



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



«Μελέτη της επίδρασης τύπων λιπασμάτων στην αύξηση και την παραγωγικότητα του καλαμποκιού, βαμβακιού και βιομηχανικής τομάτας στην Θεσσαλία»

ΚΑΡΟΥΤΣΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

ΒΟΛΟΣ 2012

Τριμελής επιτροπή

Δαναλάτος Νικόλαος Καθηγητής Εργαστηρίου Γεωργίας & Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών

Δημήρκου Ανθούλα Καθηγήτρια Εργαστηρίου Εδαφολογίας

Χα Ιμπραχίμ – Αβραάμ Καθηγητής Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Τις θερμές ευχαριστίες μου εκφράζω στον επιβλέποντα καθηγητή μου 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 κ. Δημήτρου Ανθούλα και τον κ. Χα Ιμπραχίμ-Αβραάμ Μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής μου για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην μεταπτυχιακή μου διατριβή καθώς επίσης και για τις σημαντικές παρατηρήσεις και συμβουλές τους. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά το Διδάκτορα κ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη για την πολύτιμη βοήθεια του και καθοδήγηση του ως προς τον τρόπο διεξαγωγής της έρευνας καθώς και για την σημαντική βοήθεια του κατά την επεξεργασία και συγγραφή της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Ευχαριστώ θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γιαννούλη Κυριάκο για την πολύτιμη βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τις προπτυχιακές φοιτήτριες Κανδρή Εύη, Κουβαρου Αγάθη και Σαραντίδη Μαρία για την πολύτιμη βοήθεια τους κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την οικονομική και ηθική υποστήριξη, υπομονή και κατανόηση σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το καλαμπόκι, το βαμβάκι και η βιομηχανική τομάτα είναι τρία από τα πιο σημαντικά ετήσια εαρινά φυτά μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα. Η λίπανση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών αυτών όπου οι απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία είναι μεγάλες.

Οι μεγάλες επιδοτήσεις που δόθηκαν στο παρελθόν για αυτές τις καλλιέργειας οδήγησαν στην εντατικοποίηση τους, με αποτέλεσμα να παρατηρείται υπερβολική χρήση χημικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και εγκατάλειψη της αμεινισποράς. Βραχυχρόνια γίνεται φανερή η συνέπεια στις εντατικές καλλιέργειες όπου οι μεγάλες φυτικές συγκομιδές συνδυάζονται με δραστικές λιπάνσεις. Για να 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 Compro. 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 Basacote Plus.

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 τις τρεις καλλιέργειες (καλαμπόκι, βαμβάκι και βιομηχανική τομάτα) στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο και εφαρμόστηκαν διάφοροι τύποι λιπασμάτων. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν 8 μεταχειρίσεις λίπανσης για τα 3 φυτά, 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 ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν και για τα

τρία καλλιεργούμενα είδη ήταν για το καλαμπόκι: PR31Y43 της Pioneer Hi-Bred με FAO 760, για το βαμβάκι: ST373 της Pioneer Hi-Bred, μεσοπρώιμη ποικιλία με τεχνολογικά χαρακτηριστικά ίνας: α) απόδοση σε ίνα (%)37, β)micronaire 4, γ) μήκος ίνας (mm) 29 και δ) αντοχή ίνας (gr/tex) 30,5 και για την βιομηχανική τομάτα: σπορόφυτα Heinz 3402 μέσης πρωιμότητας ποικιλία.

Με βάση τις αναλύσεις φυτικών ιστών φαίνεται ότι το πιο απαιτητικό φυτό σε άζωτο είναι το καλαμπόκι, ακολουθεί η βιομηχανική τομάτα και τρίτο το βαμβάκι. Η αποδοτικότητα χρήσης του αζώτου με Duratec για το καλαμπόκι και την βιομηχανική τομάτα εμφανίζεται αυξημένη 15% κατά μέσο όρο, για το βαμβάκι η υπολειμματική δράση από την προηγούμενη καλλιέργεια δεν επέτρεψε τα λιπάσματα να δείξουν τα πλεονεκτήματά τους.

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). Για το βαμβάκι η μειωμένη λίπανση κατά 30% με Duratec με μια εφαρμογή οδηγεί σε ίδιες αποδόσεις με την συμβατική λίπανση και εφαρμογή δύο επιφανειακών λιπάνσεων. Από τις τελικές αποδόσεις της βιομηχανικής τομάτας φαίνεται ότι υπάρχει η δυνατότητα να χορηγηθεί μόνο βασική λίπανση Duratec και μάλιστα μειωμένη κατά 30% χωρίς να υπάρχει μείωση στην τελική απόδοση σε νωπούς καρπούς έναντι της συμβατικής λίπανσης. Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και με λίπανση με Duratec 60% της παραδοσιακής όταν συνοδεύεται από επιφανειακή λίπανση. Αύξηση της χορηγούμενης ποσότητας Duratec φαίνεται ότι οδηγεί σε αύξηση της τελικής απόδοσης.

Η μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από την Compro Hellas A.E.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη

1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	1
1.1 Καλαμπόκι.....	1
1.1.1 Γενικά για το καλαμπόκι.....	1
1.1.2 Βοτανική περιγραφή του φυτού.....	1
1.1.3 Φάσεις ανάπτυξης του καλαμποκιού.....	4
1.1.4 Τύποι καλαμποκιού.....	5
1.1.5 Υβρίδια καλαμποκιού που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά.....	6
1.1.6 Χρήσεις.....	8
1.1.7 Οικονομική σημασία.....	9
1.1.8 Οικολογικές απαιτήσεις.....	9
1.1.9 Λίπανση καλαμποκιού.....	11
1.2 Βαμβάκι.....	24
1.2.1 Γενικά για το βαμβάκι.....	24
1.2.2 Βοτανική περιγραφή του φυτού.....	25
1.2.3 Φάσεις ανάπτυξης του βαμβακιού.....	30
1.2.4 Υβρίδια – Ποικιλίες βαμβακιού που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά.....	30
1.2.5 Χρήσεις.....	31
1.2.6 Οικονομική σημασία.....	32
1.2.7 Οικολογικές απαιτήσεις του βαμβακιού.....	33
1.2.8 Λίπανση βαμβακιού.....	36
1.3 Βιομηχανική τομάτα.....	47
1.3.1 Γενικά για την τομάτα.....	47
1.3.2 Βοτανική περιγραφή του φυτού.....	48

1.3.3	Υβρίδια – Ποικιλίες βιομηχανικής τομάτας που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά.....	52
1.3.4	Χρήσεις.....	53
1.3.5	Οικονομική σημασία.....	54
1.3.6	Οικολογικές απαιτήσεις.....	55
1.3.7	Λίπανση της βιομηχανικής τομάτας.....	57
1.4	Λιπάσματα.....	67
1.4.1	Άζωτο.....	70
1.4.1.1	Η φυσιολογία του αζώτου στο φυτό.....	70
1.4.1.2	Ο ρόλος του αζώτου στη φωτοσύνθεση.....	71
1.4.1.3	Επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο άζωτο.....	72
1.4.2	Φώσφορος.....	76
1.4.2.1	Η φυσιολογία του φωσφόρου στο φυτό.....	76
1.4.2.2	Ο ρόλος του φωσφόρου στη φωτοσύνθεση.....	76
1.4.2.3	Επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο φώσφορο.....	77
1.4.3	Κάλιο.....	79
1.4.3.1	Η φυσιολογία του καλίου στο φυτό.....	79
1.4.3.2	Ο ρόλος του καλίου στη φωτοσύνθεση.....	79
1.4.3.3	Επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο κάλιο.....	80
1.4.4	Λιπάσματα της Compro Hellas.....	81
1.4.4.1	Η χρήση των λιπασμάτων Duratec.....	81
1.4.4.2	Τεχνολογία Novatec σταθεροποιημένου αμμωνιακού λιπάσματος.....	83
1.4.4.3	Τεχνολογία Basacote Plus περικαλυμμένων λιπασμάτων.....	85
1.4.4.4	Κύρια οφέλη της χρήσης λιπασμάτων Duratec.....	86
2.	Σκοπός της εργασίας.....	88
3.	Υλικά και μέθοδοι.....	89
3.1	Στοιχεία πειράματος.....	89
3.2	Λιπαντικές μονάδες ανά καλλιέργεια και μεταχείριση.....	91

3.3 Έδαφος πειραματικών αγρών.....	94
3.4 Καιρικές συνθήκες.....	95
3.5 Καλλιεργητικές εργασίες.....	95
3.6 Μετρήσεις – Προσδιορισμοί Αύξησης και Ανάπτυξης φυτών.....	96
3.6.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά – Ξηρά βάρη.....	96
3.6.2 Απόδοση.....	97
3.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	97
3.8 Αναλύσεις εδαφικών δειγμάτων – Φυτικών ιστών.....	97
4.	
Αποτελέσματα.....	98
4.1 Καιρικές συνθήκες.....	98
4.2 Καλαμπόκι.....	99
4.3 Βαμβάκι.....	100
4.4 Βιομηχανική Τομάτα.....	104
4.5 Αναλύσεις εδαφικών δειγμάτων.....	106
4.6 Αναλύσεις φυτικών ιστών.....	110
5 Συμπεράσματα.....	116
Βιβλιογραφία.....	118

1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1 Καλαμπόκι

1.1.1 Γενικά για το καλαμπόκι

Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος είναι σιτηρό της οικογένειας *Gramineae* (Αγρωστωδών) και της υποοικογένειας *Maydeae*. Σύμφωνα με την ευρύτερα παραδεκτή θεωρία καταγωγής και εξέλιξης του φαίνεται ότι έχει προέλθει από τα γένη *Euchlaena* και *Tripsacum*, στην Κεντρική Αμερική, πιθανώς στη Δ. Γουατεμάλα ή το Ν. Μεξικό. Η Ελληνική ονομασία του, «αραβόσιτος», σημαίνει «η σίτος (σιτάρι) των Αράβων» και εισήχθη στην Ελλάδα το 1600 από τη Βόρεια Αφρική.

Ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται κυρίως για ζωοτροφή, τόσο ο καρπός όσο και η φυτική μάζα. Η φυτική μάζα χρησιμοποιείται κυρίως ως ενσιρωμένη ζωοτροφή, συχνά πάντως χρησιμοποιείται και για βόσκηση ή ως χλωρά νομή.

Σπέρνεται την άνοιξη (Μάρτιο – Απρίλιο στη χώρα μας, ανάλογα με την περιοχή). Μπορεί να καλλιεργηθεί όμως και ως δεύτερη καλλιέργεια (επίσπορος) μετά τη συγκομιδή των σιτηρών, για χλωρή νομή ή για ενσίρωση. (Καραμάνος Α., 1999)

1.1.2 Βοτανική περιγραφή του φυτού

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 του καλαμποκιού αποτελείται από εμβρυακές, μόνιμες και εναέριες ρίζες. Οι εμβρυακές ρίζες προέρχονται από την επιμήκυνση του ριζιδίου του εμβρύου και αποτελούνται από μια κύρια εμβρυακή ρίζα και μερικές δευτερεύουσες εμβρυακές, συνήθως 3 ως 5, οι οποίες εκφύονται κατά ζεύγη πάνω από τον κόμβο του ασπιδίου. Οι μόνιμες ρίζες είναι πολύ αριθμότερες των εμβρυακών που εκφύονται από τους κόμβους που βρίσκονται εντός του εδάφους σε βάθος 3 ως 5 εκ. και ανεξάρτητα από το βάθος σποράς. Οι εμβρυακές και οι μόνιμες ρίζες υπό κανονικές συνθήκες αγρού στην αρχή αναπτύσσονται οριζόντια και στη συνέχεια λαμβάνουν την κατακόρυφη κατεύθυνση. Ο κύριος όγκος του ριζικού συστήματος του καλαμποκιού περιορίζεται στα πρώτα 60 εκ. αλλά υπάρχουν και ρίζες που φτάνουν τα 2,5 μέτρα. Από τους πρώτους 2-3 κόμβους πάνω από την επιφάνεια του εδάφους εκφύονται ρίζες που όταν φθάσουν στην επιφάνεια του εδάφους, εισδύουν μέσα στο έδαφος και αποκτούν τη λειτουργικότητα φυσιολογικών ριζών. Οι ρίζες αυτές καλούνται εναέριες ή επακτές και βγαίνουν μετά την ανθοφορία της φόβης και εισβάλλουν όχι μόνο στη στήριξη του φυτού αλλά και στη θρέψη του. (Καραμάνος Α., 1999).

Στέλεχος

Το στέλεχος του καλαμποκιού αποτελείται από κόμβους και μεσογονάτια. Το μήκος των μεσογονατίων αυξάνει 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 κοντά στη βάση φέρουν ένα χαρακτηριστικό αυλάκι. Τα αυλάκια των μεσογονατίων παρατηρούνται εναλλάξ κατά μήκος του στελέχους. Το στέλεχος είναι γεμάτο με εντεριώνη. Σε κάθε κόμβο του στελέχους υπάρχει μια καταβολή οφθαλμών. Οι κατώτεροι οφθαλμοί και πιο συγκεκριμένα αυτοί που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, μπορούν να αναπτυχθούν και να εξελιχθούν σε αδέρφια, ενώ εκείνοι που βρίσκονται στο ανώτερο τμήμα είναι ανθοφόροι και εξελισσόμενοι μπορούν να παράγουν έναν ή περισσότερους σπάδικες.

Η δομή του στελέχους, σε συνδυασμό με την εντερώνη που γεμίζει εσωτερικά τον βλαστό αι τις εναέριες ρίζες, προσδίδει αντοχή στο πλάγιασμα και συμπίεση 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. (Καραμάνος Α., 1999)

Φύλλα

Τα φύλλα του καλαμποκιού είναι λογχοειδή και ο αριθμός τους (8-44 και μέγεθος 30-150 cm) σε ένα φυτό είναι συνάρτηση κυρίως του γονότυπου και δευτερευόντως των θερμοκρασιών που επικράτησαν κατά την περίοδο του σχηματισμού των καταβολών. ποικίλουν σε αριθμό ανάλογα με την ποικιλία και την περιοχή που καλλιεργούνται.

Τα φύλλα του καλαμποκιού εκφύονται κατ' εναλλαγή από τους κόμβους του στελέχους. Το κάθε φύλλο αποτελείται από τον κολεό που περιβάλλει τα μεσογονάτια μέχρι τον αμέσως επόμενο κόμβο και το έλασμα που στην πάνω επιφάνεια φέρει πολλές μικρού μεγέθους τρίχες και είναι τραχύ. Ενώ στην κάτω επιφάνεια στερείται τριχών και είναι λεία.



Τέλος εκτός από τα κύρια φύλλα υπάρχουν και τα βράκτια φύλλα, που περιβάλλουν τον σπάδικα σε όλο το μήκος του ή τον αφήνουν ακάλυπτο στην κορυφή. (Δαλιάνη Κ., 1999)

Ταξιανθία

Το καλαμπόκι είναι φυτό μόνοικο, δίκλινο με την αρσενική ταξιανθία (φόβη) στην κορυφή του φυτού και της θηλυκές (σπάδικες) στις μασχάλες των φύλλων. Η καταβολή της φόβης αρχίζει όταν γίνεται ορατό το 4 φύλλο του φυτού. Μετά από 7-10 ημέρες από την καταβολή της φόβης γίνεται και η καταβολή του σπάδικα. Ο σπάδικας αποτελείται από την κνήμη, τα βράκτια φύλλα και τον άξονα. (Καραμάνος Α., 1999).

Ο κόκκος του καλαμποκιού

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.



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

1.1.3 Φάσεις ανάπτυξης του καλαμποκιού

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 αυτοί 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 άνθηση του σπάρδικα.

1.1.4 Τύποι καλαμποκιού

Το καλαμπόκι κατατάσσεται σε 7 τύπους, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των σπόρων του. Η ταξινόμηση του καλαμποκιού σε ομάδες πραγματοποιείται με βάση την μορφολογία του σπόρου, της δομής του αμύλου και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του. Οι τύποι του καλαμποκιού κατατάσσονται σε σκληρό, οδοντωτό, αλευρώδη, σακχαρώδη, κηρώδη, μικρό και «ντυμένο».

Ο αλευρώδης τύπος χρησιμοποιείται για την παρασκευή κυρίως αλευριού, οι δε κόκκοι του αποτελούν μία αμυλώδη μάζα. Καλλιεργείται σε πολύ μικρές εκτάσεις κυρίως στις Η.Π.Α.

Ο κηρώδης τύπος έχει κόκκινη απόχρωση και χρησιμοποιείται στη βιομηχανική παραγωγή συγκολλητικών ουσιών. Το άμυλο του αραβόσιτου αυτού αποτελείται από αμυλοπηκτίνη ενώ στους άλλους τύπους καλαμποκιού το άμυλο αποτελείται από 72% αμυλοπηκτίνη και 28% αμυλόζη

Ο ντυμένος τύπος ονομάζεται έτσι γιατί οι κόκκοι του καλαμποκιού περιβάλλονται από μικρά λέπυρα. Είναι χαμηλής ποιότητας και χρησιμοποιείται σαν ζωοτροφή.

Ο σακχαρώδης τύπος έχει σπόρια με γλυκιά νόστιμη γεύση, συρρικνωμένα ενώ το σάκχαρο του φυτού δεν μετατρέπεται σε άμυλο όπως συμβαίνει με τους άλλους τύπους. Οι κόκκοι του τρώγονται απευθείας από το βρασμένο ή ψητό σπάρδικα.

Ο οδοντωτός τύπος, που είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος καλαμποκιού, η κορυφή του σπόρου έχει ένα βαθούλωμα που μοιάζει με δόντι. Επίσης, τα σπόρια είναι συρρικνωμένα στη κορυφή και το μεγαλύτερο ποσοστό του σπόρου είναι μαλακό.

Στο σκληρό καλαμπόκι το μεγαλύτερο μέρος του σπόρου είναι σκληρό ενώ το μαλακό τμήμα είναι περιορισμένο. Το εξωτερικό περίβλημα του κόκκου εμποδίζει τη συρρίκνωσή του αφού δημιουργεί ένα πέπλο σκληρού φλοιού. Ο συγκεκριμένος τύπος προτιμάται στη κονσερβοποιία.

Τέλος ο μικρός τύπος χαρακτηρίζεται από σπόρους μικρούς και πολύ σκληρούς. Όταν θερμανθούν διαστέλλονται και σκάνε παράγοντας το γνωστό ποπ κορν. (Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2008)

1.1.5 Υβρίδια καλαμποκιού που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά.

Το καλαμπόκι είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό και το πρώτο γενετικό υλικό που καλλιεργήθηκε ήταν πληθυσμοί, προϊόν ελεύθερης διασταύρωσης. Τα πρώτα υβρίδια καλαμποκιού δημιουργήθηκαν την δεκαετία του 1920 στις Η.Π.Α, αλλά η διάδοσή τους ήταν μικρή.

Η βελτίωση του καλαμποκιού στην Ελλάδα άρχισε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, στο Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, με τη δημιουργία διπλών υβριδικών 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 Ανθήκη 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)

Σήμερα στις Η.Π.Α αλλά και στις περισσότερες χώρες του κόσμου καλλιεργούνται αποκλειστικά υβρίδια. 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.

Υπάρχει μια σειρά κριτηρίων βάση 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 μηχανική 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., 1990)

Η προωμότητα 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 ν 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 προωμότητας:

- 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:
α) Την πιθανότητα επικράτησης υγρών ή βροχερών συνθηκών νωρίς το φθινόπωρο. Οι συνθήκες αυτές θα εμποδίσουν την φυσική ξήρανση των φυτών επάνω στο φυτό.

β) Τον 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. γ) 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., 1999)

1.1.6 Χρήσεις

Ο αραβόσιτος είναι μια από τις δυναμικότερες ανοιξιότικες καλλιέργειες της χώρας μας. Καλλιεργείτε κυρίως για τον καρπό του και δευτερευόντως για την παραγωγή βιομάζας για άμεση κατανάλωση ή ενσίρωση. Υπολογίζεται ότι ο αραβόσιτος για παραγωγή βιομάζας καταλαμβάνει το 10% – 15% της ολικής καλλιεργούμενης έκτασης στις Η.Π.Α. Στην Ελλάδα, το ανάλογο ποσοστό ήταν περίπου 3,1% κατά μέσο όρο στη 15ετία 1963 – 77, και πολύ μικρότερο σήμερα. Σημειώνεται πάντως μία αυξανόμενη τάση καλλιέργειας για ενσίρωση τα τελευταία χρόνια. Αντίθετα, στις χώρες της δυτικής – βόρειας Ευρώπης (Μ. Βρετανία, Βέλγιο, Γερμανία, Ολλανδία) ο αραβόσιτος καλλιεργείται κυρίως για παραγωγή βιομάζας, δεδομένου ότι στα κλίματα αυτά η παραγωγή καρπού δεν ευνοείται.

Παρότι το καλαμπόκι είναι βασική πηγή διατροφής σε πολλές χώρες, η θρεπτική του αξία είναι μικρότερη απ' ότι στα άλλα σιτηρά. Επίσης το ψωμί που παράγεται από το καλαμπόκι, γνωστό με το όνομα μπομποτά, δεν είναι καλής ποιότητας. Το καλαμποκάλευρο (γνωστό και σαν κορν φλάουρ) χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική, στην παραγωγή αμυλούχων προϊόντων, στην ζυθοποιία και στην αλλαντοποιία. Στη Λατινική Αμερική το καλαμπόκι χρησιμοποιείται ως βάση ενός είδος ζύμης από την οποία παρασκευάζονται οι «τορτίγιας», επίπεδες πίτες που αντικαθιστούν το ψωμί.

Στη διατροφή επίσης χρησιμοποιείται και το λάδι του καλαμποκιού, το γνωστό αραβοσιτέλαιο. Οι κόκκοι του καλαμποκιού, με κατάλληλη επεξεργασία, μπορεί να γίνουν και αλκοόλη βιομηχανικής χρήσης.

Όμως χρήσιμα είναι και τα μη φαγώσιμα μέρη. Έτσι από το καλάμι φτιάχνεται χαρτί και χαρτόνι. Οι άξονες των σπαδικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο (συνήθως σε φωτιά) και στην παραγωγή διαφόρων διαλυτών χρήσιμων στη βιομηχανία. Τα υπολείμματα από την κατεργασία του καλαμποκιού αποτελούν και μια από τις σημαντικότερες πηγές βιομάζας.

1.1.7 Οικονομική σημασία

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 καταλαμβάνει έκταση 1400 εκατομμυρίων στρεμμάτων και η παγκόσμια παραγωγή ανέρχεται σε 695 εκατομμύρια τόνους.

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 καλλιεργείτε 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 καλλιεργούμενη έκταση είναι μικρότερη.

1.1.8 Οικολογικές απαιτήσεις

Η ευρύτατη διάδοση του καλαμποκιού οφείλεται στην μεγάλη ποικιλία τύπων που υπάρχουν. Κάθε ένας από αυτούς προσαρμόζεται σε ένα ιδιαίτερο περιβάλλον.

Θερμοκρασία

Το καλαμπόκι αναπτύσσεται σε περιοχές ή εποχές που επικρατούν υψηλές σχετικά θερμοκρασίες σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης τους. Το ιδανικό περιβάλλον είναι δροσερές νύχτες, ηλιόλουστες ημέρες και μέτριες θερμοκρασίες. Η ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης κυμαίνεται μεταξύ 24-30°C, ενώ σε θερμοκρασία κάτω από 13°C η ανάπτυξη αναστέλλεται πλήρως. Ακόμη θερμοκρασίες υψηλότερες των 30 °C

κατά τη διάρκεια της ημέρας ασκούν ανασταλτική επίδραση στην αύξηση γιατί σχετίζονται με αυξημένες απώλειες νερού λόγω εξατμισοδιαπνοής. Φαίνεται ότι ο θερμός καιρός δεν παίζει τόσο σπουδαίο ρόλο στην επίσπευση της ωρίμανσης όσο στη μείωση της βλαστικής περιόδου πριν την άνθηση. (Καραμάνος, 1992)

Επίσης πολύ υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή υγρασία της ατμόσφαιρας κατά το στάδιο της επικονιάσεως ελαττώνουν σημαντικά τον αριθμό των γονιμοποιημένων κόκκων, επειδή επηρεάζουν αρνητικά τη ζωτικότητα των γυρεόκοκκων και την επιδεκτικότητα των στιγμάτων για επικονίαση.

Τέλος, ο παγετός μπορεί να προκαλέσει ζημία που αναφέρεται είτε στην ολική καταστροφή των νεαρών φυτών, είτε στην ξήρανση ή πρόκληση ζημιών σε ορισμένα φύλλα, χωρίς όμως ολοκληρωτική απώλεια του φυτού. Η πιθανότητα προκλήσεως ολοκληρωτικής καταστροφής αυξάνεται σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία και σε χαμηλές περιοχές. Σε μικρή ηλικία και μέχρις ότου το καλαμπόκι αποκτήσει ύψος περίπου 15 εκατοστών, έχει την ικανότητα να ανταπεξέρχεται με επιτυχία τους ελαφρούς παγετούς.

Υγρασία

Τα υβρίδια καλαμποκιού είναι πολύ απαιτητικά σε νερό, έλλειψη του οποίου περιορίζει σημαντικά τις αποδόσεις τους. Το καλαμπόκι για να συνθέσει 1Kg ξηράς ουσίας, χρειάζεται να απορροφήσει 350-400 Kg νερού. Συνεπώς οι ανάγκες της καλλιέργειας κατά στρέμμα είναι περίπου 500-600 Mt νερού ή αλλιώς περίπου 500-600 χιλιοστά βροχής, πολύ καλά κατανομημένα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Επαρκείς βροχοπτώσεις για την καλλιέργεια δεν συναντώνται σε καμιά περιοχή της χώρας μας. Συνήθως με τις βροχοπτώσεις εξασφαλίζεται η μισή ποσότητα (περίπου 250 χιλιοστά από την αποθήκευση νερού κατά την άνοιξη και ενδεχομένως από μερικές καλές βροχοπτώσεις κατά την αρχή του καλοκαιριού). Η υπόλοιπη ποσότητα των 250-300 χιλιοστών πρέπει να συμπληρωθεί με τις απαραίτητες αρδεύσεις, πράγμα που φυσικά αυξάνει το κόστος της καλλιέργειας στη χώρα μας. (Δαλιάνη Κ., 1999)

Μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό έχει το φυτό 15 μέρες πριν την άνθηση, κατά την άνθηση και 15 μέρες μετά την άνθηση. Το φυτό απαιτεί νερό άρδευσης μέχρι την φυσιολογική του ωρίμανση που συνήθως συμβαίνει τέλη Αυγούστου.

Φωτοπερίοδος

Το καλαμπόκι είναι φυτό μικρού μήκους ημέρας και απαιτεί άφθονη ηλιοφάνεια για την ανάπτυξη του. Οι ημέρες μεγάλου μήκους επιμηκύνουν το μήκος της βλαστικής περιόδου, αυξάνουν το μέγεθος των φυτών και τον αριθμό των φύλλων. Αντίθετα, οι μικρές ημέρες μικρού μήκους επιταχύνουν την άνθηση και περιορίζουν τη βλαστική ανάπτυξη των φυτών.

Ο αριθμός των φύλλων κατά φυτό βρίσκεται σε άμεση σχέση με το μέσο μήκος της καλλιεργητικής περιόδου και προς τις κλιματολογικές συνθήκες. (Δαλιάνη Κ., 1999)

Έδαφος

Το καλαμπόκι αναπτύσσεται καλά σε γόνιμα, πλούσια και καλά στραγγιζόμενα εδάφη με pH από 5,6-7,5. Παρουσιάζει ιδιαίτερη ευπάθεια σε κακώς αεριζόμενα εδάφη, ιδίως εάν ο κακός αερισμός οφείλεται σε περίσσεια υγρασία. Καλύτερη ανάπτυξη παρατηρείται στα πηλώδη και αμμοπηλώδη εδάφη. Τα αμμώδη εδάφη δεν θεωρούνται κατάλληλα για την καλλιέργεια του αραβόσιτου εξαιτίας της μικρής γονιμότητας και της γρήγορης ξήρανσης τους.

Το καλαμπόκι ανήκει στην κατηγορία των φυτών που θεωρούνται ευαίσθητα στην παρουσία αλάτων στο έδαφος ή στο νερό άρδευσης. Κατά τη διάρκεια του φυτρώματος το φυτό παρουσιάζει μια σχετική αντοχή στα άλατα. Η αύξηση των αλάτων αν και καθυστερεί το φύτερωμα δεν έχει αρνητικά αποτελέσματα στο ποσοστό των εξερχόμενων φυταρίων.

1.1.9 Λίπανση καλαμποκιού

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 αμειώτους 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 αραβοσίτου μέσης στρεμματικής απόδοσης (950κιλών καρπού/στρ) είναι η εξής:

Πίνακας 1.1: Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που παραλαμβάνονται από τον αραβόσιτο με παραγωγή 1000κιλών/στρέμμα.

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Ολική ποσότητα (κιλά / στρέμμα)		
	Καρπός	Στελέχη	Σύνολο
Άζωτο	13,8	6,6	20,4
Φώσφορος	3,4	0,8	4,2
Κάλιο	4,2	16,8	21,0
Ασβέστιο	0,1	4,1	4,2
Μαγνήσιο	1,2	3,6	4,8
Θείο	1,3	1,1	2,4
Χλώριο	0,5	8,1	8,6
Σίδηρος	0,012	0,022	0,034
Μαγγάνιο	0,006	0,030	0,036
Χαλκός	0,002	0,010	0,012
Ψευδάργυρος	0,20	0,020	0,040
Βόριο	0,005	0,014	0,019
Μολυβδαίνιο	0,0006	0,0004	0,001

Πηγή: Τσαπικούνης Φ., 1997

Από τον πίνακα 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

προσθεθεί για όλη την καλλιεργητική περίοδο είναι περίπου 16-30 μονάδες/στρέμμα, για το φώσφορο ανάλογα με τις προηγούμενες φωσφορούχες λιπάνσεις, από 0 έως 6 Kg P₂O₅/στρέμμα και για κάλιο σε αγρούς με έλλειψη 20-25 Kg K₂O/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 στο έδαφος είναι συνήθως μικρότερη από την συνολική απαίτηση της καλλιέργειας σε άζωτο. Το καλαμπόκι πιο συχνά παρουσιάζει τροφopenία 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 καλαμποκιού 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 ακρογωνιαίο 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)

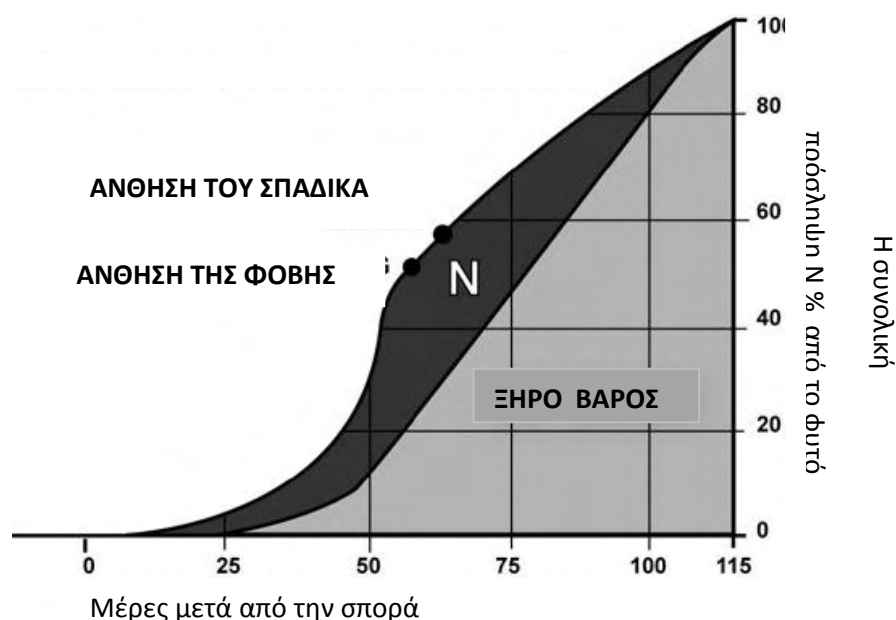
Κύρια στοιχεία

Άζωτο

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 συνίσταται σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία ή σε μη αρδευόμενα εδάφη με χαμηλότερο δυναμικό απόδοσης¹, 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

¹ Το δυναμικό απόδοσης της καλλιέργειας σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως το βάθος του ριζικού συστήματος, την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και την ικανότητα στράγγισης.

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)

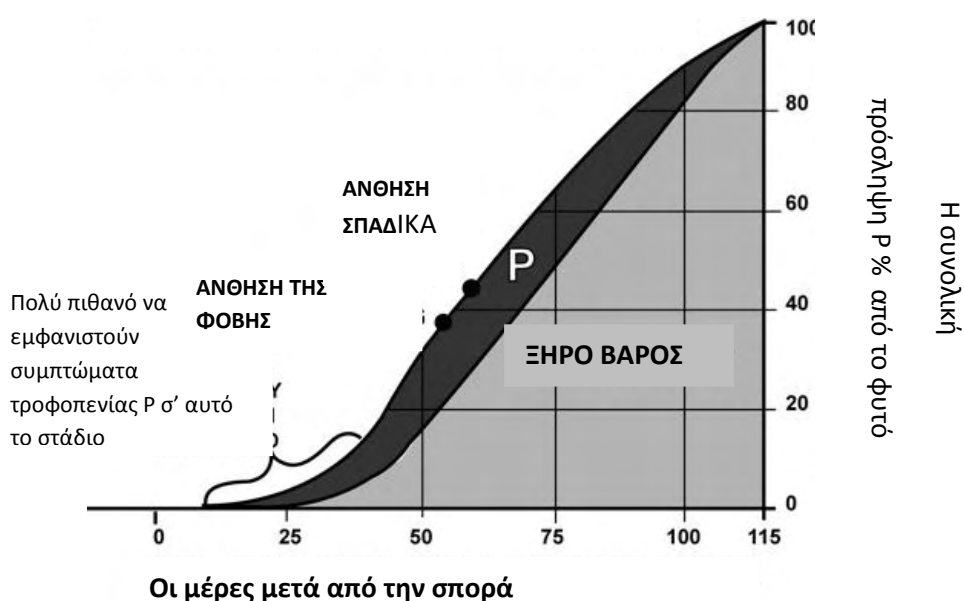
Πειράματα έδειξαν ότι η λίπανση με άρδευση είναι μια αποτελεσματική μέθοδος. Οι λιπάνσεις θα πρέπει να εφαρμόζονται την 6^η εβδομάδα μετά την σπορά και το μεγαλύτερο μέρος της λίπανσης την 10^η εβδομάδα οπότε και υπάρχουν αυξημένες ανάγκες του φυτού. (Bundy L., 1998) Οι συνολικές απαιτήσεις της καλλιέργειας 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 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 να 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 επίπεδα του στο έδαφος εμπλουτίζονται με την εφαρμογή λιπασμάτων, για τον 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 συνίσταται λίπανση με φώσφορο. Η μείωση των επιπέδου 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 αυξήσεως 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 τροφopenία 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 12-18Kg K₂O/στρέμμα, αλλά συνίσταται η βαθμιαία εφαρμογή τους για να αποφευχθεί μια πιθανή μείωση της αποτελεσματικότητας του λιπάσματος. Σε εδάφη πλούσια σε κάλιο συνιστώνται δόσεις (3-5Kg ή 3,6-6Kg K₂O/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.

Υπόλοιπα στοιχεία

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 ζαχαρότευτλων. (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 καλιούχο 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 φύβες

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 Βαμβάκι

1.2.1 Γενικά για το βαμβάκι

Το βαμβάκι ανήκει στο γένος *Gossypium* της οικογένειας *Malvaceae*. Το γένος *Gossypium* περιλαμβάνει 49 είδη κατανεμημένα σε πολλές τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου. Από αυτά εξημερώθηκαν τα 4. Δεν υπάρχουν άμεσες αναφορές και σίγουρες ενδείξεις για τις χώρες που το καλλιέργησαν για πρώτη φορά. Σχετικές όμως έρευνες έδειξαν πως το βαμβάκι πρωτοαναπτύχθηκε σε δύο χωριστές περιοχές, εντελώς ανεξάρτητες και απομακρυσμένες, την Ινδία και την Αμερική. Πριν 5,5 χιλιοετηρίδες φαίνεται να πρωτοκαλλιεργήθηκαν στην Ινδία τα διπλοειδή είδη *G. arboretum* και *G. herbaceum*, ενώ αργότερα άρχισαν να καλλιεργούνται στον Νέο Κόσμο τα τετραπλοειδή βαμβάκια *G. hirsutum* και *G. barbadense*. Το *G. hirsutum* (upland βαμβάκι) με μήκος ίνας 22,5-29nm, είναι το κυρίως καλλιεργούμενο σήμερα είδος αφού η παραγωγή του αντιπροσωπεύει το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής. Το *G. barbadense* αντιπροσωπεύει το 9% της παγκόσμιας παραγωγής, με τάση συνεχούς μείωσης λόγω της οπιμότητάς του, ενώ τα κοντόινα βαμβάκια είδη *G. arboretum* και *G. herbaceum* αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 1% του συνόλου.

Το *Gossypium hirsutum* ξεκίνησε ως πολυετής θάμνος από την Γουατεμάλα και το Μεξικό ή από τη Βραζιλία, με τη διεύρυνση όμως της γενετικής παραλλακτικότητας και την απομόνωση της γενετικής παραλλακτικότητας και την απομόνωση των επιθυμητών τύπων, μετατράπηκε σε ετήσιο φυτό και εγκλιματίστηκε σε εύκρατες περιοχές πλάτους 20-42°, από όπου προέρχεται σήμερα το 82% της συνολικής παραγωγής.

Το βαμβάκι είναι από τα πιο ενδιαφέροντα φυτά και η καλλιέργεια του επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη και ευημερία σε πολλές χώρες του κόσμου. Είναι φυτό που παράγει φυσική ίνα με απaráμιλλες ιδιότητες για πολλές χρήσεις και δίνει παράλληλα τον σπόρο που είναι πλούσια πηγή λαδιού και πρωτεΐνης για τη διατροφή του ανθρώπου και την κτηνοτροφία.

Καλλιεργείται παγκοσμίως σε έκταση 330 εκατομμυρίων περίπου στρεμμάτων, με ετήσια παραγωγή περίπου 19 εκατ. τόνους εκκοκκισμένο και με κύριες χώρες

παραγωγής τις Η.Π.Α., Κίνα, Ινδία, Πακιστάν και Ουσμπεκιστάν, οι οποίες παράγουν περίπου το 70% της παγκόσμιας παραγωγής. (Σφήκας Α., 1988)

1.2.2 Βοτανική περιγραφή του φυτού

Υπάρχει μεγάλη μορφολογική παραλλακτικότητα στο γένος *Gossypium*. Τα φυτά είναι θάμνοι 1-1,5 μέτρου, με λίγους φυλλοφόρους βλαστούς. Τα φύλλα σχηματίζουν 3-5 λοβούς, το σχήμα των βράκτιων είναι τριγωνικό με 4-12 δόντια και τα καρύδια στρογγυλοειδή ή επιμήκη με 3-5 χώρους. Οι σπόροι καλύπτονται από παχύ στρώμα ινών και συνήθως από πυκνό χνούδι.

Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα του φυτού αποτελείται από μια πασσαλώδη ρίζα, η οποία σε μερικές ημέρες από τη βλάστηση και σε βάθος περίπου 15 cm αρχίζει να αναπτύσσει πολλές δευτερεύουσες ρίζες, οι οποίες διακλαδίζονται περαιτέρω.

Η κύρια ρίζα μπορεί να φθάσει το βάθος των 2 μέτρων. Η ανάπτυξη της γίνεται με γρήγορα ρυθμό, όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, ώστε με το φύτευμα η ρίζα να έχει αποκτήσει περίπου 12cm. Αν το άκρο της κύριας ρίζας καταστραφεί, αντικαθιστάται από μια πλευρική ρίζα. Το πάχος της κύριας ρίζας μέχρι τα 30cm είναι ίσο με το κύριο στέλεχος του φυτού, από τα 30-60cm μικραίνει πολύ και γίνεται όμοιο με τις δευτερεύουσες ρίζες και κάτω από τα 60cm περιορίζεται σε περίπου 1,5mm.

Το κυρίως ριζόστρωμα βρίσκεται συνήθως σε βάθος 40-60cm και μπορεί να φτάσει πλευρικός σε απόσταση 120cm από την κύρια ρίζα. Σε διαπερατά εδάφη το ριζικό σύστημα μπορεί να ακολουθεί, αναπτυσσόμενο σε βάθος, την στάθμη του νερού που υποχωρεί το καλοκαίρι, ώστε τα φυτά να μην υποφέρουν από ξηρασία. Αντιθέτως, όταν το επιφανειακό στρώμα του εδάφους είναι εφοδιασμένο με επαρκή υγρασία, δεν αναπτύσσεται σε βάθος το ριζικό σύστημα του φυτού.

Οι ρίζες του βαμβακιού αναπτύσσονται αρκετά καλά σε αλκαλικό έδαφος (ακόμη και με 0,25% περιεκτικότητα NaCl), ενώ δεν αναπτύσσονται ακόμη και με ελάχιστη (1ppm) περιεκτικότητα αργιλίου.

Βλαστός

Ο βλαστός αποτελείται από το κύριο στέλεχος και τους πλευρικούς κλάδους. Το ύψος του φυτού στα μονοετή βαμβάκια κυμαίνεται συνήθως από 0,6-1,8m αναλόγως την ποικιλία, τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τις καλλιεργητικές τεχνικές. Το άζωτο και η υπερβολική υγρασία ευνοούν το ύψος, γιατί το μεν άζωτο συντελεί στο σχηματισμό περισσότερων κόμβων, η δε υγρασία στην επιμήκυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων. Η μεγάλη ηλιοφάνεια, οι χαμηλές θερμοκρασίες νύχτας αλλά και η απότομη άνοδος των θερμοκρασιών, που επιταχύνει την είσοδο στο αναπαραγωγικό στάδιο, η ανεπάρκεια νερού και αζώτου περιορίζουν το ύψος του φυτού σε μη επιθυμητά επίπεδα. Την εποχή που γενικεύεται η καρποφορία του φυτού περιορίζεται η ανάπτυξη του στελέχους, όπως εξάλλου και του ριζικού συστήματος, επειδή τα προϊόντα αφομοιώσεως προωθούνται κυρίως προς τα καρύδια. (Υφούλης Α., 1954)

Το κύριο στέλεχος είναι κυκλικό και κοίλο εσωτερικά και γεμίζει με εντεριώνη η οποία περιβάλλεται από μαλακό και εύθραυστο ξυλώδες στρώμα. Όταν το φυτό είναι νεαρό το χρώμα του φλοιού είναι πράσινο, αργότερα ο φλοιός σχίζεται, σχηματίζεται ένα φελλώδες στρώμα και το χρώμα γίνεται καστανό όπως και στους πλευρικούς κλάδους. Με την δευτερογενή πάχυνση του βλαστού αναπτύσσονται ίνες κυτταρίνης με χοντρά τοιχώματα, οι οποίες χρησιμοποιούνται για προϊόντα κατώτερης ποιότητας, όπως χαρτί κ.α.

Κατά μήκος του κεντρικού στελέχους από τους κόμβους εκφύονται φύλλα στη μασχάλη των οποίων υπάρχουν οι καταβολές δύο οφθαλμών, του κύριου μασχαλιαίου και του πλευρικού.

Με τη διάδοση της μηχανοσυλλογής, την αύξηση του επιθυμητού πληθυσμού φυτών και την ανάγκη για περαιτέρω προώμιση της παραγωγής, επιδιώκεται σήμερα το μέτριο ύψος του φυτού και τύπος φυτού με όσο το δυνατό καθορισμένη ανάπτυξη, με

βραχείς και κατά το δυνατό κατακόρυφους ανθοφόρους βλαστούς. Επιδιώκεται επίσης να αρχίζει η καρποφορία του φυτού όχι πολύ χαμηλά, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες κατά τη μηχανοσυλλογή.



Φύλλα

Τα φύλλα παρουσιάζουν μεγάλες αλλαγές ως προς το μέγεθος, το σχήμα, την υφή και άλλα χαρακτηριστικά αναλόγως του είδους, της ποικιλίας, ακόμη και στο ίδιο το φυτό.

Τα φύλλα αποτελούνται από το έλασμα και τον μίσχο και συνήθως έχουν δύο μικρά παράφυλλα. Το έλασμα μπορεί να είναι λείο, όπως συνήθως το αιγυπτιακό ή τριχωτό όπως το upland, του οποίου όμως μερικές σύγχρονες ποικιλίες είναι λείες, επίσης στο έλασμα υπάρχουν 3-5 νευρώσεις με άφθονες διακλαδώσεις.

Άνθη

Οι ανθοφόροι οφθαλμοί που εξελίσσονται σε άνθη ονομάζονται κτένια. Στα πρώτα τους στάδια τα κτένια καλύπτονται από τρία βράκτια φύλλα και συνήθως απαιτούνται 21 ημέρες από την εμφάνιση των κτενιών μέχρι την άνθηση. Τα πρώτα άνθη εμφανίζονται στους κατώτερους κόμβους του κύριου βλαστού, συνήθως 4^ο έως 7^ο και στην πρώτη θέση του συμποδίου.

Τα μέρη του άνθους από έξω προς τα μέσα, είναι τα εξής:

Τρία **βράκτια** φύλλα που περικλείουν το κέντρο της ανθοφόρου καταβολής και τα οποία μπορεί να μένουν ελεύθερα, όπως το αμερικανικό βαμβάκι, ή να ενώνονται μεταξύ τους όπως το ασιατικό. Τα βράκτια φύλλα είναι ακέραια ή καταλήγουν σε μυτερά δόντια.

Κάλυκας, που αποτελείται από πέντε βραχέα σέπαλα ενωμένα, ώστε να σχηματίζουν ένα σφιχτό κύπελλο στη βάση της στεφάνης και ο οποίος παραμένει στο αναπτυγμένο καρύδι.

Στεφάνη που αποτελείται από 5 μεγάλα πέταλα ενωμένα στην βάση τους. Τα πέταλα έχουν χρώμα άσπρο ή ωχρό στα αμερικανικά βαμβάκια, ζωηρό κίτρινο στο αιγυπτιακό, κιτρινωπό στο *herbaceum* και κόκκινο, κίτρινο ή λευκό στο *arboreum*.

Στήμονες που είναι πολυάριθμοι (συνήθως 90-100), περιβάλλουν εντελώς τον στύλο και φέρουν δίχωρους ανθήρες οι οποίοι ελευθερώνουν μεγάλους γυρεοκόκκους με μικρά αγκάθια στην περιφέρεια.

Ύπερος που αποτελείται από πολύχρωρη ωοθήκη, τον στύλο και το στίγμα. Συνήθως τα αμερικανικά βαμβάκια έχουν 4-5 λοβούς και τα αιγυπτιακά 3. Κάθε λοβός περιλαμβάνει 8-12 ωάρια. Ο στύλος έχει διάφορο μήκος και το στίγμα σχίζεται σε τόσους λοβούς όσα είναι τα καρπόφυλλα.

Καρπός

Ο καρπός είναι κάψα και ονομάζεται καρύδι. Το σχήμα του καρυδιού παραλλάσσει σε μεγάλο βαθμό (σφαιρικό, ωειδές, κωνικό, επίμηκες κ.α.). Γενικώς, είναι πιο επίμηκες στο αιγυπτιακό και πιο στρόγγυλο στα upland βαμβάκια. Κατά την ωρίμανση σχηματίζονται τα καρπόφυλλα στα σημεία της συρραφής τους κατά το άνοιγμα προβάλλει προς τα έξω το προϊόν, που αποτελείται από σπόρους και ίνες (σύσπορο βαμβάκι) ενώ το προϊόν του κάθε λοβού συγκρατείται στην βάση του.

Το βάρος καρυδιού (βάρος σύσπορου) παραλλάσει σε μεγάλο βαθμό αναλόγως της ποικιλίας και των εξωτερικών συνθηκών (όπως ημερομηνία ανθήσεως, γονιμότητα εδάφους κα) και κυμαίνεται από 3-10g στα upland βαμβάκια και από 1.5-3g στα αιγυπτιακά.



Σπόροι

Ο ώριμος σπόρος έχει σχήμα απιοειδές, μήκος 6-12mm (περίπου 9 στα upland) και βάρος 0,10-0,13g. ο σπόρος αποτελείται από το περισπέρμιο, το έμβρυο και δύο καλοαναπτυγμένες, αναδιπλωμένες κοτυληδόνες που περιέχουν αποθησαυριστικές ουσίες (λάδι και πρωτεΐνες) και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του εσωτερικού του σπόρου. το έμβρυο αποτελείται από ριζίδιο, υποκοτύλη και ίχνη επικοτύλης.

Οι σπόροι περιβάλλονται από ίνες και από χνούδι (κοντές ίνες). Οι ίνες αποκτούν το τελικό τους μήκος σε περίπου 20 ημέρες από την άνθηση ενώ η πάχυνση της ίνας αρχίζει από την 16^η ημέρα περίπου και συνεχίζεται μέχρι την ωρίμανση του καρυδιού. Το τελικό μήκος της ίνας αποτελεί βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό και κυμαίνεται από 15-50mm αναλόγως του είδους και της ποιότητας. Τα αιγυπτιακά βαμβάκια έχουν πιο λεπτή ίνα και επομένως καλύτερη ποιότητα. Οι νηματοποιήσιμες ίνες είναι λευκές (πιο επιθυμητές) ή ελαφρώς κρεμ. Το χνούδι έχει παρόμοιο χρώμα ή συχνά καφέ ή με πράσινη χροιά.

1.2.3 Φάσεις ανάπτυξης του βαμβακιού

Το βαμβάκι είναι φυτό συνεχούς αύξησης, δηλαδή συνεχίζει τη βλαστική του ανάπτυξη και όταν εισέρχεται στο στάδιο της ανθοφορίας με αποτέλεσμα αυτή να ανταγωνίζεται την αναπαραγωγική ανάπτυξη. Για πρακτικούς λόγους τα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού χωρίζονται σε 4 στάδια: 1) φύτευμα, 2) βλαστική αύξηση και ανάπτυξη, 3) αναπαραγωγική αύξηση και ανάπτυξη, 4) περίοδος ωρίμανσης των καρυδιών. Ένα από τα σημαντικότερα στάδια αύξησης και ανάπτυξης του φυτού είναι η ανθοφορία του. Κατά την ανθοφορία το φυτό βρίσκεται στην αναπαραγωγική του φάση. Σημαντικά σημεία στην ανθοφορία του βαμβακιού είναι η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου άνθους, ο ρυθμός ανθοφορίας και η ανθόρροια.

Η διάρκεια των σταδίων αύξησης και ανάπτυξης του βαμβακιού εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική, ώστε να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ περιοχών μέσα στη ζώνη του βαμβακιού. (Γαλανοπούλου – Σενδούκα Σ., 2002)

1.2.4 Υβρίδια – Ποικιλίες βαμβακιού που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά

Με πολλά πειράματα τόσο στο εξωτερικό όσο και στην Ελλάδα έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει σημαντική ετέρωση σε ενδοειδικές διασταυρώσεις στο *G. hirsutum* αλλά και σε διειδικές μεταξύ *G. hirsutum* και *G. barbadense*. Η πρακτική αξιοποίηση στο βαμβάκι δεν έχει προς το παρόν ευρεία χρήση, γιατί είναι δύσκολη η παραγωγή υβριδισμένου σπόρου σε εμπορική κλίμακα. Η Ινδία είναι η μόνη χώρα που καλλιεργεί 20 και πλέον εκ. στρέμματα με υβρίδια βαμβακιού, λόγω των φθηνών εργατικών χεριών, τα οποία προκύπτουν με τεχνητή επικονίαση αρρενόστειρων σειρών. Σήμερα το πρόβλημα για τη δημιουργία εμπορικών υβριδίων εντοπίζεται κυρίως στην επικονίαση αρρενόστειρων σειρών, γιατί η γύρη του βαμβακιού είναι βαρεία και δεν μεταφέρεται με τον άνεμο, αλλά με έντομα και κυρίως μέλισσες. Η πρόοδος που σημειώνεται και στον τομέα αυτό δημιουργεί αυξανόμενη αισιοδοξία για το μέλλον.

Η δημιουργία και η χρήση κατάλληλων υβριδίων παρουσιάζει, σε σχέση με τις ομοζύγωτες ποικιλίες που δημιουργούνται με την κλασική βελτίωση, το βασικό πλεονέκτημα ότι τα υβρίδια, εφόσον επιλεγούν οι κατάλληλοι γονείς, δημιουργούνται σε ένα χρόνο, ενώ η δημιουργία μιας ποικιλίας και η απελευθέρωση της στους παραγωγούς απαιτεί τουλάχιστον 13 χρόνια.

1.2.5 Χρήσεις

Η κατασκευή υφασμάτων είναι η βασικότερη από τις διάφορες χρήσεις του βαμβακιού. Στην υφαντουργία οι ίνες του αποτελούν την κυριότερη ύλη. Τα βαμβακερά υφάσματα είναι πολύ καλής ποιότητας αν και σήμερα τα αντικαθιστούν συνθετικά που στοιχίζουν λιγότερο. Οι τεχνητές ίνες χρόνο με το χρόνο μείωσαν το μερίδιο αγοράς της φυσικής ίνας βαμβακιού. Είναι αλήθεια ότι συνεχίζουμε να χρησιμοποιούμε το βαμβάκι ως πρώτη ύλη για τα υφάσματα αλλά μόνο το 35% της παγκόσμιας συγκομιζόμενης παραγωγής καταλήγει σε διάφορες μορφές ένδυσης. Ο σπόρος που παράγεται από το φυτό μαζί με τις ξένες ύλες και τις κοντές ίνες συγκεντρώνουν το υπόλοιπο 65% του χρησιμοποιούμενου βαμβακιού έχοντας ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Οι σπόροι συνθλίβονται με σκοπό την παραγωγή λαδιού το οποίο χρησιμοποιείται ως συστατικό τροφής ή σε βιομηχανικές εφαρμογές. Το λάδι το οποίο περιέχεται στους σπόρους και το οποίο χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, αλλά και για παραγωγή μαργαρίνης, σαπουνιών, κεριών και καλλυντικών. Την χρονιά 2007/08 η καλλιέργεια βαμβακιού απέδωσε 46,1 εκ. τόνους βαμβακέλαιο τοποθετώντας αυτή την παραγωγή στην τρίτη θέση παραγωγής ελαίων πίσω από τη σόγια (220,8 εκ τόνους) και ελαιοκράμβη (48,4 εκ τόνους).

Το υπόλειμμα που απομένει αποτελεί υψηλής ποιότητας συστατικό εκτροφής ζώων φάρμας. Οι κοντές ίνες οι οποίες δεν είναι κατάλληλες για την παραγωγή υφασμάτων χρησιμοποιούνται σε διάφορους τρόπους όπως την παραγωγή βαμβακιού για ιατρικές χρήσεις. Επίσης, οι φυσικές ίνες είναι σε υψηλή ζήτηση από τις βιομηχανίες χαρτιού και συσκευασίας καθώς και στη βιομηχανία αυτοκινήτου, όπου αυτό το πολλαπλής χρήσης υλικό χρησιμεύει για ενδυνάμωση των πλαστικών εσωτερικού χώρου με ταυτόχρονη μετατροπή τους σε πιο φιλικά για το περιβάλλον υλικά.

1.2.6 Οικονομική σημασία

Το βαμβάκι είναι σήμερα η πιο διαδεδομένη δυναμική καλλιέργεια, ανάμεσα στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας και το πρώτο από άποψη συναλλαγματικής αξίας αγροτικό προϊόν καλλιεργούμενο σε μία έκταση 3.000.000 στρεμμάτων και συνολικής παραγωγής 294.000 τόνους (795.000 τόνους βάμβακος) σύμφωνα με τα στοιχεία του ΟΠΕΚΕΠΕ.

Το βαμβάκι συμβάλλει δυναμικά στη βιομηχανική, οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξη πολλών περιοχών της χώρας και προμηθεύει με πρώτη ύλη την ελληνική κλωστοβιομηχανία. Καλλιεργείται κυρίως στη Θεσσαλία, στη Μακεδονία (νομοί Θεσσαλονίκης, Δράμας, Σερρών, Πέλλας, Κιλκίς, Ημαθίας) στη Θράκη (νομοί Έβρου, Ροδόπης, Ξάνθης) και λιγότερο στα υπόλοιπα διαμερίσματα κυρίως στους νομούς Φθιώτιδος, Βοιωτίας και Αιτωλοακαρνανίας.

Η επέκταση σε τέτοιο βαθμό της καλλιέργειας του βαμβακιού οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υψηλή επιδότηση της τιμής του από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Ελλάδα αποτελεί την κυριότερη βαμβακοπαραγωγό χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία αν και είναι ελλειμματική σε βαμβάκι με τα νέα μέτρα αναμένεται να μειώσει την επιδότηση της τιμής του προϊόντος, με αποτέλεσμα τη μείωση της ανταγωνιστικότητας της καλλιέργειας του. Στην προσπάθεια να αμβλυνθούν τα αρνητικά αποτελέσματα ενός τέτοιου μέτρου και να τονωθεί η ανταγωνιστικότητα της βαμβακοκαλλιέργειας, επιδιώκεται η βελτίωση των οικονομικών συντελεστών που σχετίζονται τόσο με την αύξηση της παραγωγής όσο και με την μείωση των εισροών. Προς αυτή την κατεύθυνση δοκιμάζονται και εφαρμόζονται στην πράξη διάφορα καλλιεργητικά συστήματα με στόχο την αύξηση της παραγωγής και τη μείωση των εισροών. Τέτοια καλλιεργητικά συστήματα είναι εκείνα των στενότερων αποστάσεων του παραδοσιακού (1μ.), μεταξύ των γραμμών σποράς.

1.2.7 Οικολογικές απαιτήσεις

Το βαμβάκι απαιτεί ένα ελάχιστο μήκος βλαστικής περιόδου, αρκετή υγρασία και άφθονη ηλιοφάνεια. Η ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία έχουν ιδιαίτερη σημασία στον προσδιορισμό του δυναμικού παραγωγής της καλλιέργειας. Η αιτία των διακυμάνσεων στην απόδοση της καλλιέργειας θα πρέπει να επικεντρωθεί στην επίδραση των καιρικών συνθηκών για την αύξηση και ανάπτυξη του βαμβακιού. Επειδή η πρωιμότητα αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα για την επιτυχία του σε περιοχές με περιορισμένη βλαστική περίοδο όπως είναι η Ελλάδα, κάθε τι που ευνοεί αυτήν έχει ιδιαίτερη σημασία. Η διαθέσιμη περίοδος για την ανάπτυξη της καλλιέργειας είναι επίσης πολύ σημαντική ιδιαίτερα είναι επίσης πολύ σημαντική ειδικά σε περιοχές όπου οι καιρικές συνθήκες στην αρχή και στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου δεν είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη και την ωρίμανση του καρυδιού. Ο κυριότερος περιοριστικός παράγοντας είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν συχνά την εποχή της σποράς με την αρχική ανάπτυξη του φυτού καθώς και οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά την ωρίμανση του καρυδιού και την συγκομιδή. (Danalatos N., et al. 1998)

Από πλευράς ποικιλιών οι δυνατότητες είναι σχετικά περιορισμένες, εφόσον γενετική πρωιμότητα συνδέεται με κοντή ίνα. Γι' αυτό ελαφρά εδάφη, πρόιμη σπορά, πυκνότητα σποράς, κανονική λίπανση και άρδευση είναι τα διαθέσιμα κατάλληλα μέτρα στα χέρια του παραγωγού για να πετύχει μεγαλύτερες αποδόσεις και ανώτερη ποιότητα.

Άριστες συνθήκες κλίματος για την καλλιέργεια του βαμβακιού θεωρούνται η δροσερή άνοιξη, με ελαφρές και συχνές βροχές, το θερμό και μετρίως υγρό καλοκαίρι, και το ξηρό, δροσερό και παρατεταμένο φθινόπωρο.

Θερμοκρασία

Στις περιοχές που καλλιεργείται το βαμβάκι η μέση ετήσια θερμοκρασία πρέπει να ξεπερνάει τους 15° C, μικρότερη θερμοκρασία (ως 10° C) μπορεί να είναι ευνοϊκή αν και η κατανομή αυτής καθώς και της βροχοπτώσεως και της ηλιοφάνειας είναι ευνοϊκή. Η κατώτερη, άριστη και ανώτερες θερμοκρασίες για τη βλάστηση και

ανάπτυξη του βαμβακιού είναι περίπου αντιστοίχως 15-16, 33-34 και 38-39° C αντίστοιχα.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες της άνοιξης που επικρατούν στην χώρα, μπορεί να καθυστερήσουν την σπορά της καλλιέργειας από 1-3 εβδομάδες, με αποτέλεσμα να καθυστερήσει η βλαστική ανάπτυξη των καρυδιών και η ωρίμανση. Επιπλέον, η απότομη μείωση της θερμοκρασίας μπορεί να μειώσει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση ακόμη και αν η θερμοκρασία δεν πέσει κάτω από τα κρίσιμα επίπεδα για την ανάπτυξη της καλλιέργειας, πιθανόν εξαιτίας του μικρού διαθέσιμου χρόνου που έχει η καλλιέργεια για να προσαρμοστεί στις νέες συνθήκες με αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη καθυστέρηση της καλλιέργειας. (Danalatos N., et al 1998)

Η θερμοκρασία επίσης επηρεάζει την έναρξη της ανθοφορίας. Υψηλές θερμοκρασίες νύχτας (25°C) καθυστερούν την άνθηση ενώ χαμηλές θερμοκρασίες νύχτας (20°C) σε συνδυασμό με μια μέση ημερήσια θερμοκρασία 25°C επιταχύνει την έναρξη της ανθοφορίας.

Υγρασία

Το βαμβάκι είναι απαιτητικό σε εδαφική υγρασία αφού απαιτούνται περίπου 560 λίτρα νερού, για την παραγωγή ενός κιλού ξηράς ουσίας φυτική ύλης. Γενικά, οι απαιτήσεις του φυτού σε νερό διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία, το κλίμα και τη σύσταση του εδάφους. Με την ανάπτυξη του φυτού αλλάζουν και οι απαιτήσεις σε νερό, όχι μόνο επειδή αυξάνεται αλλά επειδή μεταβάλλονται και οι συνθήκες του περιβάλλοντος.

Η έλλειψη του νερού επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού μειώνοντας την παραγωγή ποσοτικά και ποιοτικά προκαλώντας πτώση των χτενιών και των μικρών καρυδιών. Γενικά, η υδατική καταπόνηση μειώνει την ανάπτυξη νέων ριζών και την ικανότητα του ριζικού συστήματος να εφοδιάσει την κορυφή του φυτού με νερό.

Αντίθετα, η υπερβολική βροχόπτωση την άνοιξη μπορεί να καθυστερήσει την προετοιμασία του εδάφους και την σπορά, να προκαλέσει ασθένειες στο ριζικό σύστημα του φυτού, ενώ οι υπερβολικές βροχοπτώσεις κατά την διάρκεια της

ωρίμανσης της κάνας μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του καρυδιού και να εμποδίσουν την συγκομιδή. (Danalatos N., et al. 1998)

Για την βέλτιστη απόδοση θα πρέπει να παρέχεται επαρκής ποσότητα νερού κατά την διάρκεια σχηματισμού των καρυδιών.

Φως

Το βαμβάκι απαιτεί άφθονο φωτισμό. Περιοχές με ηλιοφάνεια 50% είναι επισφαλείς και με ηλιοφάνεια κάτω του 40% είναι ακατάλληλες για την καλλιέργεια του βαμβακιού. Ιδιαίτερα το φως είναι απαραίτητο κατά τις πρωινές ώρες για τη φωτοσύνθεση. Η αύξηση της φωτοπερίόδου από 8 σε 14 ώρες μειώνει επίσης το ποσοστό τη καρπόπτωσης. Η αύξηση των ιστών γίνεται κυρίως τη νύχτα. Φυτά που σκιάζονται μένουν κοντά, καχεκτικά και με μικρή καρποφορία. Φυτείες με μεγάλο αριθμό φυτών στο στρέμμα έχουν ανάγκη από περισσότερο φως, διότι ο ανεπαρκής φωτισμός κάνει μακριά τα κατώτερα μεσογονάτια διαστήματα των φυτών, μειώνει τον αριθμό των φυλλοφόρων βλαστών και εμποδίζει την ανάπτυξη των καρποφόρων βλαστών.

Πειράματα έδειξαν ότι το ποσοστό της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Πιο συγκεκριμένα η αύξηση του ποσοστού της φωτοσύνθεσης που προκαλείται από το CO₂ αυξάνει τον αριθμό των ανθέων και μειώνει το ποσοστό της καρπόπτωσης. (Kohel R., and Lewis C., 1984)

Εδαφος

Το βαμβάκι καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών από τα αμμώδη ως τα βαριά αργιλώδη. Τα καλύτερα εδάφη για την καλλιέργεια του βαμβακιού είναι εκείνα που έχουν ίσες αναλογίες άμμου, πηλού και αργίλου, pH 5,5-8,5, ικανή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και μέση γονιμότητα ή μέτρια περιεκτικότητα σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Δεν αποδίδει ικανοποιητικά σε κακώς αεριζόμενα εδάφη, ιδίως εάν ο κακός αερισμός οφείλεται σε περίσσεια υγρασίας. Επίσης διάφορα πειράματα έδειξαν ότι το όξινο pH του εδάφους μειώνει την ανάπτυξη του βαμβακιού. (Kohel R., and Lewis C., 1984)

1.2.8 Λίπανση βαμβακιού

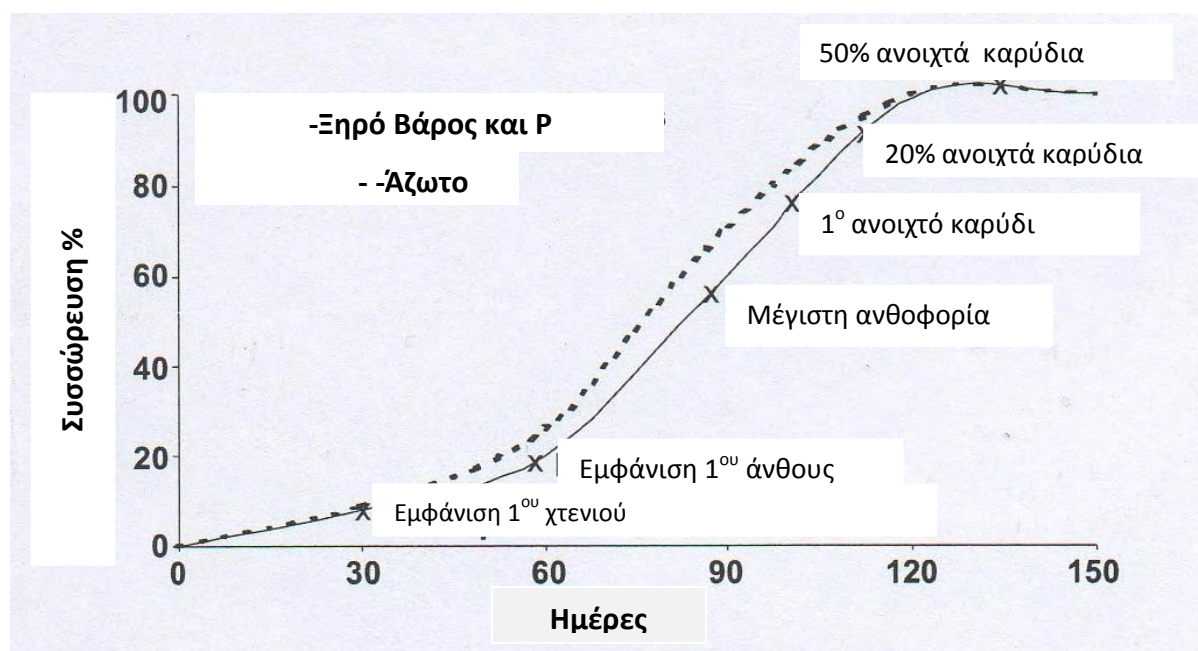
Το βαμβάκι δεν εξαντλεί το έδαφος σε μεγάλο βαθμό γιατί όταν απομακρύνεται από το χωράφι μόνο το σύσπορο, περίπου 70% από την ξηρή ουσία του φυτού επιστρέφει στο έδαφος. Για την κατασκευή όμως του βλαστικού μέρους του φυτού απαιτείται αρκετά μεγάλη ποσότητα θρεπτικών ανόργανων στοιχείων, η οποία ποικίλλει αναλόγως της ποικιλίας και της καλλιεργητικής τεχνικής.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από την ρίζα είναι η θερμοκρασία και ο ανταγωνισμός των ιόντων. Οι ρίζες του βαμβακιού επιβραδύνουν την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων όταν η περιεκτικότητα του οξυγόνου πέσει κάτω από 10% ή όταν η θερμοκρασία εδάφους στην ζώνη της ρίζας πέσει στους 15° C. Η ικανότητα του φυτού να προσλαμβάνει θρεπτικά στοιχεία παύει όταν το επίπεδο οξυγόνου στο έδαφος πέσει στο 3-5%. (Kohel R., Lewis C., 1984)

Με παραγωγή σύσπορου βαμβακιού 240Kg/στρ. βρέθηκε ότι απομακρύνονται από το έδαφος περίπου 5kg αζώτου (N), 0,9Kg φωσφόρου (P) και 1,8 Kg καλίου (K). το βαμβάκι αφαιρεί επίσης αξιόλογες ποσότητες ασβεστίου (Ca), μικρότερες μαγνησίου (Mg), θείου (S) και νατρίου (Na) καθώς και μικροποσότητες ιχνοστοιχείων όπως βορίου (B), σιδήρου (Fe), μαγγανίου (Mn), χαλκού (Cu), χλωρίου (Cl) και ψευδαργύρου (Zn).

Η πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών σχετίζεται άμεσα με την συσσώρευση της ξηρής ουσίας του φυτού, η οποία ακολουθεί μια σιγμοειδής καμπύλη (Σχήμα 2.3) και εξαρτάται από την άρδευση, την ηλιοφάνεια, τα θρεπτικά συστατικά και την θερμοκρασία. Κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών η πρόληψη θρεπτικών στοιχείων είναι μεγαλύτερη από την άνοιξη. (Stewart M., 1998)

Σχήμα 1.3: Η συσσώρευση ξηρού βάρους. Η συσσώρευση P είναι ευθέως ανάλογη με την συσσώρευση του ξηρού βάρους, ενώ η συσσώρευση N είναι ελαφρώς υψηλότερη στο μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργητικής περιόδου.



Εικόνα 1

Πηγή: Stewart M., 1998

Κατά το στάδιο του νεαρού φυτού, πριν την εμφάνιση των κτενιών, το βαμβακόφυτο απαιτεί σχετικώς υψηλές ποσότητες N, P, K, Ca και Mg. Καθώς το φυτό εισέρχεται στο στάδιο του κτενιού και στα επόμενα στάδια, αυξάνονται οι απαιτήσεις στα παραπάνω στοιχεία, οι οποίες και μεγιστοποιούνται κατά το στάδιο της καρποφορίας, οπότε το φυτό συσσωρεύει περίπου τη μισή από τη συνολική ποσότητα. Στη φάση αυτή τα στοιχεία συσσωρεύονται κατά κύριο λόγο στους καρποφόρους ιστούς, ενώ στα προηγούμενα στάδια συσσωρεύονται στα φύλλα, μίσχους και ρίζες. Όταν το φυτό υπερβεί την αιχμή της καρποδέσεως, οι απαιτήσεις του σε θρεπτικά στοιχεία ελαττώνονται με γρήγορο ρυθμό, γιατί όλη η ποσότητα που είχε συσσωρευτεί στα υπέργεια τμήματα του φυτού μεταφέρεται στα αναπτυσσόμενα καρύδια.

Πίνακας 1.2: Αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων στα 4 στάδια ανάπτυξης

Στάδιο ανάπτυξης	% απαιτήσεις		
	Σε N	Σε P	Σε K
Φύτρωμα – εμφάνιση χτενιών	10%	2%	7%
Σχηματισμός χτενιών – εμφάνιση πρώτων λουλουδιών	30%	31%	23%
Στάδιο ανθοφορίας - καρποφορίας	40%	35%	53%
Στάδιο ωρίμανσης	20%	27%	17%

Πηγή: University of California, 1984.

Η φυλλοδιαγνωστική είναι η καλύτερη μέθοδος για να καθορίσουμε τις ανάγκες των θρεπτικών στοιχείων κατά την διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου. Δείγματα θα πρέπει να εξετάζονται τουλάχιστον τρεις φορές τον χρόνο, όταν η υγρασία είναι μέτρια.

Πίνακας 1.3: Επίπεδα θρεπτικών στοιχείων σε φυλλοδιαγνωστικές αναλύσεις βαμβακιού

Περίοδος Δειγματοληψίας	Αζωτο (N) (μονάδες στο εκατομμυριοστό)		Φόσφορος (P) (μονάδες στο εκατομμυριοστό)		Κάλιο (K) (%)	
	Χαμηλό	Υψηλό	Χαμηλό	Υψηλό	Χαμηλό	Υψηλό
Έναρξη ανθοφορίας, περίπου 1 Ιουλίου	10,000	18,000	1,500	2,000	4,0	5,5
Πλήρης ανθοφορία, 30 ημέρες μετά την έναρξη της ανθοφορίας ή περίπου 31 Ιουλίου	3,000	7,000	1,200	1,500	3,0	4,0
Τέλος άνθησης, 60 ημέρες μετά την έναρξη της ανθοφορίας, ή περίπου 30 Αυγούστου	1,500	3,500	1,000	1,200	1,5	2,5
Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, 70 ημέρες απ' την έναρξη της ανθοφορίας, περίπου 10 Σεπτεμβρίου	Θα πρέπει να είναι κάτω από 2,0		800	1,000	1,0	2,0

Πηγή: University of California, 1984.

Με βάση τον παραπάνω πίνακα όταν τα επίπεδα των θρεπτικών στοιχείων στην φυλλοδιαγνωστική είναι χαμηλότερα από αυτά που αναγράφονται στο κατώτερο όριο τιμών τότε η λίπανση θα βελτιώσει την απόδοση. (University of California, 1984).

Κύρια στοιχεία

Άζωτο

Το άζωτο βοηθά στην καλύτερη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, στην παραγωγή περισσότερων συμποδίων, ανθέων και καρυδιών, αυξάνει το βάρος του καρυδιού και του σπόρου καθώς και την εκατοστιαία αναλογία ινών. Επίσης, μειώνει την περιεκτικότητα ελαίου στον σπόρο και αυξάνει αυτήν της πρωτεΐνης. Η αποτελεσματικότητα του αζώτου είναι μεγαλύτερη στις αρδευόμενες καλλιέργειες.

Η περίσσεια αζώτου συντελεί στην ανεπιθύμητη βλαστική ανάπτυξη, ευπάθεια σε εχθρούς και ασθένειες, τα φύλλα είναι μεγαλύτερα και βαθυπράσινα, οψίμιση της παραγωγής αλλά και μειωμένη παραγωγή λόγω της αποκοπής καρποφόρων οργάνων που προκαλεί. Με έλλειψη N επηρεάζεται ο ρυθμός πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, τα φυτά είναι χλωρωτικά, η ανάπτυξη του φυτού είναι αργή και επηρεάζεται η ποσότητα και η ποιότητα της ίνας.

Ο εμπλουτισμός της καλλιέργειας με N θα πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο εξαιτίας της ποσότητας αζώτου που απορροφούν τα φυτά, της ποσότητας αζώτου που χάνεται λόγω της έκπλυσης και της ποσότητας που μπορεί να απομακρύνεται από τα βακτήρια του εδάφους. Οι απαιτούμενες λιπαντικές μονάδες εξαρτώνται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής το ύψος της παραγωγής και την ακολουθία της αμειψισποράς. Ο ακριβής προσδιορισμός των αναγκών μιας καλλιέργειας δεν είναι εύκολος κυρίως γιατί οι χημικές μεταβολές που ίσως υποβληθεί το άζωτο επηρεάζουν την συγκράτηση και την κινητικότητα του στο έδαφος καθώς και την διαθεσιμότητα του στα φυτά. Η έκπλυση του αζώτου, η απονιτροποίηση και η ανοργανοποίηση του μπορούν να αλλάξουν γρήγορα την ποσότητα του αζώτου που είναι διαθέσιμη στα φυτά. Η ποσότητα N που προστίθεται στην καλλιέργεια με την λίπανση είναι γνωστή όχι όμως και η ποσότητα που ανοργανοποιείται ή απομακρύνεται εξαιτίας της έκπλυσης. Η μεγάλη βλαστική περίοδος, η πρόωμη φυτεία και η ύπαρξη ικανοποιητικής ποσότητας νερού για άρδευση αξιοποιούν

περισσότερες λιπαντικές μονάδες N. Σε περιπτώσεις ξηρικής καλλιέργειας ή ανεπαρκούς αρδεύσεως, η αζωτούχος λίπανση πρέπει να είναι πολύ συντηρητική.

Οι προφυτρωτικές αναλύσεις εδάφους είναι πολύτιμες για τον προσδιορισμό των αναγκών σε θρεπτικά στοιχεία νωρίς την άνοιξη. Οι αναλύσεις αυτές καθορίζουν το ποσό αζώτου που υπάρχει στο έδαφος από την προηγούμενη καλλιέργεια και βοηθούν στον προγραμματισμό των πρώτων λιπάνσεων.

Πίνακας 1.4: Εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης ανάλογα με προφυτρωτικές αναλύσεις εδάφους.

Νιτρικό άζωτο (NO₃-N) σε προφυτρωτικές αναλύσεις (μονάδες στο εκατομμυριοστό)	Συστήνεται
0-10	Εφαρμογή N πριν την φύτευση
10-20	Εφαρμογή N όταν εμφανίζονται τα πρώτα χτένια
20-30	Εφαρμογή N στην έναρξη της ανθοφορίας
Πάνω από 30	Φυλλοδιαγνωστική ανάλυση για τον προσδιορισμό των αναγκών σε N

Πηγή: University of California, 1984.

Από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο Τέξας προκύπτει ότι η λίπανση με άζωτο προφυτρωτικά ή κατά την διάρκεια της ανθοφορίας μειώνει τις πιθανότητες ανεπαρκούς εφοδιασμού των φυτών την περίοδο που υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη και ειδικά όταν είναι πιθανή η έκπλυση του αζώτου κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. (Stewart M., 1998)

Στην Ελλάδα οι συνήθεις δόσεις είναι 9-16 μονάδες/στρ με αυξημένη δόση σε περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένες αποδόσεις, στις οποίες μέρος της αζωτούχου λιπάνσεως εφαρμόζεται ως επιφανειακή λίπανση σε μια ή δύο δόσεις πριν από την εμφάνιση των χτενιών και των ανθέων.

Πειράματα του Εργαστηρίου Γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας έδειξαν ότι η υδρολίπανση αυξάνει την αποτελεσματικότητα του αζώτου, όπως επίσης μειώνοντας την αζωτούχο λίπανση από 24 μονάδες (συνήθης λίπανση μέχρι πρόσφατα στην Θεσσαλία) σε 12 μονάδες για την Θεσσαλία και από 14 σε 7 μονάδες για την Μακεδονία, όχι μόνο δεν μείωσε την απόδοση του βαμβακιού, αλλά προώθησε και την παραγωγή. (Gertsis A., et al. 1997)

Η διαφυλλική εφαρμογή με ουρία είναι μια ακόμη αποτελεσματική μέθοδος για την πρόσληψη μικρών ποσοτήτων από τα φυτά. Πειράματα έδειξαν ότι ένα φύλλο μπορεί να απορροφήσει το 30% της διαφυλλικής εφαρμογής με ουρία μέσα σε 1 ώρα, και το 70% της εφαρμογής μέσα σε διάστημα 24 ωρών. (Stewart M., 1998)

Σήμερα, σύμφωνα με τους Κώδικες της Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, επιβάλλεται η κλασματική λίπανση, ώστε να αποφεύγεται η νιτρορύπανση και να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης του αζώτου.

Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι απαραίτητος για την φωτοσύνθεση, την κυτταρική διαίρεση, την μεταφορά της ενέργειας, προωμίζει την παραγωγή και ευνοεί την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, ενώ η επίδραση του στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ίνας και του σπόρου δεν είναι σημαντική. Σύμφωνα με τον Halevy (1976), για την παραγωγή 100Kg ίνας απαιτείται πρόσληψη 26,5Kg P, ενώ η απομάκρυνση είναι 11,8Kg (συγκομιδή). Η δε πρόσληψη του δεν διαφέρει πολύ από αυτή του N και K, μόνο που μετά την 112^η μέρα από το φύτεμα ο P συνεχίζει να συσσωρεύεται με βαθμό υψηλότερο από τον αντίστοιχο των N και K. Μεγαλύτερη φαίνεται να είναι η σημασία του όταν το έδαφος λιπαίνεται με υψηλές δόσεις αζώτου, γι' αυτό και μια ισορροπημένη λίπανση N:P πλησιάζει την σχέση 2:1.

Το επίπεδο του ολικού P της ξηρής ουσίας στα φύλλα προσδιορίζεται στους μίσχους κατά τα στάδια ανάπτυξης και έχει τα εξής όρια: (Τσαπικούνης Φ., 1997)

- Αρχική άνθιση 1,5 - 2,0
- Μέγιστη άνθιση 1,2 - 1,5

- Άνοιγμα πρώτου καρυδιού 1,0 - 1,2
- Ωρίμανση 0,8 - 1,0

Τα συμπτώματα ελλείψεως P δεν είναι χαρακτηριστικά. Τα πιο χαρακτηριστικά είναι η σκουροπράσινη απόχρωση του φυλλώματος και η νάνα εμφάνιση των φυτών, καθώς και η οψίμιση της καρποφορίας και της ωρίμανσης. Ειδικότερα για την προσθήκη P συνίσταται εντοπισμένη λίπανση, που περιορίζει τη δέσμευση του στοιχείου από το έδαφος.

Σε πειράματα όπου μελετήθηκε η εποχή τοποθέτησης του φωσφορικού λιπάσματος, προέκυψε ότι η εφαρμογή της φωσφορικής λίπανσης το φθινόπωρο αντί της άνοιξης δεν πλεονεκτεί (Σετάτου 1995).

Κάλιο

Το φυτό είναι ευαίσθητο στην έλλειψη καλίου, ενώ με την αύξηση της διαθεσιμότητας του καλίου εντός των επαρκών ορίων, παρατηρείται συνήθως αύξηση της ανθοφορίας, του μήκους και της αντοχής της ίνας, του βάρους του σπόρου και της περιεκτικότητας του σπόρου σε λάδι.

Τα καρύδια καταναλώνουν υψηλές ποσότητες καλίου κατά την αρχική φάση ανάπτυξης. Εάν η ικανότητα του εδάφους να εφοδιάσει με κάλιο δεν είναι επαρκής, τότε τα καρύδια θα 'τραβήξουν' κάλιο από παρακείμενα φύλλα οδηγώντας τα σε εξασθένηση και γηρασμό. Διαφυλλική εφαρμογή καλίου μπορεί να καθυστερήσει την γήρανση των φύλλων κατά 7-10 ημέρες εξασφαλίζοντας έτσι πρόσθετη παραγωγή νήματος περί τις 140-250lb.

Με έλλειψη K τα φυτά δεν μεγαλώνουν ικανοποιητικά ή δεν αποκτούν το κανονικό πράσινο χρώμα, γίνονται πιο ευάλωτα σε ασθένειες και την υδατική καταπόνηση, μειώνεται η ποιότητα της ίνας και η απόδοση. Τα παλαιότερα φύλλα παρουσιάζουν μεσονεύριες χλωρώσεις (λευκοκίτρινες κηλίδες), που στην συνέχεια νεκρώνονται και τα φύλλα πέφτουν πρόωρα. Η προσθήκη νατρίου ως θρεπτικού συστατικού φαίνεται ότι μειώνει τα συμπτώματα K στο φυτό και αυξάνει την παραγωγή. Αντιθέτως, η

χρήση αυξημένων ποσοτήτων ασβεστίου μπορεί να προκαλέσει έλλειψη Κ στην καλλιέργεια.

Στην Ελλάδα μέχρι πρόσφατα δεν χρησιμοποιούσαν καλιούχα λιπάσματα στο βαμβάκι γιατί θεωρούσαν ότι τα εδάφη είναι επαρκώς εφοδιασμένα με Κ. Ωστόσο, ύστερα από την εξαντλητική εκμετάλλευση των εδαφών, διαρκώς αυξάνονται οι περιπτώσεις που διαπιστώνεται έλλειψη Κ και η προσθήκη του έχει ευεργετική επίδραση στην απόδοση, την κανονική ωρίμανση, την καλή ποιότητα ίνας και σπόρου και στην αντίδραση του φυτού στη βερτισιλλίωση.

Υπόλοιπα στοιχεία

Ασβέστιο

Συνήθως δεν παρατηρείται έλλειψη ασβεστίου λόγω συστάσεως των περισσότερων εδαφών, αλλά και γιατί κατά το μεγαλύτερο ποσοστό επανέρχεται στο έδαφος με τα φύλλα και ακόμη γιατί πολλά λιπάσματα περιέχουν Ca. Προσθήκη Ca συνίσταται σε όξινα εδάφη.

Μαγνήσιο

Σύμφωνα με έρευνες το βαμβάκι προσλαμβάνει το Mg σε ποσότητες που κυμαίνονται από 3,0 έως 6,5Kg Mg/100Kg ίνας, ενώ η ποσότητα που απομακρύνεται είναι 0,9Kg Mg/100Kg ίνας (συγκομιδή).

Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα ελλείψεως Mg στο βαμβάκι είναι η εμφάνιση φύλλων με κοκκινωπή απόχρωση και πράσινη κύρια νεύρωση, που οδηγούν σε πρόωρη πτώση των κατώτερων φύλλων. έλλειψη μαγνησίου είναι πιθανότερη σε όξινα εδάφη.

Θείο

Σε εδάφη που είναι ανεπαρκώς εφοδιασμένα με θείο τα νεαρά φύλλα της κορυφής γίνονται κιτρινωπά, όπως τα κατώτερα φύλλα στην περίπτωση έλλειψης αζώτου. Το

θείο απομακρύνεται από το έδαφος σε μικρές ποσότητες και εφόσον τα λιπάσματα περιέχουν το στοιχείο, δεν απαιτείται ιδιαίτερη προσθήκη.

Νάτριο

Όπως προαναφέρθηκε, φαίνεται να υποκαθιστά το N όπως και το Ca. Μεγάλες ποσότητες Na είναι επιβλαβής για την καλλιέργεια.

Βόριο

Τα συμπτώματα ελλείψεως B εμφανίζονται αρχικά στην κορυφή του φυτού, όπου ο ακραίο οφθαλμός νεκρώνεται, δημιουργείται διχασμός της κορυφής και τα φυτά παραμένουν νάνα με δύο ή περισσότερες κορυφές. Τα νεαρά φύλλα αποκτούν κιτρινοπράσινη απόχρωση, τα χτένια είναι γλωρωτικά και τελικά πέφτουν. Συνθήκες ξηρασίας και pH εδάφους μεγαλύτερο από 6,5 ενισχύουν την εμφάνιση τροφopenίας B.

Σίδηρος

Η χαρακτηριστική γλώρωση σπάνια παρατηρείται στο βαμβάκι.

Μαγγάνιο

Τιμές από 27-216ppm δείχνουν φυτά επαρκώς εφοδιασμένα σε Mn και τιμές κάτω από 20ppm υποδηλώνουν πιθανή τροφopenία.

Τα πρώτα συμπτώματα από έλλειψη Mn παρουσιάζονται στα νεαρά φύλλα ή τα φύλλα της κορυφής, που αποκτούν κιτρινογκρί ή κοκκινογκρί απόχρωση, ενώ οι νευρώσεις τους διατηρούν το πράσινο χρώμα. Περίσσεια Mn είναι τοξική για το φυτό, με πρώτο σύμπτωμα την εμφάνιση ανώμαλων φύλλων με συστροφές και ζαρωμένα, με κηλίδες γλωρωτικές και αργότερα νεκρωτικές. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται προσθήκη ασβεστίου.

Από πειράματα στην Κωπαΐδα (Καλλίνη και συν.) βρέθηκε ότι αποτελεσματικότερη για την διόρθωση της τροφοπενίας Mn είναι η διαφυλλική εφαρμογή 150gr/στρ $MnSO_4$. Στα ίδια πειράματα τα φυτά δεν αντέδρασαν σε προσθήκη χηλικού Mn. Η πλέον κατάλληλη στιγμή είναι της ανθικής καταβολής (χτένια) και ένας ψεκασμός στο στάδιο αυτό αρκεί για να εξουδετερώσει την έλλειψη.

Ψευδάργυρος

Ο Ψευδάργυρος απαιτείται πιο συχνά σε αλκαλικά εδάφη, έλλειψη του στοιχείου παρουσιάζεται σπάνια στα βαμβακόφυτα. Όταν υπάρχει παρουσιάζεται χαρακτηριστική μεσονεύρια χλώρωση και μπρούτζινη απόχρωση των κατώτερων φύλλων, που γίνονται εύθραυστα με χαρακτηριστική συστροφή της κορυφής. Τα φυτά επίσης οψιμίζουν.

Σε αναλύσεις εδαφών που η συγκέντρωση Zn είναι μικρότερη από 1ppm (ανεπαρκώς εφοδιασμένα εδάφη) συνίσταται η προσθήκη 1-2kg Zn/στρ υπό μορφή θεικού Zn ή άλλου κατάλληλου σκευάσματος.

Τα δευτερεύοντα λιπαντικά στοιχεί και ιχνοστοιχεία, στις περιπτώσεις τροφοπενιών, προστίθενται είτε με ιδικές μορφές βασικής λίπανσης, είτε με διαφυλλική λίπανση η οποία κατά κανόνα συνδυάζεται και με χρήση φυτοφαρμάκων. Ακόμη όμως και για ιχνοστοιχεία θα πρέπει να διαπιστωθεί η συγκεκριμένη τροφοπενία με βάση τη φυλλοδιαγνωστική, ώστε να αποφευχθούν οι άχρηστοι ψεκασμοί και επιπλέον ανισόρροπη αύξηση του φυτού.

Πίνακας 1.5: Η χρήση των ιχνοστοιχείων στο βαμβάκι. Οριακές τιμές, πρόσληψη, συμπτώματα τροφопενίας και τρόπος αντιμετώπισης

Ιχνοστοιχεία	Περιγραφή συμπτωμάτων	Οριακές τιμές στα φύλλα (ppm)	Πρόσληψη σε (gr) για παραγωγή 1τον. ίνας	Εφαρμογή λίπανσης
Σίδηρος (Fe)	Τα νεαρά φύλλα εμφανίζουν συμπτώματα ενδονευρίου χλώρωσης. Οι νευρώσεις παραμένουν πράσινες.	30-50	814	Ψεκασμό με 3% θειικό σίδηρο (FeSO ₄). Εφαρμογή εδάφους 10Kg/ha χηλικού σιδήρου.
Ψευδάργυρος (Zn)	Μικρά φύλλα έχουν κυπελλοειδές σχήμα και ενδονεύρια χλώρωση. Οι χλωρωτικές περιοχές εμφανίζουν μπρούτζινο χρώμα και νεκρώνονται.	10	63-645	4 ψεκασμοί με 1,2%Zn ως ZnSO ₄ . Εφαρμογή από εδάφους 10-20Kg Zn/ha (ZnSO ₄)
Βόριο (B)	Νεαροί μίσχοι γίνονται χοντροί και έχουν νεκρωμένη εντεριώνη. Τα φύλλα γίνονται ανώμαλα (στρεβλωμένα)	10-15	165-268	Εφαρμογή από εδάφους 2-4 Kg B/ha ως βόρακας
Μαγγάνιο (Mn)	Επηρεάζονται πρώτα τα νεαρά φύλλα. Τα φύλλα αποκτούν κυπελλοειδές σχήμα και εμφανίζουν ενδονεύρια χλώρωση. Το χρώμα τους είναι κίτρινο-ερυθρό-μπεζ.	10-14	213-408	Ψεκασμοί με διάλυμα 0,5-1,0% θειικού μαγγανίου, εφαρμογή από εδάφους 50-250Kg/MnSO ₄ /ha
Χαλκός (Cu)	Ενδονεύριες περιοχές χλωρωτικές. Αναστολή ανάπτυξης των φυτών.	6	48-121	Ψεκασμοί με διάλυμα 0,5% CuSO ₄ (θειικό χαλκό).εφαρμογή από εδάφους 10-15 Kg/ha CuSO ₄ .
Μολυβδαίνιο (Mo)	Οι ενδονευρώσεις είναι χλωρωτικές. Νέκρωση των περιφερειακών κυττάρων.	3	2-4	Εφαρμογή 0,6-1,2Kg/ha μολυβδαινικού αμμωνίου ή μολυβδαινικού νατρίου ως επέμβαση εμποτισμού των σπόρων.

Πηγή: Τσαπικούνης Φ., 1997.

1.3 Βιομηχανική Τομάτα

1.3.1 Γενικά για την βιομηχανική τομάτα

Η βιομηχανική τομάτα *Lycopersicon esculentum* ανήκει στην οικογένεια *Solanaceae*. Ζει μόνο μερικά χρόνια και ο συνήθως καλλιεργείται ως μονοετές φυτό με βιολογικό κύκλο 4-6 μήνες, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες και την ποικιλία. Τυπικά φτάνει τα 1-3μ. ύψος, αλλά δεν έχει αρκετά ανθεκτικό κορμό και στηρίζεται σε άλλα φυτά. Είναι αυτογονιμοποιούμενο φυτό με ερμαφρόδιτα άνθη. Παρόλα αυτά η επιστημονική εξέλιξη έχει επιτρέψει την υπό όρους σταυρογονιμοποίηση καθαρών σειρών και την παραγωγή υβριδίων, με βελτιωμένα γενετικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις ποικιλίες – γονείς.

Η τομάτα, μέχρι τα τέλη του 18^{ου} αιώνα, ήταν άγνωστη σε πολλούς λαούς, ενώ κάποιοι άλλοι τη θεωρούσαν δηλητηριώδη και τη χρησιμοποιούσαν ως καλλωπιστικό φυτό. Ο τόπος καταγωγής της θεωρείται η Νότια Αμερική (ιδιαίτερα το Περού) όπου ακόμη και σήμερα φυτρώνουν μόνες τους διάφορες παραλλαγές της άγριας τομάτας. Από το Περού, η άγρια τομάτα έφτασε στην Κεντρική Αμερική (Μεξικό) ως ζιζάνιο με σπόρους καλαμποκιού. Στην συνέχεια ήρθε στην Ευρώπη τον 16^ο αιώνα μέσω Ισπανών εξερευνητών. Για δύο αιώνες περίπου θεωρείται περίεργο και επικίνδυνο είδος, ενώ δειλά δειλά χρησιμοποιείται στην Ισπανία, στην Ιταλία και στη Γαλλία. Στην Βόρεια Ευρώπη επικρατεί μεγάλος σκεπτικισμός μέχρι τον 18^ο αιώνα, όπου και υπάρχουν κάποιες ενδείξεις για εμπορία της τομάτας στη Μεσόγειο. Το ίδιο μοτίβο επικρατεί στη Βόρεια Αμερική αλλά η καλλιέργεια και ευρεία χρήση της αρχίζει, μόλις μετά τα μέσα του 18^{ου} αιώνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τομάτα μετά από μεγάλη περιπλάνηση στο γεωγραφικό χάρτη, μεταφέρθηκε στην Ελλάδα περίπου το 1818, όπου και άρχισε να καλλιεργείται.

1.3.2 Βοτανική περιγραφή του φυτού

Ριζικό σύστημα

Το φυτό της τομάτας αναπτύσσει ευδιάκριτη κεντρική ρίζα, αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια, όταν ο σπόρος σπέρνεται απευθείας στη μόνιμη θέση. Επειδή όμως, κατά κανόνα τουλάχιστον, στην καλλιέργεια στο θερμοκήπιο η τομάτα μεταφυτεύεται μια ή περισσότερες φορές, η κεντρική ρίζα κόβεται, καταστρέφεται και το φυτό αρχίζει να παράγει με ευκολία πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες, ακόμη και από το λαιμό του φυτού, γεγονός που θεωρείται πλεονέκτημα, γιατί διευκολύνει τη μεταφύτευση του φυτού, ακόμη και με γυμνή ρίζα ή μπάλα χώματος, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αυτή είναι και η ενδεδειγμένη τεχνική της καλλιέργειας της τομάτας. Στη μεταφύτευση το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται πλάγια και όχι σε βάθος. Το γεγονός ότι το φυτό εύκολα παράγει νέες ρίζες από το λαιμό του, βοηθά στη διαπίστωση των συνθηκών κάτω από τις οποίες ζει και αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα, π.χ. εάν παρατηρηθούν εξογκώματα ή εναέριες ρίζες στην περιοχή του λαιμού του φυτού, εμβάλλει σε υποψία ότι η κατάσταση στο ριζόστρωμα είναι προβληματική, π.χ. κακός αερισμός (έλλειψη O_2) λόγω υπερβολικής υγρασίας, συμπίεσης εδάφους, κ.α.

Βλαστός

Κατά το φύτευμα και μετά την οριζοντιοποίηση των κοτυληδονόφυλλων από το αρχέφυτρο που βρίσκεται μεταξύ τους και που μπορεί να το δει κανείς σε τομή στο μικροσκόπιο, παράγεται ο κεντρικός βλαστός (βλαστανούσα κορυφή). Ο κεντρικός βλαστός φέρει τα πραγματικά φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Η τομάτα έχει την τάση να σχηματίζει πολλούς βλαστούς. Πολλές φορές, οι πλευρικοί βλαστοί που βρίσκονται κοντά στην κορυφή του φυτού, είναι τόσο ζωντοί, που με δυσκολία μπορεί κανείς να ξεχωρίσει ποιος είναι ο κεντρικός βλαστός και ποιος ο πλευρικός. Το σχήμα του βλαστού είναι κυλινδρικό και εσωτερικά είναι πλήρης. Σε μερικές περιπτώσεις ο βλαστός εμφανίζεται με κενό στο εσωτερικό του, κατάσταση που δεν είναι φυσιολογική. Μεταξύ των αιτιών που προκαλούν 'κούφωμα' του βλαστού στην τομάτα είναι η προσβολή από βακτήρια. Ο βλαστός στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξής του ή καλύτερα, αμέσως πάνω από το αρχέφυτρο, είναι τρυφερός, εύθραυστος, χυμώδης,

μαλακός, αργότερα όμως γίνεται σταδιακά πιο σκληρός, αποκτά μηχανική αντοχή, χωρίς να ξυλοποιείται, και είναι σχετικά εύθραυστος. Η ανάπτυξη του βλαστού, όσον αφορά το μήκος, καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και διακρίνονται ποικιλίες με απεριόριστη ανάπτυξη βλαστών (indeterminate) ή με καθορισμένο μήκος (determinate).



Φύλλα

Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παράφυλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία, και από τη θέση του φύλλου επί του βλαστού. Είναι δυνατόν να απαντηθούν ποικιλίες με 3, 4 ή 5 ζεύγη φυλλαρίων. Τα πρώτα πραγματικά φύλλα μιας συγκεκριμένης ποικιλίας, έχουν μικρότερο αριθμό ζευγών. Εκτός από τον αριθμό των ζευγών και το μέγεθος των φύλλων (μήκος - πλάτος), που είναι χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας, επηρεάζεται και από τις συνθήκες καλλιέργειας. Συνήθως, οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες έχουν πιο μακριά και πιο πλατιά φύλλα, ενώ στις μικρόκαρπες ποικιλίες οι διαστάσεις των φύλλων είναι μικρότερες. Το μέγεθος των φύλλων της ποικιλίας που θα καλλιεργηθεί θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό των αποστάσεων φύτευσης. Τα φύλλα εμφανίζονται σε ελικοειδή διάταξη πάνω στο βλαστό. Η επάνω επιφάνεια των φύλλων έχει χρώμα λαμπερό βαθύ πράσινο και η κάτω ελαιώδες ανοικτό πράσινο. Τέλος τα φύλλα φέρουν αδενοφόρες τρίχες που εκκρίνουν μία δύσοσμη ουσία όταν

αγγίζει κανείς το φυτό και που έχει σκοπό την προστασία του φυτού από τους εχθρούς του.

Άνθη – Ταξιανθία



Τα άνθη της τομάτας εμφανίζονται σε ταξιανθίες, είναι τέλεια, αυτογονιμοποιούμενα, και ανεμόφιλα, με την έννοια πως ο άνεμος τινάζει τα άνθη με αποτέλεσμα την απελευθέρωση της γύρης, την επικονίαση και τη γονιμοποίηση. Ένας μέσος επιθυμητός αριθμός ανθέων ανά ταξιανθία που θα εξελιχθεί σε καρπούς είναι 6-8 άνθη. Οι ταξιανθίες εμφανίζονται επί των βλαστών του φυτού και διακλαδίζονται συμμετρικά ή ασύμμετρα, ανάλογα με την ποικιλία. Στο άκρο κάθε διακλάδωσης υπάρχει και ένα άνθος. Το άνθος φέρει πράσινο δερματώδη κάλυκα, που αποτελείται από 5 σέπαλα, στεφάνη κίτρινη με 5 ενωμένα πέταλα και 5 στήμονες, ενωμένους στη βάση τους με τη στεφάνη και ενωμένους κατά μήκος μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν κώνο γύρω από το στύλο, που είναι συνήθως πιο κοντός, εγκλωβισμένος από τους ανθήρες. Η ωθήκη είναι πολύχρωμη (2-7 χώρους) και κάθε χώρος έχει πολλά ωάρια.

Καρπός

Ο καρπός της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με ποικίλα σχήματα. Ο καρπός ποικιλιών με δύο χωρίσματα (χώρους) είναι συνήθως στρογγυλός, ενώ αυτών με 3, 4, 5 ή περισσότερα χωρίσματα είναι πεπλατυσμένος και πιθανόν ακανόνιστος. Το

χρώμα της τομάτας είναι βαθύ πράσινο όταν ο καρπός είναι άωρος και σταδιακά κατά την ωρίμανση αλλάζει σε κιτρινοπράσινο, ρόδινο και τελικά αποκτά κόκκινο χρώμα στην πλήρη ωρίμανση. Η χαρακτηριστική χρωστική του καρπού, στην οποία οφείλεται το χρώμα (κόκκινο) της τομάτας ονομάζεται λυκοπίνη. Το πορτοκαλί χρώμα οφείλεται στο β-καροτίνιο (προβιταμίνη Α). Με την πρόοδο της γενετικής βελτίωσης και της βιοτεχνολογίας έχουν δημιουργηθεί υβρίδια των οποίων οι καρποί έχουν κίτρινο, μωβ και άλλους χρωματισμούς. Ο καρπός αποτελείται από το φλοιό, τη σάρκα, τους ιστούς και τους σπόρους. Το πάχος του φλοιού αυξάνει στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξης του καρπού και μετά λεπταίνει και απλώνει κατά το στάδιο της ωρίμανσης. Η σάρκα σχηματίζεται στους χώρους των κελιών και είναι ανάλογα με την ποικιλία, λιγότερο ή περισσότερο σημαντική, πλούσια σε χυμό, ο οποίος χρησιμοποιείται στη μεταποίηση από τις βιομηχανίες κονσερβών. Ο χυμός έχει 3-6% στερεά συστατικά μέσα στους χώρους σε μία ζελατινώδη ουσία βρίσκονται οι σπόροι, πολλοί ή λίγοι σε αριθμό, ανάλογα με την ποικιλία.



Σπόρος

Είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, χρώματος κίτρινο-καφέ χρυσαφένιο και η επιφάνειά του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις που του δίνουν μεταξώδη επιφάνεια (διαφορά από μελιτζάνα και πιπεριά). Το μέγεθος των σπόρων είναι μικρό, διαμέτρου 3-5 mm. Εσωτερικά ο σπόρος φέρει ένα κυρτό (σπειροειδές) έμβρυο, που περιβάλλεται από ένα μικρό ενδοσπέρμιο. Η επιφάνεια εξωτερικά έχει χρώμα γκριζοκίτρινο και καλύπτεται από χνουδι γκριζό ή αργυρούν. Ο σπόρος της τομάτας διατηρεί υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης τη βλαστικότητα του για τουλάχιστον 4 χρόνια μετά τη συγκομιδή του, εάν όμως αποθηκευτεί σε χαμηλή θερμοκρασία και με χαμηλή περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία, εύκολα διατηρεί τη

βλαστικότητα του πάνω από 10 χρόνια. Ένα γραμμάριο σπόρου έχει 450 περίπου σπέρματα.



1.3.3 Υβρίδια– Ποικιλίες της βιομηχανικής τομάτας που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά

Υπάρχει μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων τομάτας που ευδοκιμούν σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος και ο καρπός τους είναι κατάλληλος για νωπή κατανάλωση ή για βιομηχανική επεξεργασία ή και για τις δύο αυτές χρήσεις. Τα τελευταία χρόνια οι περισσότερο διαδεδομένες ποικιλίες (ή υβρίδια) τομάτας που καλλιεργούνται στην Ελλάδα για βιομηχανική χρήση είναι οι παρακάτω: RIO GRADE, HEINZ, PRENIUM, SONORA, RED BALL, TITAN, ZOOM κ.λπ. Διακρίνονται σε υπέρ-πρώιμες, πρώιμες και μεσο-πρώιμες ποικιλίες ή υβρίδια, ανάλογα με τον βιολογικό τους κύκλο (από την μεταφύτευση έως και την ωρίμανση).

Οι ποικιλίες αυτές είναι στην πλειοψηφία τους νάνες και μικρόκαρπες. Ο χρόνος μεταφύτευση ως την ωρίμανση του 50% περίπου των καρπών, είναι 90 έως 115 μέρες.

Τα επιθυμητά τεχνολογικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών τομάτας προορίζονται για βιομηχανική επεξεργασία είναι τα εξής:

- Μεγάλη περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά (5,5-7,0 Bricks),
- Οξύτητα 0,35-0,55%,

- Χαμηλό pH (4,2-4,4),
- Έντονο κόκκινο χρώμα,
- Μεγάλη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (τουλάχιστον 200mg/100gr),
- Επιπλέον, για κονσέρβα ολόκληρης τομάτας οι καρποί πρέπει να έχουν ωοειδές ή κυλινδρικό σχήμα, ομοιόμορφο μέγεθος και βάρος 60-80gr.
- Επίσης, πρέπει να ξεφλουδίζονται εύκολα τα τοματάκια.

Μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στην επιλογή της ποικιλίας. Πρέπει αυτή να γίνει με βάση βασικά και συγκρίσιμα κριτήρια όπως ανθεκτικότητα, παραγωγικότητα, ποιοτικά χαρακτηριστικά φυτού και καρπού, πρωιμότητα. Επίσης οι παραγωγοί θα πρέπει να εκμεταλλευτούν και τα οικονομικά κίνητρα που δίνουν οι βιομηχανίες για ποικιλίες που έχουν συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως υψηλό brix (πχ. HEINZ 9780, HEINZ 2005) και υψηλό χρώμα (πχ. HEINZ 9997, HEINZ 3702). Ως εκ τούτου θα πρέπει ο παραγωγός να προγραμματίσει την έγκαιρη προμήθεια των εν λόγω ποικιλιών για την αποφυγή εκπλήξεων ως προς την διαθεσιμότητα και τον εκτροχιασμό του βασικού του προγράμματος. (Σάνδρος, Δ., 2007)

1.3.4 Χρήσεις

Ο καρπός της τομάτας εμφανίζει σχετική ευκολία στη σύνθλιψη και τη συμπύκνωση με αποτέλεσμα να έχουν αναπτυχθεί πολλές διεργασίες επεξεργασίας της, παρέχοντας στην κατανάλωση πληθώρα προϊόντων τομάτας. Οι ολόκληρες τομάτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν νωπές ή αποφλοιωμένες σε κονσέρβες, αφού υποστούν θερμική επεξεργασία. Με σύνθλιψη δίνουν χυμό, ο οποίος μπορεί να καταμυχθεί, να κονσερβοποιηθεί ή να επεξεργαστεί περαιτέρω δίνοντας συμπυκνωμένο πολτό, πάστα ή ακόμα και σκόνη τομάτας. Η τομάτα καταναλώνεται κυρίως με τη μορφή διάφορων προϊόντων επεξεργασίας της, όπως ο χυμός, η πάστα, η σάλτσα πίτσας και ζυμαρικών ή διάφορα προϊόντα κύβων τομάτας. Τα περισσότερα από τα προϊόντα αυτά παράγονται με συμπύκνωση διάφορων βαθμών και αποθηκεύονται στη συμπυκνωμένη τους μορφή μέχρι την κατανάλωση τους, οπότε και αραιώνονται έτσι ώστε να προκύψει το τελικό προϊόν με την επιθυμητή σύσταση.

Τα σημαντικότερα προϊόντα τομάτας είναι τα εξής:

- Φυσικός χυμός τομάτας
- Συμπυκνωμένος χυμός τομάτας
- Τοματοπολτός
- Αποφλοιωμένες τομάτες ολόκληρες ή σε μορφή τεμαχίων ή φετών, κονσερβοποιημένες
- Κέτσαπ
- Αφυδατωμένα τομάτα

Από τα προϊόντα αυτά το πλέον διαδεδομένο στην παγκόσμια αγορά είναι ο τοματοπολτός. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών ως τοματοπολτός ορίζεται το προϊόν το οποίο προέρχεται από την εν κενώ συμπύκνωση του σαρκώδους χυμού των νωπών καρπών τομάτας στον επιθυμητό βαθμό. (Denny C., 1997)

1.3.5 Οικονομική σημασία

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ελλάδα καταλαμβάνει μια καλή θέση όσον αφορά την ετήσια παραγωγή τομάτας (συνολικά επιτραπέζιας και βιομηχανικής). Με μέση ετήσια παραγωγή σταθερά γύρω στους δύο εκατομμύρια τόνους έρχεται τρίτη, αν και με σημαντική διαφορά μετά την Ιταλία και την Ισπανία. Η παραγωγή βιομηχανικής τομάτας στη χώρα μας, μετά μια ελαφρά αυξητική πορεία την περίοδο 1995-2000, παρουσιάζει στη συνέχεια πτωτική πορεία σε αντίθεση με άλλες χώρες στις οποίες παρατηρείται εντυπωσιακή αύξηση της παραγωγής. Παρόλα αυτά εξασφαλίζει μια από τις μεγαλύτερες ακαθάριστες προσόδους από όλα τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα, καλλιεργείται σε μια έκταση περίπου 130.000 στρέμματα (στοιχεία 2005) και δίνει μια στρεμματική απόδοση 6,5 τόνους προϊόντος. Οι εκτάσεις κατανέμονται κατά 25% στη Βόρεια Ελλάδα (Μακεδονία, Θράκη), κατά 60% στην Κεντρική Ελλάδα (Θεσσαλία, Βοιωτία) και 15% στην Πελοπόννησο. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας με μεταφύτευση έτοιμων σποροφύτων κερδίζει συνεχώς έδαφος (ποσοστό σήμερα 60% περίπου) έναντι της απευθείας σποράς (40%). Το ίδιο ισχύει και με τη μηχανική συγκομιδή (ποσοστό 70%) έναντι της συγκομιδής με το χέρι

(30%). Στη χώρα μας υπάρχουν 25 εργοστάσια επεξεργασίας τομάτας, εκ των οποίων τα 4 επεξεργάζονται το 60% της παραγωγής.

1.3.6 Οικολογικές απαιτήσεις

Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας είναι κατάλληλες για την παραγωγή άριστης ποιότητας βιομηχανικές τομάτας με υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Επίσης, η γεωγραφική θέση της Ελλάδας μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε ευρύ βλαστικό κύκλο της τομάτας και μεγάλη χρονική περίοδο της επεξεργασίας της.

Θερμοκρασία

Η τομάτα είναι φυτό που καλλιεργείται κατά τη θερμή περίοδο του έτους και απαιτεί χρονική περίοδο διάρκειας τουλάχιστο 3–4 μηνών, από τη σπορά μέχρι την έναρξη της συγκομιδής. Η θερμοκρασία είναι σημαντικός παράγοντας για το φύτρωμα των σπόρων, την ανάπτυξη των φυτών, τη γονιμοποίηση των ανθέων, την κανονική ωρίμανση των καρπών και γενικά τη φυσιολογική και παραγωγική εξέλιξη των φυτών της τομάτας.

Το φύτρωμα των σπόρων επιτυγχάνεται κανονικά στη θερμοκρασία εδάφους 18-24°C και καθυστερεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η καρπόδεση, στις περισσότερες ποικιλίες, γίνεται καλύτερα στους 16–22° C, ενώ δεν μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες άνω των 30–35° C και επίσης κάτω των 10–15° C λόγω σχηματισμού ατελούς άνθους ή γιατί η χαμηλή θερμοκρασία επιδρά δυσμενώς στη γονιμοποίηση. Εφόσον δε γίνει γονιμοποίηση, παρατηρείται πτώση του άνθους (ανθόρροια). Ανθόρροια επίσης συμβαίνει και όταν η υγρασία του αέρα και η ένταση του φωτός είναι μικρή. Η τομάτα παρουσιάζει “ποσοτική”, φωτοπεριοδική αντίδραση. Αυτό σημαίνει ότι ανθίζει σε οποιαδήποτε φωτοπερίοδο, αλλά όταν η φωτοπερίοδος είναι μικρή (κάτω από 12 ώρες) τότε ανθίζει νωρίτερα (πρωιμότερα). Το optimum της ανάπτυξης και καρπόδεσης της τομάτας συμβαίνει σε σχετικά μεγάλες εντάσεις φωτός (50.000 lux). (Atherton J., Rudich J., 1996)

Η ανάπτυξη του φυτού επιτυγχάνεται καλύτερα σε θερμοκρασίες 18-26° C. Η βλαστική ανάπτυξη είναι ταχύτερη όταν παρατηρείται διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα 4–5° C (θερμοπεριοδισμός). Η άριστη θερμοκρασία νύχτας ποικίλλει με την ηλικία του φυτού. Αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες 10-12°C και σε υψηλές μέχρι 38° C, με ανάλογη αναστολή της κανονικής ανάπτυξης του φυτού. Πολλά εξαρτώνται και από τον τύπο των ποικιλιών. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται ποικιλίες προσαρμοσμένες στις ξηροθερμικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν.

Έδαφος

Η τομάτα καλλιεργείται σε όλα σχεδόν τα εδάφη, που δεν είναι υγρά. Προτιμά εδάφη μέσης σύστασης, ελαφρά, βαθιά, γόνιμα, στραγγερά. Για μεγάλη απόδοση, εφόσον δεν ενδιαφέρει η πρωιμότητα, προτιμώνται τα πηλώδη, αργιλλοπηλώδη ή βαρύτερα εδάφη, τα οποία έχουν μεγάλη υδατοϊκανότητα και απορροφούν και συγκρατούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων όπως φωσφόρου και καλίου. Τα εδάφη αυτά μπορούν να λιπανθούν με ικανοποιητικές ποσότητες πριν από τη φύτευση και να εφοδιάζουν τα φυτά καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης τους.

Εδάφη με ελαφρά μόνο κλίση είναι επιθυμητά για την καλλιέργεια της τομάτας. Όταν χρησιμοποιούνται εδάφη με μέτρια και απότομη κλίση θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για τη διατήρηση του εδάφους και της υγρασίας. Το επίπεδο έδαφος μπορεί να μην έχει προβλήματα διάβρωσης αλλά μπορεί να έχει πρόβλημα στράγγισης και απόπλυσης. Εάν το υπέδαφος είναι διαπερατό και επιτρέπει άμεση στράγγιση δεν χρειάζεται να ληφθεί πρόνοια για υποστράγγιση. Σε όλες τις περιπτώσεις είναι επιθυμητή η μεγάλη περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, καθώς και σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία.

Καλύτερες αποδόσεις έχουν τα εδάφη που το pH είναι ελαφρά όξινο ή ουδέτερο. Το pH επιδρά επίσης στην πρόσληψη από τα φυτά των διάφορων θρεπτικών στοιχείων. Σε χαμηλό pH ελαττώνεται η αφομοιωσιμότητα του φωσφόρου και δημιουργούνται ασβεστίου, μαγνησίου και καλίου. Σε πολύ υψηλό pH σημειώνεται έλλειψη σιδήρου και μαγγανίου. Επίσης το pH επηρεάζει την συσσώρευση και δράση των

μικροοργανισμών του εδάφους και την ανάπτυξη των ασθενειών. (Atherton J., Rudich J., 1996)

Υγρασία

Η εξασφάλιση της κανονικής υγρασίας στα φυτά της τομάτας είναι σημαντικός παράγοντας και παίζει αποφασιστικό ρόλο στην απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. (Christou M., et al, 1999)

Το νερό είναι το βασικό στοιχείο όλων των οργάνων του φυτού και των καρπών του. Ανάλογα με τη φυσική σύσταση του εδάφους του αγρού, γίνονται 4-5 ποτίσματα με επιφανειακή ροή σε αυλάκια, με στάγδην άρδευση ή με τεχνητή βροχή, αλλά μόνο τις πρωινές ώρες και με ποσότητα νερού 35-40m³ στο στρέμμα.

Συνίσταται βαθύ πότισμα σε πολλές ημέρες και όχι ελαφρύ πότισμα σε λιγότερες ημέρες, γιατί δεν επιθυμούμε να έχουμε μικρό ορίζοντα υγρασίας και φυτά επιπολαιόριζα.

1.3.7 Λίπανση της βιομηχανικής τομάτας

Η λίπανση της τομάτας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες καλλιεργητικές φροντίδες από μέρους των παραγωγών για την ανάπτυξη των φυτών, την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση των αποδόσεων τους, καθώς και για την διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Το πρόβλημα της λίπανσης σήμερα επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων των θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο έδαφος για την κάλυψη των αναγκών των φυτών, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος, την αειφορία του εδάφους και το εισόδημα του παραγωγού.

Η τομάτα είναι καλιόφιλο φυτό και καλλιέργεια μεγάλης παραγωγικότητας γι' αυτό έχει ανάγκη από θρεπτικά στοιχεία, σε ποσότητα ανάλογα με τον όγκο παραγωγής. Οι ποσότητες των λιπασμάτων, έχουν σχέση με τη γονιμότητα του χωραφιού και τις απαιτήσεις της ποικιλίας που θα καλλιεργηθεί. Η σπουδαιότερη αντίδραση της

τομάτας στη χορήγηση λιπασμάτων είναι η αύξηση της βλάστησης. Η επαρκής ποσότητα θρεπτικών στοιχείων μπορεί να αυξήσει την απόδοση, την ποιότητα των καρπών, το μέγεθος, επίσης βελτιώνει την ποιότητα μετασυλλεκτικά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Η σωστή χορήγηση λιπάσματος στη βιομηχανική τομάτα, θα πρέπει να βασίζεται στα αποτελέσματα της ανάλυσης του εδάφους και στη διάγνωση μέσω του φυλλώματος της. Στην βιομηχανική τομάτα που έχει ισοδύναμη απαίτηση στα τρία βασικά στοιχεία άζωτο (N), φώσφορο (P) και κάλιο (K). Πρακτικά συνίσταται η χορήγηση 20-24 μονάδων αζώτου, 20-24 μονάδες φωσφόρου, 20-24 μονάδες καλίου και 4 μονάδες μαγνήσιο. Το λίπασμα εφαρμόζεται κατά 50-60% σε βασική μορφή 20 ημέρες πριν την εγκατάσταση της φυτείας και το υπόλοιπο μέσα από το δίκτυο της άρδευσης. (Βαχαμίδης Π., Γιαννοπολίτης Κ., 2011)

Η λίπανση τις περισσότερες φορές γίνεται επιφανειακά ωστόσο δεν πραγματοποιείται η μέγιστη απόδοση. Η υδρολίπανση είναι μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος γιατί τα θρεπτικά στοιχεία εφαρμόζονται κοντά στο ριζικό σύστημα και συνεπώς ελαχιστοποιούνται οι απώλειες, εξοικονομείται λίπασμα και μεγιστοποιείται η απορρόφηση των στοιχείων στα φυτά. Αντίθετα, όταν το λίπασμα εφαρμόζεται μηχανικά, η συχνότητα και ο χρόνος εφαρμογής του περιορίζονται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της τομάτας. Με την στάγδην άρδευση τόσο η χρήση του νερού όσο και του λιπάσματος γίνεται πιο αποτελεσματική. Οι μεγαλύτερες αποδόσεις που παρατηρούνται στην υδρολίπανση οφείλονται στην καλύτερη διαθεσιμότητα της υγρασίας και των θρεπτικών στοιχείων σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης του φυτού. Η υψηλότερη απόδοση της καλλιέργειας οφείλεται στον υψηλότερο δείκτη φυλλικής επιφάνειας, την αύξηση του αριθμού των καρπών ανά φυτό και την υψηλότερη αποτελεσματικότητα της χρήσης λιπασμάτων. Στην εφαρμογή υδρολίπανσης εφαρμόζονται οι απαιτούμενες ποσότητες αζώτου και καλίου μέσω του συστήματος άρδευσης, ενώ ο φώσφορος είναι δύσκολο να εφαρμοστεί με υδρολίπανση εξαιτίας της ιδιότητας του να αντιδρά με το ασβέστιο και το μαγνήσιο που συνήθως υπάρχουν στο νερό άρδευσης. (Hebber S., Ramachandrappa K. et al. 2004)

Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκε με στόχο να προσδιοριστεί η επίδραση που έχει ο χρόνος εφαρμογής των μακροστοιχείων (N-P-K) στην απόδοση, την συγκέντρωση

των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών τομάτας, προέκυψε ότι η πρωιμότητα της παραγωγής και η απόδοση μειώθηκαν σημαντικά όταν η λίπανση πραγματοποιήθηκε 4-6 εβδομάδες μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Ο χρόνος εφαρμογής του λιπάσματος επηρέασε σημαντικά την παραγωγή μεγάλων και μεσαίων καρπών, η απόδοση των καρπών αυτών μειώθηκε όταν το ήμισυ του λιπάσματος N-P-K εφαρμόστηκε κατά την εγκατάσταση της φυτείας και το υπόλοιπο 4-6 εβδομάδες αργότερα. Τα φυτά που έλαβαν την μισή ποσότητα λιπάσματος κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας και την υπόλοιπη 2 εβδομάδες αργότερα έδωσαν μεγαλύτερη παραγωγή μεγάλων και μεσαίων καρπών. Σε γενικές γραμμές το μέγεθος των καρπών τείνει να μειώνεται όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα μεταξύ των λιπάνσεων. (Mortey D., Ntibashirwa S. 2012)

Για την καλύτερη αποτελεσματικότητα του λιπάσματος απαιτείται συνδυασμός εδαφολογικών αναλύσεων, ορθολογικής διαχείρισης της άρδευσης και εφαρμογής μιας ποσότητας αζωτούχου και καλιούχου λίπανσης μέσω του δικτύου άρδευσης.

Για την διαχείριση των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος έτσι ώστε να είναι διαθέσιμα για πρόσληψη από τα φυτά απαιτείται κατάλληλη διαχείριση της άρδευσης. Πειράματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση του φωσφόρου στους πράσινους και τους κόκκινους καρπούς αυξήθηκε εξαιτίας της άρδευσης. (Christou M., et al, 1999)

Οι παραγωγοί έχουν την τάση να αρδεύουν υπερβολικά τις καλλιέργειες με αποτέλεσμα πολλές φορές να παρατηρείται σημαντική απώλεια αζώτου στο περιβάλλον. Η αποτελεσματικότερη λίπανση συνδυάζεται με άρδευση συχνότητας 7 ημερών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. (Nwadukwe P., Chude V., 1995)

Κύρια στοιχεία

Άζωτο

Το άζωτο είναι πρωταρχικός παράγοντας της αύξησης της βλάστησης και της απόδοσης της τομάτας. Πιο συγκεκριμένα, το ύψος των φυτών, η φυλλική επιφάνεια, ο αριθμός των ανθέων (και καρπών), το βάρος των καρπών και η απόδοση είναι πολύ

ευαίσθητα στην επίδραση αζώτου. Έτσι το άζωτο χορηγείται από την αρχή της ανάπτυξης του φυλλώματος και μέχρι την ανθοφορία.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές μελέτες και έχει αποδειχθεί ότι η λίπανση διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στα διάφορα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών της τομάτας και κυρίως στη γεύση. Συγκεκριμένα, η αυξημένη χορήγηση αζώτου, αυξάνει τη συγκέντρωση των αμινοξέων, των φαινολικών ενώσεων και μειώνει τα σάκχαρα των καρπών. Τα επίπεδα των φαινολικών επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό εκτός από την αζωτούχο λίπανση και από την ηλικία των φύλλων, μάλιστα τα επίπεδα των φαινολικών είναι χαμηλότερα στα παλαιότερα φύλλα μέχρι και 35% σε σχέση με τα νεότερα. (Stout M., Brovont R., Duffey S., 1998). Ο ορθός συνδυασμός αζώτου και καλίου βελτιώνει τη γεύση των καρπών, ενώ η χρονική στιγμή και η ποσότητα της λίπανσης δεν επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (pH, φαινολικά κ.α) (Gupta R., Sengar S., 2000).

Μεγάλες αποδόσεις των καρπών επιτυγχάνονται με σχετικά μεσαίες δόσεις αζώτου. Αντίθετα, με τη χορήγηση μεγάλων δόσεων αζώτου, παρατείνεται η άνθιση και μειώνεται η καρπόδεση. Μικρές ποσότητες καλίου και μέση συγκέντρωση αζώτου προκαλεί το σχηματισμό μεγάλων καρπών, αλλά υποβαθμισμένης ποιότητας. Ειδικότερα, το ποσοστό των καρπών τομάτας που παρουσιάζει ανομοιόμορφη ωριμότητα, είναι υψηλό σε μέσα επίπεδα αζώτου και μειώνεται όταν η ανάπτυξη των φυτών είναι μικρή από έλλειψη αζώτου, ή όταν η παραγωγή είναι μειωμένη από υπερβολική χορήγηση αζώτου. (Atherton J., Rudich J., 1996).

Υπερβολική αζωτούχος λίπανση προκαλεί υπερβολική βλαστική ανάπτυξη, κάνει τα φυτά ευάλωτα σε εχθρούς και ασθένειες οψίμιση της καλλιέργειας και προκαλεί κλιμάκωση της ωρίμανσης των καρπών δημιουργώντας προβλήματα στην μηχανοσυλλογή. Αντίθετα, η έλλειψη αζώτου δημιουργεί στα ώριμα φύλλα κιτρινωπό χρώμα, με τάση απονέκρωσης, ενώ τα νεότερα παραμένουν πρασινωπά. Η σωστή αζωτούχος λίπανση αποκτά ιδιαίτερη σημασία στη βιομηχανική τομάτα γιατί επιζητείται σχεδόν ταυτόχρονη ωρίμανση των καρπών και σχηματισμός μικρόσωμων φυτών.

Η χρήση αμμωνιακού αζώτου μειώνει την περιεκτικότητα σε κάλιο στα νεαρά σπορόφυτα και την περιεκτικότητα των ώριμων φύλλων τομάτας σε Ca και Mg, πιθανότατα λόγω ανταγωνισμού, και αυξάνει το ποσοστό των καρπών που παρουσιάζουν συμπτώματα «ξηρής κορυφής»

Πολλές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με τον χρόνο και την επίδραση της τμηματικής χορήγησης αζώτου και καλίου στην απόδοση και την ποιότητα των καρπών της τομάτας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η τμηματική χορήγηση του λιπάσματος είναι πιο αποδοτική ποιοτικά και ποσοτικά απ' ότι μια μόνο εφαρμογή λίγο πριν την εγκατάσταση της φυτείας. (Mortey D., Ntibashirwa S., 2012). Ένας άλλος τρόπος για αύξηση της απόδοσης και αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της αζωτούχου λίπανσης με προσθήκη οργανικής ύλης στο έδαφος για την βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους πραγματοποιείται με την αμειψισπορά. (Seliga J., Shattuck V., 1995)

Το άζωτο είναι ένα θρεπτικό στοιχείο σημαντικό για την ανάπτυξη και την απόδοση της καλλιέργειας. Η αξιοποίηση του αζώτου που χορηγείται στην καλλιέργεια εξαρτάται όχι μόνο από την αρχική περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο αλλά και από την ανοργανοποίηση (το άζωτο που θα γίνει αφομοιώσιμο από την καλλιέργεια και βρίσκεται ήδη στον αγρό ως οργανική ύλη), την έκπλυση, την εξαέρωση καθώς και την απονιτροποίηση του αζώτου κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Έτσι είναι δύσκολο να υπάρχει η ιδανική διαθεσιμότητα αζώτου στο έδαφος, για τον λόγο αυτό η εδαφολογική ανάλυση κρίνεται αναγκαία. Μελέτες στην Βόρεια Φλόριντα έδειξαν ότι η έκπλυση του αζώτου στο περιβάλλον αυξάνεται με την χορήγηση μεγαλύτερης από την συνιστώμενη ποσότητα αζώτου, χωρίς όμως να αυξάνεται και η απόδοση της καλλιέργειας. (Hochmuth G. Hanlon E., 2011). Ως εκ τούτου η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης αζώτου είναι ουσιαστικής σημασίας για την διατήρηση της υψηλής παραγωγής της καλλιέργειας με παράλληλη ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στην ποιότητα του περιβάλλοντος.

Φώσφορος

Η αντίδραση της βιομηχανικής τομάτας στα χορηγούμενα λιπάσματα φωσφόρου εξαρτάται κυρίως από τα υπάρχοντα στο έδαφος σε διαθέσιμη μορφή ποσά φωσφόρου, την παρουσία οργανικής ουσίας και το pH του εδάφους. Η βλάστηση και η

καρποφορία εξαρτώνται άμεσα από τον επαρκή εφοδιασμό τους με φώσφορο. Η μειωμένη διαθεσιμότητα φωσφόρου μειώνει τον αριθμό ανθέων, καθυστερεί την άνθηση επηρεάζει την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Ειδικότερα, ο φώσφορος επιταχύνει την αύξηση του ριζικού συστήματος και την αύξηση μεγέθους των καρπών. Για τον λόγο αυτό μεγαλύτερη ανάγκη έχουν τα φυτά στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξης τους.

Αυξημένη δόση φωσφόρου συμβάλλει στην αύξηση του ποσοστού των καρπών τομάτας που παρουσιάζει ανομοιόμορφο χρωματισμό κατά την ωρίμανση (blotchy ripening), καθώς και στην υποβάθμιση της ποιότητας τους (αύξηση ποσοστού κενών χώρων στο εσωτερικό και μείωση οξύτητας) και ενδεχομένως να μειώσει και την απόδοση της καλλιέργειας. (Atherton J., Rudich J., 1996) Η υπερβολική λίπανση με φώσφορο δημιουργεί επίσης προβλήματα με την μείωση του pH του εδάφους (η ιδανική τιμή pH του εδάφους για την καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας κυμαίνεται στο 6,5), μειωμένη νιτροποίηση από τους μικροοργανισμούς και ακινητοποίηση του ασβεστίου στο έδαφος (Hochmuth G., Hanlon E., 2011)

Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και την περιεκτικότητα του σε φώσφορο, προσδιορίζονται οι ποσότητες των φωσφορικών λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στην καλλιέργεια. Για την πρόσληψη των φωσφορικών του εδάφους από τις καλλιέργειες παίζει ρόλο η περιεκτικότητα του εδάφους σε μαγνήσιο. Το μαγνήσιο δρα σαν φορέας του φωσφορικού μέσα στο φυτό. Η υπερβολική υγρασία, ο κακός αερισμός του εδάφους με χαμηλές θερμοκρασίες και η υπερβολική λίπανση σε άζωτο και κάλιο επηρεάζουν δυσμενώς την πρόσληψη φωσφόρου από το φυτό. (Αγγίδης Α., 1996)

Πλεονασματικός φώσφορος είναι δυνατό να διαταράξει την ισόρροπη θρέψη του φυτού προκαλώντας τροφοπενίες ψευδαργύρου, σιδήρου και χαλκού εξαιτίας της δημιουργίας δυσδιάλυτων ενώσεων των στοιχείων με τα φωσφορικά ανιόντα. Επίσης η λίπανση με φώσφορο σε όξινα εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο προκαλεί προβλήματα τοξικότητας στην τομάτα και μειωμένη πρόσληψη ασβεστίου μαγνησίου και αζώτου.

Σε περίπτωση τροφοπενίας η κάτω επιφάνεια των φυλλιδίων, ιδιαίτερα τα νεύρα, γίνονται μωβ και σε σοβαρότερες περιπτώσεις και η επάνω επιφάνεια αποκτά τον ίδιο χρωματισμό. Σε αυτήν την περίπτωση και εφόσον δεν οφείλεται σε χαμηλές θερμοκρασίες συνίσταται η χορήγηση 30-50ppm P₂O₅ σαν φωσφορικό οξύ, φωσφορικό μονοαμμώνιο ή μονοκάλιο. Με την τροφοπενία φωσφόρου οι ιστοί σκληραίνουν, τα στελέχη γίνονται ξυλώδη και οψιμίζει η ωρίμανση τους.

Κάλιο

Η τομάτα είναι καλιόφιλο φυτό, πράγμα που σημαίνει υψηλές απαιτήσεις σε κάλιο. Είναι γνωστό ότι μεγάλες αποδόσεις καρπών επιτυγχάνονται με σχετικά μεσαίες δόσεις καλίου. Η χορήγηση μέσων ποσοτήτων καλίου μπορεί να οδηγήσει σε μέγιστη παραγωγή, όμως οι καρποί είναι μέτριοι ποιοτικά (χρωματισμός- γεύση). Η προσθήκη μεγαλύτερων ποσοτήτων καλίου έχει σαν αποτέλεσμα την απορρόφηση από τα φυτά μεγάλων ποσοτήτων καλίου, με συνέπεια τη βελτίωση όλων των παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα των καρπών. Συγκεκριμένα, η αυξημένη χορήγηση καλίου αυξάνει την ολική οξύτητα του χυμού και τα σάκχαρα των καρπών, μειώνει το ποσοστό των καρπών με ανομοιόμορφο χρωματισμό και καλυτερεύει το σχήμα και τη συνεκτικότητα τους. Οι εφαρμογές του καλίου ξεκινούν με μικρές ποσότητες στην καρπόδεση οι οποίες αυξάνονται όσο ο καρπός προχωρά προς την ωρίμανση.

Σε αργιλώδη εδάφη ο εφοδιασμός των φυτών με κάλιο γίνεται συνήθως απρόσκοπτα, ενώ στα αμμώδη τα φυτά τομάτας παρουσιάζουν συχνά έλλειψη καλίου και αντιδρούν εντονότερα στην προσθήκη του. Πειράματα έδειξαν ότι σε αμμοπηλώδη εδάφη η λίπανση με κάλιο αύξησε το ύψος των φυτών έως και 65% σε σχέση με εδάφη με χαμηλότερη διαθεσιμότητα καλίου. (Atherton J., Rudich J., 1996). Το ύψος των φυτών και η παραγωγή μπορούν να αυξηθούν σημαντικά σε εδάφη με μικρή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Αντίθετα, δεν έχει παρατηρηθεί κάποια επίδραση στη φυλλική επιφάνεια, τον αριθμό και το μέγεθος των καρπών, σε εδάφη εφοδιασμένα με εναλλακτικό κάλιο και μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα.

Διάφορες μελέτες σε αμμώδη εδάφη έδειξαν ότι ποικιλίες που συγκομίζονται μηχανικά δεν αξιοποιούσαν αποτελεσματικά το κάλιο με συνέπεια να απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα καλιούχου λίπανσης για μέγιστη παραγωγή σε σχέση με

παλαιότερες ποικιλίες που η συγκομιδή πραγματοποιούνταν χειρονακτικά. (Atherton J., Rudich J., 1996)

Σε φυτά με έλλειψη καλίου παρατηρούνται καρποί υδαρείς ανομοιόμορφου χρωματισμού, υποβαθμισμένης ποιότητας (αυξάνεται το ποσοστό κενών χώρων στο εσωτερικό του καρπού) περιφερειακές χλωρώσεις και νεκρώσεις φύλλων αρχίζοντας από τα φύλλα της βάσης και καρούλιασμα των φύλλων προς τα επάνω. Σε φυτά με έντονα συμπτώματα το κάλιο συνήθως είναι 0,54% ενώ σε κανονικά φυτά περίπου 2,91%.

Υπόλοιπα στοιχεία

Ασβέστιο

Η έλλειψη του ασβεστίου γίνεται εμφανής στη μεριστωματική ζώνη των φύλλων και των ριζών. Ειδικότερα, το ριζικό σύστημα δεν αναπτύσσεται κανονικά και μειώνεται το ύψος των φυτών και ο αριθμός των σχηματιζόμενων φύλλων.

Η ανεπαρκής ποσότητα ασβεστίου μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση της ξηρής σήψης της κορυφής (Blossom-end rot, BER) που εμφανίζεται στους καρπούς τομάτας, μειώνοντας έτσι την ποιότητα τους. Είναι μια φυσιολογική ανωμαλία η οποία εκτός από την χαμηλή συγκέντρωση ασβεστίου στο περιβάλλον των ριζών των φυτών, προκαλείται και από τους παράγοντες εκείνους οι οποίοι εμποδίζουν την απορρόφηση του Ca ή την κατανομή του στους καρπούς. Η εμφάνιση της ξηρής σήψης της κορυφής γίνεται πιο έντονη όταν η αλατότητα του εδάφους είναι υψηλή και η σχετική υγρασία χαμηλή, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη διαπνοή των φυτών.

Μαγνήσιο

Ανεπαρκής εφοδιασμός του εδάφους με μαγνήσιο μπορεί να επιφέρει μείωση στην ανάπτυξη και παραγωγή της βιομηχανικής τομάτας. Η τροφοπενία του μαγνησίου είναι πολύ συχνή στην βιομηχανική τομάτα και επιδεινώνεται όταν στο έδαφος υπάρχουν πολύ υψηλά επίπεδα αζώτου και καλίου.

Σε περίπτωση τροφοπενίας μαγνησίου παρατηρείται περιφερειακή χλώρωση φύλλων που επεκτείνεται και μεταξύ των κύριων νεύρων, η χλώρωση αρχίζει από τα φύλλα της βάσης και προχωράει προς τα επάνω. Αντίθετα, η χορήγηση μαγνησίου βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (ομοιόμορφο χρωματισμό, καλό σχήμα κλπ.).

Με βάση το γεγονός ότι στη συγκεκριμένη καλλιέργεια προστίθενται αρκετά μεγάλες ποσότητες αζώτου και καλίου, καλό είναι να προστεθεί και μαγνήσιο έτσι ώστε να μπορέσουν να τροφοδοτηθούν επαρκώς τα φυτά. Το μαγνήσιο συνήθως προστίθεται όλο κατά τη βασική λίπανση ή εναλλακτικά περίπου η μισή ποσότητα με τη βασική και η υπόλοιπη ως θειικό μαγνήσιο, σταδιακά με την υδρολίπανση.

Βόριο και ψευδάργυρος

Τα ιχνοστοιχεία διαδραματίζουν επίσης πολύ σημαντικό ρόλο στην παραγωγή της βιομηχανικής τομάτας, μεταξύ των ιχνοστοιχείων το βόριο και ο ψευδάργυρος επηρεάζουν ποιοτικά και ποσοτικά την απόδοση της βιομηχανικής τομάτας.

Το βόριο επηρεάζει την ποιότητα των καρπών τομάτας και ιδιαίτερα το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα, τα διαλυτά συστατικά και την διάρκεια ζωής του καρπού.

Ο ψευδάργυρος παίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό της χλωροφύλλης, την κυτταρική διαίρεση, την μεριστωματική δραστηριότητα των ιστών και το σχηματισμό του κυτταρικού τοιχώματος. Η χορήγηση ψευδαργύρου βοηθά επίσης την αύξηση της πρόσληψης αζώτου και καλίου.

Έρευνες όπως αυτή του Salam και των συνεργατών του (2010) έδειξαν ότι με χορήγηση 0,25 Kg B και 0,6Kg Zn/στρέμμα αυξήθηκε το βάρος των καρπών τομάτας πιθανών λόγω της υψηλότερης φωτοσυνθετικής ικανότητας του φυτού, η οξύτητα η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για την κονσερβοποίηση των καρπών, το ασκορβικό οξύ και η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο. Επίσης με την ίδια ποσότητα λίπανσης βορίου και ψευδαργύρου παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ποσοστό εμπορεύσιμων καρπών. Ακόμη και 15 ημέρες μετά την συγκομιδή το ποσοστό των

εμπορεύσιμων καρπών έφτασε το 100%, πιθανότατα λόγω αντίστασης ενάντια στην μικροβιακή δραστηριότητα του βορίου και του ψευδαργύρου.

1.4 Λιπάσματα

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 διάθεσή 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 διαθεσιμότητά 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.

1.4.1 Άζωτο

1.4.1.1 Η φυσιολογία του αζώτου στο φυτό

Τα νιτρικά είναι η κύρια πηγή αζώτου που απορροφάται από τα φυτά επειδή το ιόν αμμωνίου μετατρέπεται γρήγορα σε νιτρικό στο έδαφος. Τα νιτρικά και τα αμμωνιακά είναι δύο διαφορετικές θρεπτικές μορφές αζώτου για το φυτό λόγω της διαφορετικής δράσης τους μέσα στο φυτό. Τα αμμωνιακά είναι τοξικά για το φυτό όταν απορροφώνται και πρέπει να ενσωματωθούν σε οργανικές ενώσεις για να σχηματίσουν αζωτούχες ενώσεις και να εμποδιστεί έτσι το αμμώνιο να καταστρέψει το φυτό. Η πρόσληψη του αμμωνίου είναι άριστη σε ουδέτερο pH. Μικρότερη πρόσληψη με αυξανόμενη οξύτητα έχει παρατηρηθεί λόγω του ανταγωνισμού μεταξύ πρωτονίων και ιόντων αμμωνίου στις θέσεις διασύνδεσης στις ρίζες. Καθώς η συγκέντρωση πρωτονίων αυξάνει ή το pH μειώνεται, ο ανταγωνισμός με το αμμώνιο γίνεται πιο έντονος. Ο μηχανισμός πρόσληψης των ιόντων αμμωνίου δεν είναι γνωστός.

Τα νιτρικά προσλαμβάνονται από τα φυτά τόσο με παθητική όσο και με ενεργή απορρόφηση σε μεγάλες ποσότητες. Νιτρικά απορροφώνται συνεχώς από τα φυτά όσο υπάρχουν στο έδαφος. Η πρόσληψη των νιτρικών παρεμποδίζεται από το αμμώνιο. Η πρόσληψη νιτρικών μειώνεται σε επίπεδα pH πάνω από 6 ή κάτω από 4,5. Μείωση της πρόσληψης νιτρικών σε υψηλά επίπεδα pH μπορεί να οφείλεται στις ανταγωνιστικές επιδράσεις των υδροξυλικών ιόντων. Η πρόσληψη των νιτρικών και του αμμωνίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, όπου αυξανόμενης της θερμοκρασίας αυξάνεται και η πρόσληψη.

Η περιεκτικότητα των φυτών σε άζωτο κυμαίνεται μεταξύ 1 και 6% του ξηρού βάρους των ιστών του φύλλου. Υψηλά επίπεδα αζώτου όμως μπορούν να προκαλέσουν ενεργοποίηση της αύξησης που μπορεί να δημιουργήσει ελλείψεις σε άλλα στοιχεία αν δεν τροφοδοτηθούν συμπληρωματικά, λόγω φαινομένου αραίωσης. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών στους μίσχους κυμαίνονται από 8.000-12.000 ppm κατά τη διάρκεια της αρχικής αύξησης σε 3.000-8.000 ppm κατά το μέσο της περιόδου. Νιτρικά συσσωρεύονται κυρίως στη βάση του κύριου βλαστού και στους μίσχους των νεαρών ώριμων φύλλων.

1.4.1.2 Ο ρόλος του αζώτου στη φωτοσύνθεση

Το άζωτο είναι ένα από τα κυριότερα στοιχεία που μπαίνουν στη φωτοσύνθεση της χλωροφύλλης. Η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών είναι συνδεδεμένη και με τη συμβιωτική δέσμευση του αζώτου, κατά την οποία το φυτό παρέχει στα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια τους αναγκαίους για τις ζωτικές λειτουργίες υδατάνθρακες. Η φωτοσύνθεση εξασφαλίζει το αναγκαίο επίπεδο υδατανθράκων στα βακτήρια και αυτά με τη σειρά τους εξασφαλίζουν το αναγκαίο άζωτο στο φυτό. Η παρεμπόδιση από οποιαδήποτε αιτία της φωτοσύνθεσης σημαίνει αυτόματα και μείωση της αζωτοδεσμευτικής δραστηριότητας των συμβατικών βακτηρίων.

1.4.1.3 Επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο άζωτο

Αμμωνιοποίηση

Βακτήρια, μύκητες και ακτινομύκητες συμμετέχουν στις μεταβολές της οργανικής αζωτούχου ουρίας σε αμμωνιακή. Σε αλκαλικά και ουδέτερα εδάφη κυριαρχούν τα βακτήρια, ενώ σε όξινα οι μύκητες. Η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζει αποφασιστικά τη μικροβιακή δραστηριότητα. Αυτή βέβαια καθορίζεται από τη θερμοκρασία του αέρα, όμως μπορεί να τροποποιηθεί με τις καλλιεργητικές επεμβάσεις (άρδευση, σκαλίσματα, ζιζανιοκτονία κ.λπ.). Η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας στους 24° C μειώνεται στα 2/3 και στους 15,5°C στο 1/3 της ταχύτητας που θα είχε στους 32°C. Η ένταση της ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας (μετατροπή του οργανικού αζώτου σε N-NH₄ αμμωνιοποίηση) αυξάνεται μαζί με τη θερμοκρασία σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Σε εδάφη με υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας και μεγάλη συνολική μικροβιακή δραστηριότητα, οι χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν την ανοργανοποίηση, γιατί μειώνουν τις απαιτήσεις των ετερότροφων μικροοργανισμών σε NH₄ και αυξάνουν τη διαλυτότητα του O₂.

Γενικά, ισχύει ότι η ένταση της ανοργανοποίησης αυξάνεται με την αύξηση της εδαφικής υγρασίας, μέχρι το επίπεδο της υδατοϊκανότητας του εδάφους, ενώ σε υψηλότερα επίπεδα μειώνεται. Η διαδικασία της αμμωνιοποίησης αρχίζει στο 10% της υγρασίας κορεσμού, μεγιστοποιείται στο 60% αυτής, ενώ σε συνθήκες κορεσμού μειώνεται περίπου στο μισό της μέγιστης. Τέλος, η ανοργανοποίηση του αζώτου είναι γρηγορότερη σε ένα έδαφος υγρό, όταν η ύγρανση ακολουθεί προηγούμενη ξήρανση, παρά όταν διατηρείται συνεχώς υγρό.

Νιτροποίηση

Ο σχηματισμός της αμμωνίας αποτελεί το τέλος της αμμωνιοποίησης, ενώ η οξείδωση της αποτελεί τη νιτροποίηση. Τα νιτροποιητικά βακτήρια παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον, γιατί είναι σε θέση να μετατρέπουν το αμμωνιακό άζωτο σε νιτρικό. Το άριστο εύρος της νιτροποίησης βρίσκεται μεταξύ 25 και 35°C, έτσι η νιτροποίηση πρακτικά σταματά τελείως σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 45°C, ενώ

στους 10°C ο ρυθμός νιτροποίησης είναι το 18-20% του μέγιστου. Αυτό σημαίνει ότι τα αμμωνιακά λιπάσματα που εφαρμόζονται στο τέλος του φθινοπώρου μπορούν να μείνουν ως έχουν, μη οξειδωμένα, χωρίς σημαντικές απώλειες από έκπλυση, μέχρι τα μέσα ή τα τέλη της άνοιξης, οπότε η θερμοκρασία αρχίζει να ανεβαίνει.

Οι εδαφικές συνθήκες που ευνοούν τη νιτροποίηση είναι καθορισμένες με μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτές που ευνοούν την αμμωνιοποίηση, επειδή τα είδη των μικροοργανισμών που συμμετέχουν στη νιτροποίηση είναι λιγότερα και οι απαιτήσεις τους ως προς τις συνθήκες ανάπτυξης μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό. Τα νιτροποιητικά βακτήρια είναι αυστηρά αυτότροφα και αυστηρά αερόβια. Η νιτροποίηση αγγίζει το μέγιστο στο 60% της υγρασίας κορεσμού, γίνεται ασήμαντη στο 80% και είναι ανύπαρκτη στο 90% αυτής, εξαιτίας του απολύτως απαραίτητου οξυγόνου. Οι μικροοργανισμοί της νιτροποίησης είναι ευαίσθητοι σε μυκητοκτόνα. Η προσθήκη μυκητοκτόνων στο έδαφος προκαλεί συσσώρευση αμμωνιακών αλάτων με πιθανό αποτέλεσμα τα φυτά να υποφέρουν από έλλειψη αζώτου. Στις περιπτώσεις αυτές συνίσταται η προσθήκη νιτρικών λιπασμάτων.

Απονιτροποίηση

Οι απώλειες του αζώτου μέσω της απονιτροποίησης² μπορεί να φτάσουν στο 25% του αζώτου που χορηγείται ως λίπασμα. Η απονιτροποίηση επηρεάζεται από την εδαφική υγρασία και θερμοκρασία. Ευνοϊκό pH για τους μικροοργανισμούς της απονιτροποίησης είναι το pH 6-8. Η απονιτροποίηση όμως δεν απουσιάζει και σε μεγάλο εύρος pH. Σε pH μικρότερο του 5, η απονιτροποίηση είναι αμελητέα, μεταξύ 5 και 6,5 κυριαρχεί το N₂O (άνω του 50% των απωλειών του αζώτου), ενώ σε υψηλότερες τιμές pH κυριαρχεί το N₂.

Το άριστο θερμοκρασιακό εύρος της απονιτροποίησης βρίσκεται μεταξύ 25 και 37°C. Κάτω από τους 10°C, η απονιτροποίηση είναι αργή, ενώ κάτω από τους 5°C η διαδικασία σταματά. Αυτό σημαίνει ότι το φαινόμενο εκδηλώνεται μόνο τους

² Απονιτροποίηση είναι η μικροβιακή αναγωγή του νιτρικού αζώτου σε αέριο άζωτο. Είναι ο μηχανισμός μέσω του οποίου, σε αερόβιες συνθήκες, τα απονιτροποιητικά βακτήρια προμηθεύονται το αναγκαίο για την αναπνευστική διαδικασία οξυγόνο.

καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα μετά από έντονη βροχόπτωση. Η απονιτροποίηση μπορεί να υφίσταται ακόμη και στους 65-70°C, εξαιτίας κάποιων θερμοφίλων βακτηρίων. Μεταξύ 10 και 35°C η ένταση της απονιτροποίησης αυξάνεται από 150% σε 350%, για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C. Υπολογίστηκε πως ένα έδαφος με υπερβολική υγρασία, που σε θερμοκρασία κάτω των 10°C χάνει μέσω της απονιτροποίησης 500γρ N/στρ/έτος, στους 25°C χάνει 2-3 kg N/στρ./ έτος.

Η υπερβολική υγρασία ευνοεί την απονιτροποίηση, μέσω της έλλειψης οξυγόνου που δημιουργεί. Όσο περισσότερη είναι η εδαφική υγρασία (κακή στράγγιση), τόσο ο αερισμός γίνεται ελλειμματικότερος. Έτσι, το γρήγορο λιώσιμο του χιονιού την άνοιξη μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες απονιτροποίησης. Η απονιτροποίηση έχει μέγιστη ένταση σε συνθήκες κορεσμού του εδάφους με νερό και πρακτικά δεν εκδηλώνεται σε υγρασία κάτω από το 80% της υγρασίας κορεσμού. Πρακτικά υπολογίζεται ότι για κάθε 25mm βροχής, που πέφτει στο διάστημα ενός μήνα μετά την ανοιξιάτικη εφαρμογή λιπασμάτων, χάνεται περίπου το 8% του χορηγηθέντος αζώτου. Η απονιτροποίηση αποτελεί σημαντική αιτία της αναποτελεσματικότητας των νιτρικών μορφών αζώτου στους ορυζώνες.

Εξαέρωση αμμωνίας

Οι απώλειες αζώτου με τη μορφή αέριας αμμωνίας μπορεί να φθάσουν και πάνω από το 50% του εφαρμοζόμενου αζώτου, ανάλογα με το έδαφος και τη μορφή του λιπάσματος. Η εξαέρωση της αμμωνίας θεωρείται μια σημαντική διεργασία απωλειών αζώτου από το έδαφος Η θειική αμμωνία και η νιτρική αμμωνία στα αλκαλικά εδάφη χάνουν σημαντικό ποσοστό αζώτου. Σε pH 8, η αμμωνία αντιπροσωπεύει το 10% του συνολικού αζώτου, ενώ σε pH 9,3 το 50%.

Η εξαέρωση της αμμωνίας είναι μεγαλύτερη όταν το λίπασμα δεν ενσωματώνεται και μπορεί να φτάσει στην περίπτωση της θειικής αμμωνίας το 50% της ποσότητας που εφαρμόστηκε, ενώ στην περίπτωση της ουρίας στο 25%. Η εξαέρωση αυξάνεται με τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα. Το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών λαμβάνει χώρα αμέσως μετά την εφαρμογή του λιπάσματος στο έδαφος και η εξαέρωση συμπληρώνεται μέσα σε λίγες μέρες.

Σε ευνοϊκές για τη βλάστηση συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας (βοηθώντας και το pH), η υδρόλυση της ουρίας ολοκληρώνεται σε 3-6 ημέρες από την ενσωμάτωση της στο έδαφος. Αν το έδαφος είναι βιολογικά ενεργό, πλούσιο σε οργανική ουσία και με υψηλή ΙΑΚ (CEC), η υδρόλυση περατώνεται γρηγορότερα, φτάνοντας και ξεπερνώντας από την πρώτη ημέρα το 50%. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, όταν εφαρμόζονται μεγάλες δόσεις ουρίας κοντά στο σπόρο, αυξάνεται ο κίνδυνος τοξικότητας αμμωνίας.

Άριστη θερμοκρασία για την υδρόλυση της ουρίας είναι οι 28°C. κάτω από τους 15°C. η δραστηριότητα της ουρεάσης μειώνεται και στους 0°C είναι πολύ ασθενής. Για κάθε 10°C αύξηση της θερμοκρασίας, στο εύρος που δεν εμποδίζεται η δραστηριότητα της ουρεάσης, η ταχύτητα της υδρόλυσης αυξάνεται 2-3 φορές. Σε θερμοκρασίες 22°C περίπου, υγρασία στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας και pH 5,7-7 η υδρόλυση της ουρίας μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε 14-15 ώρες. Η έλλειψη νερού οδηγεί στο σταμάτημα της υδρόλυσης, ενώ ο πλήρης κορεσμός τη μειώνει στο μισό. Για την ελαχιστοποίηση της είναι απαραίτητη η ορθή εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων στο έδαφος.

Έκπλυση αζώτου

Το νιτρικό άζωτο (NO₃) μπορεί εύκολα να εκπλυθεί στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους, ιδιαίτερα στα αμμώδη εδάφη, με το νερό της βροχής και της άρδευσης. Αυτό συμβαίνει γιατί το νιτρικό ιόν είναι αρνητικά φορτισμένο και τα ηλεκτροαρνητικά κολλοειδή του εδάφους δεν το συγκρατούν. Η έκπλυση των νιτρικών μπορεί να μειώσει σε πολύ σημαντικό βαθμό την αποτελεσματικότητα της αζωτολίπανσης και να μολύνει το υπεδάφειο νερό.

Η υιοθέτηση της κλασματικής (τμηματικής, σπαστής) λίπανσης, η προσεκτική επιλογή του χρόνου εφαρμογής των λιπασμάτων και της δόσης τους, αριθμούνται στα μέτρα προστασίας του N-NO₃ από την έκπλυση. Σημειώνεται ότι σε περιόδους έντονης εξατμισοδιαπνοής, μέρος του N-NO₃ από τα βαθύτερα στρώματα του

εδάφους μπορεί να επανέλθει μέσω τριχοειδών και να καταστεί εκμεταλλεύσιμο από τα φυτά ή να καταστεί μη εκμεταλλεύσιμο, ιδιαίτερα για τις βαθύρριζες ποικιλίες.

Το αμμωνιακό άζωτο προφυλάσσεται από την έκπλυση, γιατί συγκρατείται από τα κολλοειδή του εδάφους. Παρ' όλα αυτά σε αμμώδη εδάφη και σε εδάφη των οποίων η ΙΑΚ (CEC) διαμορφώνεται κυρίως από την ανόργανη ουσία, μπορεί να υπάρξουν σημαντικές απώλειες N-NO₄. Η δύναμη συγκράτησης του μορίου της ουρίας στα εδαφικά κολλοειδή είναι μικρή, εξαιτίας της ασθενούς πολικότητας που παρουσιάζει, γι' αυτό και μπορεί να εκπλυθεί, αν και σε μικρότερο βαθμό απ' ότι το N-NO₃, ιδιαίτερα στα αμμώδη εδάφη. Η έκπλυση της ουρίας είναι εντονότερη στα ανόργανα εδάφη, απ' ότι στα εδάφη που είναι πλούσια σε οργανική ουσία.

1.4.2 Φώσφορο

1.4.2.1 Η φυσιολογία του φωσφόρου στο φυτό

Μετά το άζωτο ο φώσφορος είναι το πιο σπουδαίο θρεπτικό στοιχείο για τη ζωή όλων των οργανισμών. Στα γεωργικά εδάφη ο φώσφορος απαντάται σε H₂PO₄ και HPO₄, η απορρόφηση του H₂PO₄ είναι πιο γρήγορη σε τιμή pH όπου το 95% του φωσφόρου βρίσκεται σε μορφή H₂PO₄ καθώς το pH αυξάνεται και η απορρόφηση μειώνεται.

Η ανοργανοποίηση του οργανικού φωσφόρου του εδάφους κάνει το φώσφορο προσιτό στο φυτό. Ο ζωικός οργανισμός προσλαμβάνει το φώσφορο του από το φυτό και το επιστρέφει ακολούθως στο έδαφος σε οργανική μορφή. Οι οργανισμοί του εδάφους θα ανοργανοποιήσουν τμήμα αυτού, ενώ άλλο τμήμα θα χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των αναγκών τους και επομένως θα το ακινητοποιήσουν.

1.4.2.2 Ο ρόλος του φωσφόρου στη φωτοσύνθεση

Ο φώσφορος είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών και βρίσκεται σε κάθε ζωντανό κύτταρο, συμμετέχει σε διάφορες βασικές λειτουργίες συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς ενέργειας, την μετατροπή των σακχάρων σε

άμυλο και τη φωτοσύνθεση. Είναι δομικό στοιχείο της μεμβράνης των χλωροπλαστών καθώς και του AMP, και του ADP, του ATP. Ο Tombesi με τους συνεργάτες του το 1969 έδειξαν ότι η έλλειψη φωσφόρου έχει σημαντικές επιδράσεις στο ATP και το NADPH ωστόσο δεν φαίνεται να έχει καμία επίδραση στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης στους ιστούς των φύλλων. Σε γενικές γραμμές, η ανεπάρκεια φωσφόρου επιβραδύνει τις διεργασίες των υδρογονάνθρακες ενώ η παραγωγή τους μέσω της φωτοσύνθεσης συνεχίζεται. Αυτό οδηγεί σε συσσώρευση υδρογονανθράκων και στην ανάπτυξη φύλλων με σκούρο πράσινο χρώμα. Σε μερικά φυτά όπως την τομάτα και το καλαμπόκι η ανεπάρκεια φωσφόρου δημιουργεί πορφυρό χρώμα.

1.4.2.3 Επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο φώσφορο

Κατά κανόνα οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στο εδαφοδιάλυμα αυξάνονται ανάλογα με την θερμοκρασία. Συνήθως η αύξηση της θερμοκρασίας έχει θετική επίδραση στην κινητικότητα του φωσφόρου στο έδαφος. Εξαίρεση αποτελούν κάποια ασβεστούχα εδάφη όπου η αύξηση της θερμοκρασίας από τους 7 στους 25° C μείωσε την απελευθέρωση φωσφόρου σε διάλυμα CaCl₂. Σε συνθήκες υγρής και ψυχρής άνοιξης, η αυξημένη απελευθέρωση φωσφόρου σε κάποια ασβεστούχα εδάφη και η μείωση της κινητικότητας του ψευδαργύρου, εξαιτίας της χαμηλής θερμοκρασίας, θεωρείται ως πιθανή εξήγηση της αυξημένης συχνότητας των τροφοπενιών ψευδαργύρου σε υβρίδια βαμβακιού. (Hera και Borlan, 1980)

Επίσης, η αύξηση της υγρασίας, αυξάνοντας τη βαθμίδωση της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων, προκαλεί την αύξηση της απελευθέρωσης και της διάχυσης τους, δηλαδή την αύξηση της ποσότητας που περνά από τη στερεά φάση του εδάφους στο εδαφοδιάλυμα. Η συγκέντρωση του όμως στο εδαφοδιάλυμα μειώνεται. Αντίθετα, η μείωση της εδαφικής υγρασίας, μειώνοντας τη βαθμίδωση της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων προκαλεί τη μείωση της διάχυσης τους, δηλαδή τη μείωση της ποσότητας που περνά από τη στερεά φάση του εδάφους στο εδαφοδιάλυμα.

Η επίδραση της υγρασίας και της θερμοκρασίας του εδάφους στη θρέψη των φυτών με φώσφορο, διαφοροποιείται ανάλογα με τη φάση ανάπτυξης στην οποία αυτά βρίσκονται. Όταν το ριζικό σύστημα του φυτού είναι ακόμη μικρό η συγκέντρωση του φωσφόρου στο έδαφος έχει πρωτεύουσα σημασία στη θρέψη τους. Σε αυτήν την περίπτωση οι χαμηλές θερμοκρασίες και η υγρασία στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας ενός εδάφους φτωχού σε διαθέσιμο φώσφορο επιδεινώνουν την κατάσταση. Αντίθετα, ο ζεστός καιρός και μια μέση υγρασιακή κατάσταση του εδάφους, που εξασφαλίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου στο εδαφοδιάλυμα, ευνοούν την πρόσληψη του από τα φυτά. Όταν τα φυτά μεγαλώσουν, ιδιαίτερα όταν διατρέχουν την περίοδο μέγιστης πρόσληψης φωσφόρου, θα επηρεαστούν αρνητικά περισσότερο από τη μειωμένη ποσότητα του φωσφόρου στο εδαφοδιάλυμα. Η λίπανση με φώσφορο ελαττώνει τα αρνητικά αποτελέσματα της ανεπαρκούς υγρασίας και των χαμηλών θερμοκρασιών στη θρέψη των φυτών. (Πιστόλης Λ., 2004)

Όσον αφορά τον φώσφορο, οι καλλιέργειες δεν προσλαμβάνουν περισσότερο από το 15-20% του φωσφόρου το υπόλοιπο δεσμεύεται από το έδαφος και μικρό μέρος του από τους μικροοργανισμούς. Η συγκέντρωση και το είδος των διάφορων φωσφορικών ιόντων στα διαλύματα συσχετίζεται άμεσα με το pH του μέσου. Σε όξινο μέσο ευνοείται ο σχηματισμός του H_2PO_4 ενώ σε μέσο πάνω από $pH=7$ το HPO_4 . Η παρουσία ενεργού σιδήρου και αργιλίου σε όξινα εδάφη και ασβεστίου και μαγνησίου σε αλκαλικά οδηγεί στο σχηματισμό αδιάλυτων φωσφορικών αλάτων. Το μέγιστο του αφομοιώσιμου φωσφόρου για τις περισσότερες καλλιέργειες βρίσκεται σε εδάφη pH 5.5-7.0. Οι μορφές των φωσφορικών αλάτων μπορούν να παρθούν με κλασματική εκχύλιση του εδάφους. Το έδαφος εκχυλίζεται διαδοχικά με 1M NH_4Cl , $NaOH$ και 0,5 N HCl . Το αλκαλι εκχυλίζει με φωσφορικά άλατα σιδήρου και αργιλίου, ενώ το οξύ του ασβεστίου.

Οικολογικά προβλήματα παράγει και η αυξημένη διακίνηση φωσφορικών ενώσεων στην λιθόσφαιρα, οι δε συνέπειες αυτής της διακίνησης διαπιστώνονται και στα εδάφη και στην υδρόσφαιρα. Εκτιμάται ότι $16 * 10^6$ τόνοι φωσφορικών εξήχθησαν κατά το 1980 για την παραγωγή φωσφορικών λιπασμάτων. Η σχετική ποσότητα του στοιχείου μεταφέρεται ετήσια από τα νερά των ηπείρων. Βέβαια το μεγαλύτερο μέρος

των PO₄ που συσσωρεύονται στα εδάφη τελικά τροποποιούν τις φυσικοχημικές ιδιότητες τους. (Χουλιάρης Ν., 2002)

1.4.3 Κάλιο

1.4.3.1 Φυσιολογία του καλίου στο φυτό

Το κάλιο είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για κάθε μορφή ζωής και στοιχείο κλειδί στη σύγχρονη γεωργία. Είναι γνωστό ως το στοιχείο ποιότητας, εξαιτίας των επιδράσεων του σε χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα, η γεύση και εν γένει στην ποιοτική βελτίωση των γεωργικών προϊόντων. Ο ρόλος του καλίου στο φυτό είναι έμμεσος, με την έννοια ότι δεν αποτελεί μέρος των φυτών, αντί αυτού λειτουργεί ως καταλύτης που ρυθμίζει ενζυμικές διεργασίες στο φυτό που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη τους. Το κάλιο είναι σημαντικό για την ικανότητα ενός φυτού να αντιστέκεται σε ακραία χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες, σε ξηρασία αφού ρυθμίζει την εξατμισοδιαπνοή.

Το έδαφος περιέχει σημαντική ποσότητα καλίου, αλλά μόνο 1% από το ολικό κάλιο είναι σε εναλλακτική μορφή και πολύ λιγότερο στο εδαφικό διάλυμα. Το περισσότερο κάλιο στο έδαφος βρίσκεται σε μη εναλλακτική μορφή και είναι συστατικό των πρωτογενών ορυκτών.

1.4.3.2 Ο ρόλος του καλίου στη φωτοσύνθεση

Στους χλωροπλάστες βρίσκεται μια μεγάλη ποσότητα από το ολικό κάλιο των φύλλων. Εξαιτίας του ρόλου του στο άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων, το κάλιο επιτρέπει ή απαγορεύει, κατά μια έκφραση, την τροφοδοσία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού με CO₂.

Ο ρόλος του καλίου στη φωτοσύνθεση είναι πολύπλοκος. Η ενεργοποίηση των ενζύμων από το κάλιο και η παραγωγή του ATP είναι ίσως πιο σημαντικά απ' ότι είναι ο ρόλος του καλίου στην στοματική δραστηριότητα. Το ATP που παράγεται από

το CO₂ και το νερό με την βοήθεια της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας για πολλές άλλες χημικές αντιδράσεις. Η ισορροπία στην παραγωγή ATP διατηρείται με ιόντα καλίου, τα οποία διεγείρουν την σύνθεση της Rubisco και μέσω αυτής αυξάνουν την ένταση της φωτοσύνθεσης. Όταν τα φυτά παρουσιάζουν έλλειψη καλίου μειώνεται ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης και το ποσοστό παραγωγής ATP ενώ αυξάνεται η αναπνοή και συμβάλει στην επιβράδυνση της αύξησης και της ανάπτυξης. Σε συνθήκες μειωμένης ηλιοφάνειας η αναγκαιότητα για καλιούχο λίπανση είναι εντονότερη.

1.4.3.3 Επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο κάλιο

Η πρόσληψη του καλίου είναι ταχύτερη σε ζεστά, υγρά εδάφη που αερίζονται καλά και έχουν pH από ελαφρώς όξινο έως ουδέτερο. Εκτιμάται ότι η μείωση της υγρασίας του εδάφους προκαλεί τη μείωση του διαθέσιμου καλίου. Προβλήματα όμως προκαλεί και η υπερβολική υγρασία του εδάφους αφού μπορεί να μειώσει τα επίπεδα οξυγόνου στο έδαφος με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού αναπνοής και κατά συνέπεια τη μειωμένη πρόσληψη καλίου. Ο Ching και ο Barber (1979) έδειξαν ότι στους 29°C η πρόσληψη καλίου, συγκρινόμενη με αυτή στους 15°C ήταν διπλάσια. Ταυτόχρονα, στους 29°C έναντι των 15°C, το ριζικό σύστημα αυξήθηκε γρηγορότερα (οκτώ φορές περισσότερο εντός έξι ημερών) και περισσότερο. Προέκυψε επίσης ότι η πρόσληψη ανά μονάδα χορηγηθέντος καλίου, ήταν έξι φορές μεγαλύτερη στους 29°C γεγονός που υπογραμμίζει τη μεγαλύτερη αναγκαιότητα της λίπανσης με κάλιο σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών.

Το κάλιο δεν ακινητοποιείται στο βαθμό που ακινητοποιείται ο φώσφορος. Η αποτελεσματικότητα στην πρόσληψη του καλίου κυμαίνεται από 30-60%, πράγμα που σημαίνει ότι περισσότερο από το μισό των αναγκών των καλλιεργειών σε κάλιο ικανοποιείται από τα αποθέματα του εδάφους. Μεγάλες απώλειες καλίου με έκπλυση λαμβάνουν χώρα σε αμμώδη εδάφη και οργανικά με κύριο ορυκτό της αργίλου τον καολινίτη. Σε τέτοια εδάφη το κάλιο θα πρέπει να προστεθεί λίγο πριν τη σπορά ή τη φύτευση, ώστε να αποφευχθούν μεγάλες απώλειες κατά τις βροχερές εποχές, ενώ συνιστάται ακόμα και η κατά δόσεις προσθήκη του λιπάσματος. Η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους επηρεάζουν σημαντικά την ποσότητα του καλίου που τελικά θα

βρίσκεται στη διάθεση του ριζικού συστήματος των φυτών κατά την περίοδο ανάπτυξης, καθώς και πόσο γρήγορα αυτά θα μπορούν να προσλάβουν το κάλιο τότε που το χρειάζονται περισσότερο.

1.4.4 Λιπάσματα της Compro Hellas

1.4.4.1 Η χρήση των λιπασμάτων Duratec

Σύμφωνα με την Compro Hellas 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, αμπελουργίας 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 (post harvest fertilization), 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 Basacote Plus. 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.

Basacote Plus



Novatec



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



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.

1.4.4.2 Τεχνολογία Novatec σταθεροποιημένου αμμωνιακού λιπάσματος

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 1962 η νιτροαυρίνη [nitropyridin -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 Novatec είναι 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.

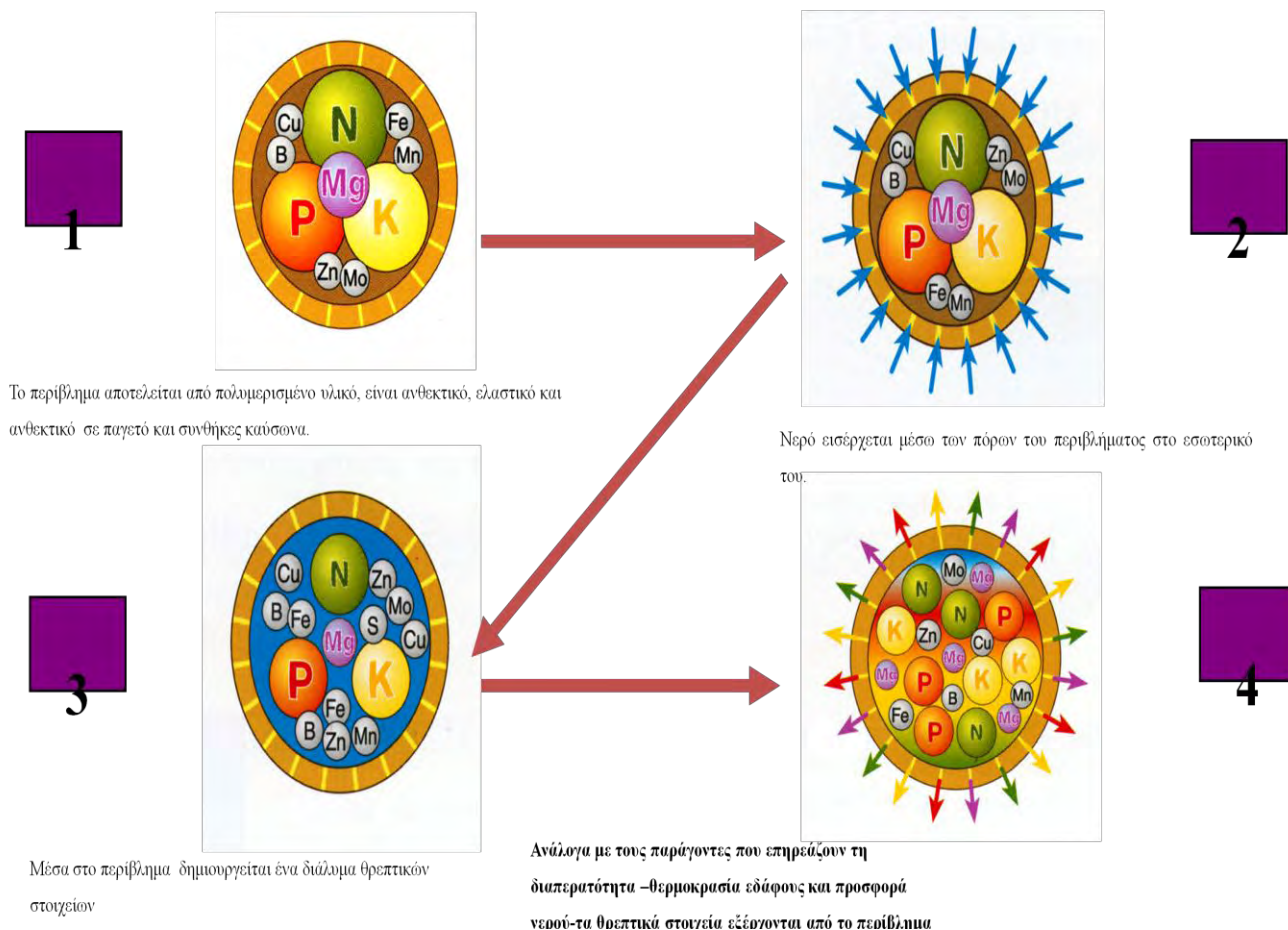
1.4.4.3 Τεχνολογία Basacote Plus περικαλυμμένων λιπασμάτων

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 Basacote Plus, 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 $+20^\circ \text{C}$ 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 2.4)

Σχήμα 2.4: Μηχανισμός δράσης ελεγχόμενης αποδέσμευσης των θρεπτικών στοιχείων από περικαλυμμένο λίπασμα.



1.4.4.4 Κύρια οφέλη της χρήσης των λιπασμάτων 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.
- Ιδανικά 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.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν να διερευνηθεί η επίδραση τύπων λιπασμάτων στην καλλιέργεια του καλαμποκιού, του βαμβακιού και της βιομηχανικής τομάτας στην Θεσσαλία.

Για τον λόγο αυτό, επιχειρήθηκε η αξιολόγηση των εξής τύπων 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), ζ) Duratec (21-5-9), η) 70% Duratec (21-5-9), θ) Duratec (24-5-5), ι) 70% Duratec (24-5-5).

Η έρευνα περιλάμβανε 8 μεταχειρίσεις λίπανσης για τα 3 φυτά, σε 4 επαναλήψεις η καθεμία μεταχείριση.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Στοιχεία πειράματος

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

Τα καλλιεργούμενα φυτά που επιλέχθηκαν ήταν τα τρία πιο σημαντικά από τα ετήσια εαρινά φυτά μεγάλης καλλιέργειας για την περιοχή αλλά και τη χώρα γενικότερα, το καλαμπόκι, το βαμβάκι και η βιομηχανική τομάτα.

Το σχέδιο του πειράματος ήταν πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο 8 μεταχειρίσεων λίπανσης για τα τρία φυτά, σε τέσσερις επαναλήψεις, όπως φαίνονται στο πειραματικό σχέδιο που ακολουθεί. Οι μεταχειρίσεις λίπανσης ήταν οι ακόλουθες:

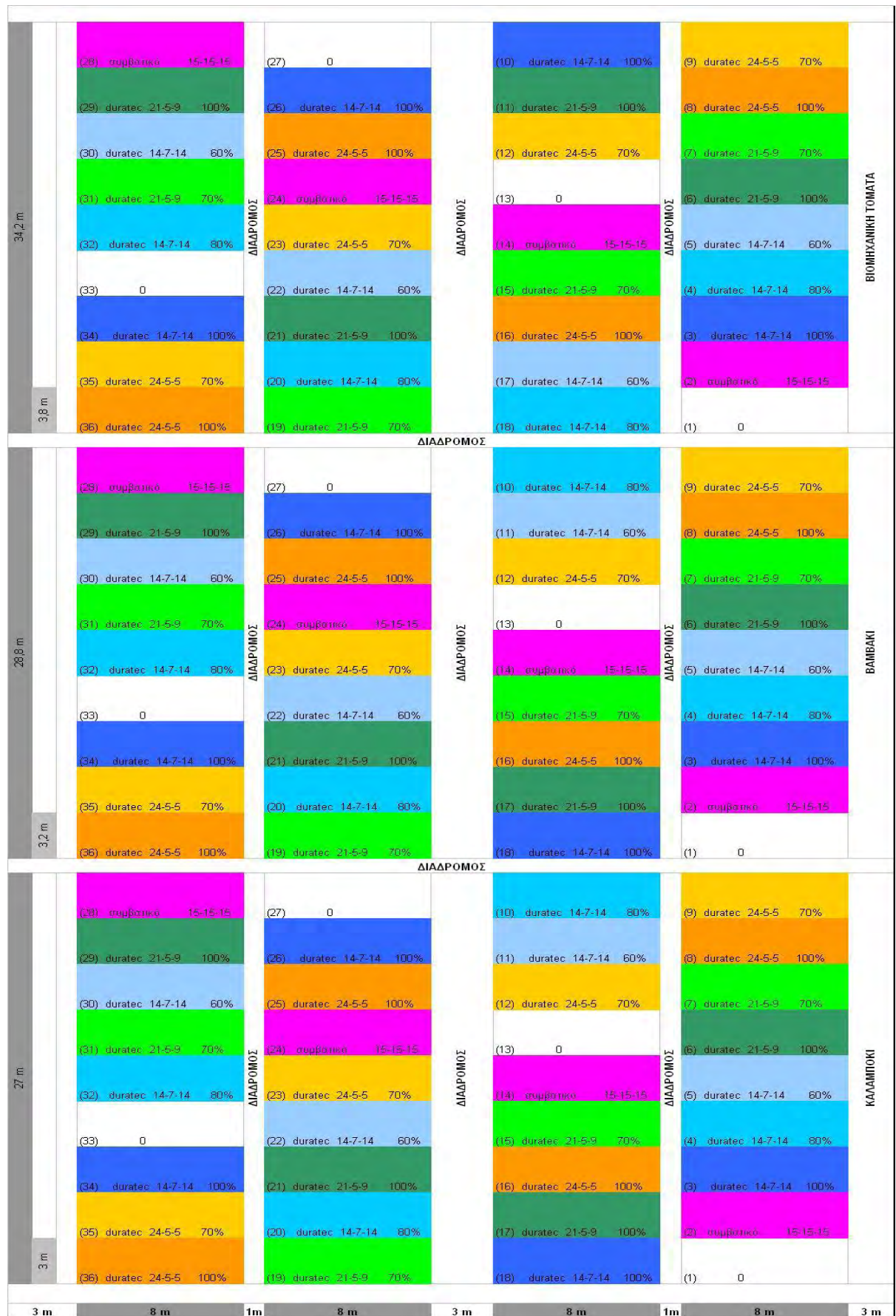
1. Μάρτυρας (μηδενική λίπανση)
2. Συμβατική λίπανση 15-15-15 (100% μονάδες N της παραδοσ. βασ.+ επιφανειακή)
3. Duratec 14-7-14 (100% μονάδες N της παραδοσ. βασ. + επιφανειακή)
4. Duratec 14-7-14 (80% μονάδες N της παραδοσ. βασ. + επιφανειακή)
5. Duratec 14-7-14 (60% μονάδες N της παραδοσ. βασ. + επιφανειακή)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

Οι ποικιλίες των φυτών που καλλιεργήθηκαν ήταν οι παρακάτω:

Βιομηχανική τομάτα: σπορόφυτα Heinz 3402, μέσης πρωιμότητας ποικιλία.

Βαμάκι: ST 373 της Pioneer Hi-Bred, μεσοπρώιμη ποικιλία με τεχνολογικά χαρακτηριστικά ίνας: α) απόδοση σε ίνα (%)37, β)micronaire 4, γ) μήκος ίνας (mm) 29 και δ) αντοχή ίνας (gr/tex) 30,5.

Καλαμπόκι: PR31Y43 της Pioneer Hi-Bred με FAO 760.



Σχήμα 3.1: Πειραματικό σχέδιο.

Κάθε πειραματικό τεμάχιο αποτελείται από 4 γραμμές και στα τρία φυτά. 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.

Στο καλαμπόκι οι διαστάσεις του κάθε τεμαχίου ήταν 3 m πλάτος επί 8 m μήκος (24 m²). Η απόσταση μεταξύ των γραμμών σποράς ήταν 0,75 m και η 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.

Στο βαμβάκι οι διαστάσεις του κάθε τεμαχίου ήταν 3,8 m πλάτος επί 8 m μήκος (30,4 m²). Η απόσταση μεταξύ των γραμμών σποράς ήταν 0,95 m και η απόσταση των φυτών επί της γραμμής ήταν 0,05 m, ώστε τελικά προέκυψε πληθυσμός περίπου 20 φυτών/m². Η εκτίμηση συνεπώς της απόδοσης προήλθε από τη συγκομιδή 7,6 m².

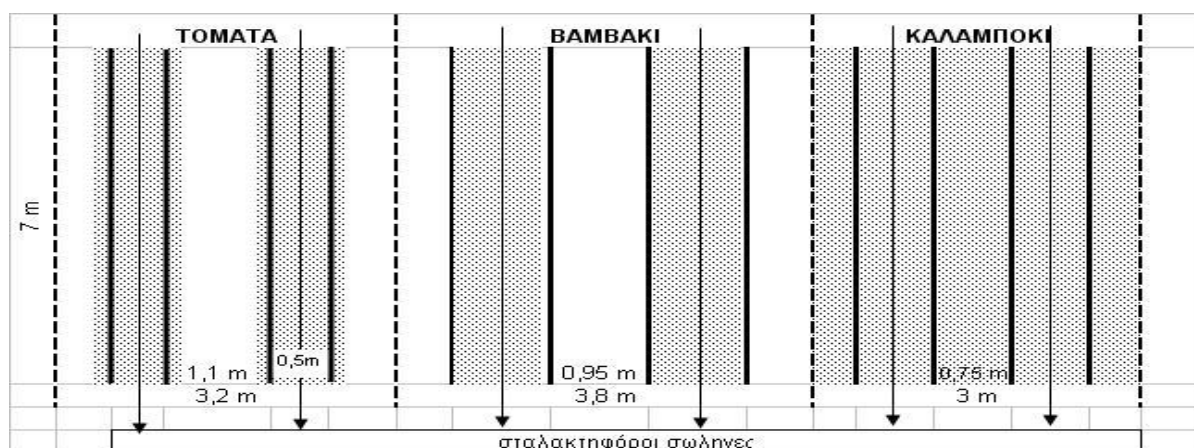
Στη βιομηχανική τομάτα οι διαστάσεις του κάθε τεμαχίου ήταν 3,2 m πλάτος επί 8 m μήκος (25,6 m²). Το καλλιεργητικό σύστημα που ακολουθείται στη βιομηχανική τομάτα είναι των δίδυμων γραμμών, όπου μεταξύ τους η απόσταση είναι 0,5 m και μεταξύ των ζευγών γραμμών 1,10 m. Η απόσταση των φυτών επί της γραμμής ήταν 0,33 m, ώστε τελικά προέκυψε πληθυσμός περίπου 3,75 φυτών/m². Η εκτίμηση συνεπώς της απόδοσης προήλθε από τη συγκομιδή 6,4 m².

3.2 Λιπαντικές μονάδες ανά καλλιέργεια και μεταχείριση

Η εφαρμογή της βασικής και της επιφανειακής λίπανσης έγινε στα σκιασμένα τμήματα των πειραματικών τεμαχίων ώστε να εξασφαλίζεται η διαβροχή τους κατά την άρδευση με σταλακτηφόρους σωλήνες και να καθίσταται δυνατή με αυτό τον τρόπο η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων (Σχήμα 3.2).

Οι λιπαντικές μονάδες που εφαρμόστηκαν τόσο με τη βασική όσο και με την επιφανειακή λίπανση παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.1, 3.2 και 3.3 που ακολουθούν.

Σχήμα 3.2: Εφαρμογή λίπανσης στα σκιασμένα τμήματα των πειραματικών τεμαχίων.



Πίνακας 3.1: Λιπαντικές μονάδες ανά μεταχείριση στο καλαμπόκι.

Τύπος λιπάσματος	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ					
	Βασική ή Kg/στρ	Επιφανειακή		Μονάδες		
		34,5-0-0 Kg/στρ	46-0-0 Kg/στρ	Βασική N-P-K Kg/στρ	Επιφανειακή N-P-K Kg/στρ	Σύνολο Kg/στρ
	Μάρτυρας	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

Πίνακας 3.2: Λιπαντικές μονάδες ανά μεταχείριση στο βαμβάκι.

Τύπος λιπάσματος	BAMBAKI					
	Βασική Kg/στρ.	Επιφανειακή		Μονάδες		Σύνολο Kg/στρ
		34,5-0-0 Kg/στρ	46-0-0 Kg/στρ	Βασική N-P-K Kg/στρ	Επιφανειακή N-P-K Kg/στρ	
	Μάρτυρας	0	0	0	0	0
Συμβατικό (15-15-15)	4	15	15	6-6-6	12,1-0-0	18,1-6-6
Duratec (14-7-14) 100%	43	15	15	6-3-6	12,1-0-0	18,1-3-6
Duratec (14-7-14) 80%	34	15	15	4,8-2,4-4,8	12,1-0-0	16,9-2,4-4,8
Duratec (14-7-14) 60%	26	15	15	3,6-1,8-3,6	12,1-0-0	15,7-1,8-3,6
Duratec (21-5-9) 100%	86	0	0	18,1-4,3-7,7	0	18,1-4,3-7,7
Duratec (21-5-9) 70%	60	0	0	12,7-3-5,4	0	12,7-3-5,4
Duratec (24-5-5) 100%	75	0	0	18-3,8-3,8	0	18-3,8-3,8
Duratec (24-5-5) 70%	53	0	0	12,7-2,6-2,6	0	12,7-2,6-2,6

Πίνακας 3.3: Λιπαντικές μονάδες ανά μεταχείριση στη βιομηχανική τομάτα.

Τύπος λιπάσματος	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΜΑΤΑ						
	Βασική Kg/στρ.	Επιφανειακή			Μονάδες		
		34,5-0-0 Kg/στρ	15,5-0-0 Kg/στρ	13-0-46 Kg/στρ	Βασική N-P-K Kg/στρ	Επιφανειακή N-P-K Kg/στρ	Σύνολο Kg/στρ
Μάρτυρας	0	0	0	0	0	0	0
Συμβατικό (15-15-15)	100	10	15	20	15-15-15	8,4-0-9,2	23,4-15-24,2
Duratec (14-7-14) 100%	107	10	15	20	15-7,5-15	8,4-0-9,2	23,4-7,5-24,2
Duratec (14-7-14) 80%	86	10	15	20	12-6-12	8,4-0-9,2	20,4-6-21,2
Duratec (14-7-14) 60%	64	10	15	20	9-4,5-9	8,4-0-9,2	17,4-4,5-18,2
Duratec (21-5-9) 100%	111	0	0	0	23,4-5,6-10	0	23,4-5,6-10
Duratec (21-5-9) 70%	78	0	0	0	16,4-3,9-7	0	16,4-3,9-7
Duratec (24-5-5) 100%	97	0	0	0	23,4-4,9-4,9	0	23,4-4,9-4,9
Duratec (24-5-5) 70%	68	0	0	0	16,4-3,4-3,4	0	16,4-3,4-3,4

3.3 Έδαφος πειραματικών αγρών

Η μηχανική ανάλυση του εδάφους έδειξε άμμο 16%, άργιλλο 50% και ιλύ 34% (χαρακτηρισμός Clay). Το pH=8 με ολικό CaCO₃=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 CaCO₃, πλούσιο σε οργανική ουσία, με χαμηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο και υψηλή σε κάλιο.

3.4 Καιρικές συνθήκες

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.

3.5 Καλλιεργητικές εργασίες

Εφαρμόστηκε η συνήθης καλλιεργητική τεχνική για την καλλιέργεια των τριών φυτών στη Θεσσαλία. Για την προετοιμασία των δύο αγρών έγιναν όλες οι ενδεδειγμένες καλλιεργητικές φροντίδες (φθινοπωρινό όργωμα, καλλιεργητής μέσου τύπου τον Ιανουάριο, δισκοσβάρνισμα και καλλιεργητής ελαφρού τύπου – προετοιμασίας, το τρίτο δεκαήμερο του Μαρτίου).

Η σπορά του καλαμποκιού έγινε στη 1/4/2011. Χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή ακριβείας (Gaspardo 520). Έγινε μεταφυτρωτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, καθώς επίσης και καταπολέμηση των ζιζανίων χειρονακτικά.

Η φύτευση της βιομηχανικής τομάτας έγινε στις 3/5/2011 χειρονακτικά. Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε χειρονακτικά κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού, όταν κρινόταν απαραίτητο.

Η σπορά του βαμβακιού έγινε στις 3/5/2011. Χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή ακριβείας (Gaspardo 520). Έγινε προφυτρωτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, καθώς επίσης και καταπολέμηση των ζιζανίων χειρονακτικά.

Μια ή δύο ημέρες πριν τη σπορά ή φύτευση γινόταν εφαρμογή της βασικής λίπανσης στα πεταχτά και ενσωμάτωση των λιπασμάτων με περιστροφικό καλλιεργητή ελαφρού (τύπου φρέζας).

Η άρδευση έγινε στην αρχή με αυτοκινούμενο αρδευτή και στη συνέχεια όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν, με σταλακτηφόρους σωλήνες. Η ποσότητα αρδευτικού νερού που δόθηκε ήταν 70 mm νερού για το φύτευμα και την πρώτη ανάπτυξη των φυτών και στη συνέχεια περίπου 360 mm νερού στην τομάτα, 420 mm στο καλαμπόκι και 260 mm στο βαμβάκι.

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

3.6 Μετρήσεις – Προσδιορισμοί Αύξησης και Ανάπτυξης φυτών

3.6.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά – Ξηρά βάρη

Έγιναν δειγματοληψίες φυτών για ανάλυση της αύξησης και ανάπτυξής τους κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου. 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 από κάθε τεμάχιο 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 φύλλων των τεσσάρων φυτών με τη συσκευή Portable Area Meter LI3000A (LI-COR). Η αναγωγή της φυλλικής επιφάνειας στο 1m² γινόταν μέσω του καταγεγραμμένου βάρους των φύλλων των τεσσάρων φυτών και της συνολικής ποσότητας του δείγματος.

3.6.2 Απόδοση

Για τον υπολογισμό της απόδοσης γινόταν συγκομιδή με το χέρι στις προεπιλεγμένες γραμμές απόδοσης του κάθε τεμαχίου, για το κάθε φυτό.

Η συγκομιδή της τομάτας έγινε στις 18 Αύγουστου, η συγκομιδή του καλαμποκιού στις 28 Σεπτεμβρίου και του βαμβακιού στις 20 Οκτωβρίου, χειρονακτικά. Η δεύτερη συγκομιδή του βαμβακιού, πραγματοποιήθηκε στις 4 Νοεμβρίου.

3.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Έχει γίνει εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών της τομάτας όπως pH, NaOH, SSC (Brix) και σκληρότητα σάρκας στο Εργαστήριο Δενδροκομίας του Τμήματος Γεωπονίας ΦΠ&ΑΠ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Δεν κρίθηκε αναγκαίο να γίνει εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της ίνας του βαμβακιού, διότι αυτά καθορίζονται ισχυρά από γενετικούς παράγοντες και από προηγούμενη εμπειρία δεν θα παρουσίαζαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων που εξετάζονται. Ομοίως και για τον αραβόσιτο.

3.8 Αναλύσεις εδαφικών δειγμάτων – φυτικών ιστών

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 αφορά το αμμωνιακό και το νιτρικό N (kg/στρέμμα), το P κατά Olsen (kg/στρέμμα) και το K⁺ (kg/στρέμμα).

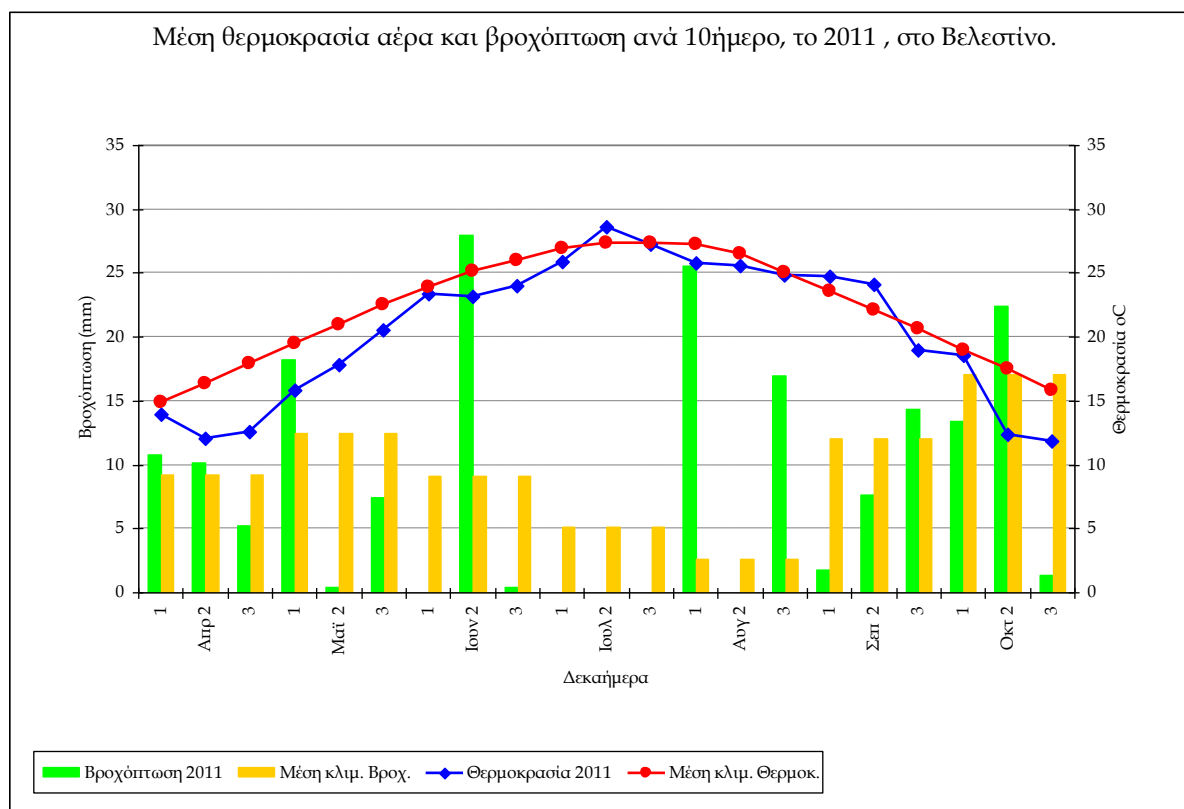
Σε φυτικούς ιστούς (φύλλα, στελέχη και καρπούς ξεχωριστά) έγινε προσδιορισμός του ολικού N (%), ώστε να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα χρήσης των λιπασμάτων.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Καιρικές συνθήκες

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

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 το καθυστερημένο φύτευμα του βαμβακιού και την υστέρηση στην πρώτη ανάπτυξη όλων των φυτών και στην εμφάνιση των επόμενων σταδίων.



Γενικά, πέραν των παραπάνω, οι συνθήκες που επικράτησαν δεν απέτρεψαν το ικανοποιητικό φύτρωμα του αραβόσιτου και του βαμβακιού και την επιτυχή εγκατάσταση της τομάτας, ώστε τελικά επιτεύχθηκαν οι επιθυμητοί πληθυσμοί φυτών για κάθε καλλιέργεια.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των μετρήσεων για κάθε καλλιέργεια.

4.2 Καλαμπόκι

Κατά την πρώτη δειγματοληψία δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς το ύψος των φυτών αλλά και στην παραγωγή βιομάζας.

Στη δεύτερη δειγματοληψία, που πραγματοποιήθηκε 22 ημέρες αργότερα, αν και δεν φαίνεται διαφορά στο ύψος των φυτών των λιπασμένων μεταχειρίσεων, παρουσιάζεται τουλάχιστον αριθμητική υπεροχή των μεταχειρίσεων του duratec (14-7-14 100%, 21-5-9 100% & 70% και 24-5-5 100% & 70%). Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα του δείκτη φυλλικής επιφάνειας.

Η μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης (16/7/2011) στα φύλλα του καλαμποκιού, 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 σημαίνει υψηλή φωτοσυνθετική ικανότητα και συνεπώς υψηλή παραγωγικότητα των φυτών.

Ως προς την απόδοση σε καρπό 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). Το 21-5-9 100% υπερέχει στατιστικώς σε επίπεδο σημαντικότητας 95% έναντι της παραδοσιακής λίπανσης, ενώ το 24-5-5 100% σε επίπεδο 90% ($E_{SD,1} = 179,4$).

Πίνακας 4.1: Ύψος φυτών, νωπό βάρος ανά στρέμμα, περιεχόμενη χλωροφύλλη, δείκτης φυλλικής επιφάνειας (ΔΦΕ) και απόδοση καρπού του αραβοσίτου.

ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ							
Μεταχείριση	1/7/2011		16/7/2011	23/7/2011			Απόδοση καρπού
	Ύψος	Ξηρό Βάρος	Χλωροφύλλη	Ύψος	Ξηρό Βάρος	ΔΦΕ	Kg/στρ.
	m	Kg/στρ.		m	Kg/στρ.		
Μάρτυρας	1,62	725	36,4	2,37	1318	3,5	756
Συμβατικό (15-15-15)	1,60	873	38,6	2,55	1710	4,3	1102
Duratec (14-7-14) 100%	1,68	827	42,3	2,58	2020	5,2	1239
Duratec (14-7-14) 80%	1,54	740	37,9	2,57	1604	4,5	1270
Duratec (14-7-14) 60%	1,65	716	37,8	2,52	1587	5,6	1201
Duratec (21-5-9) 100%	1,64	925	49,5	2,55	1699	4,5	1335
Duratec (21-5-9) 70%	1,66	922	47,1	2,50	1849	5,0	1111
Duratec (24-5-5) 100%	1,65	963	51,9	2,55	1821	5,2	1291
Duratec (24-5-5) 70%	1,69	884	48,5	2,50	1921	4,9	1073
ΕΣΔ ₀₅	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	216,4
CV (%)	8,88	18,68	14,07	3,45	16,29	26,79	12,86

4.3 Βαμβάκι

Το βαμβάκι ως λιγότερο απαιτητικό φυτό ως προς τη θρέψη του δεν εμφανίζει διαφορές μεταξύ των λιπασμένων μεταχειρίσεων στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών (Πίνακας 4.2). Υστέρηση εμφανίζει μόνο η μεταχείριση του μάρτυρα (μηδενική λίπανση) έναντι όλων των άλλων.

Πίνακας 4.2: Ύψος φυτών, αριθμός μεσογονάτιων διαστημάτων ανά φυτό και κόμβος εμφάνισης του πρώτου καρποφόρου οργάνου στο φυτό.

BAMBAKI							
Μεταχείριση	16/7/2011			6/8/2011		6/9/2011	
	Ύψος	Αριθμός μεσογονατίων	Κόμβος εμφάνισης 1 ^ο χτενιού	Ύψος	Αριθμός μεσογονατίων	Ύψος	Αριθμός μεσογονατίων
	cm			cm		cm	
Μάρτυρας	59	12	7	80	15	79	16
Συμβατικό (15-15-15)	67	13	8	94	17	100	18
Duratec (14-7-14) 100%	66	13	7	93	17	95	18
Duratec (14-7-14) 80%	63	13	8	96	17	100	18
Duratec (14-7-14) 60%	62	13	8	96	18	99	18
Duratec (21-5-9) 100%	66	13	7	103	18	100	19
Duratec (21-5-9) 70%	68	13	8	99	18	99	18
Duratec (24-5-5) 100%	70	13	7	98	17	100	18
Duratec (24-5-5) 70%	66	13	7	96	18	97	18
EΣΔ ₀₅	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	8,96	0,88	9,93	0,87
CV (%)	6,66	4,11	6,11	6,47	3,50	7,06	3,32

Η παραγωγικότητα των φυτών όπως προκύπτει από το νωπό βάρος κάθε τεμαχίου (Πίνακας 4.3), δείχνει ανάλογα αποτελέσματα με τα μορφολογικά. Φαίνεται δηλαδή σαφής υστέρηση του μάρτυρα έναντι όλων των άλλων. Επίσης οι μεταχειρίσεις του duratec μόνο με βασική λίπανση δείχνουν σε όλες τις δειγματοληψίες σταθερά υψηλή παραγωγικότητα. Η μείωση του νωπού βάρους των μεταχειρίσεων στην τελευταία δειγματοληψία οφείλεται στην πτώση των φύλλων και στην απώλεια νερού από τα φυτά λόγω γήρανσής τους (ολοκλήρωση βιολογικού κύκλου). Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη. Σημειώνεται ότι οι μεταχειρίσεις του duratec με εφαρμογή μόνο βασικής λίπανσης διατηρούν και κατά την περίοδο γεμίσματος και ωρίμανσης των

καρυδιών, πλούσια φυλλοστοιβάδα (άριστος ΔΦΕ στο βαμβάκι είναι 3 έως 3,5 αναλόγως έτους), και μάλιστα ιδιαίτερος ενεργή όπως φαίνεται από την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη.

Πίνακας 4.3: Ξηρό βάρος ανά στρέμμα, δείκτης φυλλικής επιφάνειας (ΔΦΕ) και περιεχόμενη χλωροφύλλη του βαμβακιού.

Μεταχείριση	Ξηρό Βάρος kg/στρέμμα				ΔΦΕ	Χλωροφύλλη	
	16/7/11	6/8/11	6/9/11	6/10/11	6/8/11	16/7/11	6/9/11
Μάρτυρας	172	493	988	663	2,1	30,8	19,4
Συμβατικό (15-15-15)	228	668	1240	807	2,8	31,4	39,4
Duratec (14-7-14) 100%	214	719	1190	1131	3,1	33,8	41,5
Duratec (14-7-14) 80%	222	771	1596	1177	3,1	35,4	36,5
Duratec (14-7-14) 60%	197	732	1262	988	3,1	36,4	35,4
Duratec (21-5-9) 100%	229	864	1351	1057	3,6	36,5	41,5
Duratec (21-5-9) 70%	261	805	1448	1081	3,4	36,2	38,1
Duratec (24-5-5) 100%	255	838	1558	1177	3,6	40,2	44,9
Duratec (24-5-5) 70%	239	876	1366	1107	3,7	40,2	40,3
ΕΣΔ₀₅	51,5	194,2	264,9	<i>ns</i>	0,80	<i>ns</i>	8,36
CV (%)	<i>15,74</i>	<i>17,70</i>	<i>13,61</i>	<i>22,85</i>	<i>17,42</i>	<i>15,12</i>	<i>15,28</i>

Τελικά ως προς την απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι (Πίνακας 4.4) δεν υπήρξαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων πλην του μάρτυρα που υστέρησε έναντι όλων. Φαίνεται ότι και η μειωμένη λίπανση κατά 30% με duratec με μία εφαρμογή (βασική) οδηγεί σε ίδιες αποδόσεις με τη συμβατική λίπανση και εφαρμογή δύο επιφανειακών λιπάνσεων. Ως προς το βάρος καρυδιού παρουσιάζεται υστέρηση του μάρτυρα έναντι των υπολοίπων λόγω ελλιπούς θρέψης. Η εκατοστιαία αναλογία σε

ίνα δεν παρουσιάζει διαφοροποίηση μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων, επειδή ως ποιοτικό χαρακτηριστικό ελέγχεται ισχυρά από γενετικούς παράγοντες.

Πίνακας 4.4: Απόδοση του βαμβακιού σε σύσπορο, μέσο βάρος καρυδιού, και απόδοση σε ίνα.

BAMBAKI			
	Απόδοση συσπόρου	Μέσο Βάρος καρυδιού	Απόδοση σε ίνα
Μεταχείριση	Kg/στρεμ.	g	%
Μάρτυρας	349	5,08	42,6
Συμβατικό (15-15-15)	451	5,45	41,7
Duratec (14-7-14) 100%	467	5,48	41,6
Duratec (14-7-14) 80%	456	5,85	41,8
Duratec (14-7-14) 60%	465	5,63	41,6
Duratec (21-5-9) 100%	450	5,60	42,0
Duratec (21-5-9) 70%	467	5,50	41,8
Duratec (24-5-5) 100%	454	5,60	41,8
Duratec (24-5-5) 70%	461	5,43	42,6
ΕΣΔ₀₅	55,9	<i>ns</i>	<i>ns</i>
CV (%)	8,57	5,17	2,22

4.4 Βιομηχανική Τομάτα

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της τομάτας δεν διαφοροποιήθηκαν μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων εκτός του αριθμού ανθοταξιών όπου ο μάρτυρας

υστέρησε έναντι των υπολοίπων. Η μέτρηση της χλωροφύλλης, πέραν του μάρτυρα που υστερούσε έναντι όλων, έδειξε τουλάχιστον αριθμητική υπεροχή του duratec 100% έναντι της συμβατικής λίπανσης.

Πίνακας 4.5: Ύψος φυτών, αριθμός διακλαδώσεων και ανθοταξιών ανά φυτό και περιεχόμενη χλωροφύλλη της τομάτας.

TOMATA				
Μεταχείριση	1/7/2011			16/7/2011
	Ύψος	Διακλαδώσεις ανά φυτό	Ανθοταξίες ανά φυτό	Χλωροφύλλη
	cm			
Μάρτυρας	52	4,1	12,4	33,8
Συμβατικό (15-15-15)	57	3,2	15,0	44,1
Duratec (14-7-14) 100%	52	3,1	13,6	48,0
Duratec (14-7-14) 80%	51	3,2	15,7	43,4
Duratec (14-7-14) 60%	56	3,6	18,0	45,4
Duratec (21-5-9) 100%	52	3,3	14,7	48,6
Duratec (21-5-9) 70%	51	3,8	15,3	40,0
Duratec (24-5-5) 100%	56	4,4	14,7	52,4
Duratec (24-5-5) 70%	53	3,3	13,3	46,0
ΕΣΔ₀₅	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>9,13</i>
CV (%)	<i>10,29</i>	<i>21,76</i>	<i>23,06</i>	<i>14,02</i>

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.6 φαίνεται ότι υπάρχει η δυνατότητα να χορηγηθεί μόνο βασική λίπανση duratec (21-5-9 και 24-5-5) στην τομάτα και μάλιστα μειωμένη κατά 30% χωρίς να υπάρχει μείωση στην τελική απόδοση σε νωπούς καρπούς έναντι της συμβατικής λίπανσης. Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και με λίπανση με duratec (14-7-14) στο 60% της παραδοσιακής όταν συνοδεύεται από επιφανειακή λίπανση. Αύξηση της χορηγούμενης ποσότητας duratec φαίνεται ότι οδηγεί και σε αύξηση της τελικής απόδοσης.

Πίνακας 4.6: Παραγωγή βιομάζας της τομάτα και απόδοση σε νωπό προϊόν (g/m²)

TOMATA				
	Ξηρό βάρος φυτών			Απόδοση σε νωπό καρπό
	Kg/στρέμμα			Kg/στρέμμα
Μεταχείριση	1/7/2011	23/7/2011	20/8/2011	20/8/2011
Μάρτυρας	261	445	575	5155
Συμβατικό (15-15-15)	366	537	719	8260
Duratec (14-7-14) 100%	353	512	791	8969
Duratec (14-7-14) 80%	300	512	785	9214
Duratec (14-7-14) 60%	383	476	687	8482
Duratec (21-5-9) 100%	361	402	751	9273
Duratec (21-5-9) 70%	327	565	710	8462
Duratec (24-5-5) 100%	321	480	714	8608
Duratec (24-5-5) 70%	327	549	685	8303
ΕΣΔ.05	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	2259
CV (%)	23,97	27,85	20,39	18,65

Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά που εκτιμήθηκαν δεν παρουσιάστηκαν διαφορές που θα μπορούσαν να αποδοθούν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις λίπανσης.

Πίνακας 4.7: Ποιοτικά χαρακτηριστικά συγκομισμένων καρπών τομάτας.

ΤΟΜΑΤΑ					
Μεταχείριση	Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών τομάτας				
	Brix	pH	NaOH	Σκληρότητα Σάρκας (κοτσάνι)	Σκληρότητα Σάρκας (κορυφή)
Μάρτυρας	5,35	4,0	1,18	2,83	1,10
Συμβατικό (15-15-15)	5,20	4,0	1,13	3,58	1,13
Duratec (14-7-14) 100%	5,28	3,9	1,33	2,98	1,08
Duratec (14-7-14) 80%	4,90	4,1	1,18	3,08	1,15
Duratec (14-7-14) 60%	5,00	4,1	1,15	2,93	1,03
Duratec (21-5-9) 100%	4,98	4,0	1,18	2,25	1,00
Duratec (21-5-9) 70%	4,83	4,1	1,20	2,80	1,23
Duratec (24-5-5) 100%	5,13	4,0	1,30	2,88	0,95
Duratec (24-5-5) 70%	5,13	4,1	1,20	2,78	0,80
ΕΣΔ₀₅	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,605</i>	<i>ns</i>
CV (%)	<i>7,32</i>	<i>3,25</i>	<i>10,67</i>	<i>14,32</i>	<i>25,58</i>

4.5 Αναλύσεις εδαφικών δειγμάτων

Πριν την εφαρμογή της βασικής λίπανσης των καλλιεργειών, 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 CaCO₃=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 CaCO₃, 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 στους Πίνακες 4.8, 4.9 και 4.10.

Πίνακας 4.8: Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων στο καλαμπόκι πριν την επιφανειακή λίπανση και μετά τη συγκομιδή.

ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ								
Μεταχειρίσεις	Πριν την επιφανειακή λίπανση				Μετά τη συγκομιδή			
	P Olsen mg/Kg	K+ mg/Kg	Νιτρικό N mg/kg	Αμμονιακό N mg/kg	P Olsen mg/Kg	K+ mg/Kg	Νιτρικό N mg/kg	Αμμονιακό N mg/kg
Μάρτυρας	13	289	12	7	3	186	3	5
Συμβατικό (15-15-15)	22	311	19	11	5	212	21	5
Duratec (14-7-14) 100%	18	314	24	12	5	174	11	5
Duratec (14-7-14) 80%	14	298	17	12	4	193	6	3
Duratec (14-7-14) 60%	15	298	18	12	4	191	9	4
Duratec (21-5-9) 100%	23	318	68	21	5	197	21	4
Duratec (21-5-9) 70%	17	330	38	14	3	193	6	4
Duratec (24-5-5) 100%	16	323	55	18	2	188	7	4

Πίνακας 4.9: Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων στο βαμβάκι πριν την επιφανειακή λίπανση και μετά την συγκομιδή.

BAMBAKI								
Μεταχειρίσεις	Πριν την επιφανειακή λίπανση				Μετά τη συγκομιδή			
	P Olsen mg/Kg	K+ mg/Kg	Νιτρικό N mg/kg	Αμμωνιακό N mg/kg	P Olsen mg/Kg	K+ mg/Kg	Νιτρικό N mg/kg	Αμμωνιακό N mg/kg
Μάρτυρας	12	289	56	43	5	217	8	6
Συμβατικό (15-15-15)	15	335	37	17	5	211	34	4
Duratec (14-7-14) 100%	23	293	30	20	5	194	23	4
Duratec (14-7-14) 80%	15	307	31	30	8	191	8	4
Duratec (14-7-14) 60%	12	307	25	23	6	187	24	4
Duratec (21-5-9) 100%	31	318	37	26	10	194	25	4
Duratec (21-5-9) 70%	12	305	32	17	6	187	15	4
Duratec (24-5-5) 100%	14	289	27	17	4	194	15	4

Πίνακας 4.10: Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων στην βιομηχανική τομάτα πριν την επιφανειακή λίπανση και μετά την συγκομιδή.

ΤΟΜΑΤΑ								
Μεταχειρίσεις	Πριν την επιφανειακή λίπανση				Μετά τη συγκομιδή			
	P Olsen mg/Kg	K+ mg/Kg	Νιτρικό N mg/kg	Αμμωνιακό N mg/kg	P Olsen mg/Kg	K+ mg/Kg	Νιτρικό N mg/kg	Αμμωνιακό N mg/kg
Μάρτυρας	6	255	13	14	6	195	3	4
Συμβατικό (15-15-15)	9	253	17	14	7	218	4	5
Duratec (14-7-14) 100%	7	269	12	24	7	225	8	4
Duratec (14-7-14) 80%	8	271	16	20	18	210	12	4
Duratec (14-7-14) 60%	8	258	11	15	6	251	11	4
Duratec (21-5-9) 100%	7	263	20	20	6	206	4	4
Duratec (21-5-9) 70%	7	258	23	29	6	210	3	4
Duratec (24-5-5) 100%	9	256	16	20	6	218	6	5

4.6 Αναλύσεις φυτικών ιστών

Οι αναλύσεις των φυτικών ιστών έδειξαν υστέρηση στην περιεκτικότητα στο N των επιμέρους φυτικών τμημάτων στις μεταχειρίσεις με λίγο N, στην τομάτα κυρίως.

Πίνακας 4.11: Εκατοστιαία αναλογία N στα διάφορα φυτικά μέρη του αραβοσίτου 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

Πίνακας 4.12: Εκατοστιαία αναλογία N στα διάφορα φυτικά μέρη του βαμβακιού και ολικό N της φυτείας σε kg/στρέμμα.

ΒΑΜΒΑΚΙ					
Μεταχειρίσεις	% Ολικό N				Ολικό N φυτείας kg/στρ
	Φύλλα	Στελέχη	Ύνα	Σπόρος	
Μάρτυρας	1,708	0,392	0,168	2,772	8,0
Συμβατικό (15-15-15)	2,044	0,428	0,168	2,832	11,1
Duratec (14-7-14) 100%	2,016	0,504	0,168	2,520	11,7
Duratec (14-7-14) 80%	2,156	0,392	0,168	2,240	10,4
Duratec (14-7-14) 60%	2,100	0,616	0,280	1,792	9,6
Duratec (21-5-9) 100%	2,044	0,560	0,168	2,100	10,1
Duratec (21-5-9) 70%	1,932	0,576	0,196	1,600	8,8
Duratec (24-5-5) 100%	2,184	0,756	0,140	1,596	10,8
Duratec (24-5-5) 70%	2,156	0,700	0,168	1,596	10,0

Πίνακας 4.13: Εκατοστιαία αναλογία N στα διάφορα φυτικά μέρη της τομάτας και ολικό N της φυτείας σε kg/στρέμμα.

ΤΟΜΑΤΑ				
Μεταχειρίσεις	% Ολικό N			Ολικό N φυτείας kg/στρ.
	Φύλλα	Στελέχη	Καρποί	
Μάρτυρας	1,064	0,868	1,736	8,3
Συμβατικό (15-15-15)	1,400	1,316	2,688	16,4
Duratec (14-7-14) 100%	1,232	1,260	2,772	19,0
Duratec (14-7-14) 80%	1,304	1,288	2,856	19,1
Duratec (14-7-14) 60%	1,232	1,204	2,912	17,0
Duratec (21-5-9) 100%	1,372	1,120	3,108	19,8
Duratec (21-5-9) 70%	1,176	1,176	2,912	17,3
Duratec (24-5-5) 100%	1,316	1,764	3,108	19,3
Duratec (24-5-5) 70%	1,064	1,120	2,884	16,3

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 4.14, η απορρόφηση N της φυτείας του αραβοσίτου 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%.

Στο βαμβάκι το υπολειμματικό άζωτο του αγρού δεν επέτρεψε στα λιπάσματα να δείξουν τα πλεονεκτήματά τους με αποτέλεσμα η αποδοτικότητά τους να κυμανθεί κατά μέσο όρο στο 14%.

Η βιομηχανική τομάτα έδειξε να αντιδρά θετικά στην προσθήκη αζώτου με την αποδοτικότητα χρήσης του να φτάνει στη συμβατική λίπανση στο 36% και στις μεταχειρίσεις του duratec κατά μέσο όρο στο 51% (Πίν. 4.16). Τόσο στον αραβόσιτο όσο και στη βιομηχανική τομάτα, οι μεταχειρίσεις του duratec έδειξαν 15% περίπου υψηλότερη αποδοτικότητα χρήσης N κατά μέσο όρο.

Πίνακας 4.14: Ποσότητα N-ουχου λίπανσης που εφαρμόστηκε, απορρόφηση N από την καλλιέργεια, απόδοση σε καρπό και αποδοτικότητα χρήσης N στον αραβόσιτο.

ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	N	N	Απόδοση σε καρπό	Αποδοτικότητα χρήσης N	
	εφαρμογή	απορρόφηση		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

Πίνακας 4.15: Ποσότητα N-ουχου λίπανσης που εφαρμόστηκε, απορρόφηση N από την καλλιέργεια, απόδοση σε καρπό και αποδοτικότητα χρήσης N στο βαμβάκι.

ΒΑΜΒΑΚΙ	N	N	Απόδοση συσπόρου	Αποδοτικότητα χρήσης N	
	εφαρμογή	απορρόφηση		kg/στρ.	%
Μεταχειρίσεις	kg/στρ.	kg/στρ.	kg/στρ.	kg/στρ.	%
Μάρτυρας	0	8,0	349	0,0	0
Συμβατικό (15-15-15)	18,1	11,1	451	3,1	17
Duratec (14-7-14) 100%	18,1	11,7	467	3,7	21
Duratec (14-7-14) 80%	16,9	10,4	456	2,4	14
Duratec (14-7-14) 60%	15,7	9,6	465	1,6	10
Duratec (21-5-9) 100%	18,1	10,1	450	2,1	12
Duratec (21-5-9) 70%	12,7	8,8	467	0,8	6
Duratec (24-5-5) 100%	18,0	10,8	454	2,8	16
Duratec (24-5-5) 70%	12,7	10,0	461	2,0	16

Πίνακας 4.16: Ποσότητα N-ουχου λίπανσης που εφαρμόστηκε, απορρόφηση N από την καλλιέργεια, απόδοση σε καρπό και αποδοτικότητα χρήσης N στην τομάτα.

ΤΟΜΑΤΑ	N εφαρμογή	N απορρόφηση	Απόδοση σε νωπό καρπό	Αποδοτικότητα χρήσης N	
				kg/στρ.	%
Μεταχειρίσεις	kg/στρ.	kg/στρ.	kg/στρ.	kg/στρ.	%
Μάρτυρας	0	8,3	5155	0,0	0
Συμβατικό (15-15-15)	23,4	16,4	8260	8,1	35
Duratec (14-7-14) 100%	23,4	19,0	8969	10,7	46
Duratec (14-7-14) 80%	20,4	19,1	9214	10,8	53
Duratec (14-7-14) 60%	17,4	17,0	8482	8,7	50
Duratec (21-5-9) 100%	23,4	19,8	9273	11,5	49
Duratec (21-5-9) 70%	16,4	17,3	8462	9,0	55
Duratec (24-5-5) 100%	23,4	19,3	8608	11,0	47
Duratec (24-5-5) 70%	16,4	16,3	8303	8,0	49

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο καλαμπόκι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τη χλωροφύλλη μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. 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).

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού με εξαίρεση το ύψος δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων υστέρηση εμφανίζει μόνο η μεταχείριση του μάρτυρα έναντι όλων των άλλων. Στατιστικώς σημαντική υστέρηση παρουσιάζεται στο ύψος των φυτών των τεμαχίων με μηδενική χορήγηση αζώτου, επίσης η μεταχείριση του Duratec 21-5-9 στο 100% παρουσίασε μικρή αριθμητική υπεροχή ως προς το ύψος και τον αριθμό μεσογονάτιων διαστημάτων έναντι των υπόλοιπων μεταχειρίσεων. Οι τελικές αποδόσεις σε σύσπορο βαμβάκι έδειξαν στατιστικώς σημαντική υστέρηση του μάρτυρα έναντι όλων των άλλων μεταχειρίσεων λόγω ελλιπούς θρέψης. Επίσης, η μειωμένη λίπανση κατά 30% με Duratec με μια εφαρμογή οδηγεί σε ίδιες αποδόσεις με την συμβατική λίπανση και εφαρμογή δύο επιφανειακών λιπάνσεων. Όσον αφορά το βάρος του καρυδιού ο μάρτυρας εμφανίζει αριθμητική υστέρηση η οποία όμως δεν είναι στατιστικώς σημαντική.

Στην βιομηχανική τομάτα δεν παρατηρούνται έντονες διαφορές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Από τις τελικές αποδόσεις της τομάτας φαίνεται ότι υπάρχει η δυνατότητα να χορηγηθεί μόνο βασική λίπανση Duratec (21-5-9 και 24-5-5) στην τομάτα και μάλιστα μειωμένη κατά 30% χωρίς να υπάρχει μείωση στην τελική απόδοση σε νωπούς καρπούς έναντι της συμβατικής λίπανσης. Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και με λίπανση με Duratec (14-7-14) 60% της παραδοσιακής όταν συνοδεύεται από επιφανειακή λίπανση. Αύξηση της χορηγούμενης ποσότητας Duratec φαίνεται ότι οδηγεί σε αύξηση της τελικής απόδοσης.

Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών βιομηχανικής τομάτας δεν παρατηρήθηκαν διαφορές γιατί ενδεχομένως ελέγχονται ισχυρά από γενετικούς παράγοντες.

Με βάση τις αναλύσεις φυτικών ιστών φαίνεται ότι το πιο απαιτητικό φυτό σε άζωτο είναι το καλαμπόκι, ακολουθεί η βιομηχανική τομάτα και τρίτο το βαμβάκι. Η αποδοτικότητα χρήσης του αζώτου με Duratec για το καλαμπόκι και την βιομηχανική τομάτα εμφανίζεται αυξημένη 15% κατά μέσο όρο. Όσον αφορά το βαμβάκι, οι μικρές απαιτήσεις σε αζωτούχο θρέψη και η υπολειμματική δράση από την προηγούμενη καλλιέργεια δεν επέτρεψε τα λιπάσματα να δείξουν στα πλεονεκτήματα τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αγγίδης Α., 1996. Τομάτα υπαίθρια – Επιτραπέζια – Βιομηχανική καλλιέργεια – Αξιοποίηση. Θεσσαλονίκη.
- Βαχαμίδης Π., Γιαννοπολίτης Κ., 2011. Λίπανση της βιομηχανικής τομάτας. Γεωργία – Κτηνοτροφία 3:50-54.
- Γαλιανού – Σεντούκα Σ., 2002. Βιομηχανικά Φυτά, Βαμβάκι και υπόλοιπα κλωστικά Ελαιοδοτικά – Ζαχαρότευτλο – Καπνός, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Δαλιάνη Κ., 1999. Ανοιξιάτικα Σιτηρά, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Δαναλάτος Ν., Αρχοντούλης Σ., Μπαρτζιάλης Δ., Σιάνου Α., Ζαϊτούδης Δ., 2009. Αζωτούχος λίπανση βαμβακιού με συμβατικά λιπάσματα και με παρεμποδιστή νιτροποίησης. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής Θεσσαλονίκη 8-10 Οκτωβρίου 2009.
- Θεριός Ι., 1996. Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα, Εκδόσεις Δεδούση, Θεσσαλονίκη.
- Καλλίνης Θ., Κόλλιας Α., Γκίκας Κ., Παπαδόπουλος Π., Βρεττά – Κουσκολέκα Ε., 1987. Μελέτη θρεπτικών ανωμαλιών βάμβακος στην περιοχή της Κωπαΐδας, Πρακτικά 2^{ου} Παν. Εδαφ. Συν.
- Καραμάνος Α., 1990. Γενική Γεωργία Μέρος Ι. Το Εναέριο Περιβάλλον, Αθήνα.
- Καραμάνος Α., 1992. Αραβόσιτος, Αθήνα.
- Καραμάνος Α., 1993. Αραβόσιτος, Βοτανική – Οικολογία – Καλλιέργεια, Αθήνα.
- Καραμάνος Α., 1999. Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων, Αραβόσιτος – Σόργο – Ρύζι-Κεχρί, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

- Κουκουλάκης Π., 1994. Ανόργανη θρέψη και λίπανση του καλαμποκιού – Μελέτη επίδρασης των μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών στη θρέψη και ανάπτυξη του αραβοσίτου. Γεωργική Τεχνολογία.
- Μουρκίδης Γ., 1982. Γεωργική Χημεία, Β' Θρέψη Φυτού και Λιπάσματα, Θεσσαλονίκη.
- Ολύμπιος Χ., 1994. Στοιχεία Ειδικής Λαχανοκομίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθηνών.
- Ολύμπιος Χ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας κηπευτικών στα θερμοκήπια.
- Παναγιωτόπουλος Λ., 1995. Θρέψη και λίπανση της τομάτας, Γεωργία -Κτηνοτροφία 9: 241-249.
- Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2008. Ειδική Γεωργία Ι (Τεύχος Α') ΣΙΤΗΡΑ (Χειμερινά, Εαρινά). Σύγχρονη Παιδεία. Θεσσαλονίκη.
- Πιστόλης Λ., 2004. Καιρός και θρέψη φυτών, Λάρισα.
- Σάνδρος, Δ., 2007. Η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας: Πρακτικές οδηγίες, Γεωργία – Κτηνοτροφία 2007/10.
- Σετάτου Ε., 1990. Επίδραση της εποχής εφαρμογής της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση και τα άλλα χαρακτηριστικά του βαμβακιού, Πρακτικά Παν. Συν. Γεωρ. Ερ., σελ 391-8.
- Σετάτου Ε., 1995. Θρέψη και λίπανση του βαμβακιού, Γεωργία και Κτηνοτροφία, 9:98-107.
- Σφήκας Γ., 1988. Ειδική Γεωργία, Βιομηχανικά Φυτά ΙΙ, Θεσσαλονίκη
- Τσαπικούνης Φ., 1997. Θρέψη – Λίπανση των φυτών, Λαχανικά – Βιομηχανικά Φυτά, Φυτά μεγάλης καλλιέργειας, Μέρος Δ', Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

- Χουλιάρας Ν., 2002. Μαθήματα Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Εκδόσεις Ίων.
- Χριστίδης Β., 1965. Το βαμβάκι. Θεσσαλονίκη.

Ξένη Βιβλιογραφία

- Abaye O., 2009. Potassium Fertilization of Cotton. Virginia Cooperative Extension. Publication 418-025.
- 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.
- Atherton J., Rudich J., 1996. The Tomato Crop. Chapman & Hall.
- Bachau P., 1981. Tomato and Other Products, Food and Agricultural Organization of the United Nations – Ministry of Agriculture, Addis Abebe.
- 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. Son Am. Proc. 25.
- Ching C., Barber A., 1979. Evaluation of temperature effects on potassium uptake by corn. Argon. J 1: 1040-1044.
- Christou M., Leoni S., Cornilion A., Gainza A., Dumas Y., Rodrigez A. and Dimirkou A., 1994. Influence of water and nitrogen availability on elements composition of processing tomato fruit in EU countries. Acta Horticulture 376:279-284.
- Christou M., Dumas Y., Dimirkou A., Vasiliou Z., 1999. Nutrient Uptake by Processing Tomato in Greece. Acta Harticulture 487: 219-223.

- Danalatos N., Galanopoulou S., Gertsis A., and Kosmidou K., 1998. Comparative review of the most important weather parameters and their impact on cotton yield under Greek conditions. Proceeding: Second World Cotton Research Conference. New Frontiers in Cotton Research, Athens 6-12 Sept. Vol 1 p.p. 379-383.
- Davis J. and Westfall D., 2009. Fertilizing Corn. Colorado State University Extension. Fact Sheet No. 0.538.
- Denny C., 1997. Tomato Products, National Food Processors Association, Washington.
- Finke C., Moller K., Schlink S., Gerowitt B. and Isselstein J. 1999. The environmental impact of maize cultivation in the European Union: Practical options for the environmental impact. Research Center for Agrivulture Environment in cooperation with the Department of Forage and Grass Research of the Institute for Agronomy and Plant Breeding.
- Gertsis, A., Galanopoulou - Sendouca S., Papathanasiou G., and Simeonakis A., 1997. Use of GOSSYM., - A Cotton Growth Simulation Model – To Manage a Low Input Cotton. Proceeding: First European Conference for Information Technology in Agricultural University Copenhagen, Denmark 15-18 June, 1997, p.p 359-362.
- Goose P., Brinsted R., 1964. Tomato Paste, Puree, Juice and Powder, 1st ed. Great Britain: Food Trade Press Ltd.
- Gould W., 1974. Tomato Production, Processing and Quality Evaluation.
- Gupta R., Sengar S., 2000. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) to nitrogen and potassium fertilization in acid soil of Bastar. Vegetable Science.
- Halevy J., 1976 Growth rate and nutrient uptake of two cotton cultivars grown under irrigation. Agron. Jour. 68: 701-705.

- Hebbler S., Ramachandrappa K., Nanjappa H., Prabhakar M., 2004. Studies on NPK drip fertigation in yield grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). European Journal of Agronomy.
- Hera C. and Borlan Z., 1980. Ghid pentru alcanurilor de fertilizare. Edit . Ceres, Bucuresti.
- Hochmuth G., Hanlon E., 2011. A summary of N, P and K Research with Tomato in Florida. University of Florida IFAS Extension.
- Hons F., McFarland M., Lemon R., et al., 2004. Managing Nitrogen Fertilization in cotton. Texas Cooperative Extension. The Texas A&M University System.
- Kohel R. and Lewis C., 1984. Cotton. American Society of Agronomy.
- Mikkelsen D., and Hoover M., 1952. Cotton Fertilization Trials fertilizer sources, rates, and application studied for effects on yields, fiber, and quality in San Joaquin areas. California Agriculture.
- Mortey D., Ntibasirwa S., 2012. Effect of Timing of Fertilizer Application on Yield Quality and Elemental leaf concentration of Transplated Fresh Market Tomato. International Journal of Applied Science and Technology.
- Nwadukwe P., Chude V., 1995. Response of tomato to nitrogen fertilization and irrigation frequencies in a semi-arid tropical soil. Fertilizer Research 40: 85-88.
- Oosterhuis M., 1990. Growth and development of a cotton plant. Cooperative Extension Service. University of Arkansas, USDA and Country Governments Cooperating.
- Rehm G., Schmitt M., 2002. Potassium for crop production. University of Minnesota Extension.
- Rosolem, A. and Mikkelsen D.. 1991. Potassium absorption and partitioning in cotton as affected by periods of potassium deficiency. J. Plant Nutr. 14:1001-1016.

- Salam M., Siddique M., Rahim M., Rahman M. and Saha M., 2010. Quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by boron and zinc under different levels of NPK fertilizer. *Bangladesh J. Agril Res.* 35(3): 475-488.
- Seliga J., Shattuck V, 1995. Crop rotation affects the yield and nitrogen fertilization response in processing tomatoes. *Scientia Horticulturae* 64:159-166.
- Shapiro C., Ferguson R., Herget G., and Wortmann C., 2008. Fertilizer Suggestions for Corn. Extension University of Nebraska – Lincoln.
- Singandhupe R., Rao G., Patil N., Brahmanand P., 2003. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill). *European Journal of Agronomy*.
- Smith S., Wells K. and Thomas G., 1983. Fertilization and Limiting for Corn. U.K Extension Publication AGR-105.
- Spencer D. and Possingham V. 1960. The effect of nutrient deficiencies on the Hill reaction of isolated chloroplasts from tomato. *Aust. J. Biol. Sci.*13: 441-455.
- Stewart M., 1998. Fertilize Cotton for Optimum Yield and Quality. News & Views, Great Plains Region.
- Stewart M. and Gordon B., 2008. Fertilizing for Irrigated Corn – Guide to Best Management Practices. International Plant Nutrition Institute.
- Stout M., Brovont R., Duffey S., 1998. Effect of nitrogen availability on expression of constitutive and inducible chemical defenses in tomato. *Journal of Chemical Ecology*.
- Terry N. and Ulrich A., 1972. Effects of Phosphorus Deficiency on the Photosynthesis and Respiration of Leaves of Sugar Beet, California.
- Tomblesi L., Callis T. and Tiarni B. 1969. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on the assimilation capacity of *Beta vulgaris* chloroplasts (I).

- University of California, 1984. Integrated Pest Management for Cotton in the Western Region of the United States. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3305.
- Warner J., Zhang T., Hao X., 2004. Effect of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. Canadian Journal of Plant Science.

Πηγές διαδικτύου

- http://www.life-t.gr/files/CornLife_gr.pdf
- <http://www.pasepelip.gr/pdf/threpsi%20aravositou.pdf>
- <http://www.aegeaskek.gr/eco-agro/pdf/enotita3.pdf>
- <http://www.agrool.gr/files/physiol.pdf>
- <http://www.compo-expert.com/gr/>
- [http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/\\$webindex/ECBABED567ABDCDD852568EF0063C9F4/\\$file/99-1p06.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/$webindex/ECBABED567ABDCDD852568EF0063C9F4/$file/99-1p06.pdf)
- [http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/\\$webindex/84CBB51751971AB3852568F000673A10/\\$file/98-3p04.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/$webindex/84CBB51751971AB3852568F000673A10/$file/98-3p04.pdf)
- <http://jimmcafee.tamu.edu/files/potassium%20a%20key%20nutrient%20for%20plant%20growth.pdf>
- <http://www.noble.org/ag/soils/roleofpotassium/index.html>
- <http://www.opekepe.gr/>