



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



« Μελέτη της επίδρασης, της απώλειας της φυλλικής επιφάνειας σε συνδυασμό με την άρδευση μετά την ανθοφορία, στην αύξηση και την παραγωγικότητα του αραβόσιτου στην Θεσσαλία, το 2018 »

ΤΣΑΝΕΛΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΓΓΕΛΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2019

Η Τριμελής επιτροπή αποτελείται από τους :

κ. Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή, Επιβλέπων,

κ. Ανέστη Καρκάνη, Επ. Καθηγητή, Μέλος,

κ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη, ΕΔΙΠ, Μέλος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

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

Στον Επικ. Καθηγητή κο Ανέστη Καρκάνη, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για την συμμετοχή του στην τριμελή επιτροπή και τη διόρθωση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

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

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη, την αγάπη και την ηθική συμπαράσταση την οποία εισπράττω σε αυτό το σημαντικό στάδιο της σταδιοδρομίας μου. Η υποστήριξη τους ήταν μεγάλη και έτσι η προσπάθεια μου μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αραβόσιτος, είναι από τα σημαντικότερα ετήσια εαρινά φυτά μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα. Ζωτικής σημασίας όργανο του φυτού αποτελούν τα φύλλα του, μέσω των οποίων υλοποιούνται οι λειτουργίες της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής.

Από πολύ παλιά, δυσμενείς συνθήκες όπως το χαλάζι, τα έντομα ή ακόμη και διάφορες ασθένειες του φυλλώματος, κατακερμάτιζαν μεγάλο μέρος της φυλλικής επιφάνειας του καλαμποκιού, δημιουργώντας τρομακτικές απώλειες της παραγωγής. Έτσι ξεκίνησαν τα πρώτα πειράματα αποφύλλωσης από τον άνθρωπο με σκοπό, την κατανόηση της αλληλεπίδρασης των φύλλων με το υπόλοιπο φυτό.

Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του αραβόσιτου είναι οι υψηλές απαιτήσεις του σε νερό, λόγω της μεγάλης ποσότητας ξηράς ουσίας που σχηματίζει. Γεννήθηκε έτσι το ερώτημα, αν εφαρμόζαμε την μέθοδο της αποφύλλωσης σε μια καλλιέργεια καλαμποκιού που δεν υπάρχει η δυνατότητα άρδευσης ποια θα ήταν τα αποτελέσματα ως προς την απόδοση της παραγωγής;

Προκειμένου να απαντηθεί το ερώτημα αυτό λοιπόν, το 2018 εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός με την καλλιέργεια του αραβόσιτου στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο και εφαρμόστηκαν αποφυλλώσεις σε διαφορετικές χρονικές στιγμές του βιολογικού κύκλου του φυτού. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν τρεις μεταχειρίσεις αποφύλλωσης και μια μεταχείριση μάρτυρα στο αρδευόμενο και μη τμήμα του αγρού, σε τέσσερις επαναλήψεις. Η πρώτη μεταχείριση εφαρμόστηκε μια βδομάδα μετά την ανθοφορία του σπάδικα, η δεύτερη μεταχείριση 15 ημέρες μετά την πρώτη και η τρίτη 30 ημέρες μετά την πρώτη. Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε για το καλαμπόκι ήταν το Cisco της εταιρίας Syngenta με FAO 400 (102 ημερών).

Φάνηκε ότι η επίδραση της αποφύλλωσης λίγες ημέρες μετά την ολοκλήρωση της άνθισης είναι πολύ σημαντική οδηγώντας σε πολύ μικρές παραγωγές τόσο στα αρδευόμενα φυτά όσο και στα ξηρικά. Επίσης σημαντικό είναι ότι τα φυτά δεν καταστράφηκαν και ολοκλήρωσαν το βιολογικό τους κύκλο, γεγονός που μαρτυράει ότι

άλλα φυτικά μέρη όπως ο βλαστός ανέλαβε μέρος της λειτουργίας των φύλλων που απομακρύνθηκαν.

Παρατηρήθηκε ότι αποφυλλώσεις που πραγματοποιούνται σε ημερομηνίες πιο κοντά στην ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών (αρχές Σεπτεμβρίου) είχε μικρότερη επίδραση στην τελική απόδοση σε καρπό.

Τέλος Παρατηρήθηκε ότι στα αποφυλλωμένα φυτά γίνεται μια ανταλλαγή βαρών μεταξύ βλαστού και καρπού πιθανότατα να είναι αποθησαυριστικές ουσίες.

Πίνακας περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1	Γενικά	8
1.2	Χρήσεις.....	9
1.3	Βοτανική περιγραφή φυτού.....	10
1.4	Οικολογικές απαιτήσεις.....	14
1.5	Στάδια του βιολογικού κύκλου	15
1.6	Τύποι Αραβόσιτου	15
2	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	17
2.1	Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων	17
2.2	Άζωτο (N) Φώσφορος (P) Κάλιο (K) στον αραβόσιτο	17
2.3	Αποφύλλωση και απόδοση παραγωγής του αραβόσιτου	18
2.4	Μέθοδοι αποφύλλωσης	20
2.5	Η αποφύλλωση και η επίπτωση της στους κόκκους καλαμποκιού.....	21
2.6	Αποφύλλωση και δέσμευση του φωτός	24
2.7	Αποφύλλωση και υδατική καταπόνηση.....	25
2.8	Η απόδοση παραγωγής του Αραβόσιτου λόγω της αποφύλλωσης σε διαφορετικά πλάτη γραμμών.	28
	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	29
3	Υλικά και Μέθοδοι	30
3.1	Στοιχεία του πειράματος	30
3.2	Έδαφος πειραματικού αγρού.....	31
3.3	Καιρικές συνθήκες	32
3.4	Καλλιεργητικές εργασίες	32
3.5	Μετρήσεις-προσδιορισμοί αύξησης και ανάπτυξης φυτών	33
3.5.1	Μορφολογικά χαρακτηριστικά-ξηρά βάρη	33
3.5.2	Απόδοση.....	33
4	Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	34
4.1	Καιρικές συνθήκες	34
4.2	Αύξηση και ανάπτυξη του Αραβόσιτου – απόδοση.....	35
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	43

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45
Α. Ελληνική Βιβλιογραφία	45
Β. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	45

Κατάλογος Πινάκων

1 Πίνακας 1 : Βλαστικά και αναπαραγωγικά στάδια ενός φυτού καλαμποκιού του οδοντόμορφου τύπου.....	15
2 Πίνακας 2 : Πειραματικό σχέδιο.....	30

Κατάλογος Διαγραμμάτων

1	Διάγραμμα 1 : Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερο, από Μάρτιο 2018 έως και Οκτώβριο 2018, στο Βελεστίνο.....	34
2	Διάγραμμα 2 : Εξέλιξη βάρους καρπών, βλαστών και φύλλων αρδευόμενων και μη φυτών καλαμποκιού μεταχείρισης μάρτυρα (kg/στρ).....	36
3	Διάγραμμα 3 : Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό του μάρτυρα και των διαφορετικών μεταχειρίσεων αποφύλλωσης των φυτών καλαμποκιού με άρδευση και χωρίς άρδευση.....	37
4	Διάγραμμα 4 : Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό και ξηρό βάρος βλαστών των φυτών του μάρτυρα και των αποφυλλωμένων φυτών καλαμποκιού στις 18/8 με άρδευση και χωρίς άρδευση.....	38
5	Διάγραμμα 5 : Εξέλιξη του ξηρού βάρους βλαστών του μάρτυρα και των διαφορετικών μεταχειρίσεων αποφύλλωσης των φυτών του καλαμποκιού με άρδευση και χωρίς άρδευση.....	39
6	Διάγραμμα 6 : Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό και ξηρό βάρος βλαστών των αποφυλλωμένων φυτών καλαμποκιού στις 2/8 με άρδευση και χωρίς άρδευση.....	41
7	Διάγραμμα 7 : Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό και ξηρό βάρος βλαστών των αποφυλλωμένων φυτών καλαμποκιού στις 18/7 με άρδευση και χωρίς άρδευση.....	42

Κατάλογος Εικόνων

1 Εικόνα 1 : Χρονική πορεία αύξησης του ξηρού βάρους των υπέργειων οργάνων αρδευόμενων φυτών στο Ohio.....	22
--	----

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Ο αραβόσιτος (*Zea mays L.*) είναι ένα ανοιξιάτικο σιτηρό στις εύκρατες χώρες με περίοδο σποράς τον Απρίλιο ή τον Μάιο και πυκνότητα σποράς 6.000-9.000 φυτά/στρέμμα, είναι το τρίτο σε σπουδαιότητα σιτηρό στον κόσμο μετά το σιτάρι (*Triticum spp*) και το ρύζι (*Oryza sativa*). Ως προς την περιοχή προέλευσης του, θεωρείται φυτό της Κεντρικής Αμερικής και του Νότιου Μεξικού. Το καλλιέργησαν πρώτοι οι Ινδιάνοι της Αμερικής. Στον παλαιό κόσμο το φυτό μεταφέρθηκε από τον Κολόμβο το 1492, πρώτα στην Ευρώπη και στη συνέχεια και στις υπόλοιπες περιοχές της γης. Σε ότι αφορά τη χώρα μας, το καλαμπόκι μεταφέρθηκε στην Ελλάδα από την Αραβία το 1600, με αποτέλεσμα να πάρει το όνομα αραβόσιτος.

Το καλαμπόκι αν και τροπικής καταγωγής, εξημερώθηκε σε μεγάλα υψόμετρα οπότε αντέχει και σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Καλλιεργείται ουσιαστικά σε όλες τις χώρες του κόσμου, έχοντας την ιδιότητα να προσαρμόζεται σε ευρύ φάσμα κλιματικών συνθηκών, λόγω των πολλών διαφορετικών τύπων του, οι οποίοι έχουν βιολογικό κύκλο από 2 έως 11 μήνες. (Τασσοπούλου 2012)

Η καλλιεργούμενη έκταση παγκοσμίως με καλαμπόκι στις μέρες μας ανέρχεται στα 1.444 εκατομ. στρ. με παραγωγή 695 εκατομ. tn σπόρου, εκ των οποίων οι Η.Π.Α παρήγαγαν 316 εκατομ. tn και η Κίνα 177 εκατομ. tn. Ακολουθούν ανάλογα με την παραγωγή, η Βραζιλία, το Μεξικό, η Αργεντινή, η Ινδονησία, η Ινδία, η Γαλλία, η Νότια Αφρική, η Ουκρανία, ο Καναδάς, η Ρουμανία. Στην Ελλάδα παρατηρούνται διάφορες αυξομειώσεις στην καλλιεργούμενη έκταση που κυμαίνεται από 1,5 έως 2,5 εκατομ. στρ. τα τελευταία χρόνια, κυρίως στη Μακεδονία, Θράκη, Στερεά και Πελοπόννησο. Το καλαμπόκι έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό για ικανοποιητική παραγωγή και στη χώρα μας καλλιεργείται αποκλειστικά σε αρδευόμενες εκτάσεις και μάλιστα σε περιοχές όπου υπάρχει άφθονο νερό και αρδευτικά δίκτυα, όπως στη Μακεδονία, τη Θράκη και τη Δ. Στερεά Ελλάδα. Σε περιοχές όπου το νερό είναι αντλούμενο και το κόστος άρδευσης υψηλό π.χ. στη Θεσσαλία η καλλιεργούμενη έκταση είναι μικρότερη.

Ο αραβόσιτος (*Zeamays*L.) ανήκει στην φυλή *Maydeae* ή *Tripsaceae* της οικογένειας των Ποοειδών (*Poaceae*) ή Αγρωστωδών (*Gramineae*) και είναι το μοναδικό είδος του γένους *Zea*. Η φυλή *Maydeae* περιλαμβάνει 8 γένη, 5 ανατολικής και 3 αμερικάνικης προέλευσης.(Γαλανοπούλου 2003) Τα άλλα δύο αμερικάνικα γένη είναι το *Euchlaena* και *Tripsacum*, από τα οποία το *Euchlaena* θεωρείται ως οντογενετικά πλησιέστερο προς το *Zea* (έχουν και τα δύο γένη 10 χρωμοσώματα, ενώ το *Tripsacum* 18 ή 36). Είναι δυνατή η διασταύρωση του αραβόσιτου με το *Euchlaena* υπό φυσικές συνθήκες, ενώ με το *Tripsacum* μόνο υπό τεχνητές. Ο σημερινός αραβόσιτος θεωρείται ότι είναι προϊόν διασταυρώσεων μεταξύ του αρχικού προγόνου του αραβόσιτου και των δύο άλλων γενών, γεγονός που φαίνεται να έχει συμβάλει στην ετεροζυγωτία του φυτού. (Καραμάνος Α., 1992). Ο αραβόσιτος είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό και το πρώτο γενετικό υλικό που καλλιεργήθηκε ήταν οι πληθυσμοί, προϊόν ελεύθερης διασταύρωσης. Η διαπίστωση της υψηλής ετέρωσης που παρουσιάζει το καλαμπόκι και η δημιουργία των υβριδίων θεωρείται το σπουδαιότερο γεγονός στην καλλιέργεια του καλαμποκιού(Τασοπούλου 2012)

1.2 Χρήσεις

Το καλαμπόκι καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό και δευτερευόντως για την παραγωγή βιομάζας. Ο καρπός χρησιμοποιείται κυρίως ως ζωοτροφή, μια όμως σημαντική ποσότητα καταναλώνεται από τον άνθρωπο με διάφορους τρόπους (π.χ. λαχανικό, αλεύρι) και επίσης αποτελεί πηγή διαφόρων βιομηχανικών προϊόντων. Το άμυλο που είναι το κύριο συστατικό του κόκκου, είναι η βάση για τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις του σπόρου του καλαμποκιού. Τα τελευταία χρόνια ο καρπός χρησιμοποιείται ευρέως στις ΗΠΑ καθώς και σε άλλες χώρες για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Το λάδι των εμβρύων καταναλώνεται από τον άνθρωπο και έχει διάφορες χρήσεις στη χημική βιομηχανία. Η χλωρά βιομάζα χρησιμοποιείται στη διατροφή των ζώων με άμεση κατανάλωση ή μετά από ενσίρωση. Τα στελέχη αξιοποιούνται ως καύσιμη ύλη, για Παρασκευή χαρτιού κ.λ.π Με την πρόοδο της βιοτεχνολογίας αναμένεται να δημιουργηθούν υβρίδια καλαμποκιού για ειδικές βιομηχανικές χρήσεις, αλλάζοντας τη χημική σύσταση του σπόρου. (Τασοπούλου 2012)

1.3 Βοτανική περιγραφή φυτού

Από βοτανικής πλευράς είναι ετήσιο, ψηλό φυτό με χοντρό όρθιο και συμπαγή βλαστό (στέλεχος), στενά και μακριά φύλλα σε σχήμα σπαθιού και κυματιστά άκρα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο, και έχει την ονομασία φόβη. Στο ίδιο φυτό η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές, η ταξιανθία αυτή ονομάζεται σπάδικας (μόνοικο και δικλινές). Στη συνέχεια τη θέση των ανθών παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από φύλλα ενώ στην κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από πολλές μακριές τριχοειδείς κλωστές. Ο βλαστός μαζί με τα υπόλοιπα όργανα που φέρει αποτελούν το υπέργειο τμήμα το οποίο στηρίζεται από το ριζικό σύστημα (εμβρυακό και μόνιμο) το υπόγειο δηλαδή τμήμα του φυτού.

Ριζικό σύστημα

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

1. Εμβρυακές ρίζες: διακρίνονται στην πρωτογενή εμβρυακή ρίζα και στις δευτερογενείς που είναι συνήθως 3 έως 5, οι καταβολές τους υπάρχουν στο έμβρυο και έτσι αναπτύσσονται από το σπόρο κατά το φύτεμα. Μπορούν να παραμείνουν σε λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών ή καταστρέφονται σε διάστημα έξι εβδομάδων μετά την έναρξη του φυτρώματος (Τασοπούλου 2012)
2. Μόνιμες ρίζες: εκφύονται από τους πρώτους κόμβους του στελέχους που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και αποτελούν τον κύριο όγκο του ριζικού συστήματος. Στην αρχή οι ρίζες έχουν την τάση να επεκτείνονται πλάγια και περίπου 1 έως 2 εβδομάδες πριν την έκπτυξη της άρρενας ταξιανθίας κάμπτονται και εισχωρούν κατακόρυφα στο έδαφος. Ο κύριος όγκος του ριζικού συστήματος βρίσκεται στα πρώτα 30-50 εκατοστά του εδάφους, παρ' όλο ότι μερικές ρίζες μπορούν να εισχωρήσουν μέχρι και 2 μέτρα βάθος. (Τασοπούλου 2012)
3. Εναέριας ρίζες: εκφύονται από τους πρώτους 2-3 κόμβους επάνω από την επιφάνεια του εδάφους κατά τα τελευταία στάδια της βλαστικής ανάπτυξης του φυτού. Όταν φθάσουν στην επιφάνεια του εδάφους εισχωρούν μέσα σε αυτό και αποκτούν τη

λειτουργικότητα φυσιολογικών ριζών. Το εναέριο τμήμα τους καλύπτεται από μία γλοιώδη ουσία που τις προστατεύει από αφυδάτωση. Ο αριθμός των εναέριων ριζών, όπως επίσης και ο αριθμός των κόμβων από τους οποίους εκφύονται, ποικίλλει στις διάφορες ποικιλίες, αλλά εξαρτάται και από την πυκνότητα της φυτείας και τη θρεπτική κατάσταση των φυτών (Καραμάνος Α., 1999)

Στέλεχος

Το στέλεχος έχει συνήθως 8-21 μεσογονάτια, ανάλογα με το γενότυπο και είναι εσωτερικά γεμάτος με εντεριώνη. Το μήκος του κυμαίνεται από 0,6 έως 5 μέτρα και η διάμετρος από 1,3 έως 5 εκατοστά. Τα μεσογονάτια είναι μεγαλύτερα σε μήκος και σχεδόν κυλινδρικά στο επάνω μέρος του φυτού, ενώ βραχύτερα και φέρουν αυλάκια στο κατώτερο τμήμα. Σε κάθε κόμβο του στελέχους, εκτός από τον υψηλότερο υπάρχει ένας οφθαλμός. Οι κατώτεροι κόμβοι φέρουν επιπλέον και τις καταβολές των εναέριων ριζών. Οι οφθαλμοί που βρίσκονται στο μέσο και ανώτερο τμήμα του φυτού, όταν εκπτυχθούν παράγουν βλαστούς, στους οποίους στη συνέχεια θα σχηματιστούν οι σπάδικες, ενώ εκείνοι που βρίσκονται κοντά ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μπορούν να παράγουν αδέρφια. Το αδέρφωμα θεωρείται γενικά ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό στο καλαμπόκι, γιατί τα αδέρφια θεωρούνται ότι παρασιτούν στον κεντρικό βλαστό. (Τασσοπούλου 2012)

Φύλλα

Τα φύλλα όπως σε όλους τους φυτικούς οργανισμούς έτσι και στον αραβόσιτο αποτελούν το βασικό όργανο υλοποίησης των λειτουργιών της φωτοσύνθεσης, διαπνοής. Μέσο της φωτοσύνθεσης, η οποία γίνεται με μια σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στους χλωροπλάστες του φύλλου, χρησιμοποιείται φωτεινή ενέργεια, διοξείδιο του άνθρακα, νερό και παράγονται τα απαραίτητα για τη θρέψη συστατικά του φυτού κυρίως υδατάνθρακες (γλυκόζη) εκπέμποντας παράλληλα οξυγόνο στο περιβάλλον. Επιπρόσθετα κατά τη διάρκεια της διαπνοής (αποτελεί τμήμα του κύκλου του νερού) αποβάλλεται νερό υπό μορφή υδρατμών. Η τελευταία λειτουργία αποτελεί, ακόμη, μηχανισμό αποβολής θερμότητας από το φυτό και ταυτόχρονα επιτρέπει τη μεταφορά απαραίτητων θρεπτικών συστατικών από τη ρίζα στο βλαστό και στα φύλλα δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες διαφοράς πίεσης.

Τα φύλλα του καλαμποκιού αναπτύσσονται ανά ένα σε κάθε κόμβο. Το αναπτυγμένο φύλλο αποτελείται από το έλασμα και τον κολεό. Μεταξύ του κολεού και του ελάσματος υπάρχει ένα διαφοροποιημένο τμήμα που καλείται κολάρο. Ο κολεός περιβάλλει το μεσογονάτιο μέχρι τον επόμενο προς τα άνω κόμβο και προσδίδει αντοχή στο μεσογονάτιο διάστημα. Το μήκος του ελάσματος κυμαίνεται από 30 έως 150 εκατοστά και το πλάτος από 4 έως 15 εκατοστά. Ο αριθμός των φύλλων ποικίλει από 8-48, εξαρτάται από το γενότυπο και είναι ανάλογος του μήκους του βιολογικού κύκλου. Οι νευρώσεις του φύλλου είναι παράλληλες όπως σε όλα τα αγρωστώδη. Στην πάνω επιφάνεια του ελάσματος υπάρχουν τρίχες και μεγάλα στομάτια, ενώ η κάτω επιφάνεια είναι λεία, τα στομάτια είναι μικρότερα, αλλά περισσότερα σε αριθμό. (Τασοπούλου 2012)

Στην άνω επιδερμίδα, κατά διαστήματα υπάρχουν ειδικά κύτταρα τα οποία υποβοηθούν το έλασμα να διπλώνεται και να αναδιπλώνεται ανάλογα με τις μεταβολές στη σπαργή του.

Στο καλαμπόκι τα φύλλα πάνω από το σπάδικα γενικά υποστηρίζουν τους αναπτυσσόμενους κόκκους, ενώ τα φύλλα κάτω από το σπάδικα το κατώτερο τμήμα του στελέχους και τις ρίζες.

Ταξιανθία

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

Αρσενική ταξιανθία

Η αρσενική ταξιανθία είναι φόβη, σχηματίζεται στην κορυφή του φυτού και ο κεντρικός άξονας είναι προέκταση του άκρου του βλαστού. Υπάρχουν επίσης και πλευρικές διακλαδώσεις οι οποίες διατάσσονται ελικοειδώς γύρω από τον κεντρικό άξονα. Κατά μήκος τόσο των πλευρικών διακλαδώσεων, όσο και του ανώτερου άκρου του κεντρικού άξονα εκφύονται τα σταχύδια, κυρίως κατά ζεύγη.

Θηλυκή ταξιανθία

Ο αραβόσιτος αναπτύσσει μια ή περισσότερες θηλυκές ταξιανθίες, τους σπάδικες, πλευρικά επάνω σε βραχείες διακλαδώσεις του κεντρικού στελέχους που αναπτύσσονται περίπου στο μέσο του βλαστού.

Ο σπάδικας είναι στην ουσία στάχυς με παχυμένο τον κεντρικό άξονα ή αλλιώς ράχη. Τα σταχύδια κατά ζεύγη είναι καταμεμημένα σε όλο το μήκος του σπάδικα. Κάθε σπάδικας περιφερειακά φέρει συνήθως από 4 έως 15 ή σε ορισμένες περιπτώσεις περισσότερες σειρές ζευγών σταχυδίων. Ο αριθμός των σειρών σταχυδίων του σπάδικα, που είναι πάντα ζυγός αριθμός, καθορίζεται από το γενότυπο, επηρεάζεται όμως και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Ο αριθμός των σταχυδίων κατά μήκος του σπάδικα κυμαίνεται από 30 έως 70.

Κάθε θηλυκό άνθος έχει τρεις υποτυπώδεις στήμονες και έναν ύπερο. Ο αριθμός των θηλυκών ταξιανθιών ανά φυτό ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του καλαμποκιού και το γενότυπο. Ο συνήθης αριθμός είναι 1-3 σπάδικες ανά φυτό.

Κόκκος

Ο κόκκος του καλαμποκιού έχει σχήμα σφαιρικό, κωνικό, ωοειδές, τριγωνικό πεπλατυσμένο, είναι καρύοψη, δηλαδή καρπός ξηρός, μονόσπερμος με περικάρπιο περγαμνηνοειδές που συμφύεται με το σπόρο. Ο κόκκος αποτελείται από το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο.

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

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

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

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

1.4 Οικολογικές απαιτήσεις

Ο αραβόσιτος χαρακτηρίζεται ως φυτό θερμών περιοχών, όχι όμως των πολύ θερμών. Αναπτύσσεται σε περιοχές ή εποχές του έτους που επικρατούν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Πρακτικά δεν μπορεί να αναπτυχθεί όταν η μέση θερμοκρασία του καλοκαιριού είναι μικρότερη από 19°C ή όταν η μέση νυκτερινή θερμοκρασία του καλοκαιριού είναι μικρότερη από 15°C. Για το φύτευμα χρειάζεται θερμοκρασία μεγαλύτερη από 10 °C . Η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης κυμαίνεται από 24 έως 30 °C.

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

Το καλαμπόκι θεωρείται φυτό βραχείας φωτοπεριόδου. Οι ημέρες μεγάλου μήκους επιμηκύνουν τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης, αυξάνουν το μέγεθος και τον αριθμό των φύλλων και καθυστερούν την εμφάνιση ταξιανθιών. Αντίθετα οι ημέρες μικρού μήκους επιταχύνουν την άνθιση και περιορίζουν τη βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι ότι απουσιάζει και η φωτοαναπνοή, οπότε οι απώλειες οφείλονται κυρίως στην αναπνοή της νύχτας.

Το καλαμπόκι προσαρμόζεται σε διάφορους τύπους εδαφών. Τα καλύτερα όμως αποτελέσματα δίνει σε εδάφη πηλώδη έως ιλυοπηλώδη, γόνιμα, με καλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και καλή στράγγιση. Το Ρh των εδαφών που είναι κατάλληλο για το καλαμπόκι, κυμαίνεται από 5,6 έως 7,5 με άριστο το 6,8. Θεωρείται μέτρια ευαίσθητο είδος σε σχέση με την αντοχή του στην αλατότητα του εδάφους. Η αυξημένη αλατότητα στο έδαφος καθυστερεί τη βλάστηση του σπόρου, μειώνει τη βλαστική ανάπτυξη και οδηγεί σε αύξηση του μεσοδιαστήματος από την άνθιση των αρσενικών έως την άνθιση των θηλυκών ανθέων. (Τασοπούλου 2012)

1.5 Στάδια του βιολογικού κύκλου

Τα φυτά καλαμποκιού παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ως προς τη μορφή και το μέγεθός τους ανάλογα με την προέλευση, τη σχετική πρωιμότητά τους, την ειδική τελική χρήση του προϊόντος και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες ανάπτυξής τους. Όμως κατά την ανάπτυξή τους από τη σπορά μέχρι την ωρίμανση ακολουθούν τα ίδια στάδια τα οποία διαιρούνται σε βλαστικά και σε αναπαραγωγικά. (Πίνακας 1)

Βλαστικά στάδια	Αναπαραγωγικά στάδια
VE = Φύτρωμα	R1 = Εμφάνιση σιγμάτων
V1 = 1 ^ο φύλλο	R2 = Σπόροι λευκοί με διαφανές υγρό
V2 = 2 ^ο φύλλο	R3 = Γάλακτος
V3 = 3 ^ο φύλλο	R4 = Ζύμης
V(n) = n φύλλο	R5 = Δοντιού
VT = Αναπτυγμένη αρσενική ταξιανθία	R6 = Φυσιολογική ωρίμανση

Πίνακας 14: Βλαστικά και αναπαραγωγικά στάδια ενός φυτού καλαμποκιού του οδοντόμορφου τύπου. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

1.6 Τύποι Αραβόσιτου

Το καλαμπόκι παρουσιάζει μεγάλη πολυμορφία τύπων. Ανάλογα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τη δομή και τις ιδιότητες του αμύλου του κόκκου διακρίνουμε έξι βασικούς τύπους.

1) Μικρόκοκκο καλαμπόκι (pop corn): οι κόκκοι είναι μικροί και συνήθως ολόκληρο το ενδοσπέρμιο είναι κερατοειδές. Οι κόκκοι όταν θερμανθούν σκάζουν και παράγουν το γνωστό μας ποπ-κορν που καταναλώνεται από τον άνθρωπο.

2) Σκληρό καλαμπόκι (flint corn): ο κόκκος αποτελείται από ένα μικρό τμήμα αλευρώδους ενδοσπερμίου στο κέντρο του σπόρου, το οποίο περιβάλλεται εξολοκλήρου από κερατοειδές ενδοσπέρμιο. Οι κόκκοι έχουν σχήμα σφαιρικό ή ωσειδές και παραμένουν λείοι κατά την ωρίμανση, γιατί το κερατοειδές ενδοσπέρμιο που τους περιβάλλει δεν συρρικνώνεται. Συνήθως είναι πρωιμότερος τύπος από τον οδοντόμορφο και φυτρώνει καλύτερα σε χαμηλές θερμοκρασίες την άνοιξη.

3) Οδοντόμορφο καλαμπόκι (dent corn): Το μεγαλύτερο τμήμα του κόκκου αποτελείται από αλευρώδες ενδοσπέρμιο και μόνον πλευρικά, εξωτερικά έχει κερατοειδές ενδοσπέρμιο. Κατά την ωρίμανση σχηματίζεται ένα βαθούλωμα σε σχήμα δοντιού στο επάνω μέρος του κόκκου, λόγω της συρρίκνωσης μόνον του αλευρώδους ενδοσπερμίου. Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος στη χώρα μας και παγκοσμίως, καθώς και ο πιο παραγωγικός.

4) Αλευρώδες καλαμπόκι (floury corn): το ενδοσπέρμιο του κόκκου είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου αλευρώδες και δεν συρρικνώνεται κατά την ωρίμανση. Οι κόκκοι είναι μαλακοί και γίνονται εύκολα αλεύρι.

5) Γλυκό καλαμπόκι (sweet corn): το ενδοσπέρμιο χαρακτηρίζεται από μεγάλη αναλογία ζαχάρων σε σχέση με το άμυλο. Στην τυπική του μορφή σχηματίζει αρκετά αδέρφια και παράγει πολλούς και σχετικά μικρούς σπάδικες ανά φυτό. Κατά την ωρίμανση οι κόκκοι αφυδατώνονται έντονα, συρρικνώνονται σε όλη την έκτασή τους, γίνονται σκληροί και το ενδοσπέρμιο έχει υαλώδη, διάφωτη, καραμελοειδή εμφάνιση.

6) Ενδεδυμένο καλαμπόκι (rod corn): οι κόκκοι περιβάλλονται από τα αναπτυγμένα λέπυρά τους και ολόκληρος ο σπάδικας από τα βράκτια φύλλα, όπως και στους υπόλοιπους.

2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων

Η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων σχετίζεται άμεσα με το ρυθμό παραγωγής της ξηράς ουσίας. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης προσλαμβάνονται μικρές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων, ενώ στα επόμενα βλαστικά στάδια και μέχρι την αναπαραγωγική ανάπτυξη ο ρυθμός πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων αυξάνεται ταχύτατα. Κατά το γέμισμα του κόκκου ο ρυθμός πρόσληψης μειώνεται βαθμιαία. Ενώ η πρόσληψη του N και P συνεχίζεται σχεδόν μέχρι τη φυσιολογική ωρίμανση, η πρόσληψη του K κατά το μεγαλύτερο μέρος συμπληρώνεται την περίοδο της άνθησης των θηλυκών ανθέων. Η συσσώρευση Ca, Mg και S συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού. Κατά την περίοδο γεμίσματος του κόκκου το μεγαλύτερο μέρος του N και P που συγκεντρώθηκε στα βλαστικά τμήματα των φυτών μετακινείται στον καρπό. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με το K, του οποίου το μεγαλύτερο μέρος παραμένει στα βλαστικά τμήματα. (Τασοπούλου 2012)

2.2 Άζωτο (N) Φώσφορος (P) Κάλιο (K) στον αραβόσιτο

Μεταξύ όλων των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, το άζωτο (N) θεωρείται ως το πλέον αναγκαίο στοιχείο για την ανόργανη θρέψη του αραβόσιτου, καθώς αποτελεί συνήθως το 1 -6% επί ξηρού των φυτικών ιστών. Έτσι το άζωτο υπεισέρχεται ως δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης, ως συστατικό των αμινοξέων, τα οποία αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών και ως συστατικό των ενζύμων. Επίσης, το άζωτο είναι απαραίτητος παράγοντας για την αξιοποίηση των υδατανθράκων και διεγερτικός παράγοντας της ανάπτυξης και λειτουργίας των ριζών. Τέλος, ευνοεί την πρόσληψη και αξιοποίηση των λοιπών θρεπτικών στοιχείων.

Ο φώσφορος παίζει σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση, διαδικασία μέσω της οποίας τα φυτά προσλαμβάνουν την απαραίτητη ενέργεια για τη σύνθεση των σακχάρων που μετακινούνται προς τα όργανα αποθήκευσης. Εκτός όμως από το ρόλο της μεταφοράς

ενέργειας στα φυτά, ο φώσφορος αποτελεί δομικό συστατικό των φωσφολιπιδίων, των νουκλεϊκών οξέων, των νουκλεοτιδίων, των συνενζύμων και των φωσφοπρωτεϊνών.

Σύμφωνα με πειράματα τόσο σε καλλιέργειες όσο και σε εργαστήρια, είναι φανερό ότι ο αραβόσιτος δεν αναπτύσσεται απουσία K⁺. Το K κινείται μέσω του εσωτερικού των πλασματικών μεμβρανών προς το ξύλωμα και συνεπώς προς τα ανώτερα μέρη. Οι κυτταρικές μεμβράνες είναι εύκολα διαπερατές για το κάλιο γι' αυτό και η κίνησή του στο φυτό είναι εύκολη. Μετακίνηση του K μέσα στους βλαστούς καθορίζεται από τη ροή νερού που αποβάλλεται κατά τη διαπνοή και από τη συγκέντρωση του K, διότι ελαφρά έλλειψη του καλίου ενεργοποιεί τις διαδικασίες διάχυσής του στους φυτικούς ιστούς. Σε αντίθεση με άλλα μακρό -στοιχεία, όπως το N ή ο P, το K δεν εμφανίζεται σε οργανικές ενώσεις. Το κάλιο συμμετέχει στη θρέψη των φυτών με την ενεργοποίηση ενζύμων σε λειτουργίες όπως αναπνοή, σύνθεση πρωτεϊνών και φωτοσύνθεση. Επίσης, είναι το πιο σημαντικό ιόν που συμμετέχει σε ωσμωτικές διεργασίες.

2.3 Αποφύλλωση και απόδοση παραγωγής του αραβόσιτου

Αρκετές οι μελέτες που διεξάγονται πάνω από 100 χρόνια, για να ανακαλυφθεί η θετική ή αρνητική επίπτωση της αποφύλλωσης, στην απόδοση της παραγωγής του αραβόσιτου. Αλλά και την χρονική στιγμή, ένταση της αποφύλλωσης αυτής. Το αίτιο για την έναρξη των ερευνών ήταν το χαλάζι, που κατακερμάτιζε μεγάλο μέρος της φυλλικής επιφάνειας του καλαμποκιού δημιουργώντας τρομακτικές απώλειες της παραγωγής.

Σε πείραμα του Dungan(1934), ο οποίος αφαίρεσε το 8,17,25,33,50,67,83 και 100% των φύλλων στα στάδια αρσενικής ταξιανθίας (VT), εμφάνισης στιγμάτων (R1), σπόροι λευκοί (R2), γάλακτος (R3) και του σταδίου δοντιού (R5), διαπιστώθηκε ότι το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης του φυτού είχε μικρή επίδραση στην μείωση της απόδοση παραγωγής έως και με 25% της αποφύλλωσης. Για μεγαλύτερα επίπεδα αποφύλλωσης άνω του 25%, η απώλεια παραγωγής άγγιξε το 100% για 100% αποφύλλωση στο R1 στάδιο και έπεσε σταδιακά καθώς τα βλαστικά στάδια μεγάλωναν φτάνοντας το 0% στο

R5. Αυτή η διαπίστωση συμφωνούσε με αποτελέσματα προηγούμενων πειραμάτων που διεξήχθησαν από τα τέλη του 1800 έως τις αρχές της δεκαετίας του 1930.

Τα διάφορα στάδια ωριμότητας του καλαμποκιού έπαιξαν σημαντικό ρόλο στα αποτελέσματα της αποφύλλωσης. Σε πείραμα που εφάρμοσε ο Hanway (1969), στο Iowa διαπίστωσε ότι η αποφύλλωση επέφερε μεγαλύτερες απώλειες παραγωγής στα πρώιμης παρά στα όψιμης ωρίμανσης υβρίδια. Αποφύλλωση γύρο από το VT στάδιο είχε ως αποτέλεσμα τη μέγιστη μείωση απόδοσης της παραγωγής. Αποφυλλώσεις στα στάδια V10, VT και R2 μείωσαν την παραγωγή κατά 15,25 και 20% αντίστοιχα για αποφύλλωση 50% και κατά 30,98 και 69% αντίστοιχα για 100% αποφύλλωση. Σε αυτή τη μελέτη, τρεις διαφορετικοί πληθυσμοί φυτών δεν είχαν σημαντική επίδραση στις απώλειες απόδοσης ως αποτέλεσμα των αποφυλλώσεων.

Οι Crookston και Hicks (1977) ανέφεραν ότι μια αποφύλλωση στα στάδια V3/V4 σε υβρίδια πρώιμης ωρίμανσης μπορεί να ενισχύσει τις τελικές αποδόσεις παραγωγής. Στην Minnesota που ασχολήθηκαν με 12 διαφορετικά υβρίδια 90-RM όλα με ίδιο πλάτος σειράς (75 cm), πλήρεις αποφυλλώσεις στα V3/V4 είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση κατά 13% της παραγωγής. Επίσης ανέφεραν μια αύξηση της παραγωγής κατά 48% από αποφυλλώσεις στα V3/V4 σε τριετής έρευνα με το 90-RM και 8% μείωση με το 115-RM υβρίδιο. Αποφυλλώσεις και των δυο υβριδίων στα επόμενα αναπτυξιακά στάδια (V11, VT, R3 και R5) μείωσαν την απόδοση (Hicks et al. 1977), με 100% απώλεια για το VT (100% αποφύλλωση). Οι συγγραφείς υπέθεσαν ότι μια ξαφνική απώλεια του βλαστικού ιστού από ένα φυτό που βρίσκεται μέσα στη διαδικασία της βλαστικής, αναπαραγωγικής ανάπτυξης προκάλεσε δραστική αλλαγή μεταξύ πηγής/καταναλωτή, με αποτέλεσμα την διέγερση ανάπτυξης εμβρυικών αυτιών την ώρα της αναπαραγωγικής έναρξης. Επιπρόσθετα ο Hicks (1977), υπέθετε ότι αύξηση της παραγωγής μπορεί να επέλθει καλλιεργώντας υβρίδια μικρής περιόδου σε μακράς περιόδου περιοχές εφαρμόζοντας αποφυλλώσεις στα μικρά στάδια ανάπτυξης των φυτών. Παράλληλα την ίδια χρονική στιγμή ο Johnson (1978) παρατήρησε ότι πλήρης αποφύλλωση στα V2, V3 και V4 μείωσε την τελική απόδοση κατά 11% στις δυο περιοχές του Illinois, ανεξάρτητα από την πρωιμότητα. Ο Johnson (1978) κατέληξε λέγοντας ότι στη μελέτη αυτή δεν υπήρχαν ξεκάθαρες ενδείξεις ότι οι αποδώσεις των πρώιμων υβριδίων μειώθηκαν λιγότερο με την

αποφύλλωση συγκριτικά με τα όψιμα υβρίδια, και υπό τις συνθήκες που επικρατούσαν στο Illinois οι αποφυλλώσεις στα V2-V4 και μεταξύ αυτών δεν είχαν ευεργετική επίδραση στην απόδοση του αραβόσιτου.

2.4 Μέθοδοι αποφύλλωσης

Αρκετές μελέτες με παλαιότερα υβρίδια έδειξαν ότι τα φύλλα πάνω και κάτω από το αυτί(καρπός καλαμποκιού) ήταν εξίσου σημαντικά για την απόδοση της παραγωγής (Hanway 1969, Egharemba 1976). Ωστόσο, ο Adee(2005) υπολόγισε ότι τα άνω 8 με 10 φύλλα συνέβαλαν στο 88% της παραγωγής του Illinois.

Θεωρήθηκε ότι με το ίδιο ποσοστό διαφορετικών μεθόδων αποφύλλωσης η απόδοση παραγωγής θα ήταν διαφορετική. Ο Hanway(1969), σύγκρινε έξι μεθόδους αφαίρεσης φύλλων (50% αφαίρεση) σε δυο στάδια ανάπτυξης (προς το τέλος του VT και στην αρχή του R2) χρησιμοποιώντας ένα υβρίδιο της μεσαίας περιόδου. Το πείραμα είχε ως εξής, αφαίρεση α) εναλλάξ ζεύγη φύλλων (κάθε δύο φύλλα), β) όλα τα φύλλα από τη μια πλευρά κάθε φυτού, γ) 1/2 κάθε φύλλου (κατά μήκος), δ) όλα τα φύλλα πάνω από το ανώτατο αυτί, ε) όλα τα φύλλα κάτω από το ανώτατο αυτί, στ) 1/2 κάθε φύλλου (κατά πλάτος), καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η μείωση των αποδόσεων κυμάνθηκε σε εύρος (17-23%) πράγμα που αποδεικνύει τη μη σημαντική διαφορά μεταξύ των μεθόδων. Ομοίως, ο Egharemba (1976) σε πείραμα που έκανε δεν βρήκε σημαντική διαφορά στη απόδοση της παραγωγής, συγκρίνοντας δυο διαφορετικές μεθόδους αποφύλλωσης μια που αφορούσε την αφαίρεση των πάνω φύλλων και μια των κάτω από το ανώτατο αυτί. Συμπλήρωσε ακόμη ότι το αποτέλεσμα αυτό ενδέχεται να οφείλεται σε μια μικτή ανταπόκριση που προκύπτει από την μειωμένη ικανότητα πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα στο πέρασμα του χρόνου για τα χαμηλότερα φύλλα και το γεγονός ότι τα όψιμα υβρίδια έχουν περίπου το 60% της συνολικής φυλλικής επιφάνειας κάτω από το κύριο αυτί. Ως εκ τούτου, η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια κάτω από το αυτί μπορεί να έχει αντισταθμίσει τη μειωμένη φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα που σχετίζεται με την ηλικία των φύλλων. Από την άλλη, τελείως διαφορετικά ήταν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από μελέτες του Adee το (2005) ο οποίος υπολόγισε χαμηλότερη επίπτωση

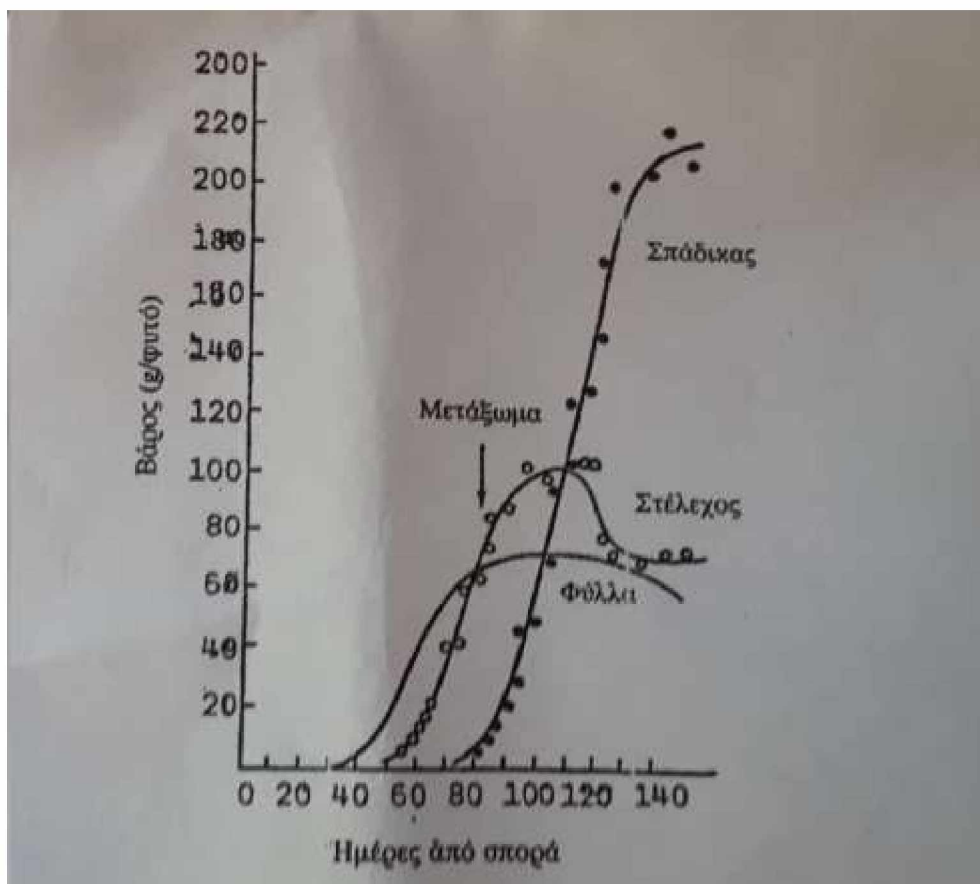
στην τελική μείωση της παραγωγής όταν όλα τα φύλλα αφαιρέθηκαν κάτω από το αυτί (-12%) σε σύγκριση με την αφαίρεση όλων των φύλλων πάνω από το αυτί στο R1 στάδιο (-88%).

Σχεδόν τα περισσότερα πειράματα σχεδιάστηκαν για να δείξουν την επίδραση των επεξεργασιών αποφύλλωσης στην απόδοση της παραγωγής του καλαμποκιού για ένα συγκεκριμένο αναπτυξιακό στάδιο. Είναι ενδιαφέρον ότι ο Adee εφάρμοσε ένα πείραμα αποφυλλώσεως στο Βόρειο Ιλλινόις για να περιγράψει την απόκριση του καλαμποκιού στην προοδευτική αφαίρεση φύλλων που ξεκίνησε από το V14 έως το R5 στάδιο ανάπτυξης. Η απόδοση της παραγωγής μειώθηκε γραμμικά από το V14 έως το R3, ωστόσο η διαφορά μεταξύ τους ήταν μικρή. Η αποφύλλωση μετά το στάδιο γάλακτος(R3) είχε ως αποτέλεσμα μικρότερη απώλεια απόδοσης, με μηδενική τιμή στο στάδιο R5.

2.5 Η αποφύλλωση και η επίπτωση της στους κόκκους καλαμποκιού

Η ταχύτητα αύξησης του καρπού είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον ρυθμό μετακίνησης προϊόντων της φωτοσύνθεσης προς τον σπάδικα. Η μετακίνηση αυτή πραγματοποιείται ή απευθείας από τα ενεργά φωτοσυνθετικά κέντρα ή από περιοχές όπου τα φωτοσυνθετικά προϊόντα αποθηκεύονται για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα στα στελέχη και πιθανότατα στις ρίζες. Σχετικά με την πρώτη περίπτωση, έχει διαπιστωθεί από τους Allison & Watson, 1966 ότι ο σπάδικας δέχεται φωτοσυνθετικά προϊόντα από τα φύλλα της κορυφής και από τα φύλλα του στελέχους, τα οποία βρίσκονται κοντά στον σπάδικα, ενώ η συμβολή των φύλλων της βάσης είναι σημαντικά μικρότερη. Στη δεύτερη περίπτωση, τα προϊόντα είναι διαλυτά κυρίως ζάχαρα που δεν έχουν προλάβει να μετατραπούν σε άμυλο. Έχει διαπιστωθεί ότι κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής φάσης, ο ρυθμός φωτοσυνθετικής δραστηριότητας του φυτού είναι δυσανάλογα μεγάλος σε σχέση με τις δυνατότητες κατανάλωσης των προϊόντων της φωτοσύνθεσης αποκλειστικά από τους σπάδικες. Έχει αποδειχθεί από τους Daynard et al. ότι ένα μέρος των διαλυτών ουσιών του βλαστού μετακινείται προς τους σπάδικες και λαμβάνει ενεργό μέρος στο γέμισμα των καρπών, παράλληλα με τα φωτοσυνθετικά των φύλλων. Οι Hume

& Campbell (1972) υπολόγισαν ότι το 20% του τελικού βάρους των παραγόμενων καρπών οφείλεται στις διαλυτές ουσίες του στελέχους. (Καραμάνος & Θεοδώρου 1988).



εικόνα 1: Χρονική πορεία αύξησης του ξηρού βάρους των υπέργειων οργάνων αρδευόμενων φυτών στο Οχίο. Να σημειωθεί η πτώση του ξηρού βάρους των στελεχών λίγο μετά την γονιμοποίηση. (Πηγή: Καραμάνος 1988)

Έχει βρεθεί ότι κατά το στάδιο του γεμίσματος τα αποθέματα του στελέχους μπορούν να υποκαταστήσουν σχεδόν ολοκληρωτικά τα φύλλα τα οποία πιθανόν να έχουν καταστραφεί από διάφορες αιτίες και έτσι το στέλεχος να αναλάβει τον ρόλο της πηγής τροφοδοσίας των αυξανόμενων καρπών (Duncan et al., 1965. Daynard et al., 1969) (Καραμάνος & Θεοδώρου, 1988)

Ο αριθμός των σπερμάτων(κόκκων) που έχει οριστεί ανά φυτό είναι άμεσα συνδεδεμένος με το περιβάλλον γύρο από την ανθοφορία ισχυρίστηκε ο Tollenaar το (1992). Είναι εξαιρετικά σημαντικό και συσχετίζεται θετικά με το ποσό της IPAR (Intercepted Photosynthetically Active Radiation) κατά τη διάρκεια της περιόδου της ανθοφορίας συμπλήρωσε ο Andrade το (1993). Ως αποτέλεσμα αυτού, η ποσότητα

ενέργειας που συλλαμβάνεται από την καλλιέργεια στην ανθοφορία συσχετίζεται με την κατανομή των διαλυτών υδατανθράκων των αναπαραγωγικών δομών.

Οι απώλειες παραγωγής που σχετίζονται με αποφυλλώσεις γύρο από την περίοδο της γονιμοποίησης εξηγούνται στον μικρότερο αριθμό σπερμάτων (KernelNumber) (Culpepper and Magoon 1930, Hanway 1969, Egharevba 1976, Severini 2011), καθώς απώλειες λόγω αποφύλλωσης ακριβώς πριν ή κατά τη διάρκεια της περιόδου (R2) (Abendroth 2011) σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την μείωση του βάρους των πυρήνων (KW) (Dungan 1934, Hanway 1969, Hicks 1977, Tollenard and Daynard 1978, Echarte 2006) χωρίς να αλλάζει ο τελικός αριθμός των κόκκων (σπερμάτων). Σε μερικά πειράματα, η μείωση του (KN) ήταν 62% με πλήρεις αποφυλλώσεις δέκα ημέρες μετά το 50% του R1 (στάδιο εμφάνισης στιγμάτων) (Egharevba 1976)

Το τελικό βάρος των πυρήνων (σπερμάτων) φαίνεται να είναι ευαίσθητο στη μειωμένη αφομοίωση συστατικών κατά την πλήρωση των κόκκων (Borras 2004) λόγω του τεράστιου ανταγωνισμού τους για τα αφομοιώσιμα συστατικά αυτά. Η αποφύλλωση κατά το γέμισμα των κόκκων θα πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα μια περιορισμένη πηγή τροφοδοσίας δεδομένου ότι το καλαμπόκι είναι μία εξαιρετικά ανεπαρκής καλλιέργεια στην χρήση των αποθηκευμένων συστατικών πριν την ανθοφορία ισχυρίστηκε ο Borras (2004). Ο Kiriya (1992) εκτιμά ότι μόνο το 19 έως 24% του ξηρού βάρους του στελέχους στην άνθηση αντιπροσωπεύει τα αφομοιώσιμα συστατικά για αναπνοή και ανάπτυξη. Αντίθετα ο Echarte (2006) πρότεινε την αύξηση της απομάκρυνσης των φύλλων του στελέχους με σκοπό τη συμβολή στη διατήρηση του ρυθμού ανάπτυξης των κόκκων στα φυτά.

Ο Echarte (2006) δούλεψε πάνω σε πέντε Αργεντίνικα υβρίδια καλαμποκιού σε διαφορετικά χρόνια [ένα υβρίδιο το 1965, 1978 (1), 1982 (1), 1993 (2)]. Υπό κανονικές συνθήκες ανάπτυξης (χωρίς αποφυλλώσεις), το βάρος πυρήνα και ο ρυθμός ανάπτυξης του ήταν διαφορετικός για τα διάφορα υβρίδια που χρησιμοποιήθηκαν. Ωστόσο, η διάρκεια της αποτελεσματικής περιόδου πλήρωσης των κόκκων δεν ήταν διαφορετική μεταξύ των υβριδίων (εύρος : 576 έως 594 °C d-1. $P > 0.05$). Αποφυλλώσεις φυτών για την μείωση της διαθεσιμότητας των αφομοιωμένων συστατικών κατά τη διάρκεια της πλήρωσης των κόκκων καθιερώθηκαν 27 ημέρες μετά το R1 στάδιο κάθε υβριδίου

προκειμένου να μειωθεί η IPAR κατά 33% σε σχέση με αυτά που δεν έχουν υποστεί αποφύλλωση. Τρία με τέσσερα φύλλα αφαιρέθηκαν σε κάθε φυτό μετά την αποφύλλωση. Για όλα τα υβρίδια, η κατεργασία της αποφύλλωσης δεν επηρέασε τον αριθμό του πυρήνα ανά μονάδα φυτού, ούτε το ρυθμό αύξησης του πυρήνα σε σχέση με το μάρτυρα, αλλά η αποφύλλωση μείωσε το τελικό βάρος πυρήνα κατά τη διάρκεια της πλήρωσης των κόκκων. Σε αυτό το πείραμα, ο (KW) μειώθηκε κατά $38 \pm 0,1\%$ για τα νεότερα υβρίδια (που κυκλοφόρησαν το 1993) και $23 \pm 0,7\%$ για τα παλαιότερα μεταξύ 1965 και 1982.

Ο Echarte (2006) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μια μεγάλη ζήτηση (διαλυτών στερεών συστατικών) των αυτιών σε σχέση με τη χωρητικότητα της πηγής στα νεότερα υβρίδια μπορεί να εξηγήσει τη μικρότερη παραγωγή κατά τη διάρκεια της πλήρωσης των κόκκων σε σύγκριση με τα παλαιότερα υβρίδια, γεγονός που με τη σειρά του εξηγεί το μεγαλύτερο βάρος των πυρήνων στα νεότερα υβρίδια, το σίγουρο είναι ότι επαληθεύονται τα αποτελέσματα που έδειχναν μια σχέση μεταξύ διαλυτών στερεών υδατανθράκων του στελέχους με αυτά του πυρήνα κατά την διάρκεια της πλήρωσης του, (Tollenaar, Daynard 1978).

2.6 Αποφύλλωση και δέσμευση του φωτός

Η παραγωγή και συντήρηση των φύλλων καθώς και ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) είναι οι κύριες μεταβλητές που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των πειραμάτων (Carcova 2003). Η παραγωγή και συντήρηση των φύλλων αυξάνει τα επίπεδα LAI έως 6-6,5 αυξάνοντας έτσι και την IPAR σε τιμές μεταξύ 90-95% (Williams 1965).

Πολλά πειράματα διεξήχθησαν στην Αργεντινή τα τελευταία 20 χρόνια προκειμένου να διασαφηνιστεί η σχέση μεταξύ της διακοπής του φωτός και της απόδοσης των κόκκων καλαμποκιού εξαιτίας την αποφύλλωσης. Ο Andrade ανέπτυξε ένα πείραμα το 1999-2000 στο Balcarce, εφαρμόζοντας τέσσερα επίπεδα αποφύλλωσης α) καθόλου 0% (μάρτυρας), β) ήπια (33%), γ) μέτρια (50%) και μέγιστη αποφύλλωση (100%) στα στάδια V17, R1 και R4. Τα φυτά μάρτυρες ανέρχονταν σε ποσοστά 95 και 80% στην δέσμευση της ακτινοβολίας για τα αρδευόμενα και όπου επικρατούσαν βροχές αντίστοιχα. Τα ήπια και

μέτριας αποφύλλωσης σχετίστηκαν με ποσοστά (RI) κοντά στο 80%. Με ολοκληρωτική αποφύλλωση τα ποσοστά RI (Radiation Interception) δεν υπερέβησαν το 40%. Σε όλες τις περιπτώσεις αποφύλλωσης η απόδοση των κόκκων ήταν μειωμένη. Οι μεγαλύτερες μειώσεις της απόδοσης των κόκκων (94%) εμφανίστηκαν με 100% αποφύλλωση στα R1 και V17 ακολουθούμενη από 42% στο στάδιο R4.

Ο Andrade (2001), σύγκρινε τρεις θεραπείες αποφύλλωσης (μάρτυρα και 100% αποφύλλωση στα V3 και V5) σε δύο υβρίδια με αποστάσεις σειρών φύτευσης 52 και 70 εκατοστών. Η μεγαλύτερη αύξηση της απόδοσης (+13%) διαπιστώθηκε σε αυτά που ήταν φυτεμένα σε στενές σειρές στο στάδιο V5 φθάνοντας τα φυτά στο μέγιστο RI 73% ενώ τα φυτά που είχαν μεγαλύτερες αποστάσεις σειρών έφτασαν μόλις το 63% RI. Τα φυτά που αποφυλλώθηκαν στο V3 στάδιο και στα δυο πλάτη γραμμών έφτασαν το 80% (RI) ενώ τα φυτά μάρτυρες έφτασαν το 85%.

2.7 Αποφύλλωση και υδατική καταπόνηση

Οι αποδώσεις του καλαμποκιού στις ημι-άνυδρες περιοχές είναι περιορισμένες λόγω της ανεπάρκειας νερού. Για να γίνει εφικτή η βελτίωση των αποδόσεων σε συνθήκες υδατικού στρες απαιτούνται οι γνώσεις των φυσιολογικών διαδικασιών όπως η σχέση μεταξύ πηγής/καταναλωτή. (Reynolds and Trethowan 2007). Ο Yushiharū (1993) ανέφερε ότι τρεις βδομάδες μετά την άνθηση, τόσο η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη όσο και το Rubisco συσχετίζονταν με την αναλογία πηγής/καταναλωτή. Η έλλειψη ύδατος μετά την ανθοφορία μπορεί να εμποδίσει τη γονιμοποίηση των ωοθηκών μειώνοντας την δεκτικότητα του στίγματος (Basseti και Mark 1993). Η ανταπόκριση σχηματισμού απόδοσης του καλαμποκιού στις μεταβολές της διαθεσιμότητας των αφομοιώσιμων ανά πυρήνα κατά την πλήρωση των κόκκων, υποδεικνύουν ότι τα φυτά καθιερώνουν ένα δυναμικό νεότερου πυρήνα καταναλωτή για να μεγαλώσουν κοντά στον κορεσμό διαθεσιμότητας αφομοιώσιμων συστατικών κατά την καθυστερημένη πλήρωση των κόκκων, πράγμα που σημαίνει ότι οι περιορισμοί της πηγής είναι κοινές μόνο νωρίς στην ανάπτυξη του πυρήνα (Irena και Tollenaar 1999).

Κατά τη διάρκεια της περιόδου πλήρωσης των κόκκων, η διαθεσιμότητα νερού και αζώτου καθορίζει την έκταση στην οποία η πηγή και ο καταναλωτής συμβάλλουν στην απόδοση της παραγωγής, και η περιορισμένη διαθεσιμότητα πόρων θα οδηγήσει κυρίως σε περιορισμούς πηγών με τη μείωση της φωτοσύνθεσης, λιγότερο από τους περιορισμούς του καταναλωτή (Madani, Eghareuba 2006). Επομένως η ποσότητα των κινητών αποθεμάτων στα βλαστικά μέρη θα καθορίσει το χάσμα της απόδοσης (Madani 2010).

Πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Viramin-Iran, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2007-08 και 2008-09 με σκοπό την ανάλυση των επιπτώσεων της ανεπάρκειας νερού στην απόδοση παραγωγής βιομάζας και στην κατανομή των αφομοιώσιμων συστατικών στο καλαμπόκι, κάτω από διάφορους περιορισμούς της πηγής (των φύλλων) προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση της αντοχής της πηγής στην πλήρωση των σιτηρών. Αυτή η μελέτη περιλάμβανε μια περιοχή που αποτελούνταν από μέτρια άρδευση μέχρι τη φυσιολογική ωριμότητα (W1) και μια περιοχή που εφαρμόζονταν σοβαρές υδατικές καταπονήσεις (W2) στα στάδια V8 και VT. Ακόμα εφαρμόστηκαν αποφυλλώσεις στις περιοχές με διαφορετικές εντάσεις αποφύλλωσης (1/3 ή 2/3 των φύλλων) και ένα μάρτυρα (5 θεραπείες περιορισμού της πηγής), το υβρίδιο καλαμποκιού που καλλιεργήθηκε για το σκοπό του πειράματος ήταν το SC704. Η μέτρια άρδευση οδήγησε σε απόδοση σιτηρών 8,9 t/ha και σε σημαντικά υψηλότερη βιομάζα (16,4%) και δείκτη συγκομιδής (27,3%) συγκριτικά με τις περιοχές που υπέστησαν υδατική καταπόνηση(χωρίς αποφύλλωση). Υποδεικνύοντας ότι η υδατική καταπόνηση μετά την άνθηση μείωσε τόσο την ισχύ της πηγής όσο και τη χωρητικότητα του καταναλωτή. Η έλλειψη αφομοιώσιμων συστατικών λόγω της ξηρασίας κατά τη διάρκεια της πλήρωσης των κόκκων μείωσε σημαντικά τον αριθμό κόκκων ανά αυτί αυξάνοντας παράλληλα το βάρος τους. Έτσι οι Sinclair και Jamieson ανέφεραν ότι τα φυτά ρυθμίζουν την χωρητικότητα του καταναλωτή (αριθμός κόκκων) σύμφωνα με την δύναμη της πηγής (περιεκτικότητα σε άζωτο και σακχαρόζη) πριν και γύρω από την άνθιση. Η απόδοση των κόκκων και ο αριθμός των κόκκων ανά αυτί συσχετίστηκαν έντονα ($r = 0,95$, $P < 0,01$) υποδεικνύοντας ότι η χαμηλότερη κατανομή των συστατικών στα σιτηρά και ο χαμηλός δείκτης συγκομιδής οφειλόταν κυρίως σε μειωμένο αριθμό κόκκων και όχι στη μείωση του βάρους των κόκκων. Ο αριθμός των κόκκων προσδιορίζεται συνήθως πριν την

ανθοφορία (Hugo 1998, Kichey 2007). Έτσι, υδατική καταπόνηση μετά την άνθηση και κατά την διάρκεια της πλήρωσης των κόκκων μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη μείωση του βάρους από τον αριθμό των κόκκων. Ωστόσο, ο Tim (2001) έδειξε ότι η συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού μείωσης του βάρους του πυρήνα από τον τρέχοντα περιορισμό φωτοσύνθεσης και το ρυθμό μείωσης από το υδατικό στρες είναι σημαντική. Με την κοπή του ενός ή δύο τρίτων των φύλλων στο V8 στάδιο στο W1 μειώθηκε σημαντικά ο δείκτης συγκομιδής και βιομάζας, υποδεικνύοντας ότι η μείωση της αντοχής της πηγής πριν την άνθιση μειώνει την απόδοση των κόκκων τόσο με τη μείωση της συσσώρευσης ξηρής ύλης όσο και με τη μείωση της κατανομής των ξηρών ουσιών στην πλήρωση των κόκκων (Reynolds και Trethowan 2007). Φαίνεται ότι, εξαιτίας της επίδρασης της ισχύος της πηγής πριν την άνθιση στην χωρητικότητα του καταναλωτή, το σύνολο των κόκκων μειώθηκε. Αυτό σημαίνει ότι κάτω από υψηλές περιεκτικότητες σε νερό του εδάφους, τόσο η ισχύς της πηγής όσο και η χωρητικότητα του καταναλωτή είναι περιοριστικοί παράγοντες της διαδικασίας πλήρωσης των κόκκων. Ωστόσο, στα αποφυλλωμένα φυτά (κοπή του 1/3 φύλλου) στο VT στάδιο που υπέστησαν υδατική καταπόνηση μετά την άνθιση αύξησαν την απόδοση των κόκκων σε σύγκριση με τα φυτά ελέγχου. Η αποφύλλωση μετά την άνθηση δεν περιορίζει ούτε τη δύναμη της πηγής ούτε την χωρητικότητα του καταναλωτή. Επιπλέον, ένας υψηλότερος δείκτης συγκομιδής έδειξε ότι η κατανομή της ξηρής ύλης στους κόκκους βελτιώθηκε, η οποία μπορεί να οφείλεται στη χρησιμοποίηση των βαθμίδων υδροστατικής και ωσμωτικής πίεσης μεταξύ των κόκκων και των υπολειπόμενων φύλλων μετά την αποφύλλωση. (Tim 2001)

Ανάλογα με τη δομή των φύλλων, η διαπνοή μπορεί να είναι υψηλότερη από την εξάτμιση του εδάφους, επειδή η καλλιέργεια έχει μεγαλύτερη επιφάνεια εξάτμισης ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους, σε σύγκριση με το έδαφος. Συνεπώς στη θεραπεία W2D4 (1/3 αφαίρεσης φύλλων στο VT σε περιοχή με υδατικό στρες) η μείωση της διαπνοής θα ήταν υψηλότερη από την ενυδάτωση του εδάφους μετά την αποφύλλωση στο VT στάδιο, πράγμα που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αναστολή της απώλειας του πυρήνα (χωρητικότητα καταναλωτή) λόγω της έλλειψης νερού. Ωστόσο στη θεραπεία W2D1 (σε περιοχή με υδατικό στρες δεν εφαρμόστηκε αποφύλλωση), η μεγάλη απώλεια νερού από τα φύλλα σε μη αποφυλλωμένα φυτά που υποβλήθηκαν σε έλλειψη ύδατος σε αναλογία φθορών, ή μείωση στην διαίρεση των κυττάρων στο ενδοσπέρμιο και στην υποχώρηση

της χωρητικότητας του καταναλωτή. Έτσι, οι άφθονες αφομοιώσεις των φύλλων δεν θα ήταν αποτέλεσμα μιας εφικτής απόδοσης σιτηρών χωρίς ικανό καταναλωτή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση των κόκκων δεν περιοριζόταν επιπρόσθετα από την αποφύλλωση στα εδάφη με χαμηλή υδατική υγρασία. Διαπιστώθηκε ότι κάτω από το στρες του νερού, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις περιορισμού της χωρητικότητας του καταναλωτή σε σύγκριση με την ισχύ της πηγής. (Ahmadi, 2009)

2.8 Η απόδοση παραγωγής του Αραβόσιτου λόγω της αποφύλλωσης σε διαφορετικά πλάτη γραμμών.

Ένα διετές πείραμα διεξήχθη στο Lexington, Kentucky με δύο υβρίδια (113 και 120 σχετική ωριμότητα RM), δύο πλάτη σειρών (38 και 76 εκατοστά) και ένα συνδυασμό αποφυλλώσεων διαφορετικής βαρύτητας σε διαφορετικές χρονικές στιγμές: 0% αποφύλλωση (μάρτυρας), V7 - 100%, V14 - 50%, V14 - 100%, R2 - 50% και R2 - 100%. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση παραγωγής μεταξύ των υβριδίων το 2012. Οι αποδόσεις ήταν 26% μεγαλύτερες στις σειρές που απείχαν 38 εκατοστά από αυτές των 76 εκατοστών το 2012. Το 2013, η απόδοση της παραγωγής στα 38 εκατοστά πλάτους γραμμών ήταν 10% καλύτερη, αλλά το υβρίδιο, το πλάτος γραμμής και η αποφύλλωση αλληλεπίδρασαν. Οι χαμηλότερες αποδόσεις παραγωγής προκλήθηκαν από το V14-100% ακολουθούμενο από το R2-100%. Αποφυλλώσεις στα V14-50% και R2-50% μείωσαν τις αποδόσεις παραγωγής σε ορισμένες περιπτώσεις. Ολοκληρωτικές αποφυλλώσεις στο V7 στάδιο δεν μείωσε την απόδοση παραγωγής στις περισσότερες περιπτώσεις. Υποκλοπή του φωτός κάτω από το 80% κατά τη διάρκεια της κρίσιμης περιόδου ήταν αρκετή για να επιτευχθούν οι μέγιστες αποδόσεις σε φυτά που έχουν αποφυλλωθεί. Συμπερασματικά προέκυψε ότι τα μικρά πλάτη μεταξύ των γραμμών μειώνουν τις απώλειες απόδοσης του καλαμποκιού που έχουν υποστεί αποφύλλωση, σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα πλάτη. (Martin Leonardo Battaglia 2014)

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας, ήταν να διερευνηθεί η επίδραση στην απόδοση της ολικής αποφύλλωσης υβριδίου σε αρδευόμενη και μη καλλιέργεια του καλαμποκιού, στη Θεσσαλία και ο προσδιορισμός της κρίσιμης περιόδου που η αποφύλλωση θα είναι πιο αποδοτική. Ουσιαστικά με την αποφύλλωση εξαλείφεται η λειτουργία της διαπνοής αποτρέποντας την υπερβολική ανάγκη του φυτού για νερό.

Αξιολογήθηκαν, λοιπόν, οι εξής χρονικές στιγμές εφαρμογής αποφύλλωσης :

α) Μάρτυρας (μηδενική αποφύλλωση)

β) ολική αποφύλλωση στις 18/7/2018 (μια εβδομάδα μετά την ανθοφορία του σπάδικα) στο αρδευόμενο και μη τμήμα του αγρού

γ) ολική αποφύλλωση στις 2/8 στο αρδευόμενο και μη τμήμα του αγρού

δ) ολική αποφύλλωση στις 18/8 στο αρδευόμενο και μη τμήμα του αγρού

ε) συγκομιδή στις 6/9

Η έρευνα περιλάμβανε 3 μεταχειρίσεις αποφύλλωσης και το μάρτυρα στο αρδευόμενο και μη τμήμα του αγρού, σε 4 επαναλήψεις.

3 Υλικά και Μέθοδοι

3.1 Στοιχεία του πειράματος

Για τις ανάγκες του ερευνητικού έργου εγκαταστάθηκε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο Μαγνησίας την καλλιεργητική περίοδο 2018. Το καλλιεργούμενο φυτό που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος, ήταν το καλαμπόκι (*Zea mays L.*), φυτό, το οποίο είναι από τα σημαντικότερα ετήσια εαρινά φυτά μεγάλης καλλιέργειας, τόσο για την περιοχή, όσο και για ολόκληρη τη χώρα.

Το υβρίδιο καλαμποκιού που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα αυτό, ήταν το Cisko της εταιρίας Syngenta με FAO 400 (102 ημερών).

Το σχέδιο του πειράματος ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων (RCB) σε τέσσερις επαναλήψεις, όπως φαίνεται στο πειραματικό σχέδιο που ακολουθεί. Οι μεταχειρίσεις αποφύλλωσης παρατίθενται πιο αναλυτικά στην συνέχεια:

	Επανάληψη 1	Επανάληψη 2	Επανάληψη 3	Επανάληψη 4
Μη Αρδευόμενο	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8
Αρδευόμενο	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8	Μάρτυρας αποφύλλωση 18/7 αποφύλλωση 2/8 αποφύλλωση 18/8

Πίνακας 22: Πειραματικό σχέδιο. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Ο πειραματικός αγρός στον οποίο εφαρμόστηκε το πείραμα είχε διαστάσεις 27m x 36m (36 γραμμές καλαμποκιού x 0.75m = 27m πλάτος και 36m μήκος) οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς 0,75m και η απόσταση μεταξύ φυτών επί της γραμμής 0,15m. Έτσι ο πληθυσμός των φυτών ήταν 8900 φυτά περίπου ανά στρέμμα. Αρχικά το

κομμάτι του αγρού που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό του πειράματος, χωρίστηκε σε δυο τμήματα. Στα τμήματα αυτά η διαδικασία που ακολούθησε ήταν η ίδια (ολική αποφύλλωση φυτών σε διάφορα στάδια, συλλογή ολόκληρων φυτών αλλά και αποφυλλωμένων σε διάφορα στάδια του βιολογικού κύκλου, για την σύγκριση και την τελική εξαγωγή των αποτελεσμάτων) με τη διαφορά ότι στο ένα τμήμα διακόπηκε η άρδευση στο στάδιο ανθοφορίας της θηλυκής ταξιανθίας. Η πρώτη αποφύλλωση ξεκίνησε ουσιαστικά μία εβδομάδα μετά την ανθοφορία του σπάδικα (θηλυκή ταξιανθία) και πιο συγκεκριμένα στις 18 Ιουλίου 2018. Η αποφύλλωση περιλάμβανε την αφαίρεση όλων των φύλλων των φυτών που περιέχονταν σε δύο γραμμές μήκους δύο μέτρων σε κάθε επανάληψη τόσο στο αρδευόμενο όσο και στο μη αρδευόμενο τμήμα του πειραματικού αγρού. Επίσης πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία δύο τυχαίων φυτών από κάθε επανάληψη τα οποία μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για περαιτέρω μετρήσεις που θα αναλυθούν πιο κάτω. Μετά από 15 ημέρες (2 Αυγούστου) πραγματοποιήθηκε η δεύτερη αποφύλλωση. Έγινε ακριβώς το ίδιο με την πρώτη φορά σε ότι αφορά την αποφύλλωση, ενώ έγιναν και δειγματοληψίες φυτών από κάθε επανάληψη τόσο μη αποφυλλωμένων (μάρτυρας) όσο και φυτών που είχαν αποφυλλωθεί στις 18/7/2018. Στις 17 Αυγούστου (μετά από 15 ημέρες από την δεύτερη αποφύλλωση) πραγματοποιήθηκε η τρίτη αποφύλλωση, όπως ακριβώς και τις δύο προηγούμενες φορές. επίσης ελήφθησαν δείγματα φυτών τόσο μη αποφυλλωμένων από κάθε επανάληψη όσο και φυτών που προέρχονταν από τις δύο προηγούμενες αποφυλλώσεις. Η τελική δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 6/9/2018. Περιλάμβανε την κοπή δύο φυτών μη αποφυλλωμένων και δύο φυτών από κάθε διαφορετική ημερομηνία αποφύλλωσης σε όλες τις επαναλήψεις και στα δύο τμήματα του αγρού (αρδευόμενο και μη). Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για εκτίμηση της τελικής απόδοσης σε καρπό αλλά και της εξέλιξης των φυτών ανάλογα με την ημερομηνία αποφύλλωσης πάντα σύγκριση με τα μη αποφυλλωμένα.

3.2 Έδαφος πειραματικού αγρού

Η μηχανική ανάλυση του εδάφους έδειξε τα παρακάτω ποσοστά: άμμο 16%, άργιλο 50% και ιλύ 34% (χαρακτηρισμός Clay). Το Ph=8 με ολικό CaCO₃=6,6%. Η οργανική

ουσία ήταν 2,4%. Ο P (κατά Olsen) 9 mg/kg και το K+ 309 mg/kg. Σύμφωνα με τα παραπάνω το έδαφος χαρακτηρίζεται αλκαλικό, επαρκώς εφοδιασμένο σε CaCO₃, πλούσιο σε οργανική ουσία, με χαμηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο και υψηλή σε κάλιο.

3.3 Καιρικές συνθήκες

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

3.4 Καλλιεργητικές εργασίες

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

Στης 3/5/2018 πραγματοποιήθηκε η σπορά του αραβοσίτου. Χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή ακριβείας. Έγινε μεταφυτρωτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, καθώς και καταπολέμηση των ζιζανίων χειρωνακτικά.

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

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

ανάπτυξη των φυτών και στη συνέχεια περίπου 320 mm στο αρδευόμενο τμήμα του αγρού και 140 mm στο μη αρδευόμενο.

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

3.5 Μετρήσεις-προσδιορισμοί αύξησης και ανάπτυξης φυτών

3.5.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά-ξηρά βάρη

Κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του καλαμποκιού, έγιναν δειγματοληψίες φυτών για ανάλυση της αύξησης και ανάπτυξης τους. Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την κοπή δύο φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο σε όλες τις επαναλήψεις. Αρχικά γινόταν καταγραφή του ύψους του κάθε φυτού ξεχωριστά και του χλωρού του βάρους. Στη συνέχεια τα φυτά τεμαχίζονταν σε στελέχη, καρποφόρα όργανα και φύλλα τοποθετούνταν σε χάρτινες σακούλες (βάρους 23 g), οι οποίες μεταφέρονταν σε ξηραντήριο προκειμένου να προσδιοριστούν τα αντίστοιχα ξηρά βάρη.

Η ξήρανση των δειγμάτων γίνονταν σε ξηραντήριο στο οποίο η θερμοκρασία ήταν 60°C. Τιμές των ξηρών βαρών λαμβάνονταν ανά 4 ημέρες οι οποίες και καταγράφονταν. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση τουλάχιστον μιας ημέρας.

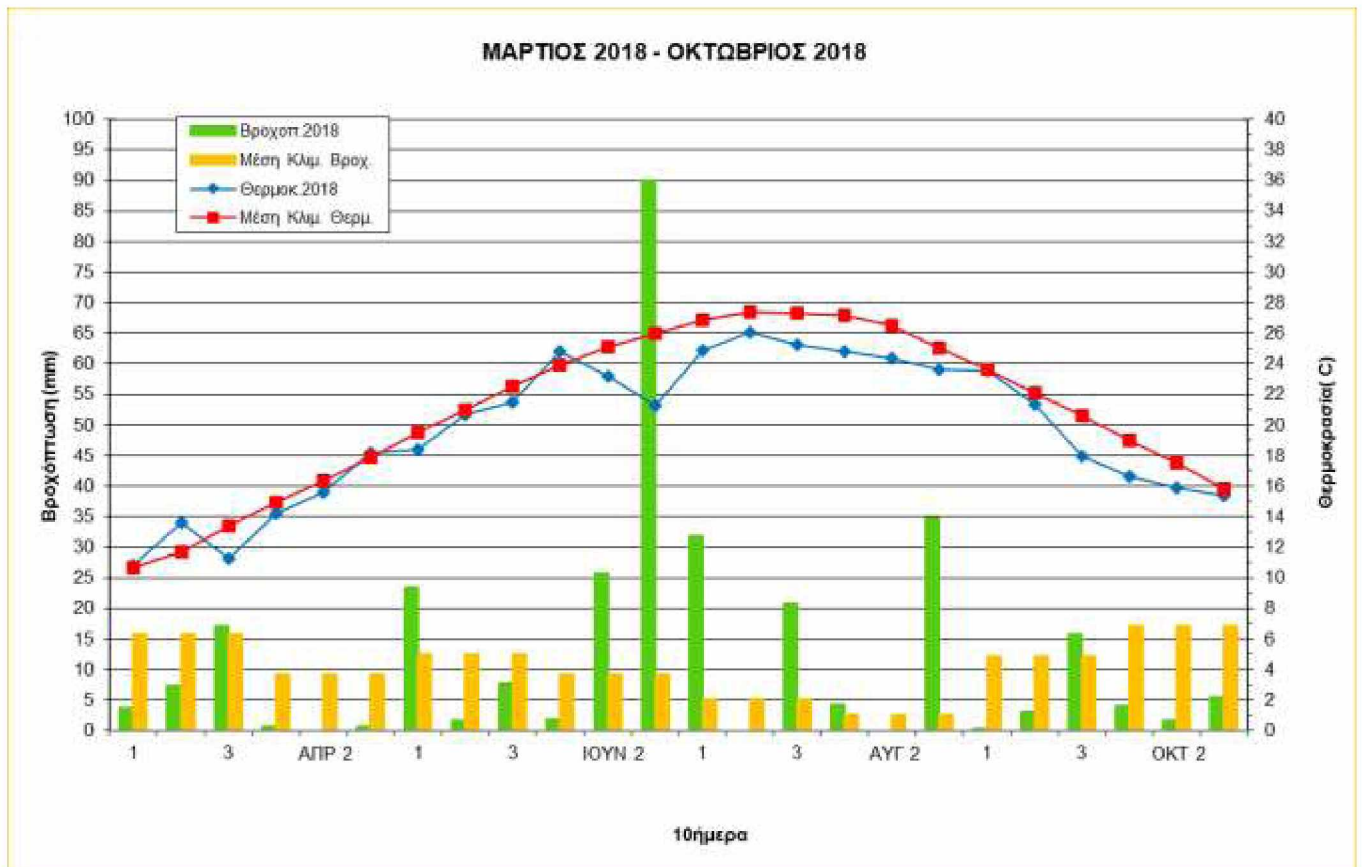
3.5.2 Απόδοση

Για τον υπολογισμό της απόδοσης ελήφθη υπόψη η δειγματοληψία του καλαμποκιού που πραγματοποιήθηκε στις 6 Σεπτεμβρίου. Η υγρασία του σπόρου ήταν κάτω από 15% κατά τη συγκομιδή. Για την εκτίμηση της στρεμματικής απόδοσης σε καρπό έγινε αναγωγή της παραγωγής των δύο φυτών ανά τεμάχιο στον πληθυσμό του στρέμματος.

4 Αποτελέσματα – Συζήτηση

4.1 Καιρικές συνθήκες

Στο Διάγραμμα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν στο Βελεστίνο κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού.



Διάγραμμα 14: Μείση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερο, από Μάρτιο 2018 έως και Οκτώβριο 2018, στο Βελεστίνο. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Κατά τη σπορά του Αραβόσιτου (αρχές Μαΐου) οι θερμοκρασίες που επικράτησαν ήταν φυσιολογικές για την εποχή (19,5 βαθμούς Κελσίου) που σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν στο πρώτο δεκαήμερο του Μαΐου (23,4 mm) είχε ως αποτέλεσμα το φυσιολογικό φύτεμα, χωρίς κανένα πρόβλημα σε ότι αφορά τον τελικό πληθυσμό φυτών, έτσι η εγκατάσταση της καλλιέργειας κρίθηκε επιτυχημένη.

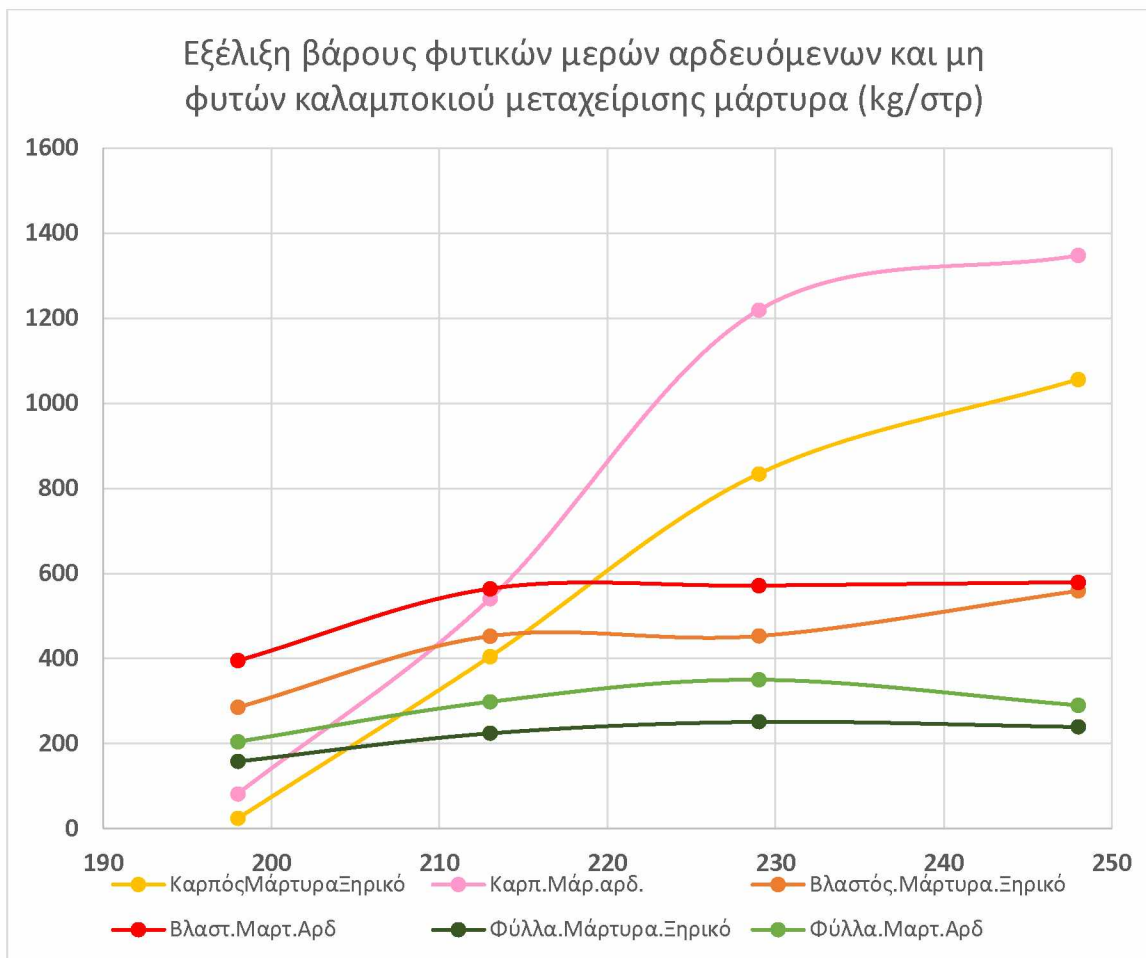
Όπως παρουσιάζεται στο παραπάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 1) οι βροχοπτώσεις ήταν πολλές σε όλη την διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού, με σημαντικότερη και ασυνήθιστη για την εποχή (τρίτο δεκαήμερο Ιουνίου) φτάνοντας τα (90 mm) όπου σε συνδυασμό με μια μικρή πτώση της θερμοκρασίας είχε σαν αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ανθοφορίας για λίγες ημέρες.

Η ξηρασία που σημειώθηκε το πρώτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου ωφέλησε την ξήρανση του σπόρου και τελικά την συγκομιδή του.

Σε γενικές γραμμές, οι συνθήκες που επικράτησαν, επέτρεψαν το ικανοποιητικό φύτρωμα του αραβόσιτου, με αποτέλεσμα την ομαλή αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας.

4.2 Αύξηση και ανάπτυξη του Αραβόσιτου – απόδοση

Στο Διάγραμμα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη του βάρους των διάφορων φυτικών μερών (καρπών, βλαστών, φύλλων) των φυτών του καλαμποκιού στη μεταχείριση του μάρτυρα (φυτά που δεν έχουν αποφυλλωθεί). Ο άξονας των τετμημένων είναι οι ημέρες σύμφωνα με το Ιουλιανό ημερολόγιο ενώ ο άξονας των τεταγμένων είναι τα κιλά/στρέμμα που αντιστοιχούν στο κάθε φυτικό μέρος. Αρχικά παρατηρείται ότι τα φυτικά μέρη(κυρίως οι καρποί) των αρδευόμενων φυτών παρουσιάζουν μεγαλύτερο βάρος συγκριτικά με αυτά των μη αρδευόμενων. Μεταξύ πρώτης (18/7) και δεύτερης δειγματοληψίας (2/8) παρατηρείται ραγδαία αύξηση του βάρους των καρπών, ενώ η αύξηση του βάρους των βλαστών και των φύλλων είναι πιο ομαλή. Από την δεύτερη δειγματοληψία και μετά οι βλαστοί και τα φύλλα παρατηρείται να έχουν αποκτήσει το τελικό τους βάρος το οποίο και διατηρούν μέχρι το τέλος σε αντίθεση με τους καρπούς που συνεχώς αυξάνουν το βάρος τους. Παρατηρείται έτσι συνεχής αύξηση του βάρους των καρπών σε αντίθεση με τα φύλλα και τους βλαστούς που παρουσιάζουν σταθερό βάρος σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις από τη δεύτερη δειγματοληψία (2/8) και μετά. Φαίνεται ότι τα φυτά από το σημείο αυτό και μετά επενδύουν τα φωτοσυνθετικά τους προϊόντα κυρίως στην παραγωγή σπόρου.

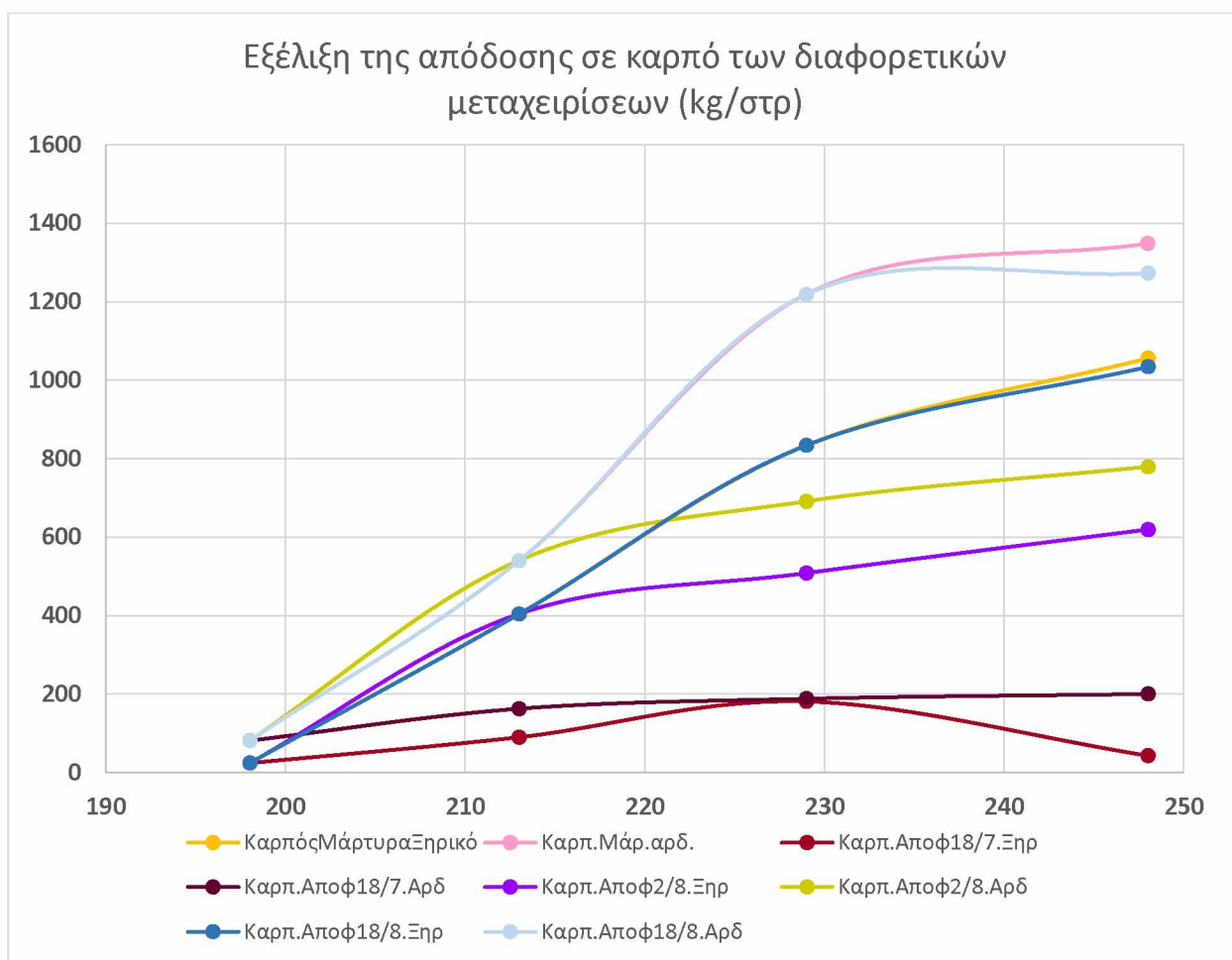


Διάγραμμα 22: Εξέλιξη βάρους καρπών, βλαστών και φύλλων αρδευόμενων και μη φυτών καλαμποκιού μεταχείρισης μάρτυρα (kg/στρ). (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η τελική απόδοση σε καρπό του μάρτυρα και των αποφυλλωμένων φυτών στις διάφορες ημερομηνίες. Φαίνεται ότι η επίδραση της αποφύλλωσης λίγες ημέρες μετά την ολοκλήρωση της άνθησης (18/7) είναι πολύ σημαντική οδηγώντας σε πολύ μικρές παραγωγές τόσο στα αρδευόμενα φυτά όσο και στα ξηρικά. Επίσης σημαντικό είναι ότι τα φυτά δεν καταστράφηκαν και ολοκλήρωσαν το βιολογικό τους κύκλο, γεγονός που μαρτυράει ότι άλλα φυτικά μέρη (βλαστός) ανέλαβε μέρος της λειτουργίας των φύλλων που απομακρύνθηκαν. Η αποφύλλωση που πραγματοποιήθηκε σε ημερομηνίες πιο κοντά στην ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών (αρχές Σεπτεμβρίου) είχε μικρότερη επίδραση στην τελική απόδοση σε

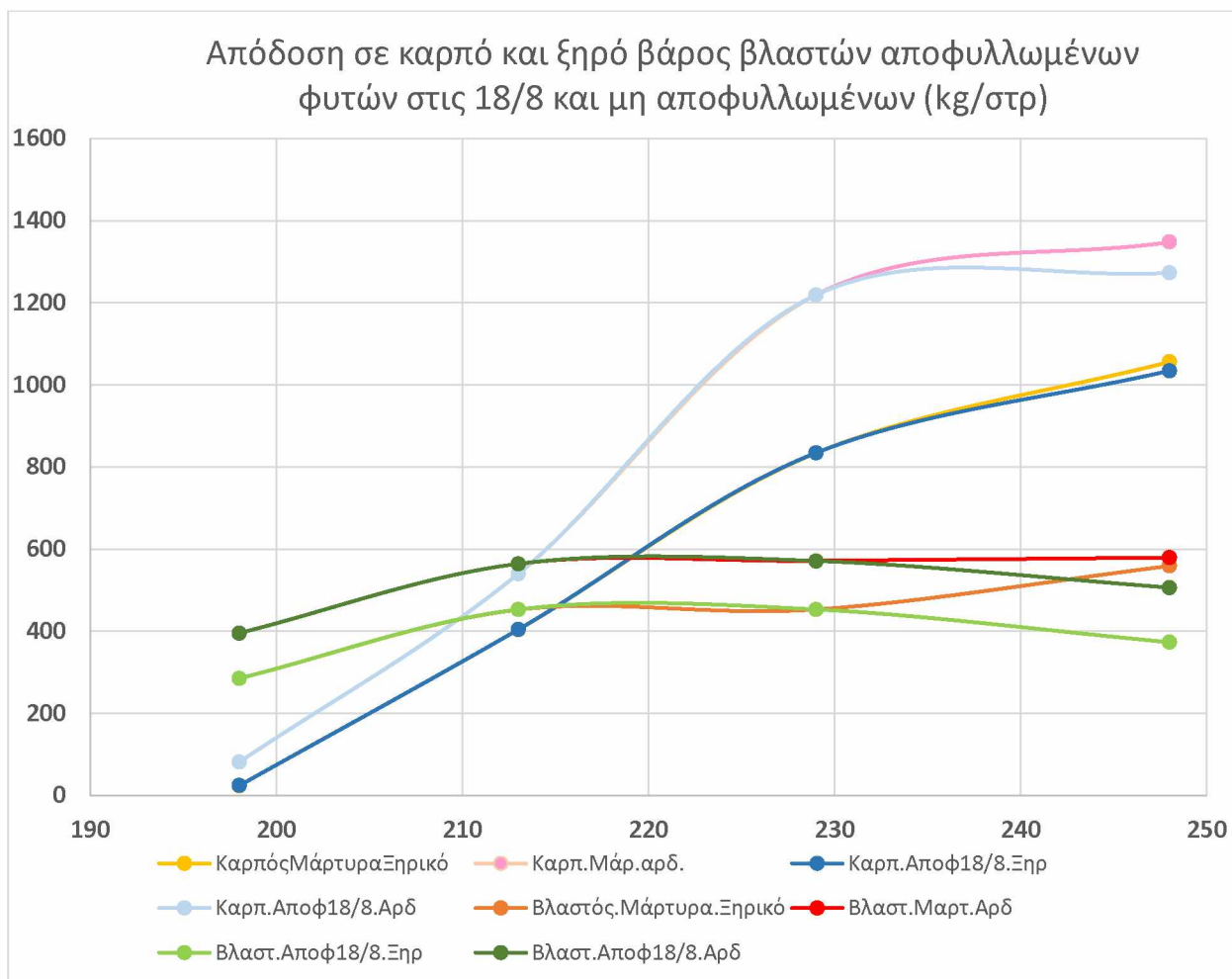
καρπό. Η αποφύλλωση της 18/8 έδωσε σχεδόν ίδιες αποδόσεις με τα μη αποφυλλωμένα φυτά.

Στην απόδοση σε καρπό στην μεταχείριση της αποφύλλωσης στις 18/7 παρατηρείται μια πτώση της απόδοσης σε καρπό από την Τρίτη προς την τέταρτη δειγματοληψία που μάλλον οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Γενικότερα τόσο στα φυτά που αποφυλλώθηκαν στις 2/8 όσο και σε αυτά στις 18/8 παρατηρείται αύξηση της απόδοσης σε καρπό καθόλη την πορεία του βιολογικού κύκλου των φυτών. Η αύξηση που παρατηρείται και στις μη αρδευόμενες μεταχειρίσεις οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις σημαντικές βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



Διάγραμμα 33: Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό του μάρτυρα και των διαφορετικών μεταχειρίσεων αποφύλλωσης των φυτών καλαμποκιού με άρδευση και χωρίς άρδευση. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

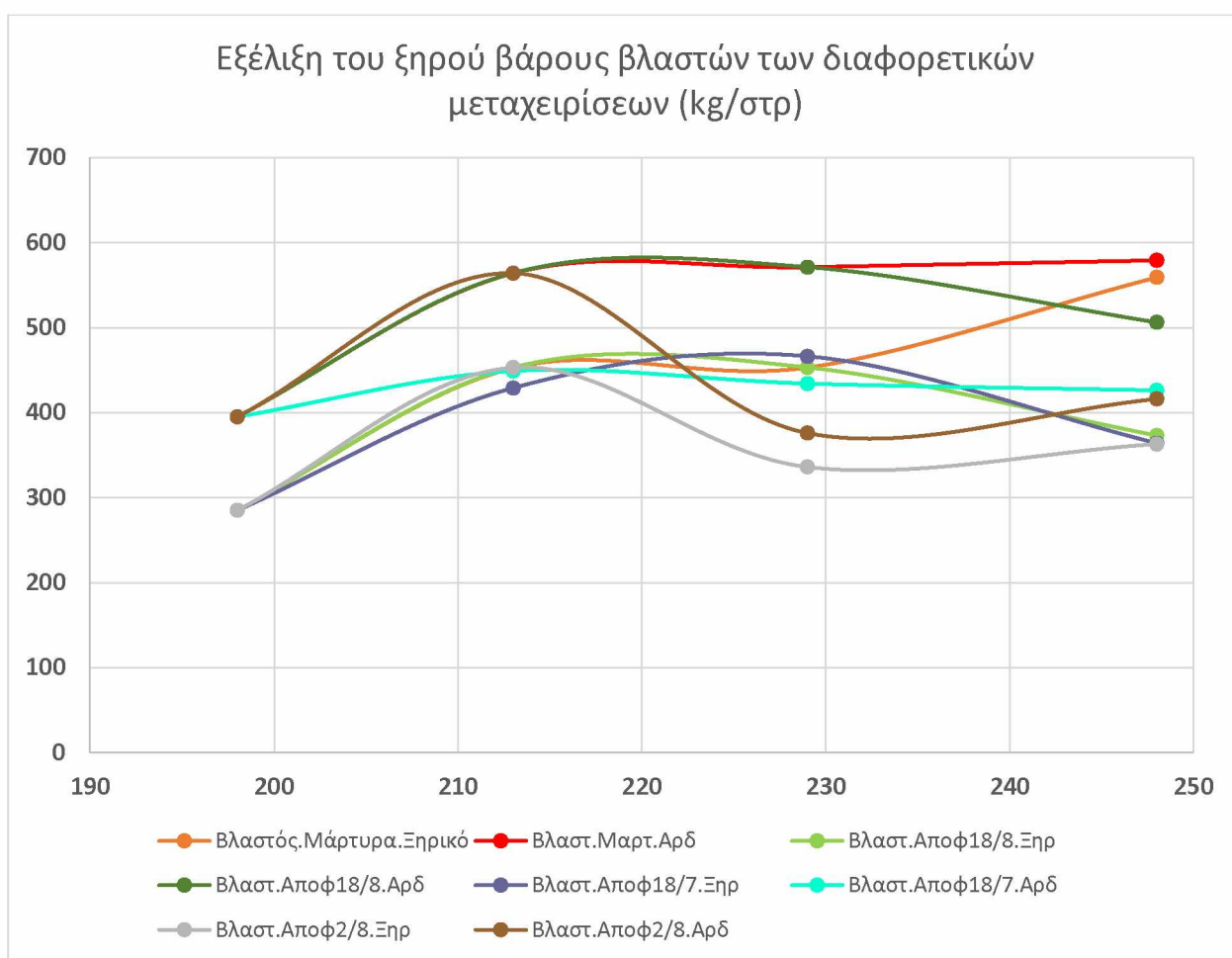
Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό και του ξηρού βάρους των βλαστών τόσο στα φυτά του μάρτυρα όσο και στα φυτά που αποφυλλώθηκαν στις 18/8. Καταρχήν παρατηρείται μια ταύτιση των καμπυλών της απόδοσης σε σπόρο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων φύλλων τόσο στα αρδευόμενα όσο και στα ξηρικά. Στο ξηρό βάρος των βλαστών παρατηρείται ταύτιση των καμπυλών των δύο μεταχειρίσεων μέχρι τη στιγμή της αποφύλλωσης και κατόπιν το ξηρό βάρος των βλαστών των αποφυλλωμένων φυτών μειώνεται μέχρι την επόμενη και τελευταία δειγματοληψία ενώ το αντίστοιχο βάρος σπόρων αυξάνεται. Φαίνεται ότι στα αποφυλλωμένα φυτά να γίνεται μια ανταλλαγή βαρών. Ενδεχομένως αποθησαυριστικές ουσίες που βρίσκονται αποθηκευμένες στο βλαστό να οδηγούνται στους σπόρους



Διάγραμμα 44: Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό και ξηρό βάρος βλαστών των φυτών του μάρτυρα και των αποφυλλωμένων φυτών καλαμποκιού στις 18/8 με άρδευση και χωρίς άρδευση. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Είναι γνωστό άλλωστε ότι τα ετήσια φυτά σε περίπτωση καταπόνησης επενδύουν όλη τους την ενέργεια στην παραγωγή σπόρου προκειμένου να διαιωνιστεί το είδος, σε αντίθεση με τα πολυετή φυτά που προτιμούν την καρπότητα για να επιβιώσουν και να παράξουν καρπούς το επόμενο έτος.

Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η εξέλιξη του ξηρού βάρους των βλαστών τόσο σε φυτά καλαμποκιού του μάρτυρα όσο και στα φυτά που αποφυλλώθηκαν στις διάφορες ημερομηνίες.

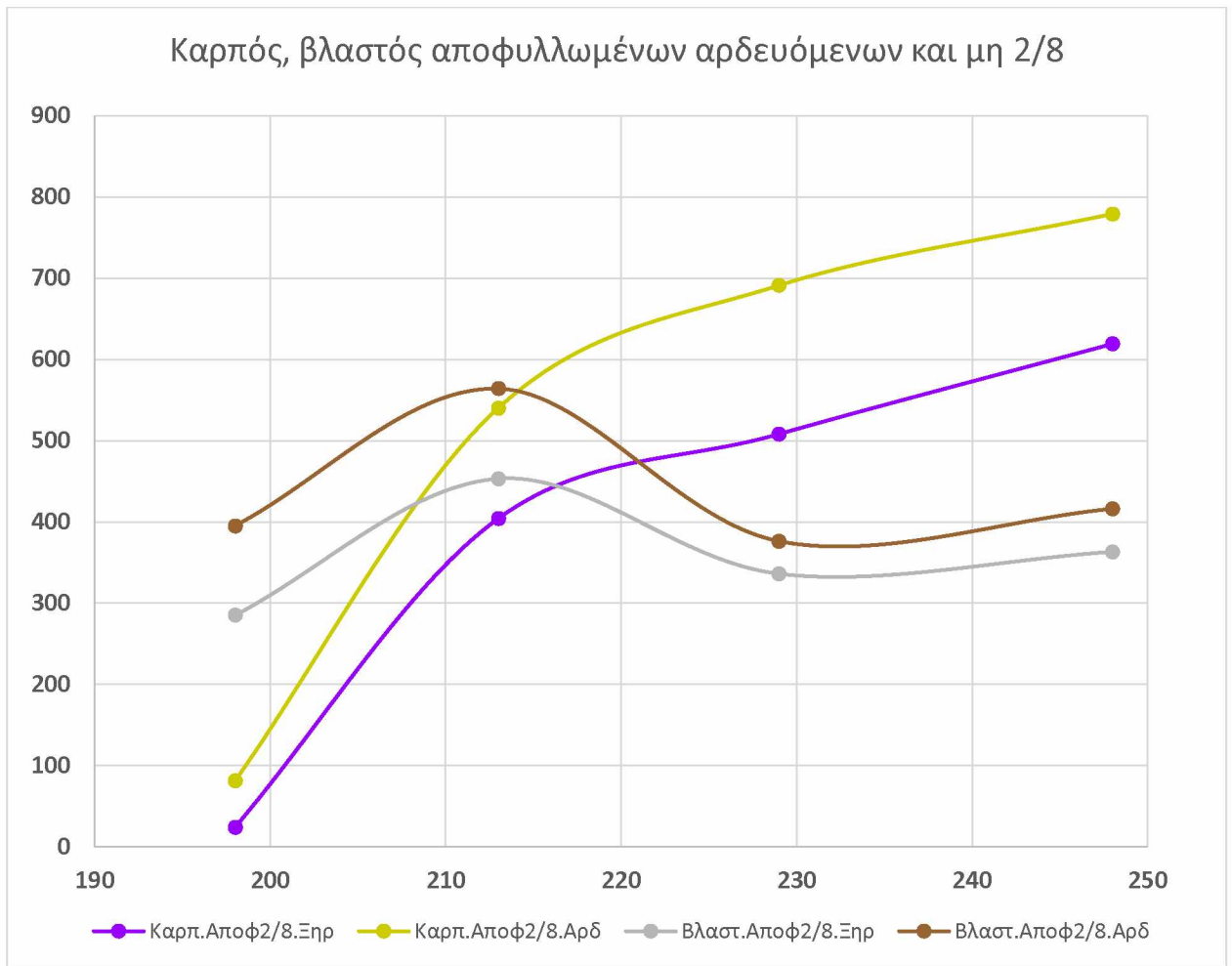


Διάγραμμα 55: Εξέλιξη του ξηρού βάρους βλαστών του μάρτυρα και των διαφορετικών μεταχειρίσεων αποφύλλωσης των φυτών του καλαμποκιού με άρδευση και χωρίς άρδευση. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Καταρχήν παρατηρείται ότι τα φυτά του μάρτυρα αυξάνουν το ξηρό βάρος των βλαστών μέχρι και το τέλος του βιολογικού τους κύκλου όπως φαίνεται και στο διάγραμμα,

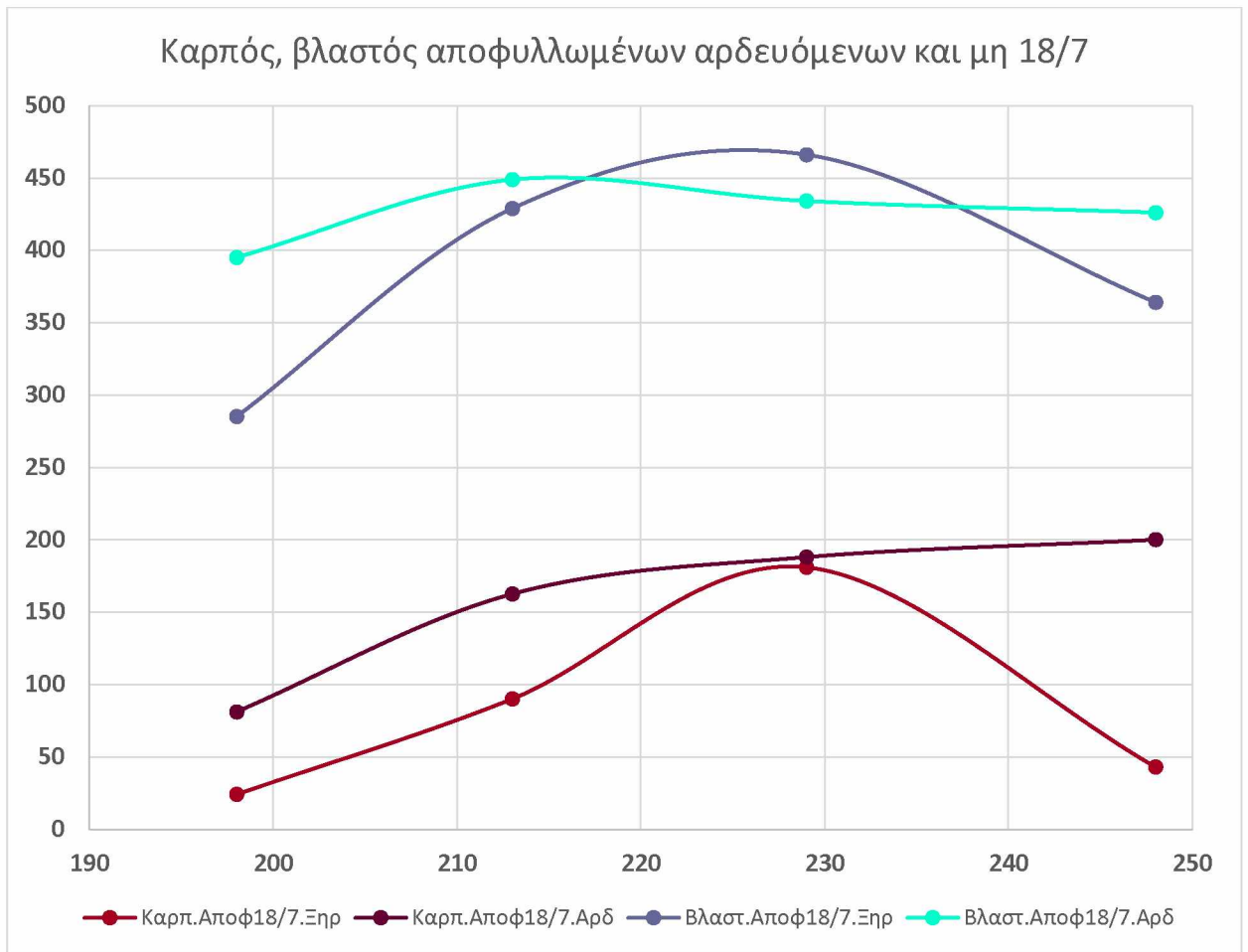
στο κομμάτι αγρού που δεν αρδεύονται η πρώτη μέτρηση του ξηρού βάρους τους ήταν 285 kg/στρ και στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου έφτασαν τα 559 kg/στρ, αντίστοιχα στο κομμάτι που εφαρμόστηκε άρδευση η πρώτη μέτρηση του ξηρού τους βάρους ήταν 395 kg/στρ και στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου έφτασαν τα 579 kg/στρ. είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι βροχοπτώσεις τους μήνες του καλοκαιριού ήταν αρκετές και έπαιξαν σημαντικό ρόλο κυρίως για τα φυτά (μάρτυρες) στα οποία δεν εφαρμόστηκε άρδευση με αποτέλεσμα το τελικό ξηρό βάρος και των μεν και των δε να είναι περίπου ίδιο. Από την άλλη πλευρά στα φυτά που εφαρμόστηκε η μέθοδος της αποφύλλωσης δεν ανταποκρίθηκαν όπως τα φυτά του μάρτυρα, παρατηρείται μείωση του ξηρού βάρους του βλαστού μετά από κάθε αποφύλλωση πράγμα που υποδηλώνει ότι στα αποφυλλωμένα φυτά γίνεται μια ανταλλαγή βαρών. Ενδεχομένως αποθησαυριστικές ουσίες που βρίσκονται αποθηκευμένες στο βλαστό να οδηγούνται στο σπόρο.

Στο διάγραμμα 6 παρουσιάζεται η εξέλιξη του βάρους των καρπών και των βλαστών των φυτών καλαμποκιού που αποφυλλώθηκαν στις 2/8. Παρατηρείται συνεχής αύξηση του βάρους των καρπών σε αντίθεση με τους βλαστούς όπου το βάρος τους παρουσιάζει μείωση. Φαίνεται ότι τα φυτά που έχουν υποστεί αποφύλλωση ανταλλάζουν κάποιες ουσίες (αποθησαυριστικές) από τους βλαστούς στους σπόρους, γνώρισμα των ετησίων φυτών σε περίπτωση καταπόνησης να επενδύουν όλη τους την ενέργεια στην παραγωγή σπόρου προκειμένου να διαιωνιστεί το είδος.



Διάγραμμα 66: Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό και ξηρό βάρος βλαστών των αποφυλλωμένων φυτών καλαμποκιού στις 2/8 με άρδευση και χωρίς άρδευση. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η εξέλιξη του βάρους των καρπών και των βλαστών των φυτών καλαμποκιού που αποφυλλώθηκαν στις 18/7. Φαίνεται ότι η επίδραση της αποφύλλωσης λίγες ημέρες μετά την ολοκλήρωση της άνθησης (18/7) είναι πολύ σημαντική οδηγώντας σε πολύ μικρές παραγωγές τόσο στα αρδευόμενα όσο και στα ξηρικά, σημαντικό είναι δε ότι τα φυτά δεν καταστράφηκαν και ολοκλήρωσαν τον βιολογικό τους κύκλο. Παρατηρείται ακόμη μια πτώση της απόδοσης σε καρπό όσο και στο ξηρό βάρος των βλαστών από την Τρίτη προς την τέταρτη δειγματοληψία που μάλλον οφείλεται σε πειραματικό λάθος.



Διάγραμμα 77: Εξέλιξη της απόδοσης σε καρπό και ξηρό βάρος βλαστών των αποφυλλωμένων φυτών καλαμποκιού στις 18/7 με άρδευση και χωρίς άρδευση. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Για τα φυτά του μάρτυρα παρατηρήθηκαν συνεχείς αυξήσεις του βάρους των καρπών σε αντίθεση με τα φύλλα και τους βλαστούς που παρουσίασαν σταθερό βάρος σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις από τη δεύτερη δειγματοληψία (2/8) και μετά. Φάνηκε ότι τα φυτά από το σημείο αυτό και μετά επενδύουν τα φωτοσυνθετικά τους προϊόντα κυρίως στην παραγωγή σπόρου.

- Φάνηκε ότι η επίδραση της αποφύλλωσης λίγες ημέρες μετά την ολοκλήρωση της άνθισης (18/7) είναι πολύ σημαντική οδηγώντας σε πολύ μικρές παραγωγές τόσο στα αρδευόμενα φυτά όσο και στα ξηρικά. Επίσης σημαντικό είναι ότι τα φυτά δεν καταστράφηκαν και ολοκλήρωσαν το βιολογικό τους κύκλο, γεγονός που μαρτυράει ότι άλλα φυτικά μέρη όπως ο βλαστός ανέλαβε μέρος της λειτουργίας των φύλλων που απομακρύνθηκαν.

- Παρατηρήθηκε ότι αποφυλλώσεις που πραγματοποιούνται σε ημερομηνίες πιο κοντά στην ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών (αρχές Σεπτεμβρίου) είχε μικρότερη επίδραση στην τελική απόδοση σε καρπό. Έτσι τυχόν απώλεια της φυλλικής επιφάνειας των φυτών την συγκεκριμένη περίοδο (πχ λόγω χαλαζιού) δεν θα επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα.

- Τόσο στα φυτά που αποφυλλώθηκαν στις 2/8 όσο και σε αυτά στις 18/8 παρατηρείται αύξηση της απόδοσης σε καρπό καθόλη την πορεία του βιολογικού κύκλου των φυτών.

- Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού σημειώθηκαν αρκετές βροχοπτώσεις με αποτέλεσμα η αύξηση που παρατηρήθηκε στις μη αρδευόμενες μεταχειρίσεις να οφείλεται σε αυτές (τις βροχοπτώσεις). Οι συγκεκριμένες μεταχειρίσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν ως αντιπροσωπευτικές και συνεπώς δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων αποφύλλωσης σε μη αρδευόμενα φυτά καλαμποκιού. Συνεπώς η επανάληψη στο χρόνο μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλέστερα συμπεράσματα.

- Παρατηρήθηκε ότι στα αποφυλλωμένα φυτά γίνεται μια ανταλλαγή βαρών μεταξύ βλαστού και καρπού. Ενδεχομένως αποθησαυριστικές ουσίες που βρίσκονται αποθηκευμένες στον βλαστό να οδηγούνται στους σπόρους, γνώρισμα των ετησίων φυτών όπου σε περίπτωση καταπόνησης επενδύουν όλη τους την ενέργεια στην παραγωγή σπόρου προκειμένου να διαιωνιστεί το είδος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. Ελληνική Βιβλιογραφία

- Καραμάνος Α., 1992. Αραβόσιτος, Εκδόσεις Αθήνα.
- Δαναλάτος Νικόλαος-Πανεπιστημιακές σημειώσεις: Γενική Γεωργία
Δαναλάτος Νικόλαος-Βόλος, 2009
- Καραμάνος Α., 1993. Αραβόσιτος, Βοτανική - Οικολογία - Καλλιέργεια, Αθήνα.
- Καραμάνος Α., 1999. Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων, Αραβόσιτος - Σόργο - Ρύζι- Κεχρί, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- Καραμάνου, Α.Ι. Θεοδώρου, Θ.Γ. (1988). Ανάπτυξη και αποδόσεις των απλών υβριδίων του αραβοσίτου (*Zea mays L.*)
- Δέσποινα Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012. Ειδική γεωργία, σιτηρά και ψυχανθή, Θεσσαλονίκη
- Σφήκας Α., 1984. Ειδική γεωργία: Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά φυτά, Θεσσαλονίκη.

Β. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Barimavandi A. R.1, Sedaghatthoor S.1* and Ansari R, Effect of Different Defoliation Treatments on Yield and Yield Components in maize (*Zea mays L.*) Cultivar of S.C704. *AJCS* 4(1):9-15(2010)
- M. Oveysi¹, M.J. Mirhadi¹, H. Madani², G. Nourmohammadi¹, R. Zarghami³, A. Madani⁴, The impact of source restriction on yield formation of corn (*Zea mays L.*) due to water deficiency. *Plant Soil and Environment* 56(10):476-481 · January 2010
- B Manju Bhargavi, Dr. B Mukundam, M Malla Reddy and Ch Aruna Kumari. Different detopping levels effect on yield and nutrient uptake of maize (*Zea mays L.*). *International Journal of Chemical Studies* 2017; 5(5): 267-270

- Hassan HEIDARI, Effect of defoliation and ½ ear removal treatments on maize seed yield and seed germination. *Biharean Biologist*, Oradea, Romania, 2017
- Sasan Siahkouhian, Mohammad Reza Shakiba, Saeed Zehtab Salmasi, Kazem Ghassemi Golezani and Mahmood Toorchi. Defoliation Effects on Yield Components and Grain Quality of Three Corn Cultivars. 2012 Phuket (Thailand)
- Tiening Liu, Rundong Huang, Tie Cai, Qingfang Han and Shuting Dongc, Optimum Leaf Removal Increases Nitrogen Accumulation in Kernels of Maize Grown at High Density. *Sci Rep*. 2017
- Osaigbovo, A. U and Law-Ogbomo, K. E. YIELD AND YIELD QUALITY OF EARLY MATURING MAIZE (*Zea mays* L) AS INFLUENCED BY DEFOLIATION AND NPK APPLICATION IN A HUMID ENVIRONMENT. SAAT FUTO 2016
- Adee, E. A., L. E. Paul, E. D. Nafziger, and G. A. Bollero. 2005. Yield loss of corn hybrids to incremental defoliation. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-20050427-01-RS
- Andrade, F.H. Assessment of damage by defoliation in soybeans and corn. 2012. Personal communication. Experiment performed by the Crop Ecophysiology Group (INTA-UNMdP Unit).
- Borrás, L., and M. E. Otegui. 2001. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. *Crop Sci*. 49: 1816-1822.
- Borrás, L., G.A. Slafer, and M.E. Otegui. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crop Res*. 86: 131-146
- Crookston, R. K., and D.R. Hicks. 1977. Early defoliation affects corn grain yields. *Crop Sci*. 18: 485-489
- Culpepper, C. W., and C.A. Magoon. 1930. Effects of defoliation and root pruning on the chemical composition of sweet corn kernels. *J. Agr. Res*. 40: 575-583
- Dungan, G.H. 1934. Losses to the corn crop caused by leaf injury. *Plant Physiol*. 9: 749– 766.

- Echarte, L., F.H. Andrade, V.O. Sadras, and P. Abbate. 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Fields Crop Res.* 96: 307-312
- Egharevba, P.N., R.D. Horrosks and M.S. Zuber. 1976. Dry matter accumulation in maize in response to defoliation. *Agron. J.* 68: 40-43.
- Eldredge, J.C. 1935. The effect of injury in imitation of hail damage on the development of the corn plant. *Iowa Agric. And Home Econ. Exp. Stn. Res. Bulletin* 185.
- Gallo, K.P., and C.S.T. Daughtry. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Agron. J.* 78: 752-756.
- Hanway, J.J. 1969. Defoliation effect on different corn (*Zea mays*, L.) hybrids as influenced by plant population and stage of development. *Agron. J.* 61: 534-538
- Herrero, M. P., and R.R. Johnson. 1980. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. *Crop Sci.* 21: 105-110.
- Hicks, D.R., W.W. Nelson, and J.H. Ford. 1977. Defoliation effects on corn hybrids adapted to the Northern Corn Belt. *Agron. J.* 69: 387-390
- Johnson, R.R. 1978. Growth and Yield of Maize as Affected by Early-Season Defoliation. *Agron. J.* 70: 995-998.
- Tilahun, A. 1993. Quantitative and physiological traits in maize (*Zea mays*) associated with different levels of moisture, plant density and leaf defoliation in Ethiopia. *IARP.* 7480.
- Tollenaar, M., L.M. Dwyer, and D.W. Stewart. 1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32: 432-438.
- Tollenard, M. and T.B. Daynard. 1978. Effect of defoliation on kernel development in maize. *Can. J. Plant Sci.* 58: 207-212.