



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ Η
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ**

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΛΑΡΙΣΑ, 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ Η
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ

Τριμελής Επιτροπή: Γκουγκουλιάς Νικόλαος (Επιβλέπων)
Αλαμανής Νικόλαος
Λιάκος Βασίλειος

ΛΑΡΙΣΑ, 2024

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι η συγγραφέας της παρούσας ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ με τίτλο «Απαιτούμενες εδαφικές συνθήκες του βαμβακιού και η καλλιέργεια του» που συντάχθηκε στα πλαίσια των υποχρεώσεων μου ως φοιτήτριας του Τμήματος Γεωπονίας-Αγροτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η αναφερόμενη Διπλωματική Εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή από ηλεκτρονικές πηγές, έντυπες πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές, αναπαραγωγή από άλλους ερευνητές/τριες ή φοιτητές/τριες, ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στο κείμενο και στην βιβλιογραφία, κάθε εξωτερική βοήθεια αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά ακολουθώντας τα προβλεπόμενα περί αποφυγής της λογοκλοπής.

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ την οικογένεια μου που με στήριξε κατά την διάρκεια όλων των φοιτητικών μου χρόνων και τον καθηγητή μου κ. Γκουγκουλιά Νικόλαο για την βοήθεια του και την συνεργασία μας για την υλοποίηση αυτής της πτυχιακής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καλλιέργεια του βαμβακιού αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές γεωργικές δραστηριότητες παγκοσμίως, με ιστορία που εκτείνεται χιλιάδες χρόνια πίσω. Το βαμβάκι, ως φυσική ίνα, χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία υφασμάτων, και η παραγωγή του έχει σημαντικό οικονομικό και κοινωνικό αντίκτυπο σε πολλές χώρες, ιδιαίτερα σε αυτές που συνδυάζουν ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες με κατάλληλους γεωργικούς πόρους. Η καλλιέργεια του βαμβακιού απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και υλοποίηση, αρχίζοντας από την επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας σπόρου. Η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας είναι καθοριστική για την επιτυχία της καλλιέργειας, καθώς επηρεάζει άμεσα την ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής. Το βαμβάκι απαιτεί καλά στραγγιζόμενο έδαφος, πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία. Η κατεργασία του εδάφους περιλαμβάνει συνήθως την άροση και την προσθήκη οργανικών λιπασμάτων, τα οποία προάγουν την υγεία και τη γονιμότητα του εδάφους. Επιπλέον, η ορθολογική χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων είναι απαραίτητη για την προφύλαξη των καλλιεργειών από ασθένειες και παράσιτα, αν και αυτό συνεπάγεται περιβαλλοντικούς κινδύνους οι οποίοι χρήζουν προσοχής και διαχείρισης. Η κατάλληλη άρδευση είναι επιβεβλημένη δεδομένου ότι το βαμβάκι είναι ευαίσθητο στην ξηρασία, αλλά η υπερβολική υγρασία μπορεί επίσης να οδηγήσει σε προβλήματα.

ABSTRACT

Cotton cultivation is one of the world's most important agricultural activities, with a history stretching back thousands of years. Cotton, as a natural fibre, is widely used in the textile industry, and its production has a significant economic and social impact in many countries, particularly those that combine favourable climatic conditions with suitable agricultural resources. Cotton cultivation requires careful planning and implementation, starting with the selection of the appropriate seed variety. The choice of the right variety is crucial to the success of the crop, as it directly affects the quality and quantity of production. Cotton requires well-drained, nutrient-rich soil. Soil treatment usually involves ploughing and the addition of organic fertilisers, which promote soil health and fertility. In addition, the rational use of chemical fertilisers and pesticides is essential to protect crops from diseases and pests, although this entails environmental risks that need attention and management. Proper irrigation is imperative as cotton is drought sensitive, but excessive moisture can also lead to problems.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		σελ.
	Περίληψη	5
	Abstract	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ		
ΤΟ ΕΛΑΦΟΣ		
1.1	Φυσικές ιδιότητες	10
1.2	Χημικές ιδιότητες	15
1.3	Βιολογικές ιδιότητες	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ		
ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ		
2.1	Βοτανική περιγραφή	31
2.1.1	Ριζικό σύστημα	31
2.1.2	Βλαστός	31
2.1.3	Φύλλα	32
2.1.4	Άνθη	32
2.1.5	Καρποί	32
2.1.6	Σπόρος	33
2.1.7	Ίνες	33
2.2	Τα είδη και οι ποικιλίες του βαμβακιού	34
2.2.1	Καλλιεργούμενα είδη	34
2.2.2	Περιγραφή του γένους <i>Gossypium</i>	34
2.2.3	Περιγραφή των καλλιεργούμενων ειδών	34
2.2.4	Ποικιλίες βαμβακιού	36
2.2.5	Καλλιεργούμενες ποικιλίες στην Ελλάδα	37
2.2.6	Ξένες ποικιλίες	37
2.3	Χαρακτηριστικά βαμβακιού	39
2.4	Στάδια ανάπτυξης βαμβάκοφυτου	40
2.4.1	Ανθόρροια και καρπόρροια	41
2.5	Προετοιμασία αγρού	41
2.5.1	Διαχείριση φυτικών υπολειμμάτων	41
2.5.2	Κατεργασία εδάφους	42
2.5.3	Αμειψισπορά	43

2.6	Σπορά	44
2.6.1	Εποχή σποράς	44
2.6.2	Τρόποι σποράς	45
2.6.3	Βάθος σποράς	47
2.6.4	Αποστάσεις σποράς	47
2.6.4.1	Συμβατική σπορά-αποστάσεις	47
2.6.4.2	Σπορά σε δίδυμες γραμμές	48
2.6.5	Επανασπορά	48
2.7	Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του βαμβακόφυτου	48
2.7.1	Θερμοκρασία	48
2.7.2	Υγρασία	49
2.7.3	Φως	49
2.7.4	Θρεπτικά στοιχεία	50
2.7.5	Πληθυσμός φυτών	50
2.8	Λίπανση	50
2.8.1	Κυριότερα θρεπτικά στοιχεία	50
2.8.2	Η σημασία των βασικότερων στοιχείων	51
2.8.3	Υπόλοιπα μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία	52
2.8.4	Πρόσληψη και κατανομή των θρεπτικών στοιχείων	53
2.8.5	Συνιστώμενη λίπανση	54
2.8.6	Χρόνος και τρόπος εφαρμογής της λίπανσης	54
2.9	Αντιμετώπιση ζιζανίων	55
2.9.1	Τρόποι αντιμετώπισης ζιζανίων	55
2.10	Εχθροί και ασθένειες του βαμβακιού	56
2.10.1	Έντομα και ζωικά παράσιτα βαμβακιού	57
2.10.2	Ασθένειες	59
2.11	Άρδευση	61
2.11.1	Αρδευτικές ανάγκες	61
2.11.2	Προγραμματισμός αρδεύσεων	61
2.11.3	Μέθοδοι άρδευσης	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΕ ΕΛΑΦΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ

3.1	Κλιματικές απαιτήσεις	63
3.2	Εδαφικές απαιτήσεις	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1	Αποτελέσματα ανασκόπησης	65
4.2	Συμπεράσματα	73
	Βιβλιογραφία	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΕΔΑΦΟΣ

1.1. Φυσικές ιδιότητες

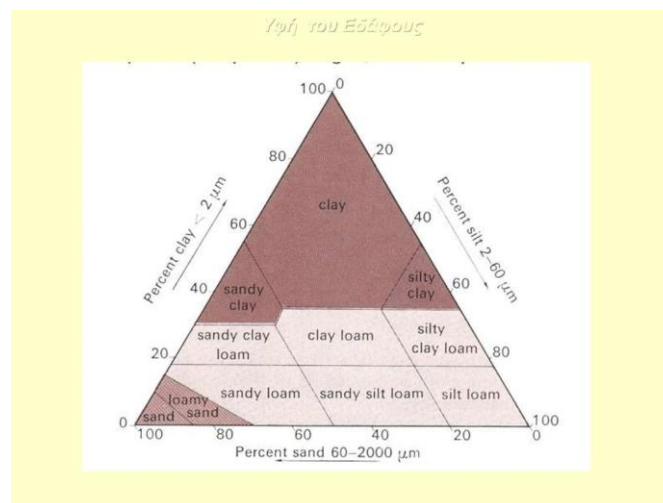
Ο τομέας της επιστήμης του εδάφους αναγνωρίζει τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους ως θεμελιώδεις παράγοντες για την κατανόηση της δομής, λειτουργίας και ποιότητας του εδάφους. Αυτές οι ιδιότητες επηρεάζουν τους βιολογικούς και χημικούς μηχανισμούς που εκτυλίσσονται στον εδαφικό χώρο, καθώς και την ικανότητα του εδάφους να υποστηρίξει τη γεωργία και να προάγει τη βιοποικιλότητα. Οι κυριότερες φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι η υφή, η δομή, η πυκνότητα και το πορώδες (Phogat et. al., 2015).

Υφή εδάφους

Η στερεά φάση του εδάφους αποτελείται κυρίως από διακριτά ορυκτά σωματίδια, ενώ η ποσότητα του άμορφου υλικού, συμπεριλαμβανομένης της οργανικής ύλης, είναι συνήθως περιορισμένη. Αυτά τα ορυκτά σωματίδια δεν έχουν ακριβώς σφαιρικό σχήμα, αλλά παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στη μορφή τους. Για το λόγο αυτό, τα σωματίδια ταξινομούνται σε τρεις διακριτές ομάδες με βάση το μέγεθός τους και την ισοδύναμη διάμετρό τους (η διάμετρος σφαίρας που πέφτει στο ίδιο υγρό μέσο με την ίδια ταχύτητα). Οι ομάδες αυτές είναι γνωστές ως εδαφικά διαχωριστικά ή κλάσματα υφής και περιλαμβάνουν άμμο, ιλύ, και άργιλο. Η υφή του εδάφους αναφέρεται στο κυρίαρχο μέγεθος των ορυκτών σωματιδίων και ορίζεται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Ποιοτικά, αναφέρεται στη σχετική αίσθηση του εδάφους, δηλαδή αν είναι χονδρόκοκκο και κοκκώδες ή λεπτόκοκκο και λείο όταν τρίβεται μεταξύ του αντίχειρα και του δακτύλου. Ποσοτικά, η υφή αναφέρεται στην αναλογία άμμου, ιλύος και αργίλου σε βάρος. Ο όρος "υφή του εδάφους" συχνά χρησιμοποιείται εναλλακτικά με τον όρο "μηχανική σύσταση του εδάφους". Αυτή η ιδιότητα επηρεάζει σχεδόν όλες τις άλλες ιδιότητες του εδάφους, με την ικανότητα χρήσης γης και τις πρακτικές διαχείρισης του εδάφους να εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την υφή.

Τα σωματίδια του εδάφους με διάμετρο μικρότερη από 2 mm περιλαμβάνονται στην ταξινόμηση και θεωρούνται εδαφικό υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως στην ανάλυση του εδάφους. Ορισμένα εδάφη περιέχουν μεγαλύτερα σωματίδια που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη διάρκεια των διαδικασιών κατεργασίας, αλλά δεν επηρεάζουν

σημαντικά τις κύριες ιδιότητες του εδάφους. Τα σωματίδια μεγαλύτερα από 2 mm ονομάζονται: χαλίκια (2-4 mm), βότσαλα (4-76 mm), κροκάλες (76-250 mm), πέτρες (250-600 mm) και ογκόλιθοι όταν η διάμετρός τους ξεπερνά τα 600 mm. Η άργιλος θεωρείται επιφανειακά ενεργή, με υψηλό βαθμό χημικών και φυσικών δραστηριοτήτων, ενώ τα σωματίδια άμμου και ιλύος παρουσιάζουν αυτές τις δραστηριότητες σε χαμηλότερο βαθμό. Η άμμος και η ιλύς μπορούν να περιγραφούν ως ο σκελετός του εδάφους, ενώ η άργιλος λειτουργεί ως η σάρκα του. Και τα τρία αυτά κλάσματα, σε συνδυασμό με τα ενδιάμεσα χώρους των πόρων, συνθέτουν τη μήτρα του εδάφους.



Εικόνα 1.1: Υφή εδάφους (Καζαντζής, 2018).

Ο συνολικός προσδιορισμός της υφής ενός εδάφους, που βασίζεται στη σχετική αναλογία άμμου, ιλύος και αργίλου, αποκαλείται κατηγορία υφής. Αυτή η κατηγορία δεν περιγράφει μόνο τη σύνθεση των εδαφών, αλλά και τις φυσικές τους ιδιότητες. Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες εδαφών: αμμώδη, αργιλώδη και ιλύς, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την υφή τους (Phogat et. al., 2015).

Αμμώδη εδάφη

Τα αμμώδη εδάφη περιέχουν πάνω από 70% άμμο και λιγότερο από 15% άργιλο, και διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες: άμμος και αργιλώδης άμμος. Αυτά τα εδάφη είναι ελαφρά, απορροφούν γρήγορα το νερό και το αποστραγγίζουν γρήγορα. Ωφελούνται από καλή αερόβια κατάσταση και είναι εύκολα προς κατεργασία, είτε σε υγρές είτε σε ξηρές συνθήκες. Συχνά αναφέρονται ως εδάφη ελαφριάς υφής, λόγω της χαμηλής έλξης που απαιτείται για την επεξεργασία τους. Γενικά, τα αμμώδη εδάφη έχουν περιορισμένη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών συστατικών, χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, και δεν παρουσιάζουν φαινόμενα διόγκωσης ή συρρίκνωσης. Επιπλέον,

επιδεικνύουν περιορισμένες ικανότητες στεγανοποίησης για λίμνες και φράγματα, ενώ είναι πιο πιθανό να υποστούν έκπλυση των θρεπτικών συστατικών και των ρύπων. Η λεπτή άμμος μπορεί εύκολα να παρασυρθεί από τον άνεμο, ενώ η χονδροειδής άμμος είναι πιο ανθεκτική στη διάβρωση από το νερό.

Αργιλώδη εδάφη

Τα αργιλώδη εδάφη χωρίζονται σε επτά κατηγορίες υφής: αμμώδης πηλός, πηλός, ιλυώδης πηλός, ιλύς, αμμώδης αργιλώδης άργιλος και ιλυώδης αργιλώδης άργιλος. Για να χαρακτηριστεί ένα έδαφος ως αμμώδης ή ιλυώδης, πρέπει να έχει τουλάχιστον 40-50% των αντίστοιχων υλικών. Έτσι, ένα αργιλώδες έδαφος με κυρίαρχη την άμμο ονομάζεται αμμώδης πηλός. Ο ιδανικός άργιλος είναι ένα μείγμα σωματιδίων άμμου, ιλύος και αργιλίου σε ίσες αναλογίες, αν και δεν είναι απαραίτητο να είναι σε ίσες ποσότητες.

Τα αργιλώδη εδάφη προσφέρουν καλύτερη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων σε σύγκριση με τα αμμώδη εδάφη. Ταυτόχρονα, οι ιδιότητες αποστράγγισης, αερισμού και κατεργασίας είναι πιο ευνοϊκές από αυτές των αργιλωδών εδαφών. Ωστόσο, υπό συγκεκριμένες συνθήκες και για ορισμένα φυτά, τα αμμώδη ή αργιλώδη εδάφη μπορεί να είναι καταλληλότερα από τα αργιλώδη. Τα εδάφη με μέτρια υφή και κυρίαρχη περιεκτικότητα σε ιλύ έχουν μέτρια έως υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών συστατικών, μέτριο αερισμό, αργή προς μέτρια αποστράγγιση, καθώς και μέτρια έως υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και έκπλυση ρύπων. Επηρεάζονται από τον άνεμο και είναι ευαίσθητα στη διάβρωση από το νερό, ενώ συμπιέζονται εύκολα και παρουσιάζουν ελαφρώς διόγκωση και συρρίκνωση, γεγονός που τα καθιστά πιο δύσκολα προς καλλιέργεια μετά από βροχές.

Πηλώδη εδάφη

Για να χαρακτηριστούν ως αργιλώδη, τα εδάφη πρέπει να περιέχουν τουλάχιστον 35% άργιλο. Αυτά υποδιαιρούνται περαιτέρω σε τρεις κατηγορίες υφής. Αν η περιεκτικότητα σε άργιλο είναι άνω του 40%, η κατηγορία υφής προσδιορίζεται ως αμμώδης άργιλος, ιλυώδης άργιλος ή απλώς άργιλος, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άμμο και ιλύ. Ο αμμώδης άργιλος περιέχει περισσότερη άμμο από άργιλο, ενώ η ιλύς στην ιλυώδη αγγίζει συνήθως υψηλότερα ποσοστά από τον άργιλο.

Τα αργιλώδη ή λεπτόκοκκα εδάφη απορροφούν και συγκρατούν μεγαλύτερες ποσότητες νερού, γίνονται συνεκτικά και κολλώδη όταν είναι υγρά, ενώ σκληραίνουν και γίνονται συνεκτικά όταν είναι ξηρά, γεγονός που τα καθιστά δύσκολα στην καλλιέργεια. Οι ιδιότητές τους τους αποδίδουν την ονομασία εδάφη βαριάς υφής. Αυτά τα εδάφη έχουν υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων, κακές συνθήκες αερισμού και πολύ

αργή αποστράγγιση, εκτός αν υπάρχουν ρωγμές. Επίσης, παρουσιάζουν μέτρια έως υψηλή οργανική περιεκτικότητα και χαρακτηριστικά διόγκωσης και συρρίκνωσης. Αντιστέκονται στη διάβρωση από τον άνεμο και είναι εξίσου ανθεκτικά στη διάβρωση από το νερό όταν είναι καλοσχηματισμένα.

Δομή εδάφους

Η διάταξη των πρωτογενών σωματιδίων του εδάφους, δηλαδή της άμμου, της ιλύος και της αργίλου, σχηματίζει τις δευτερογενείς δομές, οι οποίες ονομάζονται έδαφος. Η δομή του εδάφους μπορεί να ταξινομηθεί σε τέσσερις τύπους: κοκκώδη ή ψιλοκοκκώδη, στυλοειδή, υπογωνιώδη, και πλακοειδή. Η πιο κατάλληλη δομή για γεωργικές δραστηριότητες είναι η κοκκώδης ή ψιλοκοκκώδης, διότι εξασφαλίζει καλό αερισμό και επιτρέπει την ελεύθερη αποστράγγιση. Οι άλλοι τύποι δομής βρίσκονται κυρίως στην υποεδαφική περιοχή, εκτός από την πλακοειδή, που μπορεί να βρεθεί και στην επιφάνεια των νεοσχηματισμένων εδαφών. Οι στυλοειδείς και πρισματικές δομές είναι χαρακτηριστικές των υπόγειων εδαφών σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές, ενώ οι γωνιώδεις και υπογωνιώδεις δομές βρίσκονται πλούσια σε άργιλο υπέδαφος περιοχών με μαύρα εδάφη. Η δομή του εδάφους επηρεάζεται επίσης από την παρουσία άλλων συστατικών, όπως η οργανική ύλη, που βελτιώνει τη δομή του, ενώ τα αλκαλικά εδάφη τείνουν να έχουν διασκορπισμένη και κιονοειδή δομή. Η υφή του εδάφους είναι γενικά σταθερή, ενώ η δομή του μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη οργανικής ύλης, βερμιδοκομπόστ, αμειψισπορά και χλωρής λίπανσης (Jayara et. al, 2021).

Η δομή του εδάφους είναι κρίσιμη για τον αερισμό, τη ροή του νερού, την ανάπτυξη των ριζών και τη βελτίωση της μικροχλωρίδας και της πανίδας του εδάφους.

Πορώδες εδάφους

Η πορώδης δομή του εδάφους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την υφή και τη δομή του. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι πόρων: οι μικροπόροι (κάτω από 0,6 mm) και οι μακροπόροι (πάνω από 0,6 mm). Οι μακροπόροι επιτρέπουν την εύκολη αποστράγγιση και συμβάλλουν στον αερισμό του εδάφους, ενώ οι μικροπόροι είναι κρίσιμοι για τη συγκράτηση του νερού. Ο καλός αερισμός είναι σημαντικός για την αναπνοή και την ανάπτυξη των ριζών, ενώ οι μικροπόροι διευκολύνουν την κίνηση του νερού στο έδαφος. Η υφή και η δομή του εδάφους επηρεάζουν έμμεσα την πορώδη του δομή. Υπερβολική ποσότητα μακροπόρων μπορεί να οδηγήσει σε γρήγορη αφυδάτωση, βλάπτοντας τα φυτά, ενώ η υπερβολική συγκέντρωση μικροπόρων μπορεί να προκαλέσει υφαλμύρωση και ανεπαρκή αερισμό (Jayara et. al, 2021).

Η σωστή αναλογία μακροπόρων και μικροπόρων είναι απαραίτητη για την υγιή ανάπτυξη των ριζών. Ιδανικά, το 50% του συνολικού όγκου του εδάφους θα πρέπει να περιλαμβάνει 25% μακροπόρους και 25% μικροπόρους. Αν το πορώδες με αέρα μειωθεί κάτω από 10%, η διάχυση του οξυγόνου εμποδίζεται, προκαλώντας βλάβες στις ρίζες.

Τέλος, η κατανομή και η συνέχεια των πόρων είναι ουσιαστικές για την ανάπτυξη των ριζών, καθώς επηρεάζουν άμεσα τον όγκο του εδάφους που περιέχει αέρα και νερό, καθώς και έμμεσα την αντίσταση του εδάφους και την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου προς τις ρίζες.

Χρώμα εδάφους

Το χρώμα του εδάφους παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τις συνθήκες και ορισμένα χαρακτηριστικά του. Για παράδειγμα, τα σκουρόχρωμα εδάφη απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνονται πιο γρήγορα σε σχέση με τα ανοιχτόχρωμα. Επιπλέον, το χρώμα του εδάφους χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση και ερμηνεία των εδαφικών προφίλ, ενώ μπορεί να αποκαλύψει την παρουσία υπερβολικών αλάτων, διάβρωση κ.λπ. (Phogat et. al., 2015).

Παράγοντες που επηρεάζουν το χρώμα του εδάφους

1. Ορυκτολογία και χημική σύνθεση του εδάφους: Η παρουσία οξειδίων του μαγγανίου προσδίδει μαύρο χρώμα, ενώ ο γλαυκόνιτης προσφέρει πράσινες αποχρώσεις. Αντιθέτως, το ανθρακικό ασβέστιο, που εντοπίζεται σε ημίξηρες περιοχές, δίνει λευκό χρώμα στο έδαφος.
2. Ενώσεις σιδήρου: Τα κόκκινα, κίτρινα ή καστανά χρώματα σχετίζονται άμεσα με την έκταση της οξείδωσης, της ενυδάτωσης και της διάχυσης των οξειδίων του σιδήρου στα εδάφη. Οι αποχρώσεις κίτρινου, κόκκινου και καφέ οφείλονται στην παρουσία γκετίτη, αιματίτη και μαγνητίτη, αντίστοιχα.
3. Οργανική ύλη: Η οργανική ύλη στο έδαφος τείνει να δίνει σκούρο καφέ έως μαύρο χρώμα.
4. Υγρασία εδάφους: Τα υγρά εδάφη δείχνουν πιο σκούρες αποχρώσεις σε σχέση με τα ξηρά.
5. Υφή και δομή του εδάφους: Τα εδάφη με χονδροειδή δομή συνήθως έχουν ανοιχτό χρώμα, ενώ εκείνα που είναι καλά δομημένα εμφανίζονται πιο σκούρα.

Πυκνότητα εδάφους

Η πυκνότητα του εδάφους αναφέρεται στην τάση του εδάφους να παγιώνεται ή να μειώνεται σε όγκο. Η πυκνότητα εξαρτάται εν μέρει από την ελαστική φύση των εδαφικών σωματιδίων και σχετίζεται άμεσα με τη καθίζηση των κατασκευών. Με τη μείωση της

υγρασίας, τα εδάφη γίνονται σταδιακά λιγότερο κολλώδη και λιγότερο συνεκτικά, καταλήγοντας τελικά σκληρά. Τα βαριά εδάφη διαθέτουν μεγάλη δύναμη συνοχής, και μόνο εξαιτίας αυτής της συνοχής, τα υγρά αργιλικά εδάφη εμφανίζουν συχνά ρωγμές καθώς ξηραίνονται.

Από την άλλη πλευρά, τα χονδρόκοκκα υλικά, όπως τα χαλίκια και η άμμος, παρουσιάζουν χαμηλή συμπίεση και η διευθέτησή τους είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τα εξαιρετικά συμπιεστά λεπτόκοκκα οργανικά εδάφη (Balasubramanian, 2017).

1.2. Χημικές ιδιότητες

Οι χημικές ιδιότητες του εδάφους είναι καθοριστικές για την ποιότητα του εδάφους και επηρεάζουν άμεσα την βιωσιμότητα των φυτικών και ζωικών οργανισμών που εξαρτώνται από αυτό. Στις χημικές ιδιότητες του εδάφους περιλαμβάνονται το pH, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC), η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και η δυναμική των σημαντικών στοιχείων, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο (Patra et. al., 2024).

pH εδάφους

Το pH του εδάφους μετρά την οξύτητα ή την αλκαλικότητα του, χρησιμοποιώντας μια λογαριθμική κλίμακα που εκτείνεται από το 0 έως το 14. Είναι μία από τις πιο κρίσιμες χημικές ιδιότητες του εδάφους, καθώς επηρεάζει πολλές εδαφικές διεργασίες, όπως η διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, η μικροβιακή δραστηριότητα και η ανάπτυξη των φυτών (Patra et. al., 2024).

Το pH του εδάφους έχει σημαντική επίδραση στην υγεία του, κυρίως ως προς τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, την ανάπτυξη της μικροχλωρίδας και της μικροπανίδας, καθώς και την ευημερία διάφορων καλλιεργειών. Σε γενικές γραμμές, το ουδέτερο pH θεωρείται ιδανικό για τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων, ενώ το όξινο pH ενισχύει τη διαθεσιμότητα μικροθρεπτικών στοιχείων όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος. Ωστόσο, σε πολύ χαμηλές τιμές pH, μπορεί να προκληθεί τοξικότητα από αυτά τα μικροθρεπτικά στοιχεία. Ορισμένα θρεπτικά συστατικά, όπως το μολυβδένιο, είναι διαθέσιμα σε αλκαλικό pH, ενώ τα περισσότερα βασικά θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο και το θείο, ευδοκιμούν σε αλκαλικά εδάφη (Jayara et. al, 2021).

Το pH επίσης επηρεάζει την ανάπτυξη διαφόρων μικροχλωρίδων: οι μύκητες προτιμούν χαμηλότερα pH (κάτω από 5), ενώ οι ακτινομύκητες αναπτύσσονται καλύτερα σε αλκαλικά περιβάλλοντα. Διαφορετικές καλλιέργειες έχουν διάφορες προτιμήσεις, με το κεχρί και το τσάι να ευδοκιμούν σε όξινα εδάφη, ενώ καλλιέργειες όπως ο αραβόσιτος, το σιτάρι και τα όσπρια δεν αντέχουν χαμηλό pH. Επιπλέον, το βαμβάκι και η ελαιοκράμβη αντέχουν σε αλκαλικά εδάφη. Το ρύζι, που καλλιεργείται συχνά σε πλημμυρισμένες περιοχές, έχει σταθερό pH κοντά στο ουδέτερο, καθιστώντας το κατάλληλο για εδάφη με και όξινες και αλκαλικές συνθήκες. Το υψηλό pH (άνω των 8,5) συνδέεται με τα νατριούχα εδάφη, όπου η υψηλή συγκέντρωση ιόντων νατρίου μπορεί να οδηγήσει στην απο-κροκίδωση των κολλοειδών της αργίλου, προκαλώντας κακό αερισμό και περιορίζοντας την κίνηση του νερού στο έδαφος. Τα πολύ όξινα εδάφη (pH 4,0-5,0) μπορεί να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις διαλυτών ιόντων αργιλίου (Al^{3+}) και μαγγανίου, τα οποία μπορεί να είναι τοξικά για την ανάπτυξη ορισμένων φυτών. Ένα pH γύρω στο 6-7 προωθεί τη διαθέσιμη θρεπτική ουσία για τα φυτά, ενώ ένα pH άνω του 7 (αλκαλικό) μειώνει την ικανότητα των φυτών να απορροφούν στοιχεία όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το βόριο και άλλα ιχνοστοιχεία. Υπάρχει επίσης μια σχέση μεταξύ του pH του εδάφους και των ασθενειών των φυτών, καθώς πολλές ασθένειες προκύπτουν από ακραίες τιμές pH, οι οποίες καθιστούν βασικά θρεπτικά συστατικά μη διαθέσιμα στις καλλιέργειες, λόγω της ανθυγιεινής κατάστασης του εδάφους (Jayara et. al, 2021).

Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC)

Τα ορυκτά και η οργανική ύλη του εδάφους τείνουν να φορτίζονται αρνητικά, προσελκύοντας θετικά φορτισμένα ιόντα (κατιόντα) λόγω ηλεκτροστατικών δυνάμεων. Ως αποτέλεσμα, τα κατιόντα παραμένουν στη ζώνη ρίζας του εδάφους και δεν απομακρύνονται εύκολα μέσω έκπλυσης. Αυτά τα προσροφημένα κατιόντα μπορούν να ανταλλάσσονται με άλλα κατιόντα που βρίσκονται σε διάλυση στο έδαφος, γεγονός που εξηγεί την έννοια της "ανταλλαγής κατιόντων". Όταν οι συγκεντρώσεις των ιόντων στο διάλυμα μειώνονται λόγω πρόσληψης από τις ρίζες των φυτών, τα προσροφημένα κατιόντα αναπληρώνουν αυτά τα ιόντα. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC) μετράει τα συνολικά αρνητικά φορτία στο έδαφος, τα οποία προσροφούν θρεπτικά κατιόντα όπως ασβέστιο, μαγνήσιο και κάλιο. Έτσι, η CEC είναι μια ιδιότητα του εδάφους που περιγράφει την ικανότητά του να παρέχει θρεπτικά κατιόντα στο διάλυμα για την πρόσληψη από τα φυτά (Sonon et. al., 2022).

Οι ρίζες των φυτών απορροφούν θρεπτικά συστατικά από το διάλυμα, γεγονός που οδηγεί στην εκτόπιση θρεπτικών στοιχείων από τα σωματίδια του εδάφους. Η προσθήκη λιπάσματος στο έδαφος προκαλεί αρχική αύξηση της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων

στο διάλυμα, επιτρέποντας την κίνηση των θρεπτικών στοιχείων προς τα σωματίδια του αργίλου. Τα θρεπτικά κατιόντα που χρησιμοποιούνται περισσότερο από τα φυτά είναι το κάλιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Άλλα κατιόντα που προσροφώνται σε θέσεις ανταλλαγής περιλαμβάνουν το αμμώνιο, το νάτριο, το υδρογόνο, το αλουμίνιο, το σίδηρο, το μαγγάνιο, τον χαλκό και το ψευδάργυρο. Τα κατιόντα μικροθρεπτικών συστατικών, όπως ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, το σίδηρο και το μαγγάνιο, είναι συνήθως παρόντα σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος. Οι συγκεντρώσεις αμμωνίου είναι επίσης συνήθως χαμηλές, καθώς οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν το αμμώνιο σε νιτρικά άλατα μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται νιτροποίηση. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της οργανικής ύλης του εδάφους και ορισμένα ορυκτά πηλού ποικίλλουν ανάλογα με το pH (Sonon et. al., 2022).

Συνήθως, η CEC είναι χαμηλότερη σε εδάφη με pH μεταξύ 3,5 και 4,0 και αυξάνεται καθώς το pH αυξάνεται μέσω της ασβέστωσης ενός όξινου εδάφους. Δεδομένου ότι η CEC μπορεί να διαφέρει σημαντικά με το pH του εδάφους, είναι κοινή πρακτική να μετριέται σε pH 7,0. Αξιοσημείωτο είναι ότι ορισμένα θετικά φορτία μπορεί να εμφανιστούν σε συγκεκριμένες επιφάνειες εδαφολογικών ορυκτών σε χαμηλό pH. Αυτά τα θετικά φορτία κρατούν ανιόντα (αρνητικά φορτισμένα ιόντα) όπως το χλώριο (Cl^-) και τα θειικά (SO_4^{2-}).

Ποσοστό Κορεσμού Βάσης

Ο κορεσμός βάσης είναι το άθροισμα των βασικών κατιόντων (K^+ , Mg^{2+} , K^+ και Na^+) που πραγματοποιούνται στις θέσεις ανταλλαγής εδάφους και χωρίζονται από σύνολο CEC σε εκφραζόμενο ποσοστό.

Το ποσοστό κορεσμού του εδάφους υπολογίζεται ως το ποσοστό του όγκου του νερού που περιέχεται στο έδαφος σε σχέση με το συνολικό όγκο των πόρων του. Αυτό το ποσοστό μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με την τοπολογία, το κλίμα, τη γεωλογία και τη χημική σύνθεση του εδάφους. Σε γενικές γραμμές, όταν το ποσοστό κορεσμού είναι υψηλό, το έδαφος έχει άφθονο διαθέσιμο νερό για τις ρίζες των φυτών, πράγμα που προάγει την ανάπτυξή τους. Αντιθέτως, ένα χαμηλό ποσοστό κορεσμού μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες ξηρασίας, οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε μειωμένη απόδοση καλλιεργειών και σε ανεπάρκεια υδατικών πόρων (Gaspar & Laboski, 2016).

Η σημασία του ποσοστού κορεσμού βάσης εδάφους είναι πολλαπλή. Πρώτον, βοηθάει στη διάγνωση της υδρολογικής κατάστασης ενός εδάφους και μπορεί να υποδείξει τις ανάγκες άρδευσης κατά την καλλιεργητική περίοδο. Δεύτερον, είναι κρίσιμος παράγοντας στην εκτίμηση της γονιμότητας του εδάφους, καθώς η διαθεσιμότητα του νερού επηρεάζει άμεσα τις χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος. Επιπλέον, η κατανόηση του κορεσμού μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως είναι η

διάβρωση και η απώλεια της οργανικής ύλης του εδάφους. Επιπροσθέτως, η παρακολούθηση του ποσοστού κορεσμού βάσης εδάφους είναι απαραίτητη στην εποχή της κλιματικής αλλαγής, όπου οι καταιγίδες και οι περίοδοι ξηρασίας γίνονται ολοένα και πιο έντονες. Με την αξιολόγηση των αλλαγών στον κορεσμό του εδάφους, οι επιστήμονες και οι γεωργοί μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα πώς να προσαρμόσουν τις πρακτικές τους και να προστατεύσουν τους φυσικούς πόρους.

Τέλος το ποσοστό κορεσμού βάσης εδάφους είναι ένας κεντρικός παράγοντας στην επιστήμη του εδάφους με σημαντικές επιπτώσεις σε όλους τους τομείς της γεωργίας και της περιβαλλοντικής διαχείρισης. Η βαθύτερη κατανόηση αυτής της παραμέτρου μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των γεωργικών πρακτικών και να εξασφαλίσει τη βιωσιμότητα των φυσικών οικοσυστημάτων, προσδιορίζοντας τη δυναμική του νερού στο έδαφος (Gaspar & Laboski, 2016).

Αλατότητα εδάφους

Η αλατότητα εδάφους αναφέρεται στη συγκέντρωση αλάτων, συνήθως σε μορφή νατρίου, καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου, στο έδαφος. Αυτή η φυσική διαδικασία μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή, την οικολογία και την ποιότητα των υδάτων. Καθώς οι απαιτήσεις για παραγωγή τροφίμων και βιώσιμες γεωργικές πρακτικές αυξάνονται, η κατανόηση και η διαχείριση της αλατότητας εδάφους καθίστανται πιο επιτακτικές (Choudhary and Kharche, 2018).

Η αλατότητα μπορεί να προκληθεί από διάφορους παράγοντες, όπως η κλιματική αλλαγή, οι υπερβολικές βροχοπτώσεις ή η ανθρωπογενής δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένης της υπερβολικής άρδευσης και της χρήσης λυμάτων. Σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία και χαμηλές βροχοπτώσεις, το νερό που εξατμίζεται αφήνει πίσω του τα διαλυμένα άλατα, οδηγώντας στην αύξηση της συγκέντρωσής τους στο έδαφος. Αυτή η διαδικασία, γνωστή ως "άλμηση" του εδάφους, προκαλεί σοβαρές ζημιές στις καλλιέργειες, καθώς τα υψηλά επίπεδα αλάτων εμποδίζουν την απορρόφηση νερού από τις ρίζες των φυτών.

Η αλατότητα του εδάφους έχει άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στους γεωργικούς τομείς. Πρώτον, μειώνει την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, καθώς τα ευαίσθητα φυτά δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν σε αλκαλικά εδάφη. Επιπλέον, οι υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου μπορούν να επηρεάσουν τη δομή του εδάφους, οδηγώντας σε κακή αποστράγγιση και μείωση της διαπερατότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση νερού στην επιφάνεια του εδάφους, αυξάνοντας τον κίνδυνο διάβρωσης και ζημιάς στις υποδομές.

Από περιβαλλοντική άποψη, η αλατότητα εδάφους επηρεάζει επίσης τους φυσικούς οικοτόπους. Η αλλαγή της σύστασης του εδάφους μπορεί να οδηγήσει σε βιοποικιλότητα και οικολογικές ανισορροπίες. Φυτά και ζώα που δεν προσαρμόζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων κινδυνεύουν να εξαφανιστούν, διάγοντας έτσι σε σοβαρές επιπτώσεις στην τοπική και παγκόσμια βιοποικιλότητα.

Για την αντιμετώπιση της αλατότητας εδάφους, είναι σημαντική η εφαρμογή βιώσιμων γεωργικών πρακτικών. Η χρήση κατάλληλων καλλιεργειών που είναι ανθεκτικές σε άλμη ή η εισαγωγή μεθόδων φυτικής αναγέννησης μπορεί να αποτελέσει στρατηγική λύση. Επιπλέον, η εφαρμογή στρατηγικών διαχείρισης νερού, όπως η αποδοτική άρδευση και η χρήση τεχνικών αποστράγγισης, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της αλατότητας (Choudhary and Kharche, 2018).

Οργανικός άνθρακας εδάφους

Ο άνθρακας που συγκεντρώνεται από τα φυτά μεταφέρεται στο έδαφος μέσω της νεκρής φυτικής ύλης, όπως είναι οι νεκρές ρίζες και τα φύλλα. Αυτή η οργανική ύλη δημιουργεί ένα υπόστρωμα που οι μικροοργανισμοί του εδάφους αναλίσκουν, απελευθερώνοντας ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα ή μεθανίου, ανάλογα με την ποσότητα οξυγόνου που υπάρχει στο έδαφος. Ο οργανικός άνθρακας του εδάφους μπορεί επίσης να οξειδωθεί μέσω καύσης, επιστρέφοντας στην ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα. Ορισμένες ενώσεις άνθρακα αφομοιώνονται εύκολα από τα μικρόβια, με αποτέλεσμα να έχουν σύντομο χρόνο παραμονής, ενώ άλλες, όπως η λιγνίνη και το χουμικό οξύ, είναι πιο δύσκολες στην αφομοίωση και παραμένουν στο έδαφος για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Trivedi et. al., 2018).

Η παρουσία οργανικού άνθρακα βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, αυξάνοντας την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC) και την ικανότητα συγκράτησης νερού, συμβάλλοντας παράλληλα στη σταθερότητα των αργιλωδών εδαφών με τη δέσμευση σωματιδίων σε συσσωματώματα. Η οργανική ύλη του εδάφους, στην οποία ο άνθρακας παίζει σημαντικό ρόλο, περιέχει επίσης υψηλές αναλογίες θρεπτικών ουσιών, κατιόντων και ιχνοστοιχείων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον, εμποδίζει την έκπλυση θρεπτικών ουσιών και είναι κρίσιμο μέρος των οργανικών οξέων που διαθέτουν μέταλλα προς τα φυτά. Προστατεύει, τέλος, το έδαφος από έντονες αλλαγές στο pH. Είναι ευρέως αναγνωρισμένο ότι η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα είναι σημαντικός παράγοντας για την υγεία του εδάφους, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα και στη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Trivedi et. al., 2018).

1.3. Βιολογικές ιδιότητες

Οι βιολογικές ιδιότητες εδάφους περιλαμβάνουν την ποικιλία και τη δραστηριότητα των αερόβιων και αναερόβιων μικροοργανισμών, όπως οι βακτήρια, οι μύκητες και οι πρωτόζωα. Αυτοί οι μικροοργανισμοί παίζουν καθοριστικό ρόλο στις διαδικασίες αποσύνθεσης και ανακύκλωσης θρεπτικών στοιχείων, επιτρέποντας έτσι την απελευθέρωση των θρεπτικών ουσιών που είναι κρίσιμες για την ανάπτυξη των φυτών. Οι μύκητες και τα βακτήρια συμβάλλουν στην αποδόμηση της οργανικής ύλης, μετατρέποντάς την σε χούμο, μια ουσία πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία που βελτιώνει την υφή και την ποιότητα του εδάφους (Phogat et. al., 2015).

Η παρουσία και η ποικιλία των βιοτικών παραγόντων επηρεάζει επίσης τη δομή του εδάφους. Οι ρίζες των φυτών, μέσω της φυσικής τους δραστηριότητας, προάγουν την αερισμό και την αύξηση της ικανότητας διατήρησης νερού. Οι μικροοργανισμοί συμβάλλουν στη συνοχή των σωματιδίων του εδάφους, δημιουργώντας μικροδομές που αυξάνουν τη σταθερότητα και τη γονιμότητα του εδάφους. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι βιολογικές ιδιότητες εκφράζουν τη δημόσια υγεία του εδάφους. Η βιοποικιλότητα του εδάφους συνδέεται στενά με τη γενικότερη υγεία των οικοσυστημάτων. Η επανειλημμένη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων μπορεί να δρα επιβλαβώς για τους μικροοργανισμούς, μειώνοντας την ποικιλία τους και οδηγώντας σε αρνητικές συνέπειες για την αναγέννηση των φυσικών πόρων. Επιπλέον, οι βιολογικές ιδιότητες εδάφους επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες, την ανθρώπινη δραστηριότητα και τις γεωργικές πρακτικές. Η αλλαγή της χρήσης γης, η αποδάσωση και η υπερβολική άρδευση μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς αυτές τις ιδιότητες. Η ενίσχυση της βιωσιμότητας του εδάφους και η προστασία των βιολογικών του πόρων είναι επομένως απαραίτητες για τη διασφάλιση της γεωργικής παραγωγικότητας και της διατήρησης της βιοποικιλότητας. Οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους είναι θεμελιώδεις για την υγεία και την ευημερία του οικοσυστήματος. Η κατανόηση και η προστασία αυτών των ιδιοτήτων όχι μόνο προάγουν τη γεωργική παραγωγικότητα αλλά συμβάλλουν και στην κλιματική ανθεκτικότητα και τη βιωσιμότητα των εδαφών παγκοσμίως. Η ορθολογική διαχείριση και η προώθηση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών είναι, έτσι, κρίσιμες προϋποθέσεις για τη διασφάλιση ενός υγιούς και ευφορικού εδάφους για τις μελλοντικές γενιές (Phogat et. al., 2015).

Οργανική ουσία

Όταν τα φυτικά υπολείμματα επιστρέφουν στο έδαφος, διάφορες οργανικές ενώσεις αρχίζουν να αποσυντίθενται. Η αποσύνθεση είναι μια βιολογική διαδικασία που περιλαμβάνει την φυσική κατάρρευση και τη βιοχημική μετατροπή των πολύπλοκων οργανικών μορίων του νεκρού υλικού σε απλούστερα οργανικά και ανόργανα μόρια. Η συνεχής προσθήκη φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους ενισχύει τη βιολογική δραστηριότητα και τις διαδικασίες κύκλωσης του άνθρακα. Η κατανομή της οργανικής ύλης, η ανάπτυξη ριζών και η αποσύνθεση συμβάλλουν επίσης σε αυτές τις διαδικασίες.

Ο κύκλος του άνθρακα αναφέρεται στην αδιάλειπτη μετατροπή των οργανικών και ανόργανων ενώσεων του άνθρακα από φυτά, μικροοργανισμούς και μακροοργανισμούς, μεταξύ του εδάφους, των φυτών και της ατμόσφαιρας. Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης είναι κυρίως μια φυσική βιολογική διαδικασία, της οποίας η ταχύτητα επηρεάζεται από τρεις βασικούς παράγοντες: τους οργανισμούς του εδάφους, το φυσικό περιβάλλον και την ποιότητα της οργανικής ύλης. Κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης, απελευθερώνονται διάφορα προϊόντα, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), ενέργεια, νερό, θρεπτικά συστατικά για τα φυτά και ανασυντεθειμένες οργανικές ενώσεις του άνθρακα. Η συνεχής αποσύνθεση του νεκρού υλικού και της τροποποιημένης οργανικής ύλης οδηγεί στη δημιουργία μιας πιο σύνθετης οργανικής ύλης, γνωστής ως χούμους. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται εξυγίανση. Το χούμους επηρεάζει τις ιδιότητες του εδάφους, καθώς η αργή αποσύνθεσή του σκοτεινιάζει το έδαφος, αυξάνει τη συγκέντρωση και τη συνολική του σταθερότητα, ενισχύει την ικανότητα προσέλκυσης και συγκράτησης θρεπτικών συστατικών και συμβάλλει σε μέταλλα όπως το άζωτο (N), το φώσφορο (P) και άλλα. Οι οργανισμοί του εδάφους, συμπεριλαμβανομένων των μικροοργανισμών, χρησιμοποιούν την οργανική ύλη ως πηγή τροφής. Καθώς αυτοί οι οργανισμοί διασπούν την οργανική ύλη, απελευθερώνονται στο έδαφος σημαντικά θρεπτικά συστατικά (όπως άζωτο, φώσφορος και θείο) σε μορφές διαθέσιμες για τα φυτά. Αυτή η διαδικασία απελευθέρωσης ονομάζεται ανοργανοποίηση (Bot & Benites, 2005).

Τα απόβλητα που παράγουν οι μικροοργανισμοί αποτελούν επίσης μέρος της οργανικής ύλης του εδάφους. Αν και αυτά τα απόβλητα είναι λιγότερο αποσυντεθειμένα σε σχέση με το αρχικό φυτικό και ζωικό υλικό, μπορεί να χρησιμοποιηθούν από διάφορους οργανισμούς. Μέσω της αποδόμησης των δομών του άνθρακα και της ανακατασκευής νέων ενώσεων ή της αποθήκευσης άνθρακα στη δική τους βιομάζα, η βιολογία του εδάφους παίζει καθοριστικό ρόλο στις διαδικασίες κυκλοφορίας των θρεπτικών στοιχείων. Έτσι, επηρεάζει την ικανότητα

του εδάφους να παρέχει στα φυτά επαρκή θρεπτικά στοιχεία για την παραγωγή υγιών καλλιεργειών. Η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, και ιδιαίτερα το σταθερό χούμους, βελτιώνει την ικανότητα αποθήκευσης νερού και την αποτελεσματικότητα της αποθήκευσης άνθρακα από την ατμόσφαιρα (Bot & Benites, 2005).

Μικροοργανισμοί

Το οικοσύστημα του εδάφους ορίζεται ως ένα αλληλεξαρτώμενο σύστημα που υποστηρίζει τη ζωή και αποτελείται από αέρα, νερό, μέταλλα, οργανική ύλη, καθώς και μακρο- και μικροοργανισμούς, οι οποίοι λειτουργούν και αλληλεπιδρούν στενά. Οι οργανισμοί και οι αλληλεπιδράσεις τους ενισχύουν πολλές λειτουργίες του εδάφους και σχηματίζουν τον ιστό τροφίμων του. Η ενέργεια που απαιτείται για όλους τους ιστούς τροφίμων παράγεται από πρωτογενείς παραγωγούς, όπως τα φυτά, οι λειχήνες, τα βρύα, τα φωτοσυνθετικά βακτήρια και οι άλγης, οι οποίοι χρησιμοποιούν το ηλιακό φως για να μετατρέψουν το CO₂ από την ατμόσφαιρα σε υδατάνθρακες. Οι περισσότεροι άλλοι οργανισμοί, γνωστοί ως καταναλωτές, εξαρτώνται από αυτούς τους πρωτογενείς παραγωγούς για την ενέργεια και τα θρεπτικά τους συστατικά (Bot & Benites, 2005).

Η ζωή στο έδαφος διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο σε πολλές φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και νερού, που είναι απαραίτητα για την αγροτική παραγωγικότητα. Οι βασικές δραστηριότητες όλων των ζωντανών οργανισμών περιλαμβάνουν την ανάπτυξη και αναπαραγωγή. Υποπροϊόντα από τις αναπτυσσόμενες ρίζες και τα φυτικά υπολείμματα τροφοδοτούν τους οργανισμούς του εδάφους. Αυτοί οι οργανισμοί υποστηρίζουν την υγεία των φυτών, καθώς αποσυνθέτουν την οργανική ύλη, κυκλώνουν τα θρεπτικά συστατικά, ενισχύουν τη δομή του εδάφους και ελέγχουν τους πληθυσμούς άλλων οργανισμών, τόσο ευεργετικών όσο και επιβλαβών (παράσιτα και παθογόνα), διαμορφώνοντας έτσι την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Το ζωντανό τμήμα της οργανικής ύλης του εδάφους περιλαμβάνει ποικιλία μικροοργανισμών, όπως βακτήρια, ιοί, μύκητες, πρωτόζωα και φύκια, καθώς και τις ρίζες των φυτών, έντομα, γαιοσκώληκες και μεγαλύτερα ζώα όπως ποντίκια και κουνέλια, που περνούν μέρος της ζωής τους στο έδαφος. Το ζωντανό αυτό τμήμα αντιπροσωπεύει περίπου το 5% της συνολικής οργανικής ύλης του εδάφους. Οι μικροοργανισμοί, οι γαιοσκώληκες και τα έντομα διευκολύνουν τη διάσπαση των υπολειμμάτων καλλιεργειών και κοπριάς, μέσω της κατάποσής τους και της ανάμειξής τους με τα ορυκτά του εδάφους, συμβάλλοντας έτσι στη διαδικασία ανακύκλωσης ενέργειας και θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον, οι κολλώδεις ουσίες που βρίσκονται στο δέρμα των γαιοσκώληκων και αυτές που παράγονται από μύκητες και βακτήρια συμβάλλουν στη

σύνδεση των σωματιδίων του εδάφους. Οι γαιοσκώληκες παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση και αλληλεπίδραση μεταξύ τους σε σχέση με το γύρω έδαφος, λόγω της ανάμειξης οργανικής ύλης με ορυκτό υλικό και της παρουσίας εντερικής βλέννας που παράγουν. Έτσι, το ζωντανό τμήμα του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της διαθέσιμης υγρασίας και αέρα, παρέχοντας τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τα φυτά, διασπώντας ρύπους και συμβάλλοντας στη δομική ακεραιότητα του εδάφους (Bot & Benites, 2005).

Η σύνθεση των οργανισμών που βρίσκονται στο έδαφος εξαρτάται από την πηγή τροφής τους, η οποία ποικίλλει ανάλογα με την εποχή. Ως αποτέλεσμα, οι οργανισμοί δεν κατανεμημένοι ομοιόμορφα στο έδαφος ούτε υπάρχουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, οι βιογενείς δομές τους παραμένουν σταθερές. Κάθε είδος και ομάδα οργανισμών βρίσκονται εκεί όπου μπορούν να βρουν την κατάλληλη τροφή, χώρο, θρεπτικά συστατικά και υγρασία.

Οι οργανισμοί συγκεντρώνονται κυρίως γύρω από τις ρίζες των φυτών, στα υπολείμματα, στον επάνω χούμο και στην επιφάνεια των εδαφικών υλικών ή σε κενά μεταξύ των αδρανών υλικών. Για το λόγο αυτό, είναι πιο διαδεδομένοι σε δασικές περιοχές και συστήματα καλλιέργειας που αφήνουν αρκετή βιομάζα στην επιφάνεια. Η δραστηριότητά τους ακολουθεί εποχιακά και καθημερινά μοτίβα, καθώς όχι όλοι οι οργανισμοί είναι ενεργοί ταυτόχρονα. Πολλοί μπορεί να είναι λιγότερο ενεργοί ή ακόμα και αδρανείς.

Η διαθέσιμη τροφή αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει το επίπεδο δραστηριότητας των οργανισμών του εδάφους, ενώ αυτή η δραστηριότητα σχετίζεται με τη χρήση και τη διαχείριση της γης. Πρακτικές που συμβάλλουν στην αύξηση του αριθμού και της δραστηριότητας των οργανισμών περιλαμβάνουν την αποφυγή του όργωματος ή την ελάχιστη παρέμβαση, καθώς και τη συντήρηση φυτικών και ετήσιων υπολειμμάτων. Αυτές οι πρακτικές μειώνουν την αναστάτωση στους οργανισμούς του εδάφους και παρέχουν σημαντικές πηγές τροφής (Bot & Benites, 2005).

Διαδικασία αποσύνθεσης

Τα νωπά υπολείμματα περιλαμβάνουν πρόσφατα νεκρούς μικροοργανισμούς, έντομα και γαιοσκώληκες, παλιές ρίζες φυτών, υπολείμματα καλλιεργειών και πρόσφατα προστιθέμενη κοπριά. Αυτά τα υπολείμματα περιέχουν κυρίως πολύπλοκες ενώσεις άνθρακα που προέρχονται από τους κυτταρικούς τοίχους (όπως η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη). Οι αλυσίδες άνθρακα, όπου κάθε άτομο άνθρακα συνδέεται με άλλα, σχηματίζουν τη "ραχοκοκαλιά" των οργανικών μορίων. Αυτές οι αλυσίδες περιέχουν επίσης διάφορες ποσότητες οξυγόνου, υδρογόνου, αζώτου, φωσφόρου και θείου, αποτελώντας τη βάση για

απλά σάκχαρα, αμινοξέα και πιο σύνθετα μόρια που σχηματίζονται από μακριές αλυσίδες ή δαχτυλίδια άνθρακα.

Ανάλογα με τη χημική τους δομή, η αποσύνθεση των οργανικών αυτών υλικών μπορεί να είναι γρήγορη (όπως για σάκχαρα, άμυλα και πρωτεΐνες), αργή (όπως για κυτταρίνη, λίπη, κεριά και ρητίνες) ή πολύ αργή (όπως για τη λιγνίνη). Κατά την αποσύνθεση, οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τις δομές άνθρακα των νεκρών υπολειμμάτων σε διαφοροποιημένα προϊόντα.

Στο έδαφος υπάρχουν ποικίλοι τύποι οργανικών μορίων. Ορισμένα είναι απλά μόρια που παράγονται απευθείας από φυτά ή άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Αυτές οι σχετικά απλές χημικές ουσίες, όπως σάκχαρα, αμινοξέα και κυτταρίνη, καταναλώνονται εύκολα από πολλούς οργανισμούς, γι' αυτό και δεν παραμένουν στο έδαφος για πολύ καιρό. Αντίθετα, άλλες χημικές ουσίες, όπως οι ρητίνες και τα κεριά, προέρχονται επίσης από φυτά, αλλά είναι δυσκολότερο να διασπαστούν από τους οργανισμούς του εδάφους. Το χούμους προκύπτει από διαδοχικά βήματα στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Η σύνθετη δομή των χουμικών ουσιών καθιστά το χούμους ακατάλληλο για πολλές μικροβιακές πηγές ενέργειας, με αποτέλεσμα να παραμένει στο έδαφος για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Τα μη οργανικά μόρια απελευθερώνονται άμεσα από τα κύτταρα των φρέσκων υπολειμμάτων, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα και σάκχαρα. Αυτό το κομμάτι της οργανικής ύλης στο έδαφος είναι το ενεργό ή εύκολα αποσυντεθειμένο κλάσμα. Η δραστηριότητά του επηρεάζεται σημαντικά από καιρικές συνθήκες, υγρασία του εδάφους, στάδιο ανάπτυξης της βλάστησης, προσθήκες οργανικών υπολειμμάτων και γεωργικές πρακτικές.

Η κύρια πηγή τροφής για διάφορους οργανισμούς στο έδαφος είναι οι υδατάνθρακες, οι οποίοι εμφανίζονται σε τρεις βασικές μορφές: ελεύθερα σάκχαρα στο διάλυμα του εδάφους, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη, καθώς και πολυμερή μόρια διαφόρων μεγεθών και σχημάτων που συνδέονται στενά με κolloειδή και χουμικές ουσίες. Τα απλά σάκχαρα, η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη μπορεί να αντιπροσωπεύουν το 5–25% της οργανικής ύλης στα περισσότερα εδάφη, αλλά διασπώνται εύκολα από τους μικροοργανισμούς (Bot & Benites, 2005).

Οι πολυσακχαρίτες (στοιχεία που αποτελούνται από επαναλαμβανόμενες μονάδες μορίων ζάχαρης σε μεγαλύτερες αλυσίδες) συμβάλλουν στη δομή του εδάφους. Έρευνες δείχνουν ότι τα μεγαλύτερα μόρια πολυσακχαριτών μπορεί να είναι πιο σημαντικά στην υποστήριξη της συνολικής σταθερότητας του εδάφους. Ορισμένα σάκχαρα είναι σε θέση να ενισχύσουν τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των ριζών. Επιπλέον, άλλες ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζονται από τους πολυσακχαρίτες περιλαμβάνουν τη χημική ικανότητα ανταλλαγής και την ικανότητα κατακράτησης ανιόντων. Τα λιπίδια του εδάφους

συνιστούν μια πολύ διαφορετική κατηγορία υλικών, στην οποία περιλαμβάνονται τα λίπη, τα κεριά και οι ρητίνες. Η σημασία των λιπιδίων έγκειται στην ικανότητα ορισμένων ενώσεων να δρουν ως αυξητικές ορμόνες, ενώ άλλες μπορεί να έχουν επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών.

Το άζωτο στο έδαφος εμφανίζεται κυρίως (> 90%) σε οργανικές μορφές, όπως αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα και άλλα οργανικά μόρια. Μικρές ποσότητες υπάρχουν επίσης ως αμίνες, βιταμίνες, φυτοφάρμακα και προϊόντα αποσύνθεσής τους.

Μικροοργανισμοί που βρίσκονται στο έδαφος:

Βακτήρια

Τα βακτήρια είναι πολύ μικροί μονοκύτταροι οργανισμοί που μόνο με ισχυρό φωτισμό (1.000×) ή ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μπορούν να γίνουν ορατοί. Αποτελούν την κύρια βιομάζα των οργανισμών που βρίσκονται στο έδαφος και εντοπίζονται, συνήθως, σε μεγαλύτερες ποσότητες κοντά στις ρίζες, που είναι μία από τις πηγές τροφής τους. Υπάρχουν πολλοί τύποι βακτηρίων, αλλά εστιάζουμε σε εκείνα που είναι σημαντικά για τη γεωργία, όπως το *Rhizobium* και οι ακτινομύκητες (Bot & Benites, 2005).

Τα βακτήρια παίζουν κρίσιμο ρόλο στα γεωργικά εδάφη, καθώς συμβάλλουν στην ανακύκλωση του άνθρακα μέσω της δέσμευσης (φωτοσύνθεσης) και της αποσύνθεσης. Ορισμένα βακτήρια είναι σημαντικοί αποικοδομητές, ενώ άλλοι, όπως οι ακτινομύκητες, είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί στην αποδόμηση δύσκολων ουσιών όπως η κυτταρίνη (η κύρια συνιστώσα των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών) και η χιτίνη (που βρίσκεται στα κυτταρικά τοιχώματα των μυκήτων). Η διαχείριση της γης επηρεάζει τη δομή των βακτηριακών κοινοτήτων, καθώς αυτή μπορεί να αλλάξει τα επίπεδα θρεπτικών ουσιών, με αποτέλεσμα να μετατοπεί η κυριαρχία των αποικοδομητών από τα βακτήρια στους μύκητες.

Μια ομάδα βακτηρίων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανακύκλωση του αζώτου. Τα ελεύθερα διαβιούντα βακτήρια δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο, προσθέτοντας το φυσικά στο έδαφος, μια διαδικασία που ονομάζεται βιολογική δέσμευση αζώτου και είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για τη γεωργία. Άλλα βακτήρια που δεσμεύουν άζωτο σχηματίζουν ενώσεις (κονδύλους) με τις ρίζες των ψυχανθών. Στους κόμβους αυτών, το ατμοσφαιρικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμώνιο, το οποίο μπορεί εύκολα να αφομοιωθεί από τα φυτά. Η διαδικασία είναι κάπως περίπλοκη, αλλά γενικά, τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται κοντά στις ρίζες και προσκολλώνται σε αυτές. Αρχικά, οι μικρές τρίχες στην επιφάνεια της ρίζας συγκεντρώνονται γύρω από τα βακτήρια και εισέρχονται στις ρίζες. Εναλλακτικά, τα

βακτήρια μπορούν να εισέλθουν απευθείας από σημεία στην επιφάνεια της ρίζας. Μόλις εισέλθουν, τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται μέσα σε λεπτά νήματα, ενώ σήματα διεγείρουν τον πολλαπλασιασμό τόσο των φυτικών κυττάρων όσο και αυτών των βακτηρίων. Αυτή η επαναλαμβανόμενη διαίρεση δημιουργεί μια μάζα κυττάρων που περιέχει πολλά βακτηριακά κύτταρα. Ορισμένα από αυτά τα βακτήρια μετατρέπονται σε μορφές που μπορούν να μετατρέψουν το αέριο άζωτο σε αμμώνιο, διαδικασία που ονομάζεται "δέσμευση" του αζώτου. Αυτές οι μορφές βακτηρίων ονομάζονται βακτηριοειδή και διαφέρουν από τα ελεύθερα κύτταρα.

Πολλά φυτά απαιτούν συγκεκριμένα είδη ριζοβίων για να σχηματίσουν κονδύλους, καθώς ένα συγκεκριμένο είδος *Rhizobium* σχηματίζει κονδύλους μόνο σε ορισμένες ρίζες (Bot & Benites, 2005).

Οι ακτινομύκητες αποτελούν μια ευρεία ομάδα βακτηρίων που σχηματίζουν νημάτια στο έδαφος. Η χαρακτηριστική μυρωδιά του φρέσκου, υγρού εδάφους προέρχεται από αυτούς τους οργανισμούς, κυρίως λόγω των θρεπτικών ουσιών που απελευθερώνουν μέσω του μεταβολισμού τους. Οι ακτινομύκητες σχηματίζουν επίσης ενώσεις με ορισμένα μη μηρυκαστικά φυτά, δεσμεύοντας άζωτο που γίνεται διαθέσιμο στον ξενιστή και σε άλλα κοντινά φυτά.

Τα βακτήρια παράγουν μια κολλώδη ουσία, σε μορφή πολυσακχαριτών (ένα είδος σακχάρου), που συμβάλλει στη σύνδεση των εδαφικών σωματιδίων σε μικρές συσσωματώσεις, προσφέροντας σταθερότητα στο έδαφος. Εξαιτίας αυτού, τα βακτήρια είναι σημαντικά για την ενίσχυση της σταθερότητας των εδαφικών συσσωματωμάτων, για τη διείσδυση του νερού και για την ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας. Ωστόσο, η επίδρασή τους είναι γενικά λιγότερο έντονη σε σύγκριση με αυτήν που προέρχεται από μεγάλα ασπόνδυλα, όπως οι γαιοσκώληκες.

Μύκητες

Οι συγκεκριμένοι οργανισμοί παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία αποσύνθεσης σε χερσαία οικοσυστήματα, καθώς αποικοδομούν και αφομοιώνουν την κυτταρίνη, βασικό συστατικό των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων. Οι μύκητες αποτελούνται από πολύ μικρά κύτταρα που συνήθως αναπτύσσονται σε εκτενή νημάτια ή κλώνους, γνωστά ως υφές, με διάμετρο μόλις μερικών μικρομέτρων, αλλά με την ικανότητα να φθάνουν σε μήκος από μερικά κύτταρα έως και πολλά μέτρα. Οι μύκητες του εδάφους μπορούν να καταταγούν σε τρεις βασικές λειτουργικές ομάδες με βάση την πηγή ενέργειάς τους: (Bot & Benites, 2005).

1. Αποικοδομητές - σαπροφυτικοί μύκητες:

Αυτοί οι μύκητες μετατρέπουν το νεκρό οργανικό υλικό σε μυκητιακή βιομάζα, CO₂ και μικρές ενώσεις όπως τα οργανικά οξέα. Χρησιμοποιούν πολύπλοκα υποστρώματα όπως κυτταρίνη και λιγνίνη που βρίσκονται στο ξύλο και είναι κρίσιμοι για την αποσύνθεση των δομών δακτυλίου άνθρακα σε ορισμένους ρύπους. Όπως και τα βακτήρια, οι μύκητες συμβάλλουν στην ακινητοποίηση και τη συγκράτηση θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (Bot & Benites, 2005).

2. Μυκορριζικοί μύκητες:

Αυτοί οι μύκητες εγκαθίστανται στις ρίζες των φυτών και δημιουργούν μια συμβιωτική σχέση. Η συμβίωση αυτή ορίζει μια στενή και παρατεταμένη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών οργανισμών, που μπορεί να ωφελήσει όλα τα μέρη της σχέσης. Οι μυκόρριζες επεκτείνουν την επιφάνεια σύνδεσης με τη ρίζα του φυτού, επιτρέποντας στο φυτό να αποκτά θρεπτικά συστατικά και νερό που διαφορετικά δεν θα ήταν προσβάσιμα. Αυτοί οι μύκητες διευρύνουν την πρόσβαση των φυτών σε πόρους γεμάτων νερό και αμέτρητα θρεπτικά στοιχεία, επιτρέποντας στα φυτά να εκμεταλλεύονται καλύτερα τους διαθέσιμους πόρους. Οι μυκόρριζες αντλούν υδατάνθρακες (ενέργεια) από τη ρίζα του φυτού και συνήθως μεταφέρουν φώσφορο (P) από το έδαφος στη ρίζα, ενισχύοντας έτσι την ανάπτυξή τους (Bot & Benites, 2005).

Δύο μεγάλες ομάδες μυκορριζικών μύκητων αναγνωρίζονται:

A) Οι εκτομυκόρριζες, οι οποίες αναπτύσσονται στα επιφανειακά στρώματα των ριζών και συνδέονται συχνά με τα δέντρα, και .

B) Οι ενδομυκόρριζες, όπως οι αψιδωτοί και φυσαλιδώδεις μυκορριζικοί μύκητες, οι οποίοι αναπτύσσονται μέσα στα κύτταρα της ρίζας, και συνδέονται κυρίως με αγρωστώδη, αροτραίες καλλιέργειες, λαχανικά και θάμνους. Οι αψιδωτοί μυκορριζικοί μύκητες συμβάλλουν επίσης στη βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους, καθώς οι υφές τους δημιουργούν ένα πλέγμα που βοηθά στη σταθεροποίηση των εδαφικών συσσωματωμάτων.

Οι φυσαλιδώδεις (αρβυλώδεις) μυκόρριζες είναι οι πιο διαδεδομένοι μυκορριζικοί μύκητες. Αυτές οι μυκόρριζες κρίνουν ιδιαίτερα σημαντικές για την πρόσληψη φωσφορικών αλάτων, δεδομένου ότι ο φώσφορος δεν μετακινείται εύκολα προς τις ρίζες των φυτών. Αυτοί οι μύκητες δεν βλάπτουν το φυτό και ανταγωνίζονται με αυτό: το φυτό παρέχει ενέργεια στο μύκητα με τη μορφή σακχάρων, ενώ ο μύκητας αναπτύσσεται ως δίκτυο

νηματίων γύρω και μέσα στα κύτταρα της ρίζας, επεκτείνοντας την επιφάνεια που αλληλεπιδρά με το έδαφος πέρα από το ριζικό σύστημα του φυτού.

Αντίθετα, τα παθογόνα ή τα παράσιτα μπορούν να προκαλέσουν μείωση της παραγωγής ή ακόμα και θάνατο όταν αποικίζουν τις ρίζες και άλλους οργανισμούς. Παθογόνοι μύκητες των ριζών, όπως οι *Verticillium*, *Pythium* και *Rhizoctonia*, προκαλούν μεγάλες οικονομικές απώλειες στη γεωργία ετησίως. Παρόλα αυτά, ορισμένοι μύκητες βοηθούν στον έλεγχο ασθενειών. Για παράδειγμα, οι μύκητες παγίδευσης νηματωδών παρασιτούν τους νηματώδεις που προκαλούν ασθένειες, και οι μύκητες που τρέφονται με έντομα μπορούν να είναι χρήσιμοι ως παράγοντες βιοελέγχου.

Μικροπανίδα

Η μικροπανίδα (διάμετρος < 0,1 mm) περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, μικρά collembola και ακάρεα, νηματώδεις και πρωτόζωα που ζουν γενικά σε στα υμένα νερού του εδάφους και τρέφονται με τη μικροχλωρίδα, ρίζες των φυτών, άλλη μικροπανίδα και μερικές φορές μεγαλύτερους οργανισμούς (π.χ. εντομοπαθογόνα νηματώδεις τρέφονται με έντομα και άλλα μεγαλύτερα ασπόνδυλα). Είναι σημαντικοί για την απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών που έχουν ακινητοποιηθεί από τους μικροοργανισμούς του εδάφους (Bot & Benites, 2005).

Νηματώδεις

Οι νηματώδεις είναι μικροσκοπικοί στρογγυλοί σκώληκες με μορφή νήματος που βρίσκονται σε εδάφη σε όλο τον κόσμο. Μπορούν να ζουν ελεύθερα στις μεμβράνες νερού του εδάφους και να είναι είτε ωφέλιμοι για τη γεωργία, είτε φυτοπαράσιτοι, εισχωρώντας στην επιφάνεια ή μέσα στις ζωντανές ρίζες ως παράσιτα. Οι ελεύθεροι νηματώδεις τρέφονται με βακτήρια και μύκητες, επιβραδύνοντας τους πληθυσμούς επιβλαβών μικροοργανισμών. Συνήθως έχουν μήκος 0,15-5 mm και πλάτος 2-100 μm, αν και οι νηματώδεις της οικογένειας Mermithidae μπορούν να φτάσουν τα 20 cm και είναι κοινές στα τροπικά εδάφη, όπου παρασιτούν αρθρόποδα όπως οι ακρίδες. Αυτοί οι οργανισμοί μπορούν να κινηθούν στο έδαφος μόνο σε υγρές συνθήκες, καθώς ζουν μέσα στο νερό που γεμίζει τους χώρους μεταξύ των σωματιδίων του εδάφους και καλύπτει τις ρίζες. Σε θερμές και ξηρές συνθήκες, εισέρχονται σε στάδιο νάρκης και επανέρχονται σε δραστηριότητα μόλις είναι διαθέσιμο το νερό (Bot & Benites, 2005).

Οι νηματώδεις θεωρούνται σημαντική ομάδα καταναλωτών στο έδαφος και κατατάσσονται σε τέσσερις έως πέντε τροφικές κατηγορίες ανάλογα με τη φύση της τροφής τους, τη δομή του στόματος και του οισοφάγου τους και τη μέθοδο διατροφής τους. Αυτές οι

κατηγορίες περιλαμβάνουν βακτηριακούς τροφοδότες, μυκητιακούς τροφοδότες, θηρευτές, παμφάγους και φυτοφάγους. Οι βακτηριακοί τροφοδότες μπορούν να καταναλώνουν έως και 5.000 βακτηριακά κύτταρα το λεπτό ή 6,5 φορές το βάρος τους καθημερινά, συμβάλλοντας στη διασπορά οργανικής ύλης και αποικοδομητών στο έδαφος. Οι βακτηριοφάγοι και οι μυκητοφάγοι νηματώδεις απελευθερώνουν σημαντική ποσότητα αζώτου (N) όταν τρέφονται με τα θηράματά τους, γεγονός που καθιστά υπεύθυνους για μεγάλο μέρος του διαθέσιμου αζώτου στα φυτά στη συντριπτική πλειοψηφία των εδαφών. Η ετήσια συνολική κατανάλωση μπορεί να φτάσει τα 800 kg βακτηρίων ανά εκτάριο, με τη μετατροπή του αζώτου να κυμαίνεται από 20 έως 130 kg. Αντίθετα, οι φυτοφάγοι νηματώδεις προκαλούν ζημιές στις ρίζες των φυτών, με σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις για τους αγρότες. Αυτή η ομάδα έχει μεγάλη ποικιλία μεγέθους και δομής και είναι η πιο εκτενώς μελετημένη λόγω της ικανότητάς τους να προκαλούν φυτικές ασθένειες και να μειώνουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών.

Γαιοσκώληκες

Οι επιδράσεις των γαιοσκώληκων στο έδαφος ποικίλλουν ανάλογα με την οικολογική τους κατηγορία. Ζουν κυρίως στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους, τα οποία είναι μεταβαλλόμενα και εκτίθενται σε ξηρασία, υψηλές θερμοκρασίες και παρουσίες αρπακτικών. Οι γαιοσκώληκες είναι συνήθως μικρού μεγέθους και χρωματισμένοι (πράσινοι ή κοκκινωποί), με γρήγορες κινήσεις. Στην κατηγορία των ενδογειακών γαιοσκώληκων συναντάμε άχρωμα (μη χρωματισμένα) σκουλήκια που ζουν και τρέφονται στο έδαφος. Αυτή η κατηγορία χωρίζεται περαιτέρω σε τρεις υποομάδες: ολιγοχουμικούς, μεσοχουμικούς και πολυχουμικούς, βάσει της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ύλη (Bot & Benites, 2005).

Από την άλλη, οι ανεκτικοί γαιοσκώληκες τρέφονται με επιφανειακά απορρίμματα που είναι αναμειγμένα με το έδαφος, αλλά περνούν τον περισσότερο χρόνο τους στο χώμα. Αυτοί οι γαιοσκώληκες είναι μεγάλοι, με σκούρο χρώμα και σκάβουν υπόγεια λαγούμια. Καθώς υπάρχουν πολλές προσαρμογές ανάμεσα στις διαφορετικές κατηγορίες γαιοσκώληκων, οι ρόλοι τους στο έδαφος είναι ποικιλόμορφοι. Τα επιγειακά σκουλήκια μπορούν να συμβάλλουν στην παραγωγή κομπόστ χωρίς να επηρεάζουν τη δομή του εδάφους, ενώ οι ανεκτικοί και οι ενδογειακοί γαιοσκώληκες επηρεάζουν τη δομή του εδάφους μέσω των δραστηριοτήτων τους για ανάμιξη και σκάψιμο, καθώς και την οργανική ύλη του εδάφους.

Γενικά, οι γαιοσκώληκες έχουν ευεργετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προκληθούν αρνητικές επιδράσεις. Η σχέση τους με τις

αποδόσεις των σιτηρών είναι αναλογική με τη βιομάζα τους, με σημαντικές επιδράσεις να παρατηρούνται σε τιμές βιομάζας άνω των 30 g νωπού βάρους. Ωστόσο, οι πολύ υψηλές καταναλώσεις συγκεκριμένων ειδών γαιοσκωλήκων, όπως το *Pontoscolex corethrurus*, μπορεί να έχουν ανασταλτική δράση στην παραγωγή υπό ορισμένες συνθήκες.

Οι μηχανισμοί που εμπλέκονται στη διέγερση της ανάπτυξης ποικίλλουν, περιλαμβάνοντας από μεγάλες επιδράσεις στη δομή του εδάφους και τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών, έως την ενίσχυση της μυκορριζικής μόλυνσης και τον έλεγχο των φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Μόλις εγκατασταθούν οι γαιοσκώληκες, η εφαρμογή ενός δυναμικού συστήματος καλλιέργειας, που περιλαμβάνει αμειψισπορά με μακροχρόνιες ή πολυετείς καλλιέργειες και καλή προσθήκη οργανικής ύλης, συμβάλλει στη διασφάλιση μακροχρόνιων ωφελειών από τη δραστηριότητά τους.

Τερμίτες

Οι τερμίτες αποτελούν σημαντικά στοιχεία της μακροπανίδας του εδάφους σε πολλές περιοχές του κόσμου. Τα έντομα ζουν σε οργανωμένες αποικίες με διάφορες κάστες, όπως η βασίλισσα, οι εργάτες και οι στρατιώτες, οι οποίες διακρίνονται από μορφολογικές και φυσιολογικές εξειδικεύσεις. Συνήθως, ούτε οι μεμονωμένοι τερμίτες ούτε οι αποικίες τους ταξιδεύουν μεγάλες αποστάσεις, περιορίζονται δηλαδή να ζουν στα εδάφη και στα τροφικά τους υλικά. Ορισμένα είδη προτιμούν ζωντανά φυτά και μπορούν να γίνουν σοβαροί εχθροί σε γεωργικά περιβάλλοντα όπου τα νεκρά υπολείμματα είναι περιορισμένα, ενώ άλλα τρέφονται κυρίως με νεκρά φυτικά υλικά από το έδαφος (Bot & Benites, 2005).

Οι πηγές τροφής περιλαμβάνουν αποσυντιθέμενα φυτικά υλικά, νεκρό φύλλωμα, ξύλο, ρίζες, σπόρους και περιττώματα άλλων ζώων. Υπάρχουν τροφοδότες εδάφους-ξύλου και εδαφοφάγοι, οι οποίοι καταναλώνουν υψηλά ποσοστά ανόργανων υλικών. Η διατροφή τους εξαρτάται κυρίως από καλά αποσυντεθειμένο ξύλο και μερικώς χουμοποιημένη οργανική ύλη του εδάφους. Επιπλέον, ορισμένες ομάδες τερμιτών αναπτύσσουν μύκητες στις φωλιές τους. Οι φωλιές τους μπορεί να βρίσκονται σε ποικιλόμορφες τοποθεσίες, όπως μέσα σε ζωντανά ή νεκρά δέντρα, υπόγειες θέσεις, σε άλλες φωλιές που σχηματίζονται από άλλους τερμίτες, καθώς και σε επιγείου τύπου φωλιές και δενδρώδεις φωλιές.

Κεφάλαιο 2ο

ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ

2.1. Βοτανική Περιγραφή

2.1.1. Ριζικό Σύστημα

Το ριζικό σύστημα του βαμβακιού έχει μία πασσαλώδη ρίζα, η οποία συνήθως φτάνει τα 60 – 100 cm. Η κύρια ρίζα σε ιδανικές συνθήκες μπορεί να φτάσει έως και τα 2 m. Εκτός της κύριας πασσαλώδους ρίζας, αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός πλάγιων ριζών, οριζοντίως. Οι δευτερεύουσες διακλαδώσεις, όπως χαρακτηρίζονται οι πλάγιες ρίζες του φυτού, σχηματίζονται λίγες μέρες αφότου έχει αναπτυχθεί η κύρια ρίζα. Έτσι οι διακλαδώσεις εμφανίζονται σε απόσταση 10 – 15 cm από το σημείο έναρξης σχηματισμού της κύριας ρίζας. Οι πλάγιες ρίζες αντικαθιστούν το άκρο της κύριας ρίζας αν αυτό καταστραφεί, χωρίς βέβαια να εισχωρούν τόσο βαθιά (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.1.2. Βλαστός

Ο βλαστός φθάνει τα 60 – 180 cm και προέρχεται από την ανάπτυξη του μεριστώματος. Ο βλαστός του βαμβακιού είναι κυλινδρικός, περιέχει εντεριώνη και πάνω του σχηματίζονται μεγάλα φύλλα σε σπειροειδή διάταξη (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Το άζωτο βοηθάει στην ανάπτυξη του φυτού, ενώ η έντονη ηλιοφάνεια επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξή του. Ακόμη, η υπερβολική ποσότητα νερού προσδίδει μεγάλα μεσογονάτια (Ευθυμιάδης Συμ. Παντελής, 2009).

Στη μασχάλη κάθε φύλλου υπάρχουν δύο οφθαλμοί, ο πραγματικός μασχαλιαίος οφθαλμός και ο πλευρικός οφθαλμός. Οι μασχαλιαίοι οφθαλμοί που βρίσκονται χαμηλά στο βλαστό δημιουργούν βλαστούς οι οποίοι έχουν μόνο φύλλα, είναι φυλλοφόροι. Σε αντίθεση με τους πλευρικούς και τους μασχαλιαίους οφθαλμούς που βρίσκονται πιο ψηλά και πιο κοντά στην κορυφή, από τους οποίους προκύπτουν βλαστοί με άνθη. Η γονιμότητα του εδάφους και η εδαφική υγρασία μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή των οφθαλμών. Ακόμη, το τέλος της ανάπτυξης του βλαστού, λόγω καταστροφής του ακραίου οφθαλμού, βοηθάει στον σχηματισμό φυλλοφόρων βλαστών (Ευθυμιάδης Συμ. Παντελής, 2009).

2.1.3. Φύλλα

Οι κοτυληδόνες, τα παράφυλλα και τα πραγματικά φύλλα είναι οι τρεις τύποι φύλλων του βαμβακιού. Τα φύλλα των κοτυληδόνων έχουν νεφροειδές σχήμα και πλάτος περίπου 5 cm. Τα παράφυλλα σχηματίζονται πρώτα στο βλαστό, είναι μικρά, δυσδιάκριτα και έχουν έλασμα. Τα πραγματικά φύλλα που σχηματίζονται πρώτα είναι καρδιόσχημα. Στη συνέχεια δημιουργούνται φύλλα με πέντε λοβούς. Το φύλλο του βαμβακιού έχει κηρώδη εφυμενίδα, λείο ή τριχωτό, αναλόγως την ποικιλία. Τα στομάτια βρίσκονται στην κάτω πλευρά του ελάσματος (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.1.4. Άνθη

Το βαμβάκι έχει ένα πλήρες άνθος. Αποτελείται από μικρά βράκτια, με κάλυκα, στεφάνη, γυναικείο και ανδρώνα. Το βαμβάκι έχει τρία μικρά βράκτια (Hayward 1938, Beasley 1975), τα οποία έχουν πολλές βαθιές εγκοπές (οδόντες), έχουν πράσινο χρώμα. Το σχήμα του κάλυκα είναι κύπελλο και στη βάση του έχει πέντε σέπαλα. Ακόμη είναι η στεφάνη η οποία φέρει πέντε μεγάλα πέταλα. Το χρώμα των πετάλων κυμαίνεται από λευκά, λευκά-κρεμ, στο *G. hirsutum*, κίτρινο στο *G. barbadense*, στο *G. hirsutum* μερικές φορές τα πέταλα έχουν μία σκούρα ροζ κηλίδα στη βάση ενώ στο *G. barbadense* αυτή η κηλίδα υπάρχει πάντα. Τα πέταλα είναι κλεισμένα και στριφογυρισμένα μέχρι την ημέρα της άνθησης (Γρεβενιώτης Β. 2008).

Οι στήμονες στα άνθη είναι συνήθως 90-100 σε κατακόρυφες σειρές. Οι ανθήρες είναι δίχωροι και οι γυρεόκοκκοι μεγάλοι με αγκάθια στην επιφάνεια. Τέλος, είναι ο ύπερος, ο οποίος είναι μια μικρή, κωνική, πολύχρωμη ωθήκη, ο στύλος και το στίγμα. Οι χώροι της ωθήκης σε κάποιες ποικιλίες είναι τρεις και σε κάποιες 4-5. Το μήκος του στύλου είναι διαφορετικό σε κάθε περίπτωση. Προς την κορυφή χωρίζεται σε 3-5 λοβούς και σχηματίζει το στίγμα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.1.5. Καρποί (καρύδια)

Ο καρπός του βαμβακιού είναι σφαιρικός ή ωοειδής, είναι δερματώδης με ανοιχτό πράσινο χρώμα. Οι καρποί ονομάζονται καρύδια, ενώ το σχήμα και το μέγεθός τους παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Το σχήμα, το μέγεθος και το βάρος των καρπών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το γενότυπο του φυτού, τη σύσταση του εδάφους, τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν αλλά και από ασθένειες και έντομα.

- Μέσο βάρος καρυδιού στα upland βαμβάκια (*Gossypium hirsutum*): 3–10 gr
- Μέσο βάρος καρυδιού στα αιγυπτιακά βαμβάκια (*Gossypium barbadense*): 1.5–3 gr
- Μέσο βάρος ελληνικών ποικιλιών : 5.2 – 6.4 gr.

Όταν φτάσουν στο στάδιο της ωρίμανσης τότε τα καρπόφυλλα σχίζονται και ανοίγουν στο σημείο ένωσης. Στη βάση του καρυδιού συγκρατούνται οι σπόροι και οι ίνες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.1.6. Σπόρος

Οι σπόροι σε κάθε καρύδι είναι περίπου 8 και συνήθως έχουν χνούδι. Οι σπόροι χωρίς χνούδι (γυμνοί) φυτρώνουν ευκολότερα λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας λαδιού.

Το σχήμα του σπόρου είναι ωοειδές με οξύληκτη άκρη. Το μήκος και το βάρος του κυμαίνονται από 6 – 12 mm και 0,10 – 0,13 g, αντίστοιχα. Στο στενό άκρο του σπόρου βρίσκεται ο ομφαλός ο οποίος συνδέει τον σπόρο με το καρύδι. Το άλλο άκρο του σπόρου ονομάζεται χάλαζα και είναι πιο φαρδύ. Ο σπόρος περιβάλλεται από το περισπέρμιο και περιέχει ελάχιστα υπολείμματα του ενδοσπερμίου. Το έμβρυο έχει δύο μεγάλες αναδιπλωμένες κοτυληδόνες, συγκεντρώνουν αποθησαυριστικές ουσίες κατάλληλες για την διατροφή του νέου φυτού. Επιπλέον το έμβρυο, εκτός των κοτυληδόνων, έχει το ριζίδιο και το βλαστίδιο (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.1.7. Ίνες

Οι ίνες του βαμβακιού προκύπτουν όταν ένα κύτταρο από την επιδερμίδα του σπόρου επιμηκύνεται. Οι ίνες αναπτύσσονται από την ημέρα της άνθησης. Τα επιδερμικά κύτταρα του ωαρίου που βρίσκονται προς τη χάλαζα διογκώνονται και επιμηκύνονται πρώτα και δημιουργούνται οι ίνες. Σε δεύτερο στάδιο, 5- 10 ημέρες μετά την άνθηση και την διόγκωση των πρώτων επιδερμικών κυττάρων, αρχίζει η διόγκωση των υπόλοιπων επιδερμικών κυττάρων του ωαρίου και σχηματίζονται πολύ κοντές ίνες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Διαφορές ίνας – χνούδι κατά την ωρίμανση:

1. Τελικό μήκος ίνας : 15 – 50 mm
Τελικό μήκος χνουδιού : 5 mm ή λιγότερο
2. Οι τρίχες του χνουδιού έχουν μεγαλύτερη διάμετρο και παχύτερα τοιχώματα από τις ίνες.

Μετά το τέλος της επιμήκυνσης των ινών ξεκινά η πάχυνση τους. Η πάχυνση γίνεται με την προσθήκη κυτταρίνης προσθήκη κυτταρίνης. Παρόλα αυτά κάποιες φορές παρουσιάζεται ελλιπής πάχυνση. Με την ελλιπή πάχυνση στην ώριμη ίνα σχηματίζονται πολλές αναδιπλώσεις.

2.2 Τα είδη και οι ποικιλίες του βαμβακιού

2.2.1. Καλλιεργούμενα είδη

Το γένος πήρε το όνομά του από τον Carl Linnaeus στα μέσα του 18^{ου} αιώνα και κατέταξε σε αυτό όλα τα είδη του βαμβακιού (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002). Το γένος περιλαμβάνει 49 είδη και ανήκει στην οικογένεια Malvaceae. Από τα 49 είδη, περισσότερα από τα 30 είναι διπλοειδή και 6 τετραπλοειδή (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

2.2.2. Περιγραφή του γένους *Gossypium*

Το συγκεκριμένο γένος περιέχει τόσο ετήσια, όπως ποώδη και θαμνώδη φυτά, αλλά και πολυετή, όπως θάμνους και μικρά δένδρα. Συναντάμε κυλινδρικούς ή γωνιώδεις βλαστούς, με πολλές ή καθόλου τρίχες. Ακόμη, υπάρχουν μαύροι αδένες, οι οποίοι περιέχουν γκοσσυπόλη. Το άνθος έχει τρία βράκτια φύλλα. Το γένος έχει κυπελλοειδή κάλυκα, οι στήμονες είναι ενωμένοι στη βάση τους, καλύπτουν τον στύλο και στην κορυφή βρίσκονται οι ανθήρες, η ωοθήκη έχει 3-5 χώρους, τέλος ο καρπός είναι κάψα που αποξηραίνεται και όταν ωριμάσει σχίζεται στην ένωση των καρπόφυλλων (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

2.2.3. Περιγραφή των καλλιεργούμενων ειδών

Τα καλλιεργούμενα είδη είναι τα ακόλουθα: *G. herbaceum* L. , *G. hirsutum* L. , *G. barbadense* L. , *G. arboreum* L. (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

- ***G. herbaceum* L. (Ποώδες βαμβάκι)** Είναι καλλιεργούμενο είδος του παλαιού κόσμου το οποίο εξελίχθηκε (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002). Πλέον δεν καλλιεργείται και έχει αντικατασταθεί από το *G. hirsutum*. Έχει ύψος 1- 1,5 m, τα φύλλα του έχουν 3-5 λοβούς και είναι οδοντωτά. Τα άνθη είναι μικρά, με κιτρινωπά πέταλα με μια μικρή κόκκινη κηλίδα. Τα καρύδια έχουν συνήθως μέγεθος 2,5-3 cm, σφαιρικά και η κατάληξη τους

είναι μυτερή. Έχουν 3-4 χώρους οι οποίοι συνήθως περιέχουν μέχρι 11 σπόρους ο καθένας (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

- **G. hirsutum L (Χνοώδες βαμβάκι)** Κατάγεται από την Αμερική όπου καλλιεργείται μέχρι σήμερα αλλά και σε όλες τις υποτροπικές βαμβακοπαραγωγικές περιοχές. Συνήθως τα φυτά αυτού του είδους ονομάζονται Upland και είναι ετήσιοι θάμνοι με ύψος 1- 1,5 m. Οι φυλλοφόροι κλάδοι του είδους είναι λίγοι, τα στελέχη έχουν πράσινο ή καφετί χρώμα και τα φύλλα έχουν 3 ή 5 λοβούς. Τα βράκτια σχηματίζουν 7-12 μακριά δόντια. Τα άνθη έχουν ανοιχτό κίτρινο χρώμα και είναι μεγάλα. Τα καρύδια είναι επιμήκη ή σφαιρικά και έχουν 3-5 χώρους με 5-11 (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).
- **G. barbadence L. (Βαρβαδινό βαμβάκι)** Το συγκεκριμένο είδος βαμβακιού είναι τετραπλοειδές. Ως τόπος προέλευσης ορίζεται η Ν. Αμερική. Αναλυτικότερα, έχει πολυετή φυτά τα οποία εξελίσσονται σε δένδρα ύψους 5 – 6 m, είναι φωτοπεριοδικά και η καλλιέργεια τους γίνεται σε χώρες όπως το Περού, η Βραζιλία και η Κολομβία. Στους ετήσιους τύπους το είδος *barbadence* συμπεριλαμβάνεται το αιγυπτιακό βαμβάκι και το Sea-Island και καλλιεργούνται στο Σουδάν, την Αίγυπτο, και σε συγκεκριμένες χώρες της Αμερικής. Το ύψος τους κυμαίνεται από 1 έως 3 m και τα φύλλα τους έχουν 3 – 5 λοβούς. Το είδος χαρακτηρίζεται από μεγάλα άνθη και πέταλα με κίτρινο χρώμα. Εμφανίζονται μικρά καρύδια και έχουν 3 – 4 χώρους, με 5 – 8 σπόρους στον καθένα. Την καλύτερη ποιότητα ίνα, λεπτή ίνα με μήκος μέχρι 60 mm, παράγεται από το Sea-Island (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).
- **G. arboreum L. (Δενδρώδες βαμβάκι)** Είναι διπλοειδές είδος και έχει πολυετής και ετήσιους τύπους. Τα φυτά φθάνουν έως τα 2 m, τα φύλλα σχηματίζουν 5 – 7 λοβούς, τα βράκτια φύλλα είναι συνήθως τριγωνικά κάποιες φορές ακέραια και κάποιες οδοντωτά. Στα άνθη του *arboreum* σημειώνονται διάφοροι χρωματισμοί όπως κόκκινο, κίτρινο, λεμονί, ή άσπρο με ή χωρίς κηλίδα στη βάση των πετάλων. Τα καρύδια έχουν 3 χώρους με τον κάθε ένα από αυτούς να περιέχει 6 – 17 σπόρους. Αυτοί συνήθως φέρουν μακριές ίνες και κοντό χνούδι (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).



Εικόνα 2.1: *G. herbaceum* L.

Πηγή: www.inaturalist.org



Εικόνα 2.2: *G. hirsutum* L

Πηγή: gobotany.nativeplanttrust.org



Εικόνα 2.3: *G. barbadense* L.

Πηγή: zoom50.wordpress.com



Εικόνα 2.4: *G. arboreum* L.

Πηγή: www.freepik.com

2.2.4.Ποικιλίες βαμβακιού

Στην Ελλάδα καλλιεργούνται ποικιλίες οι οποίες ανήκουν στον τύπο UpLand. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να συγκεντρώνει μια ποικιλία βαμβακιού είναι η παραγωγικότητα, η προσαρμοστικότητα, η ικανότητα φυτρώματος, η πρωιμότητα. Ακόμη σημαντικό ρόλο έχει η καρποφορία αλλά και η ποιότητα της ίνας.

Οι ποικιλίες διαχωρίζονται με βάση κάποια χαρακτηριστικά. Αναλυτικότερα οι κατηγορίες οι οποίες διαμορφώνονται είναι με βάση

1. Τη διακοπή ή όχι της καρποφορίας
2. Τον τρόπο καρποφορίας και τον τύπο διακλαδώσεων
3. Την πρωιμότητα
4. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (μήκος ίνας και λεπτότητα ίνας) (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

2.2.5. Καλλιεργούμενες ποικιλίες στην Ελλάδα

Η απόδοση αλλά και η ποιότητα του βαμβακιού στις ελληνικές καλλιέργειες είναι άμεσα εξαρτημένες από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες. Έτσι από την αρχή της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα ήταν φανερό πως οι ποικιλίες του εξωτερικού δεν μπορούσαν να προσαρμοστούν και να έχουν τις ανάλογες αποδόσεις. Ένα γεγονός το οποίο οφειλόταν στις κλιματολογικές συνθήκες, αφού οι ποικιλίες αυτές προοριζόταν για πιο ευνοϊκά κλίματα.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την έναρξη προσπαθειών για δημιουργία νέων ελληνικών ποικιλιών. Οι πιο διαδεδομένες ελληνικές ποικιλίες στη χώρα μας έχουν δημιουργηθεί από το Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών και είναι οι 4S, Σίνδος 80, Ζέτα-2, Ζέτα-5 και Σάμος.

4S : Είναι μία πρώιμη ποικιλία η οποία από το 1966-1980 ήταν από τις κύριες επιλογές των παραγωγών για τις καλλιέργειες τους. Παρουσίαζε έντονη ευαισθησία στις αδρομυκώσεις. Αυτό είχε ως συνέπεια η καλλιέργεια της 4S να αρχίσει να εκλείπει.

Σίνδος 80 : Η εμφάνισή της έγινε μετά την 4S και είναι πιο πρώιμη. Είναι ευπαθής στην αδρομύκωση και στην έλλειψη νερού.

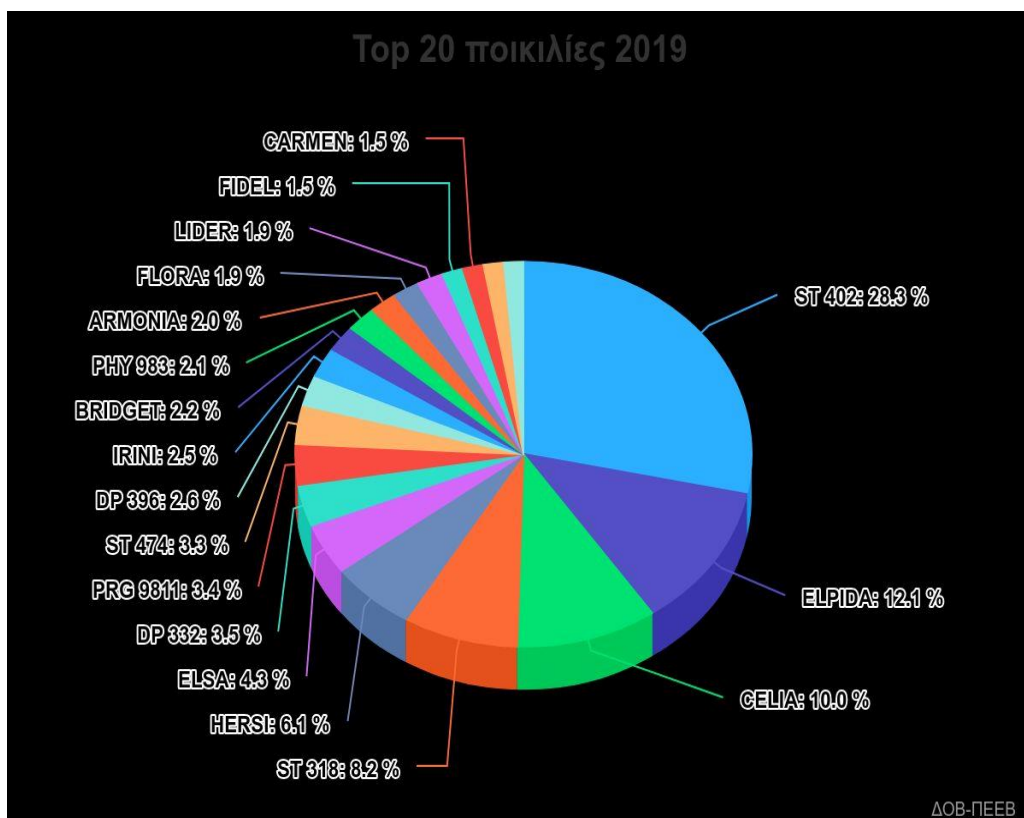
Ζέτα 2 : Είναι μεσοπρώιμη ποικιλία με μεγάλες αποδόσεις, ανθεκτική στην αδρομύκωση και στην ξηρασία.

Ζέτα 5 : Είναι πρώιμη ποικιλία με μεγάλες αποδόσεις, ανθεκτική στην ξηρασία.

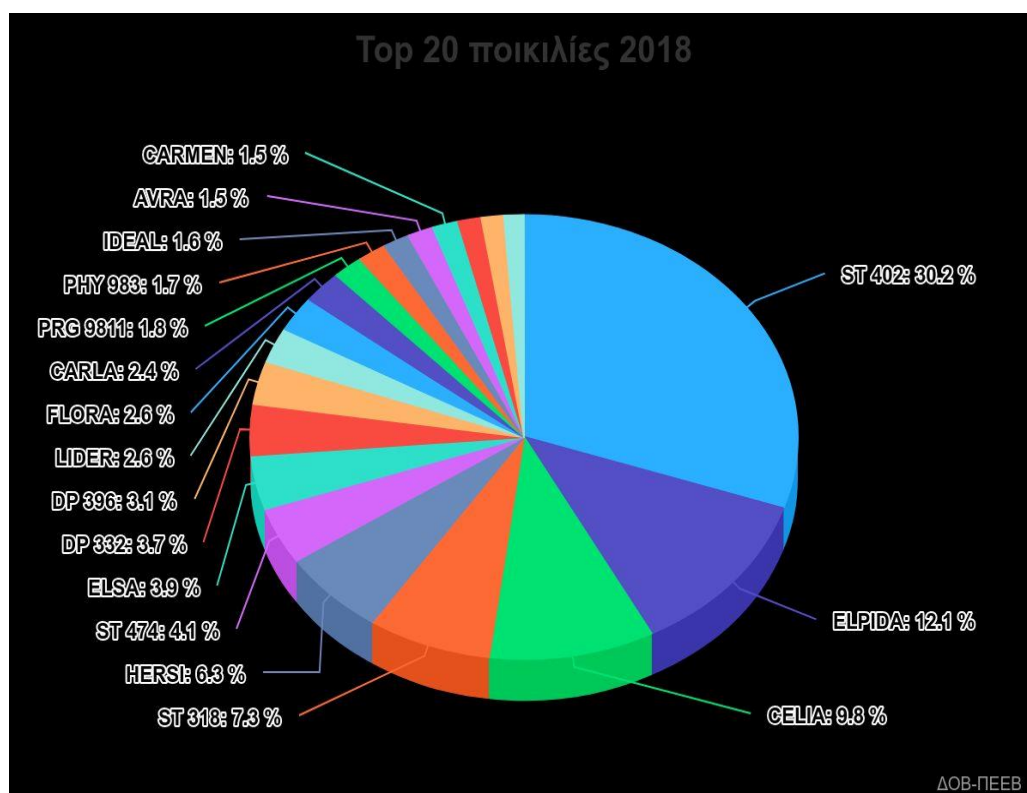
Σάμος : Καλλιεργείται μόνο σε κάποιες περιοχές της Μακεδονίας. Είναι υπερπρώιμη ποικιλία, με πολύ καλές αποδόσεις, ενώ δεν αντέχει την ξηρασία και την αδρομύκωση (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

2.2.6. Ξένες ποικιλίες

Παρακάτω παρουσιάζονται οι 20 δημοφιλέστερες ξένες ποικιλίες, για τις χρονιές 2018 και 2019, οι οποίες πλέον, στις μέρες μας, έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στις ελληνικές βαμβακοκαλλιέργειες (Διεπαγγελματική Οργάνωση Βάμβακος, 2019).



Εικόνα 2.5: Διεπαγγελματική οργάνωση βάμβακος, 2019



Εικόνα 2.6: Διεπαγγελματική οργάνωση βάμβακος, 2019

2.3. Χαρακτηριστικά βαμβακιού

Όταν αναφερόμαστε στα χαρακτηριστικά του βαμβακιού εννοούμε την απόδοση, την αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες, την πρωιμότητα, το μήκος ίνας, την αντοχή, την ωριμότητα, την λεπτότητα, την ομοιομορφία και τους κόμπους (neps). Οι παραγωγοί στοχεύουν στις μεγάλες αποδόσεις, την αντοχή και την πρωιμότητα. Από την άλλη μεριά οι εκκοκκιστές και τα κλωστήρια στοχεύουν στο επιθυμητό μήκος ίνας, την αντοχή, την ωριμότητα και την λεπτότητα.

Απόδοση : η απόδοση είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο επηρεάζεται τόσο από το περιβάλλον όσο και από τα γενετικά χαρακτηριστικά κάθε ποικιλίας, χωρίς να εξαρτάται μόνο από τα προαναφερθέντα, αλλά από ένα σύνολο χαρακτηριστικών (Μιχαλακόπουλος Αν. Παναγιώτης. (2010).

Αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες: είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο προέρχεται από την εκάστοτε ποικιλία αλλά μπορεί να καθοριστεί και από εξωγενείς παράγοντες, όπως τον άνθρωπο και τις καιρικές συνθήκες. Ο παραγωγός μέσω των ψεκασμών και των κατάλληλων διεργασιών έχει την ικανότητα να προστατεύσει την καλλιέργεια από έντομα ή ασθένειες. Αντίστοιχα, οι καιρικές συνθήκες μπορούν να χαρακτηριστούν ως ευνοϊκές ή όχι για έναν πληθυσμό εντόμων ή μία ασθένεια (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Πρωιμότητα: επηρεάζεται και από τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον αλλά κατά κύριο λόγο είναι ένα γενετικό χαρακτηριστικό κάθε ποικιλίας. Τα οφέλη της πρώιμης συλλογής είναι αρκετά, όπως η αποφυγή προσβολής από έντομα και ασθένειες αλλά και η εξασφάλιση καλύτερων καιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια της συγκομιδής (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

Μήκος ίνας: ένα χαρακτηριστικό διαφορετικό για κάθε ποικιλία, το οποίο δεν παύει να εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και την μέθοδο εκκόκκισης. Η ίνα μετράται μέσω του HVI και του μηχανήματος fibrograph (Πλιάτσικας Δ. Ιωάννης, 2019).

Αντοχή ίνας: με βάση την αντοχή της ίνας γίνεται και η επεξεργασία της μιας και όσο μεγαλύτερη αντοχή παρουσιάζει η ίνα τόσο πιο ανθεκτική είναι στην έντονη κατεργασία για τον καθαρισμό και την απομάκρυνση ξένων υλών. Η αντοχή των ινών ελέγχεται με δύο τρόπους, την μέθοδο της μονής ίνας και την μέθοδο της δέσμης των ινών. Το πλήθος των ινών που πρέπει να ελεγχθεί είναι τεράστιος, έτσι για πιο ασφαλή αποτελέσματα επιλέγεται η μέθοδος της δέσμης ινών (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

Ωριμότητα: εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες, π.χ. κατάλληλη υγρασία και θερμοκρασία. Οι κατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος βοηθούν

στην ανάπτυξη του δευτερογενούς κυτταρικού τοιχώματος (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

Λεπτότητα: σε αντίθεση με την ωριμότητα της ίνας, η λεπτότητα δεν εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, αλλά μόνο από το γενετικό υλικό. Η λεπτότητα μπορεί να οριστεί από τις μετρήσεις που γίνονται στις διαστάσεις της ίνας και στην περίμετρό της και έχει ως μονάδα μέτρησης το μm (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

Ομοιομορφία: αναφέρεται στην ομοιομορφία του μήκους, της διαμέτρου και του πάχους μιας καλλιέργειας βαμβακιού. Η ομοιομορφία καθορίζεται τόσο από το γενετικό υλικό όσο και από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες. Η ανομοιομορφία στο μήκος των ινών επηρεάζει τα σπασίματα, το χνούδιασμα και αυξάνει τις απώλειες κατά την κλώση (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

Κόμποι (neps): Τα neps είναι κόμποι οι οποίοι δημιουργούνται από τις ίνες του βαμβακιού. Οι λόγοι δημιουργίας αυτών των κόμπων είναι πολλοί, όπως οι μεγάλες τιμές υγρασίας, τα γενετικά χαρακτηριστικά κάθε ποικιλίας αλλά και η ωριμότητα της ίνας (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.4. Στάδια ανάπτυξης βαμβακόφυτου

Ο βιολογικός κύκλος του βαμβακόφυτου εξαρτάται από το γενετικό υλικό της εκάστοτε ποικιλίας, τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες αλλά και από τις καλλιεργητικές τεχνικές που θα εφαρμοστούν. Κατά κύριο λόγο η ανάπτυξη διαρκεί 140-200 ημέρες (Διεπαγγελματική Οργάνωση Βάμβακος ΔΟΒ, 2021).

Το σύνολο αυτών των ημερών χωρίζεται σε πέντε στάδια ανάπτυξης :

1. Φύτρωμα
2. Πρώτη ανάπτυξη
3. Έναρξη άνθισης
4. Έναρξη καρποφορίας
5. Ανάπτυξη και ωρίμανση καρπών

Πιο αναλυτικά το στάδιο του **φυτρώματος** θα ξεκινήσει όταν το νερό εισχωρήσει στον σπόρο και αυτός ενεργοποιηθεί. Έπειτα η υποκοτύλη με την κλίση την οποία θα έχει πάρει, εξέρχεται από το έδαφος. Η συγκεκριμένη διαδικασία κάτω από ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες αλλά και με την κατάλληλη ποιότητα του σπόρου θα διαρκέσει 4 έως 6 ημέρες. Στη συνέχεια το φυτό για τις επόμενες 35 – 40 ημέρες θα βρίσκεται στο στάδιο της **πρώτης**

ανάπτυξης. Στο στάδιο αυτό παρατηρούμε ανάπτυξη της ρίζας και εμφάνιση των πρώτων πραγματικών φύλλων. Έως το τέλος του σταδίου αυτού θα έχει ολοκληρωθεί ο σχηματισμός των φύλλων. Πιο συγκεκριμένα μέχρι την πέμπτη εβδομάδα, μετά τη σπορά, το φυτό έχει διαμορφώσει, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, τη φυτοστοιβάδα του. Ακολουθεί η **αναπαραγωγική φάση** του φυτού. Κατά την πέμπτη εβδομάδα μετά τη σπορά εμφανίζονται τα χτένια και μετά από είκοσι ημέρες εμφανίζονται και τα άνθη. Τα τελευταία έχουν σπειροειδή διάταξη επάνω στο φυτό και η άνθησή τους ξεκινά από τους χαμηλότερους κλάδους και κοντά στον άξονα του φυτού και στη συνέχεια απομακρύνονται. Τέλος, υπάρχει και το στάδιο της **ωρίμανσης** κατά το οποίο το καρύδι ωριμάζει και εν τέλει ανοίγει. Η περίοδος από την άνθηση μέχρι το άνοιγμα του καρυδιού διαρκεί 50-70 ημέρες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.4.1. Ανθόρροια και καρπόρροια

Ανθόρροια και καρπόρροια είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το φυτό χάνει κάποιο αριθμό καρυδιών και ανθέων. Κατά κύριο λόγο οφείλεται στην κάμψη και τη επερχόμενη γήρανση του φυτού. Επιπλέον το φαινόμενο αυτό συμβαίνει προς το τέλος της ανθοφορίας, κατ' επέκταση συμβάλουν και οι καιρικές συνθήκες. Το φυτό ρίχνει περίπου τα 2/3 των ανθέων. Πιο συγκεκριμένα η πτώση τους μπορεί να προκληθεί από έντομα όπως πράσινο σκουλήκι, από χαμηλές θερμοκρασίες, υψηλή εδαφική υγρασία, αλλά και καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζονται από τον παραγωγό όπως πυκνή σπορά του βαμβακιού ή ελλιπής λίπανση. Η απώλεια καρυδιών γίνεται όταν αυτά είναι 3- 10 ημερών, καρύδια μεγαλύτερα από 10 ημέρες θα υποστούν ζημία μόνο από ισχυρούς παράγοντες όπως χημικές ουσίες (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

2.5. Προετοιμασία του αγρού

Στην καλλιέργεια του βαμβακιού η κατεργασία του εδάφους έχει μεγάλη σημασία. Η κατάλληλη υφή, δομή και σύσταση αυτού είναι ικανά να καθορίσουν τόσο την στρεμματική απόδοση αλλά και την ποιότητα του βαμβακιού. Το έδαφος του αγρού πρέπει να χαρακτηρίζεται από ικανοποιητικά ποσοστά εδαφικής υγρασίας και να έχουμε καταστρέψει τους σβόλους (Λάλλα Ν., Μπάρδας Χ., 2011).

2.5.1. Διαχείριση φυτικών υπολειμμάτων

Κατά την προετοιμασία του αγρού για την εγκατάσταση καλλιέργειας βαμβακιού αλλά και διαφορετικών καλλιεργειών είναι απαραίτητη η καταστροφή των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας.

Η διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων ποικίλει και εξαρτάται από την προηγούμενη καλλιέργεια. Παρά τους διάφορους τρόπους, κοινός σκοπός όλων είναι η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων ώστε να εμπλουτιστεί το έδαφος. Πιο συγκεκριμένα αν πρόκειται για υπολείμματα ενός χειμερινού σιτηρού ή ψυχανθούς τότε πραγματοποιούμε ενσωμάτωση με φθινοπωρινό όργωμα. Αν η προηγούμενη καλλιέργεια είναι βαμβάκι ή καλαμπόκι τότε πριν την ενσωμάτωση πραγματοποιούμε στελεχοκοπή, η οποία βοηθάει στην καλύτερη ενσωμάτωση και αποσύνθεση. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με στελεχοκόπτη, ενώ σε συγκεκριμένες περιπτώσεις κατά τις οποίες οι φυσικοί εχθροί αναπαράγονται και προστατεύονται στα φυτικά υπολείμματα, συνίσταται το κάψιμο αυτών (Ευθυμιάδης Συμ. Παντελής, 2009).

2.5.2. Κατεργασία εδάφους

Όργωμα : Το όργωμα μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διάφορες χρονικές περιόδους και είναι εξίσου σημαντικό και αποτελεσματικό για το έδαφος και εν συνεχεία για την καλλιέργεια η οποία θα εγκατασταθεί. Η χρονική περίοδος εκτέλεσης αυτής της μηχανικής κατεργασίας εξαρτάται από παράγοντες όπως η υγρασία του εδάφους, οι καιρικές συνθήκες αλλά και η προηγούμενη καλλιέργεια. Ως επί το πλείστον το όργωμα εκτελείται είτε την άνοιξη είτε το φθινόπωρο και εξαρτάται από την προηγούμενη καλλιέργεια.

Συγκεκριμένα ένα ανοιξιάτικο όργωμα θα πραγματοποιηθεί όταν στον αγρό καλλιεργούνταν κάποιο χειμερινό σιτηρό και αποσκοπεί στην καταστροφή των πολυετών ζιζανίων.

Αντιθέτως, κατά την διάρκεια του φθινοπώρου πραγματοποιείται το όργωμα μετά τη συγκομιδή μιας ανοιξιάτικης ή καλοκαιρινής καλλιέργειας (π.χ. βαμβάκι). Η υγρασία του φθινοπώρου, οι βροχοπτώσεις και η ενσωμάτωση (παράχωμα) των φυτικών υπολειμμάτων καθιστούν αυτή την εποχή την ιδανικότερη για την εκτέλεση οργώματος.

Παρόλα αυτά πολύ συχνά οι γεωργοί επιλέγουν το χειμωνιάτικο ή το ανοιξιάτικο όργωμα, εποχές εκτέλεσης οι οποίες χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής μιας και υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού σκληρού εδαφικού ορίζοντα και απώλεια της εδαφικής υγρασίας.

Βάθος οργώματος :

- Καλοκαιρινό όργωμα : 25cm

- Φθινοπωρινό όργωμα : 20 – 30 cm
- Ανοιξιάτικο όργωμα : 20 cm (Μπαρτζουλιάνος Κ., 2006).

Υπεδαφοκαλλιέργεια : Πραγματοποιείται κάθε 3 έως 4 χρόνια σε εδάφη τα οποία, λόγω επαναλαμβανόμενων όργωμάτων στο ίδιο βάθος, έχουν δημιουργήσει έναν σκληρό αδιαπέραστο ορίζοντα. Χρησιμοποιούνται ειδικά μηχανήματα τα οποία σχίζουν το έδαφος σε βάθος από 50 έως 80 εκ. Αποτελεσματικότερη είναι η εφαρμογή τους σε βαριά συνεκτικά εδάφη και όχι σε αμμώδη (Μπαρτζουλιάνος Κ., 2006).

Προετοιμασία σποράς : Κύριος στόχος του γεωργού είναι η προετοιμασία του αγροτεμαχίου με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες υγρασίας. Οι εργασίες που εκτελούνται είναι η καταστροφή των εαρινών ζιζανίων, η καταστροφή των σβόλων και το ψιλοχωμάτισμα, τον αερισμό του εδάφους και την ενσωμάτωση των ζιζανιοκτόνων και των λιπασμάτων.

Χρησιμοποιούνται μηχανήματα όπως καλλιεργητής προετοιμασίας και σβάρνα. Με την χρήση κυλίνδρων επιτυγχάνεται η αύξηση της υγρασίας του επιφανειακού εδάφους και καθιστά πιο εύκολο το φύτευμα των σπόρων.

Ισοπέδωση : Πρόκειται για μία από τις σημαντικότερες προσπαρτικές εργασίες στον αγρό, καθώς συμβάλλει σημαντικά στην εύκολη πραγματοποίηση των εργασιών κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, στην άρδευση αλλά και στο στάδιο της συγκομιδής.

Καταστροφή ζιζανίων : Καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα και εφόσον είναι εφικτό, γίνονται καλλιεργητικές επεμβάσεις με καλλιεργητές ή δισκοσβάρνες, για την καταστροφή των ζιζανίων.

Αποστράγγιση : Συμβάλλει αποτελεσματικά σε αγροτεμάχια τα οποία νεροκρατούν.

2.5.3. Αμειψισπορά

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονα η συστηματική μονοκαλλιέργεια του βαμβακιού, γεγονός το οποίο είναι ικανό να αλλάξει τη δομή και τη σύσταση του εδάφους. Αντιθέτως, η εφαρμογή αμειψισποράς συμβάλλει στην συντήρηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, στην καταπολέμηση των ζιζανίων και των φυσικών εχθρών αλλά και στη αύξηση του συγκομισμένου προϊόντος.

Η αμειψισπορά αντιμετωπίζει προβλήματα που παρουσιάζονται στο έδαφος, λόγω της συνεχούς κατεργασίας. Πιο συγκεκριμένα η πραγματοποίηση καλλιεργητικών τεχνικών στο ίδιος βάθος κάνει τα εδάφη συμπαγή και αδιαπέραστα. Απόρροια της μονοκαλλιέργειας είναι και η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Επιπλέον, είναι συχνή η ανάκτηση

ανθεκτικότητας των ζιζανίων, όταν η καλλιέργεια δεν εναλλάσσεται. Ως παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εναλλαγή της καλλιέργειας του βαμβακιού με κάποια άλλη η οποία έχει λιγότερες απαιτήσεις άρδευσης. Με τον τρόπο αυτό τα υδρόφιλα ζιζάνια (γλυστρίδα, κολλητισίδα) των βαμβακοκαλλιεργειών μειώνονται στις ξηρικές καλλιέργειες (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

Τα συστήματα αμειψισποράς βαμβακιού τα οποία εφαρμόζονται στην Ελλάδα είναι η εναλλαγή βαμβακιού με σιτάρι, 2-3 χρόνια βαμβάκι και ένας χρόνος σιτηρά. Αντιμετωπίζονται πολυετή ζιζάνια, ζιζάνια απαιτητικά σε υγρασία αλλά και αδρομυκώσεις. Το σύστημα εναλλαγής με καλλιέργεια ψυχανθούς αυξάνει τα ποσοστά αζώτου στο έδαφος. Συχνή είναι και η εφαρμογή συστήματος αμειψισποράς με καλλιέργειες όπως καλαμπόκι ή καπνό (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.6 Σπορά

Ένας από τους σημαντικότερους συντελεστές απόδοσης της παραγωγής, είναι η σπορά της καλλιέργειας. Κατά τη διάρκεια της σποράς ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει και να επηρεάσει την εξέλιξη της καλλιέργειας. Η σωστή επιλογή της ποικιλίας, του σπόρου, της εποχής αλλά και του τρόπου σποράς, καθορίζουν την απόδοση της καλλιέργειας.

2.6.1. Εποχή σποράς

Κατά τη σπορά της συγκεκριμένης καλλιέργειας οι τιμές θερμοκρασίας του εδάφους χρειάζεται να είναι υψηλότερες των 15°C και όχι μικρότερες των 12°C. Η εδαφική υγρασία πρέπει να είναι σε σχετικά υψηλά επίπεδα, αλλά όχι υπερβολική.

Όπως μπορεί να καταλάβει κάποιος η κατάλληλη ημερομηνία σποράς καθορίζεται από τους παραπάνω συντελεστές. Παρόλα αυτά οι κλιματικές συνθήκες αλλάζουν ανά περιοχή. Κατ' επέκταση διαφοροποιείται και η εποχή σποράς σε κάθε περιοχή. Στην Ελλάδα τα χρονικά περιθώρια για τη σπορά της καλλιέργειας είναι περιορισμένα, μεταξύ Απριλίου και Μαΐου (Ρουσάκης, 2002).

Το ιδανικότερο και αυτό που επιθυμούν οι περισσότεροι παραγωγοί είναι η όσο το δυνατόν πιο πρόωπη σπορά (Υφούλη, 1998). Όταν οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν την σπορά όσο το δυνατόν νωρίτερα τότε επιτυγχάνεται : η αύξηση της βλαστικής περιόδου του φυτού, η πλήρης ωρίμανση του, καλύτερη απορρόφηση εδαφικής υγρασίας και λίπανσης, αποφυγή προσβολής από έντομα και τέλος πραγματοποιείται εύκολη και πρόωπη συγκομιδή

και αποφύλλωση. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί πως η πρόωμη σπορά χρήζει προσοχής, μιας και υπάρχουν πιθανότητες ο σπόρος να μην φυτρώσει ή ακόμη και να σαπίσει. Σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και χαμηλών θερμοκρασιών ο σπόρος προσβάλλεται από έντομα και μύκητες και επέρχεται η σήψη. Επιπλέον, ακόμη και αν ο σπόρος καταφέρει να βλαστήσει υπό αυτές τις συνθήκες, το φυτό δύσκολα θα καταφέρει να επιβιώσει, αφού είναι ευάλωτο σε ασθένειες. Το πρόβλημα αυτό έχει επιλυθεί με την απολύμανση του σπόρου και τη δημιουργία ανθεκτικότητας αυτού σε μυκητολογικές προσβολές, ασθένειες και έντομα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.6.2. Τρόποι σποράς

➤ Συμβατικός τρόπος σποράς

Κατά τον παραδοσιακό τρόπο γίνεται σπορά σε επίπεδο εδάφους (Ρουσάκης, 2002). Χρησιμοποιούνται μηχανές γραμμικής σποράς οι οποίες τοποθετούν τον σπόρο στις επιθυμητές αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αλλά και επί αυτών και στο κατάλληλο βάθος εντός του εδάφους (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).



Εικόνα 2.7: Μηχανή γραμμικής σποράς

Πηγή: Πλήτσος, 2014

➤ Σπορά σε αναχώματα

Ο συγκεκριμένος τρόπος εφαρμόζεται σε μικρές και συγκεκριμένες εκτάσεις στον ελλαδικό χώρο. Απαιτείται ειδικός στόλος μηχανημάτων για τον σχηματισμό των αναχωμάτων. Κατά κύριο λόγο επιλέγεται σε εδάφη τα οποία είναι βαριάς σύστασης και δε στραγγίζουν εύκολα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Πλεονεκτήματα :

1. Ταχύτερο φύτευμα
2. Δεν σαπίζει ο σπόρος
3. Πρόωμη παραγωγή (Λάλλα Ν. , Μπάρδας Χ., 2011).

➤ **Σπορά σε δίδυμες γραμμές**

Μια ακόμη μέθοδος με κάποια πλεονεκτήματα, αλλά χωρίς διευρυμένη εφαρμογή. Η αύξηση της απόδοσης κατά 5 – 20 % και η πρωίμιση της καλλιέργειας δεν στάθηκαν ικανά ώστε να εδραιωθεί η συγκεκριμένη τεχνική σποράς. Αντιθέτως τα μειονεκτήματα υπερίσχυσαν, αφού οι αρδευτικές απαιτήσεις ήταν μεγαλύτερες, τα ζιζάνια έβρισκαν ευνοϊκές συνθήκες βλάστησης εντός των δίδυμων γραμμών και τέλος ήταν απαραίτητος ο ειδικός στόλος μηχανημάτων σποράς (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

➤ **Υπό κάλυψη**

Πραγματοποιείται κάλυψη των γραμμών σποράς με διαφανή φύλλα πολυαιθυλενίου, τα οποία έχουν μικρές οπές στο κέντρο. Αυτό γίνεται σε σπορές πρώιμου σταδίου, ώστε να αποφευχθεί κάποια καταστροφή της καλλιέργειας από χαμηλές θερμοκρασίες, έντονες βροχοπτώσεις και σηψιρριζίες.

Με την μέθοδο αυτή καταφέρνουμε να αναπτυχθούν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις συνηθισμένες, πρώιμη σπορά από 20 – 30 ημέρες (από μέσα έως τέλος Μαρτίου), ευνοϊκές συνθήκες συγκομιδής. Δυσκολίες όπως το κόστος του πολυαιθυλενίου, μεταβολές της δράσης ορισμένων ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων, ευνοϊκές συνθήκες για έντομα και ζιζάνια εμφανίζονται συχνά και είναι οι κύριοι ανασταλτικοί παράγοντες εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνικής σποράς (Λάλλα Ν. , Μπάρδας Χ., 2011).

Η σπορά γίνεται με πνευματικές σπαρτικές μηχανές και την ίδια στιγμή εφαρμόζεται κοκκώδης εντομοκτόνο, ψεκασμός ζιζανιοκτόνου αλλά και κάλυψη της γραμμής με φύλλο πολυαιθυλενίου, το οποίο παραμένει στο έδαφος και απομακρύνεται στα μέσα Μαΐου. Αφού το φυτό έχει φυτρώσει και πριν οι κοτυληδόνες του αγγίξουν το φύλλο πολυαιθυλενίου, είναι απαραίτητο να τρυπηθεί (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002). Επιπλέον να σημειωθεί πως κατά την αφαίρεση του πλαστικού φύλλου πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή, αφού μία κακομεταχείριση μπορεί να προκαλέσει φθορές στο φυτό (Αυγουλας et al).

Σύμφωνα με τον Portero F.M. η κάλυψη της γραμμής σποράς παρουσιάζει πλεονεκτήματα, ως προς τις υπόλοιπες τεχνικές, μόνο σε περιπτώσεις στις οποίες δεν επιτρέπεται η συγκομιδή έως το τέλος του φθινοπώρου λόγω καιρικών συνθηκών. Συγκεκριμένα, καλλιέργεια υπό κάλυψη κα καλλιέργεια χωρίς κάλυψη είχαν παρόμοιες στρεμματικές αποδόσεις, και στις τρεις συγκομιδές που πραγματοποιήθηκαν για κάθε μήνα του φθινοπώρου αντίστοιχα. Μία τρίτη καλλιέργεια με κανονική εποχή σποράς (μέσα Απριλίου) παρουσιάζει μειωμένη απόδοση μόνο στη συγκομιδή του Σεπτεμβρίου, λόγω του

όψιμου χρόνου ωρίμανσης σε σύγκριση με τις προηγούμενες δύο (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.6.3. Βάθος σποράς

Το βάθος σποράς είναι ικανό να διαμορφώσει την φυτρωτική εξέλιξη του φυτού. Για την σωστή επιλογή του βάθους σποράς πρέπει να ληφθούν υπόψη στοιχεία όπως η σύσταση του εδάφους, την εποχή σποράς, την υγρασία και την θερμοκρασία του εδάφους αλλά και το γεγονός ότι αρκετοί γεωργοί επιλέγουν αποχνοωμένο σπόρο (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

Σε εδάφη αμμώδη τα οποία δεν συγκρατούν εύκολα την υγρασία το κατάλληλο βάθος σποράς κυμαίνεται μεταξύ 5-7 εκ. Σε αμμοπηλώδη εδάφη τα οποία συγκρατούν υγρασία το βάθος σποράς δεν χρειάζεται να είναι μεγάλο, αντιθέτως αρκεί η σπορά σε 3-4 εκ. Επιπλέον, αν ληφθεί υπόψη η εποχή τότε σε πρώιμες καλλιέργειες το βάθος δεν ξεπερνά τα 3-4 εκ. και τα 1-2 εκ αντίστοιχα. Σε σπορά η οποία έχει καθυστερήσει τότε επιτρέπεται το βάθος να είναι μεγαλύτερο (Λάλλα Ν. , Μπάρδας Χ., 2011).

Τέλος, στην περίπτωση όπου ο σπόρος είναι αποχνοωμένος το βάθος σποράς πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο και πιο κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ., 2010).

2.6.4. Αποστάσεις σποράς

2.6.4.1 Συμβατική σπορά – αποστάσεις

Στη συμβατική τεχνική σποράς οι αποστάσεις οι οποίες έχουν επικρατήσει στον ελλαδικό χώρο είναι 96 εκ. λόγω των βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναγνωριστεί τα πλεονεκτήματα σποράς σε αποστάσεις 50 – 75 εκ. , τα οποία είναι η μείωση της ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος μεταξύ των γραμμών και η εδαφοκάλυψη αυτού (Galanopoulou-Sendouka et al 1980). Η ποσότητα του σπόρου ανά στρέμμα και κατ' επέκταση η απόσταση των φυτών μεταξύ τους επί της γραμμής εξαρτάται από την ποικιλία. Κατά κύριο λόγο οι ποσότητες κυμαίνονται από 2 -3 kg/ στρέμμα.

Ενδεικτικά ο πληθυσμός των φυτών σε ένα μέτρο επί της γραμμής σποράς για κάποιες ελληνικές ποικιλίες είναι 18 – 22 φυτά / μέτρο για τη Σίνδο80, 8 – 12 για τις Ζετα 2 και Ζετα 5 (Ρουσάκης, 2002).

Οι ίδιες αποστάσεις εφαρμόζονται σε σπορά με αναχώματα και υπό κάλυψη.

2.6.4.2. Σπορά σε δίδυμες γραμμές

Οι αποστάσεις ανάμεσα σε δύο δίδυμες γραμμές ξεκινούν από 15 εκ. και φτάνουν έως 20 εκ. Η απόσταση που υπάρχει μεταξύ των δίδυμων γραμμών ξεκινάει από 96 εκ. έως και 1 μέτρο (Ρουσάκης, 2002).

2.6.5. Επανασπορά

Όταν λόγω υψηλών τιμών θερμοκρασίας ή υγρασίας, μεγάλου βάθους σποράς, προσβολή της καλλιέργειας από έντομα και ασθένειες, προκύψουν απώλειες φυτών μεγαλύτερες του 50 – 60 % τότε γίνεται επανασπορά. Ο παραγωγός επεμβαίνει για δεύτερη φορά στο χωράφι και σπέρνει ξανά τα σημεία εκείνα τα οποία παρουσιάζουν απώλειες. Η επανασπορά πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο έγκυρα και νωρίς, έτσι ώστε να αποφευχθεί μία όψιμη καλλιέργεια. Η σπορά γίνεται επάνω ή πλαγίως των αρχικών γραμμών σποράς (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.7. Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του βαμβακόφυτου

2.7.1. Θερμοκρασία

Οι απαιτήσεις του φυτού σε επίπεδο θερμοκρασίας είναι αυξημένες τόσο σε διάρκεια ημερών όσο και στις θερμοκρασιακές τιμές. Κατά τη διάρκεια φυτρώματος του σπόρου έχει μεγάλη σημασία η εδαφική θερμοκρασία η οποία κατά μέσο όρο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 15 – 35°C. Οι συγκεκριμένες θερμοκρασίες επιδρούν στα φυτά της καλλιέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης τους. Η ιδανικότερη θερμοκρασία για τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του βαμβακόφυτου είναι 32 – 34°C. Εν συνεχεία, θερμοκρασίες αέρα αναφέρονται μόνο σε αναπτυγμένα φυτά. Πιο συγκεκριμένα, θερμοκρασία της τάξεως των 16 - 17 °C δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη επίδραση στην ανάπτυξη, ενώ θα δημιουργηθούν προβλήματα με θερμοκρασίες άνω των 38 °C, όταν αυτές διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Παραδείγματος χάριν, υπάρχει αύξηση της εκατοστιαίας αναλογίας ινών, αύξηση της αντοχής, τη μείωση του βάρους του σπόρου και της περιεκτικότητας σε λάδι, αλλά και την αύξηση της πρωτεΐνης (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.7.2. Υγρασία

Οι υγρασιακές απαιτήσεις του βαμβακιού, σε περιπτώσεις με απουσία άρδευσης, μπορούν να καλυφθούν μόνο αν η ετήσια βροχόπτωση φτάνει τουλάχιστον 500mm, από τα οποία 200mm πέφτουν την περίοδο της καρποφορίας. Παρόλα αυτά, πλέον είναι ελάχιστοι οι παραγωγοί οι οποίοι θα περιοριστούν στην “φυσική” άρδευση της καλλιέργειας. Κατά κανόνα η καλλιέργεια είναι αρδευόμενη (τα τελευταία χρόνια το 95% των καλλιεργειών στη χώρα μας), μιας και ο παραγωγός είναι ικανός να ελέγξει ευκολότερα την εδαφική υγρασία.

Καθώς ο σπόρος πρόκειται να φυτρώσει, αν η υγρασία βρίσκεται κάτω από το σημείο μαράνσεως, τότε αυτός δεν φυτρώνει. Στη συνέχεια, με την αύξηση των φυτικών ιστών αυξάνονται και οι απαιτήσεις σε νερό. Στο στάδιο ωρίμανσης των καρυδιών, και σε συνθήκες ξηρασίας, η εκατοστιαία αναλογία ίνας μειώνεται και το νήμα υποβαθμίζεται ποιοτικά.

Ωστόσο, σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας ο βαμβακόσπορος όταν βρίσκεται στο στάδιο του φυτρώματος μπορεί να νεκρωθεί από ασφυξία. Όταν το φυτό βρεθεί σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας, σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, τότε εμποδίζεται η ανάπτυξη ριζικού συστήματος στο σωστό βάθος, παρουσιάζεται αδυναμία απορρόφησης εδαφικής υγρασίας, με αποτέλεσμα, σε βάθος χρόνου, να υπάρχει ευαισθησία στην ξηρασία.

Κλείνοντας, σε περιπτώσεις ξηρικών καλλιεργειών οι αποδόσεις θα είναι σημαντικά μειωμένες. Οι ποσότητες νερού των βροχοπτώσεων κάθε χρονιάς διαφέρουν, με αποτέλεσμα πολλές φορές ο βροχερός καιρός του φθινοπώρου να δυσχεραίνει την συγκομιδή, και μία πιθανή ξηρασία αρχές του καλοκαιριού να εμποδίζουν την ανάπτυξή του (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.7.3. Φως

Το φυτό του βαμβακιού χρειάζεται ηλιοφάνεια στο μεγαλύτερο τμήμα της περιόδου ανάπτυξής του. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χώρας μας, το οποίο έχει και τον πρωταρχικότερο ρόλο στην ανάπτυξη του φυτού είναι η συνεχής και επαρκής ηλιοφάνεια, η οποία επικρατεί σε όλα τα στάδια της καλλιέργειας.

Αντίθετα, σε μεγάλες χρονικές περιόδους ανεπάρκειας ηλιοφάνειας, τα φυτά παραμένουν κοντά και καχεκτικά. Ακόμη μεγαλύτερη είναι η επίδραση ελλιπούς φωτισμού στις πυκνές φυτείες, με αποτέλεσμα να επιμηκύνονται υπέρμετρα τα χαμηλότερα μεσογονάτια διαστήματα, να ελαττώνεται ο αριθμός των βλαστοφόρων κλάδων στους

κατώτερους κόμβους, να σχηματίζεται ο πρώτος καρποφόρος κλάδος σε υψηλότερο κόμβο και να καθιλώνεται η αύξηση των συμποδίων (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.7.4. Θρεπτικά στοιχεία

Η καλλιέργεια του βαμβακιού δεν σημειώνει υψηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, παρά μόνο στο στάδιο της ανθοφορίας κατά το οποίο αυτές αυξάνονται.

Εκτός των μακροστοιχείων , άζωτο (N), φώσφορο (P) και κάλιο (K), εξίσου απαραίτητα για την ανάπτυξη και την καρποφορία είναι και τα ιχνοστοιχεία, μαγνήσιο (Mg), ψευδάργυρος (Zn), σίδηρος (Fe), χαλκός (Cu) (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.7.5. Πληθυσμός φυτών

Ως πληθυσμός φυτών αναφέρεται ο αριθμός των βαμβακόφυτων στο στρέμμα. Όταν υπάρχουν πολλά φυτά ανά στρέμμα τότε τα φυτά είναι ψιλότερα, εξαιτίας των μεγάλων μεσογονάτιων διαστημάτων. Κατά κύριο λόγο τα καρύδια αυτών των φυτών είναι μικρά, παρόλα αυτά σε αρκετές περιπτώσεις η παραγωγή είναι το ίδιο αυξημένη, μιας και τα καρύδια είναι μικρότερα αλλά περισσότερα σε αριθμό (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.8. Λίπανση

Η λίπανση όπως σε όλες τις καλλιέργειες, έτσι και στο βαμβάκι αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες που ενισχύουν σε μεγάλο βαθμό τις αποδόσεις της καλλιέργειας. Οι δόσεις λιπάσματος και η εφαρμογή αυτών πρέπει να είναι στοχευμένες. Αυτό καθορίζεται από τη σύσταση του εδάφους, το είδος του λιπάσματος, την καλλιεργούμενη ποικιλία βαμβακιού και τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής.

Κάτι το οποίο είναι χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης καλλιέργειας είναι η ικανότητά της, μετά την συγκομιδή, να μην εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά στοιχεία τα οποία έχει καταναλώσει κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Αυτό είναι αποτέλεσμα της κατανομής των θρεπτικών στοιχείων στο φυτό. Η πλειονότητα αυτών απορροφώνται κατά κύριο λόγο από τα βλαστικά και καρπόφυλλα τμήματα. Αντίθετα από το βαμβάκι συγκομίζονται οι ίνες και ο σπόρος (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.8.1. Κυριότερα θρεπτικά στοιχεία

Τα βασικότερα θρεπτικά στοιχεία για την καλλιέργεια του βαμβακιού είναι : N, P, K, ενώ εξίσου ωφέλιμα είναι τα μακροστοιχεία Ca, S, Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, B, Mn, Zn (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Το σύνολο αυτών των στοιχείων χωρίζεται σε δύο κατηγορίες , σύμφωνα με την επίδρασή τους στον δείκτη καρποφορίας. Τα στοιχεία P, K, Ca, Mg, B, Zn συμβάλλουν στην ομαλή και πλούσια καρποφορία του φυτού, ενώ τα στοιχεία N, S, Mo, Mn επηρεάζουν και την καρποφορία και την βλαστική ανάπτυξη (Benedict 1984).

2.8.2. Η σημασία των βασικότερων στοιχείων (N, P, K)

Αζωτο :

Συμβάλλει στην παραγωγή συμποδίων, ανθέων και καρυδιών, αυξάνει το βάρος του καρυδιού και υπάρχει μεγαλύτερη βλαστική ικανότητα. Μία πρόωμη καλλιέργεια, με ικανοποιητική ποσότητα νερού και μεγάλη βλαστική περίοδο έχει αυξημένες ανάγκες σε μονάδες αζώτου, σε αντίθεση με μία ξηρική καλλιέργεια στην οποία θα εφαρμοστούν συντηρητικές ποσότητες αζωτούχου λιπάσματος. Το εύρος των ποσοτήτων των δόσεων κυμαίνεται από 9 έως 16 μονάδες/στρέμμα (Σιάνου, 2007).

Με περίσσεια αζώτου :

- Ανεπιθύμητη βλαστική ανάπτυξη
- Ευπάθεια σε εχθρούς και ασθένειες, λόγω δημιουργίας υδαρών ιστών
- Όψιμη παραγωγή
- Αποκοπή καρποφόρων οργάνων
- Μειωμένη παραγωγή (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Με έλλειψη αζώτου :

- Μείωση βλαστική ανάπτυξης
- Μείωση καρποφορίας
- Καχεκτική ανάπτυξη φυτών
- Πρασινοκίτρινο χρώμα στα παλιά φύλλα
- Πρόωμη ωρίμανση καρυδιών
- Πρόωμο σταμάτημα παραγωγής καρυδιών (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Φώσφορο :

Έχει άμεση δράση στην αύξηση των αποδόσεων, ευνοείται η σωστή και πλήρης ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και η παραγωγή εμφανίζει σημαντική πρωίμιση. Μία πιθανή κατάσταση έλλειψης φωσφόρου εκδηλώνεται με σκουροπράσινη απόχρωση στα

φύλλα, νανισμό των φυτών και οψίμιση της καρποφορίας και της ωρίμανσης. Άξιο λόγου είναι η σημαντικότητα της σχέσης φωσφόρου και αζώτου, μιας και η δράση του φωσφόρου αυξάνεται όταν υπάρχει λίπανση με υψηλή δόση αζώτου (Σιάνου, 2007).

Κάλιο :

Το κάλιο, όπως και τα προηγούμενα βασικά θρεπτικά στοιχεία, προσφέρει αύξηση της φυλλικής επιφάνειας, των αποδόσεων αλλά και του μήκους, της αντοχής και της ομοιομορφίας των ινών. Ακόμη προάγει την φωτοσύνθεση και μειώνει την διαπνοή, εξισορροπεί την οψιμότητα που προκαλείται από περίσσεια αζώτου και την πρωιμότητα που προκαλείται από περίσσεια φωσφόρου, ενώ τέλος προσφέρει ανθεκτικότητα στην αδρομύκωση

Με έλλειψη καλίου :

- Κιτρινοπράσινα φύλλα
- Κίτρινες κηλίδες στα φύλλα
- Περιφερειακές νεκρώσεις
- Πρόωρη πτώση φύλλων
- Μικρά καρύδια που δεν ανοίγουν (Σιάνου, 2007).

2.8.3. Υπόλοιπα μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία

Ασβέστιο

Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης το ασβέστιο αυξάνει την ζωηρότητα των φυταρίων και προφυλάσσει από ασθένειες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002). Κατά την ωρίμανση παραμένει στα φύλλα, κάποια ποσότητα μεταφέρεται στα καρύδια και από εκεί ξαναγυρίζει στο έδαφος. Τέλος το ασβέστιο βοηθάει στην πρόσληψη φωσφόρου και αυξάνει το pH του εδάφους (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

Θείο

Όπως και το ασβέστιο έτσι και το θείο σπάνια παρουσιάζουν έλλειψη. Παρόλα αυτά κάποια συμπτώματα έλλειψης είναι το κιτρίνισμα των φύλλων στην κορυφή, μικρή ανάπτυξη και λίγα καρύδια (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Μαγνήσιο

Σημαντική πληροφορία είναι πως το μαγνήσιο είναι συστατικό της χλωροφύλλης, ενώ πολλές φορές η καλιούχος λίπανση προκαλεί τροφопενία μαγνησίου.

Συμπτώματα έλλειψης μαγνησίου

- Μεσονεύρια χλώρωση

- Ερυθροκυανό χρώμα στα φύλλα
- Πρόωρη φυλλόπτωση (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Βόριο

Κρίνεται απαραίτητο προκειμένου να σχηματιστούν τα καρύδια του βαμβακιού, ενώ εμφανίζονται ελλείψεις όταν υπάρχει ανθρακικό ασβέστιο και τα εδάφη έχουν $pH > 8$ (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Συμπτώματα έλλειψης βορίου

- Νανισμός στα φυτά
- Νέκρωση οφθαλμών
- Πτώση χτενιών
- Μικρά άνθη με ατελές άνοιγμα
- Μικρά καρύδια
- Συνεστραμμένη κορυφή (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.8.4 Πρόσληψη και κατανομή των θρεπτικών στοιχείων

Το φυτό ξεκινά να προλαμβάνει και να απορρόφα θρεπτικά στοιχεία μετά το στάδιο της άνθησης. Κατά το στάδιο στο οποίο τα καρύδια γεμίζουν η απορρόφηση αυτή αυξάνεται.

Τα καρπόφυλλα είναι αυτά τα οποία συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου και φωσφόρου τις τρεις πρώτες εβδομάδες ανάπτυξης. Γενικότερα, ο σπόρος είναι αυτός ο οποίος συγκεντρώνει τις μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου, αφού φτάνει έως και 90%.

Το κάλιο συγκεντρώνεται στα καρπόφυλλα σταδιακά. Οι ίνες απορροφούν μεγάλες ποσότητες στοιχείων, παρόλα αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει το κάλιο. Αυτό δικαιολογεί και την ραγδαία μείωση καλίου από τα φύλλα, μιας και το κάλιο μεταφέρεται από τα φύλλα στις ίνες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Παρόλο τις μεγάλες απαιτήσεις του βαμβακιού σε θρεπτικά στοιχεία και την απορρόφησή τους, οι ποσότητες οι οποίες απομακρύνονται από το έδαφος είναι μικρές. Αυτό οφείλεται στις μικρές ποσότητες θρεπτικών τις οποίες συγκεντρώνουν η ίνα και ο σπόρος, τα οποία είναι και που απομακρύνονται. Τα βλαστικά τμήματα έχουν πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία και ενσωματώνονται στο έδαφος, μετά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Πιο συγκεκριμένα, για μία στρεμματική απόδοση 100 kg απομακρύνονται με το σύσπορο βαμβάκι οι εξής ποσότητες θρεπτικών σε kg/στρέμμα : 8 kg/στρέμμα N, 4 kg/στρέμμα P_2O_5 , 3 kg/στρέμμα K_2O , 0,4 kg/στρέμμα Ca και 0,9 kg/στρέμμα Mg. Αντιθέτως έχουν προσληφθεί συνολικά από τα φυτά οι ακόλουθες

ποσότητες : 19 kg/στρέμμα N, 8 kg/στρέμμα P₂O₅, 15 kg/στρέμμα K₂O, 15 kg/στρέμμα Ca, 4 kg/στρέμμα Mg (Smith 1995; Fageria et al, 1991).

2.8.5. Συνιστώμενη λίπανση

Οι απαιτούμενες λιπαντικές μονάδες που απαιτούνται από την καλλιέργεια του βαμβακιού είναι 10-18 μονάδες αζώτου (N), 6-8 μονάδες φωσφόρου (P) και 6-8 μονάδες καλίου (K) όταν παρουσιάζεται έλλειψη από το έδαφος, συνήθως ανά δύο χρόνια (Σετάτου 1995β).

Η εφαρμογή των λιπασμάτων χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, βάση του χρόνου εφαρμογής. Η βασική λίπανση γίνεται λίγο πριν την σπορά ενώ η επιφανειακή πραγματοποιείται λίγο πριν εμφανιστούν τα άνθη και τα χτένια (Μπιλάλης, 2019).

Στη βασική λίπανση εφαρμόζονται λιπάσματα προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε άζωτο και φώσφορο. Για παράδειγμα χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα φωσφορική αμμωνία (20-20-0) ή θεικό κάλιο (0-0-50), από 30-40 kg/στρέμμα και 6-12 kg/στρέμμα αντίστοιχα. Εν συνεχεία στην επιφανειακή λίπανση χρησιμοποιούνται λιπάσματα όπως θεική (21-0-0) ή νιτρική (33,5-0-0) αμμωνία, από 15-30 kg/ στρέμμα (Σιάνου, 2007).

2.8.6. Χρόνος και τρόπος εφαρμογής της λίπανσης

Η εφαρμογή των λιπασμάτων γίνεται με βάση κάποια κριτήρια, τα οποία καθορίζουν το πότε, όπως: κλίμα, χαρακτηριστικά εδάφους, μορφή και κόστος λιπασμάτων. Πιο συγκεκριμένα, σχετικά με την εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος λαμβάνουμε ως άμεσο κριτήριο το μήκος της βλαστικής περιόδου. Για παράδειγμα σε βόρειες περιοχές όπως η Κομοτηνή ή η κεντρική Μακεδονία πραγματοποιείται βασική λίπανση αποκλειστικά ή το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου σε βασική λίπανση σε συνδυασμό με μικρή ποσότητα ως επιφανειακή, αντίστοιχα σε κάθε περιοχή. Από την άλλη πλευρά, σε περιοχές της Θεσσαλίας, όπου υπάρχει μεγάλη βλαστική περίοδος, πραγματοποιούνται μία βασική λίπανση και δύο επιφανειακές λιπάνσεις. Εν συνεχεία να σημειωθεί ότι ολόκληρες οι ποσότητες φωσφόρου και καλίου συνίσταται να εφαρμόζονται σε μορφή βασικής λίπανσης (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Βασική Λίπανση

Με τον συγκεκριμένο τρόπο λίπανσης χορηγούμε το λίπασμα σε όλη την επιφάνεια του εδάφους και το ενσωματώνουμε στη συνέχεια, ή γραμμικά μέσω σπαρτικής μηχανής η οποία

διαθέτει λιπασματοδιανομέα. Η βασική λίπανση με αζωτούχο λίπασμα πραγματοποιείται πριν τη σπορά ή συγχρόνως με αυτή (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Επιφανειακή Λίπανση

Οι συνήθεις τρόποι εφαρμογή επιφανειακών λιπασμάτων είναι διάσπαρτα στον αγρό, γραμμικά ή και διαλυμένα στο νερό της άρδευσης (υδρολίπανση). Στην πλειονότητα των περιπτώσεων επιφανειακής λίπανσης, αυτή εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης. Σε μία πιο συγκεκριμένη περίπτωση, όταν πραγματοποιείται σε δύο δόσεις, προτιμάται η πρώτη δόση μετά το αραίωμα και η δεύτερη κατά τη διάρκεια εμφάνισης χτενιών.

Εν κατακλείδι, θα πρέπει να αναφερθεί και ο τρόπος εφαρμογής των μακροστοιχείων, τα οποία προτιμάται να χορηγούνται μέσω βασικής λίπανσης στην καλλιέργεια του βαμβακιού (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.9. Αντιμετώπιση ζιζανίων

Η εμφάνιση των ζιζανίων είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα και πιο κοινά προβλήματα όλων των καλλιεργειών. Ανταγωνίζονται τα φυτά της καλλιέργειας για φως, νερό και θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Χαρακτηριστικά πρέπει να αναφερθεί το παράδειγμα ενός αγρωστώδους ζιζανίου ανά 6 m επί της γραμμής, το οποίο είναι ικανό να μειώσει την ποιότητα του βαμβακιού κατά ένα βαθμό (Chandler 1984). Αντιθέτως, για να μείνει ανεπηρέαστη η απόδοση της καλλιέργειας, θα πρέπει να μην υπάρξει προσβολή από ζιζάνια τους πρώτους δύο μήνες μετά τη σπορά, τουλάχιστον (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.9.1. Τρόποι αντιμετώπισης ζιζανίων

Προληπτικά μέτρα

Κάποια προληπτικά μέτρα είναι τα εξής: αμειψισπορά, καταστροφή των ζιζανίων πριν την σπορά, βελτίωση της στράγγισης του εδάφους, άροση σε μεγάλος βάθος το καλοκαίρι για αντιμετώπιση των πολυετών ζιζανίων (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Βοτάνισμα

Μία επικουρική λύση για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, η οποία λόγω έλλειψης εργατών δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Αφορά στην αντιμετώπιση και καταστροφή των ζιζανίων τα οποία βρίσκονται επί της γραμμής σποράς (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Μηχανικά μέσα

Περιλαμβάνονται εργασίες προετοιμασίας των αγρών, όπως το όργωμα, η δισκοσβάρνα και ο καλλιεργητής, πριν από τη σπορά και το φύτευμα. Στη συνέχεια και αφού έχει φυτρώσει η καλλιέργεια χρησιμοποιούνται μηχανήματα τα οποία καταστρέφουν τα ζιζάνια που βρίσκονται ανάμεσα στις γραμμές φύτευσης (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Ζιζανιοκτόνα

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος και η πιο εξελιγμένη είναι η χημική καταπολέμηση των ζιζανίων, με σκευάσματα τα οποία ονομάζονται ζιζανιοκτόνα. Η δράση και η αποτελεσματικότητα αυτών εξαρτάται από παράγοντες όπως το είδος και ο πληθυσμός των ζιζανίων, οι κλιματικές συνθήκες αλλά και η εφαρμοζόμενη δόση. Για παράδειγμα σε μία εφαρμογή ζιζανιοκτόνου με μεγαλύτερη δόση από την συνιστώμενη, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να χαθεί η εκλεκτικότητα του ζιζανιοκτόνου και να προκληθούν σημαντικές ζημιές στην καλλιέργεια.

Η χημική ζιζανιοκτονία μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερις κατηγορίες σύμφωνα με την χρονική εφαρμογή αυτής. Συγκεκριμένα διακρίνεται σε προσπαρτική, προφυτωτική, μεταφυτωτική και συνδυασμένη.

Πιο συγκεκριμένα προσπαρτικά είναι τα ζιζανιοκτόνα τα οποία εφαρμόζονται πριν την σπορά και η αποτελεσματικότητά τους δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η σταθερή αποτελεσματικότητα αυτών των ζιζανιοκτόνων. Τα προφυτωτικά ζιζανιοκτόνα εφαρμόζονται λίγο πριν φυτρώσει η καλλιέργεια, ενώ σε αντίθεση με τα προσπαρτικά δεν ενσωματώνονται στο έδαφος. Τα ζιζάνια αυτής της κατηγορίας ευνοούνται από την υγρασία τόσο στο κλίμα όσο και στο έδαφος. Εξαιτίας αυτού μπορεί η αποτελεσματικότητα του ζιζανιοκτόνου να διαφέρει σε κάθε καλλιεργητική χρονιά. Εν συνεχεία τα ζιζανιοκτόνα τα οποία εφαρμόζονται μετά το φύτευμα της καλλιέργειας καταπολεμούν αποκλειστικά αγρωστώδη ζιζάνια, τόσο ετήσια όσο και πολυετή. Κατά κύριο λόγο τα μεταφυτωτικά ζιζανιοκτόνα εφαρμόζονται όταν τα φυτά του βαμβακιού βρίσκονται σε ύψος 10 – 15 cm. Τέλος, κατά τη συνδυασμένη ζιζανιοκτονία γίνονται εφαρμογές ζιζανιοκτόνων προσπαρτικά και μεταφυτωτικά. Για παράδειγμα, κατά την καταπολέμηση δυσεξόντων ζιζανίων γίνονται εφαρμογές μη εκλεκτικών σκευασμάτων πριν τη σπορά και κάποιοι μεταφυτωτικοί ψεκασμοί εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.10. Εχθροί και ασθένειες του βαμβακιού

Οι εχθροί του βαμβακιού, οι οποίοι προκαλούν και σημαντικές ζημιές στην καλλιέργεια, είναι λίγοι και πιο συγκεκριμένα είναι κάποια έντομα και ελάχιστοι μύκητες. Κατ' επέκταση, μέσω μιας συστηματικής παρακολούθησης και καταπολέμησης μπορούν να αντιμετωπιστούν και να προστατευτεί η καλλιέργεια (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.10.1. Έντομα και ζωικά παράσιτα βαμβακιού

Σιδηροσκώληκες

Οι επιπτώσεις παρατηρούνται ως απί το πλείστον την άνοιξη ή τέλος καλοκαιριού. Οι σιδηροσκώληκες αρχικά τρυπούν τον σπόρο, τον καταστρέφουν και στη συνέχεια προκαλούν ζημιές στα νεαρά βαμβακόφυτα, όπως δαγκώματα και ουλές κοντά στον λαιμό. Οι ζημιές αυτές προκαλούνται από το έντομο όταν βρίσκεται στο στάδιο της προνύμφης, ενώ εντονότερη είναι η δράση τους σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών και υψηλών επιπέδων υγρασίας εδάφους. Αντιμετωπίζονται με οργώματα νωρίς το φθινόπωρο ή κάποια σκαλίσματα του εδάφους την άνοιξη, αλλά και με χημική καταπολέμηση και εφαρμογή εντομοκτόνων (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Θρίπας

Ο θρίπας, ένα έντομο 1 – 2 mm, κίτρινου ή καφέ χρώματος, προσβάλλει τις κοτυληδόνες, τα φύλλα, τους οφθαλμούς, και τα άνθη του βαμβακόφυτου. Το έντομο αυτό ευνοείται από ξερικές συνθήκες και αντιμετωπίζεται με βαθύ όργωμα, άρδευση και εντομοκτόνα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Αφίδες

Οι αφίδες εμφανίζονται με χρώματα όπως κίτρινο, πράσινο ή μαύρο και βρίσκονται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Από αυτή τη θέση, τα έντομα της αφίδας, μυζούν χυμούς από το φυτό, εκκρίνουν μελίτωμα και είναι ικανά να μεταφέρουν στο βαμβάκι ιούς. Προσβάλλουν συνήθως μέσα – τέλος Μαΐου και τέλος Ιουνίου έως τέλος Ιουλίου. Οι αφίδες έχουν πολλούς φυσικούς εχθρούς, οι οποίοι λειτουργούν ως μέσο καταπολέμησης αλλά αντιμετωπίζονται και με εντομοκτόνα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Αλευρώδης

Εμφανίζεται στην κάτω επιφάνεια του φύλλου. Δεν σημειώνονται μεγάλης έκτασης ζημιές στην καλλιέργεια, παρόλα αυτά εκκρίνει κολλώδες μελίτωμα, το οποίο υποβαθμίζει την ποιότητα του σύσπορου βαμβακιού (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Πράσινο σκουλήκι

Το έντομο αυτό διαχειμάζει στο έδαφος ως νύμφη και παρουσιάζει τρεις γενιές, από τις οποίες η δεύτερη (τέλος Ιουλίου έως τέλος Αυγούστου) είναι και η πιο επικίνδυνη. Το πράσινο σκουλήκι, όταν βρίσκεται στο στάδιο της προνύμφης προσβάλλει και τρώει τα φύλλα μέχρι να εμφανιστούν τα χτένια και τα άνθη του βαμβακιού. Όταν το έντομο μεγαλώσει προσβάλλει τα καρύδια. Αυτά στη συνέχεια πέφτουν αν έχουν μικρό μέγεθος, ενώ αν είναι μεγαλύτερα σαπίζουν λόγω των προσβολών που δέχονται από μύκητες.

Το πράσινο σκουλήκι έχει αρκετούς φυσικούς εχθρούς, παρόλα αυτά η αντιμετώπισή τους με χημικά μέσα και εντομοκτόνα έχει καταστεί αναγκαία (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Ρόδινο σκουλήκι

Το έντομο αυτό έχει τρεις έως τέσσερις γενιές. Η πιο επικίνδυνη θεωρείται αυτή του Αυγούστου. Το ρόδινο σκουλήκι διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα σε σπόρους ή καρύδια, μέσα ή έξω από το έδαφος. Οι ζημιές και τα συμπτώματα του συγκεκριμένου εντόμου δύσκολα γίνονται αντιληπτοί. Η προνύμφη προσβάλλει τα καρύδια και τα χτένια, εισέρχεται στο καρύδι ανοίγοντας μία μικρή ουλή, η οποία κλείνει πολύ σύντομα. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην γίνεται εύκολα αντιληπτό από τον άνθρωπο με γυμνό μάτι. Σε πολλές περιοχές με καλλιέργεια βαμβακιού, το ρόδινο σκουλήκι, θεωρείται από τους σημαντικότερους εχθρούς. Μετά την προσβολή των βαμβακόφυτων και αφού τα καρύδια ανοίξουν, τότε είναι εμφανή η ζημιά που έχει προκαλέσει. Οι σπόροι εσωτερικά έχουν καταστραφεί, ενώ η ίνα του βαμβακιού είναι χαμηλής ποιότητας.



Εικόνα 2.8: Προσβολή καρυδιού από ρόδινο σκουλήκι

Πηγή: Naik, 2023

Οι βασικότεροι τρόποι καταπολέμησης είναι τα καλλιεργητικά μέτρα, τα εντομοκτόνα και οι φερομόνες. Επιπρόσθετα, συνιστάται και η πρωίμιση της καλλιέργειας, ώστε να αποφεύγονται οι προσβολές από τις τελευταίες γενιές του εντόμου, και τις πιο επικίνδυνες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Ακάρεα

Τα είδη των ακάρεων τα οποία προσβάλλουν το βαμβάκι ανήκουν στην οικογένεια Tetranychidea. Τα ακάρεα αυτής της οικογένειας βρίσκονται στο κάτω μέρος των φύλλων του φυτού και δημιουργούν ιστό, παρόμοιο με αυτόν της αράχνης. Το ξηρό και ζεστό κλίμα έχει ευνοϊκές επιδράσεις σε αυτά. Έχουν περισσότερες από 15 γενιές, ενώ διαχειμιάζουν ως αυγό ή ακμαίο θηλυκό πάνω σε ζιζάνια ή σε ασφαλή μέρη. Οι αρχικές προσβολές γίνονται ξεκινώντας από τις άκρες των αγρών και στην συνέχεια εξαπλώνονται στην καλλιέργεια.

Πριν την σπορά συστήνεται καταστροφή της βλάστησης και των ζιζανίων περιμετρικά του αγρού ενώ επιπλέον εφαρμόζεται χημική καταπολέμηση στο σημείο όπου ξεκινά η προσβολή (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.10.2 Ασθένειες

Μυκητολογικές :

Τήξεις φυταρίων και σηψιρριζίες

Τα φυτά του βαμβακιού κινδυνεύουν να από μυκητολογικές ασθένειες την περίοδο μετά την σπορά έως και το φύτρωμα. Οι μύκητες ευνοούνται από χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλά επίπεδα υγρασίας. Προκαλούν ζημιές στον σπόρο, τις ρίζες και το βλαστό. Πολλές φορές προκαλούν νέκρωση και σήψη των ριζών, ως αποτέλεσμα να πραγματοποιείται επανασπορά.

Πραγματοποιείται σπορά σε αναχώματα, σκάλισμα για τον αερισμό του εδάφους αλλά και απολύμανση του σπόρου ώστε να αντιμετωπιστούν και να αποφευχθούν, αντίστοιχα, οι επιπτώσεις και η εμφάνιση αυτών των ασθενειών (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Αδρομύκωση

Ο μύκητας *Verticillium dahliae* ζει στο έδαφος και μολύνει τα φυτά από το ριζικό σύστημα. Τα υψηλά επίπεδα υγρασίας και οι χαμηλές συνθήκες ευνοούν τον μύκητα, ενώ διατηρείται στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα συμπτώματα αυτού στα φυτά είναι ωχρές κίτρινες κηλίδες, οι οποίες στη συνέχεια εξελίσσονται σε καστανές και μαραίνονται. Όταν η προσβολή γίνει σε πρώιμο στάδιο της καλλιέργειας, τότε προκαλείται νέκρωση των

φυτών, ενώ στις όψιμες καλλιέργειες σημειώνεται αποφύλλωση των βαμβακόφυτων και πρόωμο άνοιγμα των καρυδιών.

Η καλλιέργεια ανθεκτικών φυτών στον μύκητα, όπως χειμερινά σιτηρά και καλαμπόκι, η στελεχοκοπή και η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας και η σπορά την κατάλληλη εποχή είναι ικανά να περιορίσουν την προσβολή του μύκητα στα φυτά του βαμβακιού (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Αλτερνάρια

Μία ασθένεια η οποία δεν σημειώνει επιπτώσεις μεγάλες σε έκταση. Παρόλα αυτά σε ιδιαίτερες χρονιές, οι οποίες ευνοούν την αλτερνάρια καταγράφονται μεγάλες προσβολές. Ο μύκητας ευνοείται από χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ είναι σημαντικό να τηρείται το πρόγραμμα των αρδεύσεων.

Σημειώνονται προσβολές του μύκητα στα φύλλα, στα στελέχη, τα καρύδια αλλά και τις ίνες. Τα συμπτώματα που θα παρατηρήσει κάποιος είναι μικρές στρόγγυλες ερυθροκαστανές κηλίδες στα φύλλα. Αυτές οι κηλίδες στη συνέχεια μετρέπονται σε τρύπες επάνω στα φύλλα, με αποτέλεσμα αυτά πολλές φορές να πέφτουν. Επιπλέον πτώσεις σημειώνονται και στα καρύδια των φυτών.

Κατά κύριο λόγο τα καλλιεργητικά μέτρα, η στελεχοκοπή και η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, βοηθούν σημαντικά στην αντιμετώπιση της ασθένειας (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Βακτηριολογικές :

Βακτηρίωση (*Xanthomonas campestris* pv)

Το βακτήριο προσβάλλει όλα τα μέρη του φυτού και διαχειμάζει στα φυτικά υπολείμματα. Ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (30°C) και υψηλή σχετική υγρασία. Η μόλυνση ξεκινά από το σπόρο ο οποίος μολύνει τις κοτυληδόνες και στη συνέχεια τα φύλλα και ο βλαστός.

Τα συμπτώματα της βακτηρίωσης εμφανίζονται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων του βαμβακιού, όπου σχηματίζονται υδατώδεις, γωνιώδεις κηλίδες. Στη συνέχεια το βακτήριο προσβάλλει τα καρύδια. Οι αρχικές επιφανειακές κηλίδες που εμφανίζονται στα καρύδια προχωρούν και στο εσωτερικό αυτών, με συνέπεια οι ίνες του βαμβακιού να σαπίζουν.

Ως τρόπος αντιμετώπισης ορίζεται η καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών, τα καλλιεργητικά μέτρα και χρήση σπόρου από μη προσβεβλημένες καλλιέργειες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.11. Άρδευση

2.11.1. Αρδευτικές ανάγκες

Η σωστή άρδευση της καλλιέργειας του βαμβακιού, τόσο σε ποσότητα όσο και σε συχνότητα και προγραμματισμό, είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες, οι οποίοι εξασφαλίζουν την ποσοτική και ποιοτική απόδοση της καλλιέργειας.

Εντούτοις οι εδαφοκλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού, η εφαρμοζόμενη καλλιεργητική τεχνική, η ποικιλία του βαμβακιού αλλά και το στάδιο ανάπτυξης, καθορίζουν την ποσότητα και την συχνότητα των αρδεύσεων. Για παράδειγμα σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδας, όπου υπάρχει περιορισμένη περίοδος ανάπτυξης, πραγματοποιούνται λιγότερες αρδεύσεις.

Εν συνεχεία, το στάδιο ανάπτυξης του βαμβακιού καθορίζει τον προγραμματισμό των αρδεύσεων. Πιο συγκεκριμένα, οι ανάγκες της καλλιέργειας ανέρχονται σε 600 – 800 mm νερού. Από αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλώνεται την περίοδο της άνθησης, ενώ κατά την βλαστική περίοδο, μέχρι να εμφανιστούν τα χτένια, ικανοποιούν τις αρδευτικές ανάγκες τους μέσω της εδαφικής υγρασίας (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.11.2. Προγραμματισμός αρδεύσεων

Προάρδευση

Αναφέρεται στην άρδευση η οποία γίνεται τέλους του χειμώνα – αρχές της άνοιξης και πριν την προετοιμασία του αγρού για σπορά, σε περιπτώσεις όπου το έδαφος λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων το χειμώνα, δεν καθίσταται ιδανικό για την σπορά της καλλιέργειας του βαμβακιού (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Άρδευση υποβοήθησης φυτρώματος

Πραγματοποιείται πριν την σπορά, όταν έχει προκληθεί ξήρανση του εδάφους και έχει σχηματιστεί κρούστα στην επιφάνειά του. Σε εδάφη που δεν έχει σχηματιστεί κρούστα αλλά η προετοιμασία του εδάφους έχει καθυστερήσει και πραγματοποιείται όψιμη σπορά, τότε η άρδευση εκτελείται μετά τη σπορά (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Άρδευση ανάπτυξης

Αποτελεί την πρώτη άρδευση και είναι πολύ σημαντική. Πραγματοποιείται από την έναρξη του φυτρώματος μέχρι την εμφάνιση των πρώτων ανθέων. Πραγματοποιείται με σκοπό την διατήρηση του κανονικού ρυθμού ανάπτυξης και της υγρασίας του εδάφους. Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε αρδεύσεις εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της εκάστοτε

περιοχής. Η αλόγιστη και καταχρηστική άρδευση έχουν ως αποτέλεσμα την όψιμη παραγωγή και υπερβολική και ανεπιθύμητη βλαστική ανάπτυξη (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Άρδευση ανθοφορίας – καρποφορίας

Κατά την περίοδο της ανθοφορίας μέχρι και το άνοιγμα των πρώτων καρυδιών το φυτό του βαμβακιού διανύει την σημαντικότερη φάση, μιας και βρίσκεται σε έντονη παραγωγική δραστηριότητα. Παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία αλλά και νερό. Ως αποτέλεσμα αυτών, κρίνεται απαραίτητο να πραγματοποιηθούν αρδεύσεις και να αναπληρωθούν οι αρδεύσεις που έχουν παραληφθεί στις προηγούμενες περιόδους (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

Άρδευση ωρίμανσης καρυδιών

Υπάρχει αισθητή μείωση ανάγκης της καλλιέργειας σε νερό, εξαιρουμένων περιπτώσεων όπου επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες. Τις περισσότερες φορές, σε ξηροθερμικές συνθήκες, χρειάζεται μια ποσότητα 30 – 40 m³ /στρ. νερού. Η υπερβολική δόση άρδευσης προκαλεί ωψίμιση της καλλιέργειας (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

2.11.3. Μέθοδοι άρδευσης

Οι μέθοδοι άρδευσης είναι ο καταιονισμός, η επιφανειακή άρδευση με αυλάκια ή κατάκλυση και η άρδευση με σταγόνες. Όμως παρά τους πολλούς τρόπους άρδευσης, αυτός ο οποίος θα επιλεγεί από τους παραγωγούς ανά περιοχές εξαρτάται από τα αρδευτικά έργα που υπάρχουν στην περιοχή και τη διαθέσιμη ποσότητα νερού, το ανάγλυφο και το σχήμα του αγρού, τη μηχανική σύσταση του εδάφους αλλά και τα μέσα που έχει ο παραγωγός στη διάθεση του (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2002).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΕ ΕΛΑΦΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ

3.1. Κλιματικές απαιτήσεις

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή βαμβακιού. Οι χαμηλές και οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξή του. Για την κανονική ανάπτυξη, το βαμβάκι απαιτεί μέση ελάχιστη θερμοκρασία 12-15 °C και μέση μέγιστη θερμοκρασία 20-30 °C. Επιπλέον, η ανάπτυξη των βλαστικών κλαδιών σε κάθε φυτό είναι ενισχυμένη σε θερμοκρασίες που προάγουν το σχηματισμό περισσότερων κλαδιών. Η απόδοση του βαμβακιού αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 έως 32 °C, αλλά μετά από αυτό το όριο παρατηρείται απότομη πτώση της απόδοσης, κυρίως όταν η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 31 °C, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη μικροκαρπία και μήκος ινών (Rehman & Farooq, 2020).

Η θερμική καταπόνηση έχει επίσης αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη και αναπαραγωγή του βαμβακιού, καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες περιορίζουν την παραγωγή υδατανθράκων, επηρεάζουν αρνητικά την αποβολή των βολβών, προκαλούν παραμόρφωση και μειώνουν το μέγεθος των βολβών, με τελική συνέπεια την κακή απόδοση. Αυτές οι συνθήκες επηρεάζουν την αναπαραγωγική ανάπτυξη μέσω της μείωσης της ωρίμανσης του γυρεοσωλήνα (Rehman & Farooq, 2020).

Η υπερθέρμανση σε συνδυασμό με την υφαλμύρωση αναστέλλει την ανάπτυξη της ίνας. Η ταυτόχρονη παρουσία υφαλμύρωσης και αυξημένης θερμοκρασίας μειώνει τη σύνθεση της κυτταρίνης, περιορίζοντας τις ενζυματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με το μεταβολισμό της σακχαρόζης, με προτίμηση στην παραγωγή της διφωσφορικής γλυκόζης ουριδίνης (UDPG) αντί της κυτταρίνης (Rehman & Farooq, 2020).

Το βαμβάκι είναι ευαίσθητο σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, γεγονός που επηρεάζει άμεσα το σχηματισμό ινών στα μεταγενέστερα στάδια ανάπτυξής του. Η δραστηριότητα των ενζύμων αυξάνεται σταθερά κατά την ανάπτυξη των ινών, ενώ οι αλκαλικές και όξινες ιμβερτάσες δείχνουν μείωση. Υψηλές νυκτερινές θερμοκρασίες ευνοούν τη μετατροπή των σακχάρων, αναγκάζοντας όλη τη διαθέσιμη σακχαρόζη να μετατραπεί σε κυτταρίνη (Rehman & Farooq, 2020).

Η επίδραση της χαμηλής νυχτερινής θερμοκρασίας σχετίζεται με τα διαλυτά σάκχαρα και την εναπόθεση κυτταρίνης, καθώς οι θερμοκρασίες κάτω από 22 °C περιορίζουν σημαντικά τη σύνθεση της κυτταρίνης και την ποιότητα και απόδοση των ινών. Η κυτταρίνη αποτελεί περίπου το 90% των ώριμων ινών βαμβακιού, επομένως ο σχηματισμός τους είναι κυρίως αποτέλεσμα της σύνθεσης κυτταρίνης. Σημαντικό είναι ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες επιμηκώνουν την ανάπτυξη της ίνας, μειώνουν την περιεκτικότητα σε κυτταρίνη και αυξάνουν τη μετατροπή της σακχαρόζης (Rehman & Farooq, 2020).

3.2. Εδαφικές απαιτήσεις

Το βαμβάκι μπορεί να καλλιεργηθεί σε μια ποικιλία εδαφών, αλλά τα πιο κατάλληλα είναι αυτά που έχουν μέση μηχανική σύσταση, είναι πλούσια σε οργανική ύλη και διαθέτουν μέση γονιμότητα. Είναι σημαντικό τα εδάφη να είναι αρκετά βαθιά για να επιτρέπουν την ελεύθερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, καθώς το βαμβάκι είναι ένα βαθύριζο φυτό. Πρέπει να αποφεύγονται οι πολύ υγρές και συνεκτικές περιοχές με περιορισμένη αποστράγγιση, καθώς επίσης και τα άγονα, αμμώδη, πολύ όξινα ή αλατούχα εδάφη. Επίσης, τα πολύ γόνιμα εδάφη δεν είναι επιθυμητά, διότι μπορεί να οδηγήσουν σε υπερβολική βλαστική ανάπτυξη εις βάρος της καρποφορίας. Το ιδανικό pH για την καλλιέργεια του βαμβακιού κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 7,5, αν και μπορεί να αναπτυχθεί και σε πιο όξινα εδάφη (pH μέχρι 4,5) (Ραπτοπούλου, 2009).

Σε pH χαμηλότερο από 6, τα θρεπτικά στοιχεία όπως το άζωτο (N), το φώσφορο (P), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg) και το θείο (S) γίνονται λιγότερο διαθέσιμα, ενώ τα στοιχεία όπως ο μαγγάνιο (Mn), ο ψευδάργυρος (Zn), ο σίδηρος (Fe) και ο χαλκός (Cu) γίνονται πιο διαθέσιμα, με τον μαγγάνιο να μπορεί να είναι τοξικός για το φυτό. Τα φυτά βαμβακιού είναι πιο ευαίσθητα στην αλατότητα κατά την περίοδο φύτευσης, εγκατάστασης των νεαρών φυτών και στα αρχικά στάδια ανάπτυξης. Παρά την αντοχή αυτή, δεν πρέπει να ενθαρρύνεται η χρήση νερού άρδευσης με υψηλή αγωγιμότητα, καθώς υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας αλατούχων εδαφών (Ραπτοπούλου, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1. Αποτελέσματα ανασκόπησης

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη στο Xinjiang της Κίνας το 2016 και το 2017 μελετήθηκε η βελτίωση της αποτελεσματικότητας εφαρμογής λίπανσης P με στάγδην άρδευση όσον αφορά στην μορφολογία και την φυσιολογία των ριζών, την μυκορριζική συσχέτιση, αλλά και στην απόδοση της καλλιέργειας. Καλλιεργήθηκαν τρεις ποικιλίες βαμβακιού, η Xinluzao 57, Xinluzao 19 και Xinluzao 13. Το κλίμα στην περιοχή είναι τυπικό ημίξηρο και ξηρό με μέση ετήσια βροχόπτωση περίπου 200mm. Το έδαφος του πειράματος για βάθος 0-30cm ήταν αλκαλικό και ιλυοπηλώδες, πτωχό σε οργανική ουσία, ανόργανο N και αφομοιώσιμο P, ενώ ήταν πλούσιο σε αφομοιώσιμο K με σχετικά μικρή αλατότητα. Χρησιμοποιήθηκαν 5 μεταχειρίσεις λίπανσης P με (0-7.5-15-30-45) kg P₂O₅/στρέμμα (Chen, et al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η βέλτιστη εφαρμογή λίπανσης του P ήταν 7.5 και 15 kg P₂O₅/στρέμμα, η οποία και βελτιώνει την κατανομή του ριζικού συστήματος και της μυκορριζας, προάγει την έκκριση όχι μόνο των πρωτονίων, αλλά και της αλκαλικής φωσφατάσης στη ριζόσφαιρα, με αποτέλεσμα σε αυτές τις μεταχειρίσεις να έχουμε την μεγαλύτερη πρόσληψη P από τα φυτά και την μεγαλύτερη απόδοση της καλλιέργειας. Οι εφαρμογή λίπανσης P με 30 και 45 kg P₂O₅/στρέμμα (περίσσεια), αν και αύξησε την συγκέντρωση του αφομοιώσιμου P στο έδαφος, εντούτοις σταμάτησε την ανάπτυξη των ριζών, την δράση της φωσφατάσης και της μυκορριζας με αποτέλεσμα να μειωθεί η πρόσληψη του P από τα φυτά και η απόδοση της καλλιέργειας. Επιπλέον, αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για να επιτευχθεί μια σχετικά υψηλή απόδοση περίπου 600kg/στρέμμα, η ριζόσφαιρα θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από υψηλή πυκνότητα μήκους ρίζας και μεγάλη πυκνότητα υφών (άρα μυκορριζική συμβίωση), καθώς επίσης και μεγάλη έκκριση πρωτονίων και φωσφατάσης. Τέλος, ανάμεσα στις ποικιλίες που καλλιεργήθηκαν η αποτελεσματικότητα της ποικιλίας Xinluzao 19 ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με την ποικιλία Xinluzao 13. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η βελτίωση των

χαρακτηριστικών της ριζόσφαιρας υπό την βέλτιστη εφαρμογή λίπανσης P βελτιώνει την απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού (Chen, et al., 2024).

Σε ένα άλλο πείραμα θερμοκηπιακής καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη το 2023 στο Mississippi της Αμερικής μελετήθηκαν οι επιδράσεις της παρατεταμένης ξηρασίας και της θερμικής καταπόνησης στα φυσιολογικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού. Μελετήθηκαν 12 διαφορετικές ορεινές ποικιλίες βαμβακιού και 4 μεταχειρίσεις περιβαλλοντικών προκλήσεων: α) με παρατεταμένη ξηρασία, β) με θερμική καταπόνηση, γ) με συνδυασμό παρατεταμένης ξηρασίας και θερμικής καταπόνησης, όλα κατά τα στάδια ανθοφορίας και ανάπτυξης των βολβών και δ) ο έλεγχος με 100% της απαιτούμενης άρδευσης (Bista et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ποικιλίες που μελετήθηκαν εμφάνισαν σημαντική διακύμανση στην ανοχή, με την μεγαλύτερη ανοχή όμως να παρατηρείται στην θερμική καταπόνηση σε σύγκριση με την ξηρασία. Η επίδραση των μεταχειρίσεων στην υγεία των φυτών και στην απόδοση έδειξε την παρακάτω σειρά: θερμική καταπόνηση < ξηρασία < συνδυασμός θερμικής καταπόνησης και ξηρασίας. Η θερμοκρασία των φύλλων αυξήθηκε περισσότερο στον συνδυασμό των καταπονήσεων σε σύγκριση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Η αγρονομική απόδοση του βαμβακιού επηρεάστηκε επίσης σημαντικά από τις συνθήκες στρες, με τις μειώσεις να είναι πιο έντονες σε σπόρους και χνούδι (76% και 71% αντίστοιχα υπό συνδυασμένο στρες). Η θερμική καταπόνηση είχε μικρότερη επίδραση στον αριθμό των βολβών, ενώ η ξηρασία και οι συνδυασμένες καταπονήσεις είχαν σοβαρές επιπτώσεις στον αριθμό των μπουμπουκιών. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι συνθήκες ασυμβατότητας έχουν σημαντική επίδραση στη φυσιολογία και την απόδοση των ποικιλιών βαμβακιού. Η ξηρασία έχει την σημαντικότερη αρνητική επίδραση στη φυσιολογία των φυτών, επηρεάζοντας αρνητικά την απόδοση, τη διαπνοή και άλλα αγρονομικά χαρακτηριστικά, ενώ υπό θερμική καταπόνηση παρατηρήθηκε αύξηση της χλωροφύλλης. Η συνδυασμένη καταπόνηση επηρεάζει επίσης τη διαπνοή και την ικανότητα δέσμευσης ηλιακής ενέργειας. Επιπλέον, μεταξύ των ποικιλιών που μελετήθηκαν η ποικιλία PSC355 αναδείχθηκε ως μια υποσχόμενη ποικιλία που έδειξε την μεγαλύτερη ανεκτικότητα τόσο στην ξηρασία όσο και στη ζέστη. Τέλος, αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν την ανάγκη ανάπτυξης νέων ποικιλιών βαμβακιού προσαρμοσμένες στη συνδυασμένη ανθεκτικότητα του στρες (Bista et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη το 2021 και 2022 στην Νότια περιοχή Xinjiang της Κίνας, μελετήθηκε η προσομοίωση και η πρόβλεψη του μοντέλου καλλιέργειας

του βαμβακιού σε διαφορετικές στρατηγικές άρδευσης. Η περιοχή παρουσιάζει τυπικό εύκρατο ηπειρωτικό ξηρό κλίμα με σημαντικές διακυμάνσεις θερμοκρασίας, χαμηλά επίπεδα υγρασίας, καυτά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 61 mm και η μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 12 °C. Εφαρμόστηκαν 6 διαφορετικές μεταχειρίσεις στάγδην άρδευσης με ποσοστό (80-100)% της πλήρους άρδευσης κατά τα τέσσερα βασικά στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού και μία μεταχείριση με πλήρη άρδευση με αυλάκια. Στην καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία βαμβακιού Xinluzhong. Η υγρασία του εδάφους παρακολουθούνταν συνεχώς μέσω αισθητήρων και η άρδευση ξεκινούσε όταν το επίπεδο υγρασίας έφτανε στο καθορισμένο όριο. Στο πείραμα, εξετάστηκαν οι φυσικές και υδραυλικές παράμετροι του εδάφους για την ανάλυση και τις προσομοιώσεις με το μοντέλο RZWQM2 (Kuang et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η στάγδην άρδευση αποδείχθηκε αποτελεσματική στη βελτίωση της υγρασίας του εδάφους, με θετική επίδραση στην απόδοση και την ποιότητα του βαμβακιού. Αύξησε τον αριθμό μπουμπουκιών ανά φυτό και ενίσχυσε την αναπαραγωγική ανάπτυξη, ενώ η ελλειμματική άρδευση σε διάφορα ποσοστά οδήγησε σε σημαντικά αποτελέσματα στην αποδοτικότητα του νερού. Επιπλέον, η έλλειψη νερού στις πρώτες φάσεις ανάπτυξης επηρέασε αρνητικά τη φωτοσύνθεση και την παραγωγή βιομάζας. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σωστή άρδευση κατά την ανθοφορία και το στάδιο των μπουμπουκιών, μαζί με το 90% της παρακράτησης νερού στο στάδιο βλάστησης, βελτιώνει την απόδοση, την αποδοτικότητα νερού και την ποιότητα. Μετά από βαθμονόμηση, το μοντέλο προσομοίωσε με ακρίβεια την υγρασία του εδάφους, την απόδοση και την εξατμισοδιαπνοή σε σενάρια στάγδην άρδευσης. Παρόλο που τα αποτελέσματα δείχνουν δυνατότητες βελτίωσης της απόδοσης, η άρδευση πάνω ή κάτω από το 80% σε κρίσιμα στάδια μπορεί να μειώσει σημαντικά την παραγωγή (Kuang et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη από το 2018 έως το 2020 στο Anyang της Κίνας, μελετήθηκε η βελτιστοποίηση της διαχείρισης του αζώτου στην απόδοση και στην σταθερότητα της απόδοσης του βαμβακιού. Το κλίμα στην περιοχή είναι τυπικό ημι-υγρό με μέσο ετήσιο ύψος βροχής 554 mm και θερμοκρασία αέρα 14,2 °C. Ενώ, το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στα τρία χρόνια του πειράματος ήταν 569 mm, 392 mm και 318mm, αντίστοιχα. Το έδαφος σύμφωνα με το Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης ταξινομείται ως Inceptisols, ενώ έχει χαμηλό ποσοστό οργανικής ουσίας και αφομοιώσιμου N και υψηλό ποσοστό σε αφομοιώσιμο P και αφομοιώσιμο K, στο επιφανειακό στρώμα βάθους 0-20cm, με την έναρξη του πειράματος. Εφαρμόστηκαν 6 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης, όπως: (0, 6, 12, 18,

24 και 30) kg N/στρέμμα. Επιπλέον, έγινε εφαρμογή 27.3 kg τριπλό υπερφωσφορικό και 23.5 kg θεικού καλίου το στρέμμα σε όλες τις μεταχειρίσεις. Καλλιεργήθηκε η ποικιλία βαμβακιού CCRI79. Σκοπός του πειράματος ήταν να διερευνηθεί η απόδοση του βαμβακιού και η σταθερότητα της απόδοσης σε διαφορετικά επίπεδα εφαρμογής N, καθώς και η εύρεση των βασικών παραγόντων που προκάλεσαν την διακύμανση της απόδοσης του βαμβακιού. Η έρευνα εξέτασε τις καιρικές συνθήκες με την απόδοση (Feng et. Al., 2024).

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η απόδοση του βαμβακιού εξαρτάται από τα επίπεδα εφαρμογής της λίπανσης N, ενώ τα πολύ υψηλά ή πολύ χαμηλά ποσοστά N δεν συνέβαλαν στη σταθερότητα της απόδοσης του βαμβακιού. Ειδικά, 22.7 kg N/στρέμμα έδειξαν την μέγιστη απόδοση, ενώ την μέγιστη σταθερότητα απόδοσης έδειξε η εφαρμογή 12.0 kg N/στρέμμα, υποδηλώνοντας μια προφανή αντιστάθμιση μεταξύ απόδοσης βαμβακιού και σταθερότητας απόδοσης. Η περιεκτικότητα σε θρεπτικά μειώθηκε με την πάροδο του χρόνου υποδεικνύοντας την υποβάθμιση της γονιμότητας και της σταθερότητας της παραγωγής. Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι παράγοντες που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες, τα επίπεδα εφαρμογής N και την συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών του εδάφους, μαζί εξηγούν την διακύμανση της απόδοσης του βαμβακιού. Επιπλέον, μεταξύ των παραγόντων που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες, η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ήταν ο βασικός μοχλός διακύμανσης της απόδοσης, ακολουθούμενη από τη βροχόπτωση και την φωτοσυνθετική ακτινοβολία. Τέλος, τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του εδάφους που σχετίζονται με την απόδοση του βαμβακιού ήταν η εφαρμογή των επιπέδων N, ο P-Olsen και η οργανική ουσία. Συμπερασματικά, η μελέτη μας δίνει πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό διαχείρισης του N κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για τη βελτίωση της βιωσιμότητας της γεωργικής παραγωγής (Feng et. Al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη το 2021 στην περιοχή Xinjiang της Κίνας μελετήθηκαν οι επιπτώσεις του βακτηριακού παράγοντα *Bacillus subtilis* στην φυσιολογία και στην ανάπτυξη του βαμβακιού υπό στρες νερού και αλατιού (Bi et. al., 2024). Η περιοχή χαρακτηρίζεται από εύκρατο ηπειρωτικό κλίμα με μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 11 °C και μέσο ετήσιο ύψος βροχής 55mm και μέγιστη εξάτμιση περίπου 2800mm. Η αλατότητα του εδάφους με την έναρξη του πειράματος ήταν 0.216%. Το πείραμα είχε 3 διαφορετικά σχέδια άρδευσης, δηλαδή άρδευση με υφάλμυρο νερό (SW), με γλυκό νερό (HW) και με έλλειμμα γλυκού νερού (LW). Κάθε σχέδιο άρδευσης συνδυάστηκε με πέντε ποσοστά εφαρμογής του *Bacillus subtilis* σε μορφή υγρής σκόνης, όπως (0, 2.25,

4.5, 6.75 και 9.0) kg/στρέμμα. Το υφάλμυρο νερό είχε αλατότητας $2.01 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, ενώ το γλυκό νερό είχε $0.73 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Σε πέντε στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού, μετρήθηκαν διάφοροι παράγοντες ανάπτυξης των φυτών, ενώ συλλέχθηκαν φύλλα για την ανάλυση φυσιολογικών δεικτών (δραστικότητα ενζύμων). Η ποικιλία βαμβακιού που επιλέχθηκε ήταν το No. 50 Chuangmian (Bi et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, η υγρασία του εδάφους αυξάνεται αρχικά και στη συνέχεια μειώνεται λόγω υψηλής εξάτμισης και έλλειψης άρδευσης. Στο στάδιο ανοίγματος μπουμπουκιού, οι ανάγκες σε άρδευση αυξάνονται, ενώ η υγρασία μειώνεται, με μεγαλύτερη υγρασία στα βαθύτερα στρώματα. Η εφαρμογή του *Bacillus subtilis* αυξάνει σημαντικά την υγρασία του εδάφους, με την μέγιστη βελτίωση να παρατηρείται στην επεξεργασία με προσθήκη 4.5 kg/στρέμμα. Το οργανικό οξύ που παράγεται από τον *Bacillus subtilis* βελτιώνει τη δομή και την ικανότητα συγκράτησης νερού του εδάφους. Οι θεραπείες με *Bacillus subtilis* μειώνουν την αλατότητα στα πρώτα 60 cm του εδάφους, με την επεξεργασία προσθήκης 4.5 kg/στρέμμα να δείχνει τη μεγαλύτερη μείωση, βελτιώνει τη διαχείριση του νερού και της αλατότητας, ενισχύοντας την ανάπτυξη του βαμβακιού σε διάφορες συνθήκες άρδευσης, με την εφαρμογή να συμβάλλει στην αύξηση του ύψους και της διαμέτρου του στελέχους. Επιπλέον, ο *Bacillus subtilis* ενισχύει την αντοχή των φυτών σε περιβαλλοντικό στρες μέσω της έκκρισης ορμονών και ενζύμων. Συμπερασματικά η χρήση του *Bacillus subtilis* ενισχύει την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί νερό και να διευκολύνει τις διαδικασίες αφαλάτωσης σε αυτό. Επιπλέον, ενίσχυσε δείκτες ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένων του ύψους του φυτού, της διαμέτρου του στελέχους, του δείκτη επιφάνειας φύλλων και της συσσώρευσης ξηρής ουσίας (Bi et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη το 2020 και 2021 στον Πειραματικό Σταθμό Alar της Βορειοδυτικής Κίνας μελετήθηκε η βελτιστοποίηση στάγδην άρδευσης χωρίς να έχουμε σάπια φύλλα, για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της υπολειμματικής μόλυνσης μεμβράνης σε άνυδρες ζώνες. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν για το 2020 23,9 mm και το 2021 56 mm, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι $10,7^{\circ}\text{C}$ και η μέση ετήσια εξάτμιση είναι περίπου 2100 mm, αντίστοιχα. Το έδαφος του πειράματος για βάθος 20cm ήταν αμμοπηλώδες, αλκαλικό, πτωχό σε οργανική ουσία και με κανονικά επίπεδα αφομοιώσιμου N, P και K. Το πείραμα περιλάμβανε τρεις επεξεργασίες στάγδην άρδευσης (W4, W6, W8), με συνολική άρδευση 366 mm, 504 mm και 625,2 mm, αντίστοιχα. Αυτή η μελέτη διερευνήσε τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της υγρασίας του

εδάφους μέσω αισθητήρων. Επιπλέον, οι δείκτες ανάπτυξης και η αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE) του βαμβακιού αξιολογήθηκαν. Η ποικιλία που δοκιμάστηκε ήταν η Zhongmian 619 (Li et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι, η επεξεργασία W8 είχε την υψηλότερη συγκέντρωση νερού στο εδάφους (SWC) για βάθος 70-110 cm και την υψηλότερη κατανάλωση νερού στο έδαφος (WC) στο στρώμα 10-110 cm. Η αύξηση της άρδευσης οδήγησε σε βελτίωση της απόδοσης του βάμβακος. Η επεξεργασία W6 είχε 29% και 19% χαμηλότερες τιμές WC και ποσότητας αρδευόμενου νερού σε σύγκριση με την W8, αλλά οι οικονομικές δυνατότητες ήταν παρόμοιες. Η W4 είχε τις χαμηλότερες αποδόσεις, ενώ η W6 και W8 παρουσίασαν συγκρίσιμα αποτελέσματα στην απόδοση των σπόρων. Επίσης, διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ SWC και WC, με το WC να αυξάνεται καθώς αυξάνεται το SWC. Συμπερασματικά το καθεστώς άρδευσης W6 αποδείχθηκε πιο αποτελεσματικό, με καλύτερες αποδόσεις από το W8. Οι προτεινόμενες πρακτικές περιλαμβάνουν συγκεκριμένες εφαρμογές άρδευσης στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού, ενώ η μελέτη αναδεικνύει τη σημασία του DIWM στην εξοικονόμηση νερού και την οικολογικά αποδοτική ανάπτυξη της βιομηχανίας βαμβακιού σε άνυδρες περιοχές (Li et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη το 2021 και το 2022 στο Ινστιτούτου Έρευνας Βαμβακιού της επαρχίας Kenan, στην Κίνα, μελετήθηκε η επίδραση των ακραίων βροχοπτώσεων στην βελτίωση της προσαρμοστικότητας του καλλιεργούμενου βαμβακιού. Το έδαφος του πειράματος ήταν μέτρια αργιλώδες, ελαφρώς αλκαλικό, πτωχό σε οργανική ουσία, σχετικά πτωχό σε αφομοιώσιμο P και αφομοιώσιμο K. Το κλίμα στην περιοχή είναι ημίυγρο και υποτροπικό κλίμα των μουσώνων. Οι μετεωρολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια των δύο ετών της βαμβακοκαλλιέργειας διέφεραν πολύ ως προς τις βροχοπτώσεις και την θερμοκρασία. Η ποικιλία βαμβακιού που χρησιμοποιήθηκε ήταν η China Cotton Research Institute 134 (CCRI134). Το πείραμα είχε 2 πρώιμες μεταχειρίσεις σποράς την S1 και S2, 2 κανονικές μεταχειρίσεις σποράς την S3 και S4 και 2 όψιμες μεταχειρίσεις σποράς την S5 και την S6. Σύμφωνα με τις πρακτικές των τοπικών αγροτών και τις ανάγκες των καλλιεργειών, προστέθηκε λίπανση N, P₂O₅, K₂O με (22.5, 15.0 22.5) kg/στρέμμα. Ένας αισθητήρας παρακολούθησε την υγρασία του εδάφους, αποκαλύπτοντας σταθερές τιμές σε βάθος εδάφους 90 - 110 cm (Wu et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν μειώσεις στην απόδοση λόγω ακραίων καιρικών συνθηκών, με τις βροχοπτώσεις να επηρεάζουν τη βιομάζα και την υγιεινή των

καρπών. Οι διαφορετικές ημερομηνίες σποράς επηρεάζουν επίσης την ανάπτυξη και τη συσσώρευση πόρων του βαμβακιού, κυρίως λόγω διαφορών στη διαχείριση νερού και τις συνθήκες του εδάφους. Οι ακραίες βροχοπτώσεις και η υγρασία του εδάφους είναι κρίσιμοι παράγοντες για τη μείωση της παραγωγής. Η στρατηγική αντιστάθμισης στην απόδοση δείχνει ότι η αποβολή καρπών από τους ανώτερους κλάδους προάγει την απόδοση, ενώ η αποβολή από κατώτερους συνδέεται με τη μείωση λόγω ζημίας σε ήδη σχηματισμένους καρπούς. Διαπιστώθηκε ότι οι ακραίες βροχοπτώσεις περιορίζουν την ανάπτυξη των αναπαραγωγικών οργάνων του βαμβακιού και επηρεάζουν τη χρήση νερού, με αρνητικές συνέπειες στις αποδόσεις των χαμηλότερων καρποφόρων κλάδων. Τέλος, η βελτιστοποίηση της ημερομηνίας σποράς του βαμβακιού (η πρόιμη σπορά θα πρέπει να είναι κατάλληλη σε αυτή τη μελέτη) μπορεί να βελτιώσει την προσαρμοστικότητα της παραγωγής βαμβακιού υπό ακραίες βροχοπτώσεις, αλλά απαιτούνται περαιτέρω μακροπρόθεσμες μελέτες (Wu et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη το 2022 στο Μπαγκλαντές μελετήθηκε η οικονομική βιωσιμότητα του γενετικά τροποποιημένου βαμβακιού (Bt) με το γονίδιο *Bacillus thuringiensis* ανθεκτικό στα έντομα. Η έρευνα περιλάμβανε τη συλλογή δεδομένων από πειραματικές τοποθεσίες και συμβατικούς βαμβακοκαλλιεργητές από περιοχές με παρόμοια αγροοικολογικά χαρακτηριστικά. Δημιουργήθηκε κατάλογος συμβατικών βαμβακοκαλλιεργητών από επιλεγμένες περιοχές του Μπαγκλαντές, χρησιμοποιώντας τη βοήθεια τοπικών αγροτών και του Συμβουλίου ανάπτυξης του βαμβακιού. Συνολικά, 248 καλλιεργητές επιλέχθηκαν τυχαία και πραγματοποιήθηκαν πειραματικές δοκιμές για το βαμβάκι Bt. Τα πρωτογενή δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω συνεντεύξεων από 10 - 21 Απριλίου 2022, ενώ δευτερεύοντα δεδομένα αντλήθηκαν από διάφορες πηγές. Για την ανάλυση, χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική για να συγκριθούν τα πρότυπα χρήσης εισροών, το κόστος, οι αποδόσεις και η κερδοφορία μεταξύ συμβατικής και Bt καλλιέργειας βαμβακιού (Sujan et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η απαίτηση ανθρώπινης εργασίας ήταν παρόμοια και για τις δύο καλλιέργειες, αν και η χρήση εντομοκτόνων και φυτοφαρμάκων ήταν περίπου 50% χαμηλότερη στην καλλιέργεια βαμβακιού Bt. Παρά το ελαφρώς υψηλότερο κόστος παραγωγής του βαμβακιού Bt, οι μειωμένες δαπάνες για φυτοφάρμακα και η υψηλότερη απόδοση υποδεικνύουν καλύτερη οικονομική βιωσιμότητα. Συμπερασματικά η υιοθέτηση του βαμβακιού Bt μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντικά

οφέλη και βελτίωση της υγείας των αγροτών, καθιστώντας την καλλιέργεια αυτή πιο ελκυστική για τους παραγωγούς (Sujan et. Al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη στην Κίνα το 2024 μελετήθηκε η επίδραση υπερβολικών ποσοτήτων ιόντων χλωρίου στην ανάπτυξη της καλλιέργειας του βαμβακιού. Σε αυτή τη μελέτη, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες νερού από διάφορους ποταμούς της ενδοχώρας της Κίνας. Μετά τη διήθηση των δειγμάτων νερού με χρήση φίλτρου προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα ιόντων χλωρίου στα δείγματα. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι ορισμένοι ποταμοί εμφάνισαν υπερβολικά επίπεδα ιόντων χλωρίου, τονίζοντας την κρίσιμη ανάγκη αντιμετώπισης των ζητημάτων τοξικότητας των ιόντων χλωρίου. Στη συνέχεια, σπόροι βαμβακιού ποικιλίας Zhongmian113 βλάστησαν σε θερμοκήπιο και μεταφυτεύθηκαν σε υδροπονικές δεξαμενές, όπου υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με διάφορες συγκεντρώσεις χλωριούχων. Η μελέτη επικεντρώνεται στη μέτρηση του νωπού βάρους και άλλων βιοχημικών αξιολογήσεων στα φύλλα βαμβακιού (Liu et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι, οι αυξημένες συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου παρεμπόδισαν την ανάπτυξη και την φωτοσυνθετική λειτουργία των φυτών. Πιθανότατα, αυτό να σχετίζεται με τα μονοπάτια μεταβολισμού της γαλακτόζης, της αργινίνης, της προλίνης και των καρβοτενοειδών υπό στρες χλωρίου. Η υπερβολική παρουσία των ιόντων χλωρίου προκαλεί οξειδωτικό στρες επηρεάζοντας τη σύνθεση του ATP και τις κυτταρικές διαδικασίες. Τέλος, η παρουσία ιόντων χλωρίου οδήγησε σε μαρασμό των φύλλων. Συμπερασματικά, αυτή η μελέτη παρέχει αναφορές για τη διαχείριση του περιβάλλοντος και την προστασία των υδάτινων πόρων και προσφέρει νέες ιδέες για τον μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεων των ιόντων χλωρίου, συμβάλλοντας στη διατήρηση της υγείας του οικοσυστήματος (Liu et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας βαμβακιού που διεξήχθη το 2024 στην Ινδία μελετήθηκε η σύγκριση ανθεκτικών και ευαίσθητων γονότυπων βαμβακιού για την αντιμετώπιση της προσβολής από το παράσιτο *Amrasca biguttula* (leafhopper). Μελετήθηκαν δύο γονότυποι βαμβακιού, το NDLH2010 ανθεκτικό στο παράσιτο *Amrasca biguttula* και το LRA5166 που είναι ευαίσθητο στο παράσιτο *Amrasca biguttula*. Αφού αναπτύχθηκαν φυτά σε ελεγχόμενες συνθήκες, υποβλήθηκαν σε προσβολή από το παράσιτο *Amrasca biguttula* και τα δείγματα συλλέχθηκαν 24 ώρες μετά. Η μελέτη απομόνωσε και ανέλυσε πρωτεΐνες από τους γονότυπους βαμβακιού. Συνολικά 1400 πρωτεΐνες διέφεραν σημαντικά μεταξύ των

μολυσμένων με το παράσιτο *Amrasca biguttula* και των φυτών ελέγχου (Alagarsamy et. al, 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι ο γονότυπος NDLH2010 παρουσίασε, χαμηλότερη επιβίωση και ανάπτυξη των νυμφών, αποδεικνύοντας τη χρησιμότητά του στη διαχείριση της προσβολής. Η παρατηρούμενη ανθεκτικότητα οφείλεται σε μορφολογικές αλλαγές που δυσχεραίνουν την πρόσβαση των παρασίτων. Η μόλυνση από το παράσιτο *Amrasca biguttula* ενεργοποίησε πολύπλοκες αμυντικές διαδικασίες, εμπλέκοντας πρωτεΐνες που σχετίζονται με την απόκριση στο στρες. Ειδικά, οι θερμικές πρωτεΐνες σοκ (HSP), η οξειδάση πολυφαινόλης (PPO) και οι καρβοξυπεπτιδάσες ρυθμίστηκαν προς τα πάνω στον ανθεκτικό γονότυπο. Οι πρωτεΐνες HSP70 και ClpB1 εκφράστηκαν περισσότερο μετά από προσβολή, ενώ η PPO ενίσχυσε την άμυνα επιβραδύνοντας την πέψη από έντομα. Οι καρβοξυπεπτιδάσες προσδιόρισαν τη σημασία τους στην ανθεκτικότητα φυτών κατά του βιοτικού στρες. Συμπερασματικά οι αμυντικές αποκρίσεις του βαμβακιού συνδέονται με διακυμάνσεις στην αφθονία πρωτεϊνών όπως, η οξειδάση της πολυφαινόλης, η καρβοξυπεπτιδάση, οι πρωτεΐνες θερμικού σοκ, η ClpB1 και η β γλυκοσιδάση, οι οποίες πιθανώς συμβάλλουν στην αντίσταση κατά του παράσιτου *Amrasca biguttula* (Alagarsamy et. al, 2024).

4.2 Συμπεράσματα

Η επιτυχία της καλλιέργειας του βαμβακιού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή του κατάλληλου εδάφους, το οποίο παίζει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών, στην απόδοση του προϊόντος και στην ποιότητα του βαμβακιού. Το κατάλληλο έδαφος για την καλλιέργεια του βαμβακιού χαρακτηρίζεται από αρκετές σημαντικές παραμέτρους. Καταρχάς, η υφή του εδάφους είναι καθοριστική. Ιδανικά, το έδαφος θα πρέπει να είναι αμμοπηλώδες ή αργιλοπηλώδες. Αυτοί οι τύποι εδάφους προσφέρουν την αναγκαία αποστράγγιση και αερισμό, ενώ διατηρούν και την απαιτούμενη υγρασία για την ανάπτυξη των φυτών. Εκτός από την υφή σημαντικό ρόλο παίζει και η διάθρωση του εδάφους. Ένα έδαφος με καλή διάθρωση επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα και του νερού, δημιουργώντας ένα ευνοϊκό περιβάλλον για τις ρίζες των φυτών.

Η ρύθμιση του pH του εδάφους είναι άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας. Το ιδανικό pH για την καλλιέργεια βαμβακιού κυμαίνεται από 6,0 έως 7,5. Ένα όξινο ή αλκαλικό έδαφος μπορεί να περιορίσει την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ανάπτυξη των φυτών και η απόδοσή τους. Είναι σημαντικό για τους αγρότες

να πραγματοποιούν τακτικούς ελέγχους του pH του εδάφους και να εφαρμόζουν τα απαιτούμενα λιπάσματα ή διορθωτικά μέτρα όπως ασβέστης για την προσαρμογή του.

Η μείωση της παραγωγής βαμβακιού, εξαιτίας αυξημένων επιπέδων αλατότητας στο έδαφος, έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αγροτική οικονομία και τη διαβίωση των αγροτών. Σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, οι ριζικές δομές των φυτών μπορεί να υποστούν βλάβες και η απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων είναι συχνά περιορισμένη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση συμπτωμάτων όπως η μειωμένη ανάπτυξη, η πτώση των φύλλων και η μειωμένη παραγωγικότητα. Ο αρνητικός αντίκτυπος στην ανάπτυξη και την ωρίμανση του βαμβακιού συνήθως επηρεάζει όχι μόνο την ποσότητα των παραγόμενων βαμβακιών αλλά και την ποιότητα τους.

Η ανάπτυξή του βαμβακιού εξαρτάται και από διάφορους παράγοντες, με σημαντικότερη την επάρκεια οργανικών ουσιών στο έδαφος. Οι οργανικές ουσίες, όπως τα κοπριά, οι φυτικές ύλες και η κομποστοποίηση, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του εδάφους, επηρεάζοντας έτσι την υγιή ανάπτυξη του βαμβακιού. Αρχικά, η οργανική ύλη συμβάλλει στη βελτίωση της δομής του εδάφους. Οι οργανικές ουσίες, όταν αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς, δημιουργούν κολλοειδή που ενισχύουν την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί νερό και θρεπτικά στοιχεία. Αυτή η διαδικασία είναι καθοριστική για το βαμβάκι, καθώς απαιτεί επαρκή υγρασία κατά την ανάπτυξή του, ιδίως στην κρίσιμη περίοδο της ανθοφορίας και της παραγωγής των μπουμπουκιών. Επιπλέον οι οργανικές ουσίες λειτουργούν ως πηγή θρεπτικών στοιχείων. Το βαμβάκι χρειάζεται σημαντικές ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου για την ευδοκίμησή του. Οι οργανικές ουσίες απελευθερώνουν σταδιακά αυτά τα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, εξασφαλίζοντας έτσι μία συνεχή και ισχυρή τροφοδοσία κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Αυτό είναι ιδιαίτερος σημαντικό, καθώς οι συνθήκες του εδάφους μπορεί να αλλάζουν λόγω καιρικών φαινομένων ή άλλων παραγόντων, και η ομαλή τροφοδοσία είναι κρίσιμη για τη σταθερή ανάπτυξη του φυτού. Τέλος οι οργανικές ουσίες ενισχύουν τη βιοποικιλότητα του εδάφους. Όταν προστίθενται οργανικά υλικά, προάγουν την ανάπτυξη των ωφέλιμων μικροοργανισμών και των εργαλείων της βιολογικής δραστηριότητας, όπως τα σκουλήκια και οι βακτήρια. Αυτές οι οργανισμοί συμβάλλουν στην αποδόμηση των οργανικών υλών και στην υποστήριξη των φιλικών προς το βαμβάκι μικροβιακών κοινοτήτων, οι οποίες ανταγωνίζονται για τους θρεπτικούς πόρους με τα παθογόνα, προσφέροντας καλή υγεία στο φυτό.

Το άζωτο, το φωσφόρο και κάλιο είναι τρία από τα πιο σημαντικά θρεπτικά στοιχεία, τα οποία παίζουν κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα της καλλιέργειας.

Η σωστή εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων ενισχύει την ανάπτυξη των φύλλων και των βλαστών, αυξάνοντας έτσι τη φυλλική επιφάνεια του φυτού, η οποία είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση. Η έλλειψη αζώτου μπορεί να προκαλέσει τις χαρακτηριστικές κίτρινες αποχρώσεις των φύλλων, περιορίζοντας την παραγωγή και την ποιότητα του βαμβακιού. Γενικά, οι συστάσεις για την εφαρμογή αζώτου κυμαίνονται από 60 έως 150 κιλά/10 στρ. κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού.

Ο φωσφόρος είναι το δεύτερο πιο σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για την καλλιέργεια βαμβακιού και είναι ζωτικής σημασίας για τη διαδικασία της ενεργειακής μεταφοράς και της φωτοσύνθεσης. Συμμετέχει στην παραγωγή ATP (αδενοσινωτριφωσφορικό οξύ), που είναι το βασικό μόριο ενέργειας για το φυτικό μεταβολισμό. Η επαρκής ποσότητα φωσφόρου οδηγεί σε καλύτερη ριζική ανάπτυξη και επιτρέπει στο φυτό να απορροφά πιο αποδοτικά τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος. Ο φωσφόρος, συνήθως εφαρμόζεται σε ποσότητες 30-70 κιλών/10 στρ. και θα πρέπει να ενσωματώνεται στο έδαφος πριν από τη σπορά, έτσι ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμος για τις ρίζες του φυτού.

Η έλλειψη φωσφόρου συνήθως εκφράζεται μέσω κακής ανάπτυξης των ριζών και μειωμένης άνθισης, επιδρώντας αρνητικά στην παραγωγικότητα. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή φωσφορικών λιπασμάτων κατά την περίοδο της προετοιμασίας του εδάφους ή κατά τη φύτευση είναι σημαντική για τη διασφάλιση ότι το φυτό θα έχει επαρκείς ποσότητες του στοιχείου αυτού κατά τις κρίσιμες φάσεις ανάπτυξης.

Το κάλιο είναι επίσης ένα αναπόσπαστο στοιχείο στη λίπανση του βαμβακιού. Συμβάλλει στην ενδυνάμωση των κυτταρικών τοιχωμάτων και στην αύξηση της αντοχής των φυτών σε τοξίνες και ασθένειες. Το κάλιο υποστηρίζει την καλή ικανότητα των φυτών να διαχειρίζονται την υγρασία και να ρυθμίζουν την αξιοποίηση του νερού, ένα κρίσιμο παράγοντα για την καλλιέργεια σε περιοχές με περιορισμένα υδάτινα αποθέματα. Για το κάλιο, οι ανάγκες κυμαίνονται από 50 έως 150 κιλά/10 στρμ., με την εφαρμογή του να είναι ιδανικά διαδομένη σε δύο φάσεις: μια πριν από τη σπορά και μια άλλη κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Η έλλειψη καλίου μπορεί να οδηγήσει σε ασθένειες όπως οι καφετιές κηλίδες και οι πτώσεις των ανθών, που επιδρούν αρνητικά τόσο στην ποιότητα όσο και στην ποσότητα του προϊόντος. Για το λόγο αυτό, η σωστή διαχείριση και εφαρμογή καλιούχων λιπασμάτων είναι απαραίτητη κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται σε μικρές ποσότητες για την ανάπτυξη των φυτών. Αυτά περιλαμβάνουν στοιχεία όπως ο σίδηρος, ο

χαλκός, ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο, το βρώμιο και άλλα. Παρόλο που οι απαιτήσεις των φυτών σε αυτά τα στοιχεία είναι σχετικά χαμηλές σε ποσότητα, η έλλειψή τους μπορεί να προκαλέσει σοβαρές διαταραχές στην ανάπτυξη και παραγωγή των καλλιεργειών.

Ο σίδηρος επιδρά στην ανάπτυξη και στην υγεία του φυτού καθώς συμβάλλει στην παραγωγή χλωροφύλλης, η οποία είναι υπεύθυνη για την φωτοσύνθεση. Ο ψευδάργυρος μπορεί να προστατεύσει το φυτό από ασθένειες και εχθρούς καθώς το βαμβάκι είναι λιγότερο επιρρεπές σε προσβολές από έντομα και μυκητολογικές ασθένειες, γεγονός που συνεπάγεται μικρότερο κόστος παραγωγής και μεγαλύτερη απόδοση. Τέλος τα ιχνοστοιχεία συμβάλλουν στην ποιότητα των μπουμπουκιών παράγοντας με αυτόν τον τρόπο καλύτερης ποιότητας βαμβάκι.

Επομένως η σημασία των ιχνοστοιχείων στην καλλιέργεια βαμβακιού δεν μπορεί να υποτιμηθεί. Αυτά τα ουσιώδη θρεπτικά συστατικά επηρεάζουν όχι μόνο την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, αλλά και την ποιότητα και την οικονομική βιωσιμότητα της καλλιέργειας. Η σωστή διαχείριση και εφαρμογή των ιχνοστοιχείων, σε συνδυασμό με τη γνώση των συγκεκριμένων αναγκών του εδάφους, είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχία της καλλιέργειας βαμβακιού.

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία της καλλιέργειας βαμβακιού είναι η άρδευση, η οποία παίζει καίριο ρόλο στη διασφάλιση της υγείας και της παραγωγικότητας των φυτών.

Το βαμβάκι είναι ένα φυτό το οποίο έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις σε νερό σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης. Κατά γενικό κανόνα, οι ανάγκες του βαμβακιού σε νερό κυμαίνονται από 500 έως 800 mm κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Είναι γεγονός ότι οι περιοχές με ζεστό και ξηρό κλίμα απαιτούν συνήθως περισσότερη άρδευση, ενώ οι περιοχές με υψηλή υγρασία μπορεί να απαιτούν λιγότερο νερό.

Οι ανάγκες άρδευσης διαφέρουν ανάλογα με την φάση ανάπτυξης του φυτού. Στην αρχή το βαμβάκι απαιτεί επαρκή υγρασία στο έδαφος για να εξασφαλιστεί η ομαλή βλάστηση. Κατά την περίοδο ανάπτυξης των φυτών απαιτεί συχνές και μικρές ποσότητες άρδευσης. Κατά την περίοδο της άνθησης παρατηρείται αύξηση άρδευσης, καθώς το βαμβάκι χρειάζεται υγρασία για να υποστηρίξει την ανάπτυξη των λουλουδιών και των μπουμπουκιών.

Επομένως η άρδευση αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επιδρούν στην επιτυχία της καλλιέργειας βαμβακιού. Οι ανάγκες σε νερό κυμαίνονται ανάλογα με την φάση ανάπτυξης του φυτού και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η εκτίμηση των αναγκών

αυτών, σε συνδυασμό με την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων άρδευσης και στρατηγικών διαχείρισης, μπορεί να έχει καθοριστική σημασία στην επιτυχία της καλλιέργειας και στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

Το βαμβάκι ευδοκίμει σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 30°C. Γενικά, οι υψηλότερες θερμοκρασίες συνδέονται με αυξημένη ανάπτυξη και απόδοση. Ωστόσο, θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 35°C μπορεί να είναι επιβλαβείς, ειδικά κατά την περίοδο της ανθοφορίας και της ωρίμανσης των μπουμπουκιών. Η έκθεση σε τέτοιες συνθήκες μπορεί να οδηγήσει σε μη φυσιολογική ανάπτυξη ή ακόμη και καταστροφή των καρπών. Για το λόγο αυτό, οι αγρότες πρέπει να επιλέγουν περιοχές με ήπιες κλιματικές συνθήκες κατά την περίοδο της καλλιέργειας.

Επίσης η σχετική υγρασία μεταξύ 40% και 70% είναι ιδανική για την ανάπτυξη του βαμβακιού. Όταν η υγρασία είναι πολύ χαμηλή, οι σπόροι δεν μπορούν να βλαστήσουν σωστά, ενώ πολύ υψηλή υγρασία μπορεί να προκαλέσει ασθένειες όπως η σήψη της ρίζας.

Ο ήλιος παίζει έναν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του βαμβακιού. Το βαμβάκι απαιτεί αρκετό ηλιακό φως για να φωτοσυνθέτει. Το ιδανικό είναι να λαμβάνει τουλάχιστον 6-8 ώρες ηλιακού φωτός ημερησίως. Η έλλειψη φωτός μπορεί να οδηγήσει σε κακή ανάπτυξη και υπολειτουργία των φυτών, περιορίζοντας τις αποδόσεις.

Βιβλιογραφία

- Alagarsamy, M., Amal, T. C., Karuppan, S., & Adhimoolam, K. (2024). Comparative proteomic analysis of resistant and susceptible cotton genotypes in response to leaf hopper infestation. *Journal of Proteomics*, 305, 105258.
- Balasubramanian, A. (2017). Physical properties of soil. *Advanced Studies in Earth Science*. University of Mysore, 6, 1-8.
- Benedict, C.R. 1984. Physiology. In Kohel, R.J. and C.F. Lewis (eds). *Cotton* pp. 151-200. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Bi, Y., Zhou, B., Ren, P., Chen, X., Zhou, D., Yao, S., & Chen, X. (2024). Effects of *Bacillus subtilis* on cotton physiology and growth under water and salt stress. *Agricultural Water Management*, 303, 109038.
- Bista, M. K., Adhikari, B., Sankarapillai, L. V., Pieralisi, B., Reddy, K. R., Jenkins, J., & Bheemanahalli, R. (2024). Drought and heat stress induce differential physiological and agronomic trait responses in cotton. *Industrial Crops and Products*, 222, 119540.
- Bot, A., & Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production (No. 80). Food & Agriculture Org..
- Chandler, J. M. 1984. Cotton protection Section D: Weeds. In Kohel, R.J. and C.F. Lewis (eds). *Cotton* pp. 330-365. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Chen, B., Ye, Z., Tang, X., Chai, Z., Ma, Y., Sheng, J., & Feng, G. (2024). A comprehensive evaluation of the optimum amount of phosphate fertilizer for drip irrigation of cotton under mulch based on root morphology, physiology, and mycorrhizal symbiosis. *Soil and Tillage Research*, 244, 106276.
- Choudhary, O. P., & Kharche, V. K. (2018). Soil salinity and sodicity. *Soil science: an introduction*, 12, 353-384.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar and C.A. Jones. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc., New York. 476 p.
- Feng, W., Sun, M., Shao, J., Pang, C., Zheng, C., Dong, H., & Li, P. (2024). Optimizing nitrogen management to reconcile cotton yield and yield stability: A three-year field study. *Industrial Crops and Products*, 218, 118986.
- FREEPIK. (2024). Close up Tree Cotton or *Gossypium arboreum*:
- Galanopoulou-Sendouka, S., Sficas, A. G., Fotiadis, N. A., Gagianas, A. A., & Gerakis, P. A. (1980). Effect of population density, planting date, and genotype on plant growth and development of cotton 1. *Agronomy Journal*, 72(2), 347-353.

- Gaspar, A. P., & Laboski, C. A. (2016, January). Base saturation: What is it? Should I be concerned? Does it affect my fertility program. In Proc. 2016 Wis. Crop Manage. Conf (Vol. 5, pp. 55-61).
- Jayara A.S, Pandey S, and Ambasta, B.K. (2021). Physico-Chemical Properties of Soil and Its Relationship with Soil Health.
- Kuang, N., Hao, C., Liu, D., Maimaitiming, M., Xiaokaitijiang, K., Zhou, Y., & Li, Y. (2024). Modeling of cotton yield responses to different irrigation strategies in Southern Xinjiang Region, China. *Agricultural Water Management*, 303, 109018.
- Li Z., F. Zhang, Y. Ma, S. Wan, Y. Han, G. Chen, Y. Lei, S. Xiong, T. Mao, L. Feng, G. Wang, X. Li, Z. Wang, X. Zhi, Y. Jiao, M. Xin, Y. Li, B. Yang, (2024). Rational optimization of irrigation regimes for drip-irrigated cotton fields without mulch can alleviate the problem of residual film contamination in arid zones. *Industrial Crops and Products*, 221, 119430.
- Liu W., Z. Zhang, W. Li, Y. Zhang, Z. Ren, X. Li, Y. Wu, J. Li, W. Zhu, Z. Ma, Y. Zhou, W. Li, (2024). Chloride accumulation in inland rivers of China and its toxic impact on cotton. *Journal of Environmental Management*, 371, 123122.
- Naik, V. C. B., Narode, M. K., Kumbhare, S., Ghongade, D. S., Madhu, T. N., Murthy, J. S. V., & Prasad, Y. G. (2023). Efficacy of novel insecticides and their combinations against pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) in cotton. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(2), 397-407.
- Patra H., M. Ashaq, H.S. Singh, T.K. Sahu and K. Bharathi, (2024). Chemical Properties of Soil. Chapter 4.
- Phogat, V. K., Tomar, V. S., & Dahiya, R. I. T. A. (2015). Soil physical properties. *Soil science: An introduction*, 135-171.
- Plitsos. (2014). KHUN ΣΠΑΡΤΙΚΕΣ.
- Portero F.M. (1994). Η καλλιέργεια του βαμβακιού υπό κάλυψη σελ 57 – 66. Πρακτικά Συνεδρίου με θέμα Το ελληνικό βαμβάκι στην Ευρώπη. Λάρισα 13 -14/ 5/ 1994. Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
- Rehman, A., & Farooq, M. (2019). Morphology, Physiology and Ecology of cotton. *Cotton production*, 23-46.
- Smith, C.W.1995. Crop production. Evolution, History and Technology. John Wiley and Sons, Inc., USA. 469p.
- Sonon, L. S., Kissel, D. E., & Saha, U. (2014). Cation exchange capacity and base saturation. UGA Extension Circular, 1040, 1-4.

- Sujan, M. H. K., Kazal, M. M. H., Akhteruzzaman, M., Kundu, S., Islam, M. K., & Rahman, M. S. (2024). Economic viability of releasing Bt cotton in Bangladesh: An early insight. *Heliyon*, 10(9).
- Trivedi, P., Singh, B. P., & Singh, B. K. (2018). Soil carbon: introduction, importance, status, threat, and mitigation. In *Soil carbon storage* (pp. 1-28). Academic Press.
- Wu F., S. Guo, W. Huang, Z. Zhang, Y. Han, Z. Wang, G. Wang, L. Feng, X. Li, Y. Lei, X. Zhi, B. Yang, S. Zhang, S. Xiong, Y. Jiao, M. Xin, Y. Li, (2024). Extreme rainfall and soil water consumption differences increase yield shedding at lower fruiting branches, reducing cotton water productivity under different sowing dates. *Agricultural Water Management*, 305, 109115.
- Naturalist. (n.d.). *Gossypium herbaceum*: Native Plant Trust Go Botany. (2024). *Gossypium hirsutum* — upland cotton:
- Wikipedia. (2024). *Gossypium barbadense*:
- Wikipedia. (2023). *Gossypium hirsutum*:
- Zoom's Edible Plants. (2011). *Gossypium barbadense*:
- Αυγουλάς Χ. Ποδηματάς Κ. Παπαστυλιανός Π. Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων << ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ >>.
- Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ. (2002). Βιομηχανικά Φυτά . Αθήνα. Σταμούλη Α.Ε.
- Γρεβενιώτης Β. (2008). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Επίδραση του επιπέδου εισροών στην απόδοση και ποιότητα της ίνας σε Pa7 μερικώς διειδικές σειρές βαμβακιού. Θεσσαλονίκη. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Διεπαγγελματική Οργάνωση Βάμβακος ΔΟΒ. (2021). Βήματα στην καλλιέργεια του βαμβακιού.
- Διεπαγγελματική Οργάνωση Βάμβακος. (2019). Στατιστικά Στοιχεία Βάμβακος.
- Ευθυμιάδης Συμ. Παντελής. (2009). Σποροπαραγωγή β' έκδοση. Θεσσαλονίκη. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.
- Λάλλα Ν. , Μπάρδας Χ. (2011). Πτυχιακή Εργασία. Η βαμβακοκαλλιέργεια στην περιφέρεια της Θεσσαλίας, προβλήματα και προοπτικές. Θεσσαλονίκη. Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης.
- Μιχαλακόπουλος Αν. Παναγιώτης. (2010). Διδακτορική Διατριβή. Επιλογή και αξιολόγηση για απόδοση, πρωιμότητα και χαρακτηριστικά ποιότητας μεταξύ και εντός έξι διασταυρώσεων βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα.

- Μπαρτζουλιάνος Κ. (2006). Πτυχιακή Εργασία. Καλλιέργεια βάμβακος και ο εκκοκκισμός του. Καλαμάτα. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας.
- Μπιλάλης Δ. Παπαστυλιανού Π. Τραυλός Η. (2019) Γεωργία Φυτά μεγάλης Καλλιέργειας. Πεδίο. Αθήνα.
- Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. (2002). Βιομηχανικά Φυτά. Σύγχρονη Παιδεία. . Θεσσαλονίκη.
- Πλιάτσικας Δ. Ιωάννης. (2019). Διπλωματική εργασία. Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών βαμβακιού με χρήση στατιστικών εργαλείων ποιότητας. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Πάτρα.
- Ραπτοπούλου Ζ., (2009). Καλλιεργούμενες ποικιλίες βάμβακος στην περιοχή Κουφαλιών Ν. Θες/νικης, ποιοτικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά.
- Ρουσάκης Γ. (2002). Πτυχιακή εργασία. Καλλιέργεια – Μεταποίηση – Οικονομική Σημασία – Νομικό Καθεστώς του βαμβακιού. Καλαμάτα. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας.
- Σετάτου, Ε.Β. (1995β). Θρέψη και λίπανση του βαμβακιού. Γεωργία-Κτηνοτροφία, 9:98-107.
- Σιάνου Αναστασία. (2007). Πτυχιακή εργασία. Βασική λίπανση του βαμβακιού με σταθεροποιημένο άζωτο. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος.
- Τσέλλος Β., Τσάπαλος Χ. (2010). Πτυχιακή Εργασία. Ανάκτηση από Αγροβιολογικά χαρακτηριστικά σε ξερικό και ποτιστικό βαμβάκι Μίδας. Τ.Ε.Ι. Μεσολλογίου. Μεσολόγγι
- Υφούλη Α. (1998). Φυτική Παραγωγή. Ίδρυμα Ευγενίδου Αθήνα.