

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Καινοτόμες εφαρμογές στην
αιιφορική γεωργία, στη βελτίωση φυτών και στην αγρομετεωρολογία

Ειδίκευση: Αειφορική Γεωργία και Πιστοποίηση

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**«Συγκριτική αξιολόγηση της επίδρασης διαφόρων αζωτούχων
επιφανειακών λιπασμάτων στα ποιοτικά και ποσοτικά
χαρακτηριστικά του αραβόσιτου και η επίδρασή τους στην
δραστηριότητα των μικροβιακών οργανισμών του εδάφους»**



Νικόλαος Δ. Μυτιλέκας

Επιβλέπων Καθηγητής: Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής Γεωργίας

ΑΘΗΝΑ 2020



Μεταπτυχιακή Διατριβή

«Συγκριτική αξιολόγηση της επίδρασης διαφόρων αζωτούχων επιφανειακών λιπασμάτων στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του αραβόσιτου και η επίδρασή τους στην δραστηριότητα των μικροβιακών οργανισμών του εδάφους»

«Comparative assessment of the effect of various nitrogen top dressing fertilizers, on the quality and quantity parameters of maize crop and their effect on the soil microbial activity»

Εισηγητής, Επιβλέπων Καθηγητής:

ΜΠΙΛΑΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, Καθηγητής Γεωργίας, Εργαστήριο
Γεωργίας Γ.Π.Α.

Εξεταστική Επιτροπή:

ΜΠΙΛΑΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, Καθηγητής Γεωργίας, Εργαστήριο
Γεωργίας Γ.Π.Α.

ΠΑΠΑΣΤΥΛΙΑΝΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Γεωργίας, Εργαστήριο Γεωργίας Γ.Π.Α.

ΤΡΑΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ, Επίκουρος Καθηγητής Γεωργίας, Εργαστήριο
Γεωργίας Γ.Π.Α.

Συγκριτική αξιολόγηση της επίδρασης διαφόρων αζωτούχων επιφανειακών λιπασμάτων στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του αραβόσιτου και η επίδρασή τους στην δραστηριότητα των μικροβιακών οργανισμών του εδάφους.

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αραβόσιτος ή καλαμπόκι (*Zea mays* L.) αποτελεί το τρίτο σε σπουδαιότητα δημητριακό στον κόσμο μετά το σιτάρι και το ρύζι. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, το 2018 καλλιεργήθηκαν στη χώρα μας 110,87 χιλιάδες εκτάρια. Οι εκτάσεις αυτές είναι σημαντικά μειωμένες συγκριτικά με το παρελθόν, γεγονός που οφείλεται στις πολύ χαμηλές διεθνείς εμπορικές τιμές του καλαμποκιού τα τελευταία χρόνια. Ωστόσο, ο αραβόσιτος συνεχίζει να αποτελεί σημαντική καλλιέργεια για τη χώρα μας και η βελτιστοποίηση των εισροών του έχει άμεσο πρακτικό ενδιαφέρον για τους παραγωγούς.

Ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της τελικής παραγωγής του αραβόσιτου είναι η θρέψη του. Ο αραβόσιτος είναι φυτό απαιτητικό σε θρεπτικά στοιχεία και κυρίως σε άζωτο, γι' αυτό και η αξιολόγηση της επίδρασης διαφόρων κατηγοριών αζωτούχων επιφανειακών λιπασμάτων στα χαρακτηριστικά της παραγωγής, παρουσιάζει ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτελεί η συγκριτική αξιολόγηση της επίδρασης διαφόρων αζωτούχων επιφανειακών λιπασμάτων στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του αραβόσιτου, καθώς και η επίδρασή τους στην δραστηριότητα των ωφέλιμων μικροβιακών οργανισμών του εδάφους.

Οι πειραματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν την καλλιεργητική περίοδο 2019, στον πειραματικό σταθμό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην περιοχή της Αλιάρτου Βοιωτίας και το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν οι πλήρεις τυχαιοποιημένες ομάδες (RCBD), με 4 μεταχειρίσεις και 4 επαναλήψεις (16 πειραματικά τεμάχια). Σε όλες τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκε το ίδιο βασικό λίπασμα YaraMila Leopard 27-5-5 +7,5SO₃ με προσπαρτική εφαρμογή στη δόση των 500Kg/ha, ενώ στις επιφανειακές λιπάνσεις (στάδιο των 6 φύλλων της καλλιέργειας), χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές κατηγορίες αζωτούχων λιπασμάτων. Τα αζωτούχα επιφανειακά λιπάσματα που εφαρμόστηκαν ήταν η κοινή ουρία 46-0-0 στη δόση των 400Kg/ha, ουρία 46-0-0 ενισχυμένη με παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP στη δόση των 400Kg/ha, το YaraVera Amidas 40-0-0+14SO₃, στη δόση των 460Kg/ha και μία μεταχείριση χωρίς επιφανειακή λίπανση που ορίστηκε ως μάρτυρας. Σε όλες τις μεταχειρίσεις, εφαρμόστηκαν οι ίδιες μονάδες μακροθρεπτικών στοιχείων αζώτου,

φωσφόρου και καλίου ενώ οι δόσεις τους συμπίπτουν με την κοινή γεωργική πρακτική των παραγωγών στην Ελλάδα.

Οι παράμετροι και οι δείκτες που μετρήθηκαν για την αξιολόγηση των μεταχειρίσεων ήταν η απόδοση σε σπόρο, το βάρος 1000 κόκκων, η ολική βιομάζα, ο δείκτης συγκομιδής, η περιεκτικότητα του αζώτου στο υπέργειο τμήμα, η περιεκτικότητα του αζώτου στον σπόρο, η απόδοση σε άζωτο, η περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σπόρο, η ολική απορρόφηση αζώτου στο υπέργειο τμήμα, ο δείκτης συγκομιδής αζώτου, ο δείκτης εμφανούς αποδοτικότητας της ανάκτησης αζώτου, ο δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου, η αζωτούχος γεωργική αποτελεσματικότητα, ο προσδιορισμός του ποσοστού αποικισμού με μυκόρριζα και η μικροβιακή δραστηριότητα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν πως ο συνδυασμός λίπανσης YaraMila Leopard/YaraVera Amidas υπερέχει σε απόλυτες τιμές έναντι όλων των υπολοίπων συνδυασμών έχοντας μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Συγκεκριμένα ο συνδυασμός YaraMila Leopard/YaraVera Amidas έδωσε την καλύτερη απόδοση των φυτών του καλαμποκιού σε σπόρο με στατιστικώς μάλιστα σημαντικές διαφορές έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P = 0.05$. Το ίδιο αποτέλεσμα εκδηλώνεται και στη μέτρηση του βάρους 1000 κόκκων, στην περιεκτικότητα του σπόρου σε άζωτο, στην περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη, στον δείκτη αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου και στην αζωτούχο γεωργική αποτελεσματικότητα.

Αναφορικά με τη μέτρηση της ολικής βιομάζας, την περιεκτικότητα του αζώτου στο υπέργειο τμήμα, την απόδοση αζώτου σε σπόρο, την απορρόφηση του αζώτου στο υπέργειο μέρος του φυτού (βιομάζα και σπόροι) και τον δείκτη της εμφανούς αποδοτικότητας ανάκτησης αζώτου, ο συνδυασμός λίπανσης YaraMila Leopard/YaraVera Amidas υπερέχει σε απόλυτο νούμερο ωστόσο, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τον συνδυασμό YaraMila Leopard/Ουρία με παρεμποδιστή DMPP. Οι δύο αυτές μεταχειρίσεις διαφέρουν ωστόσο σημαντικά από τις μεταχειρίσεις YaraMila Leopard/Ουρία και YaraMila Leopard/Μάρτυρας.

Οι τρεις μεταχειρίσεις με επιφανειακά λιπάσματα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ως προς τον δείκτη συγκομιδής, και τον δείκτη συγκομιδής αζώτου, αν και παρουσιάζουν διαφορές σε απόλυτες τιμές με το συνδυασμό YaraMila Leopard/YaraVera Amidas να υπερέχει.

Όσον αφορά τον αποικισμό της μυκόρριζας, ο μάρτυρας είχε το μεγαλύτερο ποσοστό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Το γεγονός αυτό συνδέεται με τον δείκτη αλατότητας των λιπασμάτων που δρα αρνητικά στην ανάπτυξη της μυκόρριζας. Πειραματικά και βιβλιογραφικά μόνο οι οργανικές και οι φωσφορικές λιπάνσεις ευνοούν την ανάπτυξη της μυκόρριζας. Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρήθηκε στην αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους όπου ο δείκτης αλατότητας των λιπασμάτων δρα εξίσου ανασταλτικά. Στη μεταχείριση YaraMila Leopard/Ουρία με

παρεμποδιστή DMPP παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μείωση της αναπνευστικής δραστηριότητας γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στον αναστολέα νιτροποίησης.

Επιστημονική περιοχή: Θρέψη καλαμποκιού

Λέξεις κλειδιά: Αζωτούχα λιπάσματα, Επιφανειακά λιπάσματα, Ποιοτικά χαρακτηριστικά, Ποσοτικά χαρακτηριστικά, Παραγωγή αραβόσιτου, Παρεμποδιστές νιτροποίησης.

Comparative assessment of the effect of various nitrogen top dressing fertilizers, on the quality and quantity parameters of maize crop and their effect on the soil microbial activity.

Faculty of Crop Science of the Agricultural University of Athens (AUA)

ABSTRAC

Maize (*Zea mays* L.) is ranking globally as the 3rd most important cereal crop, following wheat and rice. According to the Hellenic Statistical Authority, in 2018 maize area was 110.87 thousand hectares. Compared to the past, maize production nowadays is significantly lower, due to the prevailing low commodity prices. Nevertheless, it is still an important crop for Greece and the optimization of all inputs has a major practical interest for the growers.

Nutrition of maize is an important factor influencing yield and quality parameters of the grains. Maize plants are demanding to nutrients and mainly to nitrogen which is the most essential nutrient for growth, so the study of the effect of various top dressing nitrogen fertilizers on the quality and quantity parameters of maize crop is of particular practical interest.

The object of this study is the comparative assessment of the effect of various nitrogen top dressing fertilizers on the quality and quantity parameters of maize crop, as well as their effect on the soil microbial activity.

Field experiment was conducted in 2019 at the trialing station of the Agricultural University of Athens in Aliartos area. Treatments were arranged in a randomized complete block design (RCBD) with 4 treatments and 4 replications (16 plots).

YaraMila Leopard 27-5-5 +7.5SO₃ was used as a basic fertilizer in all treatments on a pre-seeding broadcast application at the dose rate of 500Kg/ha. Common Urea 46-0-0 at the dose of 400Kg/ha, Inhibited Urea 46-0-0 with a DMPP nitrification inhibitor at the dose of 400Kg/ha, YaraVera Amidas 40-0-0 +14SO₃ at the dose of 460Kg/ha and a treatment without any top dressing fertilizer mentioned as Control, broadcasted when maize plants reached the 6th LF stage. In all treatments, the same units of nitrogen, phosphorus and potassium nutrients were applied, while their doses coincide with the common agricultural practice of growers in Greece.

Yield parameters and Nitrogen Indexes were assessed like Grain Yield, 1000 Grain Weight, Total Biomass Yield, Harvest Index, Above-Ground N Content (%), Grain N Content (%), Grain Protein Content (%), Grain Nitrogen Yield, Total Plant Nitrogen Uptake, Nitrogen Harvest Index (NHI), Apparent Nitrogen Recovery Efficiency (ANRE) (%), Nitrogen Utilization Efficiency (NUtE), Nitrogen Agronomic Efficiency (NAE), Arbuscular Mycorrhizal Fungi (%) and Microbial Soil Respiration.

The results of the present study showed that treatment YaraMila Leopard/YaraVera Amidas excels in absolute terms over all the other treatments to the above parameters, having in many cases statistically significant differences.

Specifically, YaraMila Leopard/YaraVera Amidas treatment, recorded the maximum Grain Yield, having also statistically significant differences over the rest treatments ($P=0.05$). Same trend is also recorded at 1000 Grain Weight parameter, Grain N Content (%), Grain Protein Content (%), Nitrogen Utilization Efficiency (NUE) and Nitrogen Agronomic Efficiency (NAE).

Regarding Total Biomass Yield, Above-Ground N Content (%), Grain Nitrogen Yield, Total Plant Nitrogen Uptake and Apparent Nitrogen Recovery Efficiency (ANRE) (%), treatment YaraMila Leopard/YaraVera Amidas excels in absolute terms over all the others, however there is no significant difference with YaraMila Leopard/Inhibited Urea (DMPP). The previous 2 treatments significantly differ over YaraMila Leopard/Urea and YaraMila Leopard/Control.

Regarding Harvest Index and Nitrogen Harvest Index, although there are differences in absolute terms among the 3 treatments with top dressing nitrogen application, no significant differences is finally recorded.

As for the colonization of mycorrhizal fungi, control recorded the highest quota compared with the rest treatments. This fact is correlated with Salt Index of fertilizers which negatively affect mycorrhizal development. In literature only organic and phosphate fertilizers favor the growth of mycorrhiza. Similar behavior was observed in microbial activity (soil respiration) where the Salinity Index of fertilizers acts as an inhibitor. In YaraMila Leopard/Inhibited Urea (DMPP), the greater reduction in respiratory activity among the treatments was recorded, possibly due to the nitrification inhibitor.

Scientific area: Maize nutrition

Key Words: Nitrogen fertilizers, Top dressing fertilizers, Quality parameters, Yield parameters, Maize yield, Nitrification inhibitors.

Στην Σίσσυ, τον Παναγιώτη και το Δημήτρη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 Εξάπλωση και οικονομική σημασία του αραβόσιτου.....	11
1.2 Οι χρήσεις του καλαμποκιού και οι διάφοροι τύποι του.....	13
1.3 Η χημική σύσταση του οδοντόμορφου καλαμποκιού.....	15
1.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	15
Ριζικό σύστημα.....	16
Βλαστός – Στέλεχος.....	17
Φύλλα.....	17
Ταξιανθίες.....	18
Κόκκοι.....	19
1.5 Παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη και τη διαμόρφωση της απόδοσης του αραβόσιτου.....	20
1.5.1 Σύσταση του εδάφους.....	21
1.5.2 Κλιματολογικές συνθήκες.....	22
1.5.3 Καλλιεργητικές πρακτικές.....	23
1.5.4 Φυτοπροστασία.....	24
1.5.5 Γενετικό υλικό.....	24
1.5.6 Η θρέψη του αραβόσιτου.....	26
1.6 Αζωτούχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις επιφανειακές λιπάνσεις του καλαμποκιού.....	34
1.7 Στόχος του πειράματος.....	39

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	40
2.1 Πειραματικός αγρός.....	40
2.2 Ανάλυση εδάφους.....	40
2.3 Καιρικές συνθήκες.....	42
2.4 Εγκατάσταση του πειράματος.....	42
2.4.1 Πειραματικό σχέδιο.....	42
2.4.2 Καλλιεργητικές πρακτικές.....	43
2.4.3 Σπορά.....	43
2.4.4 Άρδευση.....	43
2.4.5 Διαχείριση ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών.....	44
2.4.6 Λίπανση.....	44
2.4.7 Συγκομιδή.....	45
2.5 Μετρήσεις.....	45
2.6 Επεξεργασία δεδομένων.....	49
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	50
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ.....	62

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εξάπλωση και οικονομική σημασία του αραβόσιτου

Ο αραβόσιτος ή καλαμπόκι (*Zea mays* L.) αποτελεί το τρίτο σε σπουδαιότητα δημητριακό στον κόσμο μετά το σιτάρι και το ρύζι. Οι χρονογράφοι αναφέρουν πως εξημερώθηκε πριν από 7.000 με 10.000 χρόνια στο Νότιο Μεξικό (Wilkins 2004) και εξαπλώθηκε ταχύτατα στην Αμερική και τον Καναδά. Στην Ευρώπη μεταφέρθηκε μετά την ανακάλυψη της Αμερικής κατά τον 15-16 μ.Χ. αιώνα, ενώ αργότερα ακολούθησε η εξάπλωσή του και στον υπόλοιπο κόσμο.

Η μεγάλη προσαρμοστικότητα του αραβόσιτου σε ποικίλες κλιματολογικές συνθήκες ευνόησε την ευρεία εξάπλωση της καλλιέργειας στον πλανήτη. Ο αραβόσιτος συγκαταλέγεται στα σιτηρά των θερμών κλιμάτων και προτιμάει εύκρατα έως τροπικά κλίματα με μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 15°C.

Καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της καλλιέργειας έπαιξε η μετάβαση του γενετικού υλικού από τις ποικιλίες στα υβρίδια. Στις Η.Π.Α. η μετάβαση αυτή ολοκληρώθηκε σε χρονικό διάστημα μικρότερο της μιας δεκαετίας, μέχρι και το 1950. Τα υβρίδια κατάφεραν να δώσουν υψηλότερες και σταθερότερες αποδόσεις παραγωγής, γεγονός που οφείλεται στην καλύτερη προσαρμοστικότητά τους σε διαφορετικά οικοσυστήματα, στη μεγαλύτερη αντοχή τους σε συνθήκες ξηρασίας αλλά και στην ευκολότερη διαχείρισή τους κατά τη συγκομιδή. Αυτοί ήταν και οι λόγοι που ευνόησαν την γρήγορη αποδοχή των υβριδίων από τους παραγωγούς (Crabb 1947).

Η προσαρμοστικότητα των βιοτύπων σε διαφορετικά κλίματα ποικίλλει, γι' αυτό είναι απαραίτητη η επιλογή των κατάλληλων γενετικών υλικών που αποδίδουν καλύτερα στις εκάστοτε συνθήκες. Τα βοτανικά χαρακτηριστικά του φυτού και ο βιολογικός του κύκλος σχετίζονται άμεσα με την προσαρμοστικότητά του και την ορθή καλλιεργητική τεχνική (Π. Παπαστυλιανού, Δ. Μπιλάλης, Η. Τραυλός, Α. Παπαθεοχάρη, Ειδική Γεωργία II, Εαρινά σιτηρά-βιομηχανικά - ελαιούχα φυτά και εαρινά ζιζάνια 2015: 10-18).

Η παγκόσμια καλλιεργούμενη παραγωγή του καλαμποκιού το 2018 ανήλθε στους 1.147,6 εκατομμύρια τόνους με μέση παραγωγή τους 6t/ha (FAOSTAT 2018).

Πίνακας 1.1 Οι 10 κυριότερες χώρες παραγωγής καλαμποκιού για καρπό, παγκοσμίως (FAOSTAT 2010)

Χώρα	Παραγωγή ('000t)	Έκταση ('000ha)	Απόδοση (t/ha)
Η.Π.Α.	316.165	32.960	9.6
Κίνα	177.549	32.520	5.5
Βραζιλία	56.060	12.915	4.4
Μεξικό	23.302	7.148	3.3
Αργεντινή	22.677	2.903	7.8
Ινδονησία	18.364	4.143	4.4
Ινδία	14.060	7.180	2.0
Γαλλία	13.975	1.571	8.9
Ν. Αφρική	12.815	2.742	4.7
Ουκρανία	11.953	2.648	4.5

Πίνακας 1.2 Καλλιεργούμενες εκτάσεις αραβόσιτου για παραγωγή ενσιρώματος στις Ευρωπαϊκές χώρες (MAIZE COMMITTEE – GERMANY, Μέσος όρος 2006-2011)

Χώρα	Έκταση ('000ha)
Γερμανία	2.029
Γαλλία	1.434
Πολωνία	439
Ιταλία	274
Ολλανδία	228
Τσεχία	198
Βέλγιο	182
Δανία	175
Ηνωμένο Βασίλειο	147
Ισπανία	96
Ουγγαρία	93
Αυστρία	81
Σλοβακία	77

Στην Ελλάδα πριν από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, η καλλιέργεια του αραβόσιτου προσέγγιζε τα 250 χιλιάδες εκτάρια, με μέσες τιμές αποδόσεων 1,5-2t/ha. Ένα

σημαντικό μέρος της τότε παραγωγής προορίζονταν για την παρασκευή αλευριού για ψωμί. Το 1950 το Ινστιτούτο Σιτηρών ξεκίνησε το πρόγραμμα βελτίωσης καλαμποκιού με τη δημιουργία διπλών υβριδίων όπως τα ΙΣ-228 και ΙΣ-848, με αποτέλεσμα οι στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα να βελτιωθούν σταδιακά προσεγγίζοντας τους 4t/ha. Μετά το 1970 η βελτιωτική προσπάθεια στράφηκε στη δημιουργία απλών υβριδίων όπως ο Άρης (700 FAO), ο Δίας (750 FAO), η Ανθήπη (500 FAO) κ.ά. που οδήγησαν και πάλι στην αύξηση των μέσων στρεμματικών αποδόσεων της καλλιέργειας (Ινστιτούτο Σιτηρών).

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, στην Ελλάδα το 2018, η παραγωγή καλαμποκιού ανήλθε στους 1.287,9 χιλιάδες τόνους, ενώ καλλιεργήθηκαν 110,87 χιλιάδες εκτάρια (ΕΛΣΤΑΤ 2018). Τα τελευταία χρόνια η έκταση του αραβόσιτου έχει πέσει κάτω από το 100 χιλιάδες εκτάρια, λόγω των πολύ χαμηλών διεθνών εμπορικών τιμών, με αποτέλεσμα οι παραγωγοί να στραφούν σε εναλλακτικές εαρινές καλλιέργειες.

1.2 Οι χρήσεις του καλαμποκιού και οι διάφοροι τύποι του

Το καλαμπόκι χρησιμοποιείται για τον καρπό του και την παραγωγή βιομάζας. Παρότι αποτελεί βασική πηγή διατροφής, η θρεπτική του αξία είναι μικρότερη από τα υπόλοιπα σιτηρά. Ο καρπός του προορίζεται κυρίως για ζωοτροφή ωστόσο, μια μικρή ποσότητα καταναλώνεται και από τον άνθρωπο με διάφορους τρόπους (αλεύρι, λάδι, λαχανικό, ζυθοποιία). Το άμυλο των κόκκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Το 40% περίπου της παραγωγής καλαμποκιού των Η.Π.Α. προορίζεται για την παρασκευή βιοαιθανόλης. Από το καλάμι του φυτού παρασκευάζεται χαρτί και χαρτόνι ενώ οι άξονες των σπαδικών χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιομηχανικών διαλυτών. Ανάλογα με την χρήση που προορίζεται η καλλιέργεια θα πρέπει να επιλέγονται και οι κατάλληλοι βιότυποι του καλαμποκιού.

Το καλαμπόκι κατατάσσεται στους παρακάτω τύπους ανάλογα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τη δομή και τις ιδιότητες του αμύλου του κόκκου:

Αλευρώδες καλαμπόκι (floury corn). Το ενδοσπέρμιο του κόκκου είναι σχεδόν εξολοκλήρου αλευρώδες και δεν συρρικνώνεται ή συρρικνώνεται ελάχιστα κατά την ωρίμανση. Ο τύπος αυτός του καλαμποκιού χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή αλευριού.

Οδοντόμορφο καλαμπόκι (dent corn). Το μεγαλύτερο τμήμα του κόκκου αποτελείται από ένα αλευρώδες ενδοσπέρμιο ενώ μόνο πλευρικά έχει κερατοειδές ενδοσπέρμιο. Κατά την ωρίμανση σχηματίζεται ένα βαθύλωμα σε σχήμα δοντιού στο επάνω μέρος του κόκκου, λόγω της συρρίκνωσης του αλευρώδους ενδοσπερμίου. Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος καλαμποκιού παγκοσμίως και ο πιο παραγωγικός (Εικ.1.1).

Μικρόκοκκο καλαμπόκι (pop corn). Οι κόκκοι είναι μικροί και συνήθως ολόκληρο το ενδοσπέρμιο είναι κερατοειδές. Από αυτόν τον τύπο παράγεται το popcorn.

Σκληρό καλαμπόκι (flint corn). Ο κόκκος αποτελείται από ένα μικρό τμήμα αλευρώδους ενδοσπερμίου στο κέντρο του σπόρου που περιβάλλεται εξολοκλήρου από κερατοειδές ενδοσπέρμιο. Οι κόκκοι έχουν σχήμα σφαιρικό και παραμένουν λείοι κατά την ωρίμανση. Είναι πρωιμότερος τύπος από τον οδοντόμορφο και φυτρώνει καλύτερα σε χαμηλότερες ανοιξιάτικες θερμοκρασίες.

Ενδεδυμένο καλαμπόκι (pod corn). Οι κόκκοι περιβάλλονται από τα ανεπτυγμένα λέπυρά τους και ολόκληρος ο σπάδικας από τα φράκτια φύλλα.

Γλυκό καλαμπόκι (sweet corn). Το ζαχαρούχο ενδοσπέρμιο κυριαρχεί σε σχέση με το αλευρώδες. Παράγει μικρούς σπάδικες και αρκετά αδέρφια ανά φυτό. Κατά την ωρίμανσή τους οι κόκκοι αφυδατώνονται έντονα και συρρικνώνονται σε όλη την έκτασή τους, γίνονται σκληροί και το ενδοσπέρμιο αποκτά υαλώδη εμφάνιση.

Εκτός από τους συγκεκριμένους τύπους καλαμποκιού υπάρχουν και κάποιοι ειδικότεροι που καλλιεργούνται σε πολύ μικρή κλίμακα και έχουν ορισμένα βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζονται. Μερικά από αυτά είναι το καλαμπόκι με βελτιωμένη ποιότητα πρωτεΐνης, το καλαμπόκι υψηλής περιεκτικότητας σε λάδι, το καλαμπόκι με υψηλή περιεκτικότητα σε αμυλόζη, το λευκό καλαμπόκι, το baby corn κ.α. (Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, 2008: 183-274).

Εικ.1.1 Οδοντόμορφο καλαμπόκι



1.3 Η χημική σύσταση του οδοντόμορφου καλαμποκιού

Στη χώρα μας όπως και σε παγκόσμιο επίπεδο κυριαρχεί ο οδοντόμορφος τύπος καλαμποκιού, λόγω της υψηλότερης παραγωγικότητάς του. Η χημική σύσταση του οδοντόμορφου καλαμποκιού φαίνεται στον **Πίνακα 1.3**

Πίνακας 1.3 Χημική σύσταση του καρπού (Rooney κ.α. 2004) και του ενσιρώματος οδοντόμορφου τύπου καλαμποκιού (Schroeder 2004).

Συστατικά του κόκκου	Καρπός (% ποσοστό ξηράς ουσίας)	Ενσίρωμα (% ποσοστό ξηράς ουσίας-μέση τιμή)
Άμυλο	65-70	8
Πρωτεΐνη	8-10	28
Λάδι	3,5-4,5	48
Διαλυτά ζάχαρα	1,4-2	0,26
Ινώδη συστατικά	1,5-2,1	67
Τέφρα	1,5-2	0,3
Υγρασία	10-15	

Το ενδοσπέρμιο περιέχει όλο σχεδόν το άμυλο και περισσότερο από το 70% της ολικής πρωτεΐνης. Το άμυλο αποτελείται από 20-30% αμυλόζη και 70-80% αμυλοπηκτίνη. Οι πρωτεΐνες του ενδοσπερμίου του καλαμποκιού περιέχουν υψηλά επίπεδα ζεϊνής και γλουτενίνης, ενώ είναι ελλειπείς στα αμινοξέα λυσίνη και τρυπτοφάνη. Η γλουτένη του καλαμποκιού υστερεί σε ποιότητα γι' αυτό και το ψωμί από καλαμποκάλευρο δεν φουσκώνει. Τα ινώδη συστατικά και η τέφρα συγκεντρώνονται στο περικάρπιο, ενώ το έμβρυο περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι και πρωτεΐνη. Το λάδι εξάγεται από το έμβρυο και είναι καλής ποιότητας, πλούσιο σε ακόρεστα λιπαρά οξέα. Ο κόκκος περιέχει ακόμα βιταμίνη E, θειαμίνη, παντοθενικό οξύ, ριβοφλαβίνη και νιασίνη.

Συμπερασματικά, το καλαμπόκι είναι τροφή πλούσια σε ενέργεια, με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, υψηλό συντελεστή πεπτικότητας και μικρή περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες (Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, 2008: 183-274).

1.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Ο αραβόσιτος είναι ετήσιο φυτό, μονοκότυλο, μόνοικο - δικλινές και ανήκει στην οικογένεια των αγρωστωδών (Poaceae). Τα φυτά παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές

ως προς το μέγεθος και τη μορφή τους ανάλογα με τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, τα χαρακτηριστικά τους και την χρήση για την οποία προορίζονται (καρπός ή ενσίρωμα).

Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα του αραβόσιτου είναι πλούσιο, θυσσανώδες και μπορεί να φτάσει σε βάθος μέχρι και τα 2,5m, αν και ο κύριος όγκος του αναπτύσσεται στα πρώτα 60cm του εδάφους (Δαλιάνης, 1983:15-234). Περιλαμβάνει τριών ειδών ρίζες: τις εμβρυακές, τις μόνιμες και τις εναέριας (Εικ.1.2). Οι εμβρυακές ρίζες (πρωτογενείς και δευτερογενείς) εκφύονται από τον σπόρο με το φύτευμά του. Αυτές μπορούν να παραμείνουν ενεργές για διάστημα 6 περίπου εβδομάδων (Brouwer 1966). Οι μόνιμες ρίζες καταλαμβάνουν τον κύριο όγκο του ριζικού συστήματος και αναπτύσσονται από τους πρώτους κόμβους του βλαστού. Οι ρίζες αυτές εκτείνονται κυρίως σε βάθος από 30-60cm στο έδαφος ωστόσο, κάποιες εισχωρούν ακόμα βαθύτερα. Οι εναέριας ρίζες αναπτύσσονται από τους πρώτους 2-3 κόμβους του βλαστού μετά το στάδιο της έκπτυξης της αρσενικής ταξιανθίας (φόβης). Ο κύριος ρόλος τους είναι η στήριξη των φυτών σε όρθια θέση ωστόσο, συμβάλουν και στην θρέψη του φυτού (Π. Παπαστυλιανού, Δ. Μπιλάλης, Η. Τραυλός, Α. Παπαθεοχάρη, Ειδική Γεωργία II, Εαρινά σιτηρά-βιομηχανικά - ελαιούχα φυτά και εαρινά ζιζάνια 2015: 10-18).



Εικ.1.2 Ριζικό σύστημα αραβόσιτου. Αριστερά εναέριας, κέντρο μόνιμες και δεξιά εμβρυακές ρίζες. (Πηγή: Yara Maize Plantmaster)

Βλαστός – Στέλεχος

Ο βλαστός είναι κυλινδρικός, συμπαγής, γεμάτος εσωτερικά με εντεριώνη. Το μήκος του κυμαίνεται από 0,6-5m, ενώ η διάμετρός του από 1,3-5cm. Ο βλαστός περιλαμβάνει 8-21 μεγάλα σε μήκος μεσογονάτια που είναι κυλινδρικά στο επάνω μέρος του φυτού και κοντύτερα με αυλακώσεις στο κατώτερο. Σε κάθε κόμβο του στελέχους με εξαίρεση τον υψηλότερο, υπάρχει ένας οφθαλμός. Οι οφθαλμοί που βρίσκονται στο μέσο και ανώτερο τμήμα του φυτού, όταν εκπτυχθούν παράγουν βλαστούς που θα φέρουν σπάδικες, ενώ εκείνοι που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μπορούν να δώσουν αδέρφια (ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό) (Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, 2008: 183-274). Η ικανότητα των νεότερων υβριδίων να παράγουν αδέρφια είναι μειωμένη, γεγονός που οφείλεται πιθανότατα στην αυξημένη πυκνότητα σποράς.



Εικ.1.3 Στελέχη αραβόσιτου

Φύλλα

Τα φύλλα του αραβόσιτου αναπτύσσονται ανά ένα σε κάθε κόμβο, με τον αριθμό τους να ποικίλλει από 9-48 ανάλογα με το γενότυπο και το βιολογικού του κύκλο. Κάθε φύλλο αποτελείται από το έλασμα και τον κολεό ενώ μεταξύ του ελάσματος και του κολεού βρίσκεται το κολάρο (Ινσιτιούτο Σιτηρών, 2005). Το μήκος του ελάσματος

είναι από 30-150cm ενώ το πλάτος του από 4-15cm. Στην επάνω επιφάνειά του φέρει τρίχες και μεγάλα στομάτια ενώ η κάτω επιφάνειά του είναι λεία, με πολυάριθμα και μικρότερα σε μέγεθος στομάτια. Σε ορισμένους γενοτύπους, στο σημείο που διαχωρίζεται ο κολεός με το έλασμα υπάρχει μια μεμβρανώδης εκβλάστηση που ονομάζεται «γλωσσίδιο» (Ειδική Γεωργία II, Εαρινά σιτηρά-βιομηχανικά-ελαιούχα φυτά και εαρινά ζιζάνια, Π. Παπαστυλιανού, Δ. Μπιλάλης, Η. Τραυλός, Α. Παπαθεοχάρη 2015: 10-18). Οι τύποι που δεν φέρουν γλωσσίδιο είναι πιο ορθόφυλλοι και επιτρέπουν την καλύτερη είσοδο του φωτός στο εσωτερικό της καλλιέργειας, βελτιώνοντας έτσι τη φωτοσυνθετική τους ικανότητα (Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, Ειδική Γεωργία I. Σιτηρά, 2008: 183-274).



Εικ.1.4 Πρώτα φύλλα αραβόσιτου – Στάδια βλαστικής ανάπτυξης

Ταξιανθίες

Ο αραβόσιτος είναι φυτό μόνοικο και δικλινές. Τα θηλυκά και τα αρσενικά άνθη σχηματίζουν χωριστές ταξιανθίες στο ίδιο φυτό, σε διαφορετικά σημεία στον βλαστό. Η αρσενική ταξιανθία είναι φόβη και σχηματίζεται στην κορυφή του φυτού, ενώ η θηλυκή ταξιανθία (σπάδικας) είναι στάχης και σχηματίζεται στο μέσο του κεντρικού στελέχους. Κατά την άνθηση του καλαμποκιού, εμφανίζεται αρχικά η αρσενική ταξιανθία (φόβη) και μετά από 7-10 ημέρες εμφανίζονται οι πρώτοι στύλοι της θηλυκής ταξιανθίας (σπάδικας), γι' αυτό και χαρακτηρίζεται ως φυτό πρωτανδρικό (Ειδική Γεωργία II, Εαρινά σιτηρά-βιομηχανικά - ελαιούχα φυτά και εαρινά ζιζάνια, Π. Παπαστυλιανού, Δ. Μπιλάλης, Η. Τραυλός, Α. Παπαθεοχάρη 2015: 10-18). Τα

σταχύδια κατά ζεύγη είναι κατανεμημένα σε όλο το μήκος του σπάδικα. Κάθε σπάδικας περιφερειακά φέρει συνήθως από 4-15 ζεύγη σταχυδίων. Ο αριθμός των σειρών σταχυδίων του σπάδικα είναι πάντοτε ζυγός και καθορίζεται από τον γενότυπο και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Ο αριθμός των σταχυδίων κατά μήκος του σπάδικα κυμαίνεται από 30-70. Κάθε σταχύδιο αποτελείται από 2 ανθίδια εκ των οποίων το ένα μόνο είναι γόνιμο. Συνεπώς ένας μεγάλος σπάδικας μπορεί να έχει και περισσότερους από 1000 κόκκους. Ο συνηθισμένος όμως αριθμός στο οδοντόμορφο καλαμπόκι είναι περίπου 600 κόκκοι. Κάθε θηλυκό άνθος έχει 3 στήμονες και έναν ύπερο. Ο αριθμός των θηλυκών ταξιανθιών ανά φυτό ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του καλαμποκιού και το γενότυπό του. Ο συνηθής αριθμός είναι 1-3 σπάδικες ανά φυτό. (Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, 2008: 183-274).



Εικ.1.5 Αριστερά: Αρσενικές ταξιανθίες (φόβες καλαμποκιού), Δεξιά: Θηλυκή ταξιανθία (σπάδικας) στην άνθηση.

Κόκκοι

Ο καρπός του καλαμποκιού είναι καρύοψη. Το μέγεθος και το σχήμα του εξαρτώνται από τον τύπο του καλαμποκιού. Το σχήμα των κόκκων ποικίλλει και μπορεί να είναι πεπλατυσμένο, τριγωνικό, ωειδές, σφαιρικό ή κωνικό. Το μέγεθος των κόκκων ποικίλλει όπως και το βάρος χιλίων κόκκων που μπορεί να κυμαίνεται εντός ευρύτατων ορίων (100-400g). Κάθε κόκκος αποτελείται από το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το τμήμα που συνδέει τον κόκκο με τον άξονα λέγεται ποδίσκος. Το περικάρπιο είναι το εξωτερικό μέρος του κόκκου και ο ρόλος του είναι προστατευτικός, παρεμποδίζοντας ουσιαστικά την είσοδο παθογόνων (μυκήτων ή βακτηρίων) στο εσωτερικό του. Το ενδοσπέρμιο φέρει εξωτερικά το περίβλημα ή testa (τοιχώματα σπερματικής βλάστης) που περιβάλλεται από το περικάρπιο. Και τα δυο μαζί αποτελούν τον φλοιό του κόκκου (πίτυρα), που είναι πλούσια σε κυτταρίνες και ημικυτταρίνες και αποτελούν το 6% περίπου του βάρους του. Το ενδοσπέρμιο αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του κόκκου (περίπου 80%), αποτελείται από άμυλο

και πρωτεΐνες και έχει σύσταση υαλώδη, αλευρώδη ή και μικτή. Το εξωτερικό τμήμα των κυττάρων του ενδοσπερμίου αποτελεί την αλευρώδη, που χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη περιεκτικότητά της σε πρωτεΐνες και αποτελεί το 8-12% του βάρους του κόκκου. Ο κύριος ρόλος του ενδοσπερμίου είναι τροφοδοτικός για το νεαρό φυτάριο μέχρι να αρχίσει η δραστηριοποίηση της ρίζας και η λειτουργία της φωτοσύνθεσης (Ειδική Γεωργία II, Εαρινά σιτηρά-βιομηχανικά - ελαιούχα φυτά και εαρινά ζιζάνια, Π. Παπαστυλιανού, Δ. Μπιλάλης, Η. Τραυλός, Α. Παπαθεοχάρη 2015: 10-18). Το έμβρυο αποτελείται από 2 τμήματα, τον βλαστικό ή εμβρυακό άξονα και το ασπίδιο που είναι η μοναδική κοτυληδόνα του σπόρου (Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, Ειδική Γεωργία I. Σιτηρά, 2008: 183-274).



Εικ.1.6 Σπάδικας καλαμποκιού στην ωρίμανση

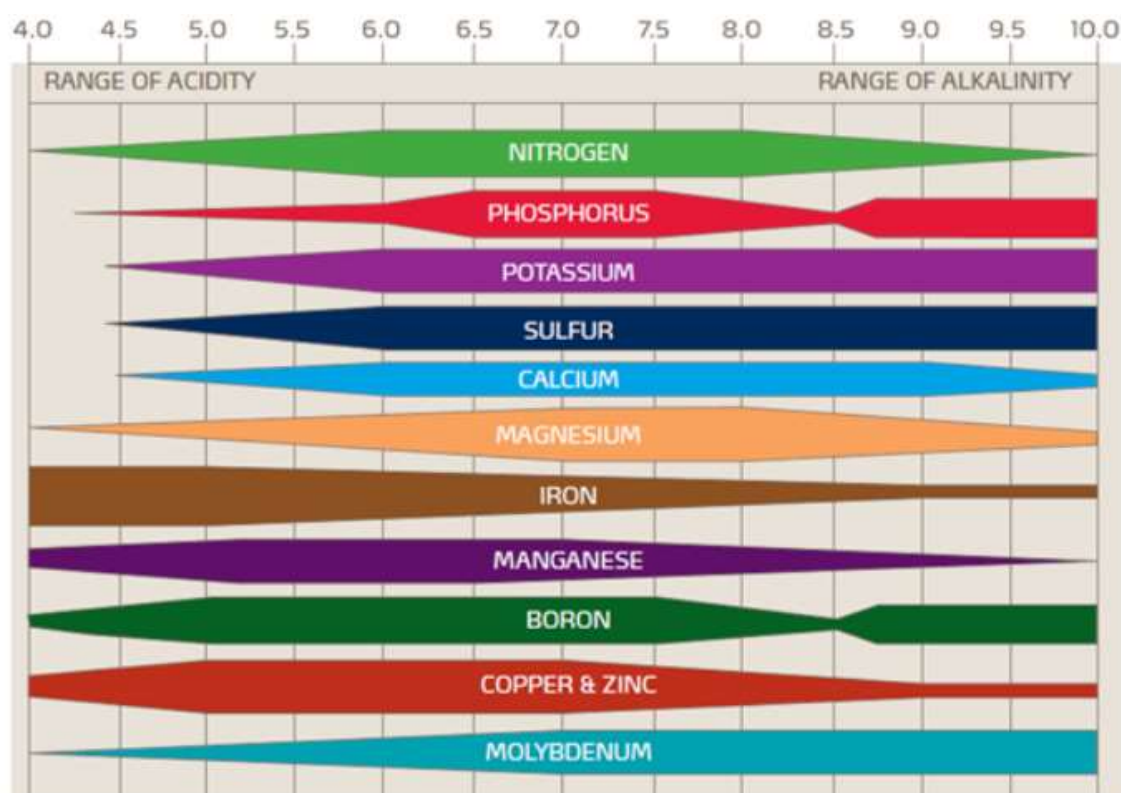
1.5 Παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη και τη διαμόρφωση της απόδοσης του καλαμποκιού

Η τελική απόδοση του καλαμποκιού καθορίζεται από ποικίλους παράγοντες που επιδρούν σε αυτό, καθόλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Η απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο ορίζεται ως το **γινόμενο του αριθμού των κόκκων που παράγονται ανά μονάδα επιφάνειας, επί το ειδικό τους βάρος**. Ο αριθμός των

κόκκων εξαρτάται βέβαια από τον αριθμό των φυτών ανά μονάδα επιφάνειας, τον αριθμό των σπαδικών και τον αριθμό των κόκκων ανά σπάδικα. Οι παράγοντες αυτοί αναλύονται παρακάτω.

1.5.1 Σύσταση του εδάφους

Ο αραβόσιτος προσαρμόζεται σε διάφορους τύπους εδαφών. Ωστόσο, τα γόνιμα εδάφη, με καλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, καλή στράγγιση και αερισμό, ευνοούν τις υψηλές αποδόσεις. Σε ένα εύρος εδαφικού pH από 6-7,2 εξασφαλίζεται η άριστη παροχή όλων των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για την καλλιέργεια (Εικ.1.7). Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μεγαλύτερη του 1,7mS/cm έχει γραμμική αρνητική επίδραση στην απόδοση του καλαμποκιού (Maas & Hoffman 1977).



Εικ.1.7 Η επίδραση του εδαφικού pH στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στον αραβόσιτο (Πηγή: Yara Maize Plantmaster)

1.5.2 Κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, ένταση φωτισμού, υγρασία)

Θερμοκρασία: ο αραβόσιτος είναι φυτό που ευδοκίμει σε θερμά κλίματα. Για το φύτευμά του απαιτείται θερμοκρασία μεγαλύτερη των 10°C με άριστες τιμές μεταξύ 18-20°C, ενώ αργότερα στα στάδια της ανάπτυξης από 24-30°C. Θερμοκρασία μεγαλύτερη των 32°C περιορίζει σημαντικά την τελική απόδοσή του (Shawn 1977). Η θερμοκρασία επηρεάζει κυρίως τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης του αραβόσιτου. Όταν οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από την εγκατάσταση της καλλιέργειας και μετά είναι μεγαλύτερες των 20°C, τότε τα πρώιμα υβρίδια χρειάζονται 80-110 ημέρες για να ωριμάσουν, ενώ τα μέσης ωρίμανσης 110-140 ημέρες αντίστοιχα. Όταν οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κατεβαίνουν κάτω από τους 20°C, η καλλιέργεια οψιμίζει από 10-20 ημέρες για κάθε 0,5°C (FAO, Maize). Σε περιοχές όπου η μέση ημερήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 10-15°C, το καλαμπόκι προορίζεται κυρίως για ενσίρωμα λόγω της φτωχής επικονίασης και ωρίμανσης των κόκκων. Επίσης, υψηλή θερμοκρασία με μειωμένη ατμοσφαιρική υγρασία κατά τη διάρκεια της επικονίασης έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην τελική παραγωγή, λόγω της μειωμένης ικανότητας των στύλων να συγκρατήσουν και να προωθήσουν την βλάστηση των γυρεόκοκκων (Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, 2008: 183-274).

Ο αραβόσιτος ανήκει στα C₄ φυτά και θεωρείται ουδέτερης ή βραχείας φωτοπεριόδου. Οι μεγάλοι μήκους ημέρες επιμηκύνουν την βλαστική του ανάπτυξη και καθυστερούν την άνθηση. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης του καλαμποκιού είναι σχεδόν διπλάσιος από τα υπόλοιπα σιτηρά (φυτά C₃), για το λόγο αυτό ο ρυθμός αύξησής του μπορεί να φτάσει τα 51gr/m²/ημέρα, συγκριτικά με τα 18gr/m²/ημ. του σιταριού (Fageria 1992).

Νερό, άρδευση: Ο αραβόσιτος είναι φυτό με υψηλές απαιτήσεις σε νερό λόγω της μεγάλης παραγωγικότητάς του σε ξηρά ουσία. Για την παραγωγή 1kg ξηράς ουσίας απαιτούνται περίπου 400kg νερού (Aldrich, Scott, Leng. 1975). Για την εξασφάλιση του μέγιστου δυναμικού παραγωγής, μια καλλιέργεια αραβόσιτου μέσης ωρίμανσης απαιτεί από 500 έως 800mm νερού, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής (FAO Maize). Ο προγραμματισμός της άρδευσης μιας καλλιέργειας θα πρέπει να βασίζεται στην επαρκή παροχή νερού κατά τα κρίσιμα στάδια της ανάπτυξής του και να συνυπολογίζει το ύψος των βροχοπτώσεων και τις απώλειες νερού λόγω εξατμισοδιαπνοής (υδατικό ισοζύγιο). Αμέσως μετά την σπορά θα πρέπει να έχουμε εξασφαλίσει στο έδαφος μια επαρκή ποσότητα υγρασίας που θα συμβάλει στο καλό φύτευμα των σπόρων και την ταχεία ανάπτυξη των ριζών. Οι ανάγκες της

καλλιέργειας αυξάνονται σταδιακά από την σπορά και έπειτα, ενώ πολύ κρίσιμα στην έλλειψη νερού είναι τα στάδια γύρω από την άνθηση (1 μήνα περίπου), όπου ο ρυθμός απορρόφησης του νερού από τα φυτά βρίσκεται κοντά στο μέγιστο. Θα πρέπει να συνυπολογίσουμε το γεγονός ότι την περίοδο της άνθησης των καλαμποκιών επικρατούν στη χώρα μας υψηλές θερμοκρασίες και ο κίνδυνος ξηρασίας είναι μεγάλος. Οποιαδήποτε έλλειψη νερού χαμηλότερη από τις απαιτήσεις της καλλιέργειας στο στάδιο αυτό, μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στις τελικές αποδόσεις. Στη συνέχεια, και μέχρι τον σχηματισμό της μαύρης ζώνης στη βάση του σπόρου (στάδιο φυσιολογικής ωρίμανσης), επαρκής ποσότητα νερού (μικρότερη από το προηγούμενο στάδιο) είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των κόκκων. Μεγάλη έλλειψη νερού στο στάδιο αυτό μπορεί να μειώσει την παραγωγή κατά 20-30% (Heiniger 2000).

1.5.3 Καλλιεργητικές πρακτικές

Σε ένα χωράφι που καλλιεργείται συστηματικά θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας το είδος της προηγούμενης καλλιέργειας και τη διαφορετική επίδραση που ασκεί η κάθε μια στη γονιμότητα και την ισορροπία των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Ο αραβόσιτος είναι φυτό που απορροφάει μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος και ευνοείται σε συνθήκες αμειψισποράς με άλλες καλλιέργειες όπως το βαμβάκι, η σόγια και το σιτάρι (Σφακιανάκης κ.α. 2003). Κατά την προετοιμασία του εδάφους, η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας μετά από στελεχοκοπή και δισκοσβάρνισμα, έχει θετική επίδραση στην επερχόμενη καλλιέργεια του καλαμποκιού, αφού εμπλουτίζει το έδαφος με οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία.

Η κατεργασία του εδάφους και η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής έχουν ουσιαστική επίδραση στην ανάπτυξη του αραβόσιτου και στην τελική του απόδοση. Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και τις υποδομές του κάθε παραγωγού χρησιμοποιούνται διάφοροι τρόποι προετοιμασίας του. Παραδοσιακά, γίνεται από τους παραγωγούς ένα φθινοπωρινό όργωμα σε βάθος 25-30cm για τη βελτίωση της δομής του εδάφους και καλύτερη συγκράτηση της υγρασίας του. Έπειτα την άνοιξη και πριν από την σπορά ακολουθείται συνήθως δισκοσβάρνισμα και καλλιεργητής για τον ψιλοχωματισμό του εδάφους, την προετοιμασία της σποροκλίνης και την καταστροφή των ζιζανίων.

1.5.4 Φυτοπροστασία

Η επιτυχημένη φυτοπροστασία θα πρέπει να στηρίζεται στην αναγνώριση των ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών που προσβάλλουν την καλλιέργεια, ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο φυτοπροστατευτικό προϊόν με το αντίστοιχο φάσμα δράσης. Ο επιτυχημένος έλεγχος των ζιζανίων διασφαλίζει ότι τα φυτά του αραβόσιτου θα αναπτυχθούν στον αγρό χωρίς ανταγωνισμό αλλά και με μειωμένη κατά περίπτωση αλληλοπάθεια (βέλιουρας, βλήτα) και επομένως χωρίς δυσμενείς επιδράσεις στην τελική τους απόδοση. Η ζιζανιοκτονία στον αραβόσιτο μπορεί να είναι προσπαρτική, προφυτρωτική, μεταφυτρωτική ή και συνδυασμός των προηγούμενων. Για τα έντομα ή τις ασθένειες που προσβάλλουν τον αραβόσιτο, οι επεμβάσεις ξεκινούν από την επένδυση του σπόρου μέχρι και μεταφυτρωτικά κατά την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, όλες οι καλλιεργητικές μέθοδοι της αμειψισποράς, της προετοιμασίας της καλλιέργειας, της λίπανσης και του γενετικού υλικού συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη διαχείριση ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών συνεργιστικά με τη χημική ζιζανιοκτονία.

1.5.5 Γενετικό υλικό

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η μετάβαση του γενετικού υλικού από τις ποικιλίες στα υβρίδια αποδείχτηκε καθοριστικής σημασίας για την εξέλιξη της καλλιέργειας και την αύξηση της παραγωγικότητας του καλαμποκιού. Η διαδικασία παραγωγής των υβριδίων φαίνεται στον **Πίνακα 1.4**

Πίνακας 1.4 Διαδικασία παραγωγής υβριδίων καλαμποκιού

i) Απλά υβρίδια

Καθαρή σειρά A X Καθαρή σειρά B → **απλό υβρίδιο AB**

ii) Υβρίδια τριπλών καθαρών σειρών

Καθαρή σειρά A X Καθαρή σειρά B → απλό υβρίδιο AB

Απλό υβρίδιο AB X Καθαρή σειρά Γ → **υβρίδιο ABΓ**

iii) Διπλά υβρίδια

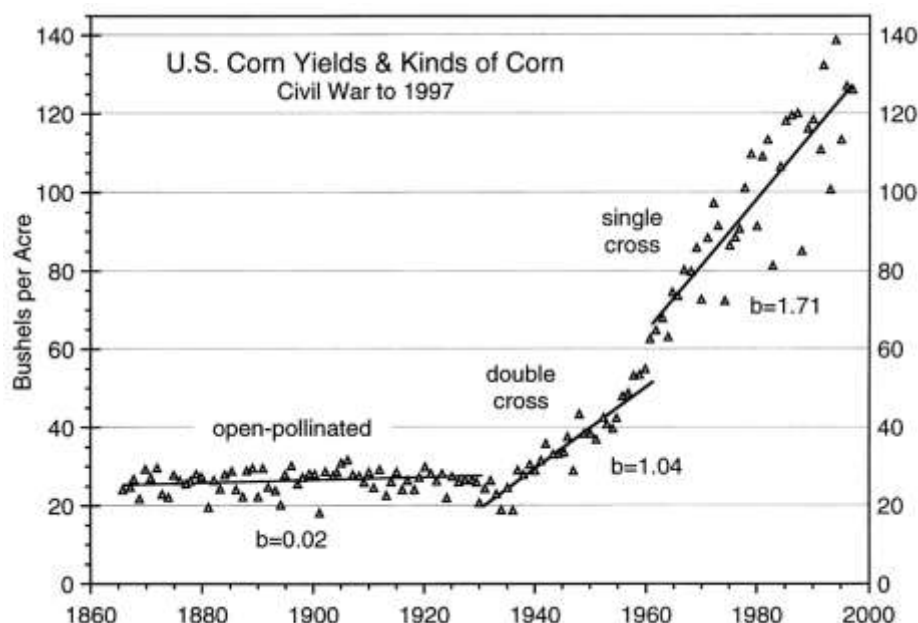
Καθαρή σειρά A X Καθαρή σειρά B → Απλό υβρίδιο AB

Καθαρή σειρά Γ X Καθαρή σειρά Δ → Απλό υβρίδιο ΓΔ

Απλό υβρίδιο AB X Απλό υβρίδιο ΓΔ → **Διπλό υβρίδιο ABΓΔ**

Η βελτίωση του καλαμποκιού ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Μέχρι τότε χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά και μόνο ποικιλίες (πληθυσμοί) ελεύθερης διασταύρωσης. Ο Shull το 1908 ανέφερε πως τα φυτά των καθαρών σειρών του καλαμποκιού έδειξαν αλλοιώσεις στη ζωηρότητα και την παραγωγή σπόρων, ωστόσο τα υβρίδια που προήλθαν από τη διασταύρωση φυτών των καθαρών αυτών σειρών (απλά υβρίδια) είχαν καλύτερη ανάπτυξη αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις καλύτερες αποδόσεις. Ο D. F. Jones (1918, 1922), ήταν στη συνέχεια αυτός που πειραματίστηκε με τις διπλές διασταυρώσεις σαν το αποτέλεσμα της διασταύρωσης δύο απλών υβριδίων. Τα διπλά υβρίδια είναι προϊόντα τεσσάρων καθαρών σειρών και έχουν μεγαλύτερη γενετική παραλλακτικότητα. Τα πρώτα πειράματα διασταυρώσεων έδειξαν τη σημασία της γενετικής παραλλακτικότητας μεταξύ των γονέων των παραγωγικών υβριδίων. Οι διασταυρώσεις μεταξύ σειρών διαφορετικών ποικιλιών ήταν πιο παραγωγικές από τις διασταυρώσεις μεταξύ σειρών της ίδιας ποικιλίας. Τα απλά υβρίδια σε σχέση με τα διπλά έχουν καλύτερη γενετική ομοιομορφία, μεγαλύτερη παραγωγικότητα, μικρότερη προσαρμοστικότητα σε αντίξοες συνθήκες ενώ είναι λιγότερο ανθεκτικά στα έντομα και τις ασθένειες (James F. Crow GENETICS March 1, 1998 vol. 148 no. 3 923-928). Οι πρώτοι τύποι υβριδίων που αντικατέστησαν τις ποικιλίες ήταν τα διπλά υβρίδια έναντι των απλών, αφού τα απλά προκύπταν από καθαρές σειρές μικρής παραγωγικότητας με αυξημένο το κόστος του σπόρου. Μετά τη δεκαετία του 1950 που βελτιώθηκαν οι αποδόσεις των καθαρών σειρών, μειώθηκε κατά πολύ το κόστος παραγωγής τους και έτσι τα απλά υβρίδια αντικατέστησαν πλήρως τα διπλά.

Διαγ.1.1 Μέσες αποδόσεις παραγωγής καλαμποκιού στις ΗΠΑ κατά το χρονικό διάστημα 1865-2000 σε διαφορετικούς τύπους υβριδίων (Betran κ.α. 2004)



Πριν από την εισαγωγή υβριδίων (περίοδος ποικιλιών open-pollinated), δεν υπήρχε σχεδόν καμία αύξηση των αποδόσεων παραγωγής. Στις ΗΠΑ την εποχή των διπλών υβριδίων ο ρυθμός αύξησης ήταν περίπου 1bushel/acre = 70Kg/ha ανά έτος. Με την έλευση των απλών υβριδίων, όχι μόνο η απόδοση παρουσίασε ξαφνική αύξηση, αλλά και ο ρυθμός αύξησης διπλασιάστηκε (**Διαγ.1.1**).

Η επιλογή του καταλληλότερου τύπου υβριδίου από τους παραγωγούς θα πρέπει αρχικά να ακολουθεί την χρήση για την οποία προορίζεται (καρπό ή ενσίρωμα) και να προσαρμόζεται καλύτερα στις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής. Ο βιολογικός κύκλος του καλαμποκιού που θα επιλεγεί θα πρέπει να ακολουθεί το μήκος της βλαστικής περιόδου της κάθε περιοχής. Στις καλλιέργειες που προορίζονται για ενσίρωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υβρίδια λίγο μεγαλύτερου βιολογικού κύκλου γιατί συγκομίζονται περίπου στο στάδιο της φυσιολογικής τους ωρίμανσης. Η διαθεσιμότητα του νερού είναι σημαντικός παράγοντας επιλογής ωστόσο στη χώρα μας το καλαμπόκι καλλιεργείται αποκλειστικά σε αρδευόμενες εκτάσεις. Η εποχή σποράς είναι επίσης παράγοντας που καθορίζει και την επιλογή του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού. Όσο οψιμίζει η σπορά για διάφορους λόγους, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται καλαμπόκια μικρότερου βιολογικού κύκλου. Για τα καλαμπόκια ενσιρώματος θα πρέπει να επιλεγθούν τα υβρίδια εκείνα που έχουν υψηλή ικανότητα απόδοσης ενσιρώματος, μεγάλο ποσοστό καρπού >40% της ξηράς ουσίας, με ικανότητα διατήρησης του πράσινου χρώματος της βιομάζας τους (stay green), ανθεκτικά στο πλάγιασμα και με μεγάλη πεπτικότητα (Schroeder 2004).

Η πυκνότητα σποράς των υβριδίων εξαρτάται από τη γονιμότητα του εδάφους αλλά και το είδος του υβριδίου, γι' αυτό θα πρέπει να ακολουθούνται οι συστάσεις των γενετιστών που διαχειρίζονται το εκάστοτε υλικό. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών η καλύτερη πυκνότητα των φυτών που προορίζονται για παραγωγή σπόρου για υβρίδια μεγάλου βιολογικού κύκλου είναι 6.500-7.500 φυτά ανά στρέμμα, για μεσαίου τα 7.500-8.000 φυτά ανά στρέμμα και για μικρού 8.000-9.000 φυτά ανά στρέμμα. Στα ενσιρώματα αυξάνεται η πυκνότητα σποράς κατά 10-12% της αντίστοιχης για την παραγωγή καρπού.

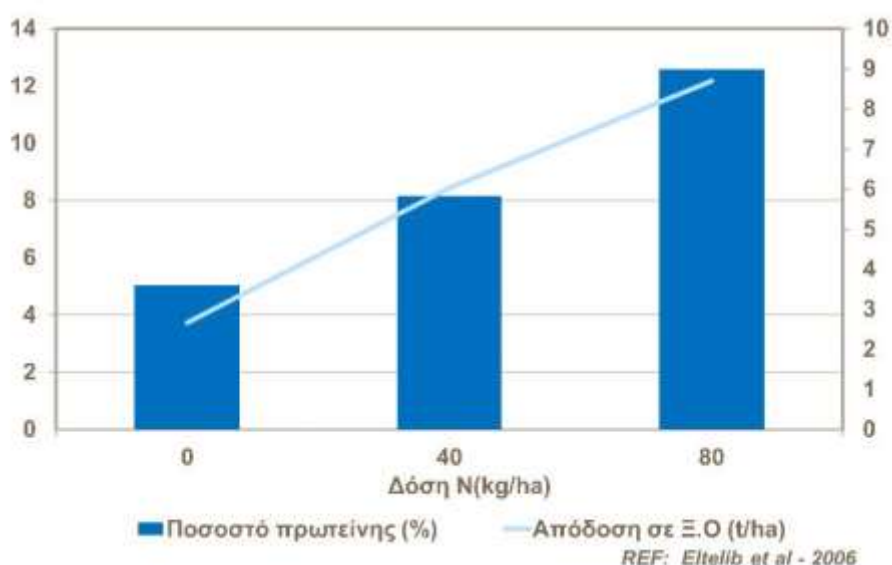
1.5.6 Η θρέψη του αραβόσιτου

Ο ρόλος των θρεπτικών στοιχείων. Τα θρεπτικά στοιχεία έχουν συγκεκριμένους ρόλους στη λειτουργία και ανάπτυξη των φυτών. Η ισορροπημένη θρέψη είναι αναγκαία για την επίτευξη της καλής ανάπτυξης των φυτών και των επιθυμητών αποδόσεων.

Άζωτο: Το άζωτο είναι συστατικό των σπουδαιότερων ουσιών που απαντούν στα φυτά και απαιτείται σε μεγαλύτερες ποσότητες συγκριτικά με τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία. Αποτελεί μέρος του μορίου των αμινοξέων, πρωτεϊνών, πουρινών, πυριμιδινών, νουκλεϊκών οξέων και της χλωροφύλλης. Οι πρωτεΐνες είναι οι επιθυμητές ενώσεις του αζώτου που αποβλέπουν ουσιαστικά και οι γεωργικές καλλιέργειες. Οι διαδικασίες του μεταβολισμού που συνδέονται με το άζωτο είναι σύνθετες και αλληλένδετες με τη φωτοσύνθεση και το μεταβολισμό των υδατανθράκων. Το άζωτο προωθεί την ανάπτυξη της καλλιέργειας (βλαστός, φύλλα και ρίζα) και μετακινείται προς τις περιοχές της νέας βλάστησης. Η παρουσία του είναι απαραίτητη για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και ξηράς ουσίας.

Η ποσότητα του αζώτου επηρεάζει όλες τις φάσεις ανάπτυξης του αραβόσιτου. Η παρουσία του είναι κρίσιμη για την υποστήριξη μιας επαρκούς πράσινης φυλλικής επιφάνειας που αξιοποιεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την ηλιακή ακτινοβολία και προωθεί τη φωτοσύνθεση των φυτών. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου (ποσοστό κοντά στο 75%) κατανέμεται στον καρπό και επομένως αφαιρείται από το έδαφος μετά τη συγκομιδή. Έλλειψη αζώτου κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των κόκκων οδηγεί σε χαμηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης σε αυτούς. Ωστόσο, η τροφοδοσία των φυτών με μεγαλύτερες των απαιτούμενων ποσοτήτων αζώτου, οδηγεί σε μεγάλη βλαστική ανάπτυξη εις βάρος των κόκκων, καθυστερεί την ωρίμανσή τους και δημιουργεί ευάλωτα φυτά στο πλάγιασμα και στις ασθένειες.

Διαγ.1.2 Επίδραση του αζώτου στην απόδοση του καλαμποκιού σε καρπό, σε ποσοστό πρωτεΐνης και ξηρά ουσία (Eltelib et al, 2006).



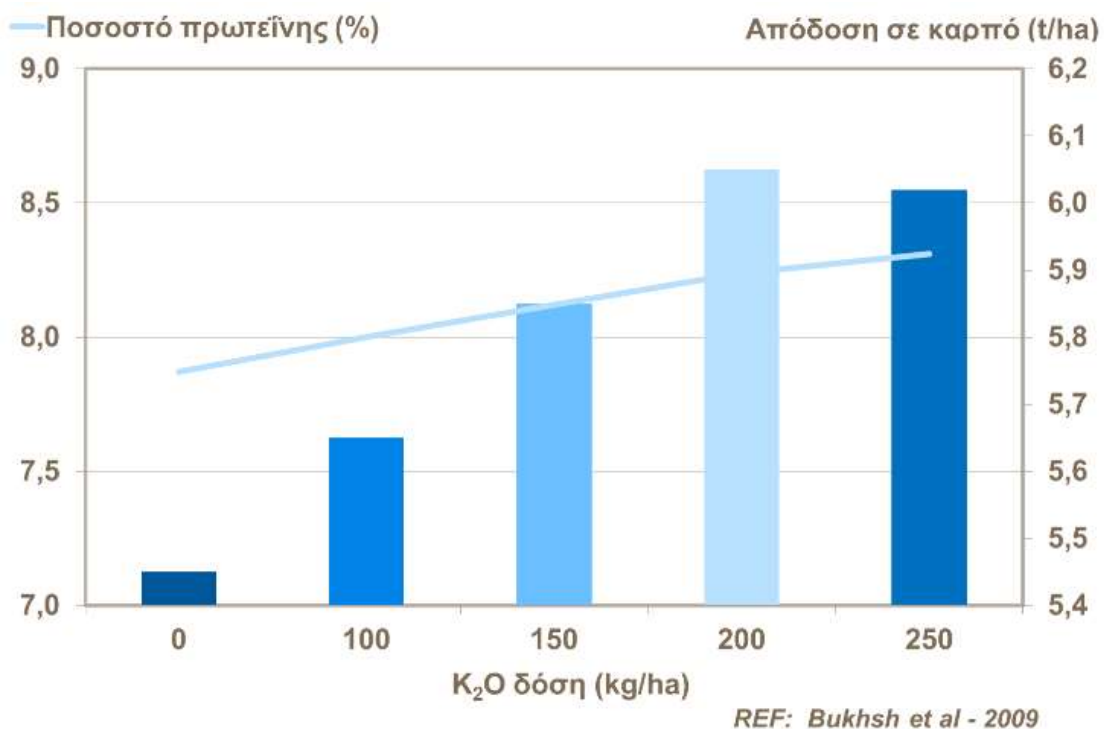
Φώσφορος: Ο φώσφορος είναι σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη και απόδοση του καλαμποκιού. Αποτελεί συστατικό των νουκλεϊκών οξέων (DNA & RNA), είναι ουσιώδης για τη δημιουργία νέων φυτικών ιστών αλλά και τη μεταφορά ενέργειας μέσα στο φυτό. Επιδρά θετικά στη δημιουργία ισχυρού ριζικού συστήματος και στην καλή εγκατάσταση των φυτών στον αγρό. Το μεγαλύτερο μέρος του φωσφόρου (ποσοστό κοντά στο 85%) κατανέμεται στον καρπό και επομένως αφαιρείται από το έδαφος μετά τη συγκομιδή.

Διαγ.1.3 Η επίδραση του φωσφόρου στην απόδοση του καλαμποκιού σε καρπό σε πειράματα διαφόρων χωρών



Κάλιο: Το κάλιο είναι θρεπτικό στοιχείο που προωθεί την ανάπτυξη του καλαμποκιού και η διαθεσιμότητά του επηρεάζει τις τελικές αποδόσεις. Ενισχύει τα στελέχη του φυτού κάνοντάς τα πιο στιβαρά και πιο ανθεκτικά σε ασθένειες και αντίξοες καιρικές συνθήκες, βελτιώνει τη διαχείριση του νερού μέσα στα φυτά και εμπλέκεται στη σύνθεση ουσιών μεγάλου μοριακού βάρους όπως οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες (άμυλο). Το κάλιο κατανέμεται κυρίως στα στελέχη και τα φύλλα του καλαμποκιού σε ποσοστά που ξεπερνούν τα 2/3 της ολικής του ποσότητας.

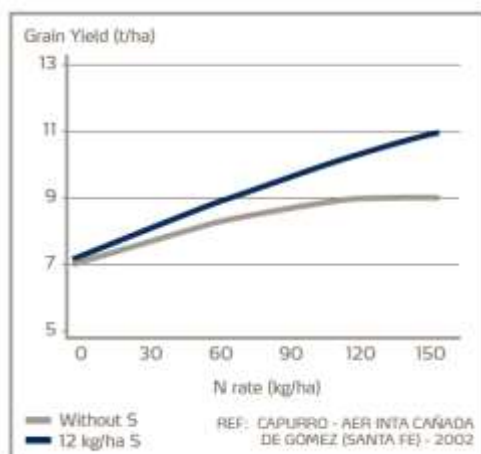
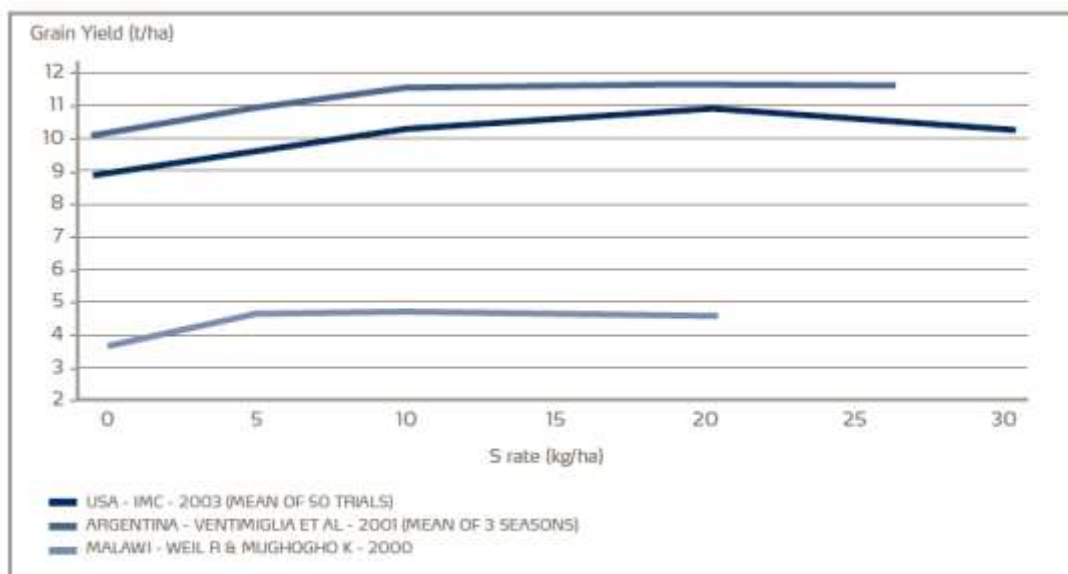
Διαγ.1.4 Επίδραση του καλίου στην απόδοση του καλαμποκιού σε καρπό και στο ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης (Bukhsh et al -2009).



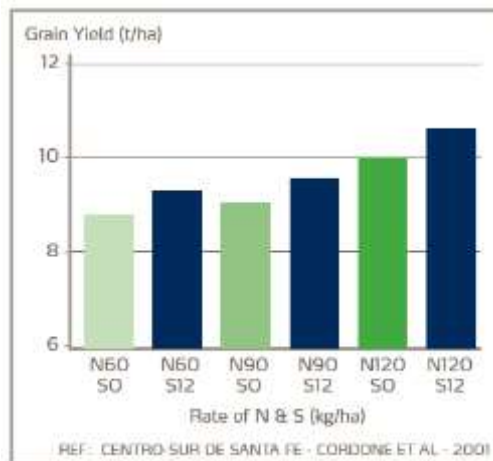
Το μαγνήσιο και ο σίδηρος είναι στοιχεία που αυξάνουν τη φωτοσυνθετική λειτουργία των φυτών συμβάλλοντας θετικά στην ανάπτυξη του καλαμποκιού και στην επίτευξη υψηλών αποδόσεων.

Το θείο είναι σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών στους κόκκους του καλαμποκιού και αποτελεί συστατικό των ενζύμων και διαφόρων βιταμινών. Αποτελεί συστατικό μερικών σημαντικών αμινοξέων (κυστεΐνης και μεθειονίνης), τα οποία συνθέτουν τη δομή πολλών πρωτεϊνών και είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των χλωροπλαστών και την παραγωγή ενώσεων που απαιτούνται για τη φωτοσύνθεση. Απορροφάται από τις ρίζες των φυτών ως θειικό ιόν (SO_4^{-2}) και συμβάλλει θετικά στη μετατροπή των νιτρικών μορφών αζώτου που απορροφούνται από το έδαφος σε αμμωνιακές, διασφαλίζοντας έτσι και την καλύτερη αξιοποίηση του αζώτου (υψηλότερος δείκτης NUE). Πειραματικές αναφορές υπάρχουν πολλές σχετικά με το ρόλο του θείου και τη βελτίωση των αποδόσεων στο καλαμπόκι. Ποσότητα 10-20Kg S/ha έχουν θετική επίδραση στις αποδόσεις (**Διαγ.1.5**). Το θείο είναι άμεσα συνδεδεμένο με την απορρόφηση του αζώτου, γι' αυτό και όσο περισσότερο άζωτο εφαρμόζεται, τόσο περισσότερο θείο απαιτείται για την υποστήριξη υψηλότερων αποδόσεων (**Διαγ.1.6, Διαγ.1.7**).

Διαγ.1.5 Η επίδραση του θείου στην απόδοση του καλαμποκιού για σπόρο.



Διαγ.1.6 Αλληλεπίδραση αζώτου και θείου στην απόδοση του καλαμποκιού για σπόρο.



Διαγ.1.7 Αλληλεπίδραση αζώτου και θείου στην απόδοση του καλαμποκιού για σπόρο.

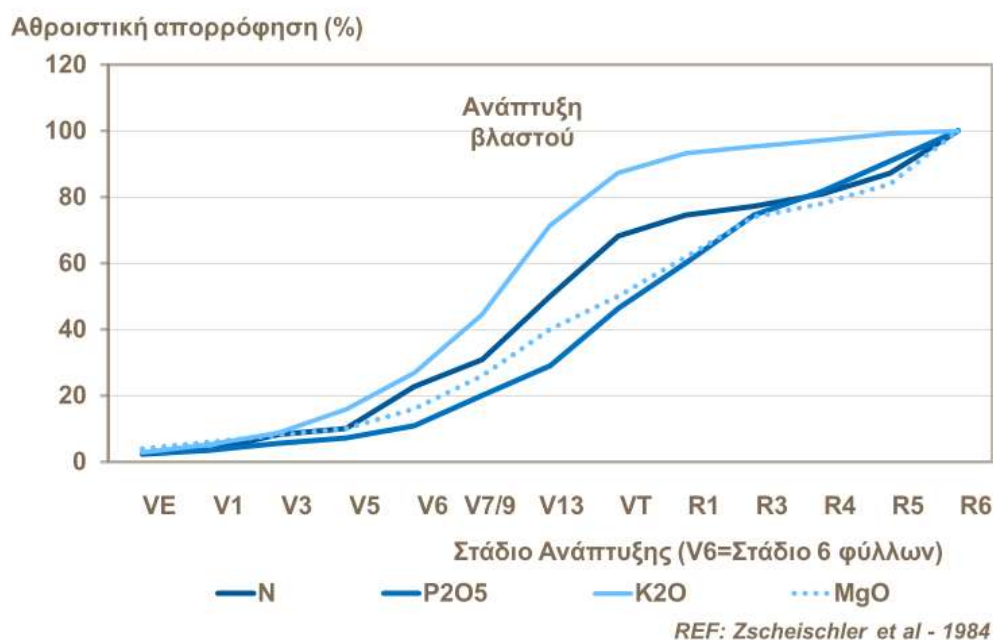
Το ασβέστιο συμβάλλει στην καλύτερη υγεία των φυτών, όπως και στην καλύτερη ανάπτυξη της ρίζας, των φύλλων και των στελεχών. Το μεγαλύτερο ποσοστό του ασβεστίου κατανέμεται στα φύλλα και ελάχιστο στους καρπούς. Το βόριο είναι θρεπτικό στοιχείο που εξασφαλίζει την ακεραιότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων, συμβάλλει στην επιμήκυνση των κυττάρων και επομένως στην ανάπτυξη του φυτού. Παράλληλα, αυξάνει την καρπόδεση και την τελική απόδοση της καλλιέργειας. Ο ψευδάργυρος είναι σημαντικό στοιχείο που ευνοεί τη σύνθεση των πρωτεϊνών όσο

και τη σύνθεση αυξινών που παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη δημιουργία της νέας βλάστησης του φυτού. Από όλα τα ιχνοστοιχεία ο ψευδάργυρος χρειάζεται συνήθως περισσότερο στο καλαμπόκι, με την έλλειψή του να εντοπίζεται στα στάδια από το 2ο έως το 8ο φύλλο.

Η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων στο καλαμπόκι

Το άζωτο, ο φώσφορος και το μαγνήσιο σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% του συνόλου τους, όπως και το κάλιο σε ποσοστό κοντά στο 80%, είναι στοιχεία που απορροφούνται κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης του καλαμποκιού και μέχρι αυτό να φτάσει στα αναπαραγωγικά του στάδια (στάδιο γονιμοποίησης και έπειτα). Η κύρια περίοδος απορρόφησης των θρεπτικών αυτών στοιχείων εντοπίζεται μεταξύ των σταδίων του καλαμποκιού από τα 6 σχηματιζόμενα φύλλα μέχρι και την εμφάνιση της αρσενικής ταξιανθίας (**Διαγ.1.8**). Επομένως, η εφαρμογή των λιπασμάτων θα πρέπει να προσαρμοστεί ώστε η καλλιέργεια να έχει τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία την στιγμή που τα χρειάζεται και ανάλογα βέβαια με τις πρακτικές λίπανσης που ακολουθεί ο κάθε παραγωγός (επιφανειακή εφαρμογή ή υδρολίπανση).

Διαγ.1.8 Αθροιστική (%) απορρόφηση αζώτου, φωσφόρου, καλίου, μαγνησίου κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του καλαμποκιού.



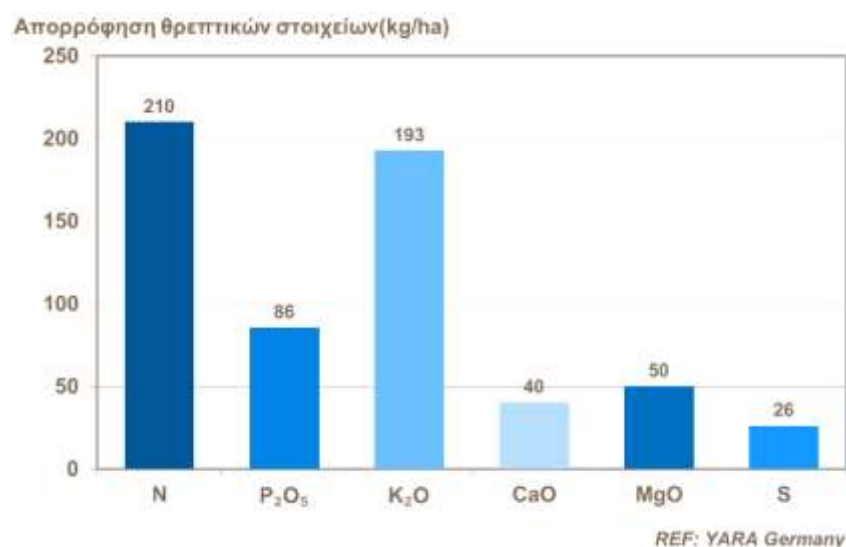
Το άζωτο είναι στοιχείο που απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες και βοηθάει το καλαμπόκι να μεγιστοποιήσει την ποσότητα της ξηράς ουσίας. Περισσότερα από 200kg/ha αζώτου χρειάζονται για απόδοση σε κόκκο κοντά στα 700kg το στρέμμα. Το 75% της ποσότητας αυτής απομακρύνεται από το χωράφι με τη συγκομιδή του καρπού. Ίδιες λίγο πολύ ποσότητες αζώτου απαιτούνται και για το καλαμπόκι που προορίζεται για ενσίρωση. Η εφαρμογή του αζώτου στη βασική και την επιφανειακή λίπανση του καλαμποκιού διασφαλίζουν την ομαλότερη παροχή του κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης με αποτέλεσμα την καλύτερη κάλυψη των αναγκών του.

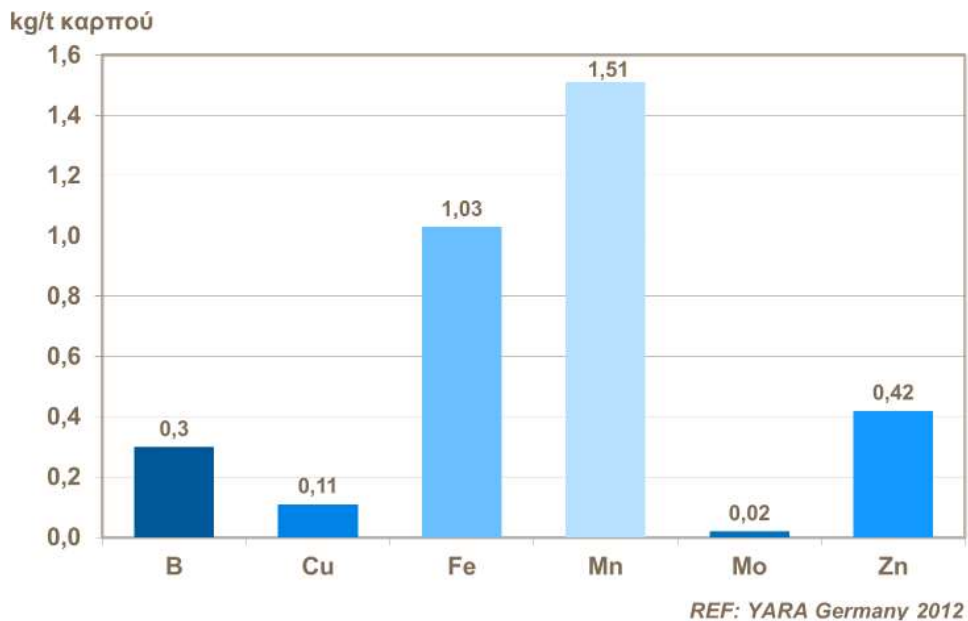
Ο φώσφορος είναι απαραίτητος από τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του καλαμποκιού, ώστε να διασφαλιστεί η δημιουργία ενός καλού ριζικού συστήματος που να στηρίζει την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος του φυτού.

Το κάλιο απαιτείται από το φυτό σε μεγάλες ποσότητες από τα φυτά. Το μεγαλύτερο ποσοστό του καλίου κατανέμεται στα φύλλα και το βλαστό, ενώ η μέγιστη ζήτησή του από το φυτό είναι μεταξύ των 6 φύλλων και το σχηματισμό της αρσενικής ταξιανθίας, όπως δηλαδή και με τα υπόλοιπα μακροστοιχεία. Για το λόγο αυτό, το καλαμπόκι που προορίζεται για ενσίρωση απομακρύνει από το χωράφι μεγαλύτερες ποσότητες καλίου, γεγονός που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό της λιπαντικής τακτικής της επόμενης καλλιέργειας.

Τα υπόλοιπα μακροστοιχεία όπως τα ασβέστιο, μαγνήσιο και θείο απορροφούνται σε ποσότητες που κυμαίνονται από 25 έως 50kg/ha για την αντίστοιχη παραγωγή των 7t/ha καρπού και είναι εξίσου απαραίτητα για τη σωστή ανάπτυξη και λειτουργία του φυτού.

Διαγ.1.9 Απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων στο στάδιο της ωρίμανσης (Καλαμπόκι για καρπό – Απόδοση 7t/ha)





Η λίπανση του αραβόσιτου

Η λίπανση του αραβόσιτου γίνεται σε δύο ή περισσότερους χρόνους ανάλογα με τον αρδευτικό σύστημα που χρησιμοποιείται. Στις περισσότερες περιπτώσεις που η άρδευση γίνεται με καταιονισμό (τεχνητή βροχή) ή με αυλάκια από επιφανειακά δίκτυα, η λίπανση γίνεται σε δύο εφαρμογές, μία βασική και μία επιφανειακή στις 4-6 εβδομάδες από την σπορά. Όταν η άρδευση γίνεται με σταγόνες υπάρχει η δυνατότητα χορήγησης των επιφανειακών λιπασμάτων σε περισσότερες από μια εφαρμογές κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης του αραβόσιτου.

Βασική λίπανση αραβόσιτου: Η βασική λίπανση μπορεί να γίνει είτε πριν την σπορά, με καθολική εφαρμογή του λιπάσματος σε ολόκληρη την επιφάνεια του χωραφιού με έναν λιπασματοδιανομέα και στη συνέχεια ακολουθεί ενσωμάτωση του λιπάσματος, είτε γραμμικά με την σπαρτική μηχανή κατά τη διάρκεια της σποράς. Η καθολική εφαρμογή πριν την σπορά είναι κατάλληλη για δυνατά και γόνιμα χωράφια, ενώ η γραμμική εφαρμογή με την τοποθέτηση του λιπάσματος κοντά στον σπόρο, ενδείκνυται και για πιο αδύναμα χωράφια που εμφανίζουν μεγαλύτερες ελλείψεις σε θρεπτικά στοιχεία. Στις γραμμικές εφαρμογές η τοποθέτηση του λιπάσματος θα πρέπει να γίνεται σε απόσταση 5cm από την γραμμή σποράς και 5cm βαθύτερα από τον σπόρο, ώστε να ενισχύεται η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων κοντά στο ριζικό σύστημα και να επιτρέπεται η καλύτερη αξιοποίηση του λιπάσματος από το φυτό. Οι τύποι και οι δόσεις των λιπασμάτων που επιλέγονται για τη βασική λίπανση του καλαμποκιού θα πρέπει να εξασφαλίζουν πως το 50% των συνολικών αναγκών της καλλιέργειας σε άζωτο, καθώς και ολόκληρη η ποσότητα του φωσφόρου και του

καλίου εφαρμόζονται σε αυτό το στάδιο. Από όλα τα ιχνοστοιχεία, ο ψευδάργυρος είναι συνήθως αυτός που εμφανίζεται σε έλλειψη στο καλαμπόκι με έντονα συμπτώματα στο στάδιο των 2-8 φύλλων. Ο ψευδάργυρος όπως και τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία μπορούν να χορηγηθούν και με διαφυλλικές εφαρμογές.

Επιφανειακή λίπανση: Η συνολική ποσότητα του αζώτου που εφαρμόζεται στο καλαμπόκι αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εξέλιξη της καλλιέργειας, γι' αυτό και η σωστή χορήγησή του είναι πρωταρχικής σημασίας. Με σκοπό να καλυφθούν οι απαιτήσεις του καλαμποκιού σε άζωτο, χρειάζεται να ενισχύσουμε την παροχή του κατά τη διάρκεια της έντονης βλαστικής ανάπτυξης, όπου η ταχύτητα απορρόφησης από τα φυτά είναι εντονότερη. Οι ποσότητες του αζώτου που χορηγούνται επιφανειακά στο στάδιο αυτό προσεγγίζουν το υπόλοιπο 50% των συνολικών ετήσιων αναγκών. Θα πρέπει να σημειωθεί πως πέραν των μεγάλων απαιτήσεων της καλλιέργειας, το άζωτο είναι στοιχείο που παρουσιάζει έντονες απώλειες στο περιβάλλον λόγω εξάτμισης, αλλά και έκπλυσης.

Οι επιφανειακές εφαρμογές του αζώτου ξεκινούν 4-6 εβδομάδες μετά τη σπορά, όταν τα φυτά έχουν αποκτήσει ύψος 50-60cm περίπου. Μπορούν να γίνουν είτε καθολικά με την χρήση λιπασματοδιανομέα, είτε γραμμικά όπου ακολουθεί ενσωμάτωση με φρεζοσκαλιστήρι για ταυτόχρονη καταπολέμηση των ζιζανίων και αυλάκωμα. Στις περιπτώσεις αυτές καλό είναι να επιλέγεται ένας τύπος αζωτούχου λιπάσματος που θα μπορέσει να εξασφαλίσει στην καλλιέργεια μια σταθερή, ομοιόμορφη και με λιγότερες απώλειες παροχή.

1.6 Αζωτούχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις επιφανειακές λιπάνσεις του αραβόσιτου

Το άζωτο είναι το θρεπτικό στοιχείο με τη μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση του καλαμποκιού, λόγω της συσχέτισής του με την χλωροφύλλη και τη σύνθεση των πρωτεϊνών. Ενισχύει το πράσινο χρώμα των φυτών (χλωροφύλλη), αυξάνει τη φυλλική επιφάνεια, αυξάνει το μέγεθος των φυτών, αυξάνει την τελική απόδοση και τη σύνθεση των πρωτεϊνών. Φυτά με έλλειψη αζώτου παρουσιάζονται καχεκτικά και κίτρινα. Μπορεί το άζωτο να είναι άφθονο συστατικό της ατμόσφαιρας και να καταλαμβάνει ποσοστό κοντά στο 80% (78,082% κατ' όγκον και 75,3% κατά βάρος ξηρού αέρα) ωστόσο, δεν είναι διαθέσιμο για τα φυτά στη μορφή του αυτή. Η μεγάλη πλειονότητα των ζωντανών οργανισμών δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το μοριακό άζωτο που βρίσκεται άφθονο στην ατμόσφαιρα και έτσι αυτό πρέπει να μετατραπεί

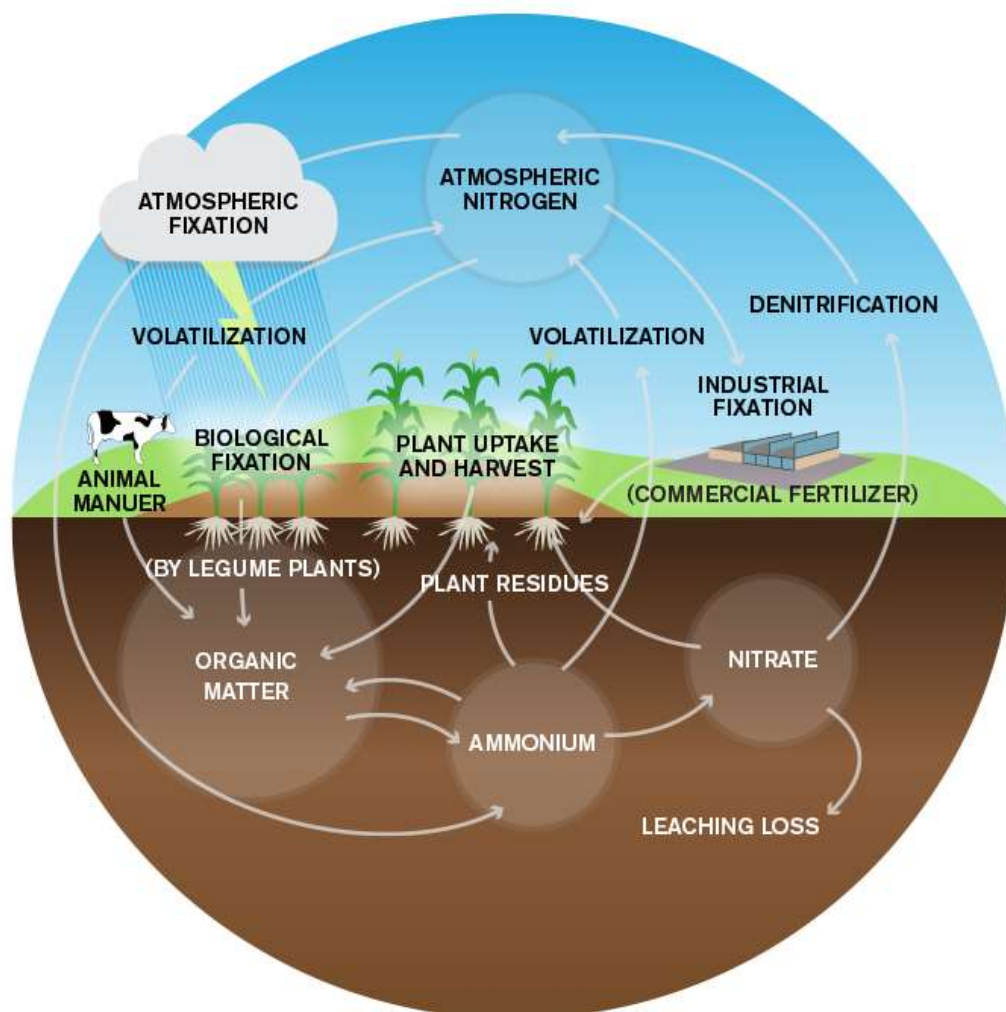
σε κάποια άλλη πιο εύχρηστη μορφή. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται είτε με φυσικό είτε με βιολογικό τρόπο.

Στη φυσική αζωτοδέσμευση, το άζωτο της ατμόσφαιρας ενώνεται με το οξυγόνο ή το υδρογόνο των υδρατμών, με την απορρόφηση ενέργειας που προσφέρεται από κεραυνούς ή άλλες ηλεκτρικές εκκενώσεις, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα ή αμμωνία αντίστοιχα. Αυτά, στη συνέχεια, μεταφέρονται με τη βοήθεια της βροχής στο έδαφος.

Η βιολογική αζωτοδέσμευση, αποτελεί τον κύριο τρόπο μετατροπής του ελεύθερου αζώτου σε χρήσιμες για τους οργανισμούς χημικές ενώσεις. Πραγματοποιείται με τη βοήθεια μικροοργανισμών του εδάφους, τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, που είτε ζουν ελεύθερα είτε συνηθέστερα συμβιώνουν (πχ. *Rhizobium*) στις ρίζες ορισμένων φυτών όπως τα ψυχανθή (όσπρια, κουκιά κλπ.). Εκεί, τα βακτήρια μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα μέρος των οποίων μεταφέρεται στα φυτά. Ως μέρος αυτής της συμβίωσης, τα φυτά μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε οξείδια του αζώτου και αμινοξέα για τη δημιουργία πρωτεϊνών και άλλων βιολογικά χρήσιμων μορίων, ενώ σε αντάλλαγμα παράγουν σάκχαρα, απαραίτητα για τα βακτήρια (Βικιπαίδεια).

Το έδαφος περιέχει μια σημαντική ποσότητα αζώτου σε μορφή σύνθετων οργανικών ενώσεων που μετατρέπονται αργά σε μορφές κατάλληλες για τα φυτά. Η ποσότητα αυτής της βασικής πηγής ποικίλλει ανάλογα με τους τύπους των εδαφών και τις κλιματικές συνθήκες. Κατά μέσο όρο 40-60Kg N/ha/έτος είναι διαθέσιμα από τη διάσπαση της οργανικής ουσίας. Όλα τα παραγόμενα αγροτικά προϊόντα όπως το κρέας, το γάλα, τα αυγά, οι γεωργικές καλλιέργειες, απομακρύνουν άζωτο από το έδαφος. Το άζωτο μπορεί ακόμα να χαθεί από το έδαφος λόγω έκπλυσης, εξάτμισης ή απονιτροποίησης (κύκλος αζώτου). Με τον όρο απονιτροποίηση αναφερόμαστε στις απώλειες του αζώτου λόγω της δράσης απονιτροποιητικών μικροοργανισμών, που λαμβάνουν χώρα κάτω από αναερόβιες συνθήκες όπου παρατηρούνται μεγάλες διαφορές οξειδοαναγωγικού δυναμικού. Γενικά οι απώλειες λόγω απονιτροποίησης του αζώτου αυξάνουν με την αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άργιλο, όπως ακόμα και σε εδάφη βαριάς μηχανικής σύστασης που δεν στραγγίζουν εύκολα και δημιουργούν αναγωγικές συνθήκες (Π.Χ. Κουκουλάκης, Α.Η. Παπαδόπουλος).

Εικ.1.8 Ο κύκλος του αζώτου (Φώτο, Mosaic)



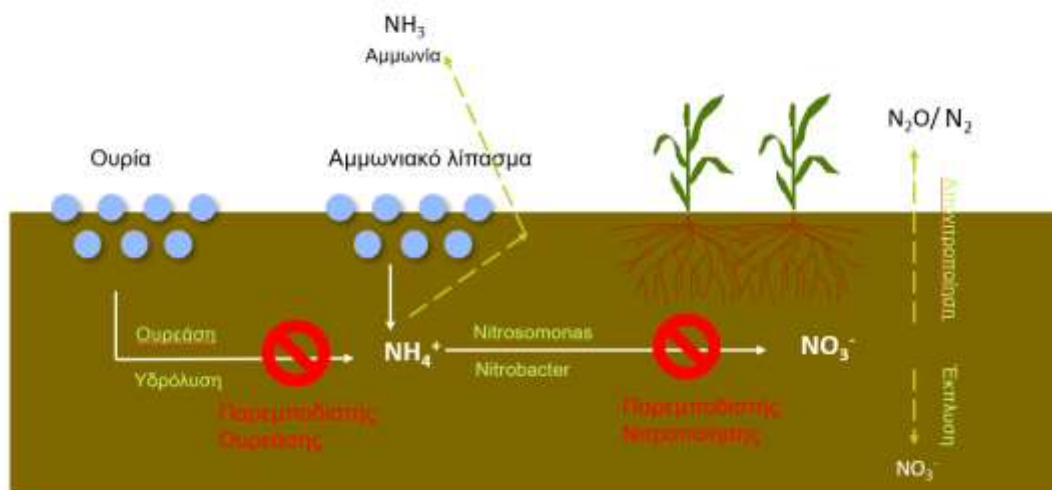
Με βάση τον ορισμό που δίνει το υπουργείο περιβάλλοντος, αζωτούχο λίπασμα είναι κάθε χημικό λίπασμα, είτε ανόργανο είτε οργανικό, που περιέχει άζωτο σε δηλωτέα περιεκτικότητα, σε στερεή ή υγρή μορφή. Με βάση τον (ΕΚ) αριθ. 2003/2003, τα πιο κοινά πυκνά αζωτούχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται σε επιφανειακές εφαρμογές είναι:

Νιτρική Αμμωνία NH_4NO_3 -----	(33.5-34.5% N)
Ασβεστούχος Νιτρική Αμμωνία (CAN)-----	(26 - 28% N)
Θεική Αμμωνία $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -----	(21% N)
Νιτρικό Ασβέστιο $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -----	(15% N)
Νιτρικό Κάλιο KNO_3 -----	(13-14%N)
Νιτρικό Μαγνήσιο $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -----	(10%N)
Ουρία $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ -----	(46% N)

Νιτρικό Νάτριο NaNO_3 -----	(15%N)
Νιτροθειική Αμμωνία-----	(25%N)
Ουροθειική Αμμωνία-----	(40%N)
Ουρία-Νιτρική Αμμωνία (διαλύματα)-----	(28-32%N)

Αζωτούχα λιπάσματα ενισχυμένα με παρεμποδιστές: Υπάρχουν στο εμπόριο δύο διαθέσιμες κατηγορίες παρεμποδισμένων αζωτούχων λιπασμάτων. Αζωτούχα λιπάσματα ουρίας που περιέχουν παρεμποδιστές ουρεάσης και κάποιες φορές και παρεμποδιστές νιτροποίησης και αζωτούχα λιπάσματα αμμωνιακού αζώτου με παρεμποδιστές νιτροποίησης.

Εικ.1.9 Πορεία μετατροπής της ουρίας και των αμμωνιακών λιπασμάτων μετά την εφαρμογή τους στο έδαφος.



Παρεμποδιστές ουρεάσης: Μετά την εφαρμογή της ουρίας στο έδαφος ξεκινάει άμεσα η διαδικασία της υδρόλυσής της (**Εικ.1.9**). Με την παρουσία υγρασίας και τη συμμετοχή του ενζύμου ουρεάσης που βρίσκεται στο έδαφος, η ουρία μετατρέπεται αρχικά σε ασταθές ανθρακικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Στη συνέχεια το ανθρακικό αμμώνιο μετατρέπεται σε αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) , ενώ ένα ποσοστό των αμμωνιακών ιόντων θα μετατραπεί άμεσα σε αέρια αμμωνία (NH_3) και θα εξατμιστεί στην ατμόσφαιρα. Η συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιείται γρήγορα σε διάστημα 1-4 ημερών μετά την εφαρμογή της ουρίας στο έδαφος. Η ποσότητα της αμμωνίας που εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η ποσότητα του ενζύμου ουρεάσης, η τιμή του

εδαφικού pH, η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους.

Στόχος των παρεμποδιστών ουρεάσης είναι να εμποδίσουν τη διαδικασία υδρόλυσης της ουρίας μπλοκάροντας το ενεργό μέρος του ενζύμου της ουρεάσης και παρατείνοντας τη διάσπασή της για κάποιες ημέρες (έως και 10-15 ημέρες). Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η απώλεια αέριας αμμωνίας στην ατμόσφαιρα και αυξάνεται η αποδοτικότητα του λιπάσματος. Μερικοί από τους παρεμποδιστές ουρεάσης που κυκλοφορούν εμπορικά είναι οι: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide – NBPT, N-(n-propyl) thiophosphoric triamide – NPPT, 2-NPT (2-Nitrophenyl) phosphoric triamide, Phenyl phosphorodiamidate - PPD / PPDA.

Παρεμποδιστές νιτροποίησης: Κατά την εφαρμογή αμμωνιακών λιπασμάτων ή ουρίας σε πρώτο χρόνο, τα αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+) μετατρέπονται σε νιτρικά (NO_3^-) με τη βοήθεια βακτηρίων του εδάφους (*Nitrosomonas* και *Nitrobacter*) (**Εικ.1.9**). Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή και ως Νιτροποίηση. Τα νιτρικά ιόντα είναι αυτά που κατά κύριο λόγο απορροφούνται από τις ρίζες των φυτών ωστόσο, λόγω του αρνητικού τους φορτίου δεν δεσμεύονται στα κolloειδή του εδάφους και στην οργανική ουσία με αποτέλεσμα κάτω από συνθήκες μεγάλης εδαφικής υγρασίας να απομακρύνονται από την περιοχή του ριζικού συστήματος των φυτών προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους (έκπλυση). Όταν στο έδαφος επικρατούν υψηλές αναγωγικές συνθήκες - έλλειψης οξυγόνου (κορεσμένα εδάφη με νερό και υψηλές θερμοκρασίες), ποσότητα νιτρικών ιόντων μετατρέπεται με τη βοήθεια βακτηρίων σε αέριες μορφές αζώτου ($\text{N}_2, \text{N}_2\text{O}, \text{NO}$) που εξατμίζονται στην ατμόσφαιρα (διαδικασία απονιτροποίησης).

Στόχος των παρεμποδιστών νιτροποίησης είναι η παρεμπόδιση της δραστηριότητας των βακτηρίων του εδάφους που ευθύνονται για τη μετατροπή του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικές μορφές. Η παρεμπόδιση αυτή καθυστερεί τη μετατροπή των αμμωνιακών μορφών σε νιτρικές μέχρι και 3 μήνες.

Μερικοί από τους παρεμποδιστές νιτροποίησης που κυκλοφορούν εμπορικά και χρησιμοποιούνται αυτούσιοι ή σε μίγματα είναι οι: 2-chloro-6-(trichloromethylpyridine), 1H-1,2,4-triazole, 5-ethoxy-3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazol, 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP), Dicyandiamide (DCD), 2-mercapto-benzothiazole (MBT), 3-methylpyrazole (3-MP).

1.7 Στόχος του πειράματος

Στόχος του πειράματος είναι η αξιολόγηση της απόδοσης των επιφανειακών λιπασμάτων της κοινής ουρίας 46-0-0, της ουρίας 46-0-0 ενισχυμένης με παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP, του YaraVera Amidas 40-0-0+14SO₃ και ενός μάρτυρα χωρίς εφαρμογή επιφανειακού λιπάσματος, στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της παραγωγής, αλλά και η επίδρασή τους στη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους.

Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός αγρός

Οι πειραματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν την καλλιεργητική περίοδο 2019, στον πειραματικό σταθμό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών που βρίσκεται στην πεδιάδα της Κωπαΐδας στην Αλίαρτο Βοιωτίας (υψόμετρο 95m, γεωγραφικό πλάτος 38°23'51''N, γεωγραφικό μήκος 23°05'41''E) (Εικ.2.1).

Εικ.2.1 Δορυφορική εικόνα αγροκτήματος ΓΠΑ (Πηγή: Google maps)



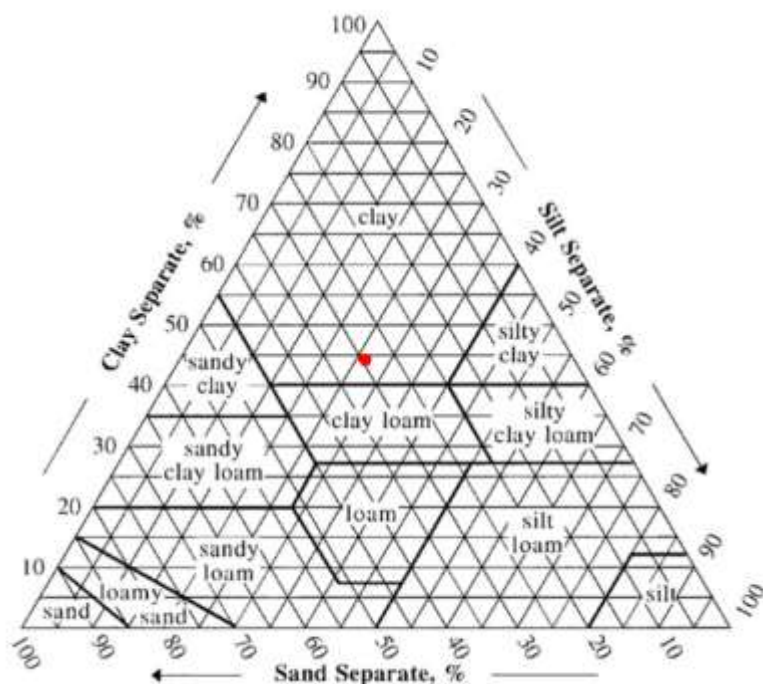
2.2 Ανάλυση εδάφους

Τον Απρίλιο του 2019 και πριν από την εγκατάσταση του πειράματος, έγινε δειγματοληψία εδάφους στον πειραματικό αγρό με σκοπό να προσδιοριστούν οι ιδιότητες, η σύσταση και η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία. Τα δείγματα του εδάφους λήφθηκαν από 3 τυχαία σημεία εντός του αγρού, αποφεύγοντας τις άκρες του, σε βάθος 0-30cm και αναμείχθηκαν μεταξύ τους ώστε να προκύψει τελικά ένα ομογενοποιημένο δείγμα. Από το μίγμα αυτό αφαιρέθηκε τελικά 1Kg εδάφους για αποστολή και ανάλυση στο εργαστήριο.

Πίν.2.1 Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης του πειραματικού αγρού

pH	8.12	
P (Olsen)	23.39	mg kg ⁻¹
K⁺	254	Kg ha ⁻¹
EC (1:1)	0.75	μS cm ⁻¹
Οργανική ουσία	2.83	%
P	137.23	Kg ha ⁻¹
NO₃- N	17.95	Kg ha ⁻¹
NH₄- N	20.3	Kg ha ⁻¹

Εικ.2.2 Μηχανική σύσταση εδάφους πειραματικού αγρού (43.7% άργιλος, 25.6 % ιλύς and 30.7% άμμος)



2.3 Καιρικές συνθήκες

Η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας (μέγιστης, ελάχιστης και μέσης) και η κατανομή της βροχόπτωσης κατά το χρονικό διάστημα Απριλίου - Σεπτεμβρίου καταγράφονται στον **Πίνακα 2.2**. Οι ημερομηνίες αυτές συμπίπτουν με το διάστημα από την προετοιμασία της καλλιέργειας έως και τη συγκομιδή. Τα δεδομένα είναι από Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και τον μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στην Αλίαρτο Βοιωτίας.

Πίν.2.2 Μηνιαίες θερμοκρασίες μέγιστες, ελάχιστες και μέσες (T_{max} , T_{min} , $T_{average}$) σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}C$) και συνολική βροχόπτωση (mm) στον πειραματικό αγρό.

Μήνας	T_{min} ($^{\circ}C$)	T_{max} ($^{\circ}C$)	$T_{average}$ ($^{\circ}C$)	Βροχόπτωση (mm)
Απρίλιος	3.5	32.1	14.2	68.0
Μάιος	6.1	32.8	19.4	56.3
Ιούνιος	11.2	38.3	25.5	21.4
Ιούλιος	14.7	39.9	25.8	91.2
Αύγουστος	15.8	39	26	4
Σεπτέμβριος	10.4	33.9	21.8	31.2

2.4 Εγκατάσταση του πειράματος

2.4.1 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν οι πλήρεις τυχαιοποιημένες ομάδες (RCBD), με 4 μεταχειρίσεις και 4 επαναλήψεις (16 πειραματικά τεμάχια, plots). Το κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε εμβαδό $25m^2$, ενώ μεταξύ τους κρατήθηκε διάδρομος 1m μήκους και 1m πλάτους (buffer zone) (**Εικ.2.3**).

Εικ.2.3 Σχηματική παράσταση πειραματικού σχεδίου



2.4.2 Καλλιεργητικές πρακτικές

Το φθινόπωρο του 2018 προηγήθηκε όργωμα του πειραματικού αγρού, ενώ τον Απρίλιο του 2019 και πριν από την εγκατάσταση της καλλιέργειας, έγινε η προετοιμασία του αγρού με την χρήση συρόμενης δισκοσβάρνας ελαφρού τύπου. Η δισκοσβάρνα χρησιμοποιήθηκε παράλληλα και για την ενσωμάτωση του βασικού λιπάσματος. Στο στάδιο των 6 φύλλων και παράλληλα με την ενσωμάτωση των επιφανειακών λιπασμάτων, έγινε χρήση σκαλιστηριού για την ταυτόχρονη απομάκρυνση των ζιζανίων ανάμεσα στις γραμμές των πειραματικών τεμαχίων.

2.4.3 Σπορά

Η σπορά του καλαμποκιού πραγματοποιήθηκε στις 4/5/2019 με πυκνότητα σπόρου 17cm επί της γραμμής x 75cm μεταξύ των γραμμών. Η σπορά έγινε καθολικά στον πειραματικό αγρό με σπαρτική μηχανή GASPARDO σε βάθος 4 - 5cm και το υβρίδιο καλαμποκιού που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Pioneer 1921, 700FAO.

2.4.4 Άρδευση

Η άρδευση του καλαμποκιού έγινε με την χρήση εκτοξευτήρα υψηλής πίεσης (κανόνι) που εγκαταστάθηκε στην καλλιέργεια από το στάδιο των 10 φύλλων. Η ποσότητα του νερού εκτιμήθηκε με βάση τις ανάγκες του καλαμποκιού στα μετέπειτα

στάδια συνυπολογίζοντας τα κλιματολογικά δεδομένα και το ύψος των βροχοπτώσεων.

2.4.5 Διαχείριση ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών

Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε μεταφυτρωτικά στο στάδιο των 4-5 φύλλων του καλαμποκιού με εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων DINIRO 4/40/10 WG (σύνθεση Prosulfuron 4 % β/β, Dicamba 40 % β/β και Nicosulfuron 10 % β/β) και του LOOP 240 SC (σύνθεση Nicosulfuron 24% β/ό). Η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων έγινε καθολικά σε όλο τον πειραματικό αγρό με την χρήση ψεκαστικού βυτίου.

2.4.6 Λίπανση

Το βασικό λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα πειραματικά τεμάχια ήταν το YaraMila Leopard 27-5-5 +7,5SO₃ και η εφαρμογή του έγινε προσπαρτικά με την χρήση ειδικού χειροκίνητου λιπασματοδιανομέα που εξασφαλίζει την ομοιόμορφη διανομή του λιπάσματος σε όλη την επιφάνεια του πειραματικού τεμαχίου. Η ενσωμάτωση του βασικού λιπάσματος στο έδαφος έγινε με δισκοσβάρνα. Με την ίδια μέθοδο διασκορπισμού έγινε και η εφαρμογή των επιφανειακών λιπασμάτων σε κάθε πειραματικό τεμάχιο στο στάδιο των 6 φύλλων του καλαμποκιού, ενώ η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος έγινε με την χρήση σκαλιστηριού.

Το YaraMila Leporad 27-5-5+7.5SO₃ εφαρμόστηκε σύμφωνα με το πρωτόκολλο σε όλα τα πειραματικά τεμάχια στη δόση των 500Kg/ha,. Οι επιφανειακές λιπάνσεις έγιναν στο στάδιο των 6 φύλλων της καλλιέργειας. Στη μεταχείριση 1, όπως φαίνεται και στον **Πίνακα 2.3**, εφαρμόστηκε κοινή ουρία 46-0-0 στη δόση των 400Kg/ha, στη μεταχείριση 2 ουρία 46-0-0 ενισχυμένη με παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP στη δόση των 400Kg/ha, στη μεταχείριση 3 το YaraVera Amidas 40-0-0+14SO₃, στη δόση των 460Kg/ha, ενώ στη μεταχείριση 4 που ορίζεται και ως μάρτυρας δεν εφαρμόστηκε επιφανειακή λίπανση. Σε όλες τις μεταχειρίσεις, εφαρμόζονται οι ίδιες μονάδες μακροθρεπτικών στοιχείων αζώτου, φωσφόρου και καλίου ενώ οι δόσεις τους συμπίπτουν με την κοινή γεωργική πρακτική των παραγωγών στην Ελλάδα.

Πίν.2.3 Πρωτόκολλο εφαρμογών

Μεταχείριση	Προϊόντα εφαρμογής	Δόση Kg/ha	Σχόλια
1	YaraMila Leopard 27-5-5+7,5SO ₃ + Ουρία απλή (46-0-0)	500 400	Βασική Επιφανειακή
2	YaraMila Leopard 27-5-5+7,5SO ₃ + Ουρία 46-0-0 με παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP	500 400	Βασική Επιφανειακή
3	YaraMila Leopard 27-5-5+7,5SO ₃ + YaraVera Amidas 40-0-0+14SO ₃	500 460	Βασική Επιφανειακή
4	YaraMila Leopard 27-5-5+7,5SO ₃	500	Βασική

2.4.7 Συγκομιδή

Η συγκομιδή της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στις 17/09/2019, 135 ημέρες από την σπορά με υγρασία κόκκων 16%.

2.5 Μετρήσεις

Στο στάδιο της συγκομιδής, επιλέχτηκαν δείγματα από 10 τυχαία φυτά από τις μεσαίες σειρές του κάθε πειραματικού τεμαχίου για τον προσδιορισμό της απόδοσης (yield) και των χαρακτηριστικών της παραγωγής. Μετρήθηκαν:

- Απόδοση σε σπόρο - Grain Yield, (kg/ha)
- Βάρος 1000 κόκκων - 1000 Grain Weight (g)
- Ολική βιομάζα - Total Biomass Yield (kg/ha)
- Δείκτης συγκομιδής - Harvest Index
- Περιεκτικότητα του αζώτου στο υπέργειο τμήμα (%) - Above-Ground N Content (%)
- Περιεκτικότητα του αζώτου στον σπόρο (%) - Grain N Content (%)
- Απόδοση σε άζωτο στον σπόρο - Grain Nitrogen Yield, (kg N/ha)
- Περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σπόρο (%) - Grain Protein Content (%)
- Ολική απορρόφηση αζώτου στο υπέργειο τμήμα (Kg/ha) - Total Plant Nitrogen Uptake
- Δείκτης συγκομιδής αζώτου - Nitrogen Harvest Index
- Δείκτης Εμφανούς Αποδοτικότητας της Ανάκτησης Αζώτου - Apparent Nitrogen Recovery Efficiency (ANRE) (%)
- Δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου - Nitrogen Utilization Efficiency
- Αζωτούχος γεωργική αποτελεσματικότητα - Nitrogen Agronomic Efficiency

- Προσδιορισμός ποσοστού αποικισμού με μυκόρριζα (%) - Arbuscular Mycorrhizal Fungi (%)
- Μικροβιακή δραστηριότητα - Microbial Soil Respiration (CO₂ mg / 100 g soil/ 24 h at 25°C)

Απόδοση σε σπόρο: Μετρήθηκε το συνολικό βάρος των συγκομισμένων σπόρων ανά μονάδα επιφάνειας και έγινε αναγωγή σε Kg/ha.

Βάρος 1000 κόκκων: Μετρήθηκε σε ζυγαριά ακριβείας το βάρος 1000 κόκκων από το κάθε δείγμα.

Ολική βιομάζα: Μετρήθηκε το ξηρό βάρος της υπέργειας βιομάζας (βλαστοί και σπόροι) μετά την αποξήρανσή των δειγμάτων.

Δείκτης συγκομιδής: Ο δείκτης συγκομιδής εκφράζει την απόδοση του δείγματος σε σπόρο σε σχέση με την ολική υπέργεια βιομάζα του. Δίνεται με τη σχέση: Δείκτης συγκομιδής = ξηρό βάρος σπόρου/ ξηρό βάρος υπέργειας βιομάζας

Περιεκτικότητα του αζώτου στο υπέργειο τμήμα (%): Προσδιορίζεται με τη μέθοδο Kjeldahl.

Περιεκτικότητα του αζώτου στον σπόρο (%): Προσδιορίζεται με τη μέθοδο Kjeldahl.

Περιεκτικότητα πρωτεΐνης στον σπόρο (%): Προσδιορίζεται από το γινόμενο της περιεκτικότητας του σπόρου σε άζωτο επί τον συντελεστή 6,25.

Απόδοση σε άζωτο και πρωτεΐνη: Προσδιορίζεται από το γινόμενο της συγκέντρωσης του αζώτου (%) επί του ξηρού βάρους της καλλιέργειας (Kg/ha). Η απόδοση σε πρωτεΐνη προκύπτει από το γινόμενο της προηγούμενης απόδοσης N (Kg/ha) επί 6,25 και εκφράζεται σε (Kg/ha).

Ολική απορρόφηση αζώτου στο υπέργειο τμήμα: Το ολικό παραγόμενο N από την καλλιέργεια προκύπτει από το άθροισμα του παραγόμενου αζώτου στον βλαστό, στα φύλλα και στους σπόρους.

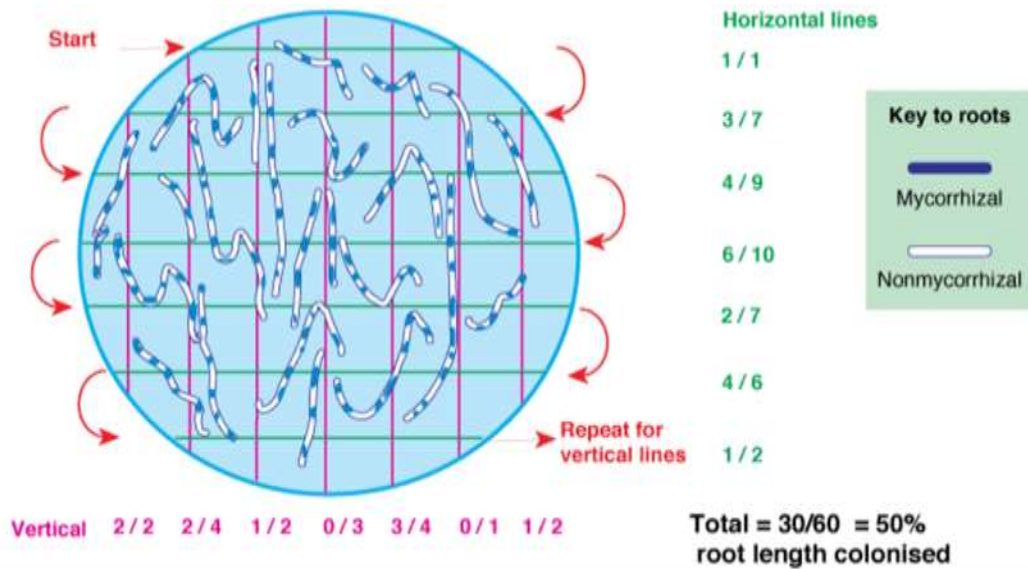
Δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI): Ο δείκτης συγκομιδής αζώτου ορίζεται ως ο λόγος της συγκεντρωμένης ποσότητας αζώτου στον σπόρο (N_{seed}) προς το συνολικό συγκεντρωμένο άζωτο στο φυτό (υπέργειο και σπόρο) (N_{uptake}) (Goulding et al. 2008). Ορίζεται από την σχέση: $NHI = N_{seed} / N_{uptake}$

Αποδοτική χρήση του αζώτου % = Ο δείκτης αυτός προσδιορίζει την απόδοση σε σπόρο ανά μονάδα λιπασματικού αζώτου και ορίζεται από την σχέση: Αποδοτική χρήση του αζώτου % = [(συνολική ποσότητα N βλαστών και σπόρων σε επέμβαση με λίπανση μείον τη συνολική ποσότητα N βλαστών και σπόρων σε επέμβαση χωρίς λίπανση) / ποσότητα λιπασματικού αζώτου] x 100.

Δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου (NUE): Ο δείκτης αυτός δείχνει την απόδοση σε σπόρο (Kg/ha) προς τη συγκέντρωση N (Kg/ha) στο υπέργειο τμήμα της καλλιέργειας (Goulding et al., 2008) και ορίζεται από την σχέση: NUE = απόδοση σε σπόρο Kg/ha / N υπέργειου Kg/ha.

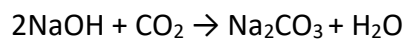
Αζωτούχος γεωργική αποτελεσματικότητα (NAE): Ο δείκτης αυτός εκφράζει την παραγόμενη ποσότητα σπόρου ανά κιλό αζώτου λίπανσης (Craswell & Godwin, 1984) και ορίζεται από την σχέση NAE = (απόδοση σε σπόρο στην επέμβαση με λίπασμα – απόδοση σε σπόρο στην επέμβαση χωρίς λίπασμα) / ποσότητα λιπασματικού N.

Προσδιορισμός ποσοστού αποικισμού με μυκόρριζα: Τον Αύγουστο, δείγματα εδάφους συλλέχθηκαν από βάθος 0-35cm από 3 διαφορετικά δειγματοληπτικά σημεία σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, χρησιμοποιώντας έναν κυλινδρικό εδαφολήπτη μήκους 25cm και διαμέτρου 10cm. Η δειγματοληψία έγινε επί της γραμμής μεταξύ δύο διαδοχικών φυτών (στην μέση της απόστασης). Τα δείγματα εδάφους που πάρθηκαν περιείχαν τμήματα από το ριζικό σύστημα των φυτών. Τα δείγματα στο εργαστήριο, τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες στις οποίες προστέθηκε νερό μέχρι να καλυφθεί όλος ο όγκος του εδάφους. Στη συνέχεια, προστέθηκε σε κάθε σακούλα 30ml πολυμεταφωσφορικού νατρίου 0.5% και ακολούθως σφραγίστηκαν αεροστεγώς και τοποθετήθηκαν σε σκιερό μέρος για 3 ημέρες. Μετά από τις 3 ημέρες αφαιρέθηκε από τις σακούλες το νερό και με την βοήθεια ενός κόσκινου 5mm ξεπλύθηκαν τα τμήματα της ρίζας από τα εδαφικά τεμαχίδια που είχαν παραμείνει επάνω σε αυτά. Αφού απομονώθηκαν τα τμήματα της ρίζας, τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικά τρυβλία με διηθητικό χαρτί ώστε να αφαιρεθεί η υγρασία. Τα δείγματα αυτά στη συνέχεια δέχθηκαν χρώση με φουξίνη (fuchisine), ώστε να υπολογισθεί το ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζα. Σε κάθε τρυβλίο αφαιρέθηκε το διηθητικό χαρτί και προστέθηκε σταυρόνημα όπως φαίνεται στην **Εικ2.4**. Με την χρήση στερεοσκοπίου και του προγράμματος Motic Image Plus 2.0 (2009) (Giovannetti & Mosse, 1980), έγινε ο προσδιορισμός του ποσοστού αποικισμού μέσω μέτρησης των διασταυρώσεων της ρίζας με το σταυρόνημα και συνολικά τον αριθμό που η ρίζα είναι παρασιτισμένη.



Εικ.2.4 Τρυβλίο Petri 9cm με σταυρόνημα 1/2 inch (14/11 cm) πλέγμα και 1m δείγμα κομμένο σε κομμάτια.

Μικροβιακή δραστηριότητα: Η μικροβιακή δραστηριότητα εκτιμήθηκε από τον ρυθμό της εδαφικής αναπνοής (Rowell, 1994a). Η μέθοδος βασίζεται στον προσδιορισμό του CO₂ που παράγεται κατά την αναπνοή των μικροοργανισμών σε συγκεκριμένη μονάδα μάζας του εδάφους και σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Από κάθε μεταχείριση ελήφθησαν 50gr αεροξηραμένου εδάφους, διυγράνθηκαν στο 60% της υδατοχωρητικότητας τους και τοποθετήθηκαν σε ένα δοχείο μαζί με δύο ποτήρια που περιείχαν το ένα 10ml H₂O και το άλλο 10ml 0,3M NaOH. Το δοχείο κλείστηκε αεροστεγώς και τοποθετήθηκε σε επωαστήριο σε θερμοκρασία 25°C. Παράλληλα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο ετοιμάστηκαν δοχεία χωρίς έδαφος (λευκός προσδιορισμός). Σε ορισμένα χρονικά διαστήματα γινόταν ποσοτική παραλαβή του NaOH και αντικατάσταση από νέα ποσότητα 10ml NaOH στο ποτήρι. Το CO₂ που παράγεται κατά την αναπνοή των μικροοργανισμών του εδάφους «παγιδεύεται» από το NaOH, με το οποίο έχει μεγάλη χημική συγγένεια σύμφωνα με την αντίδραση:



Η ποσότητα του NaOH που δεν έλαβε μέρος στην αντίδραση προσδιορίστηκε με τιτλοδότηση με διάλυμα HCl 0,1N παρουσία BaCl₂. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για το NaOH του δοχείου που δεν περιείχε έδαφος. Από την τιτλοδότηση και με τη βοήθεια της παραπάνω αντίδρασης υπολογίστηκε το CO₂ που προερχόταν από την αναπνευστική δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και εκφράστηκε σε mg CO₂/g εδάφους/ημέρα.

2.6 Επεξεργασία δεδομένων

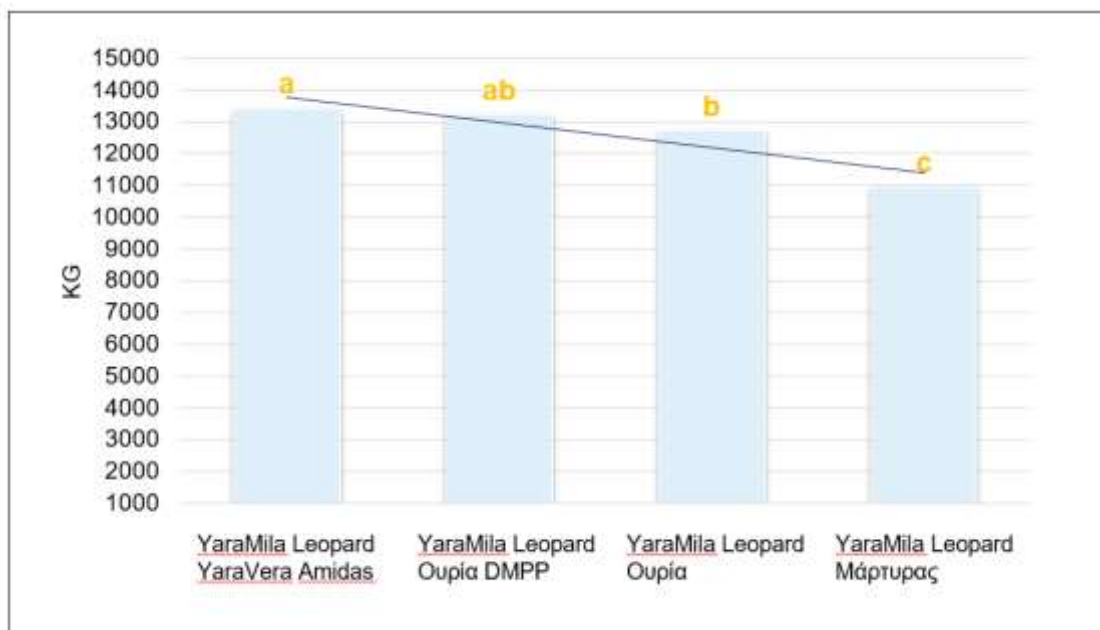
Τα πειραματικά δεδομένα ελέγχθηκαν για την κανονικότητά τους και υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με το πρόγραμμα SigmaPlot 12 (Systat Software Inc., San Jose, CA). Για κάθε μέτρηση έγινε σύγκριση μέσω Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς με επίπεδα σημαντικότητας 5%.

Αποτελέσματα

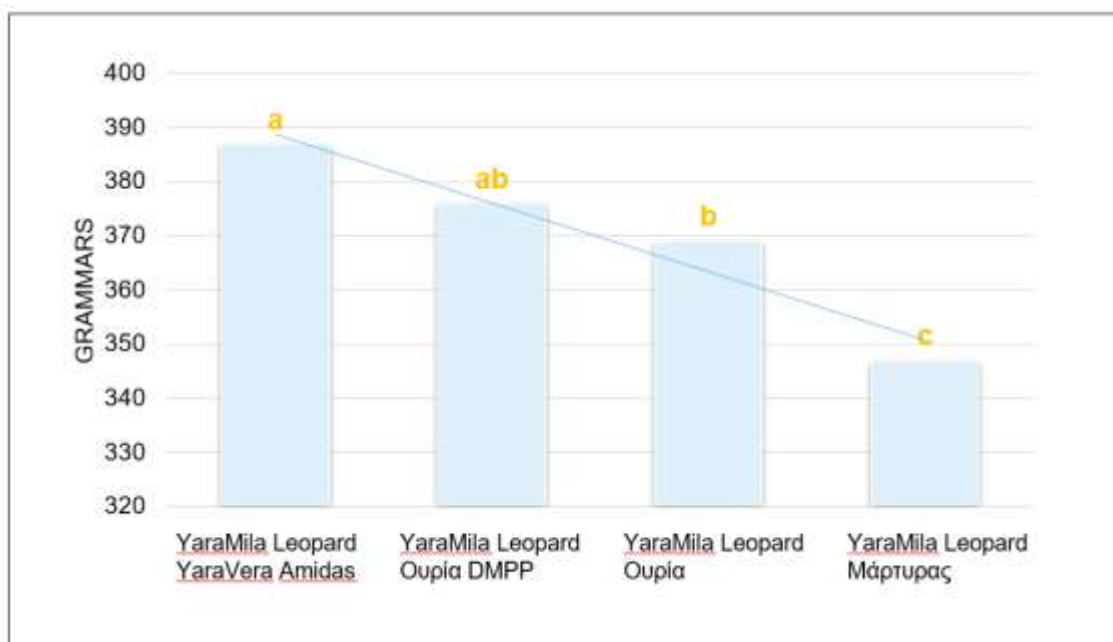
Πίν.3.1 Μέσοι όροι απόδοσης σε σπόρο-Grain Yield (kg/ha), βάρους χιλίων κόκκων-1000 Grain Weight (g), ολικής βιομάζας-Total Biomass (kg/ha) και δείκτης συγκομιδής-Harvest Index (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).

Μεταχείριση	Απόδοση σε σπόρο - Grain Yield (kg/ha)	Βάρος 1000 κόκκων - 1000 Grain Weight (g)	Ολική βιομάζα - Total Biomass (kg/ha)	Δείκτης Συγκομιδής - Harvest Index
YaraMila Leoprad + YaraVera Amidas	13425 a	387 a	31091 a	0,4318a
YaraMila Leopard + Ουρία με DMPP	13221 ab	376 ab	30979 a	0,4267a
YaraMila Leopard + Ουρία	12735 b	369 b	29842 ab	0,4267a
YaraMila Leopard + Control	10967 c	347 c	29225 b	0,375 b
Replicate F	3	3,2939	3,7185	0,7607
Replicate Prob(F)	ns	ns	ns	ns
Treatment F	32	14,7932	4,7186	15,612
Treatment Prob(F)	<0.001	0,0008	0,0304	0,0007

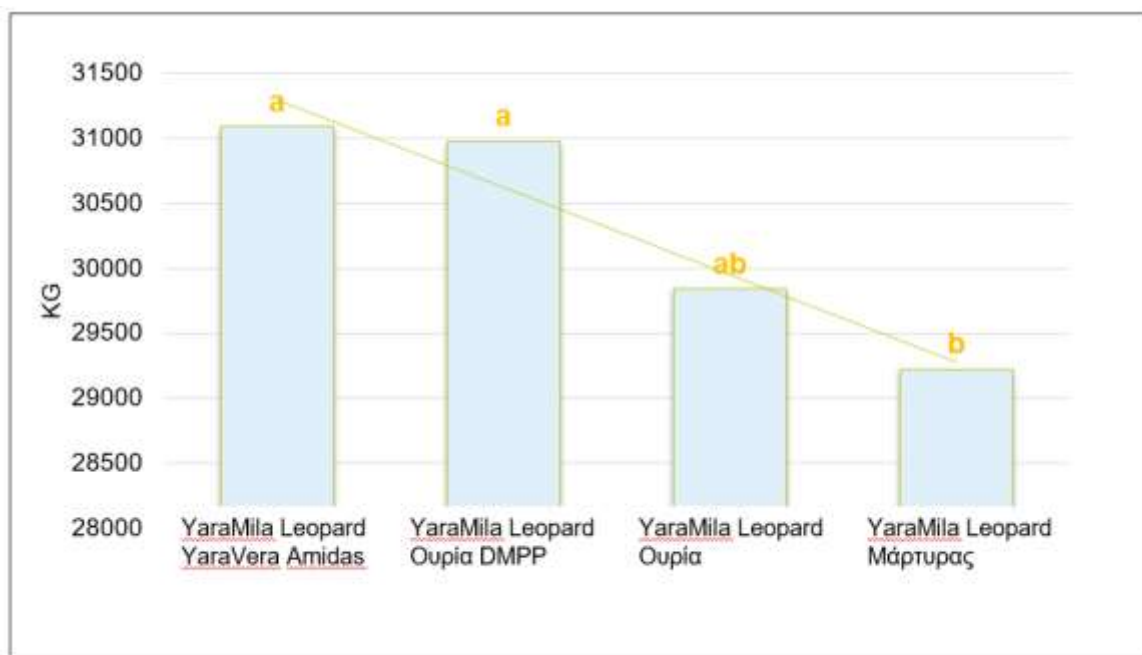
Διαγ.3.1 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην απόδοση σε σπόρο - Grain Yield (kg/ha). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



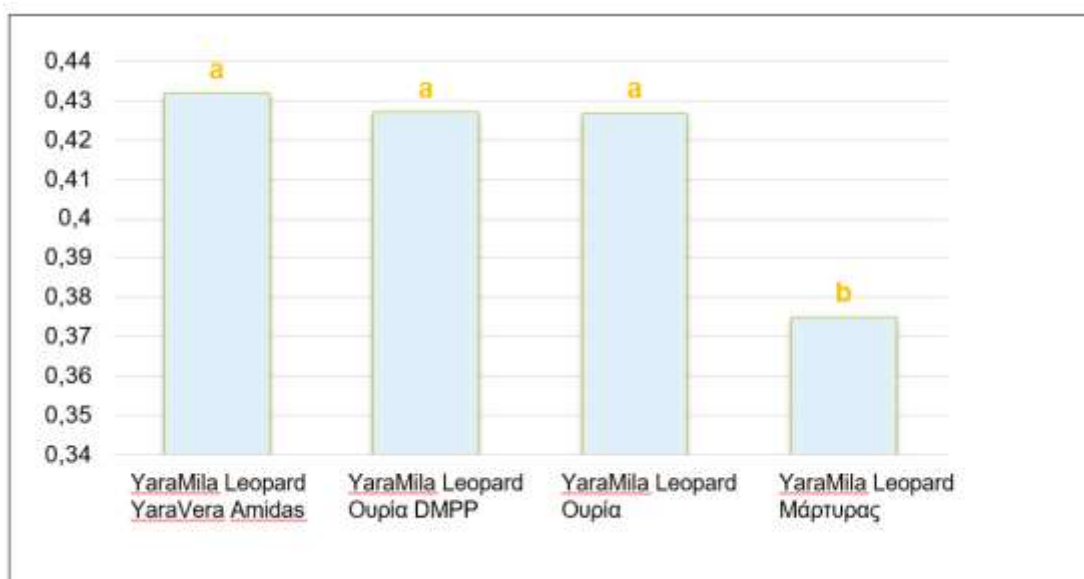
Διαγ.3.2 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στο βάρος 1000 κόκκων-1000 Grain Weight (g). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Διαγ.3.3 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην ολική βιομάζα – Total Biomass (Kg/ha). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



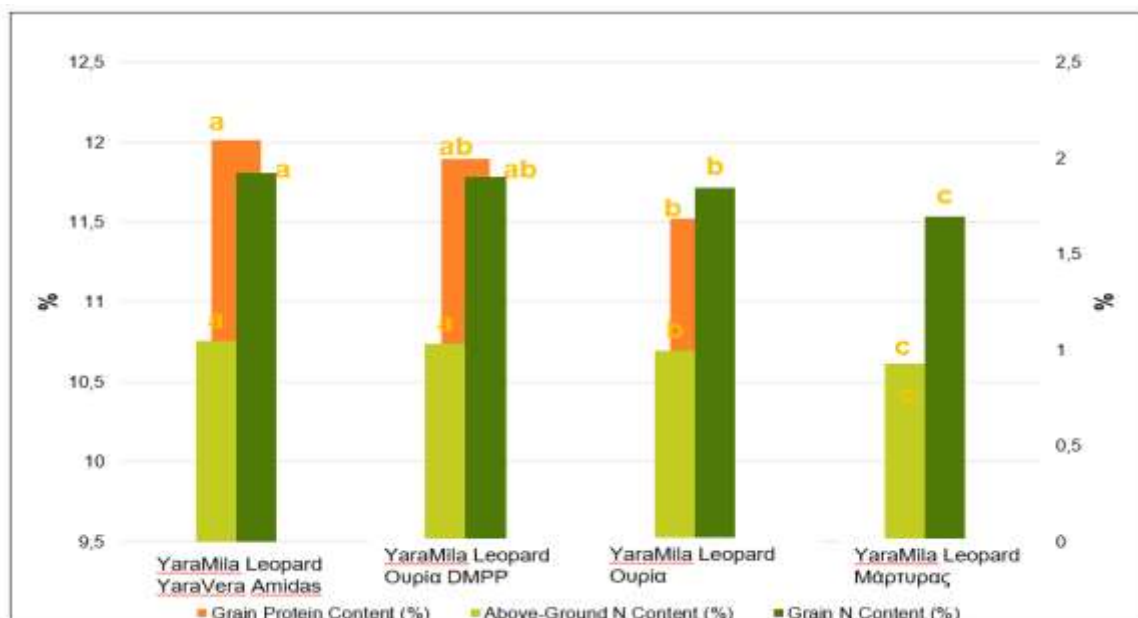
Διαγ.3.4 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στο δείκτη συγκομιδής. Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



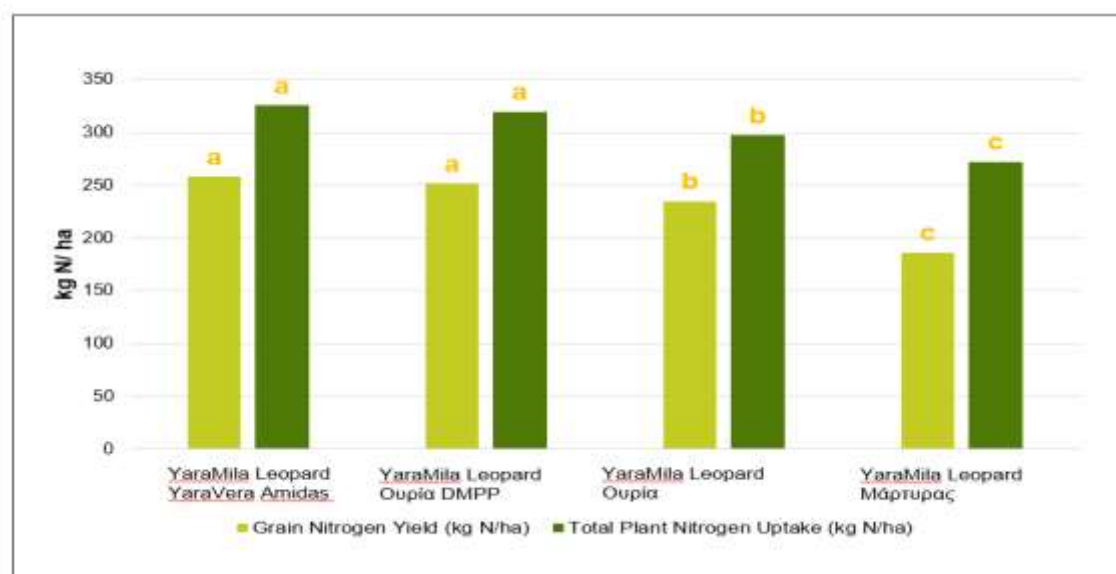
Πίν.3.2 Μέσοι όροι περιεκτικότητας του αζώτου στο υπέργειο τμήμα (%) – Above Ground N Content (%), περιεκτικότητας του αζώτου στον σπόρο (%) - Grain N Content (%), περιεκτικότητας πρωτεΐνης στο σπόρο (%) - Grain Protein Content (%), απόδοσης σε άζωτο και πρωτεΐνη - Grain Nitrogen Yield (kg N/ha) και ολικής απορρόφησης αζώτου στο υπέργειο τμήμα (kg N/ha) -Total Plant Nitrogen Uptake (kg N/ha). (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).

Μεταχείριση	Περιεκτικότη τα αζώτου στο υπέργειο τμήμα (%) - Above Ground N Content (%)	Περιεκτικότη τα αζώτου στον σπόρο (%) - Grain N Content (%)	Περιεκτικότη τα πρωτεΐνης στον σπόρο - Grain Protein Content (%)	Απόδοση σε άζωτο στον σπόρο - Grain Nitrogen Yield (kg N/ha)	Ολική απορρόφηση αζώτου στο υπέργειο τμήμα -Total Plant Nitrogen Uptake (kg N/ha)
YaraMila Leoprad + YaraVera Amidas	1,046a	1,92125a	12,0095a	257,9475a	325,32a
YaraMila Leopard + Ουρία με DMPP	1,032a	1,9025ab	11,89225ab	251,6075a	319,6825a
YaraMila Leopard + Ουρία	0,99575b	1,8435b	11,522b	234,855b	297,215b
YaraMila Leopard + Control	0,93025c	1,697c	10,606c	186,095c	271,8875c
Replicate F	3,1745	1,1271	1,1359	1,5737	8,5031
Replicate Prob(F)	ns	ns	ns	ns	0,0054
Treatment F	26,4585	30,0043	30,0903	42,7177	33,8661
Treatment Prob(F)	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Διαγ.3.5 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην περιεκτικότητα του αζώτου στο υπέργειο τμήμα (%) – Above Ground N Content (%), στην περιεκτικότητα του αζώτου στον σπόρο (%) - Grain N Content (%) και στην περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σπόρο (%) - Grain Protein Content (%). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



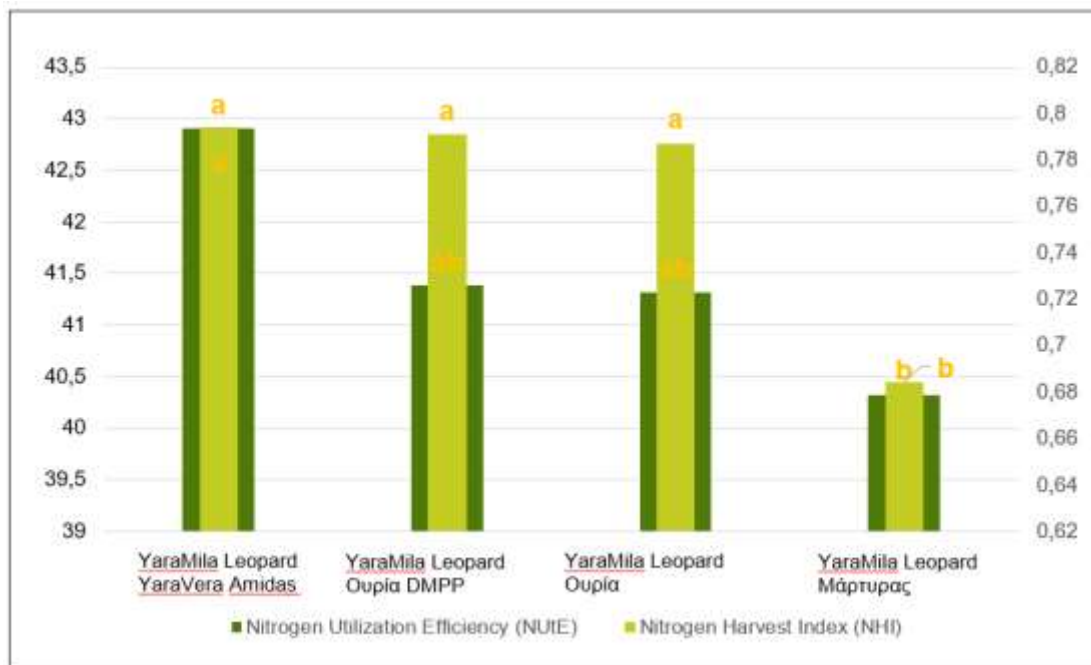
Διαγ.3.6 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην απόδοση του αζώτου στον σπόρο - Grain Nitrogen Yield (kg N/ha) και στην ολική απορρόφηση αζώτου στο υπέργειο τμήμα (kg N/ha) -Total Plant Nitrogen Uptake (kg N/ha). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



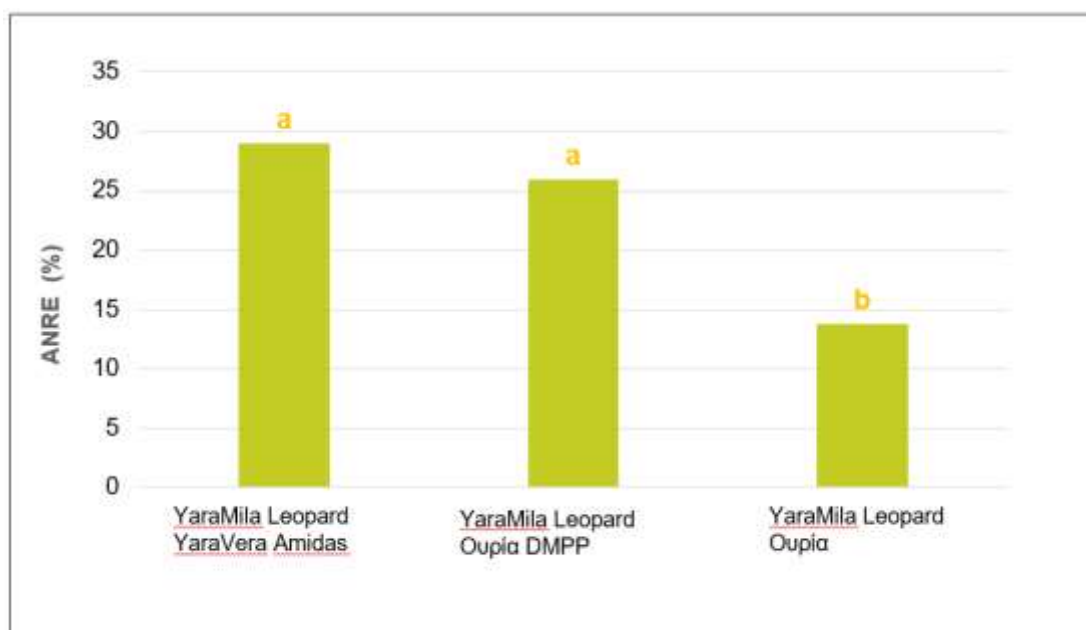
Πιν.3.3 Δείκτης Συγκομιδής Αζώτου - Nitrogen Harvest Index (NHI), Apparent Nitrogen Recovery Efficiency (ANRE) (%), Δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου - Nitrogen Utilization Efficiency (NUtE), Αζωτούχος γεωργική αποτελεσματικότητα - Nitrogen Agronomic Efficiency (NAE). (Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).

Μεταχείριση	Δείκτης Συγκομιδής Αζώτου - Nitrogen Harvest Index (NHI)	Apparent Nitrogen Recovery Efficiency (ANRE) (%)	Δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου - Nitrogen Utilization Efficiency (NUtE)	Αζωτούχος γεωργική αποτελεσματικότητα - Nitrogen Agronomic Efficiency (NAE)
YaraMila Leoprad + YaraVera Amidas	0,794a	29,04025a	42,9025a	13,36a
YaraMila Leopard + Ουρία με DMPP	0,787a	25,97475a	41,3825ab	12,252ab
YaraMila Leopard + Ουρία	0,79a	13,76525b	41,3175ab	9,61b
YaraMila Leopard + Control	0,6845b		40,3225b	
Replicate F	1,7702	0,9789	4,7146	14,1512
Replicate Prob(F)	ns	ns	0,0304	0,004
Treatment F	17,7213	9,4582	3,8884	5,9829
Treatment Prob(F)	0,0004	0,014	0,0493	0,0372

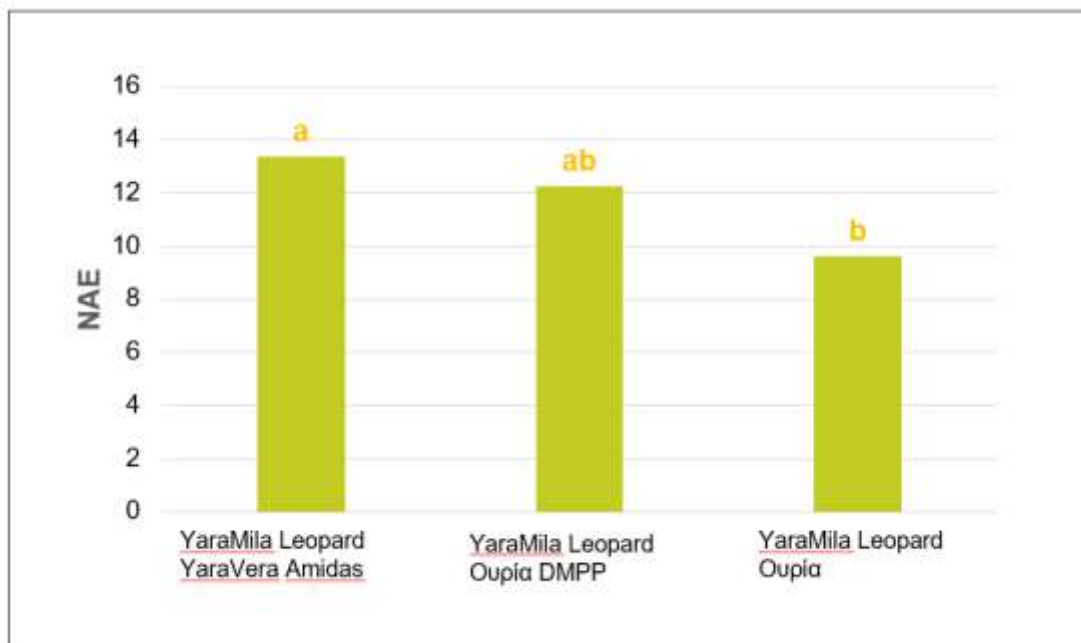
Διαγ.3.7 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στον Δείκτη Συγκομιδής Αζώτου - Nitrogen Harvest Index (NHI) και στην αποτελεσματικότητα χρήσης του αζώτου - Nitrogen Utilization Efficiency (NUE). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Διαγ.3.8 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στον Δείκτη Εμφανούς Αποδοτικότητας της Ανάκτησης Αζώτου (%) - Apparent Nitrogen Recovery Efficiency (%). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Διαγ.3.9 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην αζωτούχο γεωργική αποτελεσματικότητα - Nitrogen Agronomic Efficiency (NAE). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

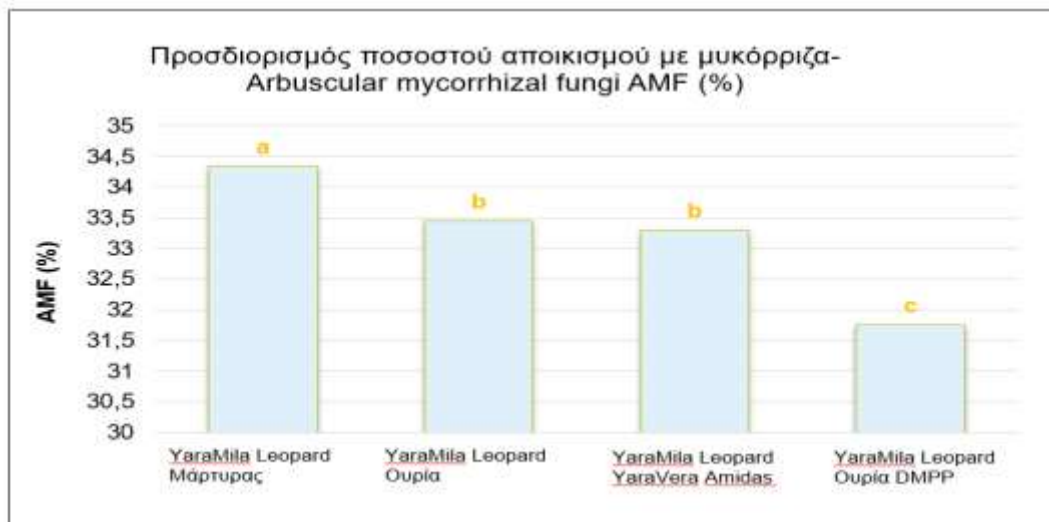


Πίν.3.4 Μέσοι όροι ποσοστού αποικισμού με μυκόρριζα (%) - Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) (%) και μικροβιακή δραστηριότητα (CO₂ mg / 100 g soil/ 24 h at 25°C) (Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).

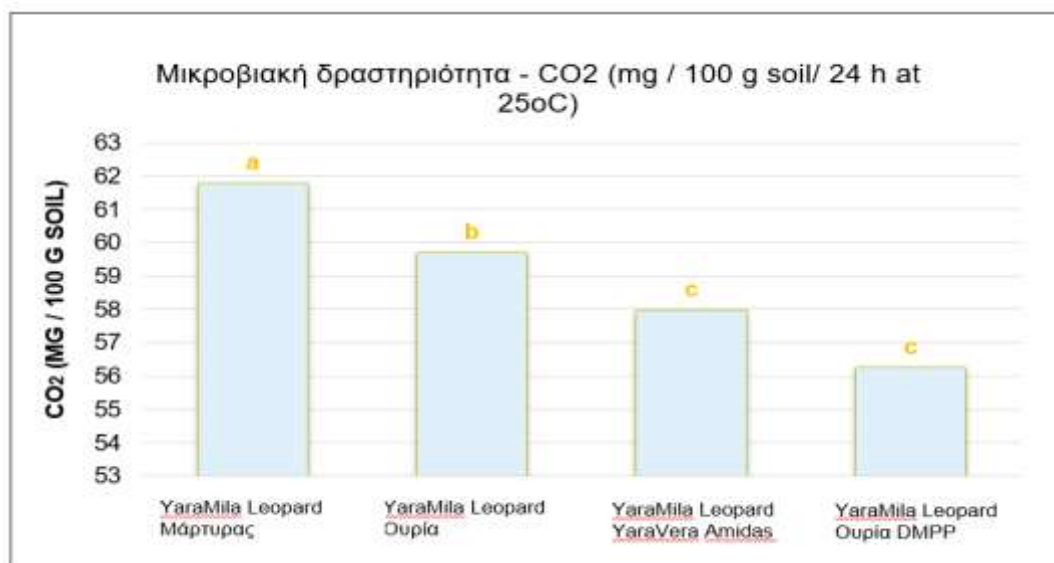
Μεταχείριση	Ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζα (%) AMF (%)	Μικροβιακή δραστηριότητα - CO ₂ (mg / 100 g soil)
YaraMila Leopard + YaraVera Amidas	34,341868a	61,7818a
YaraMila Leopard + Ουρία με DMPP	33,439089b	59,710257b
YaraMila Leopard + Ουρία	33,303153b	57,973622c
YaraMila Leopard + Control	31,747642c	56,265813c
Replicate F	0,7583	1,5393
Replicate Prob(F)	0,5451	0,2704

Treatment F	18,1996	19,5496
Treatment Prob(F)	0,0004	0,0003

Διαγ.3.10 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στο ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζα (%) - Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) (%). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Διαγ.3.11 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στη μικροβιακή δραστηριότητα - CO₂ mg / 100 g soil/ 24 h at 25°C). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%). Τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Συμπεράσματα

Ο συνδυασμός λίπανσης YaraMila Leopard/YaraVera Amidas έδωσε την καλύτερη Απόδοση σε Σπόρο - Grain Yield (kg/ha) έχοντας στατιστικώς σημαντικές διαφορές έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων, σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0.05$. Η παράμετρος αυτή έχει ιδιαίτερη βαρύτητα για τους παραγωγούς αφού καθορίζει κυρίως το συνολικό εισόδημα που θα προκύψει από την παραγωγή. Το ίδιο αποτέλεσμα εκδηλώνεται και στη μέτρηση του Βάρους 1000 Κόκκων - 1000 Grain Weight (g), γεγονός που φανερώνει πως η μεγαλύτερη απόδοση του YaraMila Leopard/YaraVera Amidas οφείλεται εν μέρει στο μεγαλύτερο βάρος των κόκκων.

Αναφορικά με τη μέτρηση της Ολικής Βιομάζας – Total Biomass (το άθροισμα ξηρού βάρους των υπέργειων τμημάτων των φυτών), ο συνδυασμός λίπανσης YaraMila Leopard/YaraVera Amidas φαίνεται επίσης να υπερέχει έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων, γεγονός που δηλώνει πιθανόν την καλύτερη αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά και την κατανομή τους σε όλο το υπέργειο τμήμα τους. Ωστόσο, δεν φαίνεται να διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από το συνδυασμό YaraMila Leopard/Ουρία με παρεμποδιστή DMPP. Οι δύο όμως αυτές μεταχειρίσεις διαφέρουν σημαντικά από τις μεταχειρίσεις YaraMila Leopard/Ουρία και YaraMila Leopard/Μάρτυρας.

Ο Δείκτης Συγκομιδής – Harvest Index εκφράζει την απόδοση του δείγματος σε σπόρο σε σχέση με την ολική υπέργεια βιομάζα του. Ο συνδυασμός λίπανσης YaraMila Leopard/YaraVera Amidas υπερέχει έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων, χωρίς ωστόσο να διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τις μεταχειρίσεις YaraMila Leopard/Ουρία με παρεμποδιστή DMPP, και YaraMila Leopard/Ουρία. Οι τρεις αυτές μεταχειρίσεις διαφέρουν ωστόσο στατιστικώς σημαντικά με τον Μάρτυρα.

Με τη μέτρηση της Περιεκτικότητας των Κόκκων σε Άζωτο (%) - Grain N Content (%) και της Περιεκτικότητας Πρωτεΐνης στους Κόκκους (%) γίνεται φανερό ότι ο συνδυασμός λίπανσης YaraMila Leopard/YaraVera Amidas έχει καλύτερη απόδοση σε άζωτο στους κόκκους των φυτών (κατανομή αζώτου στους κόκκους) έχοντας μάλιστα στατιστικώς σημαντικές διαφορές έναντι όλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων.

Από τη μέτρηση της Περιεκτικότητας Αζώτου στο Υπέργειο Τμήμα (%) – Above Ground N Content (%) προκύπτει ωστόσο, πως τα φυτά του καλαμποκιού στις μεταχειρίσεις με YaraMila Leopard/YaraVera Amidas και YaraMila Leopard/Ουρία με παρεμποδιστή DMPP δεν διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικά στην απορρόφηση και κατανομή του αζώτου σε όλο το υπέργειο τμήμα των φυτών, διαφέρουν όμως με τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις. Σε απόλυτα νούμερα πάντως ο

συνδυασμός YaraMila Leopard/YaraVera Amidas προηγείται έναντι των υπολοίπων. Το ίδιο συμπέρασμα εκδηλώνεται και με τη μέτρηση της Ολική Απορρόφηση Αζώτου στο Υπέργειο Τμήμα -Total Plant Nitrogen Uptake.

Ο δείκτης συγκομιδής αζώτου είναι μεγαλύτερος σε απόλυτο νούμερο στη μεταχείριση YaraMila Leopard/YaraVera Amidas συγκριτικά ωστόσο, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τις μεταχειρίσεις YaraMila Leopard/Ουρία με παρεμποδιστή DMPP και YaraMila Leopard/Ουρία.

Με τον δείκτη NUtE διαπιστώνεται πάλι πως τα φυτά της μεταχείρισης YaraMila Leopard/YaraVera Amidas εκμεταλλεύτηκαν το άζωτο καλύτερα και το μετατρέπουν σε κόκκους (απόδοση σε σπόρους) έχοντας μάλιστα στατιστικώς σημαντική διαφορά έναντι των υπολοίπων συνδυασμών.

Ο δείκτης της Εμφανούς Αποδοτικότητας της Ανάκτησης Αζώτου – ANRE (%) υπολογίζεται από το λόγο: (Παραγόμενο άζωτο λιπασμένο – παραγόμενο άζωτο μάρτυρα) /συνολική ποσότητα αζώτου. Ο δείκτης αυτός έχει υψηλή γεωργική σημασία στις συγκρίσεις διαφορετικών λιπάνσεων γιατί προσδιορίζει την αποτελεσματικότητα της λίπανσης. Ουσιαστικά μπορεί να ερμηνευτεί ως το ποσοστό της επιφανειακής λίπανσης που αξιοποιείται από το φυτό. Η αποτελεσματικότητα της λίπανσης με βάση τον δείκτη ANRE (%) είναι 29% για το YaraVera Amidas, 26% για την Ουρία με παρεμποδιστή DMPP και 13,7% για την κοινή Ουρία, φανερώνοντας σε απόλυτες τιμές τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα του YaraVera Amidas σε συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Ωστόσο, η μεταχείριση YaraMila Leopard/YaraVera Amidas και η YaraMila Leopard/Ουρία με παρεμποδιστή DMPP δεν έχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, όσο με την κοινή Ουρία.

Ο δείκτης της Αζωτούχου Γεωργικής Αποτελεσματικότητας – NAE, εκφράζει ουσιαστικά την παραγόμενη ποσότητα σπόρου ανά κιλό αζώτου λίπανσης. Η μεγαλύτερη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση YaraVera Amidas διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Για κάθε μονάδα αζώτου λίπανσης σε σχέση με το μάρτυρα πήραμε παραπάνω 13.36 κιλά σπόρου με το YaraVera Amidas, 12.25 κιλά με την Ουρία - DMPP και 9.6 κιλά με την κοινή Ουρία.

Συμπερασματικά, από τη μελέτη προκύπτει πως στη μεταχείριση YaraMila Leopard/YaraVera Amidas, περισσότερο άζωτο αξιοποιείται από τα φυτά του καλαμποκιού αλλά και μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου μεταφέρεται στον σπόρο τους όπου μετατρέπεται τελικά σε πρωτεΐνη.

Ο δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου $NUtE = \text{απόδοση σε σπόρο Kg/ha/N υπέργειο Kg/ha}$ καθώς και ο δείκτης αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας $NAE = \text{παραγόμενη ποσότητα σπόρου ανά κιλό αζώτου λίπανσης, επιβεβαιώνουν τα παραπάνω.}$

Η καλύτερη αξιοποίηση του αζώτου στη μεταχείριση YaraMila Leopard/YaraVera Amidas οφείλεται αφενός στη συνεργιστική δράση του αζώτου και θείου κατά την απορρόφηση των στοιχείων από τη ρίζα αλλά και στην τοπική οξίνιση του εδαφικού pH (που είναι πολύ αλκαλικό) στην περιοχή του ριζικού συστήματος που ευνοεί την καλύτερη αξιοποίηση όλων των θρεπτικών στοιχείων (Walter D. Carciocchi, Guillermo A. Divito, Lucrecia A. Fernández & Hernán E. Echeverría), αφετέρου στο γεγονός ότι συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, η διαθεσιμότητα του αζώτου στο έδαφος συμπίπτει καλύτερα με τις ανάγκες και τον χρόνο απορρόφησης του αζώτου από τα φυτά.

Όσον αφορά τον αποικισμό της μυκόρριζας, ο μάρτυρας είχε το μεγαλύτερο ποσοστό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Το γεγονός αυτό συνδέεται με τον δείκτη αλατότητας των λιπασμάτων που δρα αρνητικά στην ανάπτυξη της μυκόρριζας. Πειραματικά και βιβλιογραφικά μόνο οι οργανικές και οι φωσφορικές λιπάνσεις ευνοούν την ανάπτυξη της μυκόρριζας. Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρήθηκε στην αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους όπου ο δείκτης αλατότητας των λιπασμάτων δρα εξίσου ανασταλτικά. Στη μεταχείριση YaraMila Leopard/Ουρία με παρεμποδιστή DMPP παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μείωση της αναπνευστικής δραστηριότητας γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στον αναστολέα νιτροποίησης.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Δαλιάνης Κ. (1983). *Ανοιξιάτικα Σιτηρά*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη, σελ. 15-234.
- Διαγράμμα 1.2. Eltelib A. H., Hamad A. M., and Ali E.E., 2006. *The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on growth, yield, and quality of forage maize (Zea mays L.)*. J. Agron., 5 (3): 515-518.
- Διάγραμμα 1.3. Amhakhian S., Osemwota I., Iledun Ch. & Oyewole., 2012, *Response of maize (Zea mays L.) yield and yield components to rates of applied phosphorus fertilizer in the Guinea Savanna soils of Kogi State, Nigeria*. J. Bio., Agri. and Healthcare 2 (3): 36-46.
- Διάγραμμα 1.4. Bukhsh A.alias H. M. A., Ahmad R., Ishaque M. and Malik U. A., 2009, *Response of maize hybrids to varying potassium application in Pakistan*. Pak. J. Agri. Sci.46(3): 179 – 184.
- Διάγραμμα 1.5. Weil R. R. and Mughogho K. S. 2000. *Sulfur Nutrition of Maize in Four Regions of Malawi*. Agron. J. 92:649-656.
- Διάγραμμα 1.8. Zscheischler, M.C., Estler, M.C., Groß, F.,1990, *Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau. Wirtschaftliche Verwertung*.DLG Verlag, Germany.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο Ευρωπαϊκής Ένωσης, (2003). *Β ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 2003/2003 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ σχετικά με τα λιπάσματα*.
- Καραμάνος, Α. (1999). *Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων: Αραβόσιτος, σόργο, ρύζι, κεχρί*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Παπαζήση, σελ. 21-197.
- Κουκουλάκης Π.Χ., Παπαδόπουλος Α.Η. (2001). *Η ερμηνεία της ανάλυσης του εδάφους*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη, σελ. 24.
- Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. (2008). *Ειδική Γεωργία Ι - Τεύχος Α Σιτηρά Χειμερινά-Εαρινά*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, σελ. 183-274.
- Παπαστυλιανού Π.Θ., Μπιλάλης Δ., Τραυλός Η., Παπαθεοχάρη Α.Γ. (2015) *Ειδική Γεωργία ΙΙ, Εαρινά σιτηρά-βιομηχανικά-ελαιούχα φυτά και εαρινά ζιζάνια*. Αθήνα: Εκδόσεις ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ (ΣΕΑΒ), σελ. 10-18
- Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας Κύπρου (2009/10). *Οι Υδατικές ανάγκες των αρδευόμενων καλλιεργειών*.
- Andrew N. Sharpley, 2018. *Agriculture, Nutrient Management and Water Quality* (in Reference Module in Life Sciences)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018. *WORLD FOOD AND AGRICULTURE - STATISTICAL POCKETBOOK 2018*

François Mariotti, Daniel Tomé, Philippe Mirand. Converting Nitrogen into Protein – Beyond 6.25 and Jones’ Factors. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, Taylor & Francis, 2008, 48 (2), pp.177-184.

James F. Crow (1998). *90 Years Ago: The Beginning of Hybrid Maize*. *GENETICS* vol. 148 no. 3 923-928.

Russell, W.A., 1974. *Comparative performance for maize hybrids representing different eras of maize breeding*. *Proceedings of the Annual Corn and Sorghum Industrial Research Conference* 29: 81-101.

Ιστοσελίδες

Βικιπαίδεια. [Online] Available:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%B6%CF%89%CF%84%CE%BF#Βιολογική_σημασία_–_Κύκλος_του_αζώτου

Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2020, *ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ - ΕΤΗΣΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: Έτος 2018*. [Online] Available:

<https://www.statistics.gr/documents/20181/7215cd6b-e28b-e577-10af-31dced4dfb40>

Deutsches Maiskomitee (DMK). [Online] Available:

http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Europ%C3%A4ische_Union/Anbaufl%C3%A4che_Silomais

European Commission, 2020. *Statistical Factsheet Greece*. [Online] Available:

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming_fisheries/farming/documents/agri-statistical-factsheet-el_en.pdf

Food and Agricultural Organization of the United Nations. [Online] Available:

<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/maize/en/>

Food and Agricultural Organization of the United Nations. [Online] Available:

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010, *FAO Statistics*.

[Online] Available: <http://faostat.fao.org/>