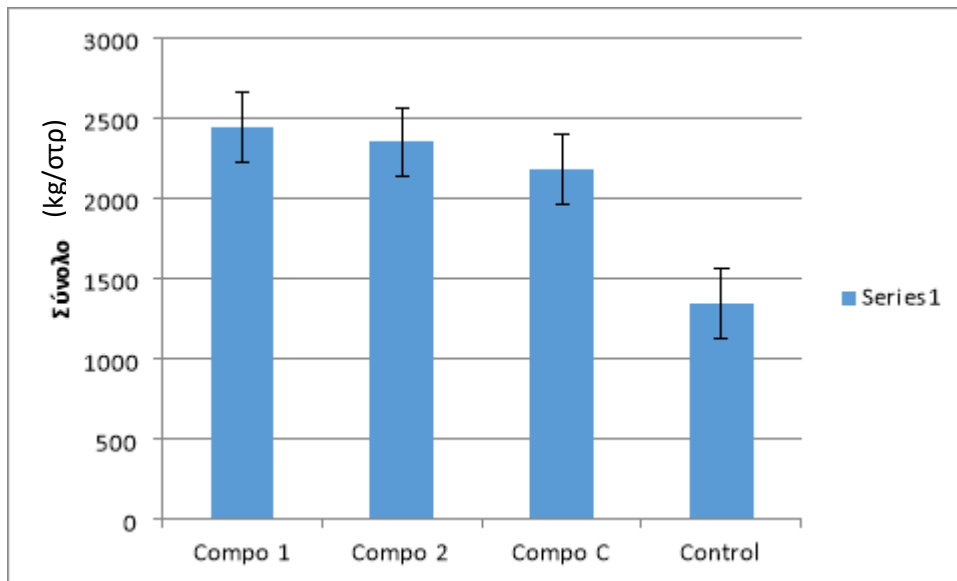
Διάγραμμα 2- Ξηρό βάρος φύλλων αραβοσίτου στις 4 μεταχειρίσεις φωσφόρου. Οι μπάρες στο διάγραμμα αντιπροσωπεύουν το sd για $p \leq 0.05$.



Διάγραμμα 3- Ξηρό βάρος βλαστών αραβοσίτου στις 4 μεταχειρίσεις φωσφόρου.
 Οι μπάρες στο διάγραμμα αντιπροσωπεύουν το sd για $p \leq 0.05$.



Διάγραμμα 4- Ξηρό βάρος καρπών αραβοσίτου στις 4 μεταχειρίσεις φωσφόρου.
 Οι μπάρες στο διάγραμμα αντιπροσωπεύουν το sd για $p \leq 0.05$.



Διάγραμμα 5- Ξηρό βάρος συνολικής βιομάζας αραβοσίτου στις 4 μεταχειρίσεις φωσφόρου. Οι μπάρες στο διάγραμμα αντιπροσωπεύουν το sd για $p \leq 0.05$.

Τα πειραματικά μας αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με εκείνα του Sarhad (2011). Το τελικό προϊόν της καλλιέργειας, ο καρπός, καθώς και το σύνολο της βιομάζας εμφανίζουν μεγαλύτερες αποδόσεις σε ενισχυμένη λίπανση σε σχέση με εκείνες που είχαν κοινή ή μηδενική λίπανση.

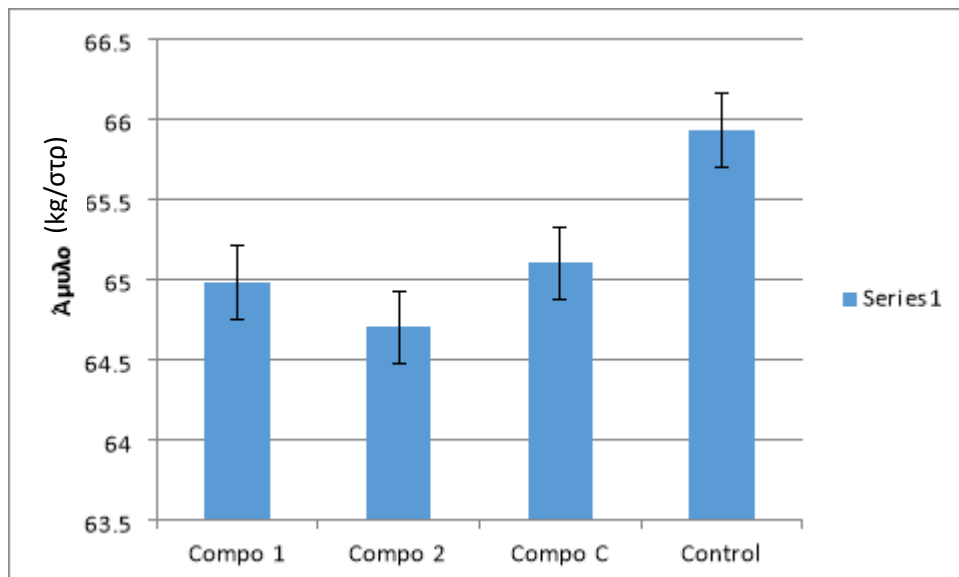
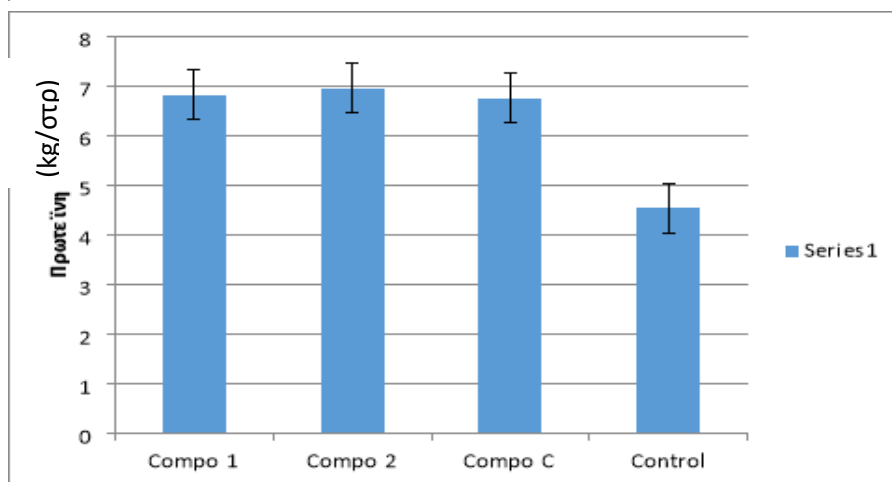
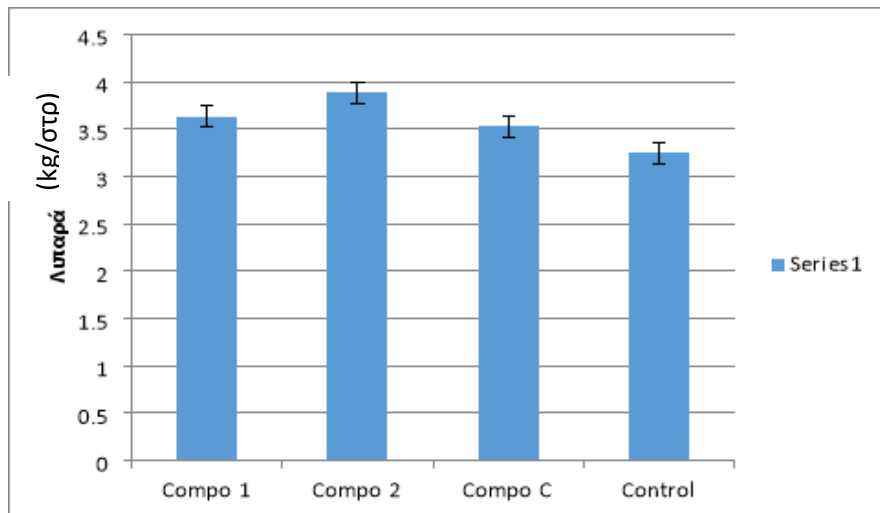
4.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 6**) καθώς και στα Διαγράμματα που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μεταχειρίσεων του αραβοσίτου σύμφωνα με μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με τον αναλυτή **NIRDA 7250** της εταιρίας **PERTEN**. Έτσι λοιπόν μας παρατίθενται χαρακτηριστικά όπως η περιεχόμενη πρωτεΐνη, τα λιπαρά και το άμυλο στον σπόρο του αραβοσίτου. παρατηρούμε ότι η

περιεχόμενη πρωτεΐνη Είναι αντιστρόφως ανάλογη με το άμυλο. Όπως ήταν αναμενόμενο στις 3 μεταχειρίσεις όπου εφαρμόστηκε λίπανση (**Compo 1, Compo 2 και CompoC**) Παρατηρείται υπεροχή σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από τη μεταχείριση με μηδενική λίπανση (**Control**). Με βάση τις μετρήσεις που έχουμε στα χέρια μας παρατηρείται αριθμητική υπεροχή της **Compo 2**, όσον αφορά τις πρωτεΐνες και τα λιπαρά, σε σχέση με την **Compo 1** και την **CompoC**. Επιπλέον παρατηρείται μία σχετικά σταθερή κατάσταση όσον αφορά το άμυλο.

Πίνακας 6-Περιεχόμενα συστατικά και ποσότητες στον σπόρο αραβοσίτου.

Μεταχείριση	Πρωτεΐνη	Λιπαρά	Άμυλο
Compo 1	6,82	3,63	64,98
Compo 2	6,96	3,88	64,7
Compo C	6,76	3,53	65,1
Control	4,54	3,25	65,93
LSD.05	0,51	0,352	0,589
CV(%)	5	6,2	0,6



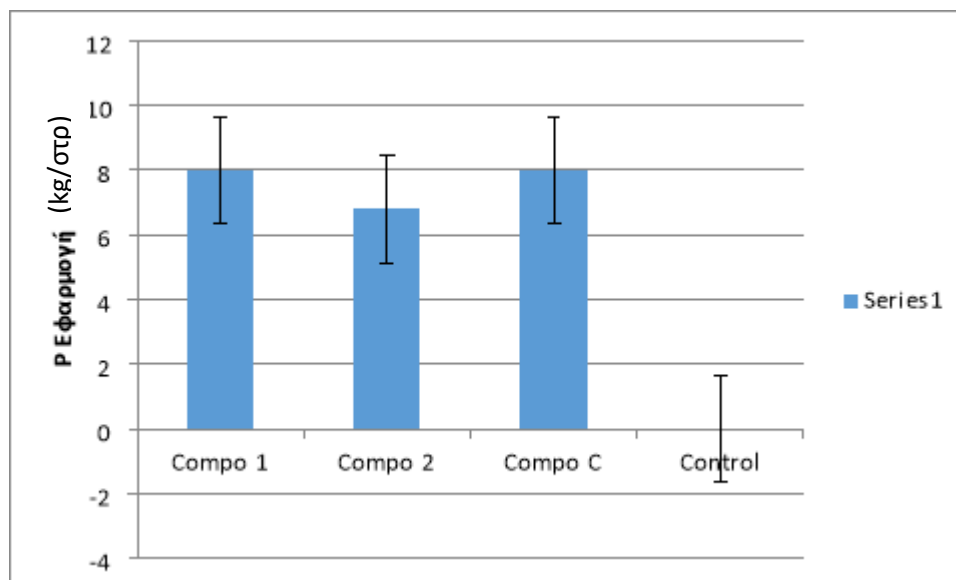
Διάγραμμα 6-Περιεχόμενα Λιπαρά, άμυλο και πρωτεΐνη στο σπόρο αραβοσίτου στις μεταχειρίσεις Compo 1, Compo 2, Compo C και Control.

Οι μπάρες αντιπροσωπεύουν το sd για $p \leq 0.05$.

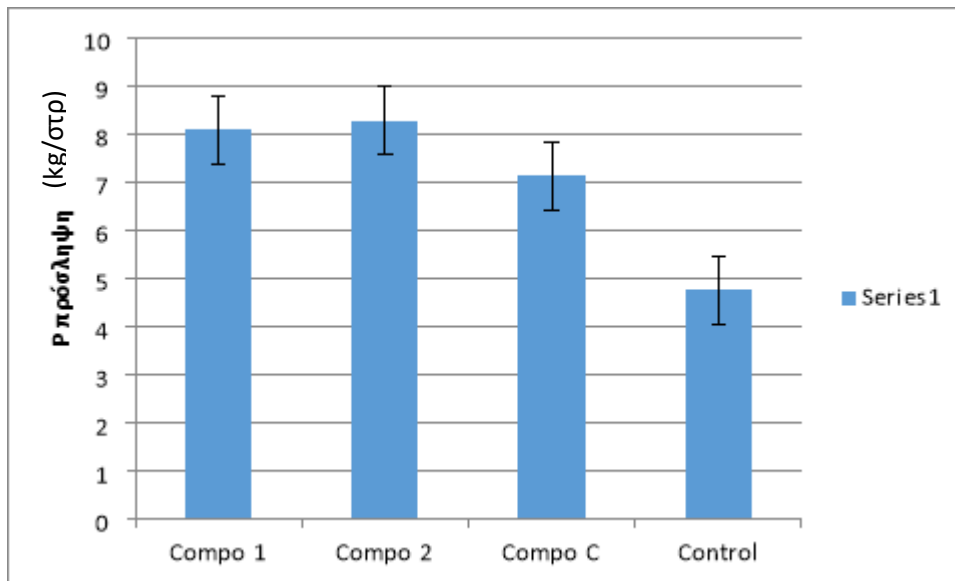
✚ Σχολιασμός πίνακα 6 και διαγραμάτων.

Ακολουθεί σύντομος σχολιασμός του πίνακα 6 με τη χρήση των στοιχείων που μας παρατίθενται, καθώς και των πολύτιμων γνώσεων που αποκομίστηκαν από εξωτερικές πηγές. Πιο συγκεκριμένα, αντήσαμε πληροφορίες από το άρθρο «Critical plant and soil phosphorus for wheat, maize and rapeseed offer 44 years of P fertilization», όπου παρατηρούμε, πως δεν υπάρχουν στατιστικά μεγάλες διαφορές, όσον αφορά τα λιπαρά και το άμυλο. Όμως μεγάλες διαφορές παρατηρήθηκαν στην περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη. Οι μεταχειρίσεις Compo 1,2 και C, παρουσίασαν πολύ υψηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης από τη μεταχείριση Control που υπέστη μηδενική λίπανση.

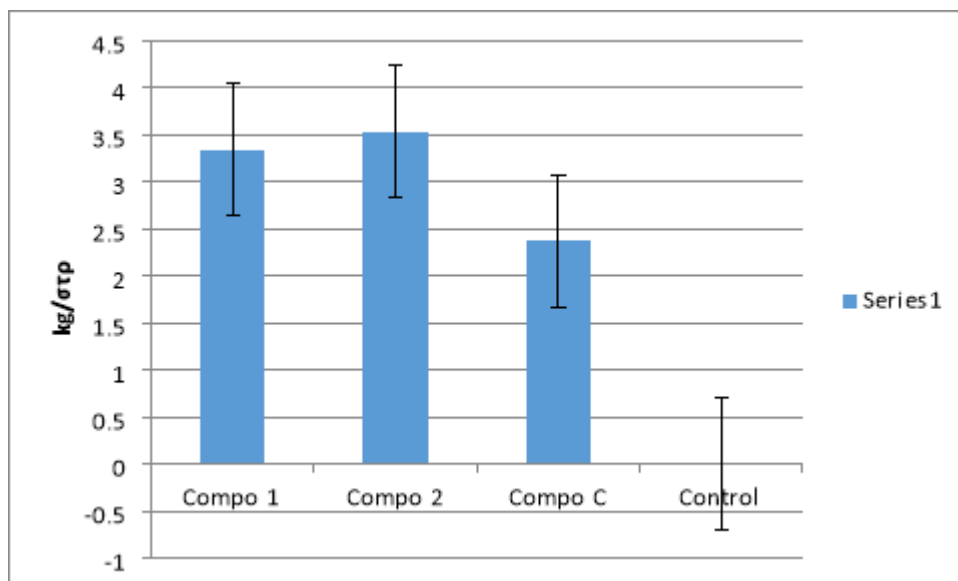
4.3 Αποδοτικότητα χρήσης φωσφόρου



Διάγραμμα 1-Εφαρμογή φωσφόρου στις μεταχειρίσεις Compo 1, Compo 2, Compo C και Control (kg/στρ) μαζί με τις στατιστικές διαφορές τους.



Διάγραμμα 2-Πρόσληψη φωσφόρου(kg/στρ) από τις μεταχειρίσεις Compo 1, Compo 2, Compo C και Control



Διάγραμμα 3-Αποδοτικότητα χρήσης φωσφόρου(kg/στρ) στις μεταχειρίσεις Compo 1, Compo 2, Compo C και Control

Πίνακας 7-Αποδοτικότητα χρήσης φωσφόρου στον αραβόσιτο.

Αραβόσιτος	P εφαρμογή	P πρόσληψη	Αποδοτικότητα χρήσης P	
Μεταχειρίσεις	kg/στρ		kg/στρ	%
Compo 1	8	8,9	3,34	42
Compo 2	6,8	8,28	3,53	52
Compo C	8	7,12	2,37	30
Control	0	4,75	0	0

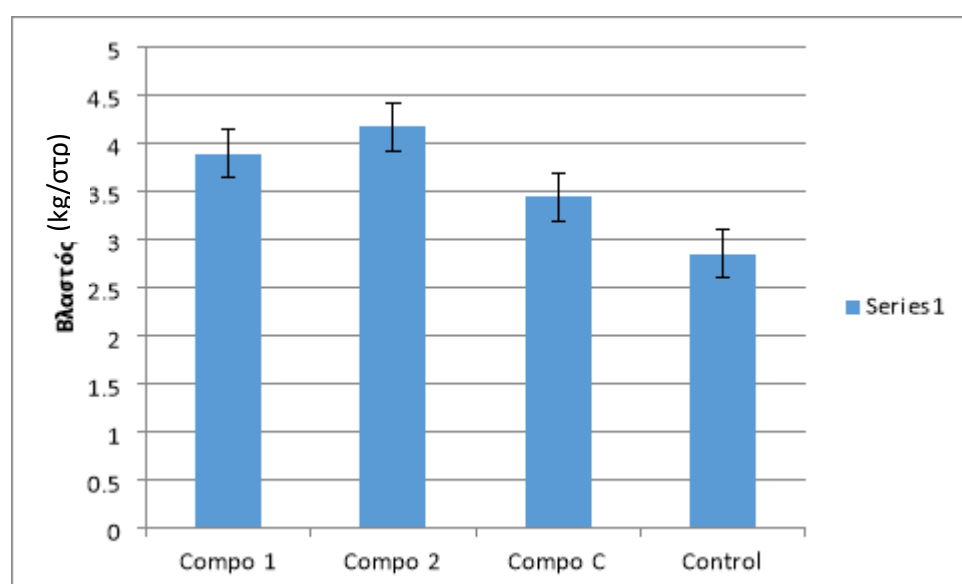
Στον παραπάνω πίνακα υπολογίζονται η εφαρμογή φωσφόρου καθώς και η πρόσληψή του στις μεταχειρίσεις Compo 1, Compo 2, Compo C και Control. Με τη χρήση αυτών των στοιχείων υπολογίζεται η αποδοτικότητα του φωσφόρου στον αραβόσιτο,

Στον πίνακα 7 και στα διαγράμματα τα οποία εμφανίζονται παραπάνω παρουσιάζεται η αποδοτικότητα χρήσης του φωσφόρου στον αραβόσιτο. αρχικά η βασική πρόσληψη έφτασε στα 4,75 kg/στρ. Η συμμετοχή της λίπανσης βρίσκεται σε ποσοστό από 33% έως 43% του προσληφθέντος φωσφόρου από τα φυτά του αραβόσιτου. με βάση λοιπόν όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω και σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουν προσκομιστεί από τον πίνακα και από τα διαγράμματα που μελετήθηκαν, η αποδοτικότητα χρήσης του φωσφόρου στις μεταχειρίσεις **Compo 1**, **Compo 2** και **Compo C** ανέρχεται σε ποσοστό 42%, 52% και 30% αντίστοιχα. Παρατηρούμε λοιπόν αυξημένη αποδοτικότητα της χρήσης φωσφόρου στις μεταχειρίσεις που χρησιμοποιήθηκε ενισχυμένος φώσφορος (**Compo 1**, **Compo 2**) σε σχέση με τη συμβατική λίπανση (**Compo C**) όπου χρησιμοποιήθηκε κοινός φώσφορος. Τέλος δεν παρατηρείται κάποια διαφορά στον μάρτυρα (**Control**) όπου δεν εφαρμόστηκε κάποιου είδους λίπανση.

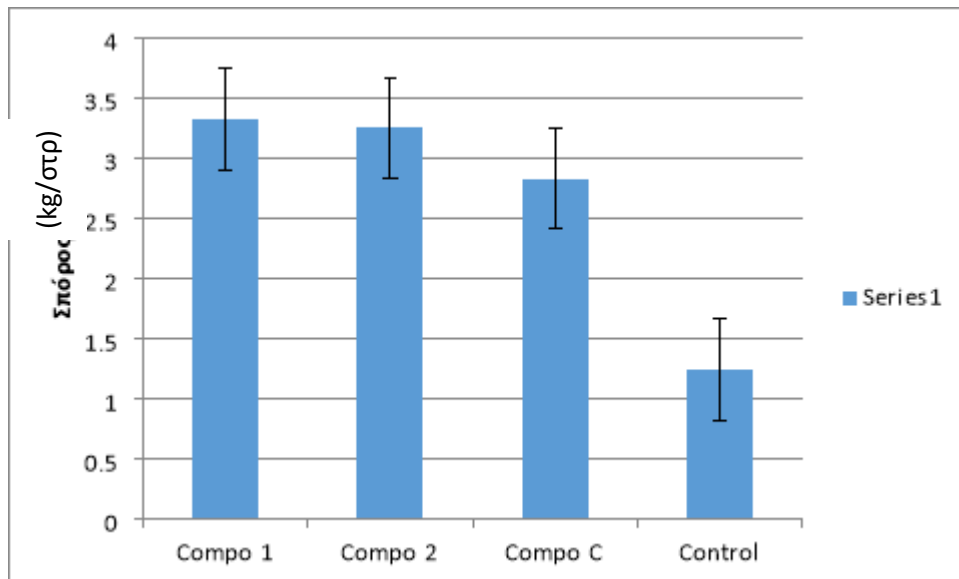
Τα στατιστικά του πίνακα 7, καθώς και των διαγραμμάτων που προήλθαν από εργαστηριακές μετρήσεις στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών, συσχετίζονται με διάφορες μελέτες από το εξωτερικό, που ασχολούνται με το αποτέλεσμα της φωσφορικής λίπανσης στον αραβόσιτο. Πιο συγκεκριμένα με τη χρήση στοιχείων από το άρθρο «The Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Growth, Yield and

Quality of Maize», παρατηρείται ότι τα δεδομένα συμπίπτουν μεταξύ τους και συμφωνούν με το γεγονός ότι οι μεταχειρίσεις που έχουν υποστεί λίπανση με ενισχυμένο φώσφορο , παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη αποδοτικότητα σε σχέση με τον μάρτυρα ,καθώς και τις μεταχειρίσεις συμβατικής λίπανσης.

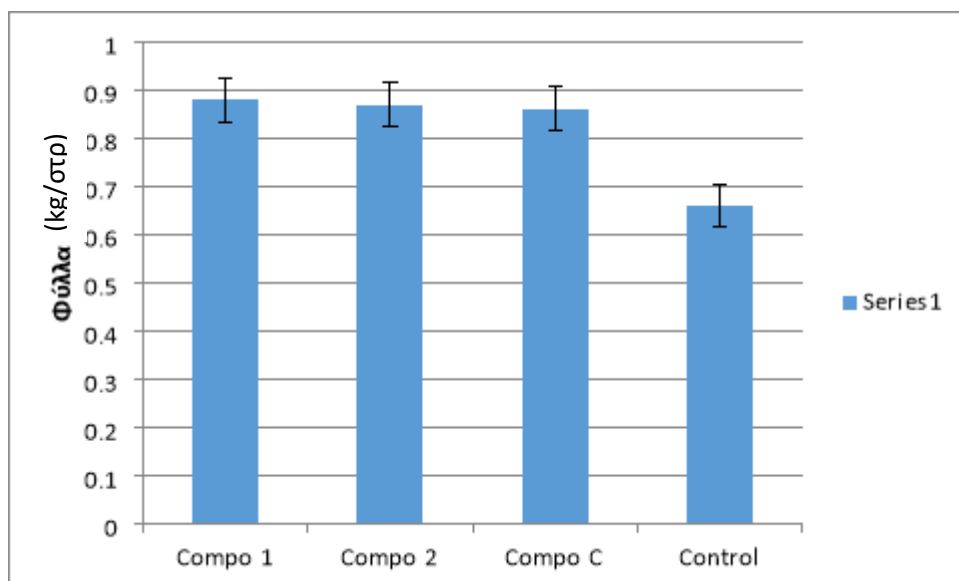
Στη συνέχεια με βάση τα παρακάτω διαγράμματα καθώς και τον πίνακα 2 παρουσιάζονται στοιχεία τα οποία μας δείχνουν τον περιεχόμενο φώσφορο στα διάφορα φυτικά μέρη και συνολικά στο φυτό του αραβοσίτου στις διάφορες μεταχειρίσεις.



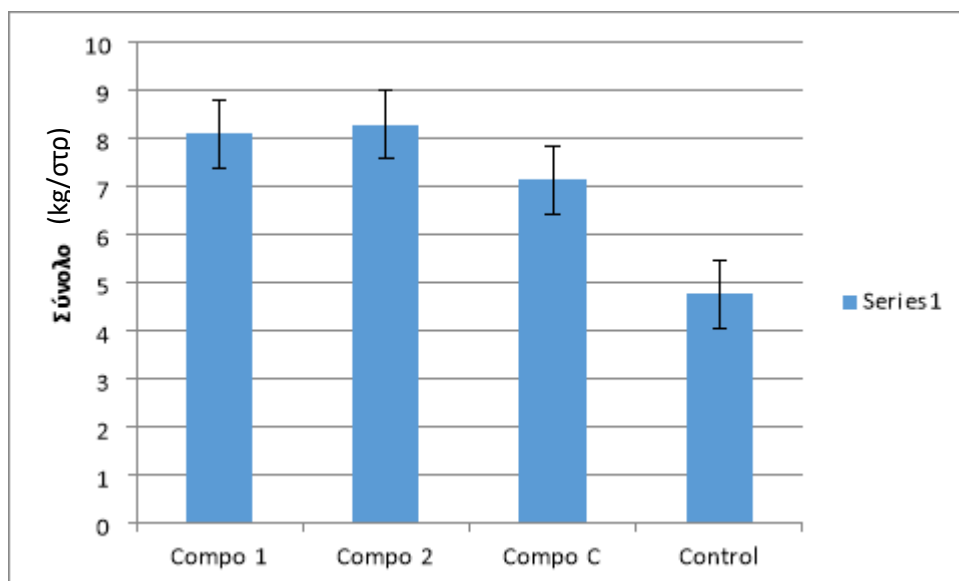
Διάγραμμα 4-Περιεχόμενος φώσφορος στον βλαστό για τις μεταχειρίσεις Compo 1, Compo 2, Compo C και Control . Πάνω από τις μπάρες είναι ευδιάκριτες οι στατιστικές διαφορές τους με τις γραμμές που βλέπουμε στο διάγραμμα.



Διάγραμμα 5-Περιεχόμενος φώσφορος στον σπόρο των μεταχειρίσεων Compo 1,Compo 2,Compo C και Control καθώς και οι στατιστικές τους διαφορές.



Διάγραμμα 6-Περιεχόμενος φώσφορος στα φύλλα των μεταχειρίσεων Compo 1,Compo 2,Compo C και Control. Επιπλέον ευδιάκριτες είναι και οι στατιστικές τους διαφορές (LSD).



Διάγραμμα 7-Συνολικός περιεχόμενος φώσφορος στη βιομάζα των μεταχειρίσεων Compo 1, Compo 2, Compo C και Control και απεικόνιση των στατιστικών τους διαφορών

Πίνακας 8-Περιεχόμενος φώσφορος στα μέρη του φυτού αραβοσίτου. Πιο συγκεκριμένα στον παραπάνω πίνακα υπολογίζεται ο φώσφορος που περιέχεται στον βλαστό ,στο σπόρο ,στα φύλλα και στη συνολική βιομάζα των μεταχειρίσεων Compo 1,Compo 2,Compo C και Control.

Μεταχείριση	P(Kg/στρ)			
	Βλαστός	Σπόρος	Φύλλα	Σύνολο βιομάζας
Compo 1	3,89	3,32	0,88	8,09
Compo 2	4,17	3,25	0,87	8,28
Compo C	3,44	2,83	0,86	7,12
Control	2,85	1,24	0,66	4,75
LSD.O5	ns	1,233	Ns	1,396
CV(%)	28,4	29	41,8	12,4

Σύμφωνα με τα στοιχεία που μας παρέχουν τα διαγράμματα καθώς και ο πίνακας 8 με τις μετρήσεις του περιεχομένου φωσφόρου βγάζουμε ασφαλή συμπεράσματα για τα φυτικά μέρη του αραβοσίτου στα οποία περιέχεται ο φώσφορος. Ο φώσφορος λοιπόν εντοπίζεται κυρίως στον βλαστό (πίνακας 8). Οι μεταχειρίσεις **Compo 1** και **Compo2** δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους μεγάλες διαφορές εμφανίζοντας τη μεγαλύτερη πρόσληψη (**περίπου 8 kg/στρ**). Στη συνέχεια ακολουθεί η μεταχείριση στην οποία έχει εφαρμοστεί συμβατική λίπανση με κοινό φώσφορο που εμφανίζει **1kg/στρ** λιγότερη πρόσληψη. Τέλος ακολουθεί ο μάρτυρας ο οποίος υστερεί σε μεγάλο βαθμό με συνολική πρόσληψη **4,75 kg/στρ**.

Για τον σχολιασμό του πίνακα 8, χρησιμοποιήσαμε τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από μετρήσεις στο εργαστήριο εδαφολογίας, καθώς και τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν με βάση αυτά τα στοιχεία. Επιπλέον, έγινε σύγκριση με τις πληροφορίες που παρέχονται από το άρθρο που χρησιμοποιήθηκε από τον σχολιασμό του πίνακα 7, δηλαδή, το «Critical plant and soil phosphorus for wheat, maize and rapeseed over 44 years of P fertilization». Καταλήξαμε λοιπόν στο συμπέρασμα, ότι αρχικά το μεγαλύτερο ποσοστό του φωσφόρου βρίσκεται στο βλαστό και επιπλέον όσον αφορά το σύνολο του περιεχομένου φωσφόρου, οι μεταχειρίσεις με λίπανση ενισχυμένου φωσφόρου, υπερτερούν σημαντικά, από εκείνες που εφαρμόστηκε κοινός φώσφορος, καθώς και από τον μάρτυρα.

5. Συμπεράσματα

Το πείραμα πού έγινε στον πειραματικό αγρό του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο ολοκληρώθηκε χωρίς να επηρεαστεί από ακραίες καιρικές συνθήκες καθώς επικράτησαν κανονικές για την καλλιεργητική περίοδο θερμοκρασίες και φυσιολογικές βροχοπτώσεις με ελάχιστες εξαιρέσεις. Οι παράμετροι αυτοί οδήγησαν στη συλλογή σημαντικών στοιχείων τα οποία βοήθησαν στην κατανόηση της επίδρασης των λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης στην καλλιέργεια του αραβοσίτου.

Η επίδραση των λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης σε σχέση με εκείνη των συμβατικών έγινε αισθητή σε πολύ μεγάλο βαθμό. Κύριος λόγος για να γίνει αυτό αντιληπτό ήταν η παραγωγή βιομάζας η οποία αποδείχθηκε μεγαλύτερη στις μεταχειρίσεις Compro (ενισχυμένος φώσφορος) σε σχέση με εκείνες όπου εφαρμόστηκε συμβατική λίπανση αλλά και μηδενική (μάρτυρας).

Όσον αφορά την απόδοση σε καρπό οι μεταχειρίσεις Compro έδειξαν σημαντική υπέροχη έναντι των άλλων μεταχειρίσεων παρουσιάζοντας με αυτό τον τρόπο την υψηλή δέσμευση φωσφόρου στα τελευταία στάδια της καλλιέργειας καθώς και την υψηλή διαθεσιμότητα που εμφανίστηκε στο έδαφος λόγω της επίδρασης των λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης κατά την περίοδο του γεμίσματος και της ανθοφορίας.

Το τελικό προϊόν της καλλιέργειας, ο σπόρος, ήταν πλουσιότερο σε πρωτεΐνες, άμυλο και λιπαρά στις μεταχειρίσεις Compro σε σχέση με τη συμβατική και το μάρτυρα. Επιπλέον όσον αφορά την αποδοτικότητα της χρήσης του φωσφόρου οι μεταχειρίσεις Compro παρουσιάζουν σημαντική διαφορά έναντι της μεταχείρισης που χρησιμοποιήθηκε κοινός φώσφορος.

Εκτός βέβαια από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της τελικής απόδοσης παίζουν και άλλοι εξίσου καταλυτικοί παράγοντες. Ο κυριότερος είναι η διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος η οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση εξασφαλίστηκε είτε με βροχοπτώσεις κατά διαστήματα το

καλοκαίρι είτε με ποτίσματα τα οποία είναι απαραίτητα στην καλλιέργεια του αραβοσίτου καθώς έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό.

Συνοψίζοντας βγάζουμε το συμπέρασμα ότι η χρήση των λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης έχει σημαντικές επιδράσεις στην καλλιέργεια του αραβοσίτου από πολλές πλευρές. Από τη μία προσφέρεται μεγαλύτερη ποσότητα βιομάζας, υψηλότερες αποδόσεις σε καρπό και τελικά ένα ποιοτικότερο προϊόν το οποίο θα έχει υψηλή διατροφική αξία για τη βιομηχανία τροφίμων. Από την άλλη όμως σημαντικό ρόλο παίζει στην αύξηση της δέσμευσης τόσο του εφαρμοσμένου όσο και του εδαφικού φωσφόρου καθόλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Τέλος είναι πολύ σημαντικό να κατανοήσουμε ότι στη σύγχρονη γεωργία πέρα από την αύξηση της παραγωγής η οποία μέρα με τη μέρα επιτυγχάνεται με διαφορετικούς τρόπους είναι πολύ σημαντικό να δημιουργήσουμε προοπτικές για την παραγωγή προϊόντων ποιοτικότερων και φιλικότερων προς το περιβάλλον τα οποία θα παίζουν πρωταρχικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου.

Βιβλιογραφία

Abid, A.L.I., Hussain, M., Habib, H.S., Kiani, T.T., Anees, M.A. and Rahman, M.A., 2016. Foliar spray surpasses soil application of potassium for maize production under rainfed conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(1), pp.36-43.

Adnan, M., 2020. Role of potassium in maize production: A review. *Op Acc J Bio Sci Res*, 3(5), pp.1-4.

Akram, M., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Rafiq, M., Ahmad, I. and Iqbal, J., 2010. Allometry and yield components of maize (*Zea mays* L.) hybrids to various potassium levels under saline conditions. *Archives of Biological Sciences*, 62(4), pp.1053-1061.

Amanullah, A., Iqbal, A. and Iqbal, M., 2015. Impact of potassium rates and their application time on dry matter partitioning, biomass and harvest index of maize (*Zea mays*) with and without cattle dung application. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, pp.447-453.

Arain, A.S., Alam, S.M. and Tunio, A.K.G., 1989. Performance of maize genotypes under varying NP-fertilizer environments. *Sarhad Journal of Agriculture (Pakistan)*.

Aslam, M., Ibni Zamir, M.S., Afzal, I. and Yaseen, M., 2013. Morphological and physiological response of maize hybrids to potassium application under drought stress. *Journal of Agricultural Research (03681157)*, 51(4).

Aslam, M., Zamir, M.S.I., Afzal, I. and Amin, M., 2014. Role of potassium in physiological functions of spring maize (*Zea mays* L.) grown under drought stress. *J. Anim. Plant Sci*, 24(5), pp.1452-1465.

Bahrani, A., Pourreza, J., Madani, A. and Amiri, F., 2012. Effect of PRD irrigation method and potassium fertilizer application on corn yield and water use efficiency. *Bulgarian J. Agric. Sci*, 18, pp.616-625.

Barker, A.V. and Pilbeam, D.J., 2007. Handbook of plant nutrition, CRC.

Burkhead, J.L., Gogolin Reynolds, K.A., Abdel-Ghany, S.E., Cochu, C.M. and Pilon, M., 2009. Copper homeostasis. *New Phytologist*, 182(4), pp.799-816.

Caballero, B., Trugo, L.C. and Finglas, P.M., 2003. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Academic.

Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification?. *Plant and soil*, 302(1), pp.1-17.

Cochrane, T.T. and Cochrane, T.A., 2009. The vital role of potassium in the osmotic mechanism of stomata aperture modulation and its link with potassium deficiency. *Plant signaling & behavior*, 4(3), pp.240-243.

Debelle, T., Bogale, T., Negassa, W., Workayehu, T., Liben, M., Mesfin, T., Mekonnen, B. and Mazengia, W., 2002. A review of fertilizer management research on maize in Ethiopia. *Enhancing the contribution of maize to food security in Ethiopia*, pp.46-55.

Erisman, J.W., Galloway, J.N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N.B., Petrescu, A.R., Leach, A.M. and de Vries, W., 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621), p.20130116.

Flach, E.N., Quak, W. and Diest, A.V., 1987. A comparison of the rock phosphate-mobilizing capacities of various crop species. *Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)*.

Gaj, R., Budka, A., Górski, D., Borowiak, K., Wolna-Maruwka, A. and Bak, K., 2018. Magnesium and calcium distribution in maize under differentiated doses of mineral fertilization with phosphorus and potassium. *Journal of Elementology*, 23(1).

Gaut, B.S., d'Ennequin, M.L.T., Peek, A.S. and Sawkins, M.C., 2000. Maize as a model for the evolution of plant nuclear genomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(13), pp.7008-7015.

Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D., 2016. *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Education India.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-018-9956-0>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-018-9956-0>

<https://scialert.net/fulltext/?doi=ja.2006.515.518>

<https://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ja/2006/515-518.pdf>

Huijsmans, J.F. and Schils, R.L., 2009. Ammonia and nitrous oxide emissions following field-application of manure: state of the art measurements in the Netherlands. International Fertiliser Society.

Kopittke, P.M. and Menzies, N.W., 2006. Effect of Cu toxicity on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Plant and Soil*, 279(1), pp.287-296.

Lakkineni, K.C. and Abrol, Y.P., 1992. Sulphur Requirement of Rapeseed-Mustard, Groundnut and Wheat: A Comparative Assessment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 169(4), pp.281-285.

<http://www.spel.gr/index.php/%CE%BD%CE%B5%CE%B1/%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CE%B9%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B1/139-%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BC%CF%80%CF%8C%CE%BA%CE%B9/395-%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%BF%CE%BA%CE%B9>

Liu, D.Y., Zhang, W., Yan, P., Chen, X.P., Zhang, F.S. and Zou, C.Q., 2017. Soil application of zinc fertilizer could achieve high yield and high grain zinc concentration in maize. *Plant and soil*, 411(1-2), pp.47-55.

Maqsood, M., Abid, A.M., Iqbal, A. and Hussain, M.I., 2001. Effect of variable rate of nitrogen and phosphorus on growth and yield of maize (golden). *Online J. Biol. Sci*, 1(1), pp.19-20.

Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M.M., Sanchez, J., Buckler, E. and Doebley, J., 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), pp.6080-6084.

Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N. and Foley, J.A., 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490(7419), pp.254-257.

Naveed, M., 2013. *Maize endophytes-diversity, functionality and application potential*.na.

Ortas, I. and Lal, R., 2012. Long-term phosphorus application impacts on aggregate-associated carbon and nitrogen sequestration in a Vertisol in the Mediterranean Turkey. *Soil science*, 177(4), pp.241-250.

<https://gr.depositphotos.com/stock-photos/%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BC%CF%80%CF%8C%CE%BA%CE%B9.html>

farm-el.desiguspro.com/posadka/ogorod/zlaki/kukuruza/saharnaya-vybiraem-luchshiy-sort.html

Ortas, I. and Islam, K.R., 2018. Phosphorus fertilization impacts on corn yield and soil fertility. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(14), pp.1684-1694.

Potarzycki, J., 2010. The impact of fertilization systems on zinc management by grain maize. *Fertilizers and Fertilization (this issue)*.

<https://gr.dreamstime.com/%CE%B5%CE%BA%CE%B4%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CF%83%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%AC-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BA%CE%B1-%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BF%CF%8D-%CF%84%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%AD%CF%81-%CE%BC%CE%B5-seeder-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CE%B1-%CF%87%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9%CF%8E%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%82-seeder-image96000366>

Richardson, A.E., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H. and Oberson, A., 2011. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant and soil*, 349(1), pp.121-156.

Sahin, S., 2014. Effect of boron fertilizer applications on the growth and B, N uptake of maize (*Zea mays* L.) under the different soils. *J. Food Agric. Environ*, 12(2), pp.1323-1327.

- Saleem, A., Javed, H.I., Saleem, R., Ansar, M. and Zia, M.A., 2011. Effect of split application of potash fertilizer on maize and sorghum in Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 24(1-4).
- Serrago, R.A., Alzueta, I., Savin, R. and Slafer, G.A., 2013. Understanding grain yield responses to source–sink ratios during grain filling in wheat and barley under contrasting environments. *Field Crops Research*, 150, pp.42-51.
- Sharma, J.P. and Sharma, U.C., 1991. Effect of nitrogen and phosphorus on the yield and severity of turcicum blight of maize in Nagaland. *Indian Phytopathology*, 44(3), pp.383-385.
- Singaram, P. and Kothandaraman, G.V., 1994. Studies on residual, direct and cumulative effect of phosphorus sources on the availability, content and uptake of phosphorus and yield of maize. *Madras Agric. J*, 81, pp.425-429.
- Sutar, R.K., Pujar, A.M., Kumar, B.A. and Hebsur, N.S., 2017. Sulphur nutrition in maize-A critical review. *Int. J. Pure App. Biosci*, 5(6), pp.1582-1596.
- Wahid, F., Sharif, M., Fahad, S., Adnan, M., Khan, I.A., Aksoy, E., Ali, A., Sultan, T., Alam, M., Saeed, M. and Ullah, H., 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi improve the growth and phosphorus uptake of mung bean plants fertilized with composted rock phosphate fed dung in alkaline soil environment. *Journal of Plant Nutrition*, 42(15), pp.1760-1769.
- Webb, J., Sørensen, P., Velthof, G., Amon, B., Pinto, M., Rodhe, L., Salomon, E., Hutchings, N., Burczyk, P. and Reid, J., 2013. An assessment of the variation of manure nitrogen efficiency throughout Europe and an appraisal of means to increase manure-N efficiency. *Advances in agronomy*, 119, pp.371-442.
- Yang, X., Lu, Y., Ding, Y., Yin, X. and Raza, S., 2017. Optimising nitrogen fertilisation: a key to improving nitrogen-use efficiency and minimising nitrate leaching losses in an intensive wheat/maize rotation (2008–2014). *Field Crops Research*, 206, pp.1-10.
- Younis, U., Danish, S., Shah, M.H.R. and Malik, S.A., 2014. Nutrient shifts modeling in *Spinacea oleracea* L. and *Trigonella corniculata* L. in contaminated soil amended with biochar. *Int. J. Biosci*, 5, pp.89-98.

Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D. and Sui, J., 2017. Nitrogen fertigation effect on photosynthesis, grain yield and water use efficiency of winter wheat. *Agricultural Water Management*, 179, pp.277-287.

Zörb, C., Senbayram, M. and Peiter, E., 2014. Potassium in agriculture—status and perspectives. *Journal of plant physiology*, 171(9), pp.656-669.

Τσαπικούνης Φ., 1997. Θρέψη – Λίπανση των φυτών, Λαχανικά – Βιομηχανικά Φυτά, Φυτά μεγάλης καλλιέργειας, Μέρος Δ', Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα