

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



«Μελέτη της επίδρασης τύπων λιπασμάτων στην αύξηση και την παραγωγικότητα του αραβόσιτου στην Θεσσαλία, το 2011»

ΚΟΥΒΑΡΟΥ ΑΓΑΘΗ

ΒΟΛΟΣ 2014



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 12619/1
Ημερ. Εισ.: 15/05/2014
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ-ΦΠΑΠ
2014
ΚΟΥ

Η Τριμελής επιτροπή θα αποτελείται από τους:

κ. Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή, Επιβλέπων,

κα Ανθούλα Δημήρκου, Καθηγήτρια, Μέλος

κ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη, Διδάσκων ΠΔ407/80, Μέλος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους που συνέβαλλαν και βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Τις θερμές ευχαριστίες μου εκφράζω στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθεια του ώστε να έρθει εις πέρας το πείραμα αυτό.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κα. Δημήρκου Ανθούλα, μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, για τον χρόνο που αφιέρωσε στην πτυχιακή μου εργασία.

Επιπρόσθετα, ευχαριστώ θερμά το Διδάκτορα κ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη, επίσης μέλος της τριμελούς επιτροπής, για την πολύτιμη βοήθεια του και καθοδήγηση του ως προς τον τρόπο διεξαγωγής του πειράματος καθώς και για την σημαντική βοήθεια του κατά την επεξεργασία και συγγραφή της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά το Διδάκτορα κ. Γιαννούλη Κυριάκο για την πολύτιμη βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αραβόσιτος, είναι από τα πιο σημαντικά ετήσια εαρινά φυτά μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του αραβόσιτου διαδραματίζει η λίπανση, όπου οι απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία είναι μεγάλη.

Παρατηρήθηκε υπερβολική χρήση χημικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και εγκατάλειψη της αμειψισποράς, όταν, στο παρελθόν, μεγάλες επιδοτήσεις δόθηκαν για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, οι οποίες οδήγησαν στην εντατικοποίηση της. Βραχυχρόνια γίνεται φανερή η συνέπεια της εντατικοποίησης της καλλιέργειας, όπου οι μεγάλες φυτικές συγκομιδές συνδυάζονται με δραστικές λιπάνσεις. Για την καλύτερη αποτελεσματικότητα των λιπασμάτων θα πρέπει να γίνεται ορθολογική χρήση αυτών.

Η υπερβολική χρήση χημικών λιπασμάτων ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την νιτρορύπανση των υπόγειων υδάτων εξαιτίας βαθιάς διήθησης ή επιφανειακής απορροής του αζώτου. Στην προσπάθεια να περιοριστούν οι δυσμενείς επιπτώσεις από την υπερβολική χρήση λιπασμάτων, ιδιαίτερα των αζωτούχων, αναπτύχθηκαν νέες τεχνολογίες. Δύο από αυτές συνδυάζονται στα λιπάσματα Duratec της Compo. Τα λιπάσματα Duratec είναι πλήρη κοκκώδη λιπάσματα και αποτελούν ιδανικό συνδυασμό δύο καταξιωμένων και πολύ πετυχημένων τεχνολογιών λιπασμάτων, των σταθεροποιημένων τεχνολογίας Novatec και των περικαλυμμένων τεχνολογίας BasacotePlus.

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των νέων αυτών λιπασμάτων στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών καθώς και στο έδαφος, το 2011 εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός με την καλλιέργεια του αραβόσιτου στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο και εφαρμόστηκαν διάφοροι τύποι λιπασμάτων. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν 8 μεταχειρίσεις λίπανσης, σε 4 επαναλήψεις η καθεμία μεταχείριση. Οι μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν: α) Μάρτυρας (μηδενική λίπανση), β) Συμβατική λίπανση (15-15-15), γ) Duratec (14-7-14), δ) 80% Duratec (14-7-14), ε) 60% Duratec (14-7-14), ζ) Duratec (21-5-9), η) 70%

Duratec (21-5-9), θ) Duratec (24-5-5), ι) 70% Duratec (24-5-5). Οι ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε για το καλαμπόκι ήταν: PR31Y43 της PioneerHi-Bred με FAO 760.

Με βάση τις αναλύσεις φυτικών ιστών φαίνεται ότι το καλαμπόκι είναι αρκετά απαιτητικό φυτό σε άζωτο (N). Η αποδοτικότητα χρήσης του αζώτου με Duratec για το καλαμπόκι εμφανίζεται αυξημένη 15% κατά μέσο όρο.

Σχετικά με την απόδοση του καλαμποκιού οι μεταχειρίσεις του Duratec με άζωτο στο 100% της παραδοσιακής λίπανσης έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα και ειδικότερα μόνο με εφαρμογή βασικής λίπανσης (21-5-9 και 24-5-5).

Η πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από την ComproHellas A.E.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	8
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	8
1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	8
1.1.1 ΧΡΗΣΕΙΣ.....	9
1.1.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ.....	10
1.1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ.....	11
1.1.4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	17
1.1.5 ΤΥΠΟΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.....	18
1.1.6 ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.....	20
1.1.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΥΒΡΙΔΙΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.....	20
1.1.8 ΤΑ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΥΒΡΙΔΙΑ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ.....	23
1.1.9 ΛΙΠΑΝΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.....	26
1.2 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ.....	38
1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ.....	38
1.2.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ.....	42
1.2.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	45
1.2.4 ΛΟΓΟΣ ΑΖΩΤΟΥ-ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	47
1.2.5 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΚΑΛΙΟΥ.....	48
1.2.6 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ COMPROHELLAS.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	59
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	59
2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	59
2.2 ΛΙΠΑΝΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΑ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ.....	60
2.3 ΕΔΑΦΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ.....	62
2.4 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	62
2.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	62
2.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ ΑΥΞΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΩΝ.....	63
2.6.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ-ΞΗΡΑ ΒΑΡΗ.....	63
2.6.2 ΑΠΟΔΟΣΗ.....	64
2.6.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	64
2.7 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ-ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	65
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	65

3.1 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	65
3.2 ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ-ΑΠΟΔΟΣΗ	66
3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	72
3.4 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	76
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
Α. Ελληνική Βιβλιογραφία	77
Β. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ο αραβόσιτος είναι ένα ανοιξιάτικο σιτηρό στις χώρες με εύκρατο κλίμα και σπέρνεται (πυκνότητα σποράς 6.000-9.000 φυτά/στρέμμα) κατά κανόνα τον Απρίλιο ή το Μάιο. Στη χώρα μας, για την παραγωγή χλωρού χόρτου μπορεί να καλλιεργηθεί δύο φορές την ίδια περίοδο από τον Ιούνιο έως τον Οκτώβριο.

Ο αραβόσιτος (*Zeamays*L.) ανήκει στη φυλή *Maddeae*ή *Tripsaceae* της οικογένειας *Gramineae* και είναι το μοναδικό είδος του γένους *Zea*. Η φυλή *Maydae* περιλαμβάνει 8 γένη, 5 ανατολικής και 3 αμερικανικής προελεύσεως. Τα άλλα δύο αμερικάνικα γένη είναι το *Euchlaena* και *Tripsacum*, από τα οποία το *Euchlaena* θεωρείται ως οντογενετικά πλησιέστερο προς το *Zea* (έχουν και τα δύο γένη 10 χρωμοσώματα, ενώ το *Tripsacum* 18 ή 36). Είναι δυνατή η διασταύρωση του αραβόσιτου με το *Euchlaena* υπό φυσικές συνθήκες, ενώ με το *Tripsacum* μόνο υπό τεχνητές. Ο σημερινός αραβόσιτος θεωρείται ότι είναι προϊόν διασταυρώσεων μεταξύ του αρχικού προγόνου του αραβόσιτου και των δύο άλλων γενών, γεγονός που φαίνεται να έχει συμβάλει στην ετεροζυγωτία του φυτού. (Καραμάνος Α., 1992).

Υπάρχουν διάφορες θεωρίες σχετικά με την καταγωγή του αραβόσιτου. Η αρχική εμφάνιση του αραβόσιτου εντοπίζεται στην περιοχή μεταξύ κεντρικού Μεξικού και της χερσονήσου Γιουκατάν (σημερινή Ονδούρα) όπου οι αρχαιολογικές έρευνες εντόπισαν σε σπήλαια φυτικά υπολείμματα που καλύπτουν μία περίοδο από το 5200 π.Χ. μέχρι το 1536 μ.Χ. Από το Μεξικό, η καλλιέργεια του αραβόσιτου διαδόθηκε στην κεντρική και νότια Αμερική.

Πλέον, τόπος καταγωγής του αραβόσιτου θεωρείται, πέραν από το Μεξικό, η κεντρική Αμερική, όπου απαντάται σε μεγάλη ποικιλία τύπων μαζί με άλλα

συγγενή είδη (*Euchlaena* και *Tripsacum*). Παλαιά ευρήματα καλλιέργειας του αραβόσιτου ανακαλύφθηκαν στην περιοχή των Άνδεων της Ν. Αμερικής, όπου αναπτύχθηκαν οι προκολομβιανοί πολιτισμοί των Ινδιάνων. (Α.Γ. Σφήκας, 1984).

1.1.1 ΧΡΗΣΕΙΣ

Το καλαμπόκι καλλιεργείται για την παραγωγή τόσο των σπερμάτων -που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία ως πηγή αμύλου, γλυκόζης, λαδιού, κ.α., καθώς και στην κτηνοτροφία ως ζωοτροφή-, όσο και για την παραγωγή χλωρού χόρτου, που μπορεί να χορηγείται όπως έχει στα ζώα ή μετά από ενσίρωση.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν τα χλωρά στελέχη του φυτού για τη διατροφή των ζώων κατά το θέρος ή για ενσίρωση και διατροφή των ζώων κατά το χειμώνα. Στη δεύτερη περίπτωση, τα στελέχη κόβονται προτού το περιεχόμενο των σπόρων πήξει, όταν ακόμα είναι ρευστό σα γάλα. Στην περίπτωση που το καλαμπόκι ταιΐζεται χλωρό και εφόσον η βροχόπτωση επαρκεί ή γίνεται άρδευση και το χωράφι λιπαινεται άφθονα, μπορεί αμέσως μετά τον θερισμό να ξαναγίνει σπορά και έτσι να ληφθούν δύο και τρεις συγκομιδές μέσα στην ίδια καλλιεργητική περίοδο.

Υπολογίζεται ότι ο αραβόσιτος για παραγωγή βιομάζας καταλαμβάνει το 10-15% της ολικής καλλιεργούμενης έκτασης στις ΗΠΑ. Στην Ελλάδα, το ανάλογο ποσοστό ήταν περίπου 3,1% κατά μέσο όρο στη 15ετία 1963-77 και πολύ μικρότερο σήμερα. Σημειώνεται πάντως μια αυξανόμενη τάση καλλιέργειας για ενσίρωση τα τελευταία χρόνια. Αντίθετα, στις χώρες της βορειοδυτικής Ευρώπης (Μ. Βρετανία, Βέλγιο, Γερμανία, Ολλανδία) ο αραβόσιτος καλλιεργείται κυρίως για παραγωγή βιομάζας, δεδομένου ότι στα κλίματα αυτά η παραγωγή καρπού δεν ευνοείται.

1.1.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Το καλαμπόκι είναι ένα φυτό που παρουσιάζει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην Ελλάδα. Σε ολόκληρο τον κόσμο το 2006 η καλλιέργεια αραβοσίτου κατέλαβε έκταση 1400 εκατομμυρίων στρεμμάτων και η παγκόσμια παραγωγή ανήλθε στα 695 εκατομμύρια τόνους.

Στην Ελλάδα, το 2006 καλλιεργήθηκαν 1,9 εκατ. στρ. με παραγωγή 1,7 εκατομ. tn και με μέση απόδοση 900Kg σπόρου/στρ. (Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2008). Το καλαμπόκι έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό για ικανοποιητική παραγωγή και στη χώρα μας καλλιεργείται αποκλειστικά σε αρδευόμενες εκτάσεις και μάλιστα σε περιοχές όπου υπάρχει άφθονο νερό και αρδευτικά δίκτυα, όπως στη Μακεδονία, τη Θράκη και τη Δ. Στερεά Ελλάδα. Σε περιοχές όπου το νερό είναι αντλούμενο και το κόστος άρδευσης υψηλό π.χ. στη Θεσσαλία η καλλιεργούμενη έκταση είναι μικρότερη.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα καλλιεργούμενα στρέμματα για το έτος 2013, όσον αφορά τη Θεσσαλία, καθώς και οι εκτιμήσεις για το έτος 2014.

Πίνακας 1.1. Καλλιεργούμενα στρέμματα καλαμποκιού στη Θεσσαλία.

(Πηγή: στοιχεία εταιρείας DEKALB)

ΝΟΜΟΣ	ΣΤΡ. 2013	ΣΤΡ.2014 (ΠΡΟΒΛΕΨΗ)
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	60.000	40.000
ΜΑΓΝΗΣΙΑ	20.000	12.000
ΤΡΙΚΑΛΑ	100.000	90.000
ΛΑΡΙΣΑ	150.000	120.000

1.1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ

Είναι ετήσιο, ψηλό φυτό με χοντρό όρθιο και συμπαγή βλαστό, στενά και μακριά φύλλα σε σχήμα σπαθιού και κυματιστά άκρα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο, έχει δε την ονομασία φόβη. Η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται σπάδικας. Στη συνέχεια τη θέση των ανθών παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από φύλλα ενώ στη κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από πολλές μακριές τριχοειδείς κλωστές.

Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα αποτελείται από εμβρυακές, μόνιμες και εναέριας ρίζες.

- 1) Εμβρυακές ρίζες: διακρίνονται στην πρωτογενή εμβρυακή, που προέρχεται από την επιμήκυνση του ριζιδίου του εμβρύου, και στις δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες, οι καταβολές των οποίων βρίσκονται στο μεσοκοτύλιο. Οι τελευταίες εκφύονται κατά ζεύγη και έχουν ως σκοπό τους τον πληρέστερο εφοδιασμό του φυταρίου με νερό και ανόργανα άλατα. Σε περίπτωση καταστροφής της πρωτογενούς ρίζας, οι δευτερογενείς παίζουν ρόλο αντικαταστάτη, ενώ υπάρχει και περίπτωση ποικιλίας αραβοσίτου της οποίας το έμβρυο δεν έχει ριζίδιο και επομένως οι δευτερογενείς εμβρυακές αντικαθιστούν τελείως την πρωτογενή ρίζα. Οι εμβρυακές ρίζες μπορούν να παραμείνουν ενεργές σε όλη τη ζωή του φυτού και φθάνουν σε βάθος 1,5 μ.
- 2) Μόνιμες ρίζες: αποτελούν την κύρια μάζα του ριζικού συστήματος του φυτού. Εκφύονται αμέσως κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, από τον λαιμό του φυτού που αποτελείται από τα πολύ βραχεία μεσογονάτια των πρώτων 7-8 κόμβων, μεταξύ του μεσοκοτυλίου και της επιφάνειας του εδάφους. Η μικρή επιμήκυνση των μεσογονατίων αυτών δημιουργεί έναν σχηματισμό μορφής ανεστραμμένου κώνου με τους

διαδοχικούς κόμβους τοποθετημένους κατά μήκος του. Οι μόνιμες ρίζες εκφύονται γύρω από τον καθένα από τους υπόγειους αυτούς κόμβους και έχουν τάση να προχωρούν οριζόντια, συνήθως μέχρι μια ακτίνα 30-60 εκ. από το στέλεχος και κατόπιν να κάμπτονται κατακόρυφα και να εισχωρούν σε βαθύτερα στρώματα.

- 3) Εναέριες ρίζες: εκφύονται από τους πρώτους 2-3 κόμβους επάνω από την επιφάνεια του εδάφους κατά τα τελευταία στάδια της βλαστικής ανάπτυξης του φυτού. Όταν φθάσουν στην επιφάνεια του εδάφους εισχωρούν μέσα σε αυτό και αποκτούν τη λειτουργικότητα φυσιολογικών ριζών. Το εναέριο τμήμα τους καλύπτεται από μία γλοιώδη ουσία που τις προστατεύει από αφυδάτωση. Ο αριθμός των εναέριων ριζών, όπως επίσης και ο αριθμός των κόμβων από τους οποίους παράγονται, ποικίλλει στις διάφορες ποικιλίες, αλλά εξαρτάται και από την πυκνότητα της φυτείας και τη θρεπτική κατάσταση των φυτών (Καραμάνος Α., 1999)

Στέλεχος

Το στέλεχος του αραβόσιτου, όπως και των άλλων σιτηρών, αποτελείται από κόμβους και μεσογονάτια. Το μήκος των μεσογονατίων βαίνει αυξανόμενο καθώς προχωρούμε από τη βάση προς την κορυφή του φυτού. Τα μεσογονάτια που βρίσκονται προς την κορυφή του φυτού είναι σχεδόν κυλινδρικά, ενώ εκείνα που βρίσκονται προς κοντά στη βάση φέρουν ένα χαρακτηριστικό αυλάκι. Τα αυλάκια των μεσογονατίων παρατηρούνται εναλλάξ κατά μήκος του στελέχους. Σε αντίθεση προς τα άλλα σιτηρά, το στέλεχος του αραβόσιτου είναι πλήρες με μαλακή εντεριώνη, η οποία όμως δεν δίνει καμία πρόσθετη αντοχή στο στέλεχος.

Από τη βάση κάθε μεσογονατίου, εκτός του τελευταίου, εκφύεται ένας οφθαλμός. Οι οφθαλμοί βρίσκονται στη βάση των αυλακιών. Οι οφθαλμοί που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους όταν αναπτυχθούν δίνουν γένεση σε σπάδικες, ενώ οι οφθαλμοί που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια

του εδάφους δίνουν γένεση σε νέα στελέχη. Τα στελέχη αυτά καλούνται αδέρφια (Δαλιάνης Κ., 1999).

Η ικανότητα για ανάπτυξη αδελφιών από τους κατώτερους οφθαλμούς διαφέρει πολύ μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών του αραβόσιτου. Υπάρχουν ποικιλίες που δε σχηματίζουν καθόλου ή σχηματίζουν λίγα αδέρφια και άλλες που σχηματίζουν πολυάριθμα κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες. Σε άλλες ποικιλίες τα αδέρφια είναι μορφολογικά όμοια με το κυρίως στέλεχος και φέρουν σπάδικες, ενώ σε άλλες δε σχηματίζουν ταξιανθίες. Παρά το γεγονός ότι αναπτύσσουν δικό τους ριζικό σύστημα, παραμένουν ενωμένα με τον αγωγό ιστό του κεντρικού στελέχους. Γενικά, οι περισσότεροι από τους καλλιεργούμενους βιότυπους αραβοσίτου έχουν τάση να μη σχηματίζουν ή να σχηματίζουν λίγα αδέρφια γεγονός που οφείλεται στις γενεαλογικές επιλογές που έγιναν με αντικειμενικό σκοπό την παραγωγή μεγαλύτερων σπάδικων.

Η δομή του στελέχους, σε συνδυασμό με την εντεριώνη που γεμίζει εσωτερικά τον βλαστό και τις εναέριες ρίζες, προσδίδει αντοχή στο πλάγιασμα και συμπάγεια στον βλαστό, ιδιότητες που είναι απαραίτητες εάν ληφθεί υπόψη ότι το ύψος σε ορισμένους γονότυπους μπορεί να υπερβεί τα 4m και στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις τα 2-2,5m. Η διακύμανση αυτή εκτός από τους γενετικούς παράγοντες έχει άμεση σχέση με τις κλιματολογικές συνθήκες των περιοχών.

Φύλλα

Τα φύλλα του αραβόσιτου εκφύονται κατ' εναλλαγή από τους κόμβους του στελέχους. Κάθε φύλλο αποτελείται από τον κολεό και το έλασμα. Ο κολεός περιβάλλει το μεσογονάτιο μέχρι τον επόμενο προς τα πάνω κόμβο. Το έλασμα στην πάνω επιφάνεια φέρει πολλές μικρού μεγέθους τρίχες και είναι τραχύ. Η κάτω επιφάνεια στερείται τριχών και είναι λεία (Δαλιάνης Κ., 1999)

Το έλασμα, όπως σε όλα τα αγρωστώδη, είναι παραλληλόνευρο με πολύ ανεπτυγμένο κεντρικό νεύρο. Ανατομικά, το έλασμα αποτελείται από την επάνω και την κάτω επιδερμίδα και το μεσόφυλλο. Και οι δύο επιδερμίδες

είναι μονόστρωμες και αποτελούνται από κύτταρα επιμήκη με τον κύριο άξονα παράλληλο προς τα νεύρα. Στην επάνω επιδερμίδα και κατά θέσεις παρατηρούνται τα μηχανικά ή κύτταρα συστροφής, τα οποία υποβοηθούν το έλασμα να διπλώνεται και να ξεδιπλώνεται ανάλογα με τις μεταβολές στη σπαργή τους. Το δίπλωμα θεωρείται ότι σχετίζεται με την ελάττωση των απωλειών νερού μέσω διαπνοής. Η αντίδραση αυτή του φυτού στην ξηρασία προκαλεί μια μείωση της επιφάνειας του φύλλου που δέχεται την ενέργεια εξάτμισης. Παρόλα αυτά, το γεγονός ότι η κάτω επιδερμίδα φέρει περισσότερα στομάτια απ' ό,τι η επάνω, ελαττώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της αντίδρασης αυτής γιατί οι απώλειες νερού δεν περιορίζονται σημαντικά.

Το μήκος των φύλλων κυμαίνεται μεταξύ 30 και 150 εκατοστών, ενώ το πλάτος μπορεί να ανέλθει μέχρι και 15 εκατοστά. Ο αριθμός των φύλλων κυμαίνεται από 8 έως 44 ανάλογα με την ποικιλία και την περιοχή. Στις βόρειες περιοχές παρατηρούνται λιγότερα και στις νοτιότερες περισσότερα φύλλα.

Ταξιανθία

Ο αραβόσιτος είναι φυτό μόνοικο-δίκλινο του οποίου τα άνθη σχηματίζουν ταξιανθίες.

Αρσενική ταξιανθία

Η αρσενική ταξιανθία του αραβόσιτου είναι φόβη και ο κεντρικός της άξονας αναπτύσσεται ως προέκταση του άκρου του βλαστού. Υπάρχουν επίσης και πλευρικές διακλαδώσεις οι οποίες διατάσσονται ελικοειδώς γύρω από τον κεντρικό άξονα. Κατά μήκος τόσο των πλευρικών διακλαδώσεων όσο και του ανώτερου άκρου του κεντρικού άξονα εκφύονται τα σταχύδια, κυρίως κατά ζεύγη. Κάθε ζεύγος αποτελείται από ένα έμμισχο και ένα άμισχο σταχύδιο. Κάθε σταχύδιο περιέχει δύο άνθη τα οποία περικλείονται από τα χνοώδη, ωοειδή λέπυρα του σταχυδίου. Κάθε άνθος περιβάλλεται από τον χιτώνα και την λεπίδα, τα άκρα των οποίων αλληλεπικαλύπτονται στα ανώριμα άνθη και περικλείουν στο εσωτερικό τους τρεις στήμονες, έναν μη ανεπτυγμένο ύπερο

και δύο μικρές γλωχίνες, οι οποίες είναι κατάλοιπα του περιανθίου που πιθανότατα υπήρχε στους εξελικτικά ατελέστερους προγόνους του αραβόσιτου.

Κάθε ανθήρας περιέχει περίπου 2000-2500 γυρεόκοκκους αρκετά μεγάλου μεγέθους, δηλαδή παράγονται περίπου 15000 γυρεόκοκκοι σε κάθε σταχύδιο. Υπολογίζεται ότι μία φόβη παράγει 2-5 εκατομμύρια γυρεόκοκκους, αν και ο αριθμός αυτός είναι και συνάρτηση του γονότυπου.

Η φόβη, που συνήθως έχει μήκος περί τα 30 εκατοστά, είναι εξαιρετικά εύθραυστη στο σημείο συνένωσης του ποδίσκου της με το άκρο του βλαστού. Η ιδιότητα αυτή είναι πολύ χρήσιμη στις περιπτώσεις που πρέπει να αφαιρείται η φόβη.

Θηλυκή ταξιανθία

Ο αραβόσιτος αναπτύσσει μία ή περισσότερες θηλυκές ταξιανθίες, τους σπάδικες, πλευρικά επάνω σε βραχείες διακλαδώσεις του κεντρικού στελέχους που αναπτύσσονται περίπου στο μέσο του βλαστού. Η ανάπτυξη παραγωγής σε πλευρική διακλάδωση του βλαστού είναι σπάνια περίπτωση ανάμεσα στα καλλιεργούμενα φυτά και, από την άποψη αυτή, ο αραβόσιτος αποτελεί μια αξιόλογη εξαίρεση. Μία πιθανή εξήγηση αυτού του φαινομένου αποτελεί το βάρος του σπάδικα που είναι ασύγκριτα μεγαλύτερο από εκείνο των στάχων των άλλων σιτηρών.

Ο σπάδικας στην ουσία είναι στάχης με παχυμένο τον κεντρικό άξονα (ράχη). Στην περιφέρεια του βρίσκονται διατεταγμένα κατά ζεύγη σταχύδια τα οποία τον διελαύνουν κατά μήκος από την βάση προς την κορυφή. Τα σταχύδια προσφύονται στον κεντρικό άξονα με πολύ βραχείς μίσχους. Κάθε σπάδικας φέρει 2-15 ή και περισσότερα ζεύγη σταχυδίων περιφερειακά, ανάλογα με τον γονότυπο και τις εξωτερικές συνθήκες. Είναι επίσης δυνατό να υπάρχει διαφορετικός αριθμός ζευγών σταχυδίων και σε διαφορετικούς σπάδικες του ίδιου φυτού. Αυτό σημαίνει ότι ο σπάδικας μετά τη γονιμοποίηση θα φέρει περιφερειακά 4-30 καρπούς ή γενικότερα άρτιο αριθμό καρπών με την προϋπόθεση ότι θα γονιμοποιηθούν και τα δύο σταχύδια. Εάν παρατηρηθεί

σπάδικας με περιττό αριθμό καρπών σημαίνει ότι το ένα από τα δύο μέλη του ζεύγους των σταχυδίων δεν γονιμοποιήθηκε ή καταστράφηκε για οποιοδήποτε λόγο. Κατά μήκος του σπάδικα υπάρχουν περίπου 30-50 σταχύδια. Επομένως ο σπάδικας έχει τη δυνατότητα να παράγει 150-1500 καρπούς, αλλά συνήθως παράγονται 300-1000.

Κάθε σταχύδιο περιβάλλεται από δύο σαρκώδη και βραχέα λέπυρα που δεν το περικλείουν τελείως και περιέχει δύο άνθη από τα οποία μόνο το ένα είναι γόνιμο. Κάθε άνθος αποτελείται εξωτερικά από τον χιτώνα και τη λεπίδα και εσωτερικά από τον ύπερο. Γλωχίνες υπάρχουν, αλλά είναι ελάχιστα ανεπτυγμένες. Ο ύπερος αποτελείται από μια μάλλον σφαιρική ωοθήκη που καταλήγει σε έναν πολύ επιμήκη νηματοιδή στύλο που διχάζεται στην κορυφή του. Στο ανώτερο τμήμα, ο νηματοιδής στύλος φέρει μικρά τριχοειδή στίγματα με κολλώδη υφή, επάνω στα οποία θα επικαθήσουν οι γυρεόκοκκοι.

Κόκκος

Ο κόκκος του καλαμποκιού έχει σχήμα σφαιρικό, κωνικό, ωοειδές, τριγωνικό ή πεπλατυσμένο, είναι καρύοψη, δηλαδή καρπός ξηρός, μονόσπερμος με περικάρπιο περγαμνοειδές που συμφύεται με το σπόρο.

Ο κόκκος αποτελείται από το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Κάθε ένα από αυτά έχει μια διαφορετική κληρονομική σύσταση. Ειδικότερα το περικάρπιο αποτελείται από ιστούς του μητρικού φυτού από το οποίο παρήχθει ο κόκκος, το ενδοσπέρμιο κληρονομεί τα 2/3 από το μητρικό και το 1/3 από το πατρικό φυτό και το έμβρυο δέχεται ίσες συνεισφορές και από τους δύο γονείς.

Το *περικάρπιο*: προστατεύει το εσωτερικό του καρπού από προβολές διαφόρων παθογόνων.

Το *ενδοσπέρμιο*: παίζει το ρόλο της αποθήκης των θρεπτικών ουσιών που είναι απαραίτητες για τη συντήρηση και ανάπτυξη των φυταρίων μετά τη βλάστηση του σπόρου.

Το *έμβρυο*: αποτελεί σε μικρογραφία το νεαρό φυτό και είναι το προϊόν της εξέλιξης του ζυγωτού κυττάρου. Αποτελείται από τον εμβρυακό άξονα και το ασπίδιο.

Το χρώμα του κόκκου οφείλεται στο περίβλημα, την αλευρώνη ή το ενδοσπέρμιο και ποικίλει από λευκό έως μαύρο.

1.1.4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

A. Θερμοκρασία

Ο αραβόσιτος χαρακτηρίζεται ως φυτό θερμών κλιμάτων. Δεν αναπτύσσεται σε περιοχές με μέση θερμοκρασία θέρους χαμηλότερη από 19°C και μέση θερμοκρασία νύχτας κατά τους θερινούς μήνες από 13°C. Υπολογίζεται ότι για την απόλυτη ανάπτυξη του είναι απαραίτητη μια περίοδος περίπου 120 ημερών χωρίς παγετό. Για το φύτεμα των σπόρων η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 10°C και η άριστη γύρω στους 20°C. Η βλαστική ανάπτυξη αυξάνεται σχεδόν γραμμικά με τη θερμοκρασία από τους 15°C έως τους 24-30°C.

B. Υγρασία

Οι απαιτήσεις του αραβόσιτου σε νερό για μια ικανοποιητική παραγωγή κυμαίνονται από 440-800 mm στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου. Επομένως, με την προϋπόθεση ότι το έδαφος είναι επαρκώς εφοδιασμένο με νερό πριν από τη σπορά, χρειάζονται τουλάχιστον 375-400 mm βροχής κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Για να είναι πραγματικά ωφέλιμη η βροχόπτωση αυτή θα πρέπει να κατανέμεται κυρίως στη περίοδο που η καλλιέργεια έχει μέγιστη υδατοκατανάλωση, δηλαδή στη περίοδο που τα φυτά έχουν αναπτύξει τελείως το φύλλωμά τους.

Γ. Φωτοπερίοδος

Ο αραβόσιτος θεωρείται λόγω της καταγωγής του, φυτό βραχείας ημέρας. Μεγάλες ημέρες προκαλούν αύξηση στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μεγάλη ανάπτυξη του φυτικού σώματος (ύψος φυτών, αριθμός φύλλων) και την πολύ όψιμη εμφάνιση ταξιανθιών, γεγονότα που συνδέονται άμεσα με τη σημαντική μείωση ή ακόμη και την εκμηδένιση της παραγωγής του καρπού.

Δ. Έδαφος

Υφή: Το ιδανικό έδαφος για τον αραβόσιτο είναι βαθύ, μέσης σύστασης, με καλή στράγγιση και μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Ένα τέτοιο έδαφος επιτρέπει την ανάπτυξη του εκτεταμένου ριζικού συστήματος του φυτού και επομένως και τον καλύτερο εφοδιασμό του φυτού με νερό και ανόργανα συστατικά.

Αντίδραση: Το άριστο pH βρίσκεται μεταξύ του ελαφρά όξινου έως ουδέτερου, δηλαδή 5,6-7,5.

Αλατότητα: Ο αραβόσιτος περιλαμβάνεται στα φυτά που θεωρούνται σχετικά ευαίσθητα στην παρουσία αλάτων στο έδαφος και στο νερό άρδευσης. Η ευαισθησία του φυτού δεν είναι ομοιόμορφη σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του. Ο αραβόσιτος είναι αρκετά ανθεκτικός στα άλατα κατά το φύτεμα του, όπου παρατηρείται μια επιβράδυνση του φυτρώματος, χωρίς όμως καταστρεπτικά αποτελέσματα στα φυτάρια.

1.1.5 ΤΥΠΟΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Ο αραβόσιτος κατατάσσεται, βάσει των χαρακτηριστικών του ενδοσπερμίου, σε επτά ομάδες ή τύπους. Η ταξινόμηση του αραβόσιτου σε ομάδες πραγματοποιείται ανάλογα της μορφολογίας του κόκκου, της δομής του αμύλου και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του.

1) Σκληρό καλαμπόκι (τύπος FLINT):

Το ενδοσπέρμιο του τύπου αυτού είναι σκληρό(κερατοειδές) κατά το μεγαλύτερο ποσοστό ενώ το μαλακό τμήμα είναι πολύ περιορισμένο. Συνήθως ο τύπος FLINT είναι πρωϊμότερος από τον DENT, φυτρώνει καλύτερα, έχει καλύτερη αρχική ευρωστία και περισσότερα αδέλφια. Στον τύπο αυτό ανήκουν σχεδόν όλοι οι ελληνικοί πληθυσμοί και τα πρώτα ελληνικά υβρίδια που καλλιεργήθηκαν μέχρι το 1978 στη χώρα μας.

2) Οδοντόμορφο καλαμπόκι (τύπος DENT)

Το ενδοσπέρμιο του τύπου αυτού είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό μαλακό και μόνο στις πλευρές το ενδοσπέρμιο είναι σκληρό. Στην κορυφή ο σπόρος έχει βαθούλωμα που του δίνει το σχήμα δοντιού. Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος καλαμποκιού. Όλα τα απλά υβρίδια που καλλιεργούνται σήμερα στη χώρα μας ανήκουν στον τύπο αυτό. Είναι παραγωγικότερος από τον σκληρό τύπο.

3) Γλυκό καλαμπόκι:

Το άμυλο έχει μετατραπεί σε διαλυτό σάκχαρο γι' αυτό στην ωρίμανση συρρικνώνεται. Καταναλώνεται φρέσκο από τον άνθρωπο.

4) Pop corn:

Το ενδοσπέρμιο του είναι κυρίως σκληρό με πολύ μικρό μέρος μαλακό. Οι κόκκοι όταν θερμανθούν σκάζουν και παράγουν το γνωστό μας ποπ-κορν που καταναλώνεται από τον άνθρωπο.

5) Αλευρώδες καλαμπόκι:

Όλο το ενδοσπέρμιο είναι αλευρώδες. Καλλιεργείται σε πολύ μικρές εκτάσεις κυρίως στις Η.Π.Α.

6) Κηρώδες καλαμπόκι:

Το άμυλο του καλαμποκιού αυτού αποτελείται από αμυλοπηκτίνη ενώ στους άλλους τύπους καλαμποκιού το άμυλο αποτελείται από 72% αμυλοπηκτίνη και 28% αμυλόζη. Χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες αμύλου.

7) Καλυμμένο καλαμπόκι:

Οι κόκκοι του καλαμποκιού αυτού περιβάλλονται από μικρά λέπυρα. Θεωρείται ο πρωτόγονος τύπος καλαμποκιού. Δεν έχει οικονομική σημασία (Δαναλάτος Ν., 2009).

1.1.6 ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Η ανάπτυξη του καλαμποκιού χωρίζεται σε δύο διακεκριμένες φάσεις, στη φάση της βλαστικής ανάπτυξης και στη φάση της ανάπτυξης του κόκκου. Η πρώτη φάση μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις περιόδους. Η κάθε μια από αυτές τις τρεις περιόδους μπορεί να διαχωριστεί ευκρινώς από την άλλη. Οι περίοδοι αυτές είναι από τη σπορά μέχρι την έξοδο των φυτών πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, από την έξοδο μέχρι την άνθηση της φόβης και από την άνθηση της φόβης μέχρι την άνθιση του σπάδικα.

1.1.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΥΒΡΙΔΙΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της γεωργίας σε παγκόσμια κλίμακα θεωρείται και η δημιουργία των υβριδίων αραβόσιτου. Τα υβρίδια αραβόσιτου, που δίνουν πολύ μεγαλύτερες αποδόσεις και υπερτερούν σε πολλά άλλα σημεία των ντόπιων πληθυσμών, σε μερικές χώρες αντικατέστησαν σχεδόν εξ' ολοκλήρου τους ντόπιους πληθυσμούς. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου και πρωτοαναπτύχθηκαν τα υβρίδια, σήμερα καταλαμβάνουν το 98% των καλλιεργούμενων με αραβόσιτο εκτάσεων.

Στην Ελλάδα η επέκταση των υβριδίων καθυστέρησε σε σύγκριση με πολλές άλλες χώρες της Ευρώπης. Στην αρχή καλλιεργήθηκαν με επιτυχία υβρίδια αμερικάνικης προελεύσεως που προσαρμόζονται σε διάφορες οικολογικές περιοχές της χώρα.

Η δημιουργία των υβριδίων περιλαμβάνει:

- Τη βελτίωση πληθυσμών καλαμποκιού, οι οποίοι αποτελούν το αρχικό υλικό επιλογής των φυτών με επιθυμητά αγρονομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά, για τη δημιουργία των καθαρών σειρών. Συνήθως περιλαμβάνονται πληθυσμοί οι οποίοι έχουν διαφορετική προέλευση, γιατί καθαρές σειρές προερχόμενες από πληθυσμούς διαφορετικής προέλευσης, δίδουν αποδοτικότερα υβρίδια.
- Τη δημιουργία καθαρών σειρών, με διαδοχικές αυτογονιμοποιήσεις, για 5-6 χρόνια, των φυτών που έχουν επιλέγει από τους βελτιωμένους πληθυσμούς, οπότε επιτυγχάνεται σχεδόν η πλήρης ομοζυγωτία αυτών.
- Την εκτίμηση της ειδικής συνδυαστικής ικανότητας των καθαρών σειρών, οι οποίες δημιουργούνται, για να αναγνωρίσουμε τους ειδικούς συνδυασμούς αυτών, που μας δίνουν τα πιο αποδοτικά απλά υβρίδια. Η εκτίμηση της συνδυαστικής ικανότητας αυτών γίνεται με τις διαλληλικές διασταυρώσεις, όπου οι καθαρές σειρές χωρίζονται σε ομάδες των 6-7 σειρών ανάλογα με την πρωιμότητα και την προέλευσή τους και διασταυρώνονται σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μεταξύ τους. Από τη συμπεριφορά των υβριδίων της διαλληλικής διασταύρωσης, εκτιμάται η συνδυαστική ικανότητα των καθαρών σειρών.

Η βελτίωση του καλαμποκιού στην Ελλάδα άρχισε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, στο Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, με τη δημιουργία διπλών υβριδίων όπως το ΙΣ-228 και το ΙΣ-848. Μετά το 1970 η βελτιωτική προσπάθεια στράφηκε στην δημιουργία απλών παραγωγικών υβριδίων όπως ο Άρης, ο Δίας, η Ανθίπη κ.α. Τα Ελληνικά υβρίδια, επειδή δημιουργήθηκαν στις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα παραγωγής από έτος σε έτος και δίνουν μεγαλύτερη παραγωγή σε σχέση με τα εισαγόμενα, όταν οι συνθήκες καλλιέργειας είναι σχετικά αντίξοες. (Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2008)

ΠΡΩΙΜΟΤΗΤΑ ΥΒΡΙΔΙΩΝ-ΔΕΙΚΤΗΣ F.A.O.

Η πρωιμότητα των υβριδίων δηλώνεται παγκόσμια με έναν αριθμό, το δείκτη FAO και προκύπτει από τις θερμικές μονάδες (ΘΜ) που απαιτεί κάθε υβρίδιο για να φθάσει από τη σπορά μέχρι το μετάξωμα με θερμοκρασία βάσης 10°C. Έτσι για χρονικό διάστημα n ημερών ο δείκτης FAO υπολογίζεται ως εξής:

$$FAO (\Theta M) = \sum_{i=1}^n [(T_{\max} + T_{\min})/2 - 10^{\circ}C]$$

Ανάλογα με τις τιμές του δείκτη FAO, τα υβρίδια κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες ομάδες πρωιμότητας:

- Μικρού βιολογικού κύκλου (μέχρι 450)
- Μέσου βιολογικού κύκλου (500-600)
- Μεγάλου βιολογικού κύκλου (από 650 και επάνω)

Τα μικρού βιολογικού κύκλου υβρίδια είναι κατάλληλα για επίσπορες καλλιέργειες ή για περιοχές με πολύ μικρή διάρκεια καλλιεργητικής περιόδου (ψυχρές ή ορεινές περιοχές). Αντίθετα, τα υβρίδια μεγάλου βιολογικού κύκλου μπορούν να καλλιεργούνται στις θερμότερες περιοχές.

Παρά το γεγονός ότι τα παραγωγικότερα υβρίδια είναι τα μεγάλου βιολογικού κύκλου, η επιλογή τους δεν πρέπει να γίνεται αβασάνιστα, όπως δυστυχώς γίνεται συχνά από τους καλλιεργητές, αλλά μετά από συνεκτίμηση και των εξής στοιχείων:

- 1) Την πιθανότητα επικράτησης υγρών ή βροχερών συνθηκών νωρίς το φθινόπωρο. Οι συνθήκες αυτές θα εμποδίσουν την φυσική ξήρανση των καρπών επάνω στο φυτό.
- 2) Το χρόνο σποράς της επόμενης καλλιέργειας, εάν αυτή δεν πρόκειται να είναι φθινοπωρινή. Προφανώς ο δείκτης FAO του υβριδίου θα

πρέπει να μην είναι υπερβολικά μεγάλος, ώστε να επιτραπεί η έγκαιρη προετοιμασία του εδάφους.

- 3) Τον προβλεπόμενο χρόνο σποράς του υβριδίου. Εάν η σπορά γίνει πρώιμα (νωρίτερα από τις 20 Απριλίου στα θερμότερες περιοχές), τότε μπορεί να επιλεγούν υβρίδια με δείκτη FAO ανώτερα από 700. (Καραμάνος Α., 1993)

1.1.8 ΤΑ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΥΒΡΙΔΙΑ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Στην αγορά υπάρχουν παρά πολλά διαθέσιμα υβρίδια από διάφορες σποροπαραγωγικές εταιρίες, οπότε ο καλλιεργητής θα πρέπει να είναι σε θέση να διαλέγει το καταλληλότερο υβρίδιο, το οποίο μαζί με τη σωστή τεχνική καλλιέργειας να του εξασφαλίσει μια ικανοποιητική απόδοση.

Τα πιο διαδεδομένα υβρίδια στη περιοχή της Θεσσαλίας είναι:

- Από την εταιρία SYGENTA:
 - 1) **NKArma**: υβρίδιο 130 ημερών ιδανικό και για σπυρί και για ενσίρωμα. Σπέρνεται στα 16-17 εκ.. Υγιές φυτό με μεγάλη αντοχή σε καιρικές αντιξοότητες και ασθένειες. Χοντρό και δυνατό καλάμι έντονο πράσινο μέχρι την ωρίμανση του φυτού. Πλούσια φυλλική επιφάνεια, βαθύ ριζικό σύστημα. Βαρύ σπυρί πολύ μεγάλων διαστάσεων και αποδόσεων. Πολύ ψηλό δυναμικό παραγωγής σε καρπό.
 - 2) **NKGigantic**: υβρίδιο μεγάλου βιολογικού κύκλου 136-138 ημερών. Σπέρνεται στα 16-17 εκ.. Πλούσια φυτομάζα, δυνατό καλάμι που μένει πράσινο μέχρι την ωρίμανση. Χοντρή ρόκα 16-18 σειρών υψηλού δυναμικού παραγωγής. Ιδανικό για παραγωγούς που θέλουν πολύ υψηλές αποδόσεις στα ενσιρώματα.
 - 3) **NKfactor**: υβρίδιο 127 ημερών που σπέρνεται πυκνά στα 16 εκ. λόγω του ιδιαίτερου όρθιου φυλλώματος του. Άριστο φύτεμα, εξαιρετική αντοχή σε συνθήκες στρες. Ρόκες ομοιόμορφες 16

σειρών με τέλειο γέμισμα. Το δυναμικό του αυξάνει σε ενισχυμένες δόσεις αζώτου. Άριστες αποδόσεις και σε σπυρί και σε ενσίρωμα.

- 4) **NKFamoso**: υβρίδιο 125 ημερών, που σπέρνεται στα 16 εκ.. Εντυπωσιάζει γιατί η μέση απόδοση του είναι ανώτερη ακόμη και από υβρίδια μεγαλύτερου κύκλου. Άριστη προσαρμογή σε όλα τα εδάφη. Διαθέτει γερό καλάμι και ισχυρό ριζικό σύστημα με αντοχή στις καιρικές αντιξοότητες. Σχετικά χαμηλό φυτό με καλή συμπεριφορά στο ελμινθοσπόριο και στο σκουλήκι.
- 5) **NKMiami**: υβρίδιο 124 ημερών που σπέρνεται στους 16-17 πόντους. Έχει γρήγορη πρώτη ανάπτυξη, με σκούρο πράσινο χρώμα φύλλων. Χαμηλό φυτό με γερό καλάμι και ρίζα, ανθεκτικό σε πλάγισμα και δύσκολο καιρό. Ρόκα μεσαίου μεγέθους, ομοιόμορφα τοποθετημένη χαμηλά στο καλάμι. Τέλειο γέμισμα ρόκας ακόμη και σε δύσκολες συνθήκες με βαθύ τριγωνικό σπυρί, πολύ καλή προσαρμογή σε όλους τους τύπους των εδαφών. Αλωνίζεται από νωρίς με πολύ χαμηλή υγρασία καρπού (Κατάλογος υβριδίων της syngenta, 2013).

- Από την εταιρία PIONEERHI-BRED:

E./M./B: Ελαφρύ/Μέτριο/Βαρύ έδαφος , Φ.Ω.: Φυσιολογική ωρίμανση,

Πρ./Οψ.: Πρώιμη/Όψιμη

Πίνακας 1.2. Ένδειξη χαρακτηριστικών των υβριδίων της εταιρίας Pioneer Hi- Bred.

(Πηγή: κατάλογος υβριδίων της PioneerHi- Bred. 2013)

ΥΒΡΙΔΙΑ	F.A.O	Φ.Ω	E./M./B. έδαφος	Οργανικό έδαφος	Πρ./Οψ. σπορά	Πυκνή σπορά	Αντοχή ελλιπές πότισμα	Αντοχή χαμηλές εισορές
PR31Y43	760	140	E,M,B,	Ναι	Πρ. σπορά	Όχι	Ναι	Ναι
PR31G98	700	134	M, B	Ναι	Πρ. σπορά	Όχι	Ναι	Ναι
ΚΟΣΤΑΝΤΖΑ	660	125	E, M	Ναι	Οψ. σπορά	Ναι	Όχι	Όχι
PR32T83	670	129	E, M, B	Ναι	Πρ., Οψ, σπορά	Όχι	Ναι	Ναι

- Από την εταιρία DEKALB:
- 1) **DKC6876**: υβρίδιο 126-132 ημερών. Πυκνότητα σποράς 17-18 εκ. Φυτό μεσαίου ύψους και ορθότητας. Χαμηλή τοποθέτηση ρόκας, 20-22 σειρές. Εξαιρετικό σε υψηλές εισροές, χαμηλές εισροές, πρώιμη ζωηρότητα, γερές ρίζες. Ανθεκτικό στη πυραλίδα και στη σεζάμια. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή καρπού.
 - 2) **DKC6815**: υβρίδιο 125-131 ημερών. Πυκνότητα σποράς 15-16 εκ. Φυτό μεσαίου μεγέθους και ορθόφυλλο, εξαιρετικά αγρονομικά. Μέση τοποθέτηση ρόκας, έως 18-20 σειρές με πολύ καλό γέμισμα. Εξαιρετικό σε υψηλές και χαμηλές εισροές. Πρώιμη ζωηρότητα, γερές ρίζες, γερά στελέχη. Ανθεκτικό στη πυραλίδα και στη σεζάμια. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή καρπού.
 - 3) **DKC6728**: υβρίδιο 125-132 ημερών. Πυκνότητα σποράς 16-17 εκ. Απίστευτο δυναμικό παραγωγής, χαμηλή υγρασία συγκομιδής, προσαρμογή σε συνθήκες στρες. Φυτό μεσαίου ύψους, ορθόφυλλο με εξαιρετικά αγρονομικά. Μέση τοποθέτηση ρόκας, ογκώδης, μακριά, έως 20-22 σειρές. Εξαιρετικό σε υψηλές και χαμηλές εισροές. Πρώιμη ζωηρότητα, γερές ρίζες, γερά στελέχη. Αντοχή στη πυραλίδα και στη σεζάμια. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή καρπού και για ενσίρωση.
 - 4) **DKC6724**: υβρίδιο 127-134 ημερών. Πυκνότητα σποράς 15-16εκ. Καλή προσαρμογή σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δύσκολες συνθήκες. Εξαιρετικά αγρονομικά χαρακτηριστικά. Φυτό μεσαίου ύψους, ορθόφυλλο. Μέση τοποθέτηση ρόκας, έως 20-22 σειρές. Αντοχή στη πυραλίδα και στη σεζάμια. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή καρπού.
 - 5) **DKC6903**: υβρίδιο 128-134 ημερών. Πυκνότητα σποράς 16-17 εκ για καρπό και 15-16 εκ για ενσίρωση. Χονδρά και δυνατά στελέχη. Άριστη αντοχή στο Ελμινθοσπόριο, Φουζάριο και στις ιώσεις. Φυτό μεγάλου ύψους, πολύ εύρωστο και φυλλώδες. Ομοιόμορφη έκπτυξη ρόκας, 16-18 σειρές. Χρησιμοποιείται για τη παραγωγή καρπού, για ενσίρωση και βιομάζα. (Κατάλογος υβριδίων της Dekalb, 2013).

Κριτήρια επιλογής υβριδίων αραβόσιτου

Υπάρχει μια σειρά κριτηρίων βάσει των οποίων επιλέγουμε το καταλληλότερο υβρίδιο. Αυτά τα κριτήρια είναι η πρωιμότητα του υβριδίου, η αποδοτικότητα και ορισμένα άλλα αγρονομικά χαρακτηριστικά του υβριδίου τα οποία συνδέονται θετικά με την απόδοση, όπως αντοχή στο πλάγιασμα, στις ασθένειες, στα έντομα κτλ. Είναι γνωστό πως τα πιο όψιμα υβρίδια (δηλαδή τα μεγάλου βιολογικού κύκλου) έχουν ένα δυναμικό παραγωγής μεγαλύτερο, δηλαδή δίνουν μεγαλύτερες συνήθως αποδόσεις. Με τη χρήση των σύγχρονων μεθόδων της βιοτεχνολογίας και της γενετικής μηχανικής έχουν δημιουργηθεί υβρίδια καλαμποκιού γενετικά τροποποιημένα, με ορισμένες επιθυμητές ιδιότητες, όπως αντοχή σε ζιζανιοκτόνα, έντομα και συνδυασμένη ανθεκτικότητα σε λεπιδόπτερα έντομα και ζιζανιοκτόνα. (Καραμάνος Α., 1992)

1.1.9ΛΙΠΑΝΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Το καλαμπόκι λόγω της μεγάλης ποσότητας βιομάζας που παράγει, απορροφά μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων. Οι επικρατέστερες σήμερα ποικιλίες καλαμποκιού (απλά υβρίδια υψηλής παραγωγικότητας) είναι πολύ απαιτητικές σε θρεπτικά στοιχεία, ιδιαίτερα σε άζωτο το οποίο παραλαμβάνεται από την καλλιέργεια σε πρακτικά αμείωτους ρυθμούς σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Τουλάχιστον 12 θρεπτικά στοιχεία χρειάζεται να είναι διαθέσιμα στο έδαφος σε επαρκείς ποσότητες στα διάφορα στάδια ανάπτυξης του φυτού για να μπορέσει να τα απορροφήσει, να αναπτυχθεί φυσιολογικά και να αποδώσει το μέγιστο παραγωγικό δυναμικό του υβριδίου. Βασικά στοιχεία θρέψης καλαμποκιού, βέβαια, είναι το Άζωτο (N), ο Φώσφορος (P), το Κάλιο (K) και δευτερευόντως Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, B και Cu. Η συνολική πρόσληψη μακροθρεπτικών στοιχείων από την καλλιέργεια αραβόσιτου μέσης στρεμματικής απόδοσης (950κιλών καρπού/στρ) είναι η εξής:

Πίνακας 1.3: Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που παραλαμβάνονται από τον αραβόσιτο με παραγωγή 1000κιλών/στρέμμα. (Πηγή: Τσαπικούνης Φ., 1997)

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Ολική ποσότητα (κιλά / στρέμμα)		
	Καρπός	Στελέχη	Σύνολο
Αζωτο	13,8000	6,6000	20,40
Φώσφορος	3,4000	0,8000	4,20
Κάλιο	4,2000	16,8000	21,00
Ασβέστιο	0,1000	4,1000	4,200
Μαγνήσιο	1,2000	3,6000	4,800
Θείο	1,3000	1,1000	2,400
Χλώριο	0,5000	8,1000	8,600
Σίδηρος	0,0120	0,0220	0,034
Μαγγάνιο	0,0060	0,0300	0,036
Χαλκός	0,0020	0,0100	0,012
Ψευδάργυρος	0,2000	0,0200	0,040
Βόριο	0,0050	0,0140	0,019
Μολυβδαίνιο	0,0006	0,0004	0,001

Από τον Πίνακα 1.3 συνεπάγεται ότι ακόμη και για μέση παραγωγή, οι θρεπτικές απαιτήσεις σε άζωτο και ιδιαίτερα σε κάλιο είναι πολύ υψηλές, αλλά το μεγαλύτερο μέρος του καλίου παραλαμβάνεται από στελέχη και φύλλα τα οποία κατά κανόνα δεν απομακρύνονται από τον αγρό. Συνήθως η συνολική ποσότητα του αζώτου που θα προστεθεί για όλη την καλλιεργητική περίοδο είναι περίπου 16-30 μονάδες/στρέμμα, για το φώσφορο ανάλογα με τις προηγούμενες φωσφορούχες λιπάνσεις, από 0 έως 6 KgP₂O₅/στρέμμα και για κάλιο σε αγρούς με έλλειψη 20-25 KgK₂O/στρέμμα. (Beranguerr P., et. al. 2009).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχημένη λίπανση του καλαμποκιού είναι η αξιολόγηση της περιεκτικότητας της οργανικής ουσίας του αγρού. Η ποσότητα του αζώτου που θα εφαρμοστεί στον αγρό θα πρέπει να εξαρτάται από την προσδοκώμενη απόδοση της καλλιέργειας σύμφωνα με μελέτες στην

ευρύτερη περιοχή καθώς και από υπολείμματα προηγούμενης καλλιέργειας τα οποία θα εφοδιάσουν την καλλιέργεια με μονάδες αζώτου.

Είναι σημαντικό να καθορίζονται με ακρίβεια οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε άζωτο, έτσι ώστε να μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά και να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικές πρακτικές διαχείρισης για την ελαχιστοποίηση των απωλειών που οδηγούν στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Το καλαμπόκι απαιτεί ετήσια προσθήκη αζώτου (είτε με την μορφή λιπασμάτων, είτε από κοπριά ή από προηγούμενες καλλιέργειες ψυχανθών) επειδή η ποσότητα αζώτου που παρέχεται από το έδαφος είναι συνήθως μικρότερη από την συνολική απαίτηση της καλλιέργειας σε άζωτο. Το καλαμπόκι πιο συχνά παρουσιάζει τροφοπενία N σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο θρεπτικό στοιχείο, αυτό συμβαίνει γιατί εκτός του ότι το καλαμπόκι έχει υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο πολλές φορές παρουσιάζονται προβλήματα έκπλυσης, απονιτροποίησης ή άλλων διεργασιών τα οποία εντείνουν το πρόβλημα.

Οι απομακρυνόμενες ποσότητες θρεπτικών είναι αναλογικά αυξημένες για τις μεγαλύτερες στρεμματικές παραγωγές. Όμως οι λιπαντικές ανάγκες του καλαμπόκιου είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που απομακρύνονται με την καλλιέργεια, διότι ο συντελεστής αξιοποίησης των λιπασμάτων για το άζωτο είναι συνήθως μεταξύ 40% και 60% για τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία και ιδιαίτερα για το φώσφορο ο συντελεστής είναι πολύ χαμηλότερος.

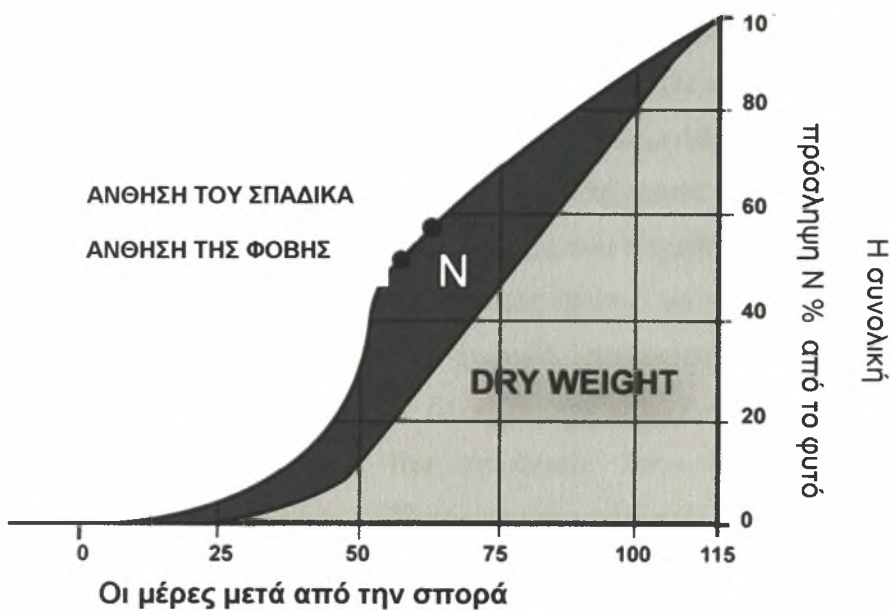
Η ευχέρεια απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων εξαρτάται από την χημική, μηχανική σύσταση του εδάφους και την αλληλεπίδραση μεταξύ των. Ελλειμματική παρουσία αυτών στο έδαφος σε αφομοιώσιμη μορφή δημιουργεί τροφοπενίες, με συνέπεια την μείωση των αποδόσεων. Για τον προσδιορισμό των αναγκών του φωσφόρου, του καλίου και των ιχνοστοιχείων που απαιτούνται καθώς επίσης και το επίπεδο της οργανικής ουσίας θα πρέπει να γίνονται εδαφολογικές αναλύσεις το φθινόπωρο κάθε 3-5 χρόνια και κατά προτίμηση ανά δύο χρόνια σε αμμώδη εδάφη και εδάφη με χαμηλή ρυθμιστική ικανότητα. Η εδαφολογική ανάλυση είναι ένα σημαντικό εργαλείο

για την εκτίμηση των θρεπτικών στοιχείων που απαιτούνται στην καλλιέργεια και αποτελεί ακρογωνιαίό λίθο για ένα καλά σχεδιασμένο πρόγραμμα λίπανσης.

Ο χρόνος εφαρμογής του λιπάσματος επηρεάζει και την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών. Το φύτευμα του καλαμποκιού συνήθως παρατηρείται 6-10 ημέρες μετά την σπορά σε ευνοϊκή θερμοκρασία και υγρασία. Το σπορόφυτο θα πρέπει πρώτα να αναπτύξει 2 φύλλα και ένα κύριο σύστημα ρίζας για να μπορέσει να αξιοποιήσει τα θρεπτικά στοιχεία που υπάρχουν στο έδαφος. Οι ρίζες των φυτών δεν φτάνουν στο μέσο των σειρών μέχρι το φυτό να αποκτήσει 8 φύλλα. Συνεπώς κατά την διάρκεια περίπου των 6 πρώτων εβδομάδων μετά το φύτευμα το φυτό είναι πιο εύκολο να δεσμεύσει θρεπτικά όταν βρίσκονται κοντά στην γραμμή του καλαμποκιού απ' ότι τα θρεπτικά που έχουν διανεμηθεί σε ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους. (Alley M., 2009)

Αζωτο

Το καλαμπόκι έχει υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο, η έλλειψη του στοιχείου προκαλεί σημαντική μείωση των αποδόσεων. Το καλαμπόκι αναπτύσσεται και συσσωρεύει ξηρή ουσία, η καμπύλη της συσσώρευσης ξηρής ουσία σε συνάρτηση με τον χρόνο από την σπορά είναι σχεδόν ίδια με την καμπύλη απορρόφησης του αζώτου. Αν και κατά την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου οι ποσότητες που προσλαμβάνονται είναι πολύ μικρές, η συγκέντρωση N θα πρέπει να είναι μεγάλη. Ανεπαρκή διαθεσιμότητα N κατά την διάρκεια των πρώτων 2 έως 6 εβδομάδων μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση. Μετά την φύτευση επαρκείς ποσότητες αζώτου κρίνονται αναγκαίες για την ανάπτυξη του στελέχους, των φύλλων και την παραγωγή καρπού. (Alley M., 2009)



Σχήμα 1.1: Η πρόσληψη N κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού

Πηγή: Alley M., 2009.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα τις πρώτες 35 - 40 ημέρες του βλαστικού κύκλου η απορρόφηση του αζώτου είναι πολύ μικρή για να αυξηθεί στην συνέχεια και να κορυφωθεί την 75 έως 90 ημέρα από την βλάστηση, στο χρονικό διάστημα δηλαδή μεταξύ της άνθησης της φόβης και των στυλών, το οποίο συμπίπτει με το μέγιστο ρυθμό αυξήσεως του ξηρού βάρους των φυτών. Σε αυτό το διάστημα προσλαμβάνεται και το 60% της συνολικής ποσότητας του αζώτου. Η απορρόφηση του αζώτου όμως συνεχίζει και πέρα από την 90 ημέρα. Ειδικά κατά το γέμισμα του σπόρου οι ανάγκες σε άζωτο είναι επίσης αυξημένες. Έλλειψη αζώτου σε αυτή την περίοδο οδηγεί σε σημαντική μείωση της παραγωγής. (Alley M., 2009)

Πειράματα έδειξαν ότι εάν τα 2/3 του N εφαρμοστούν 4-6 εβδομάδες μετά την σπορά μπορεί να μειωθεί η ποσότητα N που απαιτείται γιατί με την καθυστέρηση της λίπανσης αποφεύγονται οι απώλειες λόγω απονιτροποίησης και έκπλυσης (Smith M., et. al., 1983).

Με δεδομένες τις ολικές ανάγκες του καλαμποκιού σε άζωτο, οι δόσεις των αζωτούχων λιπασμάτων ρυθμίζονται με βάση την περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο. Συνήθως τα αζωτούχα λιπάσματα αναπληρώνουν ένα ποσοστό

επάνω από 50% του αζώτου που απορροφά η καλλιέργεια. Η ποσότητα του αζώτου που συστήνεται διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και με το εάν η καλλιέργεια αρδεύεται ή όχι. Χαμηλότερες ποσότητες αζώτου συνιστώνται σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία ή σε μη αρδεύόμενα εδάφη με χαμηλότερο δυναμικό απόδοσης, σε ένα περιβάλλον όπου η υγρασία είναι συχνά ανεπαρκής. Αντίθετα, οι δόσεις πρέπει να είναι μεγαλύτερες σε εδάφη διαβρωμένα, αμμώδη και με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Πολυάριθμες μελέτες έδειξαν ότι η άριστη συγκέντρωση αζώτου στο έδαφος δεν συνδέεται στενά με την απόδοση. Στην πραγματικότητα, η άριστη συγκέντρωση αζώτου στο έδαφος για το καλαμπόκι είναι παρόμοια σε χρονιές με υψηλή και χαμηλή απόδοση. Το καλαμπόκι προσλαμβάνει άζωτο πιο αποτελεσματικά σε ευνοϊκές συνθήκες καλλιέργειας και λιγότερο αποτελεσματικά όταν οι συνθήκες ανάπτυξης δεν είναι καλές. Η μέθοδος, η χρονική στιγμή της εφαρμογής του αζώτου και η χρήση ενός αναστολέα νιτροποίησης του αζωτούχου λιπάσματος είναι μερικοί ακόμη παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της λίπανσης. (Bundy L., 1998)

Λόγω του μεγάλου χρονικού διαστήματος που παρεμβάλλεται από την τελευταία εφαρμογή λιπάσματος είναι πολύ πιθανόν να χαθεί ένα μέρος του αζωτούχου λιπάσματος, κυρίως λόγω έκπλυσης με την άρδευση. Προς αποφυγή τέτοιων φαινομένων συνιστάται η εφαρμογή λιπασμάτων αμμωνιακής και ουρικής μορφής αζώτου εμπλουτισμένων με παρεμποδιστή νιτροποίησης έτσι ώστε να μειώνονται οι απώλειες και να εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα του αζώτου μέχρι το τέλος της καλλιέργειας.

Το σύνολο σχεδόν του αζώτου αποθηκεύεται στο σπόρο και ένα πολύ μικρό μέρος στα στελέχη και τα φύλλα. Επομένως το σύνολο σχεδόν του εφαρμοζόμενου αζώτου κάθε χρόνο απομακρύνεται με την ολοκλήρωση του καλλιεργητικού κύκλου. Είναι λοιπόν αναγκαία η εφαρμογή αζώτου σε κάθε καλλιεργητικό κύκλο. Αντίθετα με ότι συμβαίνει σε άλλα φυτά, υψηλές δόσεις αζώτου (μέχρι 34Kg/στρ) δεν προκαλούν οψίμιση του καλαμποκιού (Aldrich R., 1975). Αφθονη αζωτούχος λίπανση επιβραδύνει ελαφρά την εμφάνιση των στύλων, αλλά αυτό δεν έχει συνήθως συνέπειες στην τελική ωρίμανση του

προϊόντος. Παρά τις υψηλές απαιτήσεις, πολύ υψηλές δόσεις αυξάνουν την παραγωγή πρωτεϊνών σε βάρος της λιγνίνης, γεγονός που δημιουργεί ιστούς σπογγώδους υφής, οι οποίοι συμβάλλουν στο πλάγιασμα.

Έλλειψη αζώτου στα νεαρά στάδια της ανάπτυξης της καλλιέργειας έχει ως αποτέλεσμα μια γενική μείωση του ρυθμού αυξήσεως, εμφάνιση καχεξίας και πολύ ανοικτό πράσινο χρώμα στα φύλλα. Έλλειψη του στοιχείου στα επόμενα στάδια και κυρίως στο στάδιο του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης, προκαλεί χλώρωση που αρχίζει να εμφανίζεται από τα κατώτερα φύλλα και βαθμιαία επεκτείνεται και προς τα ανώτερα. (Καραμάνος Α., 1993)

Το άζωτο απορροφάται από το καλαμπόκι σε ποσότητα 30 μονάδων ανά 1500Kg παραγωγής. Από αυτές το 30-50% περίπου θα πρέπει να εφαρμόζετε σε αμμωνιακή μορφή προσπαρτικά ενώ το υπόλοιπο σε νιτρική μορφή επιφανειακά δύο με τρεις εβδομάδες πριν την εμφάνιση της φόβης. (Benrenguer P., et. al. 2009)

Πειράματα έδειξαν ότι η λίπανση με άρδευση είναι μια αποτελεσματική μέθοδος. Οι λιπάνσεις θα πρέπει να εφαρμόζονται την 6^η εβδομάδα μετά την σπορά και το μεγαλύτερο μέρος της λίπανσης την 10^η εβδομάδα οπότε και υπάρχουν αυξημένες ανάγκες του φυτού. (Bundy L., 1998) Οι συνολικές απαιτήσεις της καλλιέργειας στα θρεπτικά στοιχεία μπορούν να προσδιοριστούν με τις κατάλληλες αναλύσεις της περιεκτικότητας των φυτικών ιστών στα στοιχεία αυτά κατά την ωρίμανση. Αν η διαθεσιμότητα του αζώτου στην καλλιέργεια είναι χαμηλή τότε εφαρμόζεται πρόσθετη ποσότητα N στην επόμενη άρδευση. Αζωτούχα λιπάσματα μπορούν να εφαρμοστούν και με καταιονισμό. Αντίθετα, η διαφυλλική λίπανση με άζωτο δεν είναι πρακτική αφού το φυτό μπορεί να απορροφήσει μικρές μόνο ποσότητες N μέσω των φύλλων. (Davis J., and Westfall D., 2009)

Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι απαραίτητος για την φωτοσύνθεση, την αναπνοή, την σύνθεση υδατανθράκων, την κυτταρική διαίρεση και την μεταφορά ενέργειας. Αν και το καλαμπόκι αντιδρά καλύτερα στο άζωτο, η έλλειψη φωσφόρου

μπορεί αν περιορίσει σημαντικά την τελική απόδοση. Σε γενικές γραμμές, το ποσοστό εφαρμογής φωσφορικού λιπάσματος θα πρέπει να ισούται με την απομάκρυνση του ποσοστού φωσφόρου που απομακρύνεται από την καλλιέργεια. Το μεγαλύτερο μέρος του φωσφόρου συσσωρεύεται στα στελέχη και τα φύλλα και επομένως ξαναεπιστρέφει στο χωράφι μετά το πέρας της καλλιέργειας

Όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα η πρόσληψη φωσφόρου είναι πιο σταθερή σε σχέση με την πρόσληψη του αζώτου και γενικά είναι παράλληλη με την αύξηση του ξηρού βάρους. Ο ρυθμός απορρόφησης του ακολουθεί μια συνεχή ανοδική πορεία κατά τη βλαστική ανάπτυξη και παρουσιάζει δύο ευδιάκριτες αιχμές που συμπίπτουν με εκείνες της απορρόφησης του αζώτου, στο στάδιο μεταξύ της εμφάνισης της φόβης και του μεταξώματος και στην αρχή του γεμίσματος του κόκκου. Λιγότερες ανάγκες έχουν τα φυτά κατά το μέσο του γεμίσματος των κόκκων. (Καραμάνος Α., 1993), (Alley M., 2009)



Σχήμα 1.2: Η πρόσληψη P κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού

(Πηγή: Alley M., 2009)

Επάρκεια φωσφόρου κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης είναι βασικής σημασίας για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Η κινητικότητα του φωσφόρου στις ρίζες των φυτών είναι μειωμένη με τις χαμηλές θερμοκρασίες του εδάφους που επικρατούν την περίοδο εκείνη. Ο φώσφορος είναι εξαιρετικά δυσκίνητο στοιχείο και έτσι τα διαθέσιμα επίπεδά του στο έδαφος εμπλουτίζονται με την εφαρμογή λιπασμάτων, για το λόγο αυτό η τοποθέτηση φωσφορικού λιπάσματος κοντά στο ριζικό σύστημα είναι σημαντική.

Ο φώσφορος απορροφάται από το καλαμπόκι σε ποσότητα 5 μονάδων ανά 1500 Kg παραγωγής. Το σύνολο του φωσφόρου εφαρμόζεται προσπαρτικά. Από την ποσότητα φωσφόρου που εφαρμόζεται στο έδαφος κάθε χρόνο, μόνο ένα μικρό μέρος (10-20%) διατίθεται άμεσα στην καλλιέργεια. Το υπόλοιπο 80-90% δεσμεύεται στο έδαφος και αποδίδεται μεταγενέστερα είτε την ίδια ή και σε επόμενες χρονιές. Η αποδέσμευση του φωσφόρου από το έδαφος και η απόδοσή του στην καλλιέργεια είναι ένα βιοχημικό φαινόμενο που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους μικροοργανισμούς στο έδαφος (η δράση των οποίων με την σειρά τους εξαρτάται από την θερμοκρασία του εδάφους). Ο προσδιορισμός των θρεπτικών αναγκών του φωσφόρου προσδιορίζεται με εδαφολογικές αναλύσεις, σε εδάφη που οι αναλύσεις έδειξαν πολύ υψηλές τιμές φωσφόρου δεν συνιστάται λίπανση με φώσφορο. Η μείωση των επιπέδων του θρεπτικού στοιχείου θα οδηγήσει στο επιθυμητό επίπεδο για τους περισσότερους τύπους εδαφών τα επόμενα 4 χρόνια.

Η έλλειψη φωσφόρου στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού έχει ως συνέπεια μειωμένο ρυθμό αύξησης και σκοτεινό πράσινο χρώμα με τάση πολλές φορές για εμφάνιση ρόδινης απόχρωσης στα φύλλα και το βλαστό. Έλλειψη φωσφόρου στα μεταγενέστερα στάδια προκαλεί καθυστέρηση στην έξοδο των στυλών. Είναι συχνό το φαινόμενο του «μελανιάσματος» του καλαμποκιού ειδικά στις περιπτώσεις όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες μετά την βλάστηση (και επομένως η αποδέσμευση του φωσφόρου από το έδαφος δυσχεραίνεται). Για την αποφυγή του φαινομένου θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμος φώσφορος από τις προσπαρτικές εφαρμογές οι οποίες θα πρέπει να είναι πλουσιότερες. (Τσαπικούνης Φ., 1997)

Ο τύπος του φωσφορικού λιπάσματος που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από κυρίως από την αντίδραση του εδάφους. Αν και γενικά για την λίπανση του καλαμποκιού συνιστώνται λιπάσματα με υψηλά ποσοστά υδατοδιαλυτού φωσφόρου (τουλάχιστον 50%), σε αλκαλικά εδάφη το ποσοστό αυτό πρέπει να είναι τουλάχιστον 80%. (Καραμάνος Α., 1993)

Κάλιο

Το καλαμπόκι απαιτεί κάλιο σε μεγαλύτερες ποσότητες από οποιοδήποτε άλλο θρεπτικό στοιχείο με εξαίρεση το άζωτο. Το κάλιο απαιτείται για την ενεργοποίηση πολλών ενζύμων και παίζει σπουδαίο ρόλο στην υδατική ισορροπία των φυτών. Όπως και με άλλα θρεπτικά στοιχεία έτσι και με το κάλιο εάν παρουσιαστεί τροφοπενία κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών η παραγωγή θα επηρεαστεί.

Τα φυτά προσλαμβάνουν το 75% του συνολικού καλίου μεταξύ της 50^{ης} και 80^{ης} ημέρας από τη σπορά. Μετά την 80^η ημέρα ο ρυθμός απορρόφησης του καλίου μειώνεται προοδευτικά. Συνήθως τα εδάφη στην χώρα μας έχουν επαρκή ποσότητα καλίου. Όπως και στην περίπτωση των άλλων θρεπτικών στοιχείων, η αντίδραση των φυτών στην προσθήκη καλίου εξαρτάται από το ποσό του αφομοιώσιμου καλίου στο έδαφος. Το κάλιο έχει μικρή κινητικότητα στο έδαφος και επομένως οι απώλειές του είναι μηδαμινές, με εξαίρεση τα αμμώδη εδάφη, όπου υπάρχει πιθανότητα απώλειας καλίου. Έτσι σε εδάφη φτωχά σε κάλιο, συνήθως αμμώδη, οι δόσεις είναι υψηλές (10-15Kg ή 12-18KgK₂O/στρέμμα, αλλά συνιστάται η βαθμιαία εφαρμογή τους για να αποφευχθεί μια πιθανή μείωση της αποτελεσματικότητας του λιπάσματος. Σε εδάφη πλούσια σε κάλιο συνιστώνται δόσεις (3-5Kg ή 3,6-6KgK₂O/στρέμμα, οι οποίες είναι μικρότερες από την ποσότητα που απορροφά η καλλιέργεια λόγω μετατροπής του μη αφομοιώσιμου καλίου του εδάφους σε αφομοιώσιμο. (Καραμάνος Α., 1999)

Όπως και στην περίπτωση του φωσφόρου, το σύνολο σχεδόν του καλίου συσσωρεύεται στα στελέχη και τα φύλλα και επομένως ξαναεπιστρέφει στο χωράφι μετά το πέρας της καλλιέργειας. Επομένως οι ποσότητες που

απομακρύνονται με την καλλιέργεια είναι ελάχιστες. Έτσι παρά το γεγονός ότι το καλαμπόκι είναι καλλιέργεια απαιτητική σε κάλιο, καθίσταται αναγκαία η λίπανση με κάλιο μόνο σε περιπτώσεις διαπιστωμένης έλλειψης του στοιχείου ή στην περίπτωση καλλιέργειας προς ενσίρωση όπου απομακρύνεται το σύνολο της φυτικής μάζας (καρπός + στελέχη + φύλλα).

Τροφοπενίες παρατηρούνται συνήθως σε εδάφη με προβλήματα στράγγισης ή σε περιόδους ξηρασίας. Η επιβράδυνση της ανάπτυξης και ο νανισμός των φυτών είναι τα βασικά συμπτώματα της έλλειψης καλίου. Τα φύλλα εμφανίζουν χαρακτηριστική περιφερειακή νέκρωση του ελάσματος (πιθανόν και μεσονεύρια) και ανοικτό πράσινο χρώμα. Οι βλαστοί είναι αδύνατοι, το ριζικό σύστημα δεν είναι πλούσιο και η ευπάθεια σε ασθένειες του λαιμού είναι μεγάλη.

Ψευδάργυρος

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, οι ποσότητες που χρειάζεται το φυτό είναι πολύ μικρές. Για την σωστή ανάπτυξη του το καλαμπόκι χρειάζεται ελάχιστο ψευδάργυρο (περίπου 50gr για 1500Kg καρπό) που όταν δεν υπάρχει μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγωγής. Ο ψευδάργυρος μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη θρέψη σε υγρά εδάφη, σε εδάφη που έχουν προβλήματα διάβρωσης, σε αμμώδη, σε πολύ αλκαλικά, σε οργανικά με τιμές pH μεγαλύτερες από 6,5, σε εδάφη με υψηλά επίπεδα διαθέσιμου φωσφόρου καθώς και όταν προηγείται του καλαμποκιού καλλιέργεια ζαχαρότευτων. (Burlison A., et. al., 1961).

Όταν οι εδαφολογικές αναλύσεις δείχνουν τιμές 0,6-1,0ppm τότε η ποσότητα θεωρείται επαρκής για την ανάπτυξη του καλαμποκιού, αντίθετα για διαθεσιμότητα μικρότερη από 0,5ppm συστήνεται λίπανση της καλλιέργειας.

Σε λίγες περιπτώσεις παρατηρείται τροφοπενία ψευδαργύρου, η οποία παρουσιάζεται στο πρώτο βλαστικό στάδιο ανάπτυξης του φυτού, προκαλώντας χλώρωση των μεσαίων φύλλων και επιβράδυνση της ανάπτυξης. Η τροφοπενία αντιμετωπίζεται είτε με χρήση βασικών λιπασμάτων κατάλληλα εμπλουτισμένων με ψευδάργυρο προφυτρωτικά, είτε

με ψεκασμούς διαφυλλικά για άμεση πρόσληψη (θειϊκού Zn ή οργανομεταλλικού Zn-ZnDPTA, ZnEDTA) κατά την εποχή εκδήλωσης της τροφοπενίας ή ακόμη και λίπανση με το νερό άρδευσης. Και οι δύο μέθοδοι εάν εφαρμοστούν σωστά είναι αποτελεσματικές, η επιλογή εξαρτάται από το κόστος λαμβάνοντας υπόψη ότι η ενσωμάτωση αρκετού ψευδαργύρου στο βασικό λίπασμα (π.χ. 1,5%ZnO) αυξάνει κατά πολύ το κόστος του λιπάσματος.

Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο πολλές φορές δημιουργεί προβλήματα στην καλλιέργεια κυρίως σε όξινα ή αμμώδη εδάφη και σε εδάφη που δέχονται υψηλές δόσεις καλιούχου λίπανσης. Οι υψηλές συγκεντρώσεις καλίου σε αμμώδη εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε μαγνήσιο επηρεάζει την πρόσληψη του στοιχείου από το καλαμπόκι. Τα συμπτώματα της έλλειψης μαγνησίου εκδηλώνονται πρώτα με χαρακτηριστική μεσονεύρια χλώρωση στα φύλλα η οποία αργότερα εξελίσσεται σε νέκρωση.

Ασβέστιο

Η ποσότητα ασβεστίου που υπάρχει στο έδαφος καλύπτει τις ανάγκες του καλαμποκιού για να αναπτυχθεί. Αυτό σε συνδυασμό και με το γεγονός ότι πολλά λιπάσματα περιέχουν ασβέστιο τα φυτά σπάνια υποφέρουν από τροφοπενίες ασβεστίου.

Σίδηρος

Το καλαμπόκι έχει μικρές απαιτήσεις σε σίδηρο για τον λόγο αυτό σπάνια παρατηρούνται προβλήματα τροφοπενίας.

Βόριο

Πειράματα έδειξαν ότι για την παραγωγή 1000Kg καρπού απαιτούνται 0,0186Kg (Κουκουλάκης Π., 1994). Υπερβολικές ποσότητες βορίου οι οποίες εφαρμόζονται κοντά στον σπόρο μπορεί να αναστείλουν την βλάστηση και να μειώσουν την απόδοση της καλλιέργειας.

Τα συμπτώματα της τροφοπενίας βορίου σπάνια φαίνονται. Τα φυτά έχουν θαμνώδη εμφάνιση, γιατί δεν επιμηκύνονται τα ανώτερα μεσογονάτια διαστήματα και οι φόβες και οι σπάδικες είναι μικροί. Η τροφοπενία ευνοείται κυρίως από αμμώδη εδάφη, υψηλό pH και από ξηρασία.

Θείο

Τροφοπενία θείου σπάνια παρατηρείται στο καλαμπόκι, το πιο πιθανό είναι να εμφανιστεί σε εδάφη αμμώδη, καλά στραγγιζόμενα με οργανική ουσία χαμηλότερη από 3%.

1.2 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Η εντατική και πολύχρονη καλλιέργεια του εδάφους το εξαντλεί από τις θρεπτικές ουσίες που καταναλώνονται από τα φυτά, έτσι για κάθε προϊόν που συγκομίζεται αντιστοιχεί ποσότητα θρεπτικών στοιχείων που μετέχει και συμβάλλει στη σύνθεση του. Ακόμη και αν σε μια δεδομένη στιγμή, ένα έδαφος μπορεί να εφοδιάζει τα φυτά με θρεπτικά στοιχεία, τα στοιχεία αυτά «εξαντλούνται», οπότε η διατήρηση του επιπέδου γονιμότητας επιβάλλει την αναπλήρωση τους, είτε στην συμβατική γεωργία είτε στη βιολογική. Η αναπλήρωση αυτή συνδέεται άμεσα με τη χρήση των λιπασμάτων. Τα λιπάσματα μπορεί να περιέχουν θρεπτικά στοιχεία, είτε με τη διαθέσιμη μορφή, είτε υπό οποιαδήποτε άλλη μορφή, η οποία στο έδαφος μετατρέπεται τελικά σε διαθέσιμη.

Τα λιπάσματα μπορεί να έχουν κοκκώδη μορφή και να εφαρμόζονται είτε με το χέρι πεταχτά, είτε με τους λιπασματοδιανομείς. Ακόμα μπορεί να κάνουμε διαφυλλική εφαρμογή με λιπάσματα απευθείας στα φυτά, βασική προϋπόθεση είναι το λίπασμα να βρίσκεται σε υγρή μορφή.

Για τα στερεά λιπάσματα υπάρχουν λιπασματοδιανομείς (φυγόκεντρες) που τοποθετούν το λίπασμα σε λωρίδες μεταξύ των γραμμών σποράς ή κατά θέσεις. Τα φωσφορούχα και καλιούχα λιπάσματα τοποθετούνται σε βάθος 5-15εκ., πολύ σπάνια επιφανειακά. Τα αμμωνιακά επίσης τοποθετούνται σε

βάθος 5-15εκ., τα νιτρικά όμως πάντοτε επιφανειακά. Η τοποθέτηση του λιπάσματος σε βάθος 5-15εκ. αποσκοπεί στο να το φέρει πλησιέστερα στο ριζικό σύστημα των φυτών.

Ζημιές από τα λιπάσματα μπορούν να προκληθούν στα φύτρα, κυρίως όταν η υγρασία είναι χαμηλή και επομένως η συγκέντρωση των ιόντων πολύ υψηλή. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με την τοποθέτηση του λιπάσματος σε βάθος 3-5εκ. Η λίπανση σε γραμμές παρουσιάζει συνήθως μεγαλύτερη παραγωγή, πρώιμη συγκομιδή και πιο επιτυχή ανταγωνισμό των φυτών με ζιζάνια, καθόσον, γίνεται εκμετάλλευση του λιπάσματος που προστέθηκε. Λίπανση με μικρές ποσότητες λιπάσματος είναι πολύ αποδοτική, όσες φορές εφαρμόζεται σε γραμμές και σε σωστή θέση, ενώ η λίπανση στα πεταχτά αποδίνει μόνο εφόσον οι ποσότητες λιπάσματος που χρησιμοποιούνται είναι υψηλές. Η τελευταία περίπτωση έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερες αποδόσεις, αφού έτσι αυξάνει η γονιμότητα του αγρού στο σύνολο της.

Για τα υγρά λιπάσματα οι λιπασματοδιανομείς είναι εφοδιασμένοι με ειδικούς εκτοξευτήρες ή εγχυτήρες. Η λίπανση γίνεται είτε με το χέρι είτε με μηχανήματα. Τα ιχνοστοιχεία είτε προστίθενται στο βασικό λίπασμα ή παρέχονται στα φυτά με ψεκασμούς.

Η λίπανση μπορεί να γίνει με οργανικά λιπάσματα (κοπριά), με απλά λιπάσματα (αζώτου) ή με σύνθετα λιπάσματα (αζώτου – φωσφόρου – καλίου). Η επιλογή του κατάλληλου λιπάσματος, η χρησιμοποίησή του στη σωστή ποσότητα και η κατάλληλη εποχή εφαρμογής του, είναι ένα σύνθετο πρόβλημα του οποίου η λύση απαιτεί γνώση – εμπειρία και πειραματισμό. Η τεχνολογία του λιπάσματος παίζει σημαντικό ρόλο για το πόσο τελικά απ' αυτό θα απορροφήσουν οι ρίζες των φυτών και πόσο θα σχηματίσει δυσδιάλυτες ενώσεις στο έδαφος (αύξηση αλατότητας). Έτσι η περιεκτικότητα του λιπάσματος σε οργανική ουσία ή χουμικά οξέα βοηθάει τα φυτά να απορροφήσουν και να αξιοποιήσουν μεγαλύτερες ποσότητες από το λίπασμα που τους διαθέτουμε.

Από τους σπουδαιότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση των καλλιεργειών προς τη λίπανση είναι και ο τρόπος που τοποθετείται το λίπασμα στο χωράφι. Το λίπασμα για να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά θα πρέπει να τοποθετηθεί κατά τρόπο που οι σπόροι που βλαστάνουν να έχουν στην διάθεση τους αρκετές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων και σε τέτοια ποσότητα, ώστε να μην δημιουργηθούν τοξικές συγκεντρώσεις αλάτων γύρω από αυτούς. Γενικά το λίπασμα εφαρμόζεται σε υγρό έδαφος και στη ζώνη που αναπτύσσεται το φυτό. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ εδάφους, λιπάσματος και ρίζας, που καθορίζει την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων του λιπάσματος. Η αλληλεπίδραση αυτή δεν μπορεί να καθοριστεί με απλή μελέτη της κατανομής του ριζικού συστήματος αλλά μόνο κατόπιν υπολογισμού της αποδόσεως της παραγωγής. συνεπώς, το πείραμα στον αγρό είναι ο μόνος τρόπος για την αξιολόγηση των διάφορων μεθόδων λιπάνσεως.

Ο ρυθμός πρόσληψης των στοιχείων, η διαθεσιμότητα τους και οι φυσικές απώλειες είναι στοιχεία που θα πρέπει πάντα να λαμβάνουμε υπόψη μας. Η μηχανική σύσταση, η περιεκτικότητα σε άργιλο, τα ορυκτά της αργίλου, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, καθορίζουν την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί θρεπτικά, την εναλλακτική και ρυθμιστική του ικανότητα. Μαζί με το pH επηρεάζουν τη συμπεριφορά και διαθεσιμότητα των θρεπτικών. Όλα αυτά θα πρέπει να συνεκτιμούνται ώστε να καθίσταται δυνατή η εκπόνηση ενός προγράμματος ορθολογικής λίπανσης, το οποίο πολλές φορές στηρίζεται (και εμπεριέχει) σε διορθωτικές επεμβάσεις (διόρθωση pH).

Το πρόβλημα της λίπανσης επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των απαιτούμενων θρεπτικών στοιχείων, των ποσοτήτων, δηλαδή, εκείνων που απαιτούνται για την πλήρωση των αναγκών των φυτών, και στη διατήρηση της σχέσης (ισορροπίας) που πρέπει να υφίσταται μεταξύ των διαφόρων στοιχείων. Επειδή τα συμπτώματα των τροφοπενιών δεν είναι πάντοτε τυπικά ούτε ξεκάθαρα και επειδή υπάρχει και η λανθάνουσα τροφοπενία, η διάγνωση που στηρίζεται μόνο στα ορατά συμπτώματα δεν είναι πάντοτε ασφαλής. Έτσι, για τον προσδιορισμό της έλλειψης ή και περίσσειας στοιχείων

προσφεύγουμε και στη χρήση άλλων μεθόδων, όπως η ανάλυση φύλλων ή και άλλων ιστών, η ανάλυση του νερού και του εδάφους.

Η ποσότητα των λιπαντικών στοιχείων που χρειάζεται κάθε καλλιέργεια εξαρτάται από τα συστατικά που απομακρύνονται με τη συγκομιδή, αυτά που χάνονται με την έκπλυση, καθώς και εκείνα που προστίθενται στο έδαφος από την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (υπολείμματα καλλιέργειας, χλωρή λίπανση), το νερό της βροχής και την αποσάθρωση των ανόργανων συστατικών του. Όμως η αποτελεσματικότητα της λίπανσης στην οποία θα προβούμε, θα εξαρτηθεί από τη γονιμότητα του εδάφους, τις καιρικές συνθήκες, την ποικιλία και τους καλλιεργητικούς χειρισμούς. Η ανάπτυξη και απόδοση των φυτών είναι συνάρτηση του τρίπτυχου: γενετικοί παράγοντες - περιβαλλοντικοί παράγοντες - καλλιεργητική τεχνική. Η θεωρητικά μέγιστη δυνατή απόδοση επιτυγχάνεται με τον άριστο συνδυασμό των προαναφερθέντων παραγόντων. Όμως ποτέ κανείς από αυτούς δεν βρίσκεται σε άριστο επίπεδο, με τη βαρύτητα να εστιάζεται στους περιβαλλοντικούς παράγοντες και ιδιαίτερα στην καλλιεργητική τεχνική.

Τα θρεπτικά που προστίθενται στο έδαφος είτε θα προσληφθούν από τις καλλιέργειες, είτε θα δεσμευτούν από το έδαφος, είτε θα εκπλυθούν ή θα απομακρυνθούν με τη διάβρωση, είτε τέλος θα χαθούν στην ατμόσφαιρα (απονιτροποίηση, εξαέρωση NH_3). Ακόμα και στις πιο ορθολογικές επιλογές τα λιπάσματα αλλοιώνουν μακροχρόνια το έδαφος. Πιο βραχυχρόνια γίνεται φανερή η συνέπεια στις εντατικές καλλιέργειες όπου οι μεγάλες φυτικές συγκομιδές συνδυάζονται με δραστικές λιπάνσεις. Στη γενικότερη οικολογική κλίμακα το πρόβλημα εντοπίζεται στη μεγάλη χρησιμοποίηση αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων τα οποία διαταράσσουν δυο σημαντικής σημασίας κύκλους της φύσης: του αζώτου και το φωσφόρου. Η βιομηχανία αζωτούχων λιπασμάτων αυξάνει κατά 20% την ολική ποσότητα του αζώτου που διακινείται στην ατμόσφαιρα.

Η κακή χρήση των λιπασμάτων είναι αυτή που οδηγεί στη μικρή αποτελεσματικότητά τους. Τα φυτά προσλαμβάνουν κατά μέσο όρο το 40-50%

του αζώτου των λιπασμάτων, ενώ το υπόλοιπο χάνεται με τις διεργασίες της απονιτροποίησης, της εξαέρωσης και της έκπλυσης.

1.2.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Μεταξύ όλων των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, το άζωτο (N) θεωρείται ως το πλέον αναγκαίο στοιχείο για την ανόργανη θρέψη των φυτών, καθώς αποτελεί συνήθως το 1-6% επί ξηρού των φυτικών ιστών.

Ο κορυφαίος ρόλος του αζώτου φανερώνεται πρωταρχικά από τη θέση που κατέχει σε επίπεδο δομής και λειτουργίας του φυτού. Έτσι, το άζωτο υπεισέρχεται ως δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης, ως συστατικό των αμινοξέων, τα οποία αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών και ως συστατικό των ενζύμων. Επίσης, το άζωτο είναι απαραίτητος παράγοντας για την αξιοποίηση των υδατανθράκων και διεγερτικός παράγοντας της ανάπτυξης και λειτουργίας των ριζών. Τέλος, ευνοεί την πρόσληψη και αξιοποίηση των λοιπών θρεπτικών στοιχείων.

Η κυρίαρχη επίδραση του N στο ρυθμό αύξησης του φυτού είναι μέσω της ανάπτυξης της κόμης και επομένως της σύλληψης φωτός. Πιο συγκεκριμένα, αύξηση στη χορήγηση N προάγει την αύξηση της επιφάνειας των φύλλων, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη σύλληψη φωτός, την υψηλότερη φωτοσύνθεση της κόμης και υψηλότερες αποδόσεις. Εν τούτοις, για να μπορέσουν τα φύλλα να αποκτήσουν την πλήρη θεωρητικά φωτοσυνθετική ικανότητα, το N πρέπει να είναι διαθέσιμο κυρίως στο στάδιο ανάπτυξης των φύλλων. (Γεωργίλα Β., 2006).

Το άζωτο προέρχεται από την ατμόσφαιρα ή από νεκρούς ιστούς και στις δύο περιπτώσεις όμως, μεταφέρεται μέσω βακτηρίων στο έδαφος με τη μορφή αμμωνίου ή νιτρικών αλάτων και προσλαμβάνεται από το φυτό μέσω των ριζών του. Η πρόσληψη αυτή είναι αρκετά υψηλή στα νέα φυτά και ιδιαίτερα στα φύλλα.

Τα φυτά δεν αποβάλλουν το άζωτο αλλά το επαναχρησιμοποιούν μέσω του κύκλου του αζώτου. Οι κύριες διαθέσιμες μορφές του ανόργανου εδαφικού αζώτου περιλαμβάνουν το νιτρικό (NO_3^-) και το αμμωνιακό ιόν (NH_4^+). Συγκεκριμένα, το N προσλαμβάνεται από το έδαφος κατά το μεγαλύτερο ποσοστό με τη μορφή νιτρικών, τα οποία είναι ευκίνητα στους ιστούς των φυτών και αποθηκεύονται στα χυμοτόπια των κυττάρων. Για να μπορέσει το N να λάβει μέρος στη σύνθεση των πρωτεϊνών και των άλλων οργανικών ενώσεων, οι νιτρικές ενώσεις ανάγονται σε νιτρώδεις με ενέργεια και αναγωγικά μέσα που διαθέτουν τα φυτά από τη φωτοσύνθεση και την αναγωγή. Για να μπορέσει το N να μετατραπεί σε αμινοξέα και αμιδία ακολουθεί περαιτέρω αναγωγή σε αμμώνιο στο κυτόπλασμα (Farago, 1994). Επίσης το αμμώνιο που προσλαμβάνεται απευθείας, ακολουθεί την υπόλοιπη πορεία του κύκλου. Η συσσώρευση νιτρικών στο κύτταρο δεν έχει τοξικές επιπτώσεις, αλλά το αμμώνιο ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις είναι τοξικό, οπότε θα πρέπει να μεταβολίζεται σύντομα σε οργανικό άζωτο. Μετά από αυτές τις διεργασίες, το άζωτο βρίσκεται στα φυτά κατά 85% σε πρωτεΐνες, κατά 5% περίπου σε νουκλεϊκά οξέα (RNA,DNA) και το υπόλοιπο ποσοστό σε μικρής μοριακής μάζας, υδατοδιαλυτές οργανικές ενώσεις. Ο κύκλος του αζώτου συνεχίζεται με αποικοδόμηση των πρωτεϊνών με τη βοήθεια βακτηρίων, οπότε το άζωτο μετατρέπεται πάλι σε ιόν αμμωνίου και αυτό με τη βοήθεια άλλων μικροοργανισμών περνά σε νιτρικά ή νιτρώδη ιόντα. Έπειτα άλλα εξειδικευμένα βακτήρια μετατρέπουν τα παραπάνω ιόντα σε μοριακό άζωτο (N_2). Απώλειες N_2 από το φυτό υπάρχουν λόγω απόπλυσης του φυλλώματος από τη βροχή, την υγρασία ή την πτώση των φύλλων. Έτσι, το άζωτο ελευθερώνεται ξανά στην ατμόσφαιρα ή περνά στο έδαφος με τη σήψη των νεκρών φύλλων. (Barke A. & Pibeam D., 2007).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι χημικές ενώσεις του αζώτου είναι ευκίνητες στα φυτά και ξεκινούν από τις ρίζες οδεύοντας προς τα ανώτερα μέρη του φυτού, ιδιαίτερα στα νεαρά φύλλα, όπου οι ανάγκες είναι μεγαλύτερες. Έτσι, η έλλειψη αζώτου παρατηρείται πρώτα στα φύλλα μεγαλύτερης ηλικίας, τα οποία κάτω από τον περιορισμό του αζώτου μεγαλώνουν αργά, αποκτούν χρώμα κιτρινωπό και είναι ασθενικά. Σε περιπτώσεις μεγάλης έλλειψης αζώτου επέρχεται μερική ή ολική νέκρωση του φυλλώματος και τα φύλλα

πέφτουν. Επίσης, η ανάπτυξη των ριζών μειώνεται και η διακλάδωσή τους περιορίζεται. Η ποιότητα των βλαστών και του φυλλώματος υποχωρεί αξιοσημείωτα και ο λόγος ρίζα/ βλαστός αυξάνει. Η έλλειψη αζώτου σημαίνει περιορισμένη δόμηση πρωτεϊνών οπότε και ανώμαλη ανάπτυξη των φυτών.

Η περίσσεια νιτρικών είναι αρκετά ανεκτή από τα φυτά ακόμη και σε μεγάλες ποσότητες. Παρόλα αυτά, εξαιρετικά μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών επιδρούν αρνητικά στην ανάπτυξη των φυτών γιατί παρεμποδίζουν την πρόσληψη P και S, τα οποία είναι θεμελιώδη ανιόντα για τις οξειδοαναγωγικές τους αντιδράσεις. Η αφθονία του αμμωνίου στους φυτικούς ιστούς είναι τοξική. Το αμμώνιο ανταγωνίζεται στις θέσεις διασύνδεσης της ρίζας μέταλλα όπως το K, το Ca ή το Mg, τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Έτσι, περίσσεια αμμωνίου έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη ανάπτυξη της ρίζας, τον αποχρωματισμό της και την κατάρρευση του αγωγού στο ριζικό σύστημα, περιορίζοντας έτσι την πρόσληψη νερού από το φυτό (Skeffington R. and Wilson E., 1988). Οι ακόλουθες επιπτώσεις είναι νέκρωση των φύλλων, επινασσία και βλάβη των βλαστών.

Βεβαίως, η λίπανση των φυτών επιτυγχάνεται αρκετές φορές με αμμωνιακά άλατα, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν την ανάπτυξη κατά το τέλος της αυξητικής περιόδου σε ανθοκομικά φυτά ή φυλλώδη λαχανικά. Σε αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζεται το επιθυμητό πράσινο χρώμα στο φύλλωμα αλλά το δέσιμο των καρπών είναι περιορισμένο και συνήθως οι καρποί είναι ελαττωματικοί. Η συγκέντρωση του N είναι καθοριστική για τη μελέτη των φυτών. Συνήθως οι συγκεντρώσεις N διαφέρουν ανάμεσα στους φυτικούς ιστούς με τα φύλλα να συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει η ηλικία των φύλλων και το τμήμα του φυτού, απ' όπου συλλέγουμε τα φύλλα (κοντά ή μακριά από τις ρίζες). Έτσι, τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε από απλή γνώση της συγκέντρωσης του αζώτου δεν μπορεί να είναι αξιόπιστα. Για να ξεπεραστούν αυτές οι δυσκολίες χρησιμοποιούνται αναλογίες των θρεπτικών συστατικών στα φύλλα, ώστε να προσδιορίσουμε έλλειψη ή αφθονία των συστατικών αυτών στο φυτικό ιστό (Barker A. and Pilbeam D., 2007). Οι λόγοι του N με άλλα θρεπτικά συστατικά αποτελούν δείκτες ομαλής ανάπτυξης των φυτικών ιστών.

1.2.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Ο φώσφορος είναι απαραίτητος σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής, δεδομένου ότι αποτελεί ένα στοιχείο κλειδί για πολλές φυσιολογικές και βιοχημικές διαδικασίες. Είναι ένα συστατικό που βρίσκεται σε όλα τα κύτταρα των ζωντανών οργανισμών. Ο φώσφορος είναι παρόν στη δομή του DNA και RNA και είναι ένα βασικό συστατικό του συστήματος μεταφοράς ενέργειας στα κύτταρα. Όσον αφορά στα φυτά, ο φώσφορος παίζει σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση, διαδικασία μέσω της οποίας τα φυτά προσλαμβάνουν την απαραίτητη ενέργεια για τη σύνθεση των σακχάρων που μετακινούνται προς τα όργανα αποθήκευσης των φυτών.

Συγκεκριμένα, ο φώσφορος προσλαμβάνεται από το έδαφος, μέσω του ριζικού συστήματος, με τη μορφή $H_2PO_4^-$ ή HPO_4^{2-} , ανάλογα με το pH του εδάφους. Η πρόσληψη του P καθορίζεται γενετικά και διαφέρει μεταξύ των ειδών των φυτών.

Ο φώσφορος αμέσως μετά την πρόσληψή του μετατρέπεται κατά τη μεγαλύτερή του ποσότητα σε οργανικό φώσφορο, κυρίως φωσφορικές εξόζες και διφώσφορο-ουριδίνη. Το φωσφορικό (PO_4^{3-}) είναι ένα τρισθενές ανιόν το οποίο παράγει σταθερούς ανυδρίτες και εστέρες, που είναι σημαντικοί στην αποθήκευση και τη μεταφορά ενέργειας στο φυτό μέσω βιοχημικών διεργασιών. Τα πιο σημαντικά από αυτά τα μόρια είναι η διφωσφορική και η τριφωσφορική αδενοσίνη (ADP και ATP, αντίστοιχα) και η ATP θεωρείται το ενεργειακό νόμισμα των βιολογικών συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη φωσφορυλίωση (προσθήκη PO_4^{3-}) της ADP προς σχηματισμό ATP αποθηκεύεται ενέργεια και όταν το φωσφορικό ιόν διασπάται από την ATP, απελευθερώνεται ενέργεια. Με αυτό τον τρόπο αποθηκεύεται ενέργεια, από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, και μεταφέρεται όπου χρειάζεται.

Εκτός όμως από το ρόλο αυτό, της μεταφοράς ενέργειας στα φυτά, ο φώσφορος αποτελεί δομικό συστατικό των φωσφολιπιδίων, των νουκλεϊκών οξέων, των νουκλεοτιδίων, των συνενζύμων και των φωσφοπρωτεϊνών.

Ενδεικτικά, αναφέρουμε ότι τα φωσφολιπίδια είναι πολύ σημαντικά για τη δομή της κυτταρικής μεμβράνης, αποτελούμενα από ένα υδρόφοβο και ένα υδρόφιλο τμήμα και τα νουκλεϊκά οξέα μεταφέρουν το γενετικό υλικό από κύτταρο σε κύτταρο. Επίσης, ο P αποτελεί ιδανικό υποκαταστάτη σε ενζυματικές καταλυτικές αντιδράσεις. Τέλος, τόσο ο ανόργανος όσο και ο οργανικός φώσφορος λειτουργούν και ως ρυθμιστές του pH του κυττάρου (Barker A. and Pilbeam D., 2007).

Η περισσότερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου μπορεί να αποθηκευτεί στα χυμοτόπια των κυττάρων με τη μορφή ορθοφωσφορικών. Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στα ώριμα φύλλα κυμαίνονται από 0,2 – 0,5%, ενώ τα αναπτυσσόμενα φυτικά μέρη περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις P, λόγω της ATP που βρίσκεται εκεί για να καλύψει της αυξημένες ενεργειακές ανάγκες του μεταβολισμού τους. Ο ολικός φώσφορος στο φυτό συναντάται σε συγκεντρώσεις από 0,1 – 1%. Η έλλειψη P καταστέλλει ή καθυστερεί την ανάπτυξη των φυτών. Παρόλο που τα φυτά με έλλειψη φωσφόρου αποκτούν κηλίδες, σπάνια εμφανίζουν ευδιάκριτα χαρακτηριστικά συμπτώματα. Οι μίσχοι ή τα φύλλα είναι σκούρα πράσινα και μερικές φορές γίνονται κοκκινωπά ή μενεξεδί. Όμως, όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, τέτοιοι χρωματισμοί στα φύλλα μπορεί να οφείλονται σε έλλειψη αζώτου ή σε συνδυασμένη έλλειψη αζώτου και φωσφόρου. Όμως, η πυκνότητα και το μήκος των τριχοειδών των ριζών αυξάνει όπως και ο πλευρικός ριζικός σχηματισμός και η επιμήκυνσή του (Hiradate S., et. al., 2007). Πάντως, τα φυτά που αναπτύσσονται με έλλειψη φωσφόρου έχουν μικρά φύλλα και λεπτούς μίσχους ενώ παράγουν και μικρού μεγέθους καρπούς. Επίσης, λόγω του ότι ο φώσφορος είναι ευκίνητος στα φυτά, μεταφέρεται από τα παλαιότερα στα νεαρότερα φύλλα και καθώς η έλλειψη γίνεται εντονότερη, στα παλαιότερα φύλλα παρουσιάζεται χλώρωση ή νέκρωση. Λόγω, των παραπάνω είναι σαφές ότι ο φώσφορος αποτελεί σημαντικό στοιχείο των λιπασμάτων, τα οποία εμπλουτίζουν το έδαφος με φωσφορικά που εύκολα προσλαμβάνονται από το φυτό και προωθούν την ανάπτυξή του. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου, λόγω αλόγιστης λίπανσης, υπάρχει τέτοια αφθονία P στο έδαφος, η οποία προκαλεί άμεσα τοξικότητα. Πάντως, τα πιο κοινά συμπτώματα αφθονίας του φωσφόρου στα φυτά είναι περιορισμός στις

συγκεντρώσεις άλλων θρεπτικών συστατικών, και κυρίως Zn και Fe (Kabata-Pendias A. and Pendias H., 2001).

1.2.4 ΛΟΓΟΣ ΑΖΩΤΟΥ-ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Ιδιαίτερα σημαντικός στη μελέτη των φυτών είναι ο λόγος αζώτου προς φώσφορο (N/P), ο οποίος αποτελεί ένα απλό και αξιόπιστο εργαλείο για τον καθορισμό των περιοριστικών συσχετίσεων των στοιχείων στα φυτά, οι οποίες συνδέονται με τη διαθεσιμότητα N και P στο περιβάλλον (Garrish V., et. al., 2010). Η χρήση του λόγου N/P ως δείκτη της θρέψης των φυτών στηρίζεται στην οικολογική θεωρία και υποστηρίζεται σημαντικά από τη βιβλιογραφία (Craine J., et. al., 2008).

Η ισορροπία μεταξύ N και P στη διαθεσιμότητα για τα φυτά, όπως αντικατοπτρίζεται από την αναλογία N/P, επηρεάζει τη λειτουργία της επίγειας βλάστησης σε όλα τα επίπεδα: την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή των ίδιων των φυτών, τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυτικών ειδών, τη σύσταση και την ποικιλότητα της χλωρίδας. Κι αυτό, διότι διαφορετικές αναλογίες N και P στα φυτά έχουν ως επακόλουθο διαφοροποιήσεις στη χημεία των φυτών, η οποία μπορεί να καθορίσει τη δράση των παρασίτων, των αποικοδομητών και των παθογόνων (Güsewell S., 2004).

Ο λόγος μάζας N/P για τα επίγεια φυτά είναι άριστος όσον αφορά στην παροχή θρεπτικών συστατικών όταν είναι περίπου ίσος με 15 (Güsewell S. and Bollens U., 2003). Λόγοι N/P < 14 υποδεικνύουν περιορισμούς στη θρέψη λόγω N ενώ λόγοι μάζας N/P > 16 είναι ενδεικτικοί περιορισμών λόγω P. Φυσικά, παρατηρούνται αποκλίσεις σε σχέση με αυτές τις τιμές, διότι ο λόγος N/P εξαρτάται από το είδος του φυτού, από το είδος του οικοσυστήματος, από τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών στο περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και από την ηλικία του φυτού. Τελικά, σύμφωνα με τους Roem and Berenbse (2000), τιμές λόγου N/P που κυμαίνονται μεταξύ 15-20 είναι ενδεικτικές για καλή λειτουργία του φυτού. Παρόλο που υπάρχουν αυτές οι διαφοροποιήσεις, ο λόγος αζώτου προς φώσφορο είναι αποδεκτός για όλα τα

είδη των φυτών και ιδιαίτερα χρήσιμος (Tessier J. and Raynal P., 2003).

1.2.5 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΚΑΛΙΟΥ

Σύμφωνα με πειράματα τόσο σε καλλιέργειες όσο και σε εργαστήρια, είναι φανερό ότι τα φυτά δεν αναπτύσσονται απουσία K^+ . Αμέσως μόλις το K εξαντληθεί από τα φυτά αυτά πεθαίνουν. Το κάλιο απορροφάται από τα φυτά σχεδόν περισσότερο από όλα τα θρεπτικά στοιχεία εκτός από το N . Η πρόσληψη της μεγαλύτερης ποσότητας K που θα χρειαστεί ένα φυτό, πραγματοποιείται κατά τον πρώτο μισό κύκλο ανάπτυξής του και σε συγκεκριμένες περιόδους, όπως η άνθιση ή η ανάπτυξη καρπών, η απορρόφηση καλίου είναι εντονότερη.

Η πρόσληψη K από το φυτό μέσω των ριζών πραγματοποιείται κυρίως μέσω διάχυσης του εδαφικού διαλύματος και εξαρτάται από τη στάθμη οξυγόνου στο έδαφος και από την παρουσία ιόντων που διευκολύνουν την είσοδό του στις ρίζες. Μετά την είσοδό του στο φυτό, το K κινείται μέσω του εσωτερικού των πλασματικών μεμβρανών προς το ξύλημα και συνεπώς προς τα ανώτερα μέρη. Οι κυτταρικές μεμβράνες είναι εύκολα διαπερατές για το κάλιο γι' αυτό και η κίνησή του στο φυτό είναι εύκολη. Η μετακίνηση του K^+ μέσα στους βλαστούς καθορίζεται από τη ροή νερού που αποβάλλεται κατά τη διαπνοή και από τη συγκέντρωση του K^+ , διότι ελαφρά έλλειψη του καλίου ενεργοποιεί τις διαδικασίες διάχυσής του στους φυτικούς ιστούς (Karley A. and White P., 2009).

Σε αντίθεση με άλλα μακρό-στοιχεία, όπως το N ή ο P , το K δεν εμφανίζεται σε οργανικές ενώσεις. Τα ιόντα K^+ προσδένονται πάνω σε διάφορα ένζυμα, μεταβάλλουν το σχηματισμό τους και τα ενεργοποιούν (Barker A. and Pilbeam D., 2007). Ακόμη δεν είναι γνωστό πόσα ένζυμα ενεργοποιούνται παρουσία του K^+ αλλά είναι σαφές ότι το K είναι απαραίτητο σε όλες τις μεταβολικές διεργασίες του κυττάρου. Συγκεκριμένα, το κάλιο συμμετέχει στη θρέψη των φυτών με την ενεργοποίηση ενζύμων σε λειτουργίες όπως η αναπνοή, η σύνθεση πρωτεϊνών και η φωτοσύνθεση. Επίσης, είναι το πιο σημαντικό ιόν που συμμετέχει σε ωσμωτικές διεργασίες και μπορεί να

σταθεροποιήσει τη στοματική κίνηση, τη σεισμομορφογένεση και τον φωτοτροπισμό των οργάνων. Το κάλιο δρα ουσιαστικά στη σταθεροποίηση και τη μεταφορά φορτίου στο κύτταρο και ακόμη επηρεάζει ιδιαίτερα τη μεταφορά H^+ στα διάφορα όργανα του κυττάρου κι έτσι, λειτουργεί και ως σταθεροποιητής του pH του κυτοπλάσματος (Zhang Z., et. al., 2009).

Σε αρχικές συνθήκες έλλειψης K στο φυτό, η ανάπτυξη του φυτού επιβραδύνεται. Σύμφωνα με τους Reddy and Zhao (2005), η φυλλική επιφάνεια μειώνεται και περιορίζεται η φωτοσύνθεση, πράγμα που οδηγεί σε μικρότερη παραγωγή βιομάζας, η οποία είναι εντονότερη στους καρπούς. Σε συνθήκες μεγαλύτερης έλλειψης, τα φυτά συσσωρεύουν βασικές αμίνες (π.χ. αργινίνη), οι οποίες υποκαθιστούν το K στη σταθεροποίηση φορτίου και οι βλαστοί αρχίζουν να κιτρινίζουν και σιγά-σιγά μαραίνονται (Basso L. and Smith T., 1974). Το K μετακινείται από τα παλαιότερα στα νεότερα φύλλα κι έτσι τα πρώτα εμφανίζουν συμπτώματα χλώρωσης και νέκρωσης. Επίσης, όταν η έλλειψη καλίου είναι εκτεταμένη, τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες καταρρέουν, η ενεργειακή κατάσταση του φυτού υποβαθμίζεται και οι συνθετικές διεργασίες που απαιτούν ενέργεια υπολειτουργούν. Έτσι η ανάπτυξη του φυτού σταματά και το φυτό νεκρώνεται.

Οι περιπτώσεις υπεραφθονίας καλίου είναι σπάνιες, καθώς η πρόσληψη K^+ ελέγχεται αυστηρά από το φυτό. Σε μακροχρόνια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε δάσος, άνηκε ότι τόσο το έδαφος όσο και τα φυτά μπορούν να ρυθμίζουν τις ανάγκες και τις αποθήκες τους σε K χωρίς να παρουσιάσουν συμπτώματα τοξικότητας. Παρόλα αυτά, αν υπάρχει αφθονία K στο φυτό, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της ανάπτυξης. Κι αυτό, διότι το K^+ δρα ανταγωνιστικά προς κάποια άλλα κατιόντα, όπως το Na^+ , το Mg^{2+} και το Ca^{2+} , και περιορίζει την πρόσληψή τους από το φυτό. Όταν το K δεν είναι διαθέσιμο αυτά τα κατιόντα το υποκαθιστούν αλλά η φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών απαιτεί την παρουσία όλων αυτών των διαφορετικών κατιόντων (Barker A. and Pilbeam D., 2007).

Το κάλιο συσσωρεύεται κυρίως στο κυτταρόπλασμα και στα χυμοτόπια των κυττάρων αλλά η συγκέντρωσή του στο κυτταρόπλασμα τείνει να είναι

σταθερή υπό οποιοσδήποτε συνθήκες. Έτσι, βρίσκεται σε όλα τα μέρη του φυτού αλλά κυρίως στα νεαρά φύλλα, τις νεαρές ρίζες ή τα φρέσκα φρούτα. Σε υγιή πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα η συγκέντρωση του Κ κυμαίνεται από 1,5 – 4 % επί βάσης ξηρού και ο λόγος μάζας αζώτου προς κάλιο (N/K) κυμαίνεται μεταξύ 1 και 1,5 (Roem W. and Berenbse F., 2000).

1.2.6 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ COMPROHELLAS

1.2.6.1 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ DURATEC

Σύμφωνα με την ComproHellas η εισαγωγή της νέας σειράς λιπασμάτων Duratec αποτελεί την τελευταία τεχνολογία με εξειδικευμένα και καινοτόμα προϊόντα θρέψης τα οποία καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα της γεωργίας, λαχανοκομίας, δενδροκομίας, αμπελοουργίας κηποτεχνίας, αστικού πράσινου, χωρίς ωστόσο να εξαιρούνται οι φυτωριακές χρήσεις. Προτείνονται όμως ιδιαίτερα για καλλιέργειες υψηλής ανταπόδοσης όπως για τα κηπευτικά (υπαίθρια και θερμοκηπίου) και τη δενδροκομία, όπου εκτός των άλλων μπορεί να εφαρμοστεί με ασφάλεια και χωρίς απώλειες, η τεχνική της μετασυλλεκτικής θρέψης (postharvestfertilization), δηλαδή η εφαρμογή λίπανσης μετά τη συγκομιδή και πριν την πτώση των φύλλων.

Τα Duratec είναι πλήρη κοκκώδη λιπάσματα με μαγνήσιο και ιχνοστοιχεία και αποτελούν τον ιδανικό συνδυασμό δύο καταξιωμένων και πολύ πετυχημένων τεχνολογιών λιπασμάτων, των σταθεροποιημένων τεχνολογίας Novatec και των περικαλυμμένων τεχνολογίας BasacotePlus. Το άζωτο σε σταθεροποιημένη αμμωνιακή μορφή είναι παρεμποδιστής της νιτροποίησης επιβραδύνοντας έτσι την μετατροπή του αμμωνιακού αζώτου από τους μικροοργανισμούς του εδάφους σε νιτρικό με αποτέλεσμα το άζωτο να παραμένει για μεγαλύτερο διάστημα στο έδαφος, ενώ στην περικαλυμμένη μορφή των θρεπτικών ξεκινάει μόλις τελειώνει η δράση του σταθεροποιημένου αζώτου.

Τα συγκεκριμένα λιπάσματα είναι σύμμεικτα προϊόντα, όπου ένα πολύ μεγάλο μέρος των NPK κόκκων τους (με μωβ χρώμα) έχει σταθεροποιημένη μορφή

με διάρκεια δράσης έως 3 μήνες εξασφαλίζοντας έτσι την συνεχή τροφοδοσία της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια του βιολογικού της κύκλου αλλά και απλό και επομένως άμεσα απορροφήσιμο νιτρικό άζωτο, φώσφορο, κάλιο, μαγνήσιο και ιχνοστοιχεία. Το υπόλοιπο μέρος των NPK κόκκων (με πράσινο χρώμα) βρίσκεται σε περικαλυμμένη μορφή, δηλαδή όλα τα στοιχεία βρίσκονται σε κατάσταση ελεγχόμενης αποδέσμευσης με διάρκεια δράσης 3 μήνες κατά μέσο όρο.

BasacotePlus



Novatec



Εικόνα 1.1 : Duratec-Ο συνδυασμός 2 κορυφαίων τεχνολογιών

Διαθέσιμοι τύποι Duratec είναι οι εξής:

- Top 21: 21 – 5 – 9
- Top 14: 14 – 7 – 14
- Top 24: 24 – 5 – 5



Εικόνα 1.2 : Διαθέσιμοι τύποι Duratec.

Τα λιπάσματα Duratec είναι η τελευταία τεχνολογία στον χώρο της θρέψης. Περιέχουν τρεις μορφές αζώτου:

- Απλή νιτρική και αμμωνιακή μορφή αζώτου
- Σταθεροποιημένο άζωτο
- Περικαλυμμένο άζωτο (και φώσφορο, κάλιο, ιχνοστοιχεία)

Είναι σύμμεικτο προϊόν με ποσοστό περικαλυμμένων NPK κόκκων. Οι περικαλυμμένοι κόκκοι εξασφαλίζουν:

- Ομαλή τροφοδοσία N (χωρίς απώλειες – εκπλύσεις....)
- Ομαλή τροφοδοσία P (αποφεύγονται οι δεσμεύσεις)
- Ομαλή τροφοδοσία K
- Ομαλή τροφοδοσία ιχνοστοιχείων

Η δράση των περικαλυμμένων κόκκων εξαρτάται από την θερμοκρασία. Λειτουργούν σε θερμοκρασίες πάνω από 8°C. .

1.2.6.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΝΟΒΑΤΕΣ ΣΤΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ

Το μεγαλύτερο ποσοστό των λιπασμάτων της σειράς Duratec αποτελείται από σταθεροποιημένα λιπάσματα τεχνολογίας Novatec.

Τα αζωτούχα λιπάσματα που περιέχουν παρεμποδιστή νιτροποίησης καταδεικνύουν μια αυξημένη αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου και μάλιστα σε σχετικά χαμηλές δόσεις. Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση

παρεμποδιστών νιτροποίησης είναι η σημαντική μείωση της έκπλυσης νιτρικών και η μείωση των απωλειών N, που συχνά οδηγούν σε αποτελεσματικότερη αζωτούχο θρέψη και αύξηση της παραγωγής. (Δαναλάτος N. και συνεργάτες 2009)

Η παρεμπόδιση της νιτροποίησης άρχισε να διερευνάται προς τα τέλη της δεκαετίας του '50 και μόλις το 1962η νιτροαπυρίνη [nitrotyrin -2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine] παρουσιάστηκε ως ένας τέτοιος παρεμποδιστής στην αγορά των ΗΠΑ. Η δικυανδιαμίνη (dicyandiamide), το γνωστό σε όλους DCD, εμφανίστηκε στην Ευρώπη περί το 1982 όπου και έγινε ιδιαίτερος γνωστός.

Η νιτροπυρίνη και η δικυανδιαμίνη διαθέτουν έναν εξελιγμένο τρόπο διαχείρισης του αζώτου που στηρίζεται στην παρεμπόδιση της δράσης των βακτηρίων Nitrosomonas που επεμβαίνουν στην μετατροπή του αμμωνιακού αζώτου (θετικά φορτισμένο), σε νιτρικό (αρνητικά φορτισμένο), με αποτέλεσμα να παρατείνεται ο χρόνος προσκόλλησης του αμμωνιακού αζώτου στα αρνητικά φορτισμένα κολλοειδή της αργίλου του εδάφους.

Το άζωτο βρίσκεται συνήθως στο έδαφος σε νιτρική μορφή, η οποία όμως δεν συγκρατείται από τα κολλοειδή του εδάφους. Αυτός είναι λοιπόν ο λόγος που η νιτρική μορφή του αζώτου εκπλένεται εύκολα από το έδαφος. Η αμμωνιακή μορφή του αζώτου είναι λιγότερο κινητική στο έδαφος μιας και δεσμεύεται πιο εύκολα από τα κολλοειδή του εδάφους. Υπό κανονικές συνθήκες όμως, μέσα σε λίγες μέρες μετατρέπεται στη νιτρική μορφή.

Το Novatec επιμηκύνει το χρόνο παραμονής του αζώτου στην αμμωνιακή μορφή, επιβραδύνοντας την βιολογική διαδικασία της μετατροπής του στη νιτρική μορφή. Έτσι ο κίνδυνος απόπλυσης της νιτρικής μορφής ελαχιστοποιείται.

Κάποια από τα οφέλη που επιτυγχάνονται με τη χρήση της τεχνολογίας Novatecείναι τα εξής:

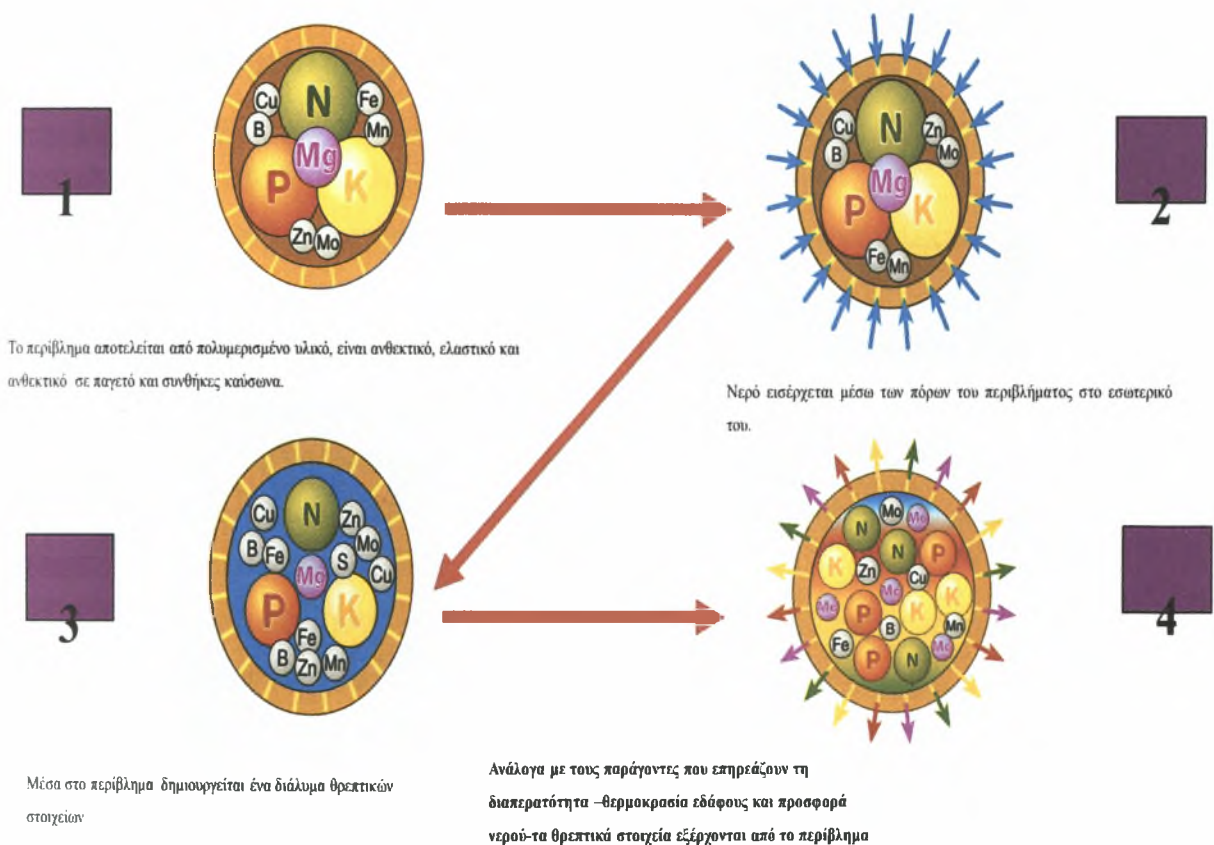
- Παρατηρούνται λιγότερες απώλειες αζώτου (λόγω μειωμένου ρυθμού μετατροπής του αμμωνιακού σε νιτρικού αζώτου) με αποτέλεσμα την προστασία του περιβάλλοντος και του υδροφόρου ορίζοντα.
- Το άζωτο παραμένει διαθέσιμο για χρονικό διάστημα έως και 3 μήνες (εξαρτάται από παράγοντες όπως θερμοκρασία, υγρασία, κτλ.).
- Έχουμε καλύτερη αξιοποίηση και οικονομικότητα της απόδοσης του αζώτου.
- Έχουμε μερική αμμωνιακή θρέψη, με αποτέλεσμα την καλύτερη ενεργειακή διαχείριση λόγω οικονομίας από την μετατροπή εντός του φυτού του νιτρικού σε αμμωνιακή μορφή αζώτου. Αυτό σημαίνει πως η ενέργεια που περισσεύει το φυτό την αξιοποιεί για τον καλύτερο μεταβολισμό και την καλύτερη ανάπτυξη του.
- Η αμμωνιακή θρέψη μειώνει το pH της ριζόσφαιρας. Αυτό γίνεται γιατί υπάρχει ανταλλαγή $\text{NH}_4^+ \text{H}^+$ (I.A.K) και όπως είναι γνωστό η απορρόφηση ενός NH_4^+ προκαλεί έκκριση ενός H^+ και μειώνει το pH στην ριζόσφαιρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη απορρόφηση στοιχείων όπως σίδηρος, φώσφορος, ψευδάργυρος, μαγγάνιο, χαλκός, ειδικά σε ελαφρώς αλκαλικά – αλκαλικά εδάφη. Η απορρόφηση ενός νιτρικού ανιόντος σημαίνει αποβολή ενός υδροξυλίου (αρνητικό σθένος) δηλαδή οδηγεί σε αύξηση του pH.
- Τέλος ομαλή τροφοδοσία αζώτου και ανάπτυξη των φυτών χωρίς εξάρσεις αγωγιμότητας

1.2.6.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BASACOTEPLUSΠΕΡΙΚΑΛΛΥΜΕΝΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Όπως γνωρίζουμε, παράγοντας όπως το pH του εδάφους και οι διάφορες αλληλεπιδράσεις κάνουν πολλά από θρεπτικά στοιχεία, μη διαθέσιμα στο φυτό. Όπως αναφέρθηκε, η τεχνολογία Novatec αφορά τη διαχείριση του αζώτου, χωρίς να μπορεί να προσφέρει αντίστοιχη παρατεταμένη προσφορά στο φυτό και των υπολοίπων στοιχείων όπως του φωσφόρου, του καλίου, του μαγνησίου και των ιχνοστοιχείων.

Αυτό το κενό έρχεται να καλύψει η χρήση των λιπασμάτων τεχνολογίας BasacotePlus, που είναι λιπάσματα πλήρως περικαλυμμένα και ελεγχόμενης αποδέσμευσης σε όλα τα στοιχεία (ακόμα και στο άζωτο).

Το περίβλημα αποτελείται από πολυμερισμένο υλικό, είναι ανθεκτικό και ελαστικό με μεγάλη αντοχή στις μηχανικές κατεργασίες. Η ομαλή απελευθέρωση των θρεπτικών στοιχείων δεν επηρεάζεται ακόμα και από εξαιρετικά ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας (-20°C έως +20°C θερμοκρασία υποστρώματος). Το νερό εισέρχεται μέσω των πόρων του περιβλήματος στο εσωτερικό του. Μέσα στο περίβλημα δημιουργείται ένα διάλυμα θρεπτικών στοιχείων. Ανάλογα με τους παράγοντες που επηρεάζουν την διαπερατότητα – θερμοκρασία εδάφους και προσφορά νερού – τα θρεπτικά στοιχεία εξέρχονται από το περίβλημα. (Σχήμα 1.3)



Σχήμα 1.3: Μηχανισμός δράσης ελεγχόμενης αποδέσμευσης των θρεπτικών στοιχείων από περικαλυμμένο λίπασμα.

1.2.6.4 ΚΥΡΙΑ ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ DURATEC

Συνοψίζοντας, μπορούμε να αναφέρουμε κάποια από τα οφέλη από τη χρήση των λιπασμάτων Duratec:

- Προϊόν που αποτελεί συνεργιστικό συνδυασμό δύο κορυφαίων τεχνολογιών (και των ωφελειών τους) στον τομέα της θρέψης των φυτών.
- Μέγιστη απόδοση και αξιοποίηση του αζώτου, με σεβασμό στην καλλιέργεια και στο περιβάλλον.
- Μέγιστη απόδοση και αξιοποίηση και των υπολοίπων θρεπτικών στοιχείων όπως φώσφορος, κάλιο, μαγνήσιο και ιχνοστοιχεία.
- Το νιτρικό άζωτο και οι απλές μορφές φωσφόρου, καλίου, μαγνησίου και ιχνοστοιχείων που περιέχουν, διασφαλίζουν την άμεση αρχική παροχή θρεπτικών στοιχείων, έως την στιγμή που θα αρχίσει η σταδιακή προσφορά από τις μορφές ελεγχόμενης αποδέσμευσης.
- Περιορισμένες απώλειες λόγω έκπλυσης, ανταγωνισμού ή δέσμευσης.
- Οι παρατεταμένες ή και οι έντονες βροχοπτώσεις δεν αποτελούν πλέον περιοριστικό παράγοντα για τον χρόνο εφαρμογής.
- Ενδεδειγμένη χρήση τους και για την μετασυλλεκτική θρέψη δενδροκομικών καλλιεργειών.
- Διάρκεια δράσης (απελευθέρωσης) των θρεπτικών στοιχείων περίπου 3 μήνες (κατά μέσο όρο).
- Σε πολλές καλλιέργειες (ειδικά μικρού βιολογικού κύκλου) μπορεί να γίνει μόνο μία εφάπαξ εφαρμογή χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για περαιτέρω επιφανειακές λιπάνσεις.
- Η απελευθέρωση γίνεται με ρυθμό ανάλογο της ανάπτυξης και επομένως και των αναγκών των φυτών.
- Ομαλή τροφοδοσία του ριζικού συστήματος χωρίς κινδύνους εγκαυμάτων.
- Ίδανικά για χρήση σε δύσκολες περιπτώσεις, όπως όταν έχουμε υψηλή αλατότητα.

- Κατάλληλα για αμμώδη εδάφη με μικρή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (I.A.K.).
- Μεγιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος.

Τα λιπάσματα Duratec είναι ένα καινοτόμο προϊόν το οποίο ικανοποιεί τις σύγχρονες απαιτήσεις των καταναλωτών για τα παραγόμενα γεωργικά προϊόντα και την προστασία του περιβάλλοντος.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν να διερευνηθεί η επίδραση τύπων λιπασμάτων στην καλλιέργεια του καλαμποκιού, στη Θεσσαλία.

Αξιολογήθηκαν, λοιπόν, οι εξής τύποι λιπασμάτων:

- α) Μάρτυρας (μηδενική λίπανση)
- β) Συμβατική λίπανση (15-15-15)
- γ) Duratec (14-7-14)
- δ) 80% Duratec (14-7-14)
- ε) 60% Duratec (14-7-14)
- στ) Duratec (21-5-9)
- ζ) 70% Duratec (21-5-9)
- η) Duratec (24-5-5)
- θ) 70% Duratec (24-5-5)

Η έρευνα περιλάμβανε 8 μεταχειρίσεις λίπανσης, σε 4 επαναλήψεις η καθεμία μεταχείριση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

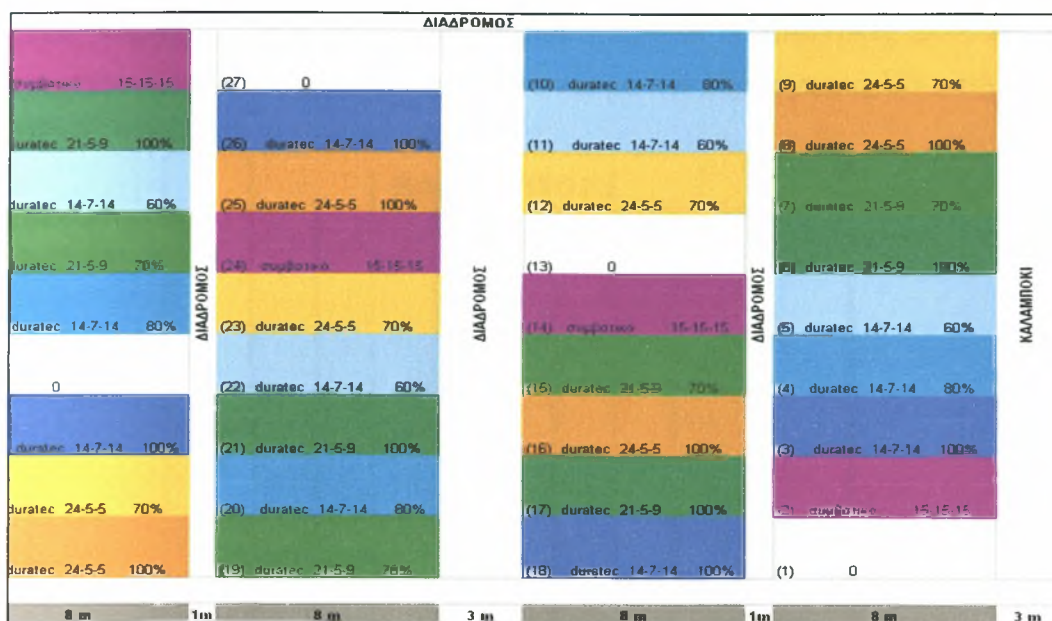
Για τις ανάγκες του ερευνητικού έργου το 2011 εγκαταστάθηκε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο Μαγνησίας.

Το καλλιεργούμενο φυτό που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος, ήταν το καλαμπόκι. Φυτό, το οποίο είναι από τα σημαντικότερα ετησία εαρινά φυτά μεγάλης καλλιέργειας, τόσο για την περιοχή, όσο και για ολόκληρη τη χώρα.

Το σχέδιο του πειράματος ήταν πλήρως τυχαίοποιημένο σχέδιο 8 μεταχειρίσεων λίπανσης και τον μάρτυρα, σε τέσσερις επαναλήψεις, όπως φαίνεται στο πειραματικό σχέδιο που ακολουθεί (Σχ. 2.1). Οι μεταχειρίσεις λίπανσης ήταν οι ακόλουθες:

1. Μάρτυρας (μηδενική λίπανση)
2. Συμβατική λίπανση 15-15-15 (100% μονάδες N της παραδοσ. βασ.+ επιφανειακή)
3. Duratec14-7-14 (100% μονάδες N της παραδοσ. βασ. + επιφανειακή)
4. Duratec14-7-14 (80% μονάδες N της παραδοσ. βασ. + επιφανειακή)
5. Duratec14-7-14 (60% μονάδες N της παραδοσ. βασ. + επιφανειακή)
6. Duratec 21-5-9 (100% μονάδες N της παραδοσ. βασ.)
7. Duratec 21-5-9 (70% μονάδες N της παραδοσ. βασ.)
8. Duratec 24-5-5 (100% μονάδες N της παραδοσ. βασ.)
9. Duratec 24-5-5 (70% μονάδες N της παραδοσ. βασ.)

Η ποικιλία η οποία χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα αυτό, είναι η PR31Y43 της εταιρίας PioneerHi-Bred με FAO 760.



Σχήμα 2.1 : Πειραματικό σχέδιο

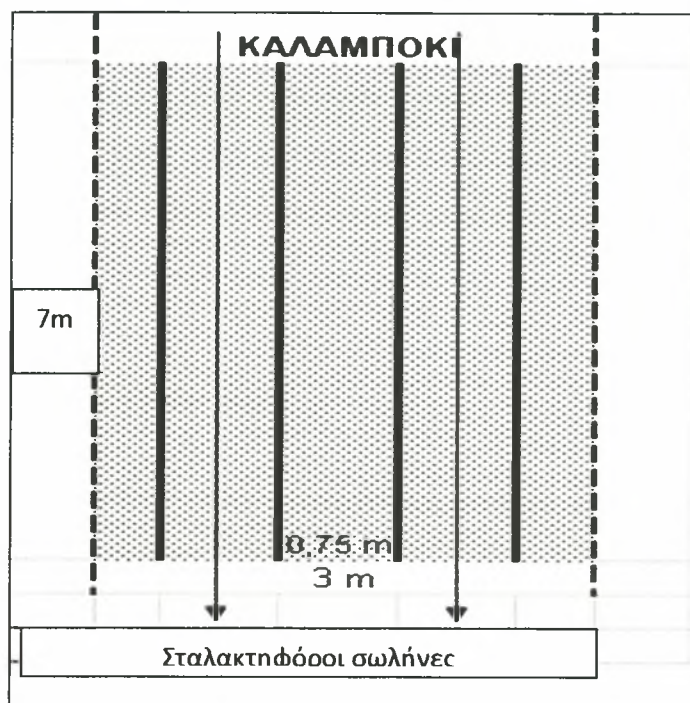
Κάθε πειραματικό τεμάχιο αποτελείται από 4 γραμμές. Οι δύο ακραίες ήταν οι περιθωριακές και από τις δύο μεσαίες, η 2^η ήταν η γραμμή απόδοσης και η 3^η η γραμμή δειγματοληψίας.

Οι διαστάσεις του κάθε τεμαχίου ήταν 3m πλάτος επί 8m μήκος (24 m²). Η απόσταση μεταξύ των γραμμών σποράς ήταν 0,75 m και απόσταση των φυτών επί της γραμμής ήταν 0,16 m, ώστε τελικά προέκυψε πληθυσμός περίπου 8 φυτών/m². Η εκτίμηση, συνεπώς, της απόδοσης προήλθε από τη συγκομιδή 6 m².

2.2 ΛΙΠΑΝΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΑ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ

Στα σκιασμένα τμήματα των πειραματικών τεμαχίων έγινε η εφαρμογή της βασικής και της επιφανειακής λίπανσης, ώστε να εξασφαλιστεί η διαβροχή τους κατά την άρδευση με σταλακτηφόρους σωλήνες και να καθίσταται δυνατή με τον τρόπο αυτό η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων (Σχ. 2.2).

Στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι λιπαντικές μονάδες που εφαρμόστηκαν τόσο με τη βασική, όσο και με την επιφανειακή λίπανση.



Σχήμα 2.2: Εφαρμογή λίπανσης στα σκιασμένα τμήματα των πειραματικών τεμαχίων.

Πίνακας 2.1 : Λιπαντικές μονάδες ανά μεταχείριση στο καλαμπόκι.

Τύπος λιπάσματος	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ					
	Βασική Kg/στρ	Επιφανειακή		Μονάδες		
		34,5-0-0 Kg/στρ	46-0-0 Kg/στρ	Βασική N-P-K Kg/στρ	Επιφανειακή ή N-P-K Kg/στρ	Σύνολο Kg/στρ
Μάρτυρας	0	0	0	0	0	0
Συμβατικό (15-15-15)	60	15	20	9-9-9	14,4-0-0	23,4-9-9
Duratec (14-7-14) 100%	64	15	20	9-4,5-9	14,4-0-0	23,4-4,5-9
Duratec (14-7-14) 80%	51	15	20	7,2-3,6-7,2	14,4-0-0	21,6-3,6-7,2
Duratec (14-7-14) 60%	39	15	20	5,4-2,7-5,4	14,4-0-0	19,8-2,7-5,4
Duratec (21-5-9) 100%	111	0	0	23,4-5,6-10	0	23,4-5,6-10
Duratec (21-5-9) 70%	78	0	0	16,4-3,9-7	0	16,4-3,9-7
Duratec (24-5-5) 100%	97	0	0	23,4-4,9-4,9	0	23,4-4,9-4,9
Duratec (24-5-5) 70%	68	0	0	16,4-3,4-3,4	0	16,4-3,4-3,4

2.3 ΕΔΑΦΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ

Η μηχανική ανάλυση του εδάφους έδειξε άμμο 16%, άργιλο 50% και ιλύ 34% (χαρακτηρισμός Clay). Το pH=8 με ολικό $\text{CaCO}_3=6,6\%$. Η οργανική ουσία ήταν 2, 4%. Ο P (κατά Olsen) 9 mg/kg και το K^+ 309 mg/kg. Σύμφωνα με τα παραπάνω το έδαφος χαρακτηρίζεται αλκαλικό, επαρκώς εφοδιασμένο σε CaCO_3 , πλούσιο σε οργανική ουσία, με χαμηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο και υψηλή σε κάλιο.

2.4 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Οι μέσες κλιματικές τιμές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης είναι για την περιοχή της Ν. Αγχιάλου διότι δεν υπάρχουν στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή του Βελεστίνου.

2.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού εφαρμόστηκε η συνήθης καλλιεργητική τεχνική στη Θεσσαλία. Για την προετοιμασία του εδάφους έγιναν όλες οι ενδεδειγμένες καλλιεργητικές φροντίδες, όπως το φθινοπωρινό όργωμα, καλλιεργητής μέσου τύπου τον Ιανουάριο, δισκοσβάρνισμα και καλλιεργητής ελαφρού τύπου-προετοιμασίας, το τρίτο δεκαήμερο του Μαρτίου.

Στη 1/4/2011 πραγματοποιήθηκε η σπορά του καλαμποκιού. Χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή ακριβείας (Gaspardo 520). Έγινε μεταφωτρωτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, καθώς και καταπολέμηση των ζιζανίων χειρονακτικά.

Η εφαρμογή της βασικής λίπανσης και η ενσωμάτωση των λιπασμάτων, με περιστροφικό καλλιεργητή ελαφρού (τύπου φρέζας), πραγματοποιήθηκαν μία ή δύο μέρες πριν από τη σπορά.

Η άρδευση έγινε στην αρχή με αυτοκινούμενο αρδευτικό συγκρότημα (καρούλι) και στη συνέχεια όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν, με σταλακτηφόρους σωλήνες. Η ποσότητα αρδευτικού νερού που χορηγήθηκε ήταν 70 mm νερού για το φύτευμα και την πρώτη ανάπτυξη των φυτών και στη συνέχεια περίπου 420 mm.

Δεν παρατηρήθηκαν προσβολές από εχθρούς ή ασθένειες σε τέτοιο βαθμό ώστε να απαιτηθούν ψεκασμοί για την καταπολέμησή τους, ενδεχομένως λόγω της μη γειννίασης του αγρού με άλλους αγρούς με αραβόσιτο.

2.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ ΑΥΞΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΩΝ

2.6.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ-ΞΗΡΑ ΒΑΡΗ

Κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού, έγιναν δειγματοληψίες φυτών για ανάλυση της αύξησης και ανάπτυξής τους. Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την κοπή ενός μέτρου φυτών από τη γραμμή δειγματοληψίας του κάθε τεμαχίου. Αρχικά γινόταν καταγραφή του χλωρού τους βάρους. Στη συνέχεια επιλέγονταν τρία αντιπροσωπευτικά φυτά για την καταγραφή των μορφολογικών και λοιπών χαρακτηριστικών τους. Ακολούθως τα παραπάνω φυτά χωρίζονταν σε στελέχη, καρποφόρα όργανα και φύλλα και προσδιορίζονταν τα αντίστοιχα ξηρά βάρη, όπως και το συνολικό.

Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 40°C για τα στελέχη και τα φύλλα και 60°C για τους καρπούς. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας.

Επίσης, προσδιοριζόταν ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (ΔΦΕ) κάθε πειραματικού τεμαχίου με μέτρηση της επιφάνειας των φύλλων του καλαμποκιού, με τη συσκευή PortableAreaMeterLI3000A (LI-COR). Η αναγωγή της φυλλικής επιφάνειας στο 1 m² γινόταν μέσω του καταγεγραμμένου βάρους των φύλλων και της συνολικής ποσότητας του δείγματος.

2.6.2 ΑΠΟΔΟΣΗ

Για τον υπολογισμό της απόδοσης πραγματοποιήθηκε συγκομιδή με το χέρι. Η συγκομιδή του καλαμποκιού έλαβε μέρος στις 28 Σεπτεμβρίου 2011.

2.6.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Δεν κρίθηκε αναγκαίο να γίνει εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αραβόσιτου, διότι αυτά καθορίζονται ισχυρά από γενετικούς παράγοντες και από προηγούμενη εμπειρία, δεν θα παρουσίαζαν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων που εξετάζονται.

2.7 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ-ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ

Ελήφθησαν εδαφικά δείγματα από κάθε πειραματικό τεμάχιο στο βάθος 0 – 30 cm κι έγινε προσδιορισμός των τριών μακροστοιχείων (N-P-K) πριν την εφαρμογή της επιφανειακής λίπανσης και μετά τη συγκομιδή (πέρας καλλιεργειών). Ειδικότερα, ο προσδιορισμός αφορούσε το αμμωνιακό και το νιτρικό N (kg/στρέμμα), το P κατά Olsen (kg/στρέμμα) και το K⁺ (kg/στρέμμα).

Σε φυτικούς ιστούς (φύλλα, στελέχη και καρπούς ξεχωριστά) έγινε προσδιορισμός του ολικού N (%), ώστε να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα χρήσης των λιπασμάτων.

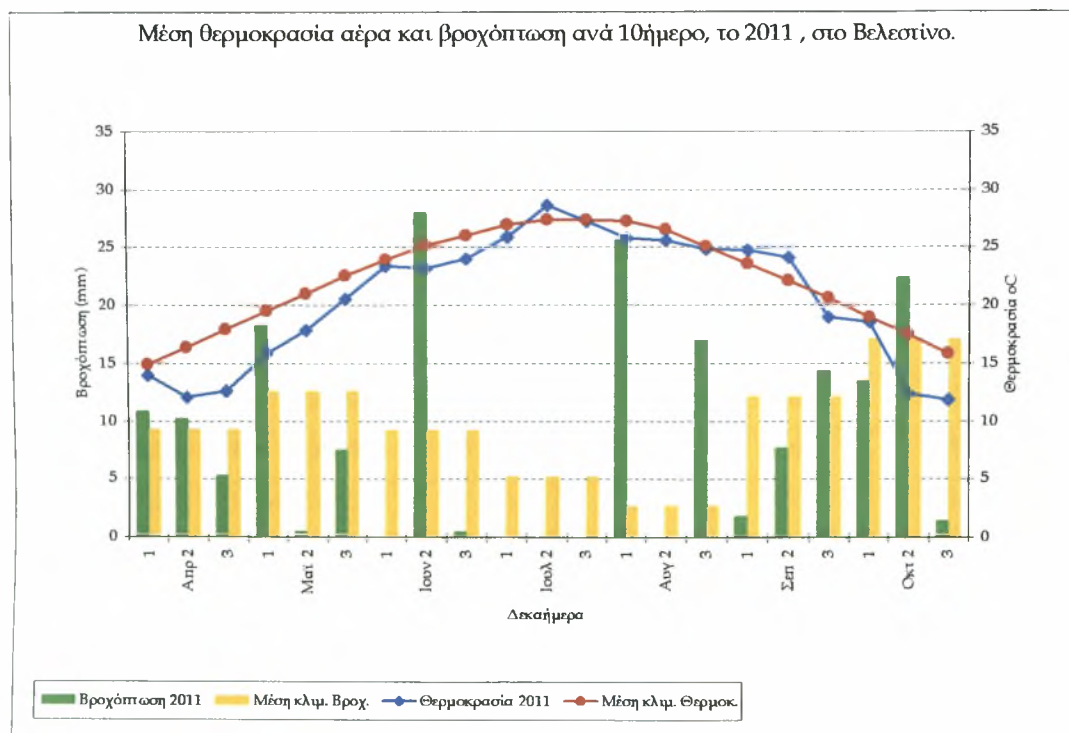
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Αξιοσημείωτες βροχοπτώσεις σημειώθηκαν κυρίως το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουνίου (28 mm) και το πρώτο (26 mm) και τρίτο (17 mm) του Αυγούστου, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχ. 3.1). Κάποιες βροχοπτώσεις σημειώθηκαν το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο χωρίς ωστόσο να δημιουργήσουν αξιοσημείωτα προβλήματα στην καλλιέργεια.

Η θερμοκρασία κατά την έναρξη του βιολογικού κύκλου των φυτών κυμάνθηκε σε χαμηλότερα για την εποχή επίπεδα έως και 5°C. Αυτό είχε ως συνέπεια την υστέρηση στην πρώτη ανάπτυξη όλων των φυτών και στην εμφάνιση των επόμενων σταδίων.



Σχήμα 3.1: Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχοπτώση ανά 10ήμερο, το 2011, στο Βελεστίνο.

Σε γενικές γραμμές όμως, οι συνθήκες που επικράτησαν δεν απέτρεψαν το ικανοποιητικό φύτευμα του αραβόσιτου, με αποτέλεσμα την ομαλή αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των μετρήσεων.

3.2 ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ-ΑΠΟΔΟΣΗ

Ως προς το ύψος (Πίν. 3.1), τα φυτά δεν διέφεραν σημαντικά στις αρχές Ιουλίου μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Φαίνεται ότι μέχρι αυτό το στάδιο δεν παρουσιάστηκε αξιοσημείωτη έλλειψη N, ώστε αυτό να αποτυπωθεί στο ύψος των φυτών, ούτε ακόμη και στην περίπτωση του μάρτυρα. Αργότερα (3^ο δεκαήμερο Ιουλίου), εμφανίζεται αριθμητική υστέρηση του μάρτυρα έναντι των υπόλοιπων μεταχειρίσεων. Σε αυτό το χρονικό σημείο τα φυτά έχουν πάρει το τελικό τους ύψος, αφού αυτό δεν αυξάνεται μέχρι την επόμενη δειγματοληψία (3^ο δεκαήμερο Αυγούστου). Κάποια αριθμητική μείωση στο ύψος των φυτών, ιδιαίτερα στην τελευταία δειγματοληψία (τέλος Σεπτεμβρίου), ενδεχομένως οφείλεται σε σπάσιμο της φόβης (αρσενική ταξιανθία) κάποιων φυτών στα πειραματικά τεμάχια, λόγω γήρανσης.

Πίνακας 3.1 : Ύψος φυτών αραβόσιτου

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ (m)			
	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011	28/9/2011
Μάρτυρας	1,62	2,37	2,34	2,41
Συμβατικό (15-15-15)	1,60	2,55	2,44	2,27
Duratec (14-7-14)100%	1,68	2,58	2,41	2,31
Duratec (14-7-14)80%	1,54	2,57	2,51	2,45
Duratec (14-7-14)60%	1,65	2,52	2,45	2,33
Duratec (21-5-9)100%	1,64	2,55	2,42	2,34
Duratec (21-5-9)70%	1,66	2,50	2,51	2,35
Duratec (24-5-5)100%	1,65	2,55	2,46	2,27
Duratec (24-5-5)70%	1,69	2,49	2,45	2,33
ΕΣΔ .05	ns	Ns	ns	Ns
CV(%)	8,88	3,45	6,61	6,73

Στον Πίνακα 3.2, παρουσιάζεται η παραγωγή χλωρής βιομάζας. Φαίνεται, ότι στις αρχές του Ιουλίου οι τιμές του χλωρού βάρους ήταν αυξημένες στις μεταχειρίσεις Duratec (21-5-9)100%, Duratec (21-5-9)70%, Duratec (24-5-5)100%, Duratec (24-5-5)70%, στις οποίες έχει εφαρμοστεί μόνο βασική λίπανση, σε σχέση με τις τιμές που παρουσιάστηκαν στον μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις Duratec (14-7-14)80%, Duratec (14-7-14)60%, όπου σε αυτές εφαρμόστηκε και επιφανειακή λίπανση πέρα από την βασική. Αυτό σημαίνει πως στις μεταχειρίσεις, όπου εφαρμόστηκε μόνο βασική λίπανση, πραγματοποιείται συνεχής θρέψη των φυτών καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του αραβόσιτου. Αυτή η υπεροχή στη χλωρή βιομάζα δεν οφείλεται σε ενδεχόμενο υψηλό ποσοστό υγρασίας στις μεταχειρίσεις που υπερέχουν, σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 3.3. Παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν και στη 2^η δειγματοληψία, που πραγματοποιήθηκε το 3^ο δεκαήμερο του Ιουλίου. Μείωση των τιμών του χλωρού βάρους, σε σχέση με την προηγούμενη δειγματοληψία, παρατηρήθηκε στο τέλος του Αυγούστου, διότι είχε ήδη ξεκινήσει η γήρανση των φυτών, με αποτέλεσμα να μειώνεται το ποσοστό υγρασίας τους. Ακόμη μεγαλύτερη μείωση εμφανίστηκε στο τέλος του Σεπτεμβρίου, διότι στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είχε επέλθει πλήρης ξήρανση των φυτών στον αγρό.

Πίνακας 3.2 : Χλωρό βάρος φυτών αραβόσιτου

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΧΛΩΡΟ ΒΑΡΟΣ (Kg/στρ)			
	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011	28/9/2011
Μάρτυρας	4533	5260a	4767 a	3060
Συμβατικό (15-15-15)	4820	6680bc	6340b	3680
Duratec (14-7-14)100%	4840	7813c	5967 b	3940
Duratec (14-7-14)80%	4467	6280ab	6000 b	3680
Duratec (14-7-14)60%	4487	6220ab	6513b	4140
Duratec (21-5-9)100%	4953	7007bc	6840b	4527
Duratec (21-5-9)70%	5133	7323bc	6907b	3733
Duratec (24-5-5)100%	5060	7207bc	6980b	4013
Duratec (24-5-5)70%	4787	7433bc	6773b	3993
ΕΣΔ.05	ns	1400	1033	ns
CV(%)	15,80	14,10	11,16	16,44

*Duncan criterion: a, b, c.

Πίνακας 3.3: Ποσοστό υγρασιακής κατάσταση φυτών αραβόσιτου.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΥΤΩΝ (%)			
	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011	28/9/2011
Μάρτυρας	84	75	63	43
Συμβατικό (15-15-15)	82	74	63	43
Duratec (14-7-14)100%	83	74	61	40
Duratec (14-7-14)80%	83	74	64	40
Duratec (14-7-14)60%	84	74	64	41
Duratec (21-5-9)100%	81	76	63	43
Duratec (21-5-9)70%	82	75	62	40
Duratec (24-5-5)100%	81	75	62	40
Duratec (24-5-5)70%	82	75	61	44

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται τα ξηρά βάρη των επιμέρους φυτικών τμημάτων καθώς και τα συνολικά ξηρά βάρη κάθε δειγματοληψίας. Η έλλειψη αζώτου (N) στο μάρτυρα έδωσε στατιστικά χαμηλότερη παραγωγή, κυρίως καρπών. Αποδεικνύεται έτσι η σημαντική συμβολή του N στη παραγωγή καρπού. Μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων στις πρώτες δειγματοληψίες, δεν υπήρξε σαφής διαφοροποίηση. Γενικά φαίνεται ότι οι μεταχειρίσεις του Duratec 100% έδωσαν αριθμητική υπεροχή, έναντι της συμβατικής λίπανσης, σε όλες τις δειγματοληψίες.

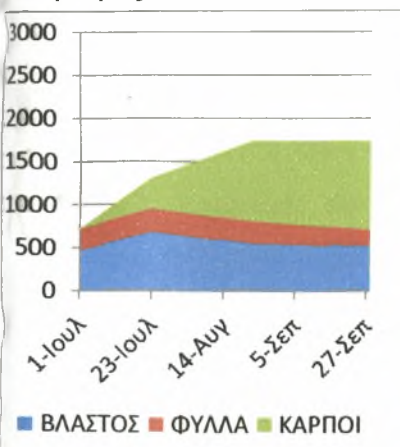
Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζεται, η εξέλιξη παραγωγής βιομάζας για κάθε μεταχείριση λίπανσης και η συμβολή σε αυτήν των διαφορετικών φυτικών τμημάτων. Πέραν της ξεκάθαρης υστέρησης του μάρτυρα, έναντι όλων των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, παρουσιάζεται και μια μικρή υστέρηση της συμβατικής λίπανσης έναντι των μεταχειρίσεων Duratec, ιδιαίτερα στο τέλος της καλλιέργειας.

Πίνακας 3.4: Ήληρά βάρη φυτικών τμημάτων και ολικά κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού στις διάφορες μεταχειρίσεις.

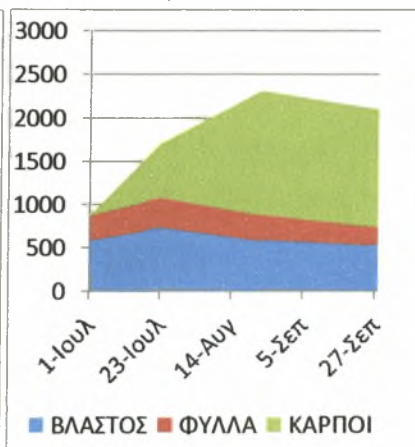
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΚΑΡΠΟΙ				ΦΥΛΛΑ				ΒΛΑΣΤΟΣ				ΣΥΝΟΛΟ			
	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011	28/9/2011	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011	28/9/2011	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011	28/9/2011	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011	28/9/2011
Μάγνητας	0	362 a	954 a	1031	253	272 a	255	189	472	685	556	525	725	1319	1755	1745
Συμβαρικό (15-15-15)	0	632 b	1273b	1357	281	343abc	288	208	592	735	593	538	873	1710	2321	2103
Duratec (14-7-14)100%	0	810 b	1408 b	1560	287	403 c	351	242	540	807	566	574	827	2020	2352	2376
Duratec (14-7-14)80%	0	606 b	1324b	1436	252	309ab	271	179	488	689	552	586	740	1604	2156	2201
Duratec (14-7-14)60%	0	616 b	1280 b	1613	237	299ab	302	220	478	671	610	611	715	1586	2355	2444
Duratec (21-5-9)100%	0	639 b	1381 b	1651	297	342abc	344	275	629	718	606	670	926	1699	2503	2596
Duratec (21-5-9)70%	0	671 b	1314 b	1387	301	375bc	341	244	621	803	629	616	922	1849	2638	2247
Duratec (24-5-5)100%	0	723 b	1500 b	1588	302	361abc	322	227	661	738	607	574	963	1822	2630	2389
Duratec (24-5-5)70%	0	763 b	1378 b	1394	294	385 c	342	240	590	773	663	605	884	1921	2614	2239
EZA ₀₅		205,7	264,6	ns	ns	73,6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	0	21,80	13,80	20,44	17,21	14,69	16,63	14,28	21,39	21,79	12,29	16,96	18,2	16,29	12,11	16,69

*Duncan criterion: a, b, c.

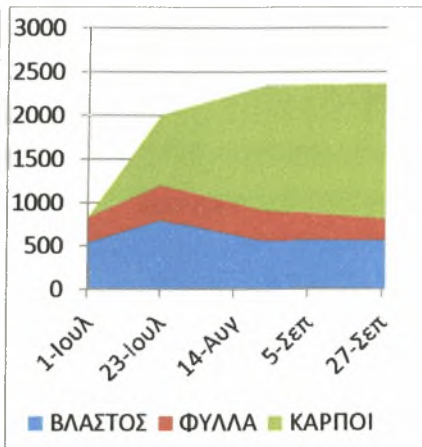
Μάρτυρας



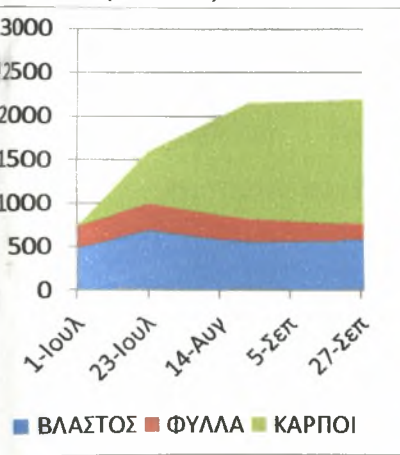
Συμβατικό (15-15-15)



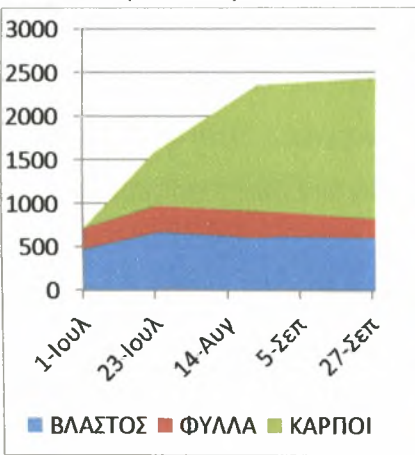
Duratec (14-7-14) 100%



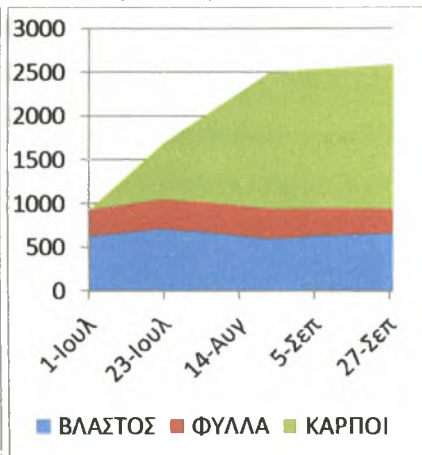
Duratec (14-7-14) 80%



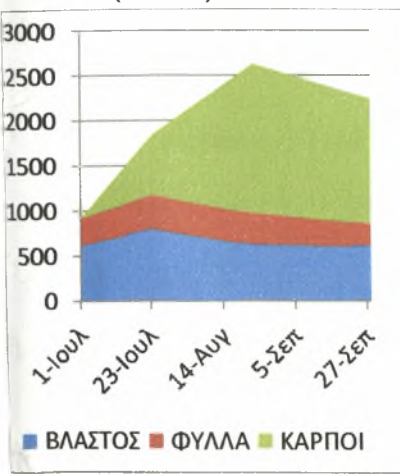
Duratec (14-7-14) 60%



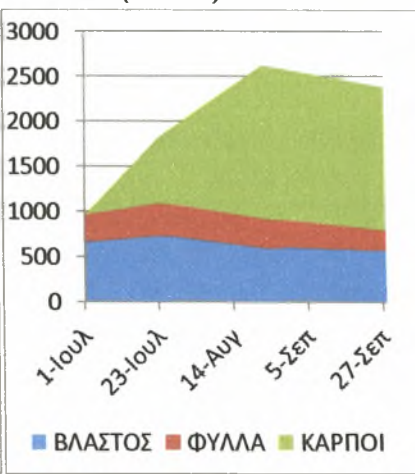
Duratec (21-5-9) 100%



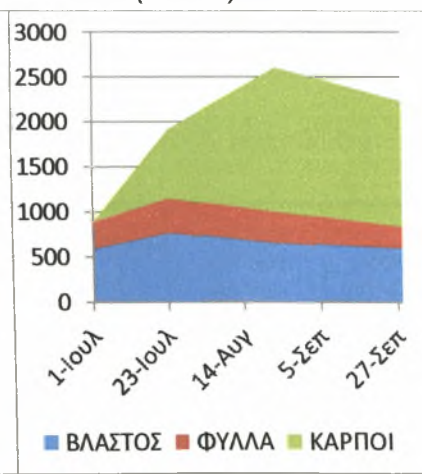
Duratec (21-5-9) 70%



Duratec (24-5-5) 100%



Duratec (24-5-5) 70%



Σχήμα 3.2: Εξέλιξη παραγωγής βιομάζας και κατανομή της στα διάφορα φυτικά τμήματα σε κάθε μεταχείριση.

Όσον αφορά, το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Πίν. 3.5) φαίνεται ότι οι μεταχειρίσεις, στις οποίες έχει πραγματοποιηθεί μόνο η βασική λίπανση [Duratec (21-5-9)100%, Duratec (21-5-9)70%, Duratec (24-5-5)100%, Duratec (24-5-5)70%], υπερτερούν σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Αυτό συμβαίνει και στις τρεις δειγματοληψίες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν 1/7/2011, 23/7/2011 και 23/8/2011.

Η μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης (16/7/2011) στα φύλλα του καλαμποκιού (Πίν. 3.5), η οποία έγινε μετά και την εφαρμογή της επιφανειακής λίπανσης στα τεμάχια της συμβατικής λίπανσης και του duratec 14-7-14, δείχνει αξιοσημείωτη υπεροχή των μεταχειρίσεων του duratec με εφαρμογή μόνο βασικής λίπανσης. Αυτό υποδηλώνει τη σταθερή και ικανοποιητική τροφοδοσία των φυτών με άζωτο τουλάχιστον μέχρι εκείνη την περίοδο. Υψηλή περιεκτικότητα χλωροφύλλης, συνεπάγεται υψηλή φωτοσυνθετική ικανότητα και συνεπώς υψηλή παραγωγικότητα των φυτών.

Ως προς την απόδοση σε καρπό (Πίν. 3.5) φαίνεται ότι οι μεταχειρίσεις του duratec με N στο 100% της παραδοσιακής λίπανσης έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα και ειδικότερα μόνο με εφαρμογή βασικής λίπανσης (21-5-9 & 24-5-5), έως 200 Kg παραπάνω. Το 21-5-9 100% υπερείχε στατιστικώς σε επίπεδο σημαντικότητας 95% έναντι της παραδοσιακής λίπανσης, ενώ το 24-5-5 100% σε επίπεδο 90% ($E_{SD,1} = 179,4$).

Πίνακας 3.5: Δείκτης φυλλικής επιφάνειας, Χλωροφύλλη και Απόδοση καρπού φυτών αραβόσιτου.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΔΕΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (ΔΦΕ)			ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ 16/7/2011	ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΡΠΟΥ (kg/στρ)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ
	1/7/2011	23/7/2011	23/8/2011			
Μάρτυρας	5,6	3,5	3,2 a	36,4 a	756 a	0,43 a
Συμβατικό (15-15-15)	5,8	4,3	4,7abc	38,6ab	1102bc	0,52bc
Duratec (14-7-14)100%	5,8	5,2	4,0ab	42,3abc	1239bcd	0,52bc
Duratec (14-7-14)80%	5,6	4,5	4,1ab	37,9 a	1270bcd	0,58 c
Duratec (14-7-14)60%	4,7	5,6	5,1bc	37,8 a	1201bcd	0,49 b
Duratec (21-5-9)100%	5,8	4,5	5,7 c	49,5 d	1335 d	0,51bc
Duratec (21-5-9)70%	7,9	5	5,1bc	47,1 c	1111bc	0,49 b
Duratec (24-5-5)100%	6,3	5,2	4,4abc	51,9 d	1291 cd	0,54 c
Duratec (24-5-5)70%	5,3	5	4,7abc	48,5 cd	1073 b	0,48 b
EΣΔ 05	ns	ns	1,3	8,9	216,4	0,043
CV(%)	27,20	26,79	20,06	14,07	12,86	14,42

*Duncan criterion: a, b, c, d.

Ο δείκτης συγκομιδής παρουσιάζει υστέρηση στον μάρτυρα. Φαίνεται, όπως προαναφέρθηκε, ότι η έλλειψη N σε ένα φυτό, όπως το καλαμπόκι, είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή καρπού. Άλλωστε, το N είναι σε υψηλότερο ποσοστό στο σπόρο από τα άλλα φυτικά τμήματα.

3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Πριν την εφαρμογή της βασικής λίπανσης της καλλιέργειας, η ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων για την περιγραφή του αγρού έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η μηχανική ανάλυση του εδάφους έδειξε άμμο 16%, άργιλο 50% και ιλύ 34% (χαρακτηρισμός Clay). Το pH=8 με ολικό $\text{CaCO}_3=6,6\%$. Η οργανική ουσία ήταν 2, 4%. Το ολικό N ήταν 1700 mg/kg ή 0,17% (Kjeldahl). Ο P (κατά Olsen) 9 mg/kg και το K+ 309 mg/kg. Σύμφωνα με τα παραπάνω το έδαφος χαρακτηρίζεται αλκαλικό, επαρκώς εφοδιασμένο σε CaCO_3 , πλούσιο σε οργανική ουσία, με χαμηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο και υψηλή σε κάλιο.

Πριν την εφαρμογή της επιφανειακής λίπανσης και μετά τη συγκομιδή (πέρας καλλιεργειών) οι εδαφολογικές αναλύσεις έδωσαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται μείωση των στοιχείων από την πρώτη ανάλυση ως το τέλος της καλλιέργειας. Σε ότι αφορά ειδικότερα το N, πριν την επιφανειακή λίπανση, στα τεμάχια του Duratec μόνο με βασική λίπανση φαίνεται υψηλή διαθεσιμότητα κυρίως του νιτρικού αζώτου, που κυμαίνεται στα 17 Kg/στρ. στα Duratec 70% και φτάνει τα 30 Kg/στρ. στο Duratec (21-5-5) 100%. Τα ίδια λιπάσματα δείχνουν υπεροχή και στο αμμωνιακό κατά 3 Kg/στρ. περίπου έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων.

Πίνακας 3.6 : Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων στο καλαμπόκι πριν την επιφανειακή λίπανση και μετά την συγκομιδή.

ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ								
Μεταχειρίσεις	Πριν την επιφανειακή λίπανση				Μετά τη συγκομιδή			
	P Olsen kg/στρ	K+ kg/στρ	Νιτρικό N kg/στρ	Αμμωνιακό N kg/στρ	P Olsen kg/στρ	K+ kg/στρ	Νιτρικό N kg/στρ	Αμμωνιακό N kg/στρ
Μάρτυρας	5,85	130,05	5,40	3,15	1,35	83,70	1,35	2,25
Συμβατικό (15-15-15)	9,90	139,95	8,55	4,95	2,25	95,40	9,45	2,25
Duratec (14-7-14) 100%	8,10	141,30	10,80	5,40	2,25	78,30	4,95	2,25
Duratec (14-7-14) 80%	6,30	134,10	7,65	5,40	1,80	86,85	2,70	1,35
Duratec (14-7-14) 60%	6,75	134,10	8,10	5,40	1,80	85,95	4,05	1,80
Duratec (21-5-9) 100%	10,35	143,10	30,60	9,45	2,25	88,65	9,45	1,80
Duratec (21-5-9) 70%	7,65	148,50	17,10	6,30	1,35	86,85	2,70	1,80
Duratec (24-5-5) 100%	7,20	145,35	24,75	8,10	0,90	84,60	3,15	1,80
Duratec (24-5-5) 70%	7,20	143,10	17,10	8,10	2,25	86,85	3,15	1,80

3.4 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ

Οι αναλύσεις των φυτικών ιστών έδειξαν (Πίν. 3.7) υστέρηση στην περιεκτικότητα στο N των επιμέρους φυτικών τμημάτων στις μεταχειρίσεις με λίγο N.

Το ολικό N στα φύλλα ήταν περίπου 0,75%, 0,6% στα στελέχη και 1,4% στους καρπούς, κατά μέσο όρο. Η καλλιέργεια φαίνεται να άντλησε από το έδαφος περίπου 25 Kg/στρ. αζώτου. Μεγαλύτερες ποσότητες το έδαφος (28 Kg/στρ.) άντλησαν το Duratec (14-7-14) 100% και το Duratec (21-5-5) 100%.

Πίνακας 3.7: Εκατοστιαία αναλογία N στα διάφορα φυτικά μέρη του αραβόσιτου και ολικό N της φυτείας σε kg/στρέμμα.

ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ				
Μεταχειρίσεις	% Ολικό N			Ολικό N φυτείας kg/στρ
	Φύλλα	Στελέχη	Καρποί	
Μάρτυρας	0,560	0,392	1,008	13,5
Συμβατικό (15-15-15)	0,812	0,588	1,428	24,2
Duratec (14-7-14) 100%	0,784	0,588	1,456	28,0
Duratec (14-7-14) 80%	0,756	0,616	1,372	24,7
Duratec (14-7-14) 60%	0,728	0,560	1,176	24,0
Duratec (21-5-9) 100%	0,840	0,700	1,288	28,3
Duratec (21-5-9) 70%	0,756	0,692	1,344	24,7
Duratec (24-5-5) 100%	0,784	0,560	1,288	25,4
Duratec (24-5-5) 70%	0,813	0,560	1,512	26,4

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 3.8 , η απορρόφηση N της φυτείας του αραβόσιτου από το έδαφος φτάνει τα 13,5 kg/στρ., ώστε τελικά να παραχθούν 756kg/στρ. σπόρου. Οι αυξημένες αποδόσεις στις άλλες μεταχειρίσεις οφείλονται στη λίπανση. Ειδικότερα, στη μεταχείριση της συμβατικής λίπανσης αφού η φυτεία περιείχε 24,2 kg/στρ. άζωτο και αφού τα 13,5 προήλθαν από το έδαφος, τότε τα υπόλοιπα 10,7 kg/στρ. προήλθαν από τη λίπανση που εφαρμόστηκε. Ομοίως και στις άλλες μεταχειρίσεις. Τελικά προκύπτει ότι αξιοποιήθηκε περίπου το 46% της συμβατικής λίπανσης που χορηγήθηκε, ενώ στις μεταχειρίσεις του duratec η αποδοτικότητα χρήσης του N κυμάνθηκε από 51 έως 79%, με μέσο όρο 61%.

Πίνακας 3.8: Ποσότητα N-ουχου λίπανσης που εφαρμόστηκε, απορρόφηση N από την καλλιέργεια, απόδοση σε καρπό και αποδοτικότητα χρήσης N στον αραβόσιτος.

ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	N εφαρμογή	N Απορρόφηση	Απόδοση σε καρπό	Αποδοτικότητα χρήσης N	
				kg/στρ.	%
Μεταχειρίσεις	kg/στρ.	kg/στρ.	kg/στρ.	kg/στρ.	%
Μάρτυρας	0	13,5	756	0,0	0
Συμβατικό (15-15-15)	23,4	24,2	1102	10,7	46
Duratec (14-7-14) 100%	23,4	28,0	1239	14,5	62
Duratec (14-7-14) 80%	21,6	24,7	1270	11,2	52
Duratec (14-7-14) 60%	19,8	24,0	1201	10,5	53
Duratec (21-5-9) 100%	23,4	28,3	1335	14,8	63
Duratec (21-5-9) 70%	16,4	24,7	1111	11,2	68
Duratec (24-5-5) 100%	23,4	25,4	1291	11,9	51
Duratec (24-5-5) 70%	16,4	26,4	1073	12,9	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στο καλαμπόκι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τη χλωροφύλλη μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων λίπανσης.
- Όσον αφορά την απόδοση σε καρπό ο μάρτυρας (δηλαδή το τεμάχιο χωρίς προσθήκη λιπάσματος) παρουσίασε στατιστικώς σημαντική υστέρηση έναντι των υπόλοιπων μεταχειρίσεων.
- Σχετικά με την απόδοση οι μεταχειρίσεις του Duratec με άζωτο στο 100% της παραδοσιακής λίπανσης έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα και ειδικότερα μόνο με εφαρμογή βασικής λίπανσης(21-5-9 και 24-5-5).
- Με βάση τις αναλύσεις φυτικών ιστών φαίνεται ότι το καλαμπόκι είναι απαιτητικό φυτό σε N. Η αποδοτικότητα χρήσης του αζώτου με Duratec για το καλαμπόκι εμφανίζεται αυξημένη 15% κατά μέσο όρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αβραάμ Χα (2009) – Πανεπιστημιακές σημειώσεις: «Σποροπαραγωγή των καλλιεργούμενων φυτών» - Αβραάμ Χα - Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας- Βόλος, 2009
- Γεωργίλα Β., 2006, Μεταβολές του αζώτου (N) σε βιολογική καλλιέργεια γλυκού σόργου για παραγωγή βιομάζας ΜΔΕ, Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Δαναλάτος Νικόλαος-Πανεπιστημιακές σημειώσεις: Γενική Γεωργία- Δαναλάτος Νικόλαος-Βόλος, 2009
- Δαλιάνη Κ., 1999. Ανοιξιάτικα Σιτηρά, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Καραμάνος Α., 1992. Αραβόσιτος, Εκδόσεις Αθήνα.
- Καραμάνος Α., 1993. Αραβόσιτος, Βοτανική – Οικολογία – Καλλιέργεια, Αθήνα.
- Καραμάνος Α., 1999. Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων, Αραβόσιτος – Σόργο – Ρύζι- Κεχρί, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- Κατάλογος υβριδίων της εταιρίας λιπασμάτων Dekalb, 2013
- Κατάλογος υβριδίων της εταιρείας λιπασμάτων Sygenta, 2013
- Κατάλογος υβριδίων της εταιρίας λιπασμάτων PioneerHi-Bred, 2013
- Κουκουλάκης Π., 1994. Ανόργανη θρέψη και λίπανση του καλαμποκιού – Μελέτη επίδρασης των μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών στη θρέψη και ανάπτυξη του αραβοσίτου. Γεωργική Τεχνολογία.
- Παπακώστα Δ.-Τασοπούλου, 2012. Ειδική γεωργία: Σιτηρά και Ψυχανθή. Εκδόσεις Σύγχρονη παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Σπάης Α.-Φλώρου-Πανέρη Π-Χρηστάκη Ε., 2002. Ζωοτροφές και Σιτηρέσια, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Σφήκας Α., 1984. Ειδική γεωργία: Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά φυτά, Θεσσαλονίκη.
- Τσαπικούνης Φ., 1997. Θρέψη – Λίπανση των φυτών, Λαχανικά – Βιομηχανικά Φυτά, Φυτά μεγάλης καλλιέργειας, Μέρος Δ', Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

- Φασούλα Α.-Φωτιάδη Ν., 1984. Αρχές της επιστήμης των καλλιεργούμενων φυτών, Θεσσαλονίκη.

B. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Aldrich R., Scott W. and Leng E., 1975. Modern corn production. 2nd ed. A&L Publications, Champaign, IL.
- Alley M., Marvin E., Martz J., et al. 2009. Nitrogen and Phosphorous fertilization of Corn. Virginia Cooperative Extension.
- Barker A.V. and Pilbeam D.J., 2007, Handbook of plant nutrition, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.
- Basso L.C. and Smith T.A., 1974, "Effect of mineral deficiency on amine formation in higher plants", *Phytochemistry* 13 : 875 -883.
- Berenguer P., Santively F., Boixadera J. and Lloveras J., 2009. Nitrogen fertilization of irrigated maize under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*.
- Bundy L., 1998. Corn fertilization. Cooperative Extension Publishing.
- Burleson A., Dacus D. and Gerard J., 1961. The effect of phosphorus fertilization on the zinc nutrition of several irrigated crops. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 25.
- Craine J.M., Morrow C. and Stock W.D., 2008, "Nutrient concentration ratios and co-limitation in South African grasslands", *New Phytologist* 179 : 829 -836.
- Davis J. and Westfall D., 2009. Fertilizing Corn. Colorado State University Extension. Fact Sheet No. 0.538.
- Farago M., 1994, *Plants & the Chemical Elements*, VCH, Weinheim.
- Garrish V., Cernusak L.A. and Winter K., 2010, "Nitrogen to phosphorus ratio of plant biomass versus soil solution in a tropical pioneer tree, *Ficus insipida*", *Journal of Experimental Botany* 61: 3735 - 3748.

- Güsewell S. and Bollens U., 2003, "Composition of plant species mixtures grown at various N:P ratios and levels of nutrient supply", *Basic and Applied Ecology*, 4 : 453-466.
- Güsewell S., 2004, "N : P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance", *New Phytologist* 164 : 243 -266.
- Hiradate S., Ma J.F. and Matsumoto H., 2007, "Strategies of Plants to Adapt to Mineral Stresses in Problem Soils", *Advances in Agronomy* 96 65 -132.
- Kabata – Pendias A. and Pendias H., 2001, *Trace Elements in soils and plants*, 3rd Edition, CRC Press LLC.
- Karley A.J. and White P.J., 2009, "Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium", *Current Opinion Plant Biology* 12: 291 -298.
- Roem W.J. and Berenbse F., 2000, "Soil acidity and nutrient supply ratio as possible factors determining changes in plant species diversity in grassland and heathland communities", *Biological Conservation* 92: 151-161.
- Skeffington R.A. and Wilson E.J., 1988, "Excess Nitrogen Deposition: Issues for Consideration", *Environmental Pollution* 54: 159-184.
- Smith S., Wells K. and Thomas G., 1983. *Fertilization and Limiting for Corn*. U.K Extension Publication AGR-105.
- Tessier J.T. and Raynal D.J., 2003, "Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation", *J Applied Ecology* 40: 523-534.
- Zhang Z.Y., Wang Q.L., Li Z.H., Duan L.S. and Tian X.L., 2009, "Effects of Potassium Deficiency on Root Growth of Cotton Seedlings and Its Physiological Mechanisms", *Acta Agronomica Sinica* 35: 718-723.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000118524