

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΝΩΠΗΣ ΦΥΤΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ: ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗΣ
ΓΙΑΝΝΑΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2014

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ (πρώην ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΝΩΠΗΣ ΦΥΤΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ: ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗΣ
ΓΙΑΝΝΑΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗ

Εισηγητής : Μουρουτογλου Χρ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2014

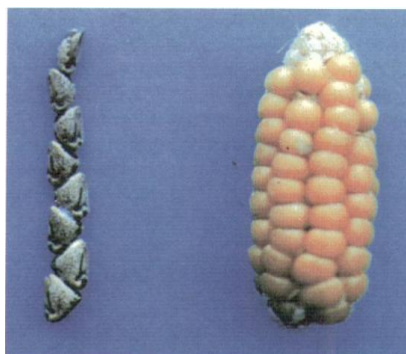
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 4 -
	1.1 Παραγωγή.....	- 5 -
	1.2 Διατροφική αξία	- 6 -
	1.3 Χρήσεις	- 7 -
	1.4 Μορφολογία και ανατομία νεαρού φυτού αραβόσιτου	- 8 -
	1.4.1 Ο σπόρος.....	- 8 -
	1.4.2 Το ριζικό σύστημα.....	- 10 -
	1.4.3 Το υπέργειο μέρος.....	- 14 -
	1.5 Η βλάστηση του σπόρου.	- 15 -
	1.5.1 Ορμονικός έλεγχος της ωρίμανσης και του φυτρώματος του σπόρου.	- 16 -
	1.6 Το άζωτο μέσα στο φυτό.	- 17 -
	1.6.1 Αφομοίωση των νιτρικών.	- 18 -
	1.6.2 Αφομοίωση των αμμωνιακών.	- 18 -
	1.6.3 Διακίνηση του αζώτου στο φυτικό σώμα.....	- 20 -
	1.6.4 Συμπτώματα έλλειψης αζώτου στα αρχικά στάδια βλάστησης στον αραβόσιτο.	- 21 -
2	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ.....	- 23 -
	2.1 Επιλογή του κατάλληλου υβριδίου	- 23 -
	2.2 Καλλιεργητική τεχνική	- 24 -
	2.2.1 Έδαφος.....	- 28 -
	2.2.2 Προετοιμασία εδάφους – σπορά	- 29 -
	2.3 Εχθροί – Ασθένειες	- 30 -
	2.4 Άρδευση.....	- 35 -
	2.5 Θρέψη – Λίπανση	- 36 -
3	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΥ	- 41 -
	3.1 Εισαγωγή.....	- 41 -
	3.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	- 41 -
	3.2.2 Κλιματολογικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής	- 41 -
	3.2.2 Εδαφικά χαρακτηριστικά.....	- 42 -
	3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ.....	- 43 -
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	- 45 -
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	- 61 -
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	- 64 -
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ / ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ.....	- 65 -

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος ή αραποσίτι (σίταρος ή σιταροπούλα στην Κύπρο) έχει την επιστημονική ονομασία *Zeamays*. Η ελληνική επιστημονική ονομασία του φυτού είναι Αραβόσιτος ο κοινός ή Ζέα η μαΐς. Είναι σιτηρό της οικογένειας των Ποσειδών (*Poaceae*) ή Αγρωστωδών (*Gramineae*) και κατάγεται από την Αμερικάνικη ήπειρο όπου ήδη πριν από 5.500 χρόνια το καλλιεργούσαν οι Ίνκας, οι Μάγια και οι Αζτέκοι. Η Ελληνική ονομασία του, «αραβόσιτος», σημαίνει «ο σίτος (σιτάρι) των Αράβων» και εισήχθη στην Ελλάδα το 1600 από τη Βόρεια Αφρική. Είναι είδος μόνοικο δίκλινο, φέρει την αρσενική ταξιανθία (φόβη) στην κορυφή και τη θηλυκή (σπάδικας) σε πλευρικές διακλαδώσεις, περίπου στο μέσο του βλαστού. Έχει γενικά μεγάλο ύψος, με μακριά λογχοειδή φύλλα, κατ' εναλλαγή τοποθετημένα σε ισχυρό στέλεχος. Το ριζικό σύστημα είναι θυσσανώδες με λίγες διακλαδώσεις και αποκτά ξυλώδη υφή. Ο καρπός του είναι καρύοψη και μπορεί να έχει διάφορους χρωματισμούς, σχήματα και μεγέθη ανάλογα με το βιότυπο.

Διαχρονικά ο αραβόσιτος συγκαταλέγεται ανάμεσα στις σημαντικότερες καλλιέργειες. Καλλιεργείται κυρίως για παραγωγή καρπού αλλά και για παραγωγή βιομάζας λόγω των πολύ υψηλών αποδόσεων, συγκριτικά και με άλλα σιτηρά. Ο καρπός χρησιμοποιείται στην κτηνοτροφία, στη διατροφή του ανθρώπου και την παρασκευή υποπροϊόντων για βιομηχανική χρήση. Η βιομάζα προορίζεται για ενσίρωση και σαν νωπή ή ξηρή ζωοτροφή, ενώ έχει και άλλες χρήσεις όπως παραγωγή χαρτιού, αιθανόλης και βιοκαυσίμων.(Διαδίκτυο 1)

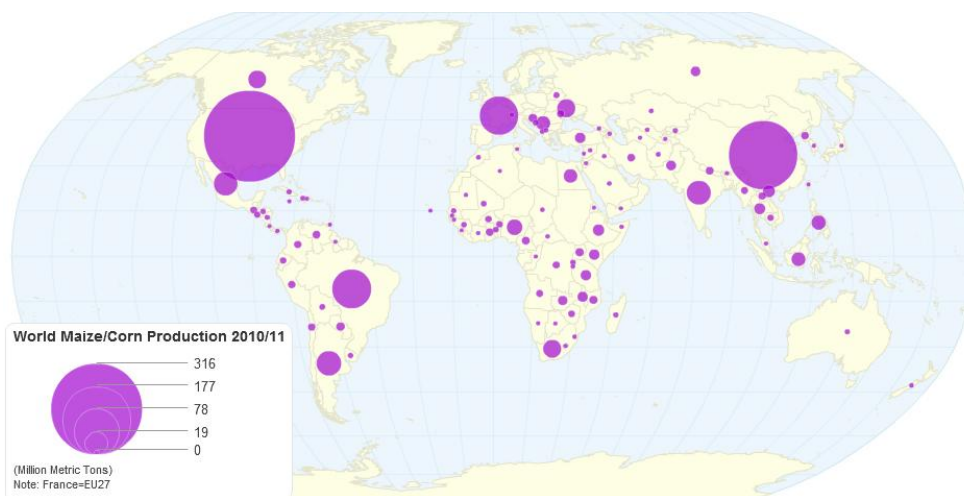


Εικόνα 1: Ο άγριος πρόγονος (*Zeamays* subsp. *parviglumis*) του καλλιεργούμενου αραβόσιτου (*Zeamays* subsp. *mays*). (Ελευθερίου, 2006)

1.1 Παραγωγή

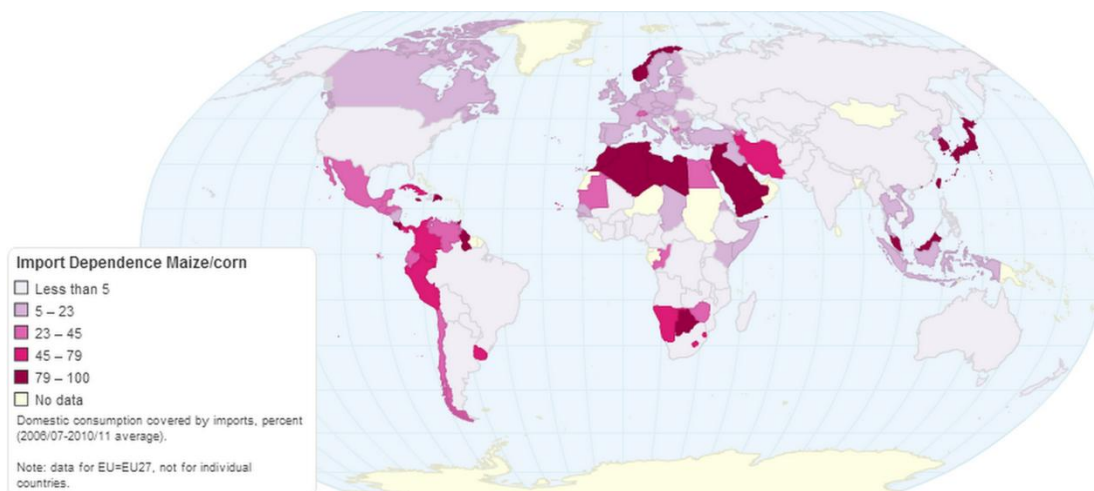
Καλλιεργείται από το 58ο Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος μέχρι το 40ο Νότιο Γεωγραφικό πλάτος και από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι 3.800 μέτρα υψόμετρο. Η καλλιέργειά του είναι διαδεδομένη παγκοσμίως. Οι Η.Π.Α έχουν τη μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο με 285 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Ακολουθούν η Κίνα, η Βραζιλία και το Μεξικό. Στην Ελλάδα καλλιεργείται κυρίως στη Μακεδονία, τη Θράκη, τη Στερεά και την Πελοπόννησο. Η ετήσια παραγωγή φτάνει το 1,5 εκατομμύριο τόνους.

Στην εικόνα που ακολουθεί (7), μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις κυριότερες χώρες παραγωγής αραβοσίτου παγκοσμίως.



Εικόνα 2: Οι κυριότερες χώρες παραγωγής αραβοσίτου παγκοσμίως (Διαδίκτυο 2)

Στην εικόνα 3 που ακολουθεί, διαπιστώνεται πως οι ανάγκες εισαγωγής σε αραβόσιτο, είναι αυξημένες σε περιοχές της νοτίως της λεκάνης της Μεσογείου και σε χώρες της Μ. Ανατολής.



Εικόνα 3: Παγκόσμιος χάρτης εξάρτησης σε εισαγωγή Αραβόσιτου (Διαδίκτυο 3)

Η ανάγκη αυτή σε εισαγωγές αραβοσίτου σε χώρες εγγύς της Ελλάδας, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πλεονέκτημα για την παραγωγή και εξαγωγή αραβοσίτου στις εν λόγω χώρες.

1.2 Διατροφική αξία

Το καλαμπόκι αποτελεί μια πλούσια πηγή πολλών βασικών θρεπτικών συστατικών και φυτικών ινών. Ένα γεύμα πλούσιο σε καλαμπόκι μπορεί να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στην προστασία ενάντια σε πολλές ασθένειες και παθήσεις. Είναι από τα πιο δημοφιλή σιτηρά παγκοσμίως και αποτελεί τη βασική τροφή σε πολλές χώρες συμπεριλαμβανομένων των ΗΠΑ, της Αφρικής, κλπ. Όχι μόνο παρέχει τις απαραίτητες θερμίδες για την καθημερινή και σωστή λειτουργία του μεταβολισμού, αλλά επιπλέον είναι μια πλούσια πηγή βιταμινών Α, Β, Ε καθώς και πολλών μεταλλικών στοιχείων. Η υψηλή περιεκτικότητά του σε φυτικές ίνες μας εξασφαλίζει εξ αρχής το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει στην πρόληψη ασθενειών του πεπτικού όπως η δυσκοιλιότητα και οι αιμορροΐδες, καθώς και ο καρκίνος του παχέος εντέρου. Τα αντιοξειδωτικά που υπάρχουν στο καλαμπόκι επίσης λειτουργούν ως αντικαρκινικοί παράγοντες και δρουν προληπτικά στη νόσου του Alzheimer.

Τα οφέλη του καλαμποκιού για την υγεία είναι πολλαπλά και περιλαμβάνουν τον καλύτερο έλεγχο του διαβήτη, την πρόληψη των καρδιακών παθήσεων, τη μείωση της υπέρτασης καθώς και διαφόρων ανωμαλιών του νευρικού σωλήνα κατά τη γέννηση. Περισσότερα οφέλη για την υγεία μας προσφέρονται από την παρουσία πολλών ποιοτικών θρεπτικών συστατικών που περιέχονται στο καλαμπόκι. Είναι πλούσιο σε φυτοχημικά, τα οποία παρέχουν προστασία από πολλές χρόνιες ασθένειες. Παρακάτω παρουσιάζουμε επιγραμματικά μερικά από τα οφέλη του καλαμποκιού για την υγεία μας:

- Πλούσια πηγή καλών θερμίδων
- Πρόληψη των αιμορροΐδων και του καρκίνου του παχέος εντέρου
- Πλούσια πηγή βιταμινών (βιταμίνη Β, θρεπτικά συστατικά, όπως η θειαμίνη και η νιασίνη)
- Παρέχει απαραίτητα ανόργανα άλατα
- Αντιοξειδωτικές ιδιότητες
- Καρδιο-προστατευτικές ιδιότητες
- Αποτρέπει την αναιμία

- Μειώνει την LDL χοληστερόλη
- Προστασία κατά του διαβήτη και της υπέρτασης
- Καλλυντικά Οφέλη

Το καλαμπόκι είναι επίσης μια καλή πηγή παντοθενικού οξέος το οποίο είναι απαραίτητο και περιέχει τους απαραίτητους υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιπίδια για το σωστό μεταβολισμό του οργανισμού μας. Η ανεπάρκεια του φυλλικού οξέος –σε έγκυες γυναίκες- οδηγεί σε γέννηση λιποβαρών βρεφών και μπορεί επίσης να οδηγήσει σε ανωμαλίες του νευρικού σωλήνα κατά τη γέννηση. Το καλαμπόκι παρέχει ένα μεγάλο κομμάτι της καθημερινής απαίτησης του οργανισμού μας σε φυλλικό οξύ. Το κίτρινο καλαμπόκι είναι μια πλούσια πηγή βήτα-καροτίνης που μαζί με την βιταμίνη Α αποτελούν στον οργανισμό μας, απαραίτητο συνδυασμό για τη διατήρηση της καλής όρασης και του υγιούς δέρματος. Οι πυρήνες του καλαμποκιού είναι πλούσιοι σε βιταμίνη Ε, ένα φυσικό αντιοξειδωτικό απαραίτητο για την σωστή και υγιή ανάπτυξη. (Διαδίκτυο 4)

1.3 Χρήσεις

Η αρχική χρήση του καλαμποκιού ήταν τροφή για το ζωικό κεφάλαιο. Σήμερα έχει πολλές εφαρμογές και βιομηχανικές χρήσεις συμπεριλαμβανομένου του μετασχηματισμού του σε πλαστικό και υφάσματα. Με υδροδιάλυση και προσθήκη ενζύμων παράγονται ιδιαίτερα σιρόπια καλαμποκιού υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη (ισογλυκόζη για μελισσοκομική χρήση), με επιπλέον ζυμώσεις και αποστάγματα παράγονται αλκοόλες. Η αλκοόλη του καλαμποκιού είναι παραδοσιακά η βάση του ουίски μπέρμπον. Η αιθανόλη χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στα καύσιμα των μηχανών για την αύξηση των οκτανίων (μείωση ρύπων, μείωση πετρελαίου).

Το άμυλο, το σιρόπι και η κυτταρίνη του καλαμποκιού χρησιμοποιούνται στην ιατρική και οδοντιατρική. Σχεδόν κάθε *sugarfree* γλυκαντική ουσία στην αγορά σήμερα γίνεται από ένα προϊόν ή παράγωγο προϊόντος του καλαμποκιού. Η παραγόμενη γλυκερίνη του καλαμποκιού βρίσκεται σχεδόν σε κάθε σαπούνι, λοσιόν, οδοντόπαστα και σαμπουάν.

Στις κουζίνες πολλών λαών γίνεται καθημερινή χρήση του καλαμποκιού, στη Ιταλία έχουμε την polenta, στην Ρουμανία την mamaliga, το mush στις Ηνωμένες πολιτείες,

τα sadza, ugali και mealiepap σε διάφορες χώρες τις Αφρικής, το chicha είναι ένα είδος ποτού των κρατών της κεντρικής και νότιας Αμερικής και το ποπ-κορν σε όλη την γη.

Σήμερα πολλά είδη καλαμποκιού χρησιμοποιούνται για τρόφιμα π.χ.:

ZeamaysAmylacea (για αλεύρι)

ZeamaysIndurata (σκληρό καλαμπόκι)

Zea mays Saccharata (καλαμπόκιγλυκό)

Zea mays Everta (ποπ-κορν) (Διαδίκτυο 4)

1.4 Μορφολογία και ανατομία νεαρού φυτού αραβόσιτου

1.4.1 Ο σπόρος

Ο καρπός του αραβόσιτου είναι καρύοψη, είναι δηλαδή είδος ξηρού καρπού, μονόσπερμου με πολύ λεπτό περικάρπιο που περιβάλλει στενά το σπόρο. Αποτελείται από τέσσερα τμήματα, το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο, το έμβρυο και τον ποδίσκο.

Το περικάρπιο δημιουργείται από ιστούς της ωοθήκης μετά τη γονιμοποίηση. Αποτελείται από κυτταρίνη και ημικυτταρίνες και έχει ρόλο να προστατεύει το σπέρμα από εχθρούς και μολύνσεις. Το νερό και το οξυγόνο διαπερνούν τους ιστούς του περικαρπίου για να ξεκινήσει η βλάστηση.

Το ενδοσπέρμιο προέρχεται από τη συγχώνευση ενός από τους δύο σπερματικούς πυρήνες του γυρεόκοκκου με τους δύο πολικούς πυρήνες του εμβρυόσκακου, συνεπώς είναι τριπλοειδές. Αποτελείται από κύτταρα με λεπτά κυτταρικά τοιχώματα, τα οποία είναι γεμάτα με αμυλόκοκκους. Εκτός από υδατάνθρακες όμως, περιέχει πρωτεΐνες και μικρότερες ποσότητες ανόργανων αλάτων και ελαίων. Χωρίζεται με βάση την υφή του σε υαλώδες και αλευρώδες ενδοσπέρμιο. Ο τρόπος που κατανέμονται τα δύο αυτά είδη στον καρπό επηρεάζει διάφορα χαρακτηριστικά του, όπως το σχήμα και τη σκληρότητά του. Οι εξωτερικές στρώσεις κυττάρων του ενδοσπερμίου διαθέτουν παχιά κυτταρικά τοιχώματα και συγκροτούν διαφοροποιημένο ιστό, που ονομάζεται αλευρώνη. Η αλευρώνη περιέχει μεγάλες πρωτεϊνικές δομές, τα πρωτεϊνικά σώματα, τα οποία περικλείονται σε μεμβράνες (Salisbury and Ross, 1991). Το ενδοσπέρμιο ουσιαστικά είναι ο πόλος

τροφοδοσίας του αρτίβλαστου και είναι εξοπλισμένο με όλα τα απαραίτητα υλικά για τη διαδικασία της βλάστησης μέχρι το φυτάριο να γίνει αυτότροφο.



Εικόνα 4: Επιμήκης τομή καρπού αραβόσιπου (υβρίδιο Cisko Syngenta) όπου φαίνεται πλευρικά το υαλώδες και εσωτερικά το αλευρώδες ενδοσπέρμιο.

Το έμβρυο είναι μία μικρογραφία του φυτού και φέρει τις καταβολές των πρώτων οργάνων του. Είναι το αποτέλεσμα της ένωσης του δεύτερου σπερματικού πυρήνα του γυρεόκοκκου με το ωοκύτταρο. Αποτελείται από τον εμβρυακό άξονα και το ασπίδιο. Στον εμβρυακό άξονα διακρίνουμε το πτερίδιο, το μεσοκοτύλιο και το ριζίδιο. Το πτερίδιο φέρει το σημείο αύξησης και διαφοροποιημένες καταβολές των πρώτων πέντε φύλλων του φυτού. Καλύπτεται από το κολεόππιλο, έναν προστατευτικό ιστό, που λόγω του ατρακτοειδούς σχήματος βοηθάει στην ανάδυση του φυταρίου από το έδαφος. Το μεσοκοτύλιο είναι το όργανο που στηρίζει το φυτό και συνδέει το ριζικό με το υπέργειο μέρος. Επίσης φέρει τις καταβολές των δευτερογενών εμβρυακών ριζών και συμβάλλει ουσιαστικά με την επιμήκυνσή του, στην ανάδυση του φυταρίου. Το ριζίδιο θα εξελιχθεί στην πρωτογενή εμβρυακή ρίζα και καλύπτεται από την κολεόρριζα, που έχει και αυτή προστατευτικό χαρακτήρα. Το ασπίδιο ή κοτύλη διαθέτει εξειδικευμένα κύτταρα που υδρολύουν το άμυλο του ενδοσπερμίου και μεταφέρουν τα προϊόντα στον εμβρυακό άξονα. Το έμβρυο στο σύνολό του έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε έλαια και πρωτεΐνες καθώς και το μεγαλύτερο ποσοστό των ανόργανων θρεπτικών του καρπού.

Τέλος ο ποδίσκος είναι το όργανο με το οποίο στηρίζεται ο καρπός πάνω στο σπάδικα και μεταφέρει υλικά από το μητρικό φυτό κατά το γέμισμα του καρπού. Έχει προκύψει από τη χάλαζα της σπερματικής βλάστης μετά τη γονιμοποίηση.

Βοτανικά, σπόρος ή σπέρμα του αραβόσιπου είναι ο καρπός χωρίς το περικάρπιο. Στην εικόνα 5 παρατηρούμε σε μεγέθυνση το σπόρο του αραβόσιπου, στον οποίο

έχει μόλις ξεκινήσει τη διαδικασία της βλάστησης. Είναι εμφανής η διόγκωση του ριζιδίου μετά από την ενυδάτωση των ιστών.



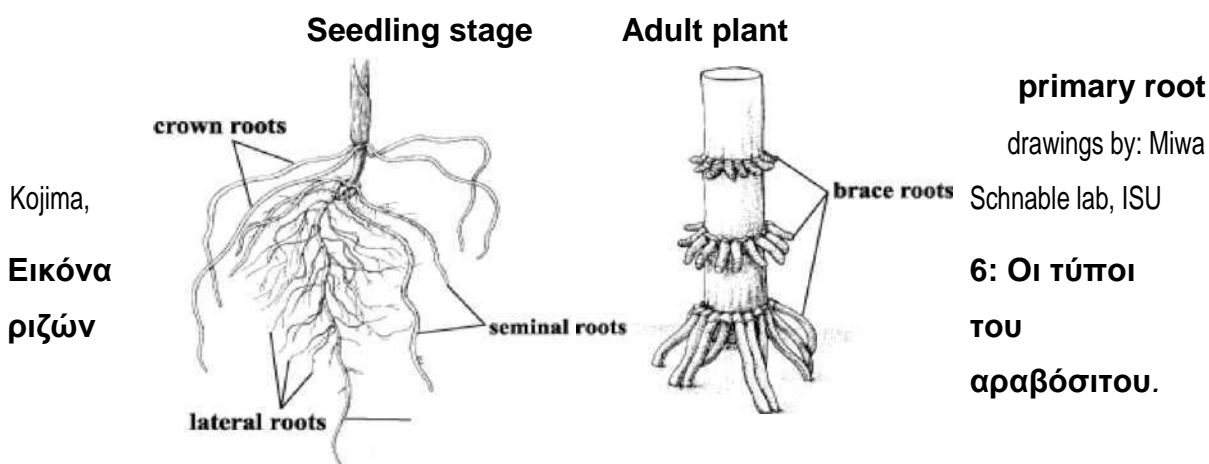
Εικόνα 5: Επιμήκης τομή σπέρματος αραβόσιπου. Διακρίνονται: περικάρπιο, ενδοσπέρμιο, ασπίδιο, πτερίδιο, κολεόπτιλο, καταβολές φύλλων, μεσοκοτύλιο, ριζίδιο, κολεόρριζα, καλύπτρα.

1.4.2 Το ριζικό σύστημα.

Ο αραβόσιπος στα αρχικά στάδια της βλάστησης αναπτύσσει γρήγορα το ριζικό του σύστημα, το οποίο χωρίζεται σε εμβρυακό και μετεμβρυακό (Abbe and Stein, 1954). Το εμβρυακό ριζικό σύστημα αποτελείται από μία πρωτογενή εμβρυακή ρίζα (primary root ή radicle), η οποία προέρχεται από την επιμήκυνση του ριζιδίου και από τις δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες (seminal roots) οι οποίες εκπτύσσονται από το ασπίδιο. Ο αριθμός των δευτερογενών εμβρυακών ριζών ποικίλει από 0 έως 13 και εξαρτάται άμεσα από το γενετικό υπόβαθρο του φυτού. Το μετεμβρυακό ριζικό σύστημα αποτελείται από ρίζες που εκπτύσσονται από το βλαστό, οι οποίες χωρίζονται σε βλαστογενείς ή μόνιμες ρίζες (adventitious ή crown roots) και εναέριες ρίζες (aerial ή brace roots) και αργότερα στην εξέλιξη του φυτού θα αποτελέσουν το κύριο ριζικό σύστημα. Οι βλαστογενείς ρίζες σχηματίζονται από τους πρώτους κόμβους του φυταρίου κάτω από το έδαφος. Οι εναέριες ρίζες σχηματίζονται πολύ αργότερα, συνήθως όταν έχει ολοκληρωθεί η διαφοροποίηση των φύλλων από το κορυφαίο μερίστωμα και εκπτύσσονται από τους πρώτους κόμβους πάνω από το

έδαφος. Από τον άξονα κάθε κύριας ρίζας εκπτύσσονται οι πλευρικές ρίζες (lateral roots), οι οποίες κατατάσσονται επίσης στο μετεμβρυακό ριζικό σύστημα (Hochholdinger et al., 2004). Οι πλευρικές ρίζες παίζουν σπουδαίο ρόλο στην αρχιτεκτονική της ρίζας, καθώς είναι υπεύθυνες για την πρόσληψη του μεγαλύτερου μέρους του νερού και των θρεπτικών στοιχείων για το φυτό, λόγω της μεγάλης ικανότητας διακλάδωσής τους. Αυτός ο τύπος ριζών διαφέρει από τις κύριες ρίζες καθώς είναι συνήθως πολύ κοντές, αντιδρούν περισσότερο στην ξηρασία και χάνουν γρήγορα την αποτελεσματικότητά τους (Wang et al., 1991; Varney et al., 1991). Οι κύριοι τύποι των ριζών φαίνονται στην εικόνα 6.

Major root types of maize



6: Οι τύποι του αραβόσιτου.

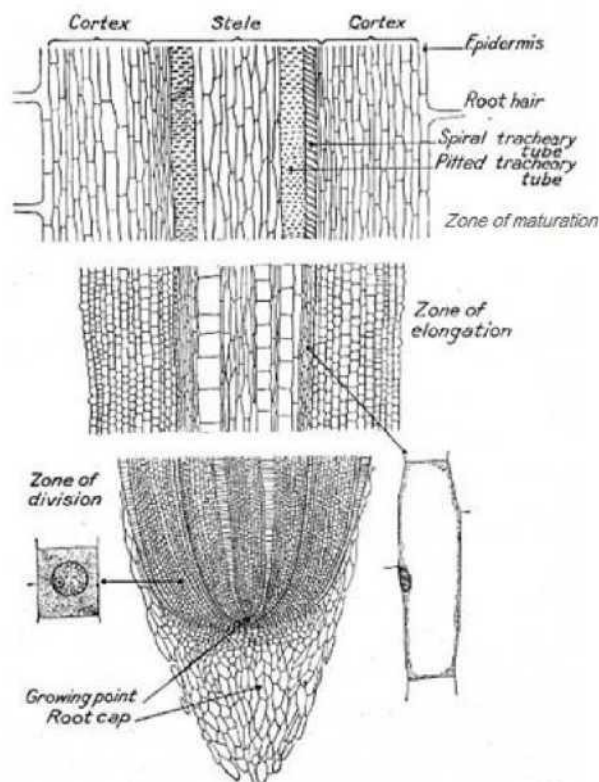
Το ριζικό σύστημα του αραβόσιτου αναπτύσσεται πολύ γρήγορα σε σχέση με το υπέργειο μέρος. Οι βλαστογενείς ρίζες στα πρώτα στάδια της βλάστησης αναπτύσσονται πλάγια και περιορίζονται στα πρώτα 30 cm του εδάφους. Το εμβρυακό ριζικό σύστημα είναι δυνατό να παραμένει ενεργό καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού και να φτάσει σε βάθος 1,5 μέτρου.

Στην εικόνα 7 φαίνεται σε επιμήκη τομή η νεαρή ρίζα του αραβόσιτου, στην οποία διακρίνονται κατά μήκος τέσσερις ζώνες ανάπτυξης: η καλύπτρα, η μεριστωματική περιοχή, η ζώνη επιμήκυνσης και η ζώνη ωρίμανσης της ρίζας (Ishikawa, 1995; Taiz and Zeiger, 2006).

Ξεκινώντας από το κάτω άκρο της ρίζας διακρίνεται η καλύπτρα, ένας κωνικός σχηματισμός που σκοπό έχει να προστατεύει τη μεριστωματική περιοχή κατά τη διείσδυση της ρίζας στο έδαφος. Επίσης στην καλύπτρα της ρίζας εδράζεται ο μηχανισμός αντίληψης της βαρύτητας. Τα κύτταρα της καλύπτρας ανανεώνονται διαρκώς, καθώς μερικά από αυτά καταστρέφονται κατά την διείσδυση της ρίζας.

Τέλος η καλύπτρα εκκρίνει οργανικές ενώσεις που σχετίζονται με τη δημιουργία κατάλληλης ριζόσφαιρας αλλά και την πρόσληψη ιόντων από το έδαφος.

Πάνω από την καλύπτρα βρίσκεται η μεριστωματική περιοχή της ρίζας, μία στρώση αδιαφοροποίητων κυττάρων, τα οποία διαιρούνται με γρήγορο ρυθμό για να παράγουν νέους ιστούς. Η μεριστωματική περιοχή εκτός από το κορυφαίο μερίστωμα περιλαμβάνει το καλυπτρογόνο, το πρωτόδερμα, το προκάμβιο και το θεμελιώδες μερίστωμα, που θα δώσουν τα εξειδικευμένα κύτταρα των ιστών της νέας ρίζας.



Εικόνα 7: Οι ζώνες ανάπτυξης της ρίζας: καλύπτρα, μεριστωματική περιοχή, ζώνη επιμήκυνσης και ζώνη ωρίμανσης.

Η αμέσως επόμενη περιοχή είναι η ζώνη επιμήκυνσης στην οποία τα νέα κύτταρα αυξάνουν γρήγορα σε όγκο για να πάρουν το τελικό τους σχήμα. Στην περιοχή αυτή ξεκινάει η διαφοροποίηση των κυττάρων του ηθμού και του φλοιώδους παρεγχύματος. Η ζώνη επιμήκυνσης είναι αυτή που ευθύνεται για την κάμψη της ρίζας, αντιδρώντας έτσι στα ερεθίσματα που δέχεται η καλύπτρα, καθώς μεταβάλλει την κατεύθυνση της ρίζας.

Τέλος υπάρχει η ζώνη ωρίμανσης ή διαφοροποίησης όπου τα κύτταρα του ξύλου

και της ενδοδερμίδας διαφοροποιούνται και καθίστανται λειτουργικοί οι αγωγοί ιστοί της ρίζας. Στη ζώνη αυτή έχουμε δημιουργία ριζικών τριχιδίων, που προεκβάλλουν από τα κύτταρα της επιδερμίδας, αυξάνοντας σημαντικά την επιφάνεια απορρόφησης. Επίσης από τη ζώνη διαφοροποίησης εκπτύσσονται οι πλάγιες ρίζες.

Η επιδερμίδα ή ριζοδερμίδα (epidermis) αποτελείται από μια στοιβάδα κυττάρων στενά συνδεδεμένων μεταξύ τους. Τα κύτταρα αυτά είναι λεπτότοιχα και καλύπτονται από υποτυπώδη εφυμενίδα. Όπως αναφέρθηκε ορισμένα από τα επιδερμικά κύτταρα προεκβάλλουν προς το εδαφικό περιβάλλον σχηματίζοντας ριζικά τριχίδια. Τα κύτταρα αυτά ονομάζονται τριχοβλάστες. Αυτή η κατασκευή φαίνεται πως έχει μεγάλη συμβολή στην απορρόφηση νερού και ιόντων, αλλά και στην προστασία των νεαρών ιστών από την αφυδάτωση και τους ξενοβιοτικούς παράγοντες. Η επιφάνεια απορρόφησης των ριζικών τριχιδίων αποτελεί ως και το 70% της ολικής επιφάνειας της ρίζας (Lopez-Bucio et al., 2003). Τα ριζικά τριχίδια είναι βραχύβια και ανανεώνονται από τους νέους ιστούς της αυξανόμενης ρίζας (Freeling and Walbot, 1994).

Το φλοιώδες παρέγχυμα ή φλοιός (cortex) είναι το τμήμα της ρίζας που παρεμβάλλεται μεταξύ της επιδερμίδας και του κεντρικού κυλίνδρου. Μέσω του φλοιού πραγματοποιείται η αποπ्लाσμική και συμπλασμική κίνηση νερού και ουσιών από την επιδερμίδα προς τον κεντρικό κύλινδρο. Εκτός από τη διακίνηση ο φλοιός έχει και αποταμιευτικό χαρακτήρα. Κάτω από τα κύτταρα της επιδερμίδας βρίσκονται στρώσεις κυττάρων που συγκροτούν την υποδερμίδα. Τα κύτταρα αυτά έχουν παχιά κυτταρικά τοιχώματα εξαιτίας της έντονης εναπόθεσης λιγνίνης και σουβερίνης, παρέχοντας έτσι προστασία στη ρίζα με το σκληροεγχυματικό ιστό που συγκροτούν, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την υδραυλική μόνωση της ρίζας. (Freeling and Walbot, 1994; Zeier et al., 1999).

Η εσωτερη στρώση κυττάρων του φλοιού ονομάζεται ενδοδερμίδα (endodermis). Αποτελείται από κύτταρα όπου στα τοιχώματά τους που εφάπτονται του κυλίνδρου, έχει εναποτεθεί λιγνίνη και σουβερίνη. Έτσι περιμετρικά δημιουργείται η λωρίδα Caspari, η οποία μονώνει τον κεντρικό κύλινδρο, αποτρέποντας την κίνηση του νερού από τον κύλινδρο προς το φλοιό.

Εσωτερικά της ενδοδερμίδας εφάπτεται μία στιβάδα κυττάρων που αποτελούν το περικύκλιο (pericycle). Τα κύτταρα του περικυκλίου των νεαρών ριζών είναι λεπτότοιχα, παρεγχυματικής δομής και προέρχονται από το κορυφαίο μερίστωμα. Το περικύκλιο διατηρεί τη μεριστωματική του ικανότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα, γεγονός που συνδέεται με το σχηματισμό των πλάγιων ριζών (Freeling and Walbot,

1994).

Μετά το περικύκλιο εντοπίζεται το αγωγό σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει τα στοιχεία του ηθμώδους (phloem) και του ξυλώδους (xylem) αγγειακού συστήματος. Στο κέντρο της ρίζας υπάρχουν παρεγχυματικά κύτταρα που συγκροτούν την εντεριώνη.

1.4.3 Το υπέργειο μέρος.

Το υπέργειο μέρος του αραβόσιτου αποτελείται από επιμέρους δομικές μονάδες, οι οποίες ονομάζονται φυτομερή. Κάθε ένα φυτομερές αποτελείται από ένα φύλλο, τον κόμβο έκφυσης με την καταβολή του οφθαλμού και το υπερκείμενο μεσογονάτιο διάστημα. Κάθε νέο φυτομερές εκφύεται μέσα από το φυτομερές που έχει εκπτυχθεί νωρίτερα (Morrison et al., 1994).

Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης ο βλαστός αποτελείται ουσιαστικά από τους κόμβους και το κορυφαίο μερίστωμα. Το σημείο αύξησης του φυταρίου βρίσκεται κοντά ή και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι κόμβοι διαφοροποιούνται με γρήγορο ρυθμό αλλά τα μεσογονάτια διαστήματα δεν επιμηκύνονται πριν ολοκληρωθεί ο σχηματισμός όλων των οργάνων του υπέργειου. Έτσι ο βλαστός μένει βραχύς με κωνικό σχήμα και καλύπτεται από τους κολεούς των φύλλων. Στην εικόνα 8 φαίνεται σε μεγέθυνση ο βλαστός με τους κόμβους και το κορυφαίο μερίστωμα φυταρίου αραβόσιτου σε επιμήκη τομή. Επίσης φαίνεται η σύνδεση του βλαστού με τον κολεό του εμβρυακού φύλλου.



Εικόνα 8: Βλαστός και κορυφαίο μερίστωμα φυταρίου αραβόσιτου σε επιμήκη τομή.

Το κορυφαίο μερίστωμα είναι επιφορτισμένο με τη δημιουργία νέων οργάνων του υπέργειου. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία του σχηματισμού των φύλλων το κορυφαίο μερίστωμα μεταπίπτει σε αναπαραγωγική καταβολή, η οποία θα εξελιχθεί σε φόβη.

Τα φύλλα του αραβόσιτου εκφύονται κατ' εναλλαγή από το βλαστό. Όπως σε όλα τα αγρωστώδη, αποτελούνται από τον κολεό και το έλασμα. Ο κολεός προστατεύει το βλαστό και το κορυφαίο μερίστωμα και αργότερα παρεμποδίζει τη θραύση των μεσογονατίων. Στο σημείο ένωσης του κολεού με το έλασμα υπάρχει η γλωσσίδα, η οποία προσφύεται στον αναπτυσσόμενο βλαστό και αποτρέπει την είσοδο του νερού. Το έλασμα του αραβόσιτου είναι λογχοειδές, στενό και επίμηκες, με παράλληλη νεύρωση. Κατά την ανάπτυξή του ξετυλίγεται σταδιακά μέσα από το προηγούμενο φύλλο. Το εμβρυακό φύλλο είναι πιο βραχύ από τα επόμενα φύλλα.

Η κάθε επιδερμίδα αποτελείται από μία στρώση επιδερμικών κυττάρων, τα οποία δε διαθέτουν χλωροπλάστες. Όλη η επιφάνεια της επιδερμίδας καλύπτεται από μία λεπτή στρώση εφυμενίδας. Και στις δύο επιφάνειες του φύλλου υπάρχουν στομάτια. Επίσης στην επιδερμίδα υπάρχουν κύτταρα συστροφής και τρίχες. Ρόλος της είναι η προστασία του φύλλου από εξωτερικούς παράγοντες, η ρύθμιση της ανταλλαγής των αερίων και η ψύξη του φύλλου μέσω των στοματίων.

Το μεσόφυλλο περιλαμβάνει δύο τύπους φωτοσυνθετικών κυττάρων τα οποία βρίσκονται περιφερειακά των ηθμαγγειωδών δεσμίδων. Εξωτερικά βρίσκονται τα κύτταρα του μεσοφύλλου τα οποία διαθέτουν λεπτά κυτταρικά τοιχώματα και συνδέονται χαλαρά μεταξύ τους. Εσωτερικά και σε επαφή με την ηθμαγγειώδη δεσμίδα υπάρχουν τα κύτταρα του παρεγχυματικού κολεού τα οποία διαθέτουν παχιά κυτταρικά τοιχώματα και μεγάλο αριθμό χλωροπλαστών, ενώ συνδέονται στενά μεταξύ τους. Τα κύτταρα του μεσοφύλλου δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα μέσω της C_4 φωτοσυνθετικής οδού και το προωθούν στα κύτταρα του παρεγχυματικού κολεού. Εκεί παράγονται εκ νέου ενώσεις του άνθρακα, μέσω του κύκλου του Calvin και προωθούνται στις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες.

1.5 Η βλάστηση του σπόρου.

Ο σπόρος του αραβόσιτου βλαστάνει όταν οι συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας και αερισμού το επιτρέψουν. Συγκεκριμένα η ελάχιστη θερμοκρασία βλάστησης είναι $10^{\circ} C$, με άριστη θερμοκρασία τους $20^{\circ} C$ (Aldrich et al., 1975). Αρχικά υπάρχει μία φάση διόγκωσης του σπέρματος και ειδικά του εμβρύου, το οποίο απορροφάει

υγρασία μέσω του περικαρπίου. Στη συνέχεια παρατηρείται ανάπτυξη του ριζιδίου, σκίσιμο του περικαρπίου και της κολεόρριζας και έτσι εκπτύσσεται η πρωτογενής εμβρυακή ρίζα. Στο επόμενο στάδιο εμφανίζεται το πεπερίδιο και παράλληλα σχεδόν εκπτύσσονται οι δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες. Το μεσοκοτύλιο επιμηκώνεται για να αναδυθεί τελικά το πεπερίδιο από το έδαφος. Ακολουθεί το σκίσιμο του κολεοπίλου και η εμφάνιση του εμβρυακού φύλλου. Το φυτάριο σε αυτή τη φάση έχει αρχίσει να απορροφάει θρεπτικά στοιχεία από το εδαφικό διάλυμα και σταδιακά εξαρτάται όλο και λιγότερο από την τροφοδοσία του σπέρματος, μέχρι να γίνει αποκλειστικά αυτότροφο.

1.5.1 Ορμονικός έλεγχος της ωρίμανσης και του φυτρώματος του σπόρου.

Στη διαδικασία της ωρίμανσης και της έναρξης του φυτρώματος του αραβόσιτου εμπλέκονται δύο ορμονικοί παράγοντες, οι γιββερελλίνες και το αμπισικό οξύ (White et al., 2000). Οι δύο ορμόνες είναι ανταγωνιστικές μεταξύ τους και φαίνεται ότι η ισορροπία των δύο, ελέγχει την έναρξη του φυτρώματος στο σύστημα που περιγράφεται.

Το αμπισικό οξύ (ABA) δρα παρεμποδιστικά στη διαδικασία του φυτρώματος. Έχει βρεθεί ότι συντίθεται κυρίως στο έμβρυο. Υπάρχει μία περίοδος αύξησης του ABA κατά την εμβρυογένεση, η οποία φτάνει στο ανώτατο σημείο πριν τη φυσιολογική ωρίμανση του καρπού και στη συνέχεια παρατηρείται φάση σταδιακής μείωσης. Το ABA ευθύνεται για τη μείωση της υδατοπεριεκτικότητας του σπόρου και την ανεκτικότητα του εμβρύου στην αφυδάτωση (Taiz and Zeiger, 2006). Έτσι ο μεταβολισμός ελαχιστοποιείται και ο σπόρος εισέρχεται σε ανενεργή φάση. Υπάρχουν περιπτώσεις γονοτύπων αραβόσιτου που βλαστάνουν πρόωρα πάνω στο μητρικό φυτό. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν σε μεταλλαγή του γονιδίου που σχετίζεται με τη σύνθεση του ABA, ή σε άλλους γονότυπους στην έλλειψη αντίδρασης στο ABA (Robertson, 1955; Neil et al., 1986).

Όταν ο σπόρος φτάσει στη φυσιολογική του ωρίμανση τα επίπεδα του ABA έχουν μειωθεί σημαντικά. Ο αραβόσιτος δεν περνάει φάση ληθάργου και μόλις έρθει σε επαφή με υγρασία και οξυγόνο βλαστάνει. Έτσι, όταν υπάρχουν ιδανικές συνθήκες αρχίζει η δράση των γιββερελλινών (Gas), οι οποίες αντίθετα από το ABA επάγουν τη βλάστηση. Οι γιββερελλίνες συντίθενται στο έμβρυο, αμέσως μετά την ενυδάτωσή του και διαχέονται μέσω του ενδοσπερμίου μέχρι το στρώμα της αλευρώνης. Εκεί επάγουν τη σύνθεση υδρολυτικών ενζύμων και συγκεκριμένα α- και β-αμυλασών, οι οποίες διοχετεύονται στο αμυλώδες ενδοσπέρμιο. Έτσι ξεκινάει η διαδικασία της

υδρόλυσης του αμύλου. Παράλληλα, πρωτεολυτικά ένζυμα δρουν στο πρωτεϊνικό απόθεμα του ενδοσπερμίου παράγοντας αμινοξέα. Το επιθήλιο του ασπιδίου αναλαμβάνει στη συνέχεια να προωθήσει σάκχαρα και αμινοξέα στον εμβρυακό άξονα για να συντεθούν νέα βιομόρια και να παραχθεί μεταβολική ενέργεια. Οι Gas δρουν επίσης στα κύτταρα του ριζιδίου και του πτεριδίου επάγοντας την επιμήκυνση και τη διαίρεσή τους. Έτσι μακροσκοπικά παρατηρείται η έκπτυξη του ριζιδίου και του πτεριδίου.

Μετά την έναρξη του φυτρώματος, δύο ακόμα ορμονικοί παράγοντες εμπλέκονται, εκτός από τις Gas, στη βλάστηση. Το ινδολοξικό οξύ (IAA) συντίθεται στο έμβρυο και ιδιαίτερα στην περιοχή του πτεριδίου και επάγει τις γρήγορες διαιρέσεις των νεαρών κυττάρων. Μετά την πρώτη ανάπτυξη του φυτού το IAA παράγεται περισσότερο στα νεαρά φύλλα και στο κορυφαίο μερίστωμα αλλά και σε μικρότερο βαθμό στη μεριστωματική ζώνη του ακροριζίου. Εκτός του IAA, στα ακραία μεριστώματα των ριζών συντίθενται και κυτοκινίνες, οι οποίες μέσω του ξυλώδους αγγειακού συστήματος, μεταφέρονται σε ολόκληρο το φυτό. Επάγουν την κυτταρική διαίρεση και τη διαφοροποίηση των νέων ιστών, δρώντας έτσι συνεργιστικά με το IAA. Γενικά παρουσία κυτοκινινών συνεπάγεται αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας, προσέλκυση μεταβολιτών και αναστολή της διαδικασίας γήρανσης του οργάνου. Τέλος έχει βρεθεί ότι το άζωτο προάγει τη σύνθεση κυτοκινινών στις ρίζες και επομένως τα επίπεδά τους σε ολόκληρο το φυτό (Samuelson et al., 1992; Forde, 2002).

1.6 Το άζωτο μέσα στο φυτό.

Το άζωτο είναι το τέταρτο κατά σειρά αφθονίας στοιχείο στο φυτικό σώμα μετά τον άνθρακα, το οξυγόνο και το υδρογόνο. Όλες σχεδόν οι λειτουργίες του φυτού έχουν ανάγκη, άμεσα ή έμμεσα, το άζωτο προκειμένου να πραγματοποιηθούν. Έτσι λοιπόν εμπλέκεται σε όλα τα μονοπάτια βιοσύνθεσης των αμινοξέων και κατ' επέκταση στο σχηματισμό όλων των πρωτεϊνών που προκύπτουν από αυτά. Ένα μεγάλο μέρος του αζώτου χρησιμοποιείται στη σύνθεση νουκλεϊνικών οξέων του κυττάρου. Βρίσκεται ακόμα στις χλωροφύλλες α και β παίζοντας έτσι σημαντικό ρόλο στη φωτοσυνθετική διαδικασία. Επειδή αποτελεί κομμάτι πολλών σημαντικών ενζύμων, παίρνει μέρος σε ένα μεγάλο αριθμό αντιδράσεων μέσα στο φυτικό σώμα. Αποτελεί ακόμα σημαντικό δομικό στοιχείο αφού συμμετέχει σε πολλές δομικές κατασκευές.

1.6.1 Αφομοίωση των νιτρικών.

Ο αραβόσιτος όπως και τα περισσότερα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο με δύο μορφές, σαν νιτρικό ανιόν και σαν αμμωνιακό κατιόν. Υπό κανονικές συνθήκες αερισμού και Ρh του εδάφους και με ικανό αριθμό νιτροποιητικών μικροοργανισμών, το άζωτο βρίσκεται κυρίως σε νιτρική μορφή στο εδαφικό διάλυμα. Αυτό ωστόσο δε δείχνει προτίμηση του αραβόσιτου στο νιτρικό έναντι του οργανικού, καθώς πειράματα που έχουν διεξαχθεί έδειξαν ότι αφομοιώνει και τις δύο πηγές αζώτου εξίσου καλά (Nelson, 1956).

Το νιτρικό ανιόν (NO_3^-) το οποίο βρίσκεται στον αποπλάσμικό χώρο του επιδερμικού κυττάρου της ρίζας, εισέρχεται με εξειδικευμένο πρωτεϊνικό μεταφορέα μέσα στο κυτταρόπλασμα, με ταυτόχρονη μεταφορά H^+ ή άλλων κατιόντων. Εκεί υπάρχει το ένζυμο αναγωγάση (ρεδουκτάση) του νιτρικού, η οποία ανάγει το νιτρικό ανιόν σε νιτρώδες (NO_2^-). Ακολουθεί η διακίνηση του νιτρώδους με μεταφορέα στο πλαστίδιο του κυττάρου, όπου και ανάγεται με την αναγωγάση του νιτρώδους σε αμμώνιο (NH_4^+).

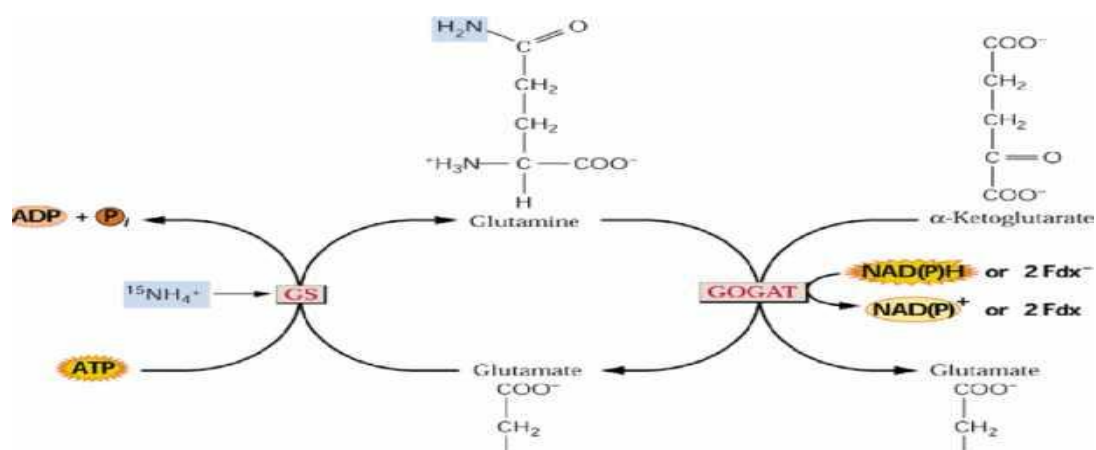
Η περίσσεια των αμμωνιακών και των νιτρικών ιόντων αποθηκεύεται στο χυμοτόπιο του κυττάρου και αποδεσμεύεται όταν τα επίπεδα στο κυτταρόπλασμα είναι χαμηλά. Εναλλακτικά το νιτρικό μπορεί να μεταφερθεί μέσω του ξυλώδους αγγειακού συστήματος στα φωτοσυνθετικά κύτταρα του φύλλου και να αναχθεί αρχικά σε νιτρώδες στο κυτταρόπλασμα και στη συνέχεια σε αμμώνιο στο χλωροπλάστη. Το ποσοστό του νιτρικού που θα μεταφερθεί στα φύλλα δεν είναι σταθερό και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, που έχουν να κάνουν με την ηλικία του φυτού και με το ρυθμό εισόδου των ιόντων στη ρίζα (Taiz and Zeiger, 2006). Γενικά όταν υπάρχουν μικρές ποσότητες νιτρικών αυτές ανάγονται στη ρίζα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το νιτρικό ανιόν δε μεταφέρεται μέσω του ηθμώδους αγγειακού συστήματος, κάτι που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανακύκλωση του αποθηκευμένου νιτρικού από τα νεότερα στα παλαιότερα φύλλα.

1.6.2 Αφομοίωση των αμμωνιακών.

Το αμμώνιο είναι τοξικό σε μεγάλες συγκεντρώσεις για τους φυτικούς και τους ζωικούς οργανισμούς επειδή καταστρέφει την ηλεκτρική ισορροπία μεταξύ των μεμβρανών, η οποία είναι απαραίτητη για τη φωτοσυνθετική και την αναπνευστική αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων και για το λόγο αυτό δεν πρέπει να συσσωρεύεται

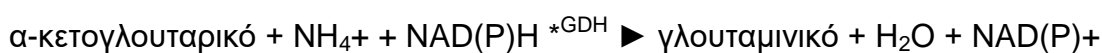
στους ιστούς (Taiz and Zeiger, 2006). Έτσι υπάρχει ένα σύστημα που δεσμεύει αμέσως το αμμώνιο μόλις παραχθεί. Το γλουταμινικό (glutamate) και το α-κετογλουταρικό (α-ketoglutarate) είναι οι δύο πρώτοι αποδέκτες του αμμωνίου.

Το ένζυμο συνθετάση της γλουταμίνης (GS) καταλύει την αντίδραση της δέσμευσης του αμμωνίου από το γλουταμινικό, όπου παράγεται γλουταμίνη (glutamine). Υψηλές συγκεντρώσεις γλουταμίνης μέσα στο πλαστίδιο, ενεργοποιούν το ένζυμο συνθάση του γλουταμινικού (GOGAT), που μεταφέρει το αμιδικό άζωτο από τη γλουταμίνη στο α-κετογλουταρικό, παράγοντας έτσι δύο μόρια γλουταμινικού. Ισότυποι του GS βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα, στα πλαστίδια της ρίζας και στους χλωροπλάστες. Στα πλαστίδια της ρίζας και στο αγγειακό σύστημα υπάρχει επίσης το GOGAT. Το σύστημα των δύο ενζύμων συνεργάζεται στενά για να παρέχει τη γλουταμίνη και το γλουταμινικό, που αποτελούν κομβικά αμινοξέα στη σύνθεση άλλων αζωτούχων ενώσεων. Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται σχηματικά η αφομοίωση του αμμωνίου μέσω του συστήματος GS-GOGAT.



Εικόνα 9: από αριστερά, αφομοίωση του αμμωνίου από το γλουταμινικό και παραγωγή γλουταμίνης, απόσπαση αμινομάδας από τη γλουταμίνη και τοποθέτησή της στο α-κετογλουταρικό συνθέτοντας γλουταμινικό.

Εναλλακτικά της προηγούμενης μεταβολικής οδού, μπορεί να αφομοιωθεί αμμώνιο με το ένζυμο αφυδρογονάση του γλουταμινικού (GDH), που καταλύει την ακόλουθη αμφίδρομη αντίδραση:



Το ένζυμο βρίσκεται στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες των φωτοσυνθετικών οργάνων. Αν και υπάρχει σχετική αφθονία του ενζύμου, δεν μπορεί να υποκαταστήσει το μηχανισμό GS-GOGAT για την αφομοίωση του αμμωνίου. Ο κύριος ρόλος του GDH είναι η απαμίνωση του γλουταμινικού, δηλαδή η αντίστροφη πορεία, κατά την ανακατανομή του αζώτου στους ιστούς και τα όργανα.

1.6.3 Διακίνηση του αζώτου στο φυτικό σώμα.

Το μητρικό φυτό έχει εξοπλίσει το σπόρο με αποθέματα αζώτου που υπάρχουν κυρίως στα πρωτεϊνικά σώματα της αλευρώνης και στο έμβρυο. Με την έναρξη του φυτρώματος, πρωτεάσες και πεπτιδάσες υδρολύουν τις πρωτεΐνες σε αμινοξέα και αμίδια. Αυτά τα υλικά διοχετεύονται στο έμβρυο για να συντεθούν νέες πρωτεΐνες και νουκλεϊνικά οξέα για τα νέα κύτταρα. Όσο προχωράει η ανάπτυξη του εμβρύου οργανώνεται το αγγειακό σύστημα, το οποίο αναλαμβάνει το ρόλο της μεταφοράς σε μεγάλη απόσταση. Υπό κανονικές συνθήκες οι νεαρές ρίζες τροφοδοτούν το φυτάριο με άζωτο και θρεπτικά στοιχεία από το εδαφικό διάλυμα. Έτσι συντίθεται νέο γλουταμινικό και γλουταμίνη στις ρίζες και στα φύλλα, τροφοδοτώντας τους νέους ιστούς με άζωτο.

Το άζωτο είναι ιδιαίτερα ευκίνητο στο φυτικό σώμα, καθώς λόγω της σημαντικότητάς του στο μεταβολισμό έχουν αναπτυχθεί μηχανισμοί που το μεταφέρουν ταχύτατα στα σημεία που έχουν μεγαλύτερη ανάγκη. Οι βασικές δομές αζώτου που διακινούνται σε μεγάλη απόσταση είναι το γλουταμινικό, το ασπαραγινικό και τα αμίδιά τους. Η ασπαραγίνη κατέχει σημαντικό ρόλο εκτός από τη διακίνηση και στην αποθήκευση του πλεονάζοντος αζώτου, καθώς διαθέτει 2 άτομα N στους 4 C, ενώ το γλουταμινικό έχει 1N προς 5C και η γλουταμίνη 2N προς 5C (Taiz and Zeiger, 2006). Υπάρχει λοιπόν μια συνεχής ανακύκλωση των τεσσάρων αμινοξέων, συνεπώς και του αζώτου, ακόμα και σε ημερήσια βάση μέσα στο φυτό. Πρωτεΐνες και ένζυμα συντίθενται και αποσυντίθενται διαρκώς για να καλύψουν τις μεταβολικές δραστηριότητες στα διάφορα όργανα.

Όταν υπάρχει έλλειψη αζώτου, κινείται η διαδικασία της γήρανσης των παλαιότερων φύλλων, ώστε να τροφοδοτηθούν τα νεότερα και λειτουργικότερα όργανα. Η γήρανση (senescence) είναι μία γενετικά προγραμματισμένη διαδικασία, η οποία αποσκοπεί στην ανάκτηση ενός ποσοστού χρήσιμων υλικών από τα λιγότερο παραγωγικά όργανα. Κατά τη διάρκεια της γήρανσης αποδομούνται οργανίδια όπως χλωροπλάστες, περοξυσώματα και μεμβράνες. Οι χλωροφύλλες, οι πρωτεΐνες και

ένα μεγάλο ποσοστό του RNA διασπώνται και το άζωτο και τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία διοχετεύονται στο αγγειακό σύστημα, για να καταλήξουν στα άλλα όργανα του φυτού. Ο πυρήνας παραμένει ενεργός μέχρι το θάνατο του κυττάρου, επειδή πρέπει να εκφραστούν γονίδια που επάγουν την αποδόμηση και την έξοδο των υλικών (Taiz and Zeiger, 2006). Έτσι ένα μεγάλο μέρος των νουκλεϊνικών οξέων δεν κινητοποιείται και παραμένει τελικά στο νεκρό κύτταρο. Κεντρικό ρόλο σε αυτό το σύστημα, από ορμονικής σκοπιάς, παίζει το αιθυλένιο. Η σύνθεση και η διακίνηση του αιθυλενίου στους ιστούς, συνδέεται με ένα μεγάλο αριθμό γονιδίων γήρανσης και έτσι συντίθενται από την αρχή και μέσα στο ίδιο το κύτταρο πρωτεάσες, ριβονουκλεάσες, πηκτινάσες, λιπάσες και χλωροφυλλάσες. Επίσης συντίθενται ένζυμα όπως η συνθετάση της γλουταμίνης, η οποία δεσμεύει NH_4^+ στη γλουταμίνη, την οποία διακινεί στη συνέχεια.

Έχει υπολογιστεί ότι περίπου το 85% του αζώτου που υπάρχει στο φύλλο ανακτάται από το φυτό με τη διαδικασία της γήρανσης (Salisbury and Ross, 1991). Στα φύλλα, η μισή περίπου ποσότητα αζώτου βρίσκεται στους χλωροπλάστες και είναι γνωστό ότι οι χλωροπλάστες είναι τα πρώτα οργανίδια που αποδομούνται.

1.6.4 Συμπτώματα έλλειψης αζώτου στα αρχικά στάδια βλάστησης στον αραβόσιτο.

Λόγω του πολλαπλού δομικού και μη ρόλου του, το άζωτο απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες από τα φυτά και ιδιαίτερα από τον αραβόσιτο, λόγω και του υψηλού ρυθμού αφομοίωσης άνθρακα. Έτσι συχνά παρουσιάζεται ανεπάρκεια κάτω από ορισμένες συνθήκες.

Όταν η στάθμη του αζώτου είναι χαμηλή, εμφανίζονται χλωρώσεις στα κατώτερα φύλλα του φυτού, λόγω κινητοποίησης αμινοξέων και αμιδίων, προς τα νεότερα φύλλα που χαρακτηρίζονται από μεγάλη ταχύτητα ανάπτυξης (Ridge, 2005). Οι χλωρώσεις αυτές είναι γενικευμένες και συνήθως καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της κεντρικής νεύρωσης, σχηματίζοντας V στο έλασμα. Στην εξέλιξή τους οι χλωρωτικές περιοχές κιτρινίζουν και επεκτείνονται προς τη βάση του ελάσματος. Έτσι τα κατώτερα φύλλα σταδιακά νεκρώνονται. Όταν η έλλειψη διαρκεί περισσότερο, ο αποχρωματισμός προχωράει σε ολόκληρο το φυτό. Το τελικό στάδιο αυτής της κατάστασης είναι η νέκρωση ολόκληρου του φυτικού σώματος.

Σε πολλές περιπτώσεις, παρατηρείται συσσώρευση ανθοκυανίνης, η οποία προσδίδει ερυθρή απόχρωση στο βλαστό, στην κεντρική νεύρωση των φύλλων ειδικά στην κάτω επιφάνεια και κάποιες φορές στις ρίζες. Γενικά το νεαρό φυτό

παρουσιάζει μειωμένη ανάπτυξη, γενικευμένες χλωρώσεις και καθυστέρηση στο σχηματισμό νέων οργάνων. Έτσι ο αριθμός των φυτομερών που παράγονται τελικά είναι μικρότερος του αναμενόμενου. Επίσης παρατηρείται ανάσχεση της ανάπτυξης του υπέργειου σε σχέση με το ριζικό το οποίο συνεχίζει την αύξησή του (Chun et al.,2005).

2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

2.1 Επιλογή του κατάλληλου υβριδίου

Ένα από τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρει άμεσα τόσο τον παραγωγό όσο και αυτούς που ασχολούνται με τη βελτίωση και τη σποροπαραγωγή είναι η ακριβής γνώση της πρωιμότητας του γενετικού υλικού. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου θα πρέπει να εκτιμάται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην παραλλάσσει στις διάφορες κλιματικές συνθήκες και να είναι δυνατή η σύγκριση των υβριδίων σε διάφορες περιοχές. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας, που το μεγαλύτερο ποσοστό του απαραίτητου υβριδιοσπόρου εισάγεται και μάλιστα από χώρες με διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες.

Σήμερα έχει επικρατήσει να εκτιμάται η πρωιμότητα με δύο κυρίως τρόπους: α) με το δείκτη FAO και β) με τον αριθμό ημερών μέχρι τη φυσιολογική ωρίμανση. Ο δείκτης FAO δείχνει μια χονδρική εκτίμηση της πρωιμότητας και δε χρησιμοποιείται πολύ στη ζώνη καλαμποκιού των ΗΠΑ, είναι όμως πολύ γνωστός στην Ευρώπη και τη Λατινική Αμερική. Η εκτίμηση του δείκτη αυτού γίνεται λαμβάνοντας υπόψη μέρος μόνο του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού από τη σπορά μέχρι την άνθηση των θηλυκών ανθέων. Ακόμα η εκτίμηση της πρωιμότητας με το δείκτη FAO βασίζεται στη σύγκριση του νέου υλικού με μια σειρά από υβρίδια γνωστού δείκτη FAO. Τα υβρίδια αυτά είχαν καθορισθεί στην 7^η Συνάντηση του FAO στο Βελιγράδι το 1954 και ήταν κυρίως διπλά υβρίδια διαδεδομένα κατά την εποχή εκείνη σ' ολόκληρο το κόσμο. Σήμερα όμως τα υβρίδια αυτά, επειδή έχουν αποσυρθεί από το εμπόριο, αντικαταστάθηκαν από άλλα, που όμως είναι διαφορετικά σε κάθε χώρα, έχουν περισσότερο τοπική σημασία και δεν είναι τόσο διαδεδομένα.

Ο αριθμός ημερών από τη σπορά μέχρι τη φυσιολογική ωρίμανση δίνει μια χρήσιμη πληροφορία στον παραγωγό: Δηλώνει τις ελάχιστες μέρες που πρέπει να παραμείνει το υβρίδιο στο χωράφι του. Χρησιμοποιείται πολύ στις Ηνωμένες Πολιτείες και η κλίμακά του περιλαμβάνει υβρίδια 70 μέχρι 140 ημερών. Το βασικό μειονέκτημα του δείκτη αυτού, όπως αναφέρεται και στη διεθνή βιβλιογραφία, είναι το ότι πολλές φορές όταν ένα υβρίδιο καλλιεργηθεί σε άλλη περιοχή από τη χώρα παραγωγής του, με πολύ διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (π.χ. Αφρική), κατατάσσεται σε διαφορετική κλάση πρωιμότητας. Επιπλέον υπάρχει μια δυσκολία στον ακριβή προσδιορισμό του σταδίου της φυσιολογικής ωρίμανσης που συνήθως

συμπίπτει με το σχηματισμό του μαύρου στρώματος στον κόκκο (BlackLayerMaturity).

Η ανάπτυξη των φυτών, είναι γνωστό από παλιά, ότι είναι στενά συσχετισμένη με τη θερμοκρασία. Έτσι χρησιμοποιήθηκε μια Τρίτη μέθοδος, η μέθοδος υπολογισμού των θερμικών μονάδων, που βασίζεται στον τύπο $[(\text{μεγ.} + \text{ελαχ.})/2] - 10$. Σε βορειότερες χώρες αντί των 10 αφαιρούνται 8 βαθμοί ή και 6 ακόμη. Βρέθηκε αργότερα ότι με διορθώσεις των μέσων όρων, μη υπολογίζοντας ή αφαιρώντας τις θερμοκρασίες πάνω από τους 30°C, είχαν καλύτερα αποτελέσματα από αυτά που έπαιρναν με τον τύπο αυτό. Είχαν επίσης καλύτερα αποτελέσματα όταν υπολόγιζαν την μέση θερμοκρασία ημέρας παίρνοντας παρατηρήσεις ανά 3ωρα διαστήματα παρά με την μέθοδο των μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών. Υπάρχουν όμως και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την πρωιμότητα και μας οδηγούν σε λάθος εκτίμηση. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι η διάρκεια της ημέρας, η ηλιοφάνεια και το έδαφος. Κατά την εκλογή του κατάλληλου υβριδίου που θα καλλιεργήσουμε θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τα παρακάτω:

α. Την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, η οποία θα μας καθορίσει την ομάδα πρωιμότητας. Για την περιοχή μας αυτή αρχίζει από τα μέσα Απριλίου και συνεπώς έχουμε την δυνατότητα να επιλέξουμε υβρίδιο μεγάλου βιολογικού κύκλου.

β. Την αποδοτικότητα και ορισμένα άλλα αγρονομικά χαρακτηριστικά αυτού, όπως την αντοχή στο πλάγιασμα, τις ασθένειες, την ταχύτητα πτώσης της υγρασίας του από την φυσιολογική ωρίμανση και ύστερα κ.λ.π.

γ. Τις διαθέσιμες ποσότητες νερού άρδευσης. Έτσι όταν το διαθέσιμο νερό είναι λίγο προτιμούμε υβρίδιο μικρού-μέσου βιολογικού κύκλου. (Διαδίκτυο 5)

2.2 Καλλιεργητική τεχνική

Τα απλά υβρίδια καλαμποκιού απαιτούν ένα ευνοϊκό περιβάλλον ανάπτυξης για να εκδηλώσουν το υψηλό παραγωγικό δυναμικό τους το οποίο τα χαρακτηρίζει. Το ευνοϊκό αυτό περιβάλλον εξασφαλίζεται με την κατάλληλη τεχνική της καλλιέργειας προσέχοντας τις παρακάτω καλλιεργητικές φροντίδες:

α. Την κατάλληλη προετοιμασία του χωραφιού, η οποία συνήθως εξασφαλίζεται με ένα βαθύ φθινοπωρινό όργωμα για να παραχωθούν τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, να συντελέσει στην αποθήκευση των βροχών του

χειμώνα ελαττώνοντας την επιφανειακή απορροή του νερού, έναν καλλιεργητή στο τέλος του χειμώνα για να καταπολεμηθούν τα ζιζάνια τα οποία πιθανόν να έχουν φυτρώσει το χειμώνα και με ένα ή δυο δισκοσβαρνίσματα η πριν από τη σπορά.

β. Την καταπολέμηση των εντόμων του εδάφους (καραφατμέ, σιδηροσκούληκα, κρεμμυδοφάγο), τα οποία προκαλούν σοβαρές ζημιές με την καταστροφή του σπόρου ή των νεαρών φυταρίων και τη σημαντική μείωση του πληθυσμού των φυτών με αποτέλεσμα την ελάττωση της απόδοσης. Η καταπολέμησή τους γίνεται εφαρμόζοντας στη σπορά ένα από τα εντομοκτόνα εδάφους. Ειδικά για την καραφατμέ η καταπολέμηση γίνεται πιο αποτελεσματικά αν γίνει και νυκτερινός ψεκασμός της καλλιέργειας με ένα κατάλληλο εντομοκτόνο.

γ. Την πρώιμη σπορά και εφόσον η θερμοκρασία του εδάφους βάθος 5 – 6 εκ. Βρίσκεται πάνω από 10° C, γιατί με την πρώιμη σπορά εκμεταλλευόμαστε την αποθηκευμένη στο έδαφος υγρασία του χειμώνα, τα φυτά γίνονται χαμηλότερα και με χονδρότερο στέλεχος, οπότε δεν πλαγιάζουν εύκολα, αποφεύγονται οι μεγάλες θερμοκρασίες του καλοκαιριού κατά την ανθοφορία οπότε η γονιμοποίηση γίνεται καλύτερα και συγκομίζουμε πρωϊμότερα με χαμηλή υγρασία στο σπόρο.

δ. Την κατάλληλη πυκνότητα σποράς, η οποία για τα υβρίδια μεγάλου βιολογικού κύκλου πάνω από 700 FAO θα πρέπει να κυμαίνεται από 7000 – 7500 φυτά/στρ. και για τα υβρίδια κάτω από 600 FAO από 8000 – 8500 φυτά/στρ. Θα πρέπει να τονισθεί ότι μεγαλύτερες πυκνότητες από αυτές, παρά το γεγονός ότι πολλές φορές δεν μειώνουν την απόδοση, έχουν κάποιες δυσμενείς επιπτώσεις. Αυτές είναι η ευαισθησία στο πλάγιασμα, γιατί τα φυτά γίνονται ψηλότερα και λεπτοστέλεχα με τον κύριο σπάδικα σε μεγάλο ύψος, η στειρότητα πολλών φυτών, η καθυστέρηση της ανθοφορίας των θηλυκών ταξιανθιών σε σχέση με τις αρσενικές, με συνέπεια κακή γονιμοποίηση, οι αυξημένες απαιτήσεις της καλλιέργειας σε θρεπτικά στοιχεία και νερό, ενώ η απόδοση όχι μόνο δεν αυξάνει αλλά μπορεί και να ελαττωθεί και τέλος η παραγωγή σπόρου με χαμηλότερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης που σημαίνει κακή ποιότητα σπόρου.

ε. Την Ορθολογική λίπανση, από την οποία εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος η τελική διαμόρφωση της παραγωγής του καλαμποκιού. Μια μέση ορθολογική λίπανση για το

καλαμπόκι μπορεί να θεωρηθεί η εξής:

Αζωτο

Είναι το σπουδαιότερο θρεπτικό στοιχείο για το καλαμπόκι γιατί ρυθμίζει την ανάπτυξη και απόδοση αυτού. Απορροφάται σε μεγάλες ποσότητες (18-20 κιλά 1000 κιλά σπόρου) και το μεγαλύτερο μέρος αυτού (70 – 75% της συνολικής απορροφούμενης ποσότητας) απομακρύνεται από το χωράφι με τον καρπό. Επίσης είναι στοιχείο το οποίο εκπλύνεται εύκολα προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Για τους λόγους αυτούς χρειάζεται πάντοτε να λιπαίνουμε με το στοιχείο αυτό. Από τα πειράματα του Ινστιτούτου Σιτηρών βρέθηκε ότι το καλαμπόκι για να μας δώσει τη μέγιστη απόδοση και με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται ικανοποιητικά τα ζιζάνια, χρειάζεται σε 20 – 30 μον. Ν/στρ. Όσον αφορά το χρόνο εφαρμογής αυτού, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μεγαλύτερη ποσότητα Ν απορροφάται από την 50 – 85^η ημέρα μετά τη σπορά θα πρέπει να χορηγείται σε δυο δόσεις: 1/3 – 1/2 της συνολικής ποσότητας στη σπορά σε αμμωνιακή μορφή και το υπόλοιπο επιφανειακά όταν τα φυτά αποκτήσουν ύψος 50 – 60 εκ. Σε νιτρική μορφή.

Φωσφόρος

Είναι επίσης ένα βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη και απόδοση του καλαμπόκιου. Προσλαμβάνεται σε σχετικά μικρές ποσότητες (3-3,5 κιλά/1000 κιλά καρπού), συγκροτείται από το έδαφος και δεν εκπλύνεται καθόλου προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Επιπλέον από την ποσότητα που χορηγείται κάθε χρόνο, μόνο το 15-20% χρησιμοποιείται τον πρώτο χρόνο από την καλλιέργεια, ενώ το υπόλοιπο παραμένει στο έδαφος και χρησιμοποιείται τα επόμενα χρόνια. Για τους λόγους αυτούς σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι περισσότεροι καλλιεργητές μας χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά ως αζωτούχο λίπασμα τη φωσφορική αμμωνία (20 – 10 – 0) η οποία εκτός από το Ν περιέχει και μεγάλη ποσότητα Ρ, στα περισσότερα εδάφη μας έχουν αποθηκευθεί μεγάλες ποσότητες Ρ. Κατά συνέπεια στις περιπτώσεις όπου στο χωράφι μας έχουμε χορηγήσει Ρ σε μεγαλύτερες ποσότητες από τις ανάγκες των καλλιεργειών (πρέπει να διαπιστώνεται με χημική ανάλυση του εδάφους), τότε μπορούμε για 2 ή 3 χρόνια να μη χορηγούμε καθόλου Ρ. Όταν όμως δε συντρέχει ο παραπάνω λόγος, τότε θα πρέπει να χορηγούμε 6 μον./στρ. περίπου κάθε χρόνο στη σπορά. Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι η συσσώρευση υπερβολικών ποσοτήτων Ρ στο έδαφος, όχι μόνο δεν ευνοεί την

ανάπτυξη και απόδοση του καλαμποκιού, αλλά μπορεί να προκαλέσει τροφопενία Zn.

Κάλιο

Είναι στοιχείο το οποίο ρυθμίζει ένα μεγάλο αριθμό φυσιολογικών λειτουργιών του φυτού. Προσλαμβάνεται σε μεγάλες ποσότητες από το καλαμπόκι (15 – 18 κιλά/1000 κιλά καρπού) και μάλιστα το μεγαλύτερο μέρος (75% της συνολικής προσλαμβανόμενης) απορροφάται σε μια μικρή περίοδο 30 ημερών από την 50 – 80η ημέρα μετά τη σπορά. Όμως ένα μικρό μέρος (25% περίπου) του συνολικά προσλαμβανόμενου απομακρύνεται με τον καρπό από το χωράφι, ενώ το υπόλοιπό επιστρέφει πάλι στο έδαφος με τα υπολείμματα της καλλιέργειας και δεν εκπλύνεται εύκολα προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

Από τα πειράματα του Ινστιτούτου Σιτηρών βρέθηκε ότι η καλιούχος λίπανση δεν αύξησε την απόδοση του καλαμποκιού. Αυτό σημαίνει ότι σε πολλά ελληνικά εδάφη υπάρχουν επαρκή αποθέματα Κ τα οποία καλύπτουν τις ανάγκες του καλαμποκιού και κατά συνέπεια δε χρειάζεται η χορήγηση καλιούχου λίπανσης. Όμως το συμπέρασμα αυτό δεν πρέπει σε καμιά περίπτωση να γενικευθεί, γιατί σε οργανικά ή πτωχά σε Κ εδάφη που δεν είναι σπάνια στη χώρα μας, θα πρέπει να χορηγούμε 20 –25μον. Κ/στρ. στη σπορά.

στ) Το σωστό πότισμα, το οποίο πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια εδαφικής υγρασίας για την άριστη ανάπτυξη των φυτών. Η ποσότητα και η συχνότητα φυσικά των ποτισμάτων εξαρτάται από την μηχανική σύσταση του εδάφους. Γενικά όμως πρέπει να γνωρίζουμε ότι τα ελαφρά εδάφη θα πρέπει να ποτίζονται συχνότερα με μικρότερες ποσότητες νερού κατά πότισμα, τα δε βαρεια λιγότερο συχνά με μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Ιδιαίτερη μέριμνα θα πρέπει να λαμβάνεται στην κριτική περίοδο του καλαμποκιού, δηλ. Στην περίοδο από την 50η – 90η περίπου ημέρα μετά τη σπορά, κατά την οποία το καλαμπόκι δεν πρέπει να διψάσει καθόλου, γιατί η δυσμενής επίδραση της έλλειψης υγρασίας στην περίοδο αυτή είναι πολύ μεγάλη.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πότισμα στην ανθοφορία δεν επηρεάζει την γονιμοποίηση του καλαμποκιού, το δε πότισμα πρέπει να σταματά 15-20 ημέρες πριν τη φυσιολογική ωρίμανση δηλ. 40 – 45 μέρες μετά την ανθοφορία.

ζ) Την αποτελεσματική καταπολέμηση των ζιζανίων με τη χρήσηπροσπαρτικών ζιζανιοκτόνων τα οποία ελέγχουν αποτελεσματικά τα ετήσια πλατύφυλλα και αγρωστώδη ζιζάνια και σε μικρό βαθμό τα πολυετή αν η εφαρμογή τουςγίνει με τις εξής προϋποθέσεις:

α. Τα προσπαρτικά απαιτούν ενσωμάτωση μέσα στα 20 πρώτα λεπτά σε βάθος 8 -10 εκ., εφαρμογή σε ξερή και ψιλοχλωματισμένη επιφάνεια του χωραφιού και προκειμένου για πολυετή ζιζάνια καλό φρεζάρισμα για τεμαχισμό των ριζωμάτων.

β. Τα προφυτρωτικά, ομοιόμορφη κατανομή του ζιζανιοκτόνου, φυσική ή τεχνητή βροχή τουλάχιστον 5 χιλ. Για να κατανεμηθεί το ζιζανιοκτόνο μέχρι βάθος 10εκ.

Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν μεταφυτρωτικά τα ζιζανιοκτόνα, τα προσπαρτικά όταν τα ζιζάνια είναι στο στάδιο των 3 – 4 φύλλων. Όμως τα μεταφυτρωτικά είναι λιγότερο αποτελεσματικά των προσπαρτικών και προφυτρωτικώνγια αυτό και συνιστώνται περισσότερο ως επικουρικά αυτών, στις περιπτώσεις όπου για ένα οποιονδήποτε λόγο έχει μειωθεί η αποτελεσματική τους δράση.(Διαδίκτυο 6)

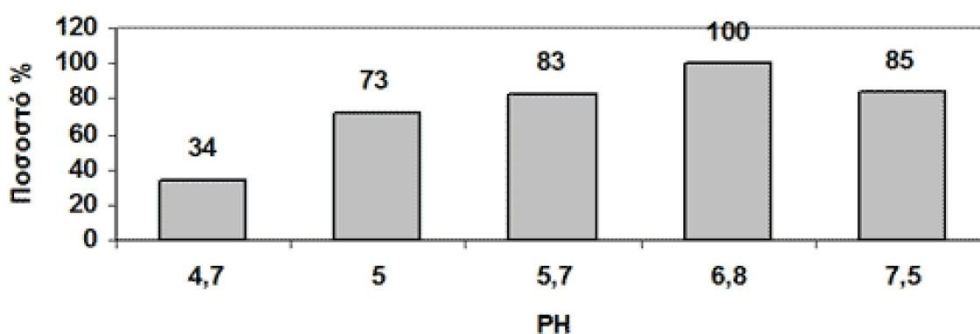
2.2.1 Έδαφος

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού «Δήμητρα» (Διαδίκτυο 8), το καλαμπόκι αν και είναι φυτό που προσαρμόζεται σε ποικιλία εδαφικών συνθηκών, θα λέγαμε ότι το άριστο εδαφικό περιβάλλον είναι έδαφος μέσης συστάσεως, βαθύ, καλώς αποστραγγιζόμενο, με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, ΡΗ 6.8 και ηλεκτρική αγωγιμότητα 1 EC mmhos/cm.

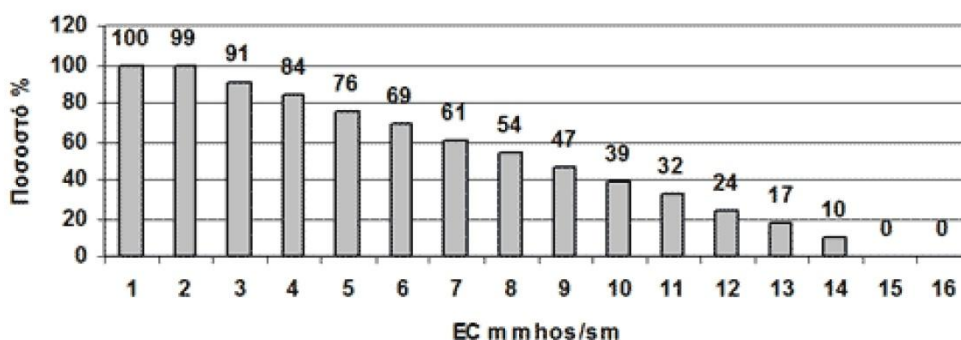
Στον σχήμα 1 φαίνεται η επίδραση της οξύτητας του εδάφους (pH) στην απόδοση Καλαμποκιού. Παρατηρούμε ότι, η απόδοση της καλλιέργειας μειώνεται μέχρι 34% σε έδαφος με pH 4,7 σε όξινα εδάφη, σύμφωνα με πειραματικά στοιχεία. Η βελτίωση της οξύτητας για αύξηση αποδόσεων γίνεται με την προσθήκη ασβεστίου. Στο σχήμα 2 φαίνεται η επίδραση της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας στην απόδοση Καλαμποκιού. Παρατηρούμε ότι, η απόδοση της καλλιέργειας μηδενίζεται, όταν η Ηλεκτρική Αγωγιμότητα του εδάφους είναι μεγαλύτερη τω 14 mmhos/cm. Η βελτίωση της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας επιτυγχάνεται με καλή αποστράγγιση των νερών άρδευσης

και βροχόπτωσης.

ΣΧΗΜΑ 1: Επίδραση οξύτητας εδάφους στην απόδοση Καλαμποκιού.



ΣΧΗΜΑ 2: Επίδραση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας στην απόδοση Καλαμποκιού



2.2.2 Προετοιμασία εδάφους – σπορά

Η σωστή προετοιμασία του εδάφους σκοπό έχει την βελτίωση των συνθηκών εκείνων που επηρεάζουν την ανάπτυξη του ριζικού τμήματος του φυτού, που θα προμηθεύσει τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία σ' αυτό. Ένα βαθύ όργωμα το Φθινόπωρο ακολουθούμενο την Άνοιξη από ελαφρά κατεργασία του εδάφους με καλλιεργητή, ανάλογα με το έδαφος και την υγρασία αυτού, δημιουργεί καλές συνθήκες φυτρώματος του σπόρου. Η σπορά του καλαμποκιού γίνεται όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι μεγαλύτερη από 10 βαθμούς Κελσίου. Γενικά όμως μπορούμε να πούμε ότι οι πρώιμες σπορές είναι προτιμότερες επειδή, α) υπάρχει επαρκής υγρασία, β) η επικονίαση γίνεται πριν αυξηθούν σημαντικά οι θερμοκρασίες και γ) η φυσιολογική ωρίμανση επιτυγχάνεται νωρίτερα. Το βάθος σποράς εξαρτάται

από την θερμοκρασία και υγρασία του εδάφους και την μηχανική του σύσταση. Γενικά ένα βάθος σποράς από 3-5 εκατοστά θεωρείται πολύ καλό.

Συνήθως σε ξηρά εδάφη το βάθος σποράς είναι μεγαλύτερο και κυμαίνεται από σε 5-7.5 cm. Η πυκνότητα σποράς είναι σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση Καλαμποκιού και εξαρτάται:

α. Από τον βιολογικό κύκλο του υβριδίου. Τα μεγάλα βιολογικού κύκλου σπέρνονται αραιότερα. Σύμφωνα με στοιχεία του Ινστιτούτου Σιτηρών ο αριθμός φυτών ανά στρέμμα για δείκτες FAO 700-800 είναι 6500-7500, για FAO 500-650 7500-8000 και για FAO μέχρι 450 (επίσπορα) 8000-9000.

Β. Την γονιμότητα του εδάφους.

Γ. Την επάρκεια νερού άρδευσης.

Δ. Την εποχή σποράς. Σε πρώιμες σπορές είναι δυνατόν να αυξηθεί η πυκνότητα διότι έτσι αντισταθμίζονται απώλειες κατά το φύτεμα, τα φυτά γίνονται βραχύτερα.

Σε υψηλή πυκνότητα σποράς είναι δυνατόν να παρατηρηθεί:

α. Μεγάλο ποσοστό φυτών που δεν φέρουν σπάδικες.

Β. Τα φυτά λόγω ανταγωνισμού αποκτούν μεγάλο ύψος και είναι ευαίσθητα στο πλάγιασμα.

Γ. Καθυστέρηση στην άνθηση των θηλέων ανθέων κατά 4-5 μέρες με συνέπεια απώλειες κατά την γονιμοποίηση.

Δ. Μεγάλες πυκνότητες περιέχουν μικρότερο ποσοστό πρωτεΐνης.

(Διαδίκτυο 6, 7)

2.3 Εχθροί - Ασθένειες

Το καλαμπόκι έχει πολλούς εχθρούς και ασθένειες που είναι δυνατόν να μειώσουν αισθητά την παραγωγή. Παρόλα αυτά μέχρι πριν λίγα χρόνια η καλλιέργεια δεν αντιμετώπιζε σοβαρά προβλήματα, λόγω του ότι επεκτείνονταν σε παρθένες περιοχές και εδάφη της χώρας μας. Όσο όμως θα συνεχίζει να επεκτείνεται και να καλλιεργείται στις ίδιες περιοχές, όλα και περισσότερα είδη εντόμων και ασθενειών θα προκαλούν ζημιές στο καλαμπόκι με αποτέλεσμα να αυξάνουν το κόστος της καλλιέργειας. Ανάλογα με το στάδιο που εμφανίζονται, παρακάτω αναφέρονται πολύ περιληπτικά μόνο τα κυριότερα έντομα και ασθένειες που προκαλούν προβλήματα στην χώρα μας:

Έντομα και εχθροί που προκαλούν ζημιές στο σπόρο και στα μικρά φυτά:

Τέτοια έντομα είναι μερικά είδη κολεοπτέρων κυρίως της οικογενείας *Elateridae*, γνωστά στις περισσότερες περιοχές σαν σιδηροσκουλήκα που αρχικά τρέφονται από το σπόρο και αργότερα επιτίθενται στο υπόγειο τμήμα του βλαστού. Πιο θεαματικές όμως ζημιές προκαλεί ένα λεπιδόπτερο του γένους *Agrotis* του οποίου η προνύμφη είναι γνωστή σαν μαύρο σκουλήκι ή καρά φατμέ (Εικόνα 10) και τρέφεται από το υπόγειο τμήμα των νεαρών φυτών τα οποία αποξηραίνει διαδοχικά.



Εικόνα 10:Μαύρο σκουλήκι (καρά φατμέ) στη βάση νεαρού φυτού.

Παρόμοιες ζημιές, δηλαδή απώλειες σπόρων και νεαρών φυτών, και μάλιστα διαδοχικά στην ίδια σειρά, μπορεί να οφείλονται και σε τρωκτικά ή ακόμη και σε σπηνά. Οι ζημιές μπορεί να είναι σημαντικές και να οδηγήσουν σε αποτυχία της καλλιέργειας από την αρχή. Οι καταπολέμηση των εντόμων εδάφους γίνεται με εφαρμογή εντομοκτόνου σε κοκκώδη μορφή ή με νυκτερινούς ψεκασμούς ή δολώματα. Τα τρωκτικά καταπολεμούνται επίσης με δολώματα.

Έντομα που τρέφονται από το υπέργειο τμήμα του στελέχους και τα φύλλα:

Οι αφίδες ή μελίγκρες κλπ., (*Rhopalosiphum maidis*) κίτρινο-πράσινες που αργότερα γίνονται ερυθρωπές σκούρες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν ευνοηθούν από τις συνθήκες, είναι δυνατόν να προκαλέσουν μεγάλη μείωση της απόδοσης. Οι πρώτες αποικίες του εντόμου εμφανίζονται τον Ιούνιο πριν την άνθηση στα κορυφαία φύλλα. Κατά την άνθηση προκαλούν ζημιές στις φούντες, με αποτέλεσμα την πιθανή αποτυχία της γονιμοποίησης. Οι μεγαλύτερες ζημιές όμως οφείλονται στην ανάπτυξη της κάπνας πάνω στο μελίτωμα που αφήνουν στα φύλλα των προσβεβλημένων φυτών, η οποία κάπνα εμποδίζει την φωτοσύνθεση και την κανονική ανάπτυξη του σπάδικα. Επίσης είναι φορείς ιώσεων. Ένας ψεκασμός με αφιδοκτόνο προληπτικά πριν την ανθοφορία, όταν η άνοιξη είναι ευνοϊκή για το έντομο, μπορεί να αποδειχθεί σωτήριος. Οι τετράνυχχοι (*Tetranychus* spp., *Paratetranychus* spp.) μπορεί επίσης να προκαλέσουν αδυνάτισμα των φυτών και το σχηματισμό μικρών σπαδικών. Είναι αραχνίδια που εμφανίζονται Ιούλιο-Αύγουστο

στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και δεν φαίνονται με γυμνό μάτι. Πολλαπλασιάζονται πολύ γρήγορα. Όταν εμφανισθούν τα συμπτώματα (δηλαδή μια αρχική φωτεινότητα του φυλλώματος, που γρήγορα μετατρέπεται σε γκρίζο (εικόνα 11), αφυδατωμένο και τελικά καφετί) η ζημιά είναι μη αναστρέψιμη. Η καταπολέμηση είναι δύσκολη, αλλά και η σοβαρή προσβολή είναι σπάνια (ευνοούνται από ζεστό και ξηρό καιρό).



Εικόνα 11:Φύλλο με συμπτώματα προσβολής από τετράνυχο.

Έντομα που τρέφονται από το στέλεχος, τα φύλλα και το σπάδικα:

Το ρόδινο σκουλήκι του καλαμποκιού (*Ostrinianubilalis*), έχει συνήθως τρεις γενεές που επιτίθενται σε όλα τα υπέργεια τμήματα του φυτού κάνοντας έναρξη από το στάδιο που το φυτό έχει ύψος 40-45 cm όπου το συναντάμε να τρέφετε από τα νέα φύλλα που εκπτύσσονται από τη στεφάνη (εικόνα 12). Αργότερα οι μεγαλύτερες προνύμφες εισχωρούν στο στέλεχος και τρέφονται από την εντεριώνη, προκαλώντας έτσι το αδυνάτισμα του στελέχους και το πλάγιασμα μετά από έντονο άνεμο. Στο στάδιο αυτό μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε το μέγεθος της ζημιάς από τα απορρίμματα του εντόμου που βρίσκονται πάνω στα φύλλα και εξέρχονται από την οπή εισόδου του εντόμου στο στέλεχος.



Εικόνα 12:Σκουλήκι του καλαμποκιού (*Ostrinianubilalis*). Προσβολές από νεαρές προνύμφες στα φύλλα. Δεξιά προνύμφη σε μεταγενέστερο στάδιο.

Ακόμη το έντομο προκαλεί ζημιές στις αρσενικές ταξιανθίες και στους σπάδικες. Μεγάλες είναι η ζημιές στις επίσπορες καλλιέργειες και κυρίως όταν οι συνθήκες ευνοήσουν την εμφάνιση και τέταρτης γενεάς. Η καταπολέμηση θα πρέπει να γίνεται προληπτικά κατά την εμφάνιση της πρώτης γενεάς γιατί τότε είναι ευκολότερη και η είσοδος των μηχανημάτων στον αγρό.

Το Πράσινο σκουλήκι (*Heliothisarmigera*), αν και δεν αποκλείεται να βρίσκετε και σε άλλα μέρη του καλαμποκιού, συνήθως ξεκινάει να τρέφετε από τα στίγματα του νεαρού σπάδικα και παράλληλα με την άμεση ζημιά που προκαλεί σ' αυτόν, ανοίγει και δρόμο για δευτερεύουσες προσβολές του σπάδικα από διάφορα παθογόνα που προκαλούν σήψεις.

Κυριότερες ασθένειες του καλαμποκιού:

Διάφορα παθογόνα εδάφους προκαλούν ζημιές στις ρίζες και τα στελέχη των νεαρών φυτών. Τα παθογόνα αυτά ανήκουν στα γένη *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Penicillium* και *Fuzarium*. Ειδικότερα το είδος *Fuzariummaydis* και η αγενής μορφή του *Gibberellazea*, είναι δυνατόν να προκαλέσουν μεγάλες ζημιές στη χώρα μας κάθε έτος. Η αρχική προσβολή γίνεται τόσο από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, όσο και από προσβεβλημένους σπόρους. Ανάλογα με τις συνθήκες τις χρονιάς, η προσβολή προχωρεί στο στέλεχος είτε διεισδύοντας άμεσα από την βάση του κολεού των φύλλων είτε προσβάλλοντας το φυτό από τραύμα που προήλθε από χαλάζι ή έντομο. Αρχικά εγκαθίσταται στα κάτω μεσογονάτια, όπου η εντεριώνη παίρνει ένα πολύ ανοικτό ροζ μεταχρωματισμό. Αργότερα το φυτό φαίνεται να ωριμάζει πριν την ώρα του οπότε τα φύλλα ξαφνικά αλλάζουν όψη γίνονται γκριζοπράσινα και νεκρώνονται. Το αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός μικρού σπάδικα και μεγάλες απώλειες στην απόδοση. Αλλά και στην περίπτωση που προλάβει το φυτό να σχηματίσει ικανοποιητικό σπάδικα, τα στελέχη γίνονται εύθραυστα και το φυτό πλαγιάζει με τον αέρα και τη βροχή.



Εικόνα 13:Ζημιές του καλαμποκιού από Φουζάριο στα στελέχη (δεξιά) και στο σπάδικα (αριστερά).

Χαρακτηριστικό της προσβολής του σπάδικα είναι ο ρόδινος μέχρι ερυθρός μεταχρωματισμός των σπόρων της κορυφής. Αργότερα εμφανίζεται μια ροζ μούχλα πάνω στο σπάδικα που έχει κονιώδη ή βαμβακώδη όψη. Η προσβολή αρχίζει συνήθως από εισόδους που άνοιξαν έντομα στην κορυφή του σπάδικα. Τελικά κατά την ωρίμανση το προσβεβλημένο φυτό είναι καχεκτικό, με μικρό ή καθόλου σπάδικα, ξεριζώνετε πολύ εύκολα και εμφανίζει παντού την χαρακτηριστική ροζ μούχλα. Η επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών, η παρακολούθηση της γονιμότητας του εδάφους και ειδικά της αναλογίας N προς K (υψηλή αναλογία ευνοεί την ασθένεια), η προσοχή στην πυκνότητα σποράς να μην υπερβαίνει την συνιστούμενη, η εναλλαγή καλλιεργειών και το βαθύ παράχωμα ή απομάκρυνση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, ο έλεγχος των προσβολών από έντομα, η έγκαιρη συγκομιδή ώστε να αποφευχθούν απώλειες πлагιάσματος και συνέχιση των αρδεύσεων μέχρι 50-55 μέρες μετά την άνθηση εφ' όσον απαιτείτε είναι μερικά από τα μέτρα που πρέπει να λάβουμε για την πρόληψη των ζημιών από τις ασθένειες που προσβάλλουν τα στελέχη.

Το καλαμπόκι είναι μεν φυτό ταχείας ανάπτυξης, χρειάζεται όμως υψηλές θερμοκρασίες για να αναπτυχθεί. Έτσι κατά τα πρώτα στάδια της καλλιέργειας τα ζιζάνια ανταγωνίζονται το καλαμπόκι και μάλιστα είναι σε θέση να οδηγήσουν σε αποτυχία της καλλιέργειας αν δεν καταπολεμηθούν έγκαιρα. Η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται σήμερα από τους καλλιεργητές καλαμποκιού είναι μία επέμβαση με ζιζανιοκτόνο στην αρχή της καλλιέργειας και ένα φρεζοσκάλισμα το οποίο συνδυάζεται με την επιφανειακή λίπανση όταν το καλαμπόκι έχει ύψος 40-50 cm.

Τα ζιζάνια διακρίνονται σε ετήσια και πολυετή. Ο πολλαπλασιασμός των πολυετών, που είναι και τα πιο δυσεξόντωτα γίνεται με σπόρους, ριζώματα, στόλωνες, κονδύλους και βολβούς.

Ανάλογα με το είδος των ζιζανίων που επικρατούν στο χωράφι είναι και το είδος του ζιζανιοκτόνου που θα χρησιμοποιήσουμε. Ακόμη θα πρέπει να προσέξουμε τον τρόπο εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου που επιλέγουμε. Τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα, εφόσον πετύχουν δεν επιτρέπουν καμία ανάπτυξη ζιζανίου. Στα μεταφυτρωτικά θα πρέπει να μην καθυστερήσει η επέμβαση, γιατί θα έχει γίνει ήδη η ζημία.

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων είναι επιτυχής, εφόσον τηρούνται οι παρακάτω οδηγίες:

- Αναγνωρίζουμε τα ζιζάνια και τον πολλαπλασιασμό τους.
- Επιλέγουμε το κατάλληλο ζιζανιοκτόνο και τον χρόνο εφαρμογής του.
- Λαμβάνουμε υπόψη την υπολλειματικότητα του και την επόμενη καλλιέργεια.
- Χρησιμοποιούμε μπεκ τύπου σκούπας, τα οποία προηγουμένως τα έχουμε ελέγξει και ρυθμίσει, ώστε να διασκορπίζουν ομοιόμορφα και με την σωστή δόση το ψεκαστικό υγρό.
- Εφαρμόζουμε γενικά τις οδηγίες των παρασκευαστών.

Τα ζιζανιοκτόνα εφαρμόζονται:

- Προσπαρτικά με ενσωμάτωση
- Μετασπαρτικά – Προφυτρωτικά. Απαιτείται ελαφρό πότισμα αν δεν βρέξει.
- Μεταφυτρωτικά (Διαδίκτυο 8)

2.4 Άρδευση

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 κατανεμημένα 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. 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. Οι απαιτήσεις του φυτού στα πρώτα στάδια ανάπτυξής του είναι χαμηλές και θα πρέπει εφόσον είναι επαρκής η εδαφική υγρασία να καθυστερούμε το πρώτο πότισμα για να πιέσουμε το φυτό να αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα που θα βοηθήσει στην καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του εδάφους και θα μειωθούν οι κίνδυνοι πλαγιάσματος. Η ποσότητα και ο χρόνος του επόμενου ποτίσματος εξαρτάται από το έδαφος. Στα ελαφρότερα εδάφη κάνουμε συχνότερα

ποτίσματα με λιγότερο νερό (μέχρι 40 χιλιοστά), ενώ στα βαρύτερα αραιότερα ποτίσματα με περισσότερο νερό (έως 60 χιλιοστά). Οικονομία στο νερό άρδευσης κάνουμε με την αραιή σπορά, καταπολέμηση ζιζανίων, την προσθήκη των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων και την κατάλληλη κατεργασία του εδάφους. Στη χώρα μας χρησιμοποιείται τόσο η άρδευση με καταιονισμό, όσο και η άρδευση με αυλάκια, αλλά μερικές φορές και η άρδευση με σταγόνες. Οι σταγόνες και τα αυλάκια πλεονεκτών από την άποψη ότι γίνεται καλύτερη οικονομία στο νερό, αλλά ο καταιονισμός φαίνεται ότι απαιτεί λιγότερα εργατικά και είναι ο επικρατέστερος. (Διαδίκτυο 9)

2.5 Θρέψη - Λίπανση

Το Καλαμπόκι λόγω της μεγάλης ποσότητας βιομάζας που παράγει, απορροφά μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων. 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. Ελλειμματική παρουσία αυτών στο έδαφος σε αφομοιώσιμη μορφή δημιουργεί τροφοπενίες, με συνέπεια την μείωση των αποδόσεων. Η ευχέρεια απορρόφησης αυτών των θρεπτικών στοιχείων εξαρτάται από την χημική, μηχανική σύσταση του εδάφους και την αλληλεπίδραση μεταξύ των.

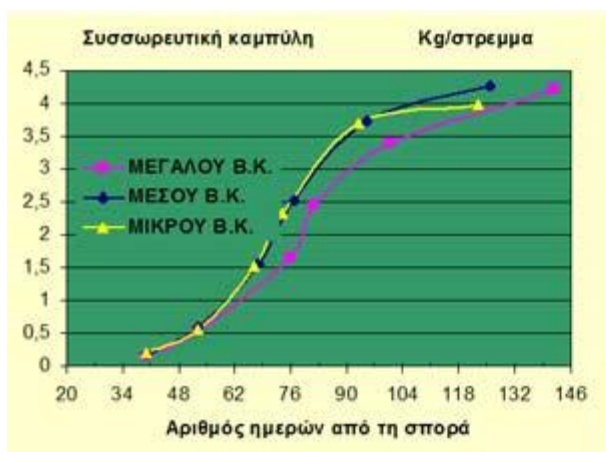
Θρεπτικό στοιχείο	Σύνολο απορρόφησης Kg	Κατανομή %	
		ΚΑΡΠΟΣ	ΦΥΛΛΑ ΣΤΕΛΕΧΗ
ΑΖΩΤΟ	19,400	75	25
ΦΩΣΦΟΡΟΣ	2,700	84	16
ΚΑΛΙΟ	13,800	28	72
ΜΑΓΝΗΣΙΟ	1,400	33,9	66,1
ΑΣΒΕΣΤΙΟ	2,700	44,6	55,4
ΒΟΡΙΟ	0,016	41,3	58,7
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	0,028	50	50
ΜΑΓΓΑΝΙΟ	0,031	41,8	58,2
ΣΙΔΗΡΟΣ	0,119	19,4	80,6
ΧΑΛΚΟΣ	0,007	74,5	25,5

Πίνακας 1: Ποσότητες σε κιλά διαφόρων θρεπτικών στοιχείων που απορροφά η καλλιέργεια για παραγωγή 1000 κιλών καρπού/στρέμμα και κατανομή στα διάφορα φυτικά μέρη Καλαμποκιού.

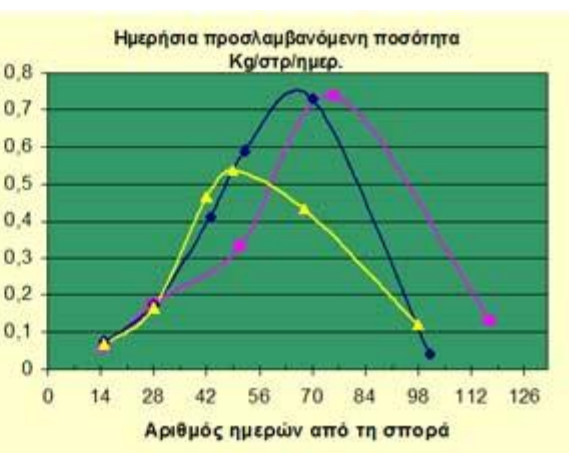
Πειράματα του Ινστιτούτου Σιτηρών Θεσσαλονίκης που έγιναν σε διάφορες τοποθεσίες, αντιπροσωπευτικές των κυριότερων περιοχών όπου καλλιεργείται το καλαμπόκι (ΣΓΕ Ξάνθης, ΣΓΕ Σερρών, ΣΓΕ Βαρδατών Λαμίας και Ινστιτούτο Σιτηρών στο κεντρικό αγρόκτημα και το αγρόκτημα Νέας Ζωής), έδωσαν αποτελέσματα τα οποία θεωρήθηκαν αντιπροσωπευτικά για τη χώρα μας (Κατσαντώνης κ.α 1988^α, Κατσαντώνης κ.α 1988^β, Κατσαντώνης κ.α 1988^γ, Σφακιανάκης κ.α 1989). Επίσης κατά τα έτη 1989 και 1990, εγκαταστάθηκαν πειραματικοί σε πλούσιο και καλά λιπασμένο με όλα τα μικρό- και μακρό-στοιχεία έδαφος, με σκοπό τη μελέτη της πρόσληψης κυρίως των μικροστοιχείων από το φυτό (Κατσαντώνης και Ευγενίδης 1995, Κατσαντώνης κ.α 1997^α, Κατσαντώνης κ.α.1997^β). Από όλα τα παραπάνω πειράματα προέκυψε ότι για την παραγωγή 1000 κιλών ανά στρέμμα καρπού, απαιτούνται /στρέμμα: 19,4 κιλά Αζώτου, 2,7 κιλά Φωσφόρου, 13,8 κιλά Καλίου, 1,4 κιλά Μαγνησίου, 2,7 κιλά Ασβεστίου και μικροποσότητες ιχνοστοιχείων, που φαίνονται στον Πίνακα III-1. Από πειραματικά προέκυψε επίσης ότι, η μετακίνηση των θρεπτικών στοιχείων στον καρπό κατά την ωρίμανση ήταν, για το Άζωτο 75%, τον Φώσφορο 84%, το Κάλιο 28% και για τα λοιπά στοιχεία, όπως φαίνεται στον Πίνακα III-1. Από τα στοιχεία αυτά φαίνεται ότι με τον καρπό απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος του N και P, ενώ το K μένει στο έδαφος με τα στελέχη και τα φύλλα. Σε περίπτωση που το Καλαμπόκι συγκομίζεται ολόκληρο το φυτό, απομακρύνεται το μεγαλύτερο ποσοστό όλων των θρεπτικών στοιχείων. Οι απαιτήσεις μεταβάλλονται επίσης ανάλογα με την αναμενόμενη απόδοση: υβρίδια διαφορετικού βιολογικού κύκλου έχουν διαφορετικές απαιτήσεις όπως φαίνεται και στον Πίνακα III-2. Ο ρυθμός πρόσληψής των από το φυτό διαφέρει ανάλογα με το θρεπτικό στοιχείο και ανάλογα με το υβρίδιο. Γενικά, είναι βραδύς στα πρώτα βλαστικά στάδια ανάπτυξης, επιταχυνόμενος κατά μέσο όρο μετά την 50^η μέρα από τη σπορά μέχρι το αναπαραγωγικό στάδιο. Κατά το γέμισμα του σπόρου ο ρυθμός απορρόφησης μειώνεται βαθμιαία (εικόνες 14-I, 14-II, 14-III).



ΕΙΚΟΝΑ 14-I:Συσσώρευση Αζώτου και ημερήσιες απαιτήσεις των φυτών σε Αζωτο κατά την διάρκεια ανάπτυξης τριών υβριδίων διαφορετικού βιολογικού κύκλου.



ΕΙΚΟΝΑ 14-II:Συσσώρευση Φωσφόρου και ημερήσιες απαιτήσεις των φυτών σε Φώσφορο κατά την διάρκεια ανάπτυξης τριών υβριδίων διαφορετικού βιολογικού κύκλου.



ΕΙΚΟΝΑ 14-III:Συσσωρευση Καλίου και ημερήσιες απαιτήσεις των φυτών σε Κάλιο κατά την διάρκεια ανάπτυξης τριών υβριδίων διαφορετικού βιολογικού κύκλου.

Εκτός από τις απαιτήσεις του φυτού και η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αναλύσεις του εδάφους και η ανάγκη διατήρησης της γονιμότητας τους.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού «Δήμητρα» προτείνονται τα παρακάτω για κάθε θρεπτικό στοιχείο και για 1000 κιλά καρπού /στρέμμα:

Άζωτο: 20-25 μονάδες /στρ. Καλό είναι το μισό της ποσότητας αυτής να χορηγείται σε αμμωνιακή μορφή κατά τη σπορά και το υπόλοιπο σε νιτρική μορφή όταν τα φυτά έχουν ύψος 50-60 εκ. Οι ανάγκες παρουσιάζονται νωρίς και το φυτό πρέπει να έχει διαθέσιμο το άζωτο από το φύτεμα μέχρι την φυσιολογική ωρίμανση. Τα περισσότερα Ελληνικά εδάφη είναι φτωχά σε άζωτο (λόγω μικρής περιεκτικότητας σε οργανική ουσία) και η καλλιέργεια το καταναλώνει γρήγορα. Ο μόνος τρόπος αναπλήρωσης είναι η λίπανση. Οι συνηθισμένες μορφές λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται είναι η φωσφορική αμμωνία (20-10-0), η νιτρική αμμωνία (33,5-0-0), η άνυδρος αμμωνία, η ουρία κλπ. Μια σωστή λίπανση με N θα πρέπει να συνοδεύεται από αναλύσεις νιτρικών πριν και κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, μέχρι ο παραγωγός να καταφέρει να πετύχει την κατάλληλη δοσολογία για το χωράφι του. Οι παραγωγοί κατηγορούνται ότι με τις υπερλίπανσεις είναι υπεύθυνοι για τις μολύνσεις των υπογείων υδάτων σε πολλές περιοχές. Χρειάζεται συνεπώς προσοχή και για έναν επιπλέον λόγο εκτός του μεγαλύτερου κόστους που συνεπάγεται η υπερλίπανση. Στην μείωση της αζωτούχου λίπανσης είναι δυνατόν να βοηθήσει και η αμειψισπορά με λιγότερο απαιτητικές σε άζωτο καλλιέργειες.

Φωσφόρος: Ανάλογα με το καλλιεργητικό ιστορικό και τη λίπανση που έγινε τα προηγούμενα χρόνια, 0-6 μονάδες /στρ. Χορηγείται κατά τη σπορά. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήσαμε φωσφορική αμμωνία, με το Άζωτο υπερκαλύπτουμε και τις ανάγκες σε Φώσφορο. Ο φωσφόρος δεν μετακινείται στα κατώτερα στρώματα του εδάφους, ούτε και ξεπλένεται εύκολα.

Κάλιο: Τα πειράματα του Ινστιτούτου Σιτηρών δεν έδειξαν αντίδραση της καλλιέργειας του καλαμποκιού στην καλιούχο λίπανση, παρά τις μεγάλες απαιτήσεις του φυτού σε κάλιο. Όταν αποδειχθεί έλλειψη του μετά από εδαφοανάλυση, χορηγείται σε ποσότητα 25 μονάδες /στρ. κατά τη σπορά. Συνήθως τα εδάφη στη

χώρα μας έχουν επαρκή ποσότητα Καλίου, εκτός των οργανικών, όπως στα Τενάγη Φιλιππων, όπου είναι απαραίτητη η προσθήκη Καλίου.

Ιχνοστοιχεία: Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, οι ποσότητες που χρειάζεται το φυτό είναι πολύ μικρές και φαίνεται ότι είναι διαθέσιμες σχεδόν σε όλα τα κανονικά εδάφη της χώρας μας. Πράγματι σε λίγες περιπτώσεις (οργανικά εδάφη ή εδάφη με μεγάλες συγκεντρώσεις P) παρατηρήθηκε τροφοπενία ιχνοστοιχείων, με πιο συνηθισμένη την τροφοπενία Zn, η οποία παρουσιάζεται περισσότερο στο πρώτο βλαστικό στάδιο ανάπτυξης του φυτού, προκαλώντας χλώρωση των μεσαίων φύλλων και επιβράδυνση της ανάπτυξης. Περιπτώσεις ελλείψεως ιχνοστοιχείων αντιμετωπίζονται με τη χορήγηση αυτών είτε από το έδαφος σε ανόργανη μορφή κατά την σπορά, είτε διαφυλλικά σε οργανική μορφή, σε ποσότητες που καθορίζονται μετά από ανάλυση του εδάφους ή από τις εκτιμήσεις των τοπικών Γεωπόνων.

Η λίπανση Καλαμποκιού θα είναι επιτυχής, εφόσον λαμβάνει υπόψη τους παρακάτω παράγοντες:

1. Το έδαφος με τη χημική και μηχανική του σύσταση
2. Την προηγούμενη καλλιέργεια και λίπανση
3. Την πρωιμότητα του υβριδίου και την αναμενόμενη απόδοση
4. Την καλλιέργεια για καρπό ή ενσίρωση (Διαδίκτυο 10)

ΥΒΡΙΔΙΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ FAO	Απόδοση καρπού σε υγρ. 15.5% (κιλά/στρ.)	Συνολική πρόσληψη (κιλά/στρ.)			Ποσότητα που προσλήφθηκε για παραγωγή 1000 κιλών καρπού (κιλά/στρ.)		
			N	P	K	N	P	K
<i>DONA</i>	800	1714 a	34.6 a	4.24 a	24.1 a	20.5 a	2.5 c	14.2 a
<i>APHΣ</i>	700	1567 b	29.2 b	4.20 a	20.3 b	19.0 b	2.7 b	13.2 b
<i>DAMON</i>	600	1306 c	25.4 c	3.97 b	18.8 c	19.5 ab	3.0 a	14.6 a
<i>CV%</i>		5.7	3.8	3.1	6.2	7.3	6.2	10.6

Πίνακας 2: Μέσοι όροι απόδοσης καρπού και συνολικής πρόσληψης N, P, K από τρία υβρίδια διαφορετικού βιολογικού κύκλου (μέσοι όροι δύο ετών).

3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΥ

3.1 Εισαγωγή

Η καλλιέργεια του καλαμποκιού αντιδρά θεαματικά στην αζωτούχο λίπανση, ιδιαίτερα σε αμμώδη εδάφη. Στην περιοχή της Μεσσηνίας, η καλλιέργεια του αραβόσιτου γίνεται σε ελαφρά έως μέσης μηχανικής σύστασης εδάφη, ελαφρώς όξινα, όπου το άζωτο έχει εκπλυθεί από το επιφανειακό στρώμα, κυρίως λόγω της υψηλής βροχόπτωσης, των μεγάλων επί σειρά ετών αρδευτικών δόσεων. Η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιμασμάτων έχει ως αποτέλεσμα κατά την περίοδο των μεγάλων απαιτήσεων σε θρεπτικά στοιχεία και νερό να παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση νιτρικών στα υπόγεια νερά

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης σε σχέση με δυο επίπεδα άρδευσης 70% και 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους στην ανάπτυξη του φυτού, στη συσσώρευση οργανικής ξηρής βιομάζας του φυτού, στην απόδοση του αραβόσιτου.

3.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στα πλαίσια εκπόνησης πτυχιακής εργασίας μελετήθηκε η επίδραση των δόσεων αζώτου σε συνδυασμό με P_2O_5 και K_2O σε σχέση με δυο επίπεδα άρδευσης 70% και 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους στην ανάπτυξη, συσσώρευση οργανικής ξηρής βιομάζας του φυτού, στην απόδοση του αραβόσιτου..

Οι πειραματικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν στο αγρόκτημα του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (Τ.Ε.Ι) Καλαμάτας ογρός στον αγρό, δίπλα στα υπάρχοντα θερμοκήπια.

3.2.2 Κλιματολογικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής

Η Μεσσηνία και η ευρύτερη περιοχή της Νότιας –Νοτιοδυτικής Πελοποννήσου ξεχωρίζει από άλλες περιοχές για το ήπιο κλίμα της. Στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας της περιόδου 1956-2010 δίνουν ελάχιστη θερμοκρασία κατά το χειμώνα σπάνια να κατεβαίνει στους $0^{\circ}C$. Σπάνια συμβαίνουν παγετοί και χαλάζι που κάνουν καταστροφές στις καλλιέργειες. Μέση θερμοκρασία Ιανουαρίου $10,5^{\circ}C$. Μέση μέγιστη και μέση ελάχιστη $15,3$ και $18,2^{\circ}C$ αντίστοιχα.

Η ηλιοφάνεια (3000h/ετησίως) επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα, αλλά κύρια την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων με πολλά αρωματικά συστατικά. Το ύψος

των βροχοπτώσεων είναι 800mm, ικανοποιητικό, αλλά άνισα καταμετρημένο. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους δίνονται στον πίνακα 1

3.2.2 Εδαφικά χαρακτηριστικά

Στον πίνακα.1. παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Μηχανική σύσταση	Άμμος 79,24 %	Ίλύς 10,1 %	Άργιλος 10,66%	Αμμοαργιλώδες
pH (1:1)	6,39 (ελαφρά όξινο έως ουδέτερο)			
Αγωγιμότητα (EC)%	454ms/cm			
CaCO ₃	11,07			
Οργανική ουσία %	4,20			
Αφομοιώσιμος P	46,44 ppm			
Ανταλλάξιμα K	0,6 meq/100gr εδάφους			
“ Na	0,16 meq/100gr εδάφους			
Ολικά ιχνοστοιχεία Fe	1,653			
“ Cu	2,78			
“ Zn	3,311			
“ Mn	3,45			
Βαριά μέταλλα Cd	0			
“ Pb	4,528			

Από τα παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το έδαφος του πειραματικού από άποψη μηχανικής σύστασης περιέχει άργιλο 10,6%,ίλυς 10.1% και άμμο 79,24% και χαρακτηρίζεται ως αμμοαργιλώδες. Η περιεκτικότητα σε CaCO₃ ήταν 11,07%.Το pH πάστας ήταν 6,39, δηλαδή ελαφρά όξινο έως ουδέτερο, με ελάχιστη περιεκτικότητα σε υδροδιαλυτά άλατα.

3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Το σχέδιο του πειραματικού ήταν εκείνο των τυχαιοποιημένων ομάδων και με ακόλουθες μεταχειρίσεις

Μεταχείριση	Εδαφική υγρασία 70% της υδατοϊκανότητας	Εδαφική υγρασία 40% της υδατοϊκανότητας
1	N: 0 kg/στρ	N: 0 ,Kg/στρ.
	P: 10Kg/στρ. K: 10Kg/στρ.	P: 10Kg/στρ. K: 10Kg/στρ.
2	N: 16 Kg/στρ.	N: 16 Kg/στρ.
	P: 10Kg/στρ. K: 10Kg/στρ.	P: 10Kg/στρ. K: 10Kg/στρ
3	N: 24 Kg/στρ.	N: 24Kg/στρ.
	P: 10Kg/στρ. K: 10Kg/στρ	P: 10Kg/στρ. K: 10Kg/στρ

Οι αριθμητικοί συντελεστές εκφράζουν τις ποσότητες των λιπασμάτων που προστεθήκαν σε χιλιόγραμμα ανά στρέμμα στην καλλιέργεια αραβόσιπου. Τα επίπεδα του αζώτου ήταν 0, 16 και 24 Kg/ στρέμμα, ενώ του P₂O₅ και του K₂O διατηρήθηκαν σταθερά στα 10Kg/στρέμμα. Υπήρχε μάρτυρας χωρίς λίπανση.

Το πειραματικό σχέδιο περιλάμβανε 6 μεταχειρίσεις σε 3 επαναλήψεις και σε δυο επίπεδα υδατοχωρητικότητας του εδάφους (70% και 40% αντίστοιχα).

Πριν την εγκατάσταση του πειραματικού στις 22/04/2008 πάρθηκαν διαγώνια δείγματα εδάφους. Πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο ο προσδιορισμός της υδατοχωρητικότητας του εδάφους. Στη συνέχεια, έγινε η χάραξη των τεμαχίων στο

χωράφι. Οι διαστάσεις του κάθε τεμαχίου ήταν 3x4 m, με 4 σειρές φυτών ανά 75cm στο τεμάχιο, από τις οποίες η δυο (2) ήταν πειραματικές. Στη βασική λίπανση, σκορπίστηκαν ανά τεμάχιο όλη η ποσότητα του φώσφορου, του καλίου και το 30% του αζώτου (5 μονάδες) και (8 μονάδες) αντίστοιχα. Κατόπιν ενσωματώθηκαν με την φρέζα σε βάθος 18-22cm. Το υπόλοιπο άζωτο δόθηκε σε δυο επιφανειακές λιπάνσεις και ενσωματώθηκε με το πότισμα. Ο τύπος των λιπασμάτων ήταν θειική αμμωνία (21-0-0 N), νιτρική αμμωνία (34,5-0-0 N), υπερφωσφορικό (0-20-0P205) και θειικό κάλιο (0-0-45 K2O).

Η σπορά έγινε με το χέρι στις 23/04/2008. Η άρδευση των φυτών έγινε με την τεχνητή βροχή, η υγρασία του εδάφους διατηρήθηκε σε 70% και 40% της υδατοικανότητας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Σε όλα τα τεμάχια εφαρμόστηκαν ομοιόμορφα οι ενδεδειγμένες καλλιεργητικές φροντίδες, με το συνήθη τρόπο καλλιεργητικής πρακτικής στην περιοχή. Γενικά εξασφαλίστηκαν άριστες συνθήκες για την ανάπτυξη του αραβόσιτου.

Η συγκομιδή έγινε από κάθε τεμάχιο χωριστά. Επακολούθησε ζύγιση σοδιάς από τις δυο πειραματικές σειρές και στη συνέχεια έγινε αναγωγή στο στρέμμα της απόδοσης του αραβόσιτου. Πριν την συγκομιδή έγιναν μετρήσεις του ύψους των φυτών, της παραχθείσας βιομάζας φρέσκου και ξηρού βάρους των σπαδίκων, των στελεχών, φύλλων.

Προσδιορίστηκαν το ολικό N, ο φώσφορος και το κάλιο.

Το ολικό άζωτο στους φυτικούς ιστούς προσδιορίστηκε με την μέθοδο Kjeldal (Jackson, 1958) και με την μέθοδο της ινδοφαινόλης.

Το ολικό K και ο φώσφορος προσδιορίστηκαν με καύση των δειγμάτων σε 550⁰C και την μεταφορά του P και K στο διάλυμα, όπου το μεν K προσδιορίστηκε φλογοφωτομετρικά, ο δε P χρωματόμετρα με την ανάπτυξη του κίτρινου φωσφοβαναδικούσύνπλοκου.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

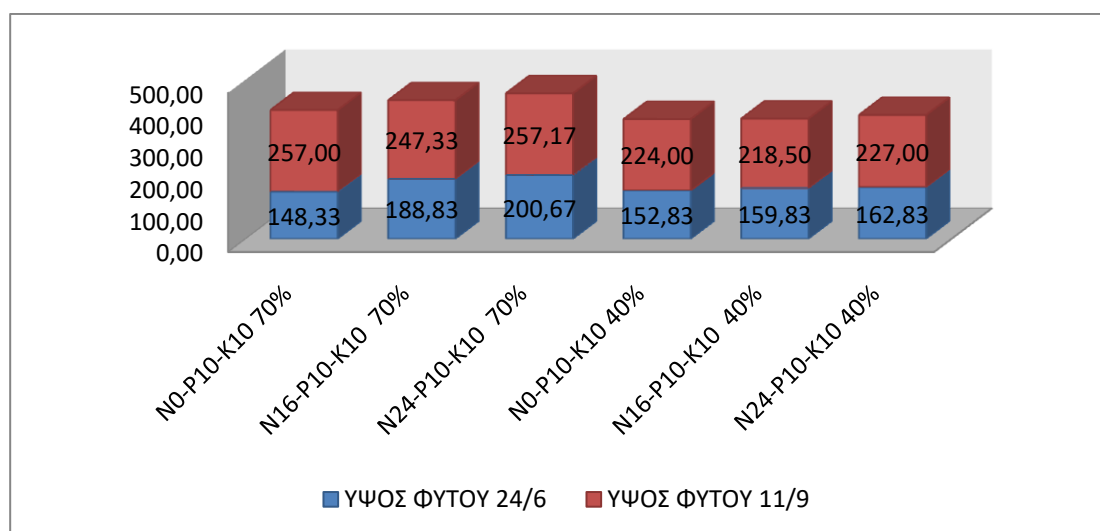
Σύμφωνα με τα ληφθέντα αποτελέσματα μελετήθηκε η επίδραση των επιπέδων του αζώτου σε σχέση με την υγρασία του εδάφους (70% και 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους) στην ανάπτυξη του φυτού (ρίζα, διάμετρος στελέχους, γόνατα), στην συσσώρευση νωπής και ξηρής φυτομάζας, στο βάρος χιλίων κόκκων και στην απόδοση του καλαμποκιού ανά στρέμμα. Πάρθηκαν μετρήσεις για την ανάπτυξη του φυτού σε δύο στάδια, η πρώτη αφορά την ανάπτυξη του καλαμποκιού δύο μήνες μετά την σπορά και η δεύτερη την ολοκλήρωση του βιολογικού του κύκλου. Οι μετρήσεις έγιναν σε κάθε τεμάχιο χωριστά και στην συνέχεια προσδιορίστηκε ο μέσος όρος ανά μεταχείριση.

Στους πίνακες και στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία για τους παραπάνω αναφερόμενους παραμέτρους.

Πίνακας 1: Επίδραση των επιπέδων N στο ύψος των φυτών

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΥΨΟΣ ΦΥΤΟΥ 24/6	ΥΨΟΣ ΦΥΤΟΥ 11/9
N0-P10-K10 70%	148,33	257,00
N16-P10-K10 70%	188,83	247,33
N24-P10-K10 70%	200,67	257,17
N0-P10-K10 40%	152,83	224,00
N16-P10-K10 40%	159,83	218,50
N24-P10-K10 40%	162,83	227,00

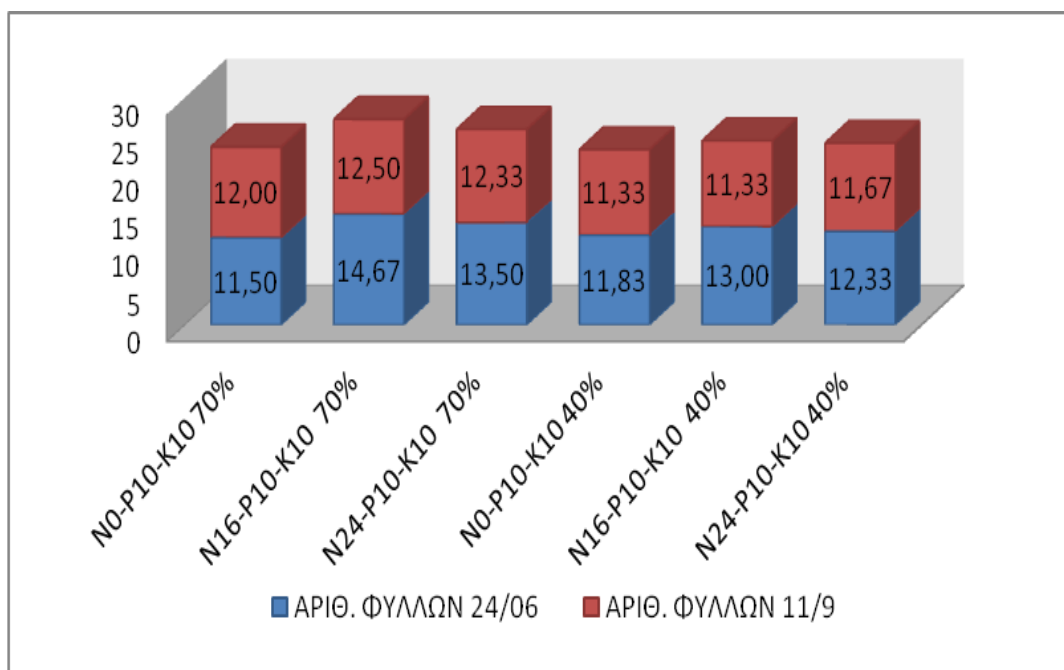
Σχεδιάγραμμα 1: Επίδραση των επιπέδων N στο ύψος των φυτών



Πίνακας 2: Επίδραση των επιπέδων N στον αριθμό φύλλων των φυτών

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο αριθμ. φύλλων 24/06	11/9
N0-P10-K10 70%	11,50	12,00
N16-P10-K10 70%	14,67	12,50
N24-P10-K10 70%	13,50	12,33
N0-P10-K10 40%	11,83	11,33
N16-P10-K10 40%	13,00	11,33
N24-P10-K10 40%	12,33	11,67

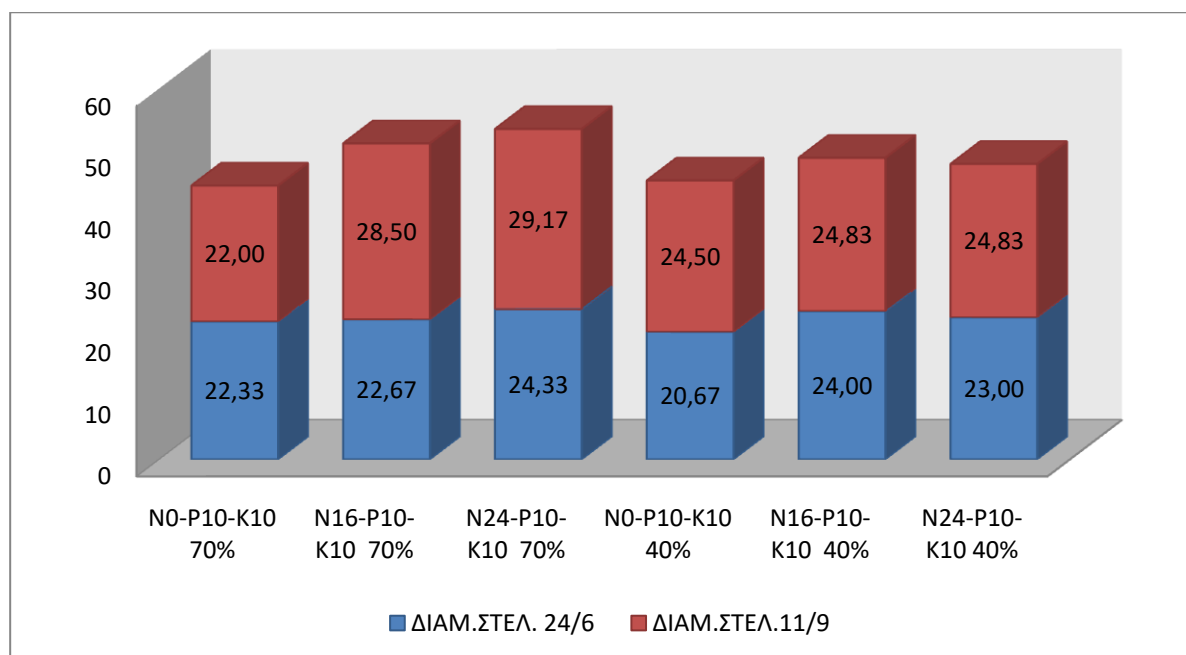
Σχεδιάγραμμα 2: Επίδραση των επιπέδων N στον αριθμό φύλλων των φυτών



Πίνακας 3: Επίδραση των επιπέδων N στην διάμετρο του στελέχους του καλαμποκιού (σε mm)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο διαμ. Στελέχους 24/6 (σε mm)	11/9 (σε mm)
N0-P10-K10 70%	22,33	22,00
N16-P10-K10 70%	22,67	28,50
N24-P10-K10 70%	24,33	29,17
N0-P10-K10 40%	20,67	24,50
N16-P10-K10 40%	24,00	24,83
N24-P10-K10 40%	23,00	24,83

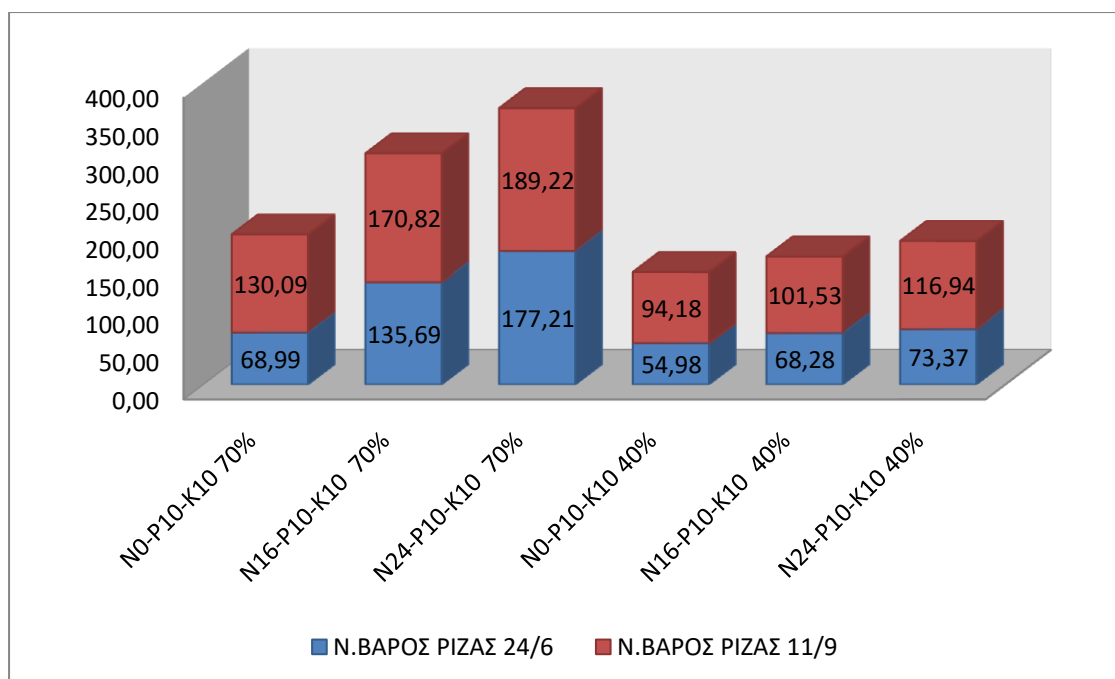
Σχεδιάγραμμα 3: Επίδραση των επιπέδων N στην διάμετρο του στελέχους του καλαμποκιού (σε mm)



Πίνακας 4: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος ρίζας των φυτών (gr)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο Ν. βάρος ρίζας 24/6gr	11/9 gr
N0-P10-K10 70%	68,99	130,09
N16-P10-K10 70%	135,69	170,82
N24-P10-K10 70%	177,21	189,22
N0-P10-K10 40%	54,98	94,18
N16-P10-K10 40%	68,28	101,53
N24-P10-K10 40%	73,37	116,94

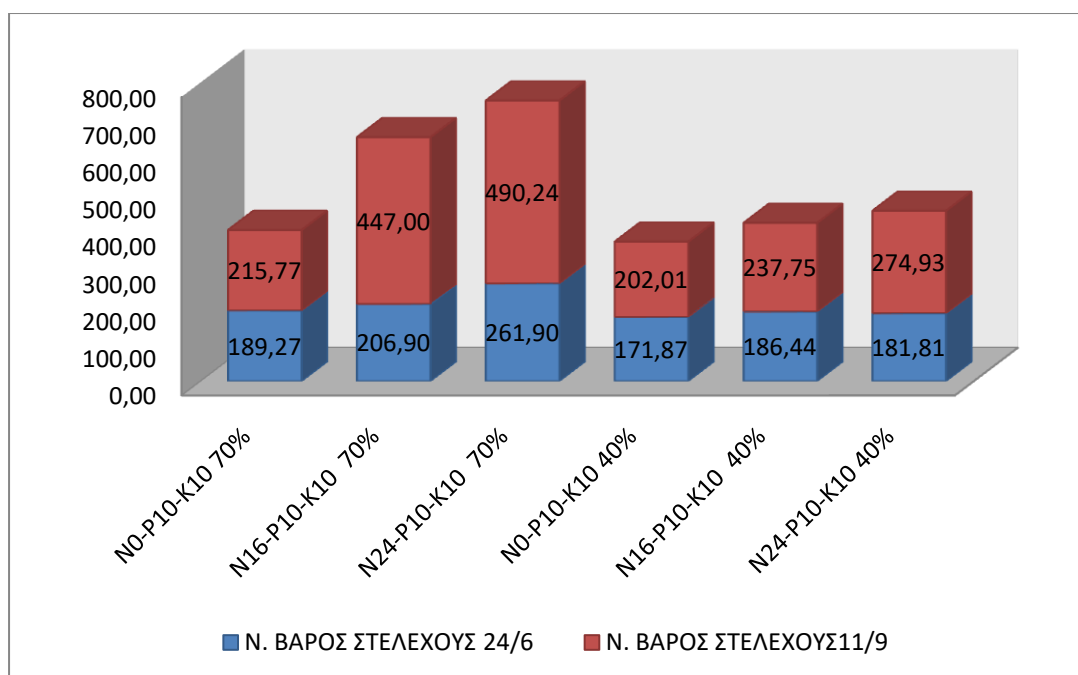
Σχεδιάγραμμα 4: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος ρίζας των φυτών (gr)



Πίνακας 5: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος στελέχους των φυτών (σε gr)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο N. Βάρος στελέχους 24/6gr	Μ.Ο N. Βάρος στελέχους 11/9gr
N0-P10-K10 70%	189,27	215,77
N16-P10-K10 70%	206,90	447,00
N24-P10-K10 70%	261,90	490,24
N0-P10-K10 40%	171,87	202,01
N16-P10-K10 40%	186,44	237,75
N24-P10-K10 40%	181,81	274,93

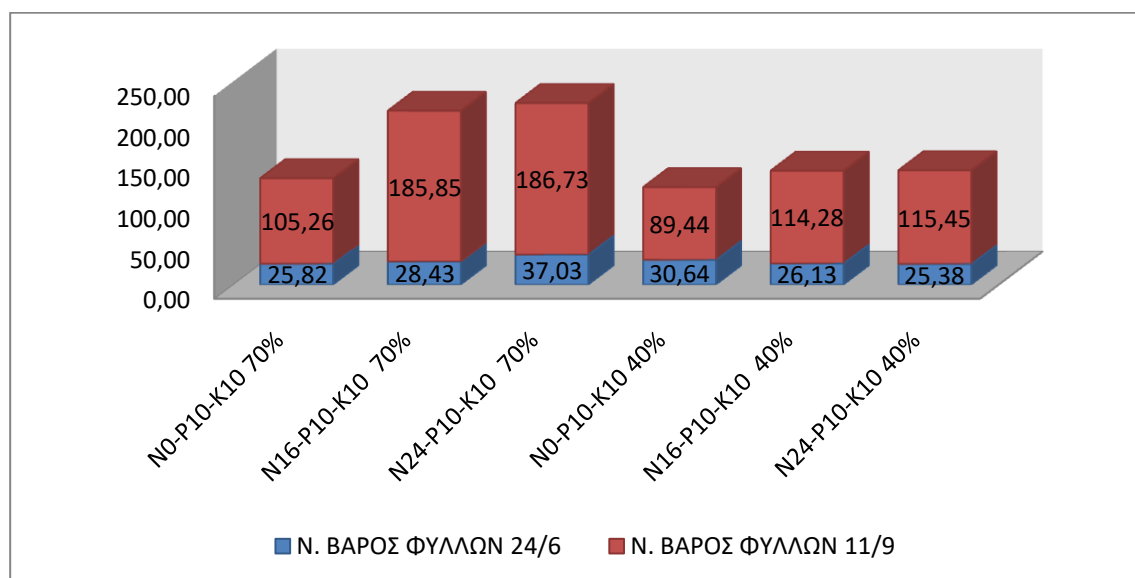
Σχεδιάγραμμα 5: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος στελέχους των φυτών (σε gr)



Πίνακας 6: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος φύλλων των φυτών (σε gr)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο N. Βάρος φύλλων 24/6gr	Μ.Ο N. Βάρος φύλλων 11/9gr
N0-P10-K10 70%	25,82	105,26
N16-P10-K10 70%	28,43	185,85
N24-P10-K10 70%	37,03	186,73
N0-P10-K10 40%	30,64	89,44
N16-P10-K10 40%	26,13	114,28
N24-P10-K10 40%	25,38	115,45

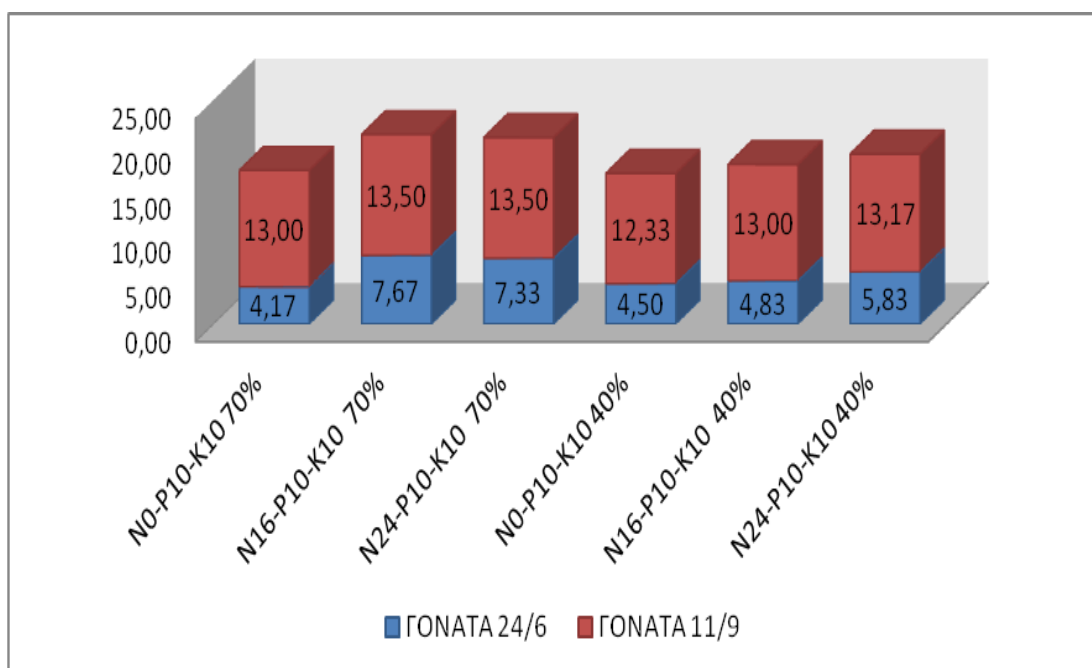
Σχεδιάγραμμα 6: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος φύλλων των φυτών (σε gr)



Πίνακας 7: Επίδραση των επιπέδων N στην εμφάνιση γονάτων του καλαμποκιού

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο Αριθ. γονάτων 24/6	Μ.Ο Αριθ. γονάτων 11/9
N0-P10-K10 70%	4,17	13,00
N16-P10-K10 70%	7,67	13,50
N24-P10-K10 70%	7,33	13,50
N0-P10-K10 40%	4,50	12,33
N16-P10-K10 40%	4,83	13,00
N24-P10-K10 40%	5,83	13,17

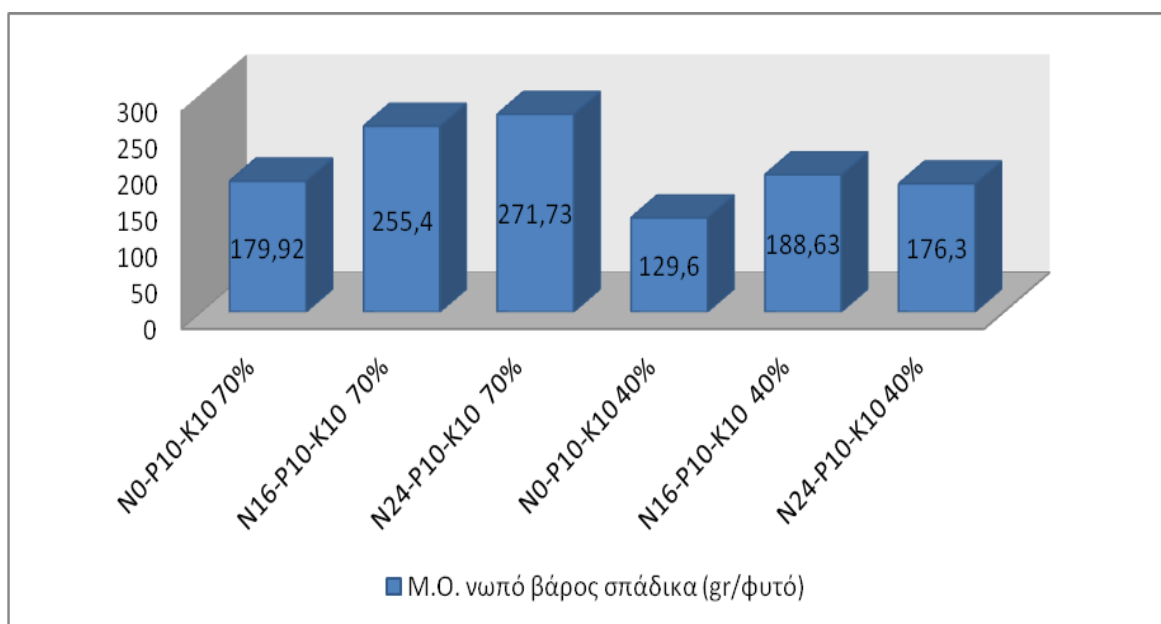
Σχεδιάγραμμα7:Επίδραση των επιπέδων N στην εμφάνιση γονάτων του καλαμποκιού



Πίνακας 8: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος του σπάδικα (gr/φυτό)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο. νωπό βάρος σπάδικα (gr/φυτό)
N0-P10-K10 70%	179,92
N16-P10-K10 70%	255,4
N24-P10-K10 70%	271,73
N0-P10-K10 40%	129,6
N16-P10-K10 40%	188,63
N24-P10-K10 40%	176,3

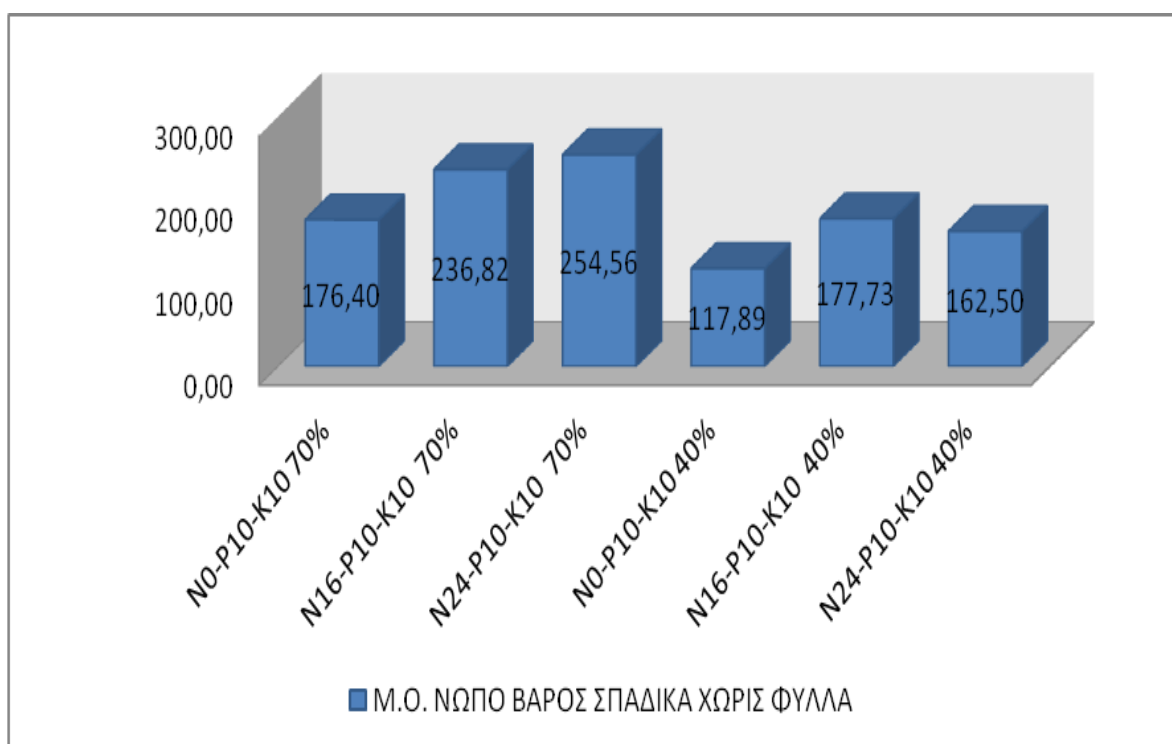
Σχεδιάγραμμα 8: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος του σπάδικα (gr/φυτό)



Πίνακας 9: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος του σπάδικα χωρίς φύλλα (gr/φυτό)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο. ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ ΧΩΡΙΣ ΦΥΛΛΑgr/φυτό
N0-P10-K10 70%	176,40
N16-P10-K10 70%	236,82
N24-P10-K10 70%	254,56
N0-P10-K10 40%	117,89
N16-P10-K10 40%	177,73
N24-P10-K10 40%	162,50

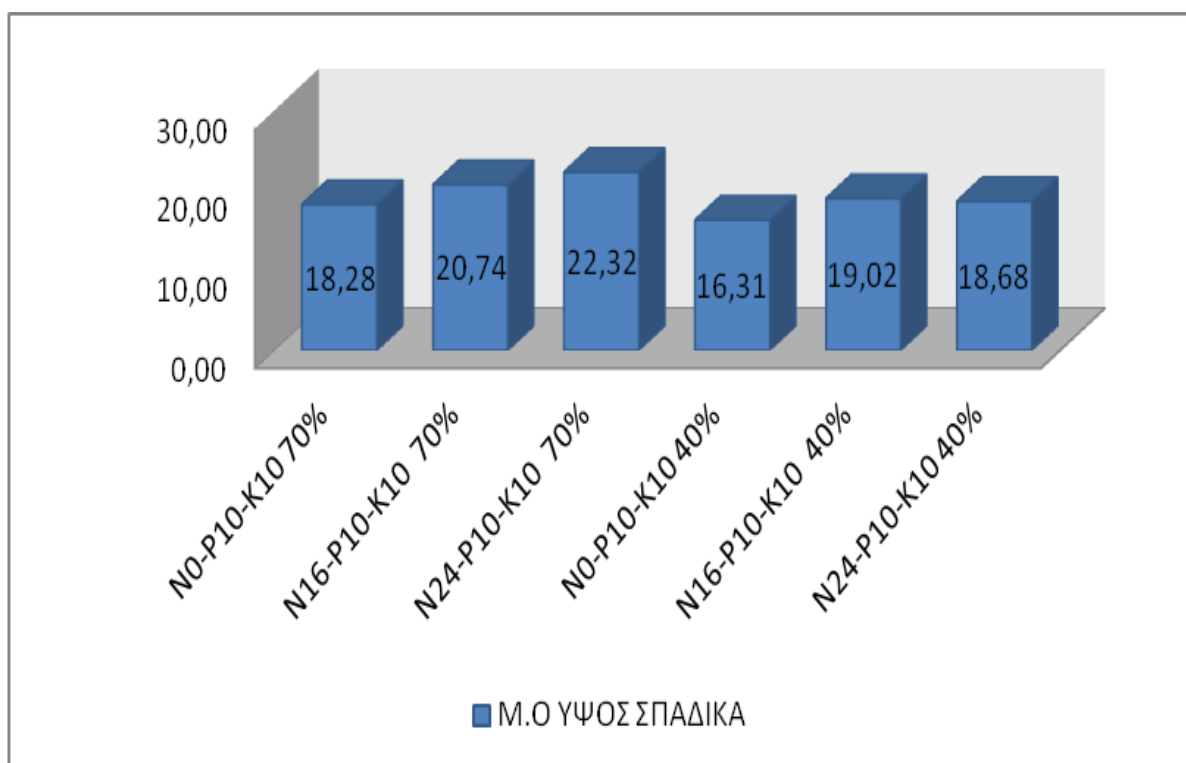
Σχεδιάγραμμα 9: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος του σπάδικα χωρίς φύλλα (gr/φυτό)



Πίνακας 10:Επίδραση των επιπέδων N στο μήκος του σπάδικα(cm)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο ΥΨΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑcm
N0-P10-K10 70%	18,28
N16-P10-K10 70%	20,74
N24-P10-K10 70%	22,32
N0-P10-K10 40%	16,31
N16-P10-K10 40%	19,02
N24-P10-K10 40%	18,68

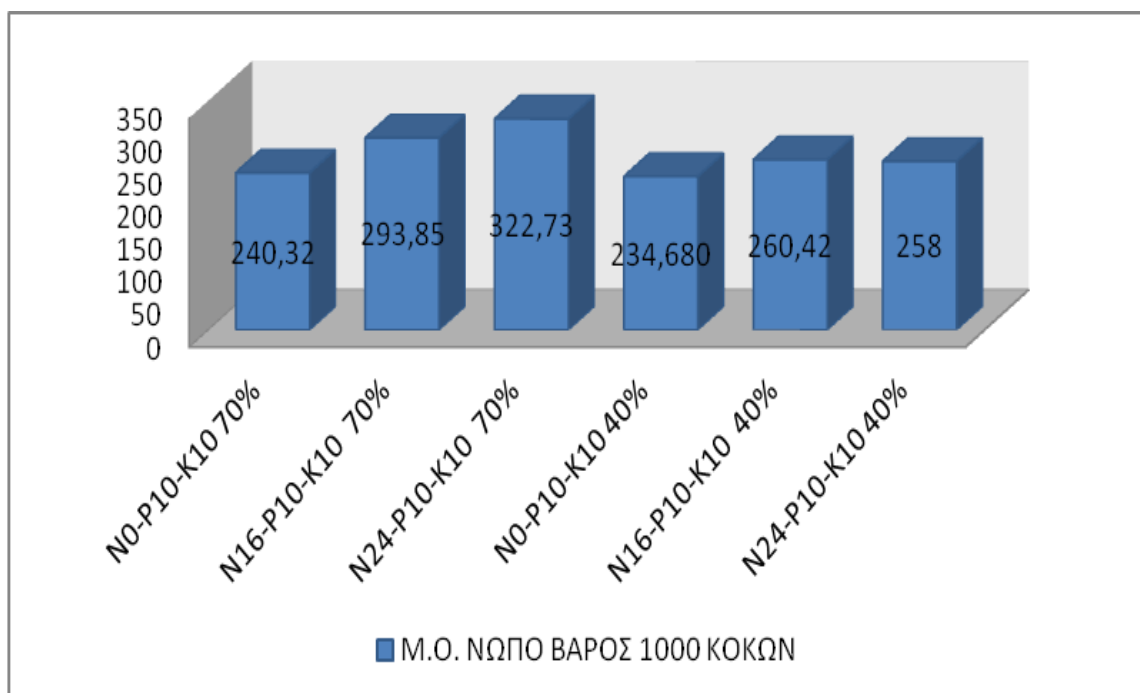
Σχεδιάγραμμα 10:Επίδραση των επιπέδων N στο μήκος του σπάδικα (cm)



Πίνακας 11: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος 1000 κόκκων (gr)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΩΝ
N0-P10-K10 70%	240,32
N16-P10-K10 70%	293,85
N24-P10-K10 70%	322,73
N0-P10-K10 40%	234,68
N16-P10-K10 40%	260,42
N24-P10-K10 40%	258

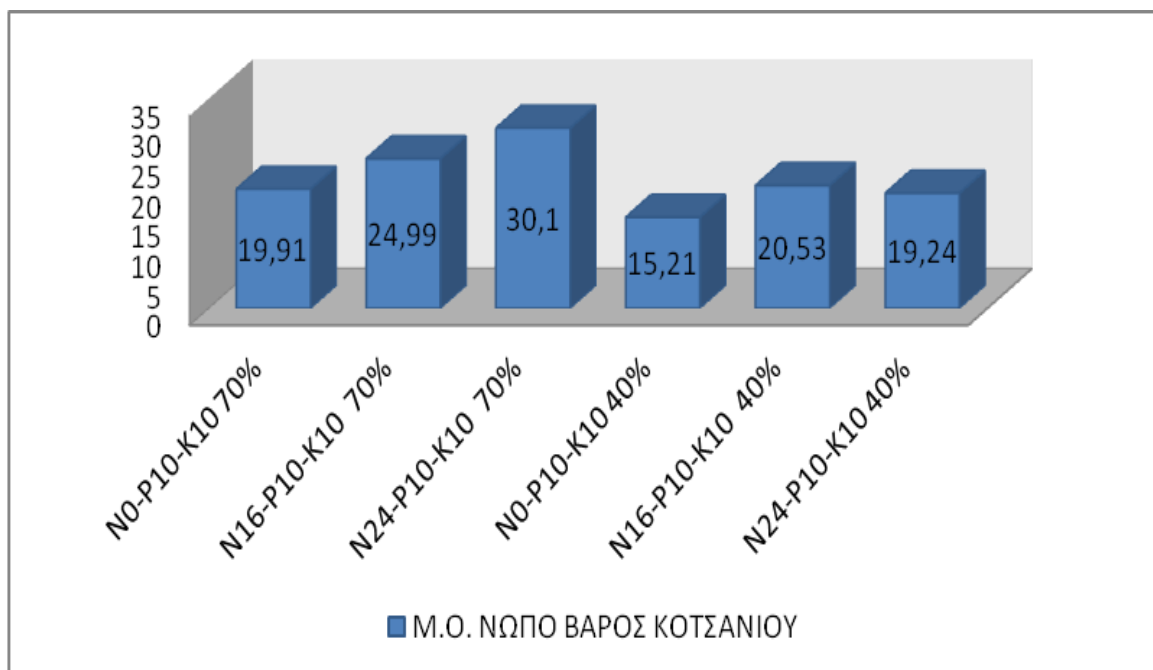
Σχεδιάγραμμα 11: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος 1000 κόκκων (gr)



Πίνακας 12: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος κοτσανιού (gr)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο. ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΟΤΣΑΝΙΟΥgr
N0-P10-K10 70%	19,91
N16-P10-K10 70%	24,99
N24-P10-K10 70%	30,1
N0-P10-K10 40%	15,21
N16-P10-K10 40%	20,53
N24-P10-K10 40%	19,24

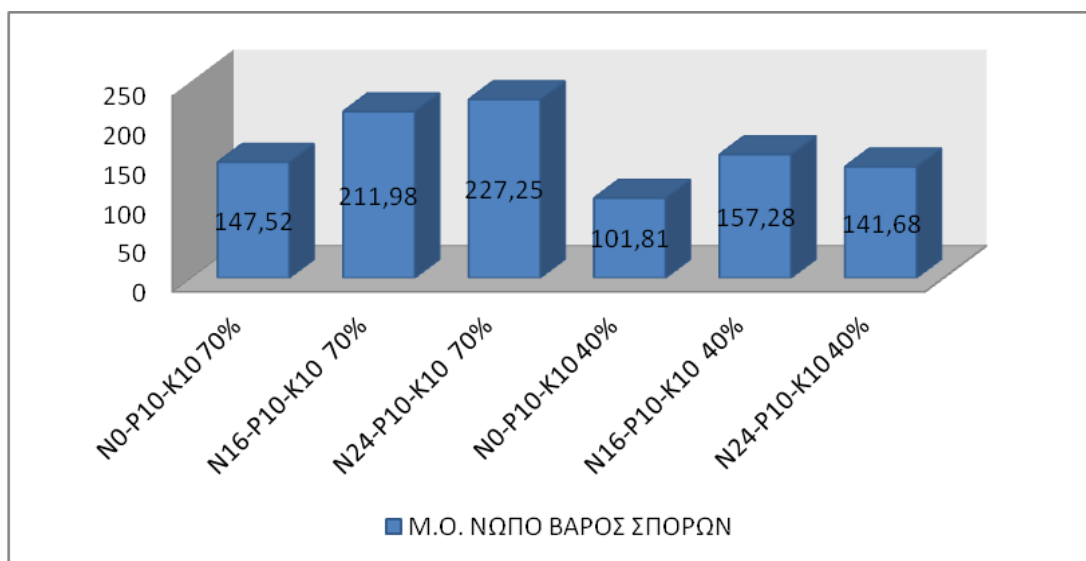
Σχεδιάγραμμα 12: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος κοτσανιού (gr/φυτό)



Πίνακας 13: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος σπόρων (gr/φυτό)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο. ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΣΠΟΡΩΝgr/φυτο
N0-P10-K10 70%	147,52
N16-P10-K10 70%	211,98
N24-P10-K10 70%	227,25
N0-P10-K10 40%	101,81
N16-P10-K10 40%	157,28
N24-P10-K10 40%	141,68

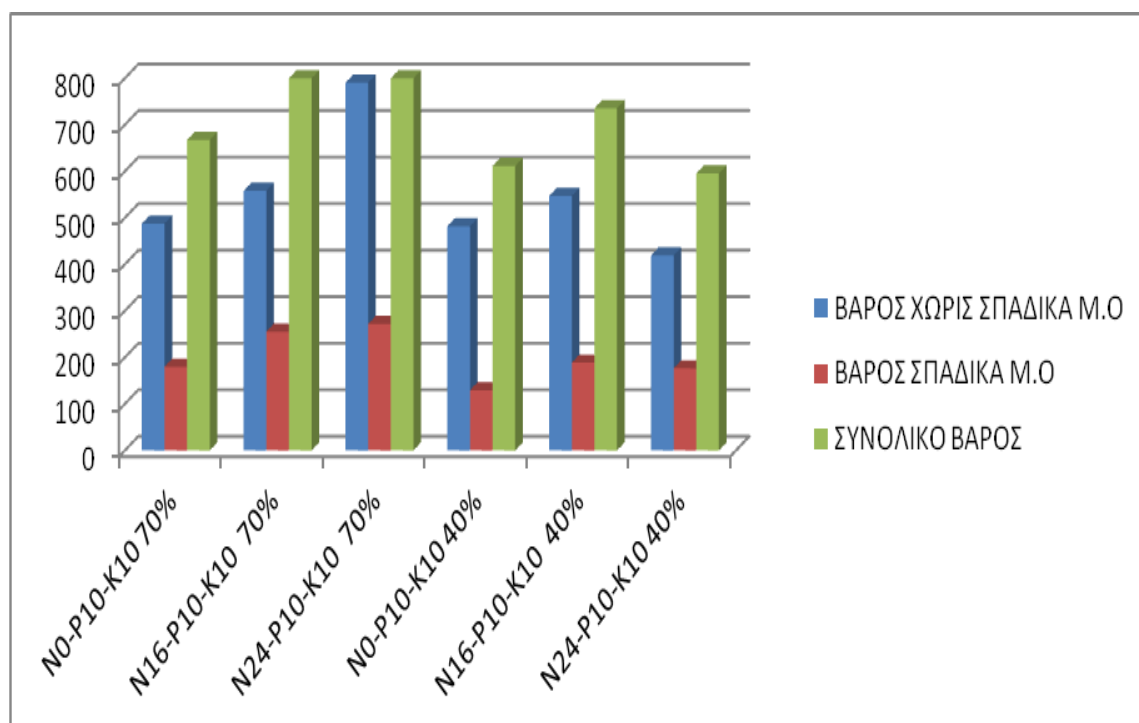
Σχεδιάγραμμα 13: Επίδραση των επιπέδων N στο νωπό βάρος σπόρων (gr/φυτό)

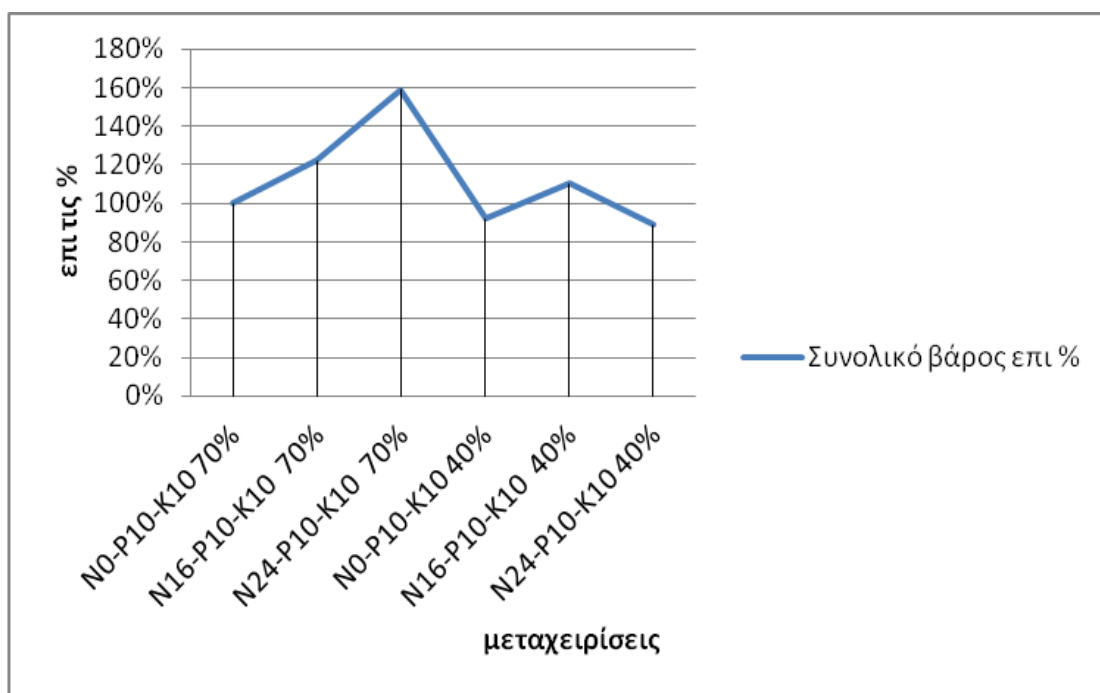


Πίνακας 14: Επίδραση των επιπέδων N στο συνολικό βάρος του καλαμποκιού (gr/φυτό)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μ.Ο.ΒΑΡΟΣ ΧΩΡΙΣ ΣΠΑΔΙΚΑ	Μ.Ο.ΒΑΡΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ
N0-P10-K10 70%	487,55	179,92	667,47
N16-P10-K10 70%	558,27	255,41	813,68
N24-P10-K10 70%	790,44	271,73	1062,17
N0-P10-K10 40%	481,99	129,60	611,59
N16-P10-K10 40%	547,19	188,64	735,83
N24-P10-K10 40%	419,13	176,30	595,43

Σχεδιάγραμμα 14α: Επίδραση των επιπέδων N στο συνολικό βάρος του καλαμποκιού (gr/φυτό)

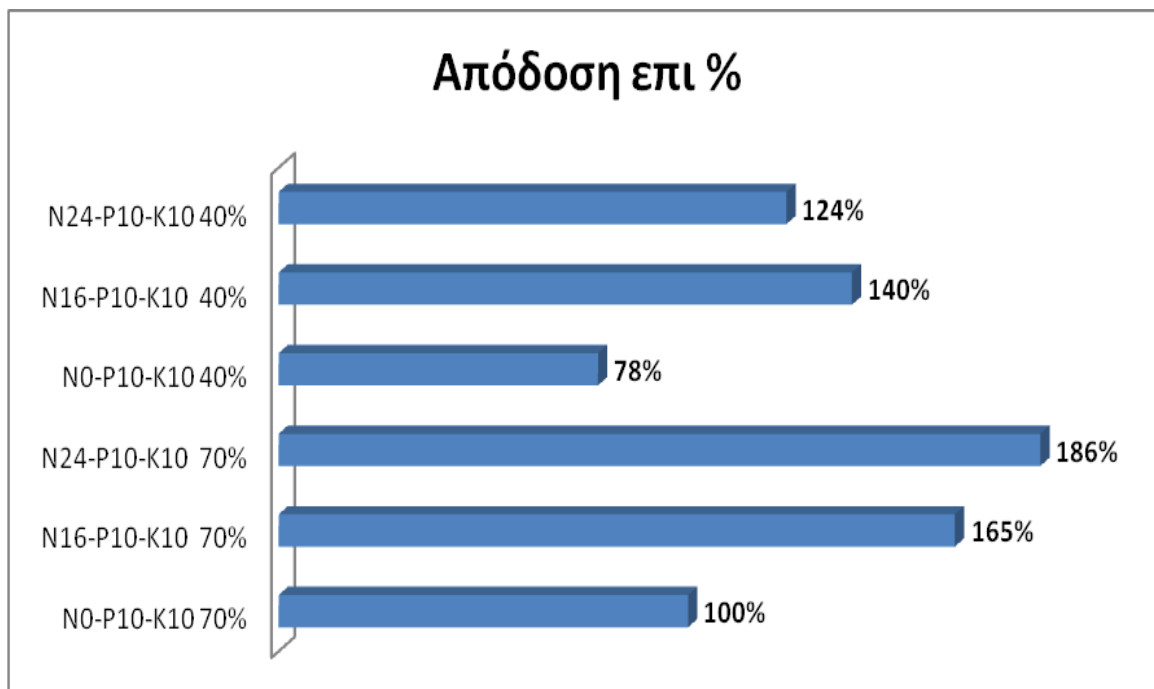
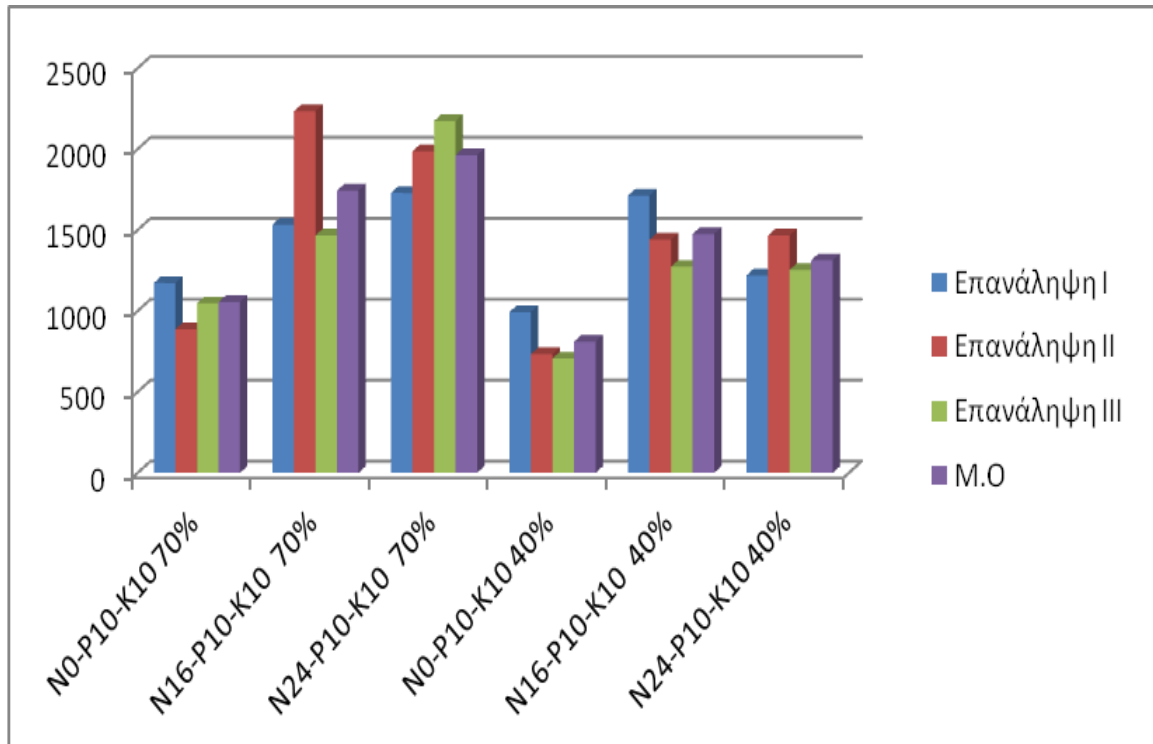




Πίνακας 15. Απόδοση του αραβόσιτου Kg/στρέμμα

ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	Επανάληψη I	Επανάληψη II	Επανάληψη III	Μ.Ο	%
N0-P10-K10 70%	1173	886,6	1046,6	1056	100%
N16-P10-K10 70%	1533,3	2233,3	1466,6	1744	165%
N24-P10-K10 70%	1729,3	1986,6	2173,3	1963	186%
N0-P10-K10 40%	993,3	733,3	706,6	811	78%
N16-P10-K10 40%	1713,3	1440	1273,3	1476	140%
N24-P10-K10 40%	1220	1466,6	1253,3	1313	124%

Σχεδιάγραμμα 15. Απόδοση του αραβόσιτου Kg/στρέμμα



5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Πριν γίνει η συζήτηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων αναφερόμαστε στις φαινολογικές παρατηρήσεις που αφορούν την εμφάνιση του χρώματος των φύλλων και του ύψους των φυτών κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού.

Όπως παρατηρήθηκε φαινολογικά στον πειραματισμό η διαφορά της επίδρασης των λιπασμάτων σε σχέση με τα μη λιπαινόμενα τεμάχια, άρχισε να εκδηλώνεται πολύ νωρίς, με την εμφάνιση του 5 - 6ου κανονικών φύλλων. Τα φυτά των μεταχειρίσεων που λιπάνθηκαν με άζωτο έχουν έντονα πράσινο χρωματισμό στο φύλλα τους σε σύγκριση με το μάρτυρα (χωρίς λίπανση). Έτσι, τα φυτά του μάρτυρα που αναπτύχθηκαν χωρίς λίπανση έχουν μικρό ύψος, καθυστερούν στην ανάπτυξη σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους. Η προσθήκη φωσφόρου και καλίου (NoP10K10) έχουν κάποια θετική επίδραση στο ύψος του φυτού, όχι όμως αυτή που εκδηλώνεται με την προσθήκη των δύο διαφορετικών δόσεων της αζωτούχου λίπανσης (N16P10K10 & N24P10K10).

Η ανάπτυξη του φυτού κατά μεταχείριση παρουσιάζεται στους πίνακες και στα σχεδιαγράμματα 1 έως 7 ενώ η συσσώρευση οργανικής νωπής μάζας του σπάδικα του καλαμποκιού κατά μεταχείριση, καθώς και το βάρος των 1000 κόκκων, παρουσιάζεται στους πίνακες και στα σχεδιαγράμματα 8 έως 13. Σημειώνεται ότι στους πίνακες δεν παρουσιάζονται τα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών και το βάρος της νωπής φυτομάζας που αφορούν την μεταχείριση του μάρτυρα, λόγω απώλειας τους.

Η προσθήκη των θρεπτικών στοιχείων ανεξάρτητα από το συνδυασμό των επεμβάσεων και της δόσης του αζώτου επέδρασε θετικά στην ανάπτυξη του φυτού, στο νωπό βάρος του σπάδικα και στο βάρος των 1000 κόκκων.

Σε ότι αφορά το ύψος του φυτού φαίνεται ότι επηρεάζεται από την προσθήκη N αλλά και από το επίπεδο της υδατοχωρητικότητας του εδάφους. Οι τιμές που παίρνουμε είναι υψηλότερες στο επίπεδο της υδατοχωρητικότητας του εδάφους 70% σε σχέση με αυτές του 40%. Το μ.ο του ύψους του φυτού στις μεταχειρίσεις στο επίπεδο της υδατοχωρητικότητας του εδάφους 70% κυμαίνεται χωρίς προσθήκη N στα 157,00cm, με δόση N16Kg/στρ στα 247,33cm και με δόση N24Kg/στρ στα 257,17cm. Στις μεταχειρίσεις με 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους ο μ.ο του ύψους είναι χωρίς προσθήκη N 218,50cm, με δόση N16Kg/στρ 224,00cm και με δόση N24Kg/στρ 227,00cm.

Η προσθήκη του αζώτου στην λίπανση αύξησε και το νωπό βάρος ρίζας. Στο επίπεδο υδατοχωρητικότητας του εδάφους 70% η μεταχείριση χωρίς προσθήκη N ο μ.ο του νωπού βάρους ρίζας είναι 130,09gr, η μεταχείριση με N16Kg/στρ είναι 170,82gr ενώ στην μεταχείριση με N24 Kg/στρ είναι 189,22gr. Αντίστοιχα στο επίπεδο υδατοχωρητικότητας του εδάφους 40% η μεταχείριση χωρίς προσθήκη N ο μ.ο του νωπού βάρους ρίζας είναι 94,18gr, η μεταχείριση με N16Kg/στρ είναι 101,53gr ενώ στην μεταχείριση με N24 Kg/στρ είναι 116,94gr.

Στο συνολικό βάρος του φυτού η αύξηση που έφερε η προσθήκη του N με 24Kg/στρ, πάντα σε φόντο P10K10 και σε επίπεδο υδατοχωρητικότητας του εδάφους 70% είναι της τάξης του 59,13% σε σχέση με την μεταχείριση χωρίς προσθήκη N.

Η αφαίρεση του αζώτου από την λίπανση μείωσε την νωπή φυτομάζα. Έτσι, στο επίπεδο της υδατοχωρητικότητας του εδάφους 70%, στις μεταχειρίσεις χωρίς άζωτο το μ.ο. βάρος του σπάδικα είναι 179,92 gr/φυτό, με την προσθήκη N16kg/στρ με φόντο του P10K10 το βάρος κυμαίνεται στο 255,4gr/φυτό, ενώ με N24 271,72gr/φυτό. Στις μεταχειρίσεις με 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους, στην μεταχείριση χωρίς N ο μ.ο. της νωπής φυτομάζας του σπάδικα είναι 129,6gr/φυτό, ήτοι κατά 27,96% λιγότερο, στην μεταχείριση με N16 είναι 188,63gr/φυτό, ενώ στην μεταχείριση N24Kg/στρ είναι 176,3gr/φυτό.

Σχετικά με το βάρος των 1000 κόκκων, υπάρχει τάση αύξησης του βάρους στις μεταχειρίσεις με υγρασία του εδάφους 70%, ενώ στις μεταχειρίσεις του εδάφους με υγρασία 40% με την προσθήκη της υψηλής δόσης N24 έχουμε μείωση του βάρους του. Χαρακτηριστικά, στις μεταχειρίσεις με επίπεδο της υδατοχωρητικότητας του εδάφους 70%, η μεταχείριση χωρίς άζωτο φέρει μ.ο. βάρος 1000 κόκκων 240,32gr, με την προσθήκη N16kg/στρ με φόντο του P10K10 το βάρος κυμαίνεται στο 293,85gr, ενώ με N24 322,73gr. Στις μεταχειρίσεις με 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους, στην μεταχείριση χωρίς N ο μ.ο. του νωπού βάρους των 1000 κόκκων είναι 234,68gr, στην μεταχείριση με N16 είναι 260,42gr, ενώ στην μεταχείριση N24Kg/στρ είναι 258,00gr, ήτοι 20,06% λιγότερο από την αντίστοιχη μεταχείριση σε επίπεδο υδατοχωρητικότητας 70%.

Στον πίνακα 16 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την απόδοση του αραβόσιτου από την λίπανση και τα επίπεδα της άρδευσης. Μικρότερη απόδοση ανά στρέμμα ήταν στην μεταχείριση χωρίς άζωτο και με άρδευση σε επίπεδο του 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους, 811,0Kg/στρ ήτοι κατά 23,26% σε σύγκριση με την μεταχείριση όπου η άρδευση ήταν 70% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους και η λίπανση χωρίς άζωτο μόνο με φώσφορο και κάλιο (NoP10K10).

Στις μεταχειρίσεις, όπου δόθηκε το άζωτο 16 και 24 Kg/στρέμμα αντίστοιχα και η άρδευση ήταν 70% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους παρατηρείται σημαντική αύξηση της απόδοσης. Έτσι, σε αυτές τις μεταχειρίσεις η απόδοση κυμαίνεται από 1744,40 έως 1963,00 Kg/στρέμμα καλαμποκιού. Στις μεταχειρίσεις όπου η άρδευση ήταν 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους η προσθήκη των δόσεων αζώτου δεν έδωσαν μεγάλη αύξηση της απόδοσης. Μάλιστα, η υψηλή δόση αζώτου 24 Kg/στρέμμα είχε μείωση της απόδοσης (1333,3 Kg/στρέμμα). Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ότι τα λιπάσματα έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση των φυτών, όταν συνδυάζονται με το κατάλληλο επίπεδο της άρδευσης.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα παραπάνω αποτελέσματα οδηγούν στα εξής συμπεράσματα:

- Οι συνθήκες θρέψης σε μεγάλο βαθμό επηρεάζουν το χαρακτήρα και την κατεύθυνση των διεργασιών που συντελούνται στον αναπτυσσόμενο οργανισμό του φυτού. Η προσθήκη των θρεπτικών στοιχείων ανεξάρτητα από τον συνδυασμό των επεμβάσεων και της δόσης τους επέδρασε θετικά στην ανάπτυξη του φυτού και στη συσσώρευση της φυτικής νωπής μάζας σε σχέση με τον μάρτυρα χωρίς λίπανση.
- Υψηλότερες αποδόσεις σπόρων και αυξητική τάση παρατηρήθηκε με την προσθήκη του αζώτου των 16 και 24Kg/στρέμμα που αποτελεί το κύριο στοιχείο στην αύξηση των αποδόσεων του καλαμποκιού σε σύγκριση με το φώσφορο και το κάλιο και το επίπεδο της άρδευσης στο 70% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους.
- Η υψηλή δόση αζώτου 24Kg/στρέμμα και το επίπεδο άρδευσης στο 40% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους είχε μείωση της απόδοσης (1333,3 Kg/στρέμμα). Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ότι τα λιπάσματα έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση των φυτών, όταν συνδυάζονται με το κατάλληλο επίπεδο της άρδευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ / ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

Διαδίκτυο 1: <http://el.wikipedia.org/wiki/>

Διαδίκτυο 2: <http://chartsbin.com/view/3673>

Διαδίκτυο 3: <http://chartsbin.com/view/3688>

Διαδίκτυο 4: <http://httplihtlife.gr>

Διαδίκτυο 5: <http://blogs.sch.gr/lykandrs/files/2012/03/BLANTIKA3.pdf>

Διαδίκτυο 6: <http://www.cerealinstitute.gr/index.php/el/antikeimena/kalampoki/586-kaliergitikes-texniki-kalampoki>

Διαδίκτυο 7: <http://www.agronews.gr/?pid=162&la=1&aid=80128>

Διαδίκτυο 8: <http://www.cerealinstitute.gr/index.php/el/antikeimena/kalampoki/41-lipansh-threpsi-kalampoki>

Διαδίκτυο 9: http://farmer-future.blogspot.gr/2011/09/blog-post_8372.html

Διαδίκτυο 10: agrotikanew.blogspot.com/2013/01/blog-post_8823.html

Salisbury FB and Ross CW (1991). Plant Physiology 4th edition, Cengage Learning.

Abbe EC, Stein OL (1954). The origin of the shoot apex in maize: embryogeny. Am. J. Bot 41:285-293.

Hochholdinger F, Woll K, Sauer M, Dembinsky D (2004). Genetic dissection of root formation in maize (*Zea mays*) reveals root-type specific developmental programmes. Annals of Botany 93: 359-368.

Wang XL, Canny MJ and McCully ME (1991). The water status of the roots of soil-grown maize in relation to the maturity of their xylem. Physiologia Plantarum 82: 157-162.

Varney GT, Canny MJ, Wang XL and McCully ME (1991). The branch roots of *Zea*. I. First order branches, their number, sizes and division into classes. Annals of Botany 67: 357-364.

Ishikawa H, Evans ML (1995). Specialized zones of development in roots. Plant Physiology 109: 725-727.

Taiz L and Zeiger E (2006). Plant Physiology. 4th edition publications: Sinauer Associates, Sunderland.

Freeling M and Walbot V (1994). The Maize Handbook, Springer-Verlag, New York. pp. 11-33.

Morrison TA, Kessler JR, and Buxton DR (1994). Maize internode elongation patterns. Crop Sci. 34:1055-1060.

Aldrich S, Scott W, Leng E (1975). Modern Corn Production. 2nd edition, A. & L.

Publications, Illinois.

White CN, Rivin CJ (2000). Gibberellins and seed development in maize. II. Gibberellin synthesis inhibition enhances abscisic acid signaling in cultured embryos. *Plant Physiol.* 122: 1089-1098.

Robertson DS (1955). The genetics of vivipary in maize. *Genetics* 40: 745-760.

Ridge I (2005). *Plants*. Oxford University Press.

Samuelson ME, Eliasson L, Larsson CM (1992). Nitrate regulated growth and cytokinin responses in seminal roots of barley. *Plant Physiol.* 98: 309-315.

Forde BG (2002). The role of long-distance signaling in plant responses to nitrate and other nutrients. *Jour. Of exp. Bot.* Volume 53 no. 366 pp. 39-43.

Chun L, Mi GH, Li JS, Chen FJ and Zhang FS (2005). Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress. *Plant and soil*. Vol: 276 issue: 12 Pages: 369-382.

Nelson DW and Sommers (1980). Total nitrogen analysis of soil and plant tissues. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 63: 770-778.