

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ
ΤΩΝ ΑΜΥΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΤΟΥΣ ΣΕ ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ ΑΠΟ
ΖΩΙΚΟΥΣ ΕΧΘΡΟΥΣ

Πτυχιακή εργασία
του σπουδαστή Καννά Βασίλη

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2001

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ
ΤΩΝ ΑΜΥΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΤΟΥΣ ΣΕ ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ ΑΠΟ
ΖΩΙΚΟΥΣ ΕΧΘΡΟΥΣ

Πτυχιακή εργασία
του σπουδαστή Καννά Βασίλη

Επιβλέπων καθηγητής : Στέλιος Βασιλείαδης

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2001

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΟΙ ΖΩΙΚΟΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	7
1.1 ΕΝΤΟΜΑ	7
1.1.1 Μορφολογία	7
1.1.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση	9
1.2 ΑΚΑΡΕΑ	12
1.2.1 Μορφολογία	12
1.2.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση	13
1.3 ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ	13
1.3.1 Μορφολογία	14
1.3.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση	14
1.4 ΑΛΛΟΙ ΕΧΘΡΟΙ	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΥΤΩΝ	16
2.1 ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	17
2.1.1 Ισοπρενοειδή.....	17
2.1.2 Ακετογενίνες.....	19
2.1.3 Αλκαλοειδή.....	20
2.1.4 Γλυκοσίδια.....	20
2.1.5 Παρεμποδιστές πρωτεάσης και μη πρωτεϊνικά οξέα.....	21
2.1.6 Αρωματικές ουσίες προερχόμενες από σικιμικό οξύ και οξικό άλας.....	22
2.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΜΥΝΑΣ ΦΥΤΩΝ	23
2.2.1 Μηχανισμοί μακρινής απόστασης	23

2.2.2 Χρώμα	23
2.2.3 Σχήμα	24
2.2.4 Μηχανισμοί μακρινής απόστασης	24
2.2.5 Πάχυνση κυτταρικών τοιχωμάτων και σκλήρυνση ιστών	24
2.2.6 Αντοχή μίσχου.....	25
2.2.7 Τρίχωμα...	25
2.2.8 Κηρώδεις ουσίες	26
2.2.9 Απόθεση στοιχείων σε τοιχώματα.....	28
2.2.10 Προσαρμογή οργάνων.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΖΩΙΚΟΥΣ ΕΧΘΡΟΥΣ	29
3.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	29
3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	30
3.3 ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΦΥΤΑ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ	31
3.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ	31
3.5 ΣΤΑΥΡΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ	32
3.6 ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ	33
3.7 ΜΑΖΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ	34
3.8 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΣΕΙΡΩΝ	34
3.9 ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ	34
3.10 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	36
3.11 ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΟΞΙΝΕΣ.....	37
3.12 ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΦΥΤΑ	39
3.13 ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	40
3.14 ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	42
4.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	42
4.1.1 Γενικά.....	42
4.1.2 Αντιμετώπιση εχθρών βαμβακιού.....	45
4.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	48
4.2.1 Γενικά	48
4.2.2 Αντιμετώπιση εχθρών αραβόσιτου.....	49
4.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΟΥ	53
4.3.1 Γενικά	53
4.3.2 Αντιμετώπιση εχθρών ζαχαρότευτλου.....	54
4.4 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΡΥΖΙΟΥ	57
4.4.1 Γενικά	57
4.4.2 Αντιμετώπιση εχθρών ρυζιού	57
4.5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΙΤΑΡΙΟΥ	60
4.5.1 Γενικά	60
4.5.2 Αντιμετώπιση εχθρών σιταριού	61
4.6 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΟΡΓΟΥ	64
4.6.1 Γενικά	64
4.6.2 Αντιμετώπιση εχθρών σόργου.....	65
4.7 ΣΥΖΗΤΗΣΗ	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην πτυχιακή αυτή εργασία αποφάσισα να ασχοληθώ με τη βελτίωση των φυτών σχετικά με την αντοχή τους σε ζωικούς εχθρούς. Η απόφασή μου αυτή δεν ήταν επιπόλαια, αλλά πάρθηκε μετά από πολλή σκέψη αφού εξ αρχής γνώριζα ότι θα συναντούσα πολλές δυσκολίες. Η ελληνική βιβλιογραφία ουσιαστικά ήταν ανύπαρκτη και μόνη λύση ήταν το διαδίκτυο και ορισμένα αγγλικά βιβλία τα οποία μου έδωσε ο επιστημονικός συνεργάτης του Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, Στέλιος Βασιλειάδης. Η προσπάθεια την οποία κατέβαλα δεν ξέρω αν ήταν πετυχημένη, αλλά πιστεύω ότι άξιζε να γίνει, ώστε να υπάρχει κάποιο σημείο αναφοράς για όποιον χρειαστεί πληροφορίες στο συγκεκριμένο θέμα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στους μηχανισμούς άμυνας τους οποίους χρησιμοποιούν τα φυτά καθώς και στις τεχνικές βελτίωσης αυτών, ενώ αναφορά γίνεται και σε συγκεκριμένες εφαρμογές βελτίωσης της ανθεκτικότητας φυτών.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένα άτομα τα οποία βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας. Τον καθηγητή μου Στέλιο Βασιλειάδη για την ανεκτίμητη βοήθεια που μου πρόσφερε καθ'όλη την διάρκεια αυτής της προσπάθειας συμβουλευόντας και παροτρύνοντάς με. Τον καθηγητή μου Αναστάσιο Ηλιόπουλο για τις συμβουλές που μου έδωσε ώστε να παρουσιάσω ένα πιο ολοκληρωμένο σύνολο σε αυτή την εργασία. Τέλος την οικογένεια μου για την υποστήριξη που μου έχει προσφέρει τα τελευταία 25 χρόνια. Ευχαριστώ πολύ!

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φύση έχει εφοδιάσει τα φυτά με διάφορους μηχανισμούς άμυνας, για να μπορέσουν να αντεπεξέλθουν στις αντίξοες συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος. Ένα φυτό δέχεται συνεχείς επιθέσεις από πλήθος εχθρών τόσο ζωικών όσο και μη ζωικών. Ζώα, ακάρεα, νηματώδεις κ.α. είναι οι καθημερινοί εχθροί των φυτών. Και αν ο άνθρωπος μπορεί να αποφύγει και να προφυλαχθεί από ανάλογους εχθρούς, τα φυτά το μόνο που μπορούν να κάνουν είναι είτε να υποκύψουν, είτε να τους υπομείνουν, είτε να τους αντιμετωπίσουν με διάφορους μηχανισμούς τους οποίους ανέπτυξαν με την πάροδο του χρόνου. Κάποιοι από αυτούς είναι πολύ αποτελεσματικοί ενώ κάποιοι άλλοι όχι και τόσο. Εκεί λοιπόν που η φύση τα πήγε αρκετά καλά, ο άνθρωπος προσπαθεί να τα καταφέρει καλύτερα. Βασιζόμενος στην επινοητικότητα του προσπαθεί να επιφέρει περαιτέρω βελτιώσεις ώστε τα καλλιεργούμενα φυτά να καταφέρουν να αποδώσουν περισσότερο και οικονομικότερα κάτω από τις επιθέσεις των εχθρών τους.

Ένα από τα όπλα του ανθρώπου στην προσπάθειά του αυτή, είναι η επιστήμη της βελτίωσης των φυτών. Ο άνθρωπος προσπάθησε και κατάφερε να αναπτύξει μεθόδους βελτίωσης των ήδη υπάρχοντων μηχανισμών άμυνας των φυτών αλλά και να εισάγει νέους μηχανισμούς οι οποίοι δεν υπήρχαν σε αυτά. Βασικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή, έπαιξε η εγκαθίδρυση της επιστήμης της γενετικής. Ο Mendel (1822- 1884), ένας μοναχός, ήταν ο πρώτος που κατάφερε να κατανοήσει τους μηχανισμούς κληρονομικότητας στα φυτά, πειραματιζόμενος με φυτά μπιζελιού στον μικρό του κήπο στο μοναστήρι. Βασιζόμενοι στη δουλειά του, οι μετέπειτα επιστήμονες μπόρεσαν να κληροδοτήσουν διάφορα επιθυμητά χαρακτηριστικά σε φυτά και έτσι να βελτιώσουν τις ιδιότητές τους.

Η βελτίωση φυτών αντιμετωπίζεται με πολλή σκεπτικισμό από τον περισσότερο κόσμο, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται σε αυτή μέθοδοι γενετικής μηχανικής. Η παραπληροφόρηση ωθεί τους ανθρώπους να πιστεύουν ότι η βελτίωση αφορά την κατασκευή φυτών τεράτων. Δυστυχώς η κοινή γνώμη δεν μπορούσε να κάνει περισσότερο λάθος. Ο βελτιωτής απλώς προκαλεί στο φυτό μια μετάλλαξη των χαρακτηριστικών του η οποία πιθανότατα θα εμφανιζόταν από μόνη της. Δεν κάνει δηλαδή τίποτα παραπάνω από τη δουλειά της φύσης, αλλά σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Βέβαια στη φύση αυτές οι αλλαγές δεν επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον, αλλά αποτελούν μέρος αυτού. Σε αυτό το

σημείο πρέπει ο γενετιστής να είναι προσεκτικός και να μην επηρεάσει τις ισορροπίες οι οποίες επικρατούν στη φύση.

Όμως μεγάλη είναι η οικολογική σημασία της βελτίωσης της ανθεκτικότητας των φυτών. Μια από τις πρώτες προσπάθειες προγραμμάτων φυτοπροστασίας ευρείας κλίμακας, αφορούσε την εκτεταμένη χρήση φυτοφαρμάκων. Δυστυχώς όμως, η τότε επιστημονική γνώση δεν επαρκούσε για να ξέρουμε τα προβλήματα που αυτά θα δημιουργούσαν στο περιβάλλον. Η καταστροφή που προκλήθηκε, από την εκτεταμένη χρήση χημικών είναι τεράστια και ακόμα και σήμερα δεν έχουμε κατανοήσει πλήρως το μέγεθος της. Με τη χρησιμοποίηση όμως βελτιωμένων φυτών, ελαχιστοποιούμε τη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και προστατεύουμε και το περιβάλλον και την υγεία μας. Παρ' όλες όμως τις εξελίξεις στον τομέα της βελτίωσης φυτών και της κατανόησης των προβλημάτων που εμφανίστηκαν από τα φυτοφάρμακα, η χρήση χημικών στην καταπολέμηση ελάχιστα έχει μειωθεί, αν και οι φαρμακοβιομηχανίες κάτω από τις κατακραυγές του κόσμου οδηγήθηκαν στη δημιουργία λιγότερο τοξικών φυτοφαρμάκων.

Τα τελευταία χρόνια η συνειδητοποίηση του κόσμου και η δημιουργία οικολογικής συνείδησης ωθούν προς μια κοινωνία πιο οικολογικά προσανατολισμένη. Μεγάλη αύξηση παρουσιάζει η ζήτηση προϊόντων τα οποία έχουν αναπτυχθεί χωρίς τη χρήση φυτοφαρμάκων. Η μαζική παραγωγή τέτοιων προϊόντων είναι ακόμα μακριά αλλά ας ελπίσουμε ότι κάποια στιγμή θα φτάσουμε σε σημείο όλα τα φυτά να αναπτύσσονται χωρίς φυτοφάρμακα. Ας ελπίσουμε ότι θα μπορέσουμε να επαναφέρουμε την ισορροπία της φύσης την οποία τόσο πολύ κλονίσαμε τα τελευταία πενήντα χρόνια. Ας ελπίσουμε οι κυβερνήσεις των κρατών να καταλάβουν ότι η οικολογική ισορροπία είναι πιο σημαντική από τα εκάστοτε οικονομικά τους συμφέροντα. Και ας ελπίσουμε ότι αυτό θα γίνει σύντομα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΖΩΙΚΟΙ ΕΧΘΡΟΙ

Οι ζημιές τις οποίες παθαίνουν τα φυτά οφείλονται κατά κύριο λόγο σε ασθένειες αυτών και επιθέσεις ζωικών εχθρών εναντίον τους και κατά δεύτερο σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες (πλημμύρες, χαλάζι, ξηρασία κ.α.). Έχει υπολογιστεί ότι το 1/3 της παγκόσμιας παραγωγής καταστρέφεται από φυτοπαράσιτα μεταξύ των οποίων τα κυριότερα είναι τα ζωικά παράσιτα και κυρίως τα έντομα. Αυτά μαζί με τα ακάρεα, τους νηματώδεις, τα πτηνά, διάφορα θηλαστικά και τα μαλάκια αποτελούν τους ζωικούς εχθρούς των φυτών. Οι προκαλούμενες ζημιές από αυτούς μπορεί να είναι από ελαφριές και ελεγχόμενες έως και πλήρως καταστροφικές, όπως έγινε τον περασμένο αιώνα όπου η προσβολή του ευρωπαϊκού αμπελιού από φυλλοξήρα οδήγησε σε καθολική αναμπέλωση των ευρωπαϊκών αμπελώνων με εμβολιασμένα αμερικάνικα υποκείμενα.

1.1 ENTOMA

Η σημαντικότερη κατηγορία ζωικών εχθρών των φυτών είναι τα έντομα. Τα έντομα ανήκουν στο ζωικό βασίλειο και είναι η πολυπληθέστερη ομάδα αυτού. Μέχρι σήμερα έχουν βρεθεί περίπου 1.100.000 ζωικά είδη. Από αυτά τα 800.000 ανήκουν στα αρθρόποδα και από αυτά τα 750.000 στα έντομα. Τα έντομα ανήκουν σε μια κλάση του φύλου των αρθρόποδων και ταξινομούνται σε 2 υποφύλα και 10 κλάσεις. Το πρώτο υποφύλο είναι το Mandibulata και σε αυτό υπάγονται οι κλάσεις onychophora, chilopoda, diplopoda, pauropoda, symphyla, crustacea, και insecta. Το δεύτερο υποφύλο είναι α Chelicerata και σε αυτά υπάγονται οι κλάσεις merostomata, pycnogonidia και arachnida [9]

1.1.1 Μορφολογία

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των εντόμων είναι:

- A) ο σώμα τους αποτελείται από 3 μέρη το κεφάλι, το θώρακα και την κοιλία
- B) Έχουν ζυγό αριθμό αρθρωτών εξαρτημάτων

Γ)Το σώμα τους περιβάλλεται από διάφορου βαθμού σκληρότητας περίβλημα που αποτελείται από χιτίνη

Δ)Η αύξηση του σώματός τους γίνεται με διαδοχικές αποβολές και ανασχηματισμό του εξωσκελετού (εκδύσεις).

Αυτό που κυρίως μας ενδιαφέρει είναι ο τρόπος με τον οποίο τα έντομα προκαλούν καταστροφές στα φυτά. Τα έντομα επιτίθενται στα φυτά γιατί από αυτά μπορούν να πάρουν τις ουσίες τις απαραίτητες για τη σωστή τους ανάπτυξη και λειτουργία τους. Επειδή λοιπόν βασίζονται σε αυτά για τη διατροφή τους, μας ενδιαφέρει ο τρόπος με τον οποίο προσλαμβάνουν τη τροφή τους. Αυτό γίνεται με τα στοματικά τους μόρια. Τα στοματικά μόρια βρίσκονται στο μπροστινό και κάτω μέρος του κεφαλιού τους. Συνήθως αποτελούνται από το άνω και κάτω χείλος, ένα ζεύγος γνάθων και ένα ζεύγος κάτω γνάθων. Όλα τα έντομα δεν έχουν τον ίδιο τύπο στοματικών μορίων, αν και αυτά αποτελούνται από τα ίδια μέρη.

Ξεχωρίζουμε τους εξής τύπους μασητικών οργάνων: μασητικός τύπος, λειχο-μυζητικός τύπος, νυσο-μυζητικός τύπος, ξεο-μυζητικός τύπος και ο τύπος γναθικών αγκίστρων.

Ο μασητικός τύπος είναι ο πληρέστερος και αρχαιότερος τύπος στοματικών μορίων. Από αυτόν προήλθαν όλες οι παραλλαγές στοματικών τύπων στα έντομα. Συναντάται στα ορθόπτερα, στα κολεόπτερα και στις προνύμφες λεπιδοπτέρων, υμενοπτέρων και μερικών διπτέρων. Ο μασητικός τύπος αποτελείται από το άνω χείλος το οποίο βοηθά στη συγκράτηση και προώθηση της τροφής στο στόμα, τις άνω γνάθους οι οποίες χρησιμεύουν στον τεμαχισμό της τροφής, τις κάτω γνάθους, οι οποίες βοηθούν στη μάσηση της τροφής και το κάτω χείλος το οποίο κλείνει το στόμα από κάτω. Η λειτουργία των μασητικών μορίων είναι απλή. Το έντομο προκειμένου να τραφεί κόβει με τις άνω γνάθους τμήματα του φυτού και κατόπιν τα μασάει με τις κάτω γνάθους και τα προωθεί προς το εσωτερικό του στόματος του.

Ο λειχο-μυζητικός τύπος στοματικών μορίων αποτελείται από μία μακριά προβοσκίδα με την οποία το έντομο απορροφά χυμούς ή άλλα υγρά από το φυτό. Η προβοσκίδα είναι εξέλιξη των κάτω γνάθων ενώ τα άλλα στοματικά μόρια είναι υποτυπώδη. Στα λεπιδόπτερα επειδή αυτή η προβοσκίδα είναι πολύ μακριά και θα εμπόδιζε το έντομο, όταν δεν χρησιμοποιείται περιελίσσεται σπειροειδώς. Αντίθετα στα δίπτερα είναι κοντή και καταλήγει σε δύο διογκωμένους βολβούς.

Στο νυσο-μυζητικό τύπο το έντομο απορροφά τους χυμούς του φυτού αλλά αντίθετα με τον λειχο-μυζητικό τύπο τρυπάει τους ιστούς για να το πετύχει αυτό. Αυτός ο τύπος στοματικών μορίων συναντάται στα ημίπτερα όπου και παρατηρούμε μεταβολή των άνω και κάτω γνάθων σε 4 λεπτές σμήριγγες οι οποίες βρίσκονται μέσα σε σωληνωτό ρύγχος

προερχόμενο από διαφοροποίηση του κάτω χείλους. Οι σμήριγγες είναι πριονωτές και τρυπούν τον φυτικό ιστό. Κατόπιν αυτές σχηματίζουν δύο αγωγούς. Με τον έναν το έντομο απορροφά τους φυτικούς χυμούς ενώ με τον άλλο αποθέτει στο εσωτερικό του φυτού σάλιο με ένζυμα. Έτσι εκτός από προβλήματα που δημιουργούνται στο φυτό από την απόσπαση των φυτικών χυμών δημιουργούνται και πρόσθετα προβλήματα από τη μετάδοση φυτοπαθογόνων ιών μέσω του σάλιου των εντόμων, κυρίως των αφίδων.

Στον ξεο-μυζητικό τύπο το κύριο όργανο είναι το στλέτο. Αυτό είναι ένα αιχμηρό όργανο, το οποίο προέρχεται από διαφοροποιημένα στοματικά μόρια. Το έντομο ξύνει τους φυτικούς ιστούς με παλινδρομικές κινήσεις αυτού του οργάνου και απορροφά τους χυμούς του φυτού με το στοματικό άνοιγμα. Τέτοια στοματικά μόρια έχουν τα θυσανόπτερα.

Τέλος τα γναθικά άγκιστρα είναι χαρακτηριστικά των προνυμφών των κυκλόρραφων δίπτερων. Τα στοματικά μόρια αυτών αποτελούνται από δύο γναθικά άγκιστρα, με τα οποία το έντομο αποξέει ή τρυπά τους φυτικούς ιστούς και απορροφούν τον φυτικό χυμό. [9]



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Έντομα με διαφόρων ειδών στοματικά μόρια[25]

1.1.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση

Οι προκαλούμενες από τα έντομα ζημιές είναι άμεσα συνδεδεμένες με το είδος των στοματικών μορίων τα οποία αυτά έχουν και οφείλονται είτε στην καταστροφή των φυτικών

ιστών από το έντομο είτε από ύστερες προσβολές των φυτών από ιούς, μύκητες ή άλλους παθογόνους οργανισμούς λόγω των ζημιών από τα έντομα.

Τα έντομα με μασητικά όργανα ζουν και τρέφονται είτε πάνω στο φυτό είτε μέσα σε αυτό. Αυτά τα οποία ζουν πάνω στο φυτό καταστρέφουν συνήθως το φύλλωμα. Αυτή η καταστροφή μπορεί να είναι μερική έως και ολοκληρωτική. Προκαλείται κυρίως από προνύμφες λεπιδοπτέρων, υμενοπτέρων, κολεοπτέρων και ακρίδες. Επίσης, παρατηρείται στείρωση του φυτού, καταστροφή και πτώση ανθέων και καταστροφή οφθαλμών και τρυφερών βλαστών. Περισσότερες ζημιές παρατηρούνται από έντομα τα οποία ζουν μέσα στους ιστούς του φυτού. Σε αυτά οφείλεται η καταστροφή του μεσόφυλλου των φύλλων, των νεαρών βλαστών και των οφθαλμών καθώς επίσης και οι ζημιές στο ξύλο βραχιόνων και ξηράνσεις τους, ζημιές στα σπέρματα και στους κονδύλους.

Τα έντομα που έχουν νυσο-μυζητικού τύπου στοματικά μόρια ζουν στην επιφάνεια του φυτού. Λόγω της απομύζησης των χυμών του φυτού παρατηρούμε καχεξία των βλαστών, παραμορφώσεις φυτικών οργάνων καθώς και πτώσεις τους, υποβάθμιση των παραγόμενων προϊόντων τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Επίσης, έχουμε και έμμεσες ζημιές από τη μετάδοση φυτοπαθογόνων ιών καθώς και ζημιές στο ριζικό σύστημα.

Όπως και τα προηγούμενα, έτσι και τα έντομα με ξεο-μυζητικού τύπου στοματικά μόρια ζουν στην επιφάνεια των φυτών και τρέφονται με τους χυμούς τους. Λόγω της προσβολής των φυτών από αυτά παρατηρούμε αποχρωματισμό των φύλλων και μερική ή ολική αποξήρανσή τους, ανασχεση της βλάστησης και της έκπτυξης των οφθαλμών και παραμορφώσεις των φυτικών οργάνων.

Τέλος τα έντομα με στοματικά άγκιστρα ζουν εντός των καρπών ορύσσοντας στοές και τρέφονται απορροφώντας τους χυμούς αυτών. Οι παρατηρούμενες ζημιές είναι καρπόπτωση και ποιοτική υποβάθμιση των προϊόντων.

Λόγω της σοβαρότητας και του μεγέθους των προβλημάτων τα οποία μπορεί να δημιουργηθούν από την προσβολή των φυτών από τα έντομα, έχουν θεσπισθεί ακόμα και νομοθετικά μέτρα για την αντιμετώπισή τους. Αυτά τα μέτρα έχουν ως κύριο σκοπό τον περιορισμό της εξάπλωσης των εντόμων εκεί όπου δεν ενδημούν. Πρώτα από όλα γίνονται έλεγχοι στα εισαγόμενα φυτικά προϊόντα από ειδικούς ελεγκτές. Επίσης λαμβάνονται περιοριστικά μέτρα στο εσωτερικό της χώρας ώστε να μην γίνεται μεταφορά προσβεβλημένων φυτών και άλλων φυτικών προϊόντων από μία προσβεβλημένη περιοχή σε άλλη που δεν έχει προσβληθεί. Τέλος θεσπίζονται και μέτρα υποχρεωτικής καταπολέμησης σε περίπτωση εισβολής νέου είδους ή όπου κρίνεται ότι η προσβολή των εντόμων μπορεί να πάρει και μορφή επιδημίας..

Όμως όσο αυστηρά και να είναι τα νομοθετικά μέτρα οι προσβολές των εντόμων δεν μπορούν να εξαλειφθούν παρά μόνο να περιορισθούν. Τα καλλιεργητικά μέτρα τα οποία ακολουθούν οι αγρότες βοηθούν να προληφθεί το πρόβλημα. Με χρήση της αμειψισποράς μπορούμε να περιορίσουμε τον πληθυσμό εντόμων αρκεί αυτά να είναι μονοφάγα ή ολιγοφάγα. Η καλλιέργεια και αναμόχλευση του εδάφους μπορεί είτε να καταστρέψει τα έντομα είτε να τα εκθέσει σε εχθρούς τους και δυσμενείς για αυτά καιρικές συνθήκες. Επίσης ρυθμίζοντας τον χρόνο σποράς μπορούμε να αποφύγουμε τελείως τις προσβολές από ορισμένους εχθρούς φροντίζοντας η συλλογή του φυτού να γίνεται πριν το έντομο μπει στο στάδιο ανάπτυξης του όπου είναι επιβλαβές για το φυτό. Έχει παρατηρηθεί ότι πολλά έντομα δείχνουν προτίμηση σε ασθενικά φυτά. Φροντίζοντας λοιπόν να είναι αυτά σε καλή κατάσταση περιορίζουμε τις ζημιές.

Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη ανάπτυξη παρατηρείται στον τομέα της βιολογικής καταπολέμησης των εντόμων με χρήση εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών (βακτηρίων, μυκήτων), παρασιτοειδών εντόμων και αρπακτικών εντόμων. Αυτή η τεχνική βασίζεται στην παρασιτική δράση ορισμένων εντόμων και μικροοργανισμών σε βάρος βλαβερών εντόμων καθώς και στην αρπακτική δράση εντόμων.

Η συνηθέστερη όμως πρακτική αντιμετώπισης εντόμων είναι η χρήση χημικών ουσιών βλαβερών για τα έντομα αλλά και για τη φύση. Προτιμούνται λόγω των άμεσων αποτελεσμάτων τους και της ευκολίας χρήσης τους χωρίς όμως να λαμβάνονται υπ' όψιν οι παρενέργειές τους στη φύση αλλά και τον άνθρωπο. Διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο εισέρχονται στον οργανισμό των εντόμων σε επαφής, στομάχου και ασφυξίας ή καπνισμού. Τα πρώτα εισέρχονται στον οργανισμό μέσω του εξωσκελετού του εντόμου, τα δεύτερα μέσω του πεπτικού συστήματος ενώ τα τρίτα μέσω του αναπνευστικού συστήματος. Άλλος διαχωρισμός που γίνεται στα εντομοκτόνα είναι ανάλογα με τη χημική τους σύσταση και χωρίζονται σε οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά, οργανοχλωριωμένα και πυρεθροειδή.

Τέλος ο συνδυασμός όλων των ανωτέρω τρόπων αντιμετώπισης των εντόμων συνιστά την ολοκληρωμένη καταπολέμηση. Είναι μια πολύ σημαντική μέθοδος φυτοπροστασίας, μιας και δεν αποσκοπεί στην ολοκληρωτική καταστροφή των εντόμων αλλά στη δημιουργία ισορροπίας μεταξύ του φυτικού πληθυσμού και των εντόμων, διατηρώντας τις ζημιές σε αποδεκτά οικονομικά επίπεδα.

1.2 ΑΚΑΡΕΑ

Τα ακάρεα αποτελούν ιδιαίτερη τάξη των αρθρόποδων και ανήκουν στην κλάση Arachnida. Μαζί με τα ακάρεα, στην κλάση Arachnida ανήκουν οι σκορπιοί και οι αράχνες. Τα ακάρεα, κατά κύριο λόγο, είναι επιβλαβή για τη γεωργία. Όμως έχουν βρεθεί είδη τα οποία δρουν ως αρπακτικά εναντίον άλλων εντόμων και ακάρεων. [39]

1.2.1 Μορφολογία

Τα ακάρεα διαφέρουν από τα έντομα ως προς το ότι το σώμα τους χωρίζεται σε δύο τμήματα αντίθετα με των εντόμων το οποίο χωρίζεται σε τρία. Δεν έχουν κεραίες ή πτέρυγες, έχουν ως επί το πλείστον 4 ζεύγη ποδιών (εξαιρέση αποτελούν τα ακάρεα των οικογενειών Phytotipalridae και Eriophyidae), έχουν απλούς οφθαλμούς και τέλος πολλά είδη ακάρεων αναπνέουν μέσω του δερματοσκελετού αφού δεν διαθέτουν τραχειακό αναπνευστικό σύστημα. Όπως αναφέρθηκε το σώμα τους αποτελείται από δύο μέρη. Αυτά είναι το γναθόσωμα και το ιδιόσωμα. Τα στοματικά μόρια είναι ίδια σε όλα τα ακάρεα και δεν παρατηρούνται οι διαφοροποιήσεις των εντόμων. Αυτά βρίσκονται στο γναθόσωμα και αποτελούνται από ένα ζεύγος χηληκέρατα και ένα ζεύγος ποδοπροσακτρίδες. Τα χηληκέρατα είναι πάνω από τη στοματική κοιλότητα και αποτελούνται από 3 άρθρα, εκ των οποίων το τελευταίο είναι κινητό και χρησιμεύει σαν λαβίδα. Οι ποδοπροσακτρίδες είναι και αυτές αρθρωτά όργανα και χρησιμεύουν σαν αισθητήρια όργανα και σαν όργανα συλλογής τροφής.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Μη αναγνωρισμένο άκαρι φωτογραφημένο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο [80]

1.2.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση

Τα ακάρεα ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην καλλιέργεια. Τα σημαντικότερα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν από την προσβολή από ακάρεα είναι αποχρωματισμοί και πτώση φύλλων, εξασθένηση των φυτών και κατά συνέπεια μείωση της παραγωγής, ανάσχεση της βλάστησης και παραμορφώσεις βλαστών, φύλλων και ανθέων και πρόκληση ερινώσεων στα φύλλα.

Ο κυριότερος τρόπος καταπολέμησης των ακάρεων είναι με τη χρήση φυτοφαρμάκων και συγκεκριμένα ακαρεοκτόνων. Αυτά χωρίζονται ανάλογα με το στάδιο των ακάρεων στο οποίο μπορούν να τα βλάψουν σε ωοκτόνα, τα οποία δρουν πριν το άκαρι βγει από το αυγό του, σε προνυμφοκτόνα τα οποία σκοτώνουν τα ακάρεα που είναι στο στάδιο της προνύμφης και ακμαιοκτόνα τα οποία σκοτώνουν τα ακμιαία. Επίσης, ορισμένα εντομοκτόνα έχουν και ακαρεοκτόνο δράση, όμως έχουν παρατηρηθεί και περιπτώσεις όπου εντομοκτόνα όχι μόνο δεν εμπόδισαν την εξάπλωση ακάρεων αλλά αντίθετα την ευνόησαν. Γι αυτό κατά τη χρήση εντομοκτόνων πρέπει να είμαστε προσεκτικοί, ώστε να μην ευνοήσουμε την ανάπτυξη ακάρεων και βρεθούμε μπροστά σε νέα προβλήματα.



Εικόνα Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Στοματικά μόρια ακάρεως [67]

1.3 ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

Οι νηματώδεις αποτελούν μια από τις πολυπληθέστερες ομάδες του ζωικού βασιλείου. Υπάρχουν περίπου 40000 είδη αλλά μόνο 2000 από αυτούς είναι φυτοпараσιτικοί. Οι υπόλοιποι είναι είτε παρασιτικοί στον άνθρωπο και στα ζώα είτε ζουν ελεύθερα στο έδαφος και σε νερά. Ο πιο γνωστός νηματώδης είναι ο *Meloidogyne incognita* ο οποίος προσβάλλει

περισσότερα από 2000 είδη φυτών. Δεν έχουν όμως όλοι οι νηματώδεις τόσο μεγάλο εύρος ξενιστών. Άλλοι παρασιτούν σε πολύ λίγα είδη.

1.3.1 Μορφολογία

Αν και εξωτερικά οι νηματώδεις παρουσιάζουν ενιαία μορφολογία χωρίς κανέναν εξωτερικό διαχωρισμό, δεχόμαστε ότι το σώμα τους χωρίζεται σε τρία μέρη, την κεφαλική χώρα, το κυρίως σώμα και την ουρά. Τα στοματικά μόρια των νηματωδών βρίσκονται στην κεφαλική χώρα και αποτελείται από το στοματικό άνοιγμα, στο οποίο παρατηρούμε 6 θηλές εξωτερικά των οποίων, και σε κυκλικό σχήμα, βρίσκονται 10 μικρότερες θηλές οι οποίες χρησιμεύουν ως αισθητήρια όργανα, και τη στοματική κοιλότητα. Σε αυτήν βρίσκεται το στυλέτο ή δόρυ, το οποίο είναι μυζητικό-διατρητικό όργανο με το οποίο ο νηματώδης τρυπά τους φυτικούς ιστούς, προσκολλάται σε αυτούς και απομυζεί τους χυμούς του φυτού. Αποτέλεσμα αυτού του παρασιτισμού είναι η εξασθένηση των φυτών και ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των προϊόντων. Επίσης ορισμένοι νηματώδεις είναι φορείς ιών.



Εικόνα 4. Νηματώδης *H. Schachtii* σε νεαρό στάδιο την ώρα που βγαίνει από τη ρίζα ζαχαρότευτλου με το κεφάλι εντός του φυτού για να τρέφεται. [66]

1.3.2 Προβλήματα και αντιμετώπιση

Οι ζημιές που προκαλούν οι νηματώδεις είναι πολύ μεγάλες. Έχει υπολογιστεί ότι στις Η.Π.Α οι ζημιές ανέρχονται στο 5%-25% της παραγωγής. Η αντιμετώπισή τους δεν είναι εύκολη ιδίως αν αυτοί εγκατασταθούν σε μια καλλιέργεια. Για να αντιμετωπιστούν εκτός από χημική καταπολέμηση μπορούμε να προβούμε σε εναλλαγή καλλιεργειών, αγρανάπαυση, χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών και έλεγχο πολλαπλασιαστικού υλικού. Η βιολογική καταπολέμηση τους δεν έχει δώσει ακόμα σημαντικά αποτελέσματα.

1.4 ΑΛΛΟΙ ΕΧΘΡΟΙ

Άλλοι εχθροί, μικρότερης σημασίας όμως, των φυτών είναι τα μαλάκια, τα πτηνά και διάφορα τρωκτικά.

Τα μαλάκια ανήκουν στο φύλο Mollusca και έχουν σαν χαρακτηριστικό την έκκριση γλοιώδους ουσίας κατά τη μετακίνησή τους και την κατασκευή κελύφους. Οι πιο γνωστοί αντιπρόσωποι των μαλακίων είναι τα σαλιγκάρια καθώς και οι γυμνοσάλιαγκες (κλάση Gastropoda υποκλάση Pulmonata). Τα στοματικά τους μόρια είναι μασητικού τύπου και προκαλούν ζημιές με αποκοπή φυτικών ιστών με αυτά. Η αντιμετώπισή τους γίνεται συνήθως με χημικά μέσα και δολώματα μεταλδεϋδης η οποία προκαλεί αφυδάτωση στο μαλάκιο. Αν όμως επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας τα αποτελέσματα είναι αμφίβολα.

Τα πτηνά προκαλούν ζημιές με την καταστροφή των καρπών αλλά και καταστροφή οφθαλμών ορισμένων δέντρων. Η αντιμετώπισή τους γίνεται με εκφοβιστικά μέσα, π.χ. σκιάχτρα. Πιο αποτελεσματικά είναι τα ηχητικά φόβητρα δηλ. πηγές δυνατών ήχων οι οποίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα παράγουν έντονο θόρυβο ο οποίος τρομάζει τα πτηνά. Η χρήση προστατευτικών δικτύων έχει δώσει καλά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση πτηνών. Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ψεκασμός με ανθρακινονίνη.

Τα τρωκτικά είναι μικρά ζώα με χαρακτηριστική οδοντοστοιχία. Αυτή αποτελείται από 4 κοπτήρες οι οποίοι μεγαλώνουν συνεχώς ώστε να αναπληρώσουν τις ζημιές που παθαίνουν λόγω έλλειψης αδαμαντίνης. Ξεχωρίζουμε 2 υποοικογένειες με γεωργικό ενδιαφέρον. Τις υποοικογένειες Murinae, στην οποία ανήκουν τα ποντίκια, και Microtinae, στην οποία ανήκουν οι ιδιαίτερα επιβλαβείς αρουραίοι. Τα τρωκτικά τρέφονται με πράσινα φυτικά μέρη, ρίζες, φλοιούς, σπόρους, καρπούς και άλλα φυτικά μέρη. Αποτέλεσμα είναι η εξασθένηση και αποξήρανση των δέντρων. Η καταπολέμησή τους είναι δύσκολη λόγω της μεγάλης αναπαραγωγικής τους ικανότητας και ευφυΐας τους. Για την αντιμετώπισή τους χρησιμοποιούνται διάφορα καλλιεργητικά μέτρα, δολώματα καθώς και εντομοκτόνα. [56]



Εικόνα 5. Επιβλαβή τρωκτικά [56]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΥΤΩΝ

Τα φυτά διαθέτουν ποικίλους μηχανισμούς ανθεκτικότητας. Η ευρέως αποδεκτή κατηγοριοποίηση αυτών των μηχανισμών, ανάλογα με τον τρόπο δράσης τους, είναι η προτεινόμενη από τον R.H. Painter. Αυτός κατέταξε την ανθεκτικότητα σε **μη αποδοχή** (nonpreferance), **αντιβίωση** (antibiosis) και **ανεκτικότητα** (tolerance).[23]

Με τον όρο μη αποδοχή εννοούμε την ύπαρξη χαρακτηριστικών των φυτών που απομακρύνουν τους εχθρούς από αυτά. Τελευταία έχει προταθεί ο όρος αντιξένοση (antixenosis) σαν πιο σωστός. Ο μηχανισμός της μη αποδοχής μπορεί να έχει είτε μορφολογικά είτε αλληλοχημικά αίτια. Λέγοντας αλληλοχημικά εννοούμε χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται για επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών ζωικών ειδών.

Με τον όρο αντιβίωση αναφερόμαστε σε όλα τα δυσμενή αποτελέσματα που προκαλούνται στη ζωή ενός φυτικού εχθρού εξαιτίας της χρησιμοποίησης ενός φυτού ως τροφής. Μερικά από τα συνηθέστερα παρατηρούμενα αποτελέσματα είναι ελαττωμένη επιβίωση, μειωμένη ανάπτυξη, μικρότερο κύκλο σαν ενήλικο, μορφολογικές ανωμαλίες κ.α. Συνήθως με την αντιβίωση σχετίζονται τα αλληλοχημικά.

Η ανεκτικότητα περιλαμβάνει όλες τις αντιδράσεις του φυτού οι οποίες έχουν αποτέλεσμα την ικανότητα του φυτού να αντέξει μια επίθεση και να δώσει ικανοποιητική παραγωγή παρόλο το επίπεδο τραυματισμών, το οποίο θα κατέστρεφε μη ανθεκτικά φυτά. Σε αντίθεση με τη μη αποδοχή και την αντιβίωση στην ανεκτικότητα μόνο η αντίδραση του φυτού παίζει ρόλο. Μερικοί από τους μηχανισμούς αντοχής είναι η επανορθωτική δράση του φυτού, η γρήγορη επούλωση των πληγών, μηχανική υποστήριξη σε ιστούς και όργανα, η γενική δύναμη του φυτού. Κατανοώντας αυτούς τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας, θα μπορούσαμε να προκαλέσουμε ηθελημένα την εμφάνισή τους σε φυτά και έτσι να βελτιώσουμε τα χαρακτηριστικά τους και να ελαττώσουμε τις ζημιές τις οποίες προκαλούν σε αυτά ζωικοί εχθροί. [16]

Ανάλογα με την φύση τους οι μηχανισμοί αντοχής των φυτών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Σε (α) βιοχημικής φύσεως μηχανισμούς και (β) μορφολογικής φύσεως μηχανισμούς. [68]

2.1 ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Τα φυτά, όπως και κάθε οργανισμός, αποτελούνται από χημικές ενώσεις. Οι ρόλοι αυτών των χημικών ενώσεων είναι ποικίλοι και δεν λαμβάνουν όλες μέρος στους μηχανισμούς ανθεκτικότητας των φυτών. Για να ξεχωρίσουμε ποιες ενώσεις είναι αυτές που μας ενδιαφέρουν μελετήθηκε η διαφορά στη χημική σύσταση ιστών, φυτών τα οποία προσβλήθηκαν με εχθρούς και φυτών μη προσβεβλημένων. Μετά από έρευνες βρέθηκε ότι οι χημικές ουσίες, οι οποίες προκαλούν την ανθεκτικότητα είναι κυρίως ανόργανα στοιχεία (π.χ το σελήνιο) και ενώσεις, όπως δευτερεύοντες μεταβολίτες (π.χ. κιτρικό οξύ, κυστεΐνη, διάφορα αρωματικά αμινοξέα κ.α.), και δευτερεύουσες ουσίες (π.χ. αλκαλοειδή). [45]

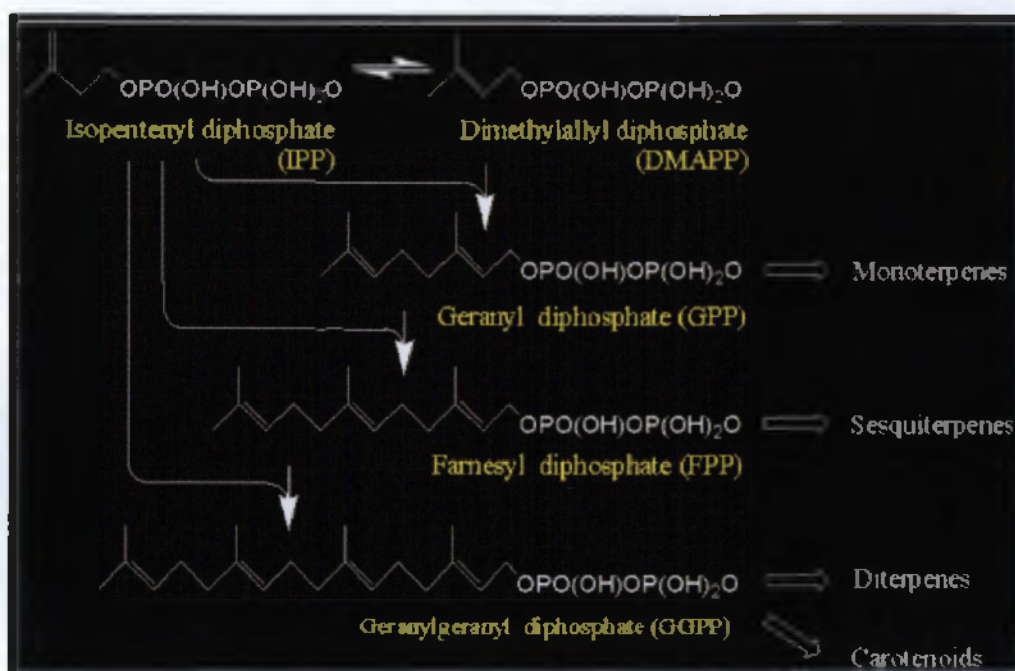
Από βιοσυνθετική άποψη αυτές οι δευτερεύουσες ουσίες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες. Κάποιες από αυτές, (ισοπρενοειδή, ακετογενίνες, πρωτοαλκαλοειδή κ.α.) συντίθενται άμεσα από το φυτό, ως αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης διεργασίας, με σκοπό τη δημιουργία αυτής της ουσίας. Άλλες ουσίες όμως (π.χ. γλυκοσίδια, φλαβονοειδή, βενζοφενόνες, ορισμένες κουμαρίνες κ.α.) για να δημιουργηθούν πρέπει να γίνουν περισσότερες από μια διεργασίες. Στην πρώτη περίπτωση, η γνώση αυτής της διεργασίας, επιτρέπει στον ερευνητή να παρακολουθήσει ευκολότερα την πορεία της συγκεκριμένης ουσίας και το πώς αυτή δρα στους μηχανισμούς άμυνας του φυτού. Στη δεύτερη περίπτωση ο ερευνητής πρέπει να παρακολουθεί το κάθε στάδιο δημιουργίας της ουσίας. [7]

2.1.1 Ισοπρενοειδή

Τα ισοπρενοειδή είναι από χημική άποψη υδρογονάνθρακες δομικά βασισμένοι σε πολλαπλές μονάδες ισοπρενίου. Είναι από τις λίγες ομάδες ουσιών φυσικά συντιθέμενων, οι οποίες μπορούν να επιτελέσουν τόσο μεγάλο πλήθος λειτουργιών. Υπάρχουν στη φύση περίπου 22.000 ισοπρενοειδή στα οποία περιλαμβάνονται τερπενοειδή και καροτινοειδή.[49]

Τα ισοπρενοειδή παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ρευστότητας της κυτταρικής μεμβράνης, τη μεταφορά ηλεκτρονίων, στην κυτταρική και οργανική ανάπτυξη, εμφανίζονται στα αρώματα και στα αιθέρια έλαια και ως αντιβακτηριακοί και

αντιμυκητιακοί παράγοντες. Λόγω της μεγάλης τους σημασίας στις βιολογικές λειτουργίες, τα ισοπρενοειδή χρησιμοποιούνται σαν φαρμακευτικές και διατροφικές ουσίες καθώς και στη γεωργία ως παράγοντες ελέγχου των εντόμων και άλλων εχθρών. Όμως για να χρησιμοποιηθούν τα ισοπρενοειδή πρέπει να αποσπασθούν από το φυτό και κατόπιν να επεξεργασθούν με αποτέλεσμα το κόστος τους να είναι πολύ μεγάλο. Πρόσφατα πολλά από τα ένζυμα τα οποία είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση ισοπρενοειδών έχουν κλωνοποιηθεί από φυτά και μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα σημαντική μείωση του κόστους [47]



Εικόνα 6. Δημιουργία τερπενών από IPP [49]

Τα ισοπρενοειδή διακρίνονται στους εξής τύπους :

A) Ημιτερπένια

B) Μονοτερπένια οι οποίες προσελκύουν έντομα τα οποία συμβάλλουν στην επικονίαση, καθώς και διάφορα αρπακτικά έντομα π.χ. αρπακτικά ακάρεα ενάντια σε ακάρεα σε διάφορα είδη φασολιού

Γ) Διτερπένια οι οποίες δημιουργούν τουρπεντίνη και διτερπενικά οξέα σε κωνοφόρα δέντρα τα οποία δρουν αμυντικά ενάντια σε ξυλοφάγα κολεόπτερα του φλοιού του δέντρου επηρεάζοντας τον βιολογικό τους κύκλο καθώς και στις προκαλούμενες ζημιές των σκαθαριών. Επίσης δρουν στη χημική σύσταση των κωνοφόρων προκαλώντας σχηματισμό ρετσινιού το οποίο έχει τοξική δράση και μπορεί και να παγιδεύσει το έντομο. Τέλος σχηματίζουν φερομόνες οι οποίες απωθούν τους εχθρούς του φυτού.

Δ) Τριτερπένια οι οποίες έχουν τοξική δράση στα φύλλα του αγγουριού με αποτέλεσμα την άμυνα απέναντι σε πλήθος εντόμων.

Ε) Τετρατερπένια. Αυτές παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία καροτονοειδών και στη δημιουργία του χρώματος των λουλουδιών

ΣΤ) Πολυτερπένια τα οποία είναι ισοπρενοειδή πολυμερή πολύ υψηλού μοριακού βάρους με αμυντικές λειτουργίες. [48]

Πολλά φυτά περιέχουν ισοπρενοειδείς ορμόνες οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τους ρυθμούς ανάπτυξης των εντόμων, τη γονιμότητα και τη διάρκεια ζωής αυτών. Οι ορμόνες αυτές μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη εντόμων αναστέλωντάς την, καθώς επίσης και τη ζημιά που θα προκαλέσουν στους ιστούς στους οποίους επιτίθενται.

Οι πολλές λειτουργίες των ισοπρενοειδών τα καθιστούν σημαντικό παράγοντα στο οποίο πρέπει να επικεντρωθεί το ενδιαφέρον μας για αύξηση της χημικής αντοχής των φυτών.

2.1.2 Ακετογενίνες

Οι ακετογενίνες είναι κερώδεις ουσίες αποτελούμενες από μακριές αλυσίδες λιπαρών οξέων με 32 ή 34 άνθρακες ενωμένους στον δεύτερο άνθρακα με μία μονάδα 2-προπανόλης προς τον σχηματισμό μίας λακτόνης. Συναντώνται σε μερικά μόνο γένη της οικογένειας *Annonaceae*. Το ενδιαφέρον για τις ακετογενίνες έχει αυξηθεί παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια λόγω των ιδιοτήτων που παρουσιάζουν στην καταπολέμηση καρκινωμάτων και εντόμων. Επίσης οι ακετογενίνες παρουσιάζουν αντιπρωτοζωική και αντιμικροβιακή δράση και εμποδίζουν τη διατροφή από το φυτό που τις περιέχει. Πρόσφατα ανακοινώθηκε ότι οι ακετογενίνες μπορούν επιλεκτικά να εμποδίσουν την ανάπτυξη καρκινωμάτων.

Εκτός όμως από τις λειτουργίες τις οποίες επιτελούν οι ακετογενίνες, παίζουν σημαντικό ρόλο σαν δομικά υλικά άλλων χημικών ουσιών οι οποίες παίζουν σημαντικό αμυντικό ρόλο στο φυτό, όπως είναι οι βενζοκινίνες, τα φλαβονοειδή, ορισμένες κουμαρίνες, τανίνες και στυλβίνες. Δύο από τις πιο πολυμελετημένες ακετογενίνες είναι το αλληλοχημικό juglone και το DIMBOA (2,4-διυδροξυ-7-μεθοξυ-1,4-βενζοξαζιν-3-ονη), τα οποία δημιουργούν ανθεκτικότητα απέναντι σε ορισμένα είδη εντόμων. Το DIMBOA συναντάται κυρίως σε νεαρά φυτά καλαμποκιού, όπου και εμποδίζει τη λάρβα του *Ostrinia nubilalis* να τραφεί, να αναπτυχθεί και μειώνει τη διάρκεια ζωής της. Τα μεγαλύτερα φυτά δεν περιέχουν DIMBOA σε επαρκείς ποσότητες ώστε να παρεμποδίσουν την ανάπτυξη της λάρβας. Σε άλλα φυτά παρατηρείται το αντίθετο, δηλαδή το μεγαλύτερο φυτό να περιέχει μεγαλύτερες

ποσότητες από το νεαρό. Μέχρι το 1998 είχαν απομονωθεί περισσότερες από 225 ακετογενίνες από 26 είδη φυτών. [80]

2.1.3 Αλκαλοειδή

Τα αλκαλοειδή είναι αζωτούχες οργανικές ενώσεις με βασικό (αλκαλικό) χαρακτήρα, οι οποίες έχουν ιδιόζουσες φαρμακευτικές και βιοχημικές ιδιότητες. Η ύπαρξη αζώτου οδηγεί στον σχηματισμό αλάτων της μορφής παραγώγων του αμμωνίου, μάλιστα, στα φυτά τα αλκαλοειδή βρίσκονται σχεδόν πάντα σαν τέτοια άλατα. Οι τοξικές και φαρμακευτικές ιδιότητες των αλκαλοειδών είναι γνωστές από πάρα πολύ παλιά και ιδίως οι επιδράσεις τους στο νευρικό σύστημα. Η νικοτίνη είναι αλκαλοειδές που συναντάμε στα φυτά του είδους *Nicotiana* και έχει δράση ενάντια σε πάρα πολλά είδη εντόμων. Η μεγάλη ικανότητά της να δρα σαν εντομοκτόνο, είχε σαν αποτέλεσμα την ευρεία διάδοση της σαν ένα από τα πρώτα οργανικά εντομοκτόνα και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα ευρέως. Παρόλη όμως την έντονη δράση της σε πολλά έντομα, το σκουλήκι του καπνού *Manduca sexta*, μπορεί να αντέξει τη νικοτίνη. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι ακόμα και η αλκαλοειδής δράση των φυτών δεν είναι αρκετή για να αντιμετωπισθούν όλοι οι εχθροί των φυτών. Όμως λόγω της έντονης δράσης των αλκαλοειδών, τα οποία συνήθως επιφέρουν θάνατο, παρουσιάζεται έντονη προσαρμοστικότητα των εναπομεινάντων εχθρών με αποτέλεσμα τη μετέπειτα ραγδαία αύξηση του αριθμού τους. Κάτι τέτοιο δε συμβαίνει πολύ συχνά, αλλά όταν συμβαίνει τα προβλήματα που δημιουργούνται είναι πολύ μεγάλα. [33]

2.1.4 Γλυκοζίδια

Τα γλυκοζίδια είναι συστατικά, τα οποία περιέχουν μέρη ενός υδρογονάνθρακα και ενός άλλου στοιχείου, το οποίο δεν είναι υδρογονάνθρακας, στο ίδιο μόριο. Το τμήμα του υδατάνθρακα συνδέεται με έναν δεσμό ακετάλης στο άτομο άνθρακα με το υπόλειμμα του μη υδατάνθρακα ή όπως αλλιώς λέγεται αγλυκόνιο.

Το μη σακχαρικό στοιχείο είναι γνωστό ως αγλυκόνιο. Το σακχαρικό στοιχείο είναι γνωστό ως γλυκόνιο. Αν ο υδατάνθρακας είναι γλυκόζη, τότε το δημιουργούμενο στοιχείο λέγεται γλυκοζίδιο.

Είναι δυσδιάκριτος ο ρόλος του ελεύθερου αγλυκόνου και του ακέραιου γλυκοζιδίου στην άμυνα του φυτού. Αυτό που μπορεί να ειπωθεί με σιγουριά είναι ότι τα αγλυκόνα εμφανίζονται οποτεδήποτε υπάρχουν πτητικές ουσίες. Σε περιπτώσεις όπου έντομα τρυπάνε ή μασάνε φυτικούς ιστούς, το γλυκοζίδιο μπορεί να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στις αλλομονικές ενέργειες. Πάντως φαίνεται ότι οι βασικές αλληλοχημικές δραστηριότητες έχουν σχέση με τα αγλυκόνα. [57]

Ο σχηματισμός των γλυκοζιδίων επιτρέπει την ασφαλή αποθήκευση των, κατά τα άλλα, τοξικών αγλυκόνων, σε θέσεις οι οποίες είναι απομακρυσμένες από θέσεις λειτουργιών του βασικού μεταβολισμού του φυτού, κάτι το οποίο σχετίζεται με την ικανότητα του φυτού να απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες αλλομονικών αγλυκόνων, όποτε το φυτό απειλείται ή δέχεται επίθεση. Αυτή η δράση συχνά περιλαμβάνει οξειδωτικά και υδρολυτικά ένζυμα, τα οποία αποκτούν επαφή με τα αποθηκευμένα γλυκοζίδια όταν το φυτό βρίσκεται κάτω από μεγάλο στρες. [57]

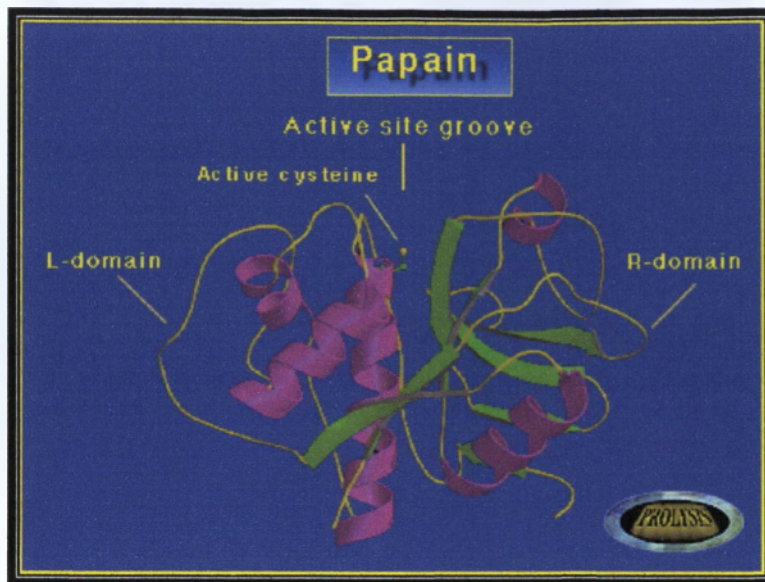
Οι ιδιότητες των γλυκοζιδίων τα καθιστούν σημαντικούς παράγοντες ενδυνάμωσης της ανθεκτικότητας των φυτών. Πρέπει πρωταρχικός ρόλος των ερευνητών να είναι η βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας των αλλομονικών αγλυκόνων τα οποία αποθηκεύονται με ασφάλεια για το φυτό σαν γλυκοζίδια.

2.1.5 Παρεμποδιστές πρωτεάσης και μη πρωτεϊνικά οξέα

Αυτές οι υπεύθυνες, για την άμυνα του φυτού, ουσίες έχουν κοινή προέλευση και δράση σε πρωτεϊνικά ένζυμα.

Πολλοί από τους παρεμποδιστές πρωτεάσης είναι μικρές πρωτεΐνες με μοριακό βάρος λιγότερο από 20000 daltons αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να ξεπερνάει και τα 50000. Εμφανίζονται ως διμερή ή ως τετραμερή. Ορισμένες φαινολικές ουσίες αλλά και αγλυκόνα, έχουν την ιδιότητα να δρουν ως παρεμποδιστές πρωτεάσης. Οι περισσότερες από αυτές τις ουσίες παρεμποδίζουν ένζυμα ζωικής ή μικροβιακής προέλευσης, με είτε τριψινικές είτε χυμοτριψινικές ιδιότητες. Ορισμένες επίσης παρεμποδίζουν πρωτεολυτικά ένζυμα στο φυτό από το οποίο προέρχονται. [20]

Αυτοί οι παρεμποδιστές, έχουν βρεθεί σε πολλά είδη τόσο καλλιεργούμενων όσο και άγριων φυτών. Οι περισσότεροι πρωτεϊνικοί παρεμποδιστές έχουν απομονωθεί από φυτά Leguminosae και ιδίως από τα σπέρματά τους. [58]



Εικόνα 7. Παρεμποδιστής πρωτεάσης προερχόμενος από το φυτό *Carica papaya* [26]

Έχει παρατηρηθεί συσσώρευση των παρεμποδιστών στα σημεία όπου έχουμε τραυματισμούς των φυτών και μετέπειτα αύξηση της αντοχής των φυτών σε αυτούς. Αυτή η συσσώρευση φαίνεται να γίνεται ανεξάρτητα από την πηγή του τραυματισμού. Άρα μπορούμε να την προκαλέσουμε και εμείς με κάποια τεχνητά ελεγχόμενη μέθοδο.

2.1.6 Αρωματικές ουσίες προερχόμενες από σικιμικό οξύ και οξικό άλας

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει φλαβονοειδή, βενζοφενόνες, ορισμένες κουμαρίνες, συμπυκνωμένες τανίνες και στυλβίνες. Αποτελούν μία από τις σημαντικότερες ομάδες χημικών, υπεύθυνων για την άμυνα του φυτού.

Τα φλαβονοειδή, έχουν τη μεγαλύτερη αναγνώριση ως αλλομόνες ενάντια στους εχθρούς. Όμως, παρότι απομακρύνουν ή δρουν ανασταλτικά για κάποια είδη εχθρών μπορεί ταυτόχρονα να προσελκύουν κάποιους άλλους. Οι κουμαρίνες έχουν επιδείξει ένα διπλό ρόλο μεταφοράς μηνυμάτων απομακρύνοντας ορισμένους εχθρούς και ταυτόχρονα προσελκύοντας κάποιους άλλους. Οι χημικές (αρωματικές) ουσίες οι οποίες ανήκουν σε αυτή τη μεγάλη κατηγορία είναι αντικείμενα περαιτέρω μελέτης της δομής τους για να διαπιστωθεί αν τα μόριά τους είναι αλλομόνες ή καιρομόνες για ορισμένα είδη εντόμων. Συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους πρέπει να ελεγχθούν πιο διεξοδικά. Τέτοια είναι:

Α) Επίπεδο οξειδωσης σε μονάδες με 3 άτομα άνθρακα (π.χ. προπάνιο)

Β)Λειτουργικές ομάδες (π.χ. καρβονύλιο και υδροξύλιο) οι οποίες είναι ενωμένες με το προπάνιο ή το υπόλειμμα του

Γ)Υποκατάστατα, ιδίως υδροξύλιου και μεθοξυλίου, στον αρωματικό δακτύλιο. [15]

2.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΜΥΝΑΣ ΦΥΤΩΝ

Τα φυτά εκτός από χημικούς τρόπους άμυνας διαθέτουν και πλήθος μορφολογικών μηχανισμών, οι οποίοι τα βοηθούν να αποφύγουν ή να αντέξουν τις επιθέσεις των εχθρών τους. Αυτοί οι μηχανισμοί διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτούς οι οποίοι δρουν από μακρινή απόσταση, δηλαδή πριν ο εχθρός έρθει σε επαφή με το φυτό, και σε αυτούς που δρουν από κοντινή απόσταση δηλαδή η λειτουργία τους είναι φανερή όταν ο εχθρός έρθει σε επαφή με το φυτό.[54]

2.2.1 Μηχανισμοί μακρινής απόστασης

Οι μηχανισμοί άμυνας του φυτού οι οποίοι δρουν πριν ο εχθρός έρθει σε επαφή με το φυτό είναι δύο. Το χρώμα του φυτού και το σχήμα του.

2.2.2 Χρώμα

Έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα χρώματα είναι λιγότερο ελκυστικά στους εχθρούς των φυτών από άλλα. Πειράματα που έχουν γίνει πάνω σε αυτό τον τομέα έδειξαν ότι τα περισσότερα από τα έντομα ελκύονται από φύλλα των οποίων το χρώμα έχει μήκος κύματος μεταξύ 500 και 600 nm (κιτρινοπράσινο). Πολλά έντομα δείχνουν προτίμηση σε φυτά τα οποία έχουν κίτρινο χρώμα και βρίσκονται σε κατάσταση αδυναμίας παρά πράσινα υγιή φυτά. Αντίθετα είδη πουλιών δείχνουν προτίμηση στο κόκκινο χρώμα παρά στο πράσινο. Πάντως δεν είναι εύκολο να αλλάξουμε το χρώμα των φυτών χωρίς να επηρεάσουμε στην πορεία και άλλες κύριες φυσιολογικές διαδικασίες των φυτών. [52]

2.2.3 Σχήμα

Αν και είναι αδύνατον να συμπεράνουμε με σιγουριά πως το σχήμα επηρεάζει την άμυνα του φυτού και πιο σχήμα είναι καταλληλότερο, είμαστε σίγουροι ότι παίζει ρόλο στην άμυνα. Για παράδειγμα έρευνα έχει αποδείξει ότι γογγύλια με χοντρές ρίζες παθαίνουν λιγότερη ζημιά από το σκουλήκι του γογγυλιού, από αυτά που έχουν λεπτότερες ρίζες. Μια άλλη έρευνα έχει δείξει ότι κρεμμύδι με μικρή γωνία επαφής μεταξύ φύλλων και μίσχου ήταν πιο ελκυστικό σε θρίπες από ότι αυτά στα οποία η γωνία ήταν πιο μεγάλη και τα φύλλα κρέμονταν πιο χαλαρά. [52]

2.2.4 Μηχανισμοί κοντινής απόστασης

Οι περισσότεροι μορφολογικοί παράγοντες άμυνας δρουν από κοντινή απόσταση. Οι πιο συχνά παρατηρούμενοι μηχανισμοί είναι η πάχυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων και σκλήρυνση των ιστών, τα τριχίδια, η αντοχή του μίσχου και τα χαρακτηριστικά του, η απόθεση διαφόρων στοιχείων στα τοιχώματα, οι επιφανειακές κερώδεις ουσίες και η προσαρμογή οργάνων.

2.2.5 Πάχυνση κυτταρικών τοιχωμάτων και σκλήρυνση ιστών

Η πάχυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων οφείλεται στην εναπόθεση σε αυτά κυτταρίνης και λιγνίνης. Σαν αποτέλεσμα αυτού ο ιστός γίνεται πιο ανθεκτικός σε σκισίματα και τρυπήματα των εντόμων. Αυτός ο μηχανισμός ενεργοποιείται όταν το φυτό τραυματίζεται με σκοπό την επούλωση του τραύματος αλλά οι δημιουργούμενοι ιστοί είναι πιο ανθεκτικοί από τους προϋπάρχοντες. Μια παρατηρούμενη αντίδραση στα φυτά βαμβακιού είναι αξιοσημείωτη. Κατά τον τραυματισμό τους από έντομα, οι λάρβες τους παγιδεύονταν και είτε πνίγονταν είτε συνθλιβόνταν από τα δημιουργούμενα κύτταρα .

Δυστυχώς αυτό το χαρακτηριστικό δημιουργούσε άλλα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά και έτσι δεν μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε σε βελτιωτικά προγράμματα. [23]

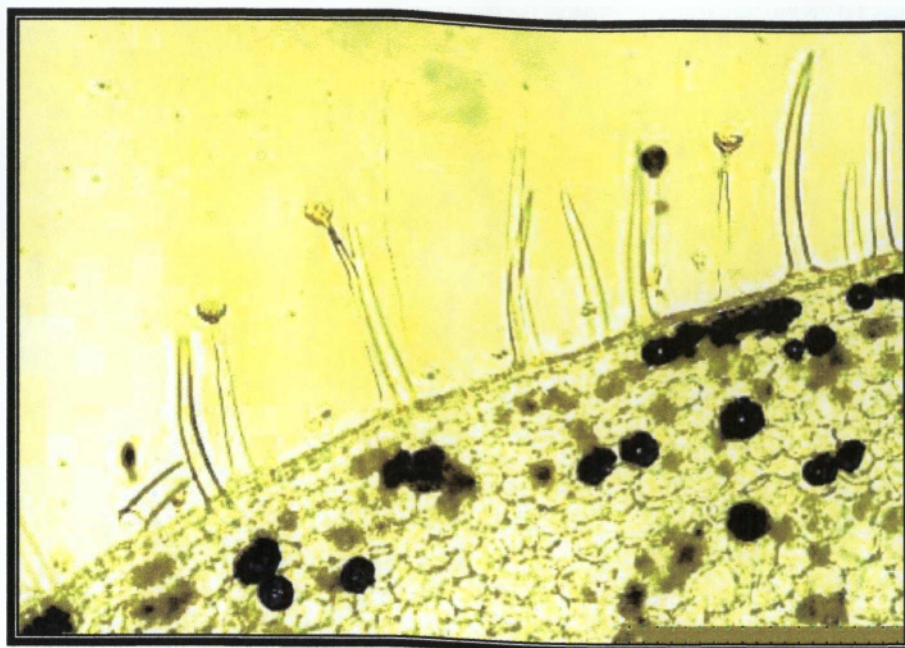
2.2.6 Αντοχή μίσχου

Σε αντίθεση με τη σκλήρυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων αφού το φυτό έχει δεχθεί επίθεση, ο μίσχος του φυτού πολλές φορές μπορεί να αποκρούσει την επίθεση ενός εχθρού λόγω της φυσικής του αντοχής. Επίσης έχει βρεθεί ότι όταν ο μίσχος του φυτού είναι πιο σκληρός τα αυγά που έχουν εναποτεθεί πάνω σε αυτόν είναι κατά ένα ποσοστό σπασμένα και αφυδατωμένα και επίσης εμποδίζεται η κυκλοφορία των λαμβών. Υπάρχουν, όμως, ενδείξεις ότι είναι αρκετοί οι παράγοντες στους οποίους οφείλεται αυτό το φαινόμενο και έτσι δεν έχει ακόμα μελετηθεί σε βάθος. Ένας από αυτούς είναι η ένταση του φωτός, η οποία επηρεάζει τη σκληρότητα του μίσχου. Η φυσική αντοχή του μίσχου είναι από τους πιο σημαντικούς μορφολογικούς παράγοντες ανθεκτικότητας των φυτών, αλλά επειδή από ότι φαίνεται επηρεάζεται σημαντικά από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες πρέπει κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μας να εκθέτουμε σειρές φυτών σε διαφορετικές συνθήκες ώστε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα.

2.2.7 Τρίχωμα

Η επιφάνεια των φύλλων μπορεί να παίζει μεγάλο ρόλο στο να αποτρέψει επιθέσεις από σπονδυλωτά και έντομα. Η μορφολογία των φύλλων κάθε φυτού είναι ξεχωριστή. Το φύλλο μπορεί να εκφράσει την αποστροφή του προς τους εχθρούς του με ποικίλους τρόπους π.χ. δημιουργώντας παχύτερη ή λεπτότερη φυλλική επιφάνεια, με επικάλυψη της φυλλικής επιφάνειας με κερώδεις ουσίες και με δημιουργία εκφύσεων στην επιφάνεια των φύλλων. Αυτές οι εκφύσεις έχουν τη μορφή είτε πολυκύτταρων κατασκευών είτε τροποποιημένων τριχών του φύλλου, οι οποίες ονομάζονται τρίχωμα (*trichomes*). [38]

Το τρίχωμα φαίνεται ότι έχει εξελιχθεί σαν ένας τρόπος για εξοικονόμηση νερού από το φυτό. Το τρίχωμα μπορεί να λειτουργήσει και για να αυξηθεί η αντανakλαστικότητα του ήλιου και να αλλάξει το μικροκλίμα πάνω στην επιφάνεια του φύλλου.



Εικόνα 8. Τρίχωμα σε μεγένθυση [53]

Το τρίχωμα μπορεί να βοηθήσει στην άμυνα του φυτού με πολλούς τρόπους. Η μεγάλη πυκνότητα των τριχιδίων μπορεί να δημιουργήσει ένα φυσικό φράχτη, ο οποίος θα εμποδίσει, τα έντομα να πλησιάσουν τη φυλλική επιφάνεια. Χημικές ουσίες που περιέχονται στο τρίχωμα, έχουν δηλητηριώδη δράση σε έντομα, με επαφή, κατά τη χώνευση και την αναπνοή. Η αντοχή λόγω του τριχώματος μπορεί να οφείλεται και στην ιδιότητα αυτού να εκκρίνει κολλώδεις ουσίες οι οποίες παρεμποδίζουν τη διατροφή του εντόμου, την κίνηση και την επιβίωσή του.[51]

Το τρίχωμα μπορεί επίσης να είναι αδενικό και να εκκρίνονται ουσίες που καλύπτουν την επιφάνεια του φύλλου. Ορισμένα από τα εκκρινόμενα χημικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άμυνα του φυτού ενάντια τόσο στα σπονδυλωτά όσο και έντομα. Το μήκος της ημέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξουμε την ποσότητα του τριχώματος η οποία θα είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία αυτών των χημικών ουσιών.

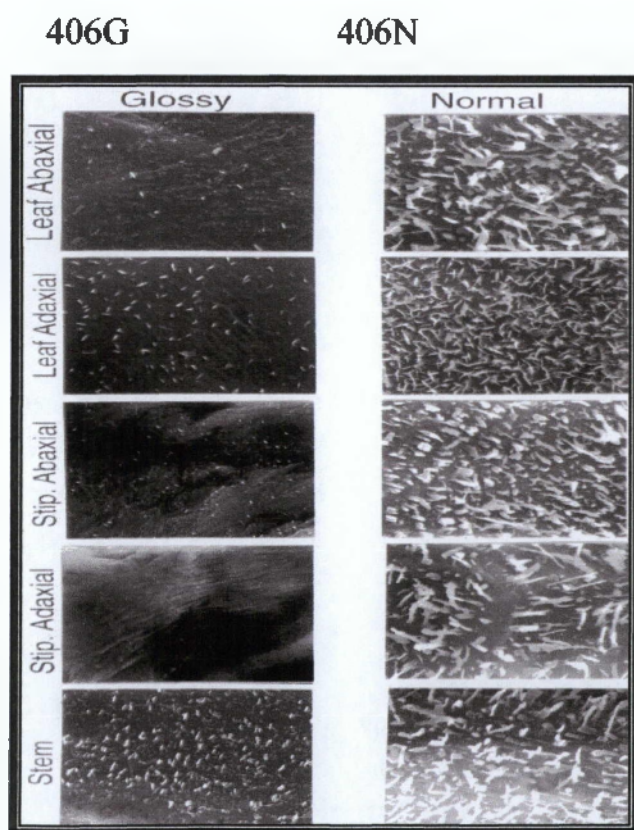
2.2.8 Κηρώδεις ουσίες

Η επιφάνεια των περισσότερων φυτών είναι καλυμμένη με ένα λεπτό στρώμα πολύ υδρόφοβων ουσιών. Όλες οι ουσίες κηρώδους χαρακτήρα αναφέρονται με τον όρο κεριά. Όμως, χημικά με τον όρο κερί αναφερόμαστε σε έναν εστέρα δημιουργημένο από μία μακριά αλυσίδα λιπαρών οξέων και μια αλειφατική αλκοόλη υψηλού μοριακού βάρους. Τα

κεριά των φυτών ποικίλλουν από ένα μικρό κλάσμα έως ένα σημαντικό ποσοστό του ξηρού βάρους του φυτού. [6]

Ο κύριος σκοπός των κεριών είναι η συμμετοχή τους στους μηχανισμούς του ισοζυγίου του νερού του φυτού. Επίσης, τα κεριά περιέχουν ουσίες που παρεμποδίζουν παθογόνα και τις επιθέσεις εντόμων. Η επικάλυψη του φυτού με κερί είναι μια φτηνή μέθοδος δευτερεύουσας άμυνας ενάντια σε έντομα. Επίσης ο δυνατός αέρας μπορεί να λειτουργήσει σε ορισμένες περιπτώσεις, σαν συμπλήρωμα στην άμυνα, με την παραγωγή κεριού σε μίσχους φυτών οι οποίοι είναι εύθραυστοι.

Οι εκκρίσεις κεριών μπορεί να επηρεάσουν τη διαφυγή εντομών τα οποία έχουν προσελκυθεί από σαρκοβόρα φυτά. Ορισμένοι τύποι κεριών μπορούν να λειτουργήσουν σαν δείκτες για αρπακτικά έντομα και ζώα. Αυτά προσελκύνται από το φυτό και επιτίθενται σε έντομα βλαβερά για αυτό. Πολλές κερώδεις επιφάνειες αντανακλούν έντονα τις υπεριώδεις ακτινοβολίες και αυτό μπορεί να δρα σαν οδηγός για αρπακτικά έντομα και ζώα. [36]



Εικόνα 9. Διαφορά σε κερώδη επιφάνεια των ποικιλιών 406G και 406N μπιζελιού [27]

2.2.9 Απόθεση στοιχείων σε τοιχώματα

Έχει παρατηρηθεί εναπόθεση πυριτίου στα επιδερμικά τοιχώματα των φυτών, ιδιαίτερα μεταξύ των Gramineae, Cyperaceae και Palmae. Ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου, με τη μορφή κυστόλίθων, έχουν βρεθεί σε εκφύσεις επιδερμικών κυτταρικών τοιχωμάτων.(Martin και Juniper 1970) Ανθρακικά και πυριτικά τριχίδια υπάρχουν σε πολλά φυτά. Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα όπου αυτές οι αποθέσεις δρουν αμυντικά για τα φυτά. Έχει παρατηρηθεί ότι έντομα προτίμησαν ποικιλίες ρυζιού οι οποίες δεν είχαν αποθέσεις πυριτίου από αυτές οι οποίες είχαν. Ως εξήγηση αυτού του φαινομένου έχει προταθεί ότι πολυμεριζόμενο πυριτικό οξύ γεμίζει τα ανοίγματα των κυτταρικών μικκυλίων των κυτταρικών τοιχωμάτων και δημιουργείτο μία πυριτοκυτταρινική μεμβράνη η οποία λειτουργεί αμυντικά απέναντι σε έντομα και παθογόνα. Η ικανότητα να συγκεντρώνεται η απαραίτητη ποσότητα εδαφικού πυριτίου είναι χαρακτηριστικό ορισμένων ποικιλιών ρυζιού. [4]

2.2.10 Προσαρμογή οργάνων

Μικρές τροποποιήσεις στη μορφολογία του φυτού μπορούν να επηρεάσουν την αντοχή του στους εχθρούς. Τις πιο πολλές φορές παρατηρούμε τροποποιήσεις σε φύλλα. Μία από τις πιο κοινά παρατηρούμενες μεταλλαγές είναι η δημιουργία αγκαθιών, τα οποία προστατεύουν το φυτό από ζωικούς εχθρούς και ταυτόχρονα παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση νερού. Διάφορα είδη φυτών, όπως π.χ το ζαχαροκάλαμο, δημιουργούν πτυχώσεις στη βάση των φύλλων τους στις οποίες συσσωρεύεται νερό. Αυτές οι «πισίνες» λειτουργούν σαν παγίδες για τις λάρβες του *Diatraea saccharalis*. [14]

Υπάρχουν πολλοί τέτοιοι μηχανισμοί στα φυτά και πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν σε βελτιωτικά προγράμματα γιατί αν και ξεχωριστά δεν έχουν μεγάλη φυτοπροστατευτική ικανότητα, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΖΩΙΚΟΥΣ ΕΧΘΡΟΥΣ

3.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Αρχικά η βελτίωση φυτών επικεντρωνόταν στην παραγωγή και την μείωση του κόστους και όχι στην ανθεκτικότητα. Τα τελευταία χρόνια όμως παρατηρείται μια στροφή προς τη βελτίωση της ανθεκτικότητας των φυτών, κάτι το οποίο τείνει να γίνει ο σημαντικότερος στόχος βελτίωσης. Οι χρησιμοποιούμενες στρατηγικές που ακολουθούνται είναι :

Α) Ολοκληρωτική (κάθετη) ανθεκτικότητα. Με τον όρο κάθετη ανθεκτικότητα εννοούμε την ανθεκτικότητα η οποία είναι ενεργή ενάντια σε μερικές μόνο μορφές ενός εχθρού. Έχει σημειωθεί επιτυχία σε ολοκληρωτική ανθεκτικότητα σε ορισμένους εχθρούς, βασιζόμενοι στη γονιδιακή σχέση του φυτού με το παθογόνο. Ορισμένες από αυτές τις ανθεκτικότητες αποδείχθηκαν διαρκείς ενώ άλλες κατέρρευσαν εξαιτίας των τυχαίων μεταλλάξεων τις οποίες υπέστη ο παθογόνος πληθυσμός.

Β) Πολυγονιδιακή (οριζόντια ή μερική). Με τον όρο πολυγονιδιακή ανθεκτικότητα εννοούμε την ανθεκτικότητα η οποία είναι ενεργή ενάντια σε όλες τις γενετικές παραλλαγές ενός εχθρού. Αυτή η ανθεκτικότητα βασίζεται σε περισσότερα από ένα γονίδια του φυτού και στη διασπορά διαφορετικών γονιδίων ανθεκτικότητας στο φυτικό πληθυσμό, παρουσιάζοντας έτσι ο πληθυσμός σημαντική ανθεκτικότητα.

Γ) Διαφορετικά γονίδια αντοχής σε φυτά της ίδιας καλλιέργειας. Η ενσωμάτωση διαφορετικών μορφών ανθεκτικότητας, σε διαφορετικά φυτά της ίδιας καλλιέργειας, μειώνει τις επιδημίες.

3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η έκφραση της ανθεκτικότητας του φυτού απέναντι σε κάποιον εχθρό είτε με μορφολογικούς είτε με βιοχημικούς μηχανισμούς είναι αποτέλεσμα ενός ή και περισσότερων γονιδίων. Σκοπός του βελτιωτή είναι η εύρεση και η μεταφορά αυτών των γονιδίων με κάποιον τρόπο σε άλλα φυτά είτε του ίδιου είτε διαφορετικού είδους. Όμως, πως επιλέγει ο βελτιωτής φυτών τα κατάλληλα φυτά κάθε φορά; Αυτό επιτυγχάνεται με τεστ επιλογής σκοπός των οποίων είναι να διαχωρίσουμε τα ανθεκτικά από τα μη ανθεκτικά φυτά. Για να γίνει ο διαχωρισμός αυτός το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι να τοποθετήσουμε τα φυτά που θέλουμε σε χώρο κατάλληλο για τη σωστή ανάπτυξη του εχθρού ενάντια στον οποίο θέλουμε να μελετήσουμε την ανθεκτικότητα του φυτού και να φροντίσουμε να προσβάλουμε το φυτό με αυτόν. Σε περίπτωση όπου η επιθυμητή ανθεκτικότητα ελέγχεται από ένα ή λίγα γονίδια τότε ο διαχωρισμός δεν είναι δύσκολο να γίνει γιατί η μεταβολή στην ανθεκτικότητα είναι ασυνεχές φαινόμενο και τα περισσότερα ανθεκτικά φυτά είναι εύκολο να εντοπιστούν. Σε περίπτωση όμως που η ανθεκτικότητα οφείλεται σε περισσότερα γονίδια δεν είναι σαφής ο διαχωρισμός μεταξύ ανθεκτικών και μη ανθεκτικών φυτών. Σε αυτή την περίπτωση οι διαφορές στην ανθεκτικότητα είναι ποσοτικές και όχι ποιοτικές. Επειδή εμφανίζεται στο φυτικό πληθυσμό διακύμανση στην έκφραση της ανθεκτικότητας πρέπει να υπολογίσουμε την ένταση της προσβολής πριν κάνουμε την επιλογή για ανθεκτικότητα. Αυτή η επιλογή μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους:

A) Ο βαθμός της επίθεσης μπορεί να καθοριστεί δίνοντας σε κάθε φυτό ή ομάδα φυτών ένα βαθμό για τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων. Συνηθέστερα χρησιμοποιούμε βαθμολογία 0 – 4.

0 = ασυμπτωματικά φυτά

1 = πολύ ήπια συμπτώματα

2 = ήπια συμπτώματα

3 = σοβαρά συμπτώματα

4 = πολύ σοβαρά συμπτώματα

B) Υπολογίζοντας τις ξεχωριστές προσβολές από διαφορετικούς εχθρούς χρησιμοποιώντας ένα παρόμοιο με το παραπάνω σύστημα (0 = καμία, 4 = πολλές)

Γ) Μπορούμε να καθορίσουμε την ανεκτικότητα υπολογίζοντας το ποσοστό του φυτού το οποίο έχει προσβληθεί. Συχνότερα υπολογίζουμε το ποσοστό της φυλλικής επιφάνειας.

Αν και αυτά τα συστήματα υπολογισμού είναι υποκειμενικά γενικά δίνουν αποδεκτά αποτελέσματα και χρησιμοποιούνται στα περισσότερα βελτιωτικά προγράμματα. Σε περίπτωση που χρειαζόμαστε πιο ακριβή αποτελέσματα καταφεύγουμε σε λεπτομερείς μετρήσεις. Επειδή όμως αυτές οι μέθοδοι είναι πολύπλοκες και χρονοβόρες δεν χρησιμοποιούνται σε μεγάλης κλίμακας βελτιωτικά προγράμματα. (Russel 1978)

3.3 ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΦΥΤΑ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες οι οποίοι περιπλέκουν την επιλογή του κατάλληλου φυτού για βελτίωση. Για παράδειγμα ορισμένα φυτά μπορεί να παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα σε κάποια μετάλλαξη ενός εχθρού και σε κάποια άλλη μετάλλαξη του ιδίου να παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία. Γι' αυτό το λόγο κατά την έρευνα για ανθεκτικότητα σε κάποιον συγκεκριμένο εχθρό, πρέπει να χρησιμοποιούμε μεγάλο εύρος από τις μεταλλάξεις του. Έτσι το φυτό ελέγχεται κατά αρκετές μεταλλάξεις ενός εχθρού ταυτόχρονα. Μια εναλλακτική μέθοδος είναι να φυτέψουμε το ελεγχόμενο φυτό σε διάφορα μέρη όπου αναμένουμε να εμφανιστούν διάφορες μεταλλάξεις του εχθρού. Τα φυτά τα οποία είναι ανθεκτικά μόνο σε μερικές από τις μεταλλάξεις θα αναγνωρισθούν εύκολα και θα απομακρυνθούν από το δείγμα μας.

Άλλα προβλήματα που ενδέχεται να παρουσιαστούν κατά την επιλογή είναι το φυτό να είναι ανθεκτικό μόνο κατά ένα συγκεκριμένο στάδιο της ανάπτυξής του καθώς επίσης να παρατηρείται διαφορετικού βαθμού ανθεκτικότητα στα διάφορα όργανα του φυτού. Επομένως για να παίρνουμε σωστά αποτελέσματα πρέπει να ελέγχουμε την ανθεκτικότητα του φυτού σε διάφορα στάδιά του.

3.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ

Ο πρωταρχικός στόχος του αγρότη είναι η κατά τι δυνατόν μεγαλύτερη και οικονομικότερη παραγωγή των προϊόντων του. Όμως κάποια στιγμή καταλάβαμε ότι η ποσοτική παραγωγή έφτασε σε ένα οριακό σημείο. Από εκεί και πέρα η βελτίωση φυτών κινήθηκε προς την κατεύθυνση της ανθεκτικότητας των φυτών αφού σημαντικό μέρος της παραγωγής χανόταν από τους εχθρούς των φυτών. Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται στη

βελτίωση της ανθεκτικότητας δεν διέφεραν σημαντικά από αυτούς που χρησιμοποιούνταν ως τότε για τη βελτίωση της παραγωγής, οπότε γνωρίζοντας τους βασικούς μηχανισμούς αυτής της εργασίας δεν άργησαν να φανούν τα πρώτα ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Από τότε ο εργασίες για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας των φυτών έχουν προχωρήσει πάρα πολύ με εκπληκτικά, μερικές φορές, αποτελέσματα. [2]

Οι μέθοδοι που θα ακολουθήσουμε εξαρτώνται κυρίως από το αν το φυτικό είδος που θέλουμε να βελτιωθεί είναι σταυρογονιμοποιούμενο ή αυτογονιμοποιούμενο. Στα αυτογονιμοποιούμενα φυτά συμπεριλαμβάνονται τα περισσότερα σημαντικά δημητριακά και πολλά όσπρια. Στα σταυρογονιμοποιούμενα από την άλλη περιλαμβάνονται φρούτα, αμυλούχα φυτά, καθώς και ελαιούχα και σακχαρούχα φυτά.

Αν και οι ακολουθούμενες διαδικασίες για επιλογή είναι παρόμοιες και για τις δύο κατηγορίες, παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο τα μεταχειριζόμαστε. Στα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά ένα μόνο φυτό με επιθυμητά χαρακτηριστικά δεν είναι αρκετό για τη δημιουργία μιας καινούργιας ποικιλίας. Αυτό συμβαίνει γιατί αρκετά από τα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά είναι ασύμβατα με τον εαυτό τους και έτσι δεν μπορούν να αναπαραχθούν. Δεύτερον ακόμα και αν είναι συμβατά, η αυτογονιμοποίησή τους δίνει φυτά μειωμένης δύναμης και παραγωγής. Αντίθετα στα αυτογονιμοποιούμενα φυτά δεν παρουσιάζονται τέτοια προβλήματα.

Παρακάτω θα περιγράψουμε τις κυριότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση τόσο των σταυρογονιμοποιούμενων όσο και των αυτογονιμοποιούμενων φυτών.

3.5 ΣΤΑΥΡΟΓΟΝΟΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ

Φυτά τα οποία γονιμοποιούνται με την γύρη άλλου φυτού του ίδιου είδους λέγονται σταυρογονιμοποιούμενα και σε αυτά ανήκουν πολλά είδη φυτών όπως π.χ. το καλαμπόκι και το σόργο. Οι γενετιστές ασχολούνται με φυσικά σταυρογονιμοποιούμενα είδη ώστε να δημιουργήσουν υβρίδια για τους αγρότες.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι η μαζική επιλογή. Από έναν ετερογενή πληθυσμό φυτών διαλέγουμε αυτά τα οποία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. Κατόπιν τα επιλεγμένα φυτά διασταυρώνονται μεταξύ τους και παράγουν τους σπόρους τους οποίους θα χρησιμοποιήσουμε για την επόμενη γενιά. Σκοπός μας είναι

κάθε επόμενη γενιά να παρουσιάζει και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. Με επανάληψη αυτής της διαδικασίας πρέπει να επιτυγχάνουμε συνεχώς μεγαλύτερη ανθεκτικότητα.

Το σημαντικότερο στοιχείο για την ανάπτυξη υβριδίων είναι η ανάπτυξη επιθυμητών χαρακτηριστικών στα γονικά φυτά καθώς δύο οποιαδήποτε φυτά με τη διασταύρωσή τους δεν θα μας δώσουν αναγκαστικά ένα καλύτερο. Πολλές διασταυρώσεις ελέγχονται για να βρεθούν ανάμεσά τους οι καλύτεροι δυνατοί υβριδικοί συνδυασμοί. Οι καθαρές γραμμές προκύπτουν με συνεχή αυτογονιμοποίηση επί αρκετές γενεές. Πρέπει να δώσουμε προσοχή καθώς απαιτείται έλεγχος κατά τη διασπορά της γύρης σε φυτά τα οποία είναι φυσικά σταυρογονιμοποιούμενα. Η ομομειξία αφαιρεί την ετεροζυγωτία από το γενετικό υλικό των φυτών. Αν υποθέσουμε ότι ένα φυτό έχει γενότυπο Aa. Στο συγκεκριμένο φυτό η ετεροζυγωτία είναι 100%. Αν αυτό το φυτό αυτογονιμοποιούμενο μας δώσει 4 καινούργια φυτά, η ετεροζυγωτία θα μειωθεί στο μισό. Με συνεχείς αυτογονιμοποιήσεις φτάνουμε σε ένα ποσοστό ετεροζυγωτίας το οποίο το θεωρούμε μηδενικό.

Ετερωτική ευρωστία ορίζεται σαν, η μικρότερη ή μεγαλύτερη, απόδοση του υβριδίου σε σχέση με αυτή των γονέων του. Η διαφορά στην απόδοση οφείλεται στην υψηλό επίπεδο ετεροζυγωτία της υβριδικής ποικιλίας. Ο λόγος για τον οποίο το υβριδικό καλαμπόκι έχει καλύτερη απόδοση όταν υπάρχει ετεροζυγωτία παρά όταν υπάρχει ομοζυγωτία δεν έχει κατανοηθεί ακόμα. Η δημιουργία των υβριδικών ποικιλιών γίνεται με ελεγχόμενη γονιμοποίηση μεταξύ σειρών. Πολλές φορές για να συμβεί αυτό προκαλούμε αρρενοστεριότητα [18]. Οι γονικές γραμμές συνθετικών και υβριδικών ποικιλιών κρατούνται χωριστά ώστε να μπορούν να ανασυγκροτηθούν σε περίπτωση ανάγκης. Στις συνθετικές ποικιλίες, σε αντίθεση με τη μαζική επιλογή, χρησιμοποιούμε μόνο γονότυπους οι οποίοι παράγουν ανώτερης ποιότητας υβριδικούς συνδυασμούς. Αυτές δημιουργούνται με τη διασταύρωση επιλεγμένων φυτών, κλώνων ή σειρών οι οποίες έχει βρεθεί ότι έχουν καλή συνδυαστική ικανότητα.

3.6 ΑΥΤΟΓΟΝΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ

Για τα αυτογονιμοποιούμενα φυτά χρησιμοποιούμε τρεις κυρίως μεθόδους για τη δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών. Αυτές είναι η μαζική επιλογή, η επιλογή καθαρών σειρών και ο υβριδισμός, ο οποίος μπορεί να ακολουθείται από τη μαζική μέθοδο επιλογής (bulk method) και τη γενεαλογική μέθοδο επιλογής (pedigree method). Έτσι έχουμε αυξημένη ομοζυγωτία και το τελικό αποτέλεσμα είναι μία ομοιογενής, καθαρή γραμμή, τα

φυτά της οποίας είναι σχεδόν όμοια μεταξύ τους σε όλα τα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά, μεταξύ των οποίων και η ανθεκτικότητα.[31]

3.7 ΜΑΖΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

Κατά τη μαζική επιλογή, παίρνουμε φυτά παρόμοιου φαινοτύπου και οι απόγονοί τους συγκεντρώνονται για να αποτελέσουν τη βάση της ποικιλίας. Το κάθε φυτό μπορεί να μοιάζει με τα άλλα μορφολογικά, αλλά θα έχουν διαφορές σε άλλα χαρακτηριστικά τους όπως π.χ. στην ανθεκτικότητα. Αν και αυτή η μέθοδος είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί, δεν έχει παίξει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση των φυτών από τη μέση περίπου της δεκαετίας του '20. Πάντως θεωρείται ακόμα χρήσιμη μέθοδος σε νέες μικρές καλλιέργειες καθώς και σε περιπτώσεις όπου έχουμε εναλλασσόμενες συνθήκες μια και έτσι εμφανίζονται παραλλαγές εντός των ποικιλιών. [63]

3.8 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΣΕΙΡΩΝ

Οι ποικιλίες καθαρών σειρών προέρχονται από τους απογόνους ενός αυτογονιμοποιημένου ομοζυγωτού φυτού επλεγμένου από μία εμπορική, συνήθως, ποικιλία. Κατόπιν αυτός ο απόγονος ελέγχεται ξανά για αντοχή καθώς και για άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά και αν διαπιστωθεί ότι εξασφαλίζει κάποιες επιθυμητές ιδιότητες, πολλαπλασιάζεται για να παραχθεί μια καινούργια ποικιλία. Αυτή είναι μία εύκολη και γρήγορη διαδικασία και πολλές χρήσιμες ποικιλίες έχουν προέλθει με αυτό τον τρόπο. Αυτές οι ποικιλίες μπορούν να δημιουργηθούν και στη φύση είτε λόγω φυσικών μεταλλάξεων είτε από γονιμοποίηση από άγνωστο γονικό φυτό.

3.9 ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ

Ο υβριδισμός περιλαμβάνει τεχνητή διασταύρωση φυτών δύο καθαρών σειρών με σκοπό τον συνδυασμό και την κληρονόμηση των επιθυμητών χαρακτηριστικών από τους γονείς στα φυτά της επόμενης γενιάς. Αυτή η μέθοδος μας επιτρέπει να συνδυάσουμε αρκετές μορφές ανθεκτικότητας σε μία ποικιλία. Οι απόγονοι της πρώτης γενεάς είναι γενετικά ίδιοι. Η διαφορά τους έγκειται στο ότι είναι ομοζυγωτοί ή ετροζυγωτοί για τα

γονίδια ανθεκτικότητας, ανάλογα με τη γενετική σύσταση των γονέων. Ο γενετικός διαχωρισμός των φυτών συμβαίνει από τη δεύτερη γενιά και μετά.

Οι δύο μέθοδοι που ακολουθούμε κατόπιν για την επιλογή των καταλληλότερων φυτών είναι η μαζική και η γενεαλογική μέθοδος. Και οι δύο αυτές μέθοδοι ενδέχεται να δώσουν τελικά την ίδια βελτιωμένη ποικιλία. Με τη γενεαλογική μέθοδο, η επιλογή των φυτών γίνεται σε πρωιμότερο στάδιο από τη μαζική. Ξεκινώντας από τη δεύτερη γενιά F2 επιλέγουμε τα φυτά τα οποία παρουσιάζουν την επιθυμητή ανθεκτικότητα, τα διασταυρώνουμε μεταξύ τους και ξαναεπιλέγουμε τα καλύτερα μέχρι να επιτύχουμε ομοζυγωτία. Αντίθετα στη μαζική επιλογή η διαλογή γίνεται όταν επιτευχθεί η ομοζυγωτία. Επιθυμητά χαρακτηριστικά των φυτών μπορεί να χαθούν λόγω του φυσικού ανταγωνισμού μεταξύ των φυτών στο φυσικό περιβάλλον με χρήση της μαζικής μεθόδου, όμως με τη γενεαλογική μέθοδο επιλογής αναγνωρίζονται και διαφυλάσσονται. Αν και η μαζική μέθοδος είναι ευκολότερη να πραγματοποιηθεί, δημιουργείται το πρόβλημα ότι πρέπει να δημιουργηθεί πολύ μεγάλος αριθμός φυτών πριν ξεκινήσουμε την επιλογή μας. Γι' αυτό και συνήθως προτιμάται η γενεαλογική μέθοδος. (Russel 1978)

Και οι δύο μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για να ξεπεραστούν αυτά δημιουργήθηκε μια άλλη μέθοδος η οποία συνδυάζει τις δύο προηγούμενες. Αυτή είναι η μαζική-γενεαλογική μέθοδος (mass-pedigree). Σε αυτή τη μέθοδο η επιλογή των κατάλληλων φυτών ξεκινά όταν ο φυτικός πληθυσμός δεχθεί επίθεση, οπότε και κάνουμε την επιλογή των ανθεκτικών φυτών.

Πολλές φορές ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό ελέγχεται από ένα ή λίγα μόνο γονίδια. Αυτό το γονίδιο το ενσωματώνουμε σε μία κατά τα άλλα επιθυμητή ποικιλία χρησιμοποιώντας τη μέθοδο διασταύρωσης του υβριδίου με το πατρικό φυτό (backcross method). Αυτή η τεχνική επιτρέπει τη βελτίωση μιας ποικιλίας κατά ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, επιτρέποντάς της ταυτόχρονα να διατηρήσει τα προϋπάρχοντα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Όσο πιο λίγα γονίδια ελέγχουν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, τόσο ευκολότερο είναι να επιτευχθεί ο σκοπός μας με αυτή τη μέθοδο.[50]

3.10 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σήμερα υπάρχουν διαφωνίες για το κατά πόσο είναι ασφαλής η χρήση των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι η χρήση τους είναι αναγκαία, ασφαλής και απαραίτητη για την ανάπτυξη ενώ κάποιοι άλλοι ότι δεν χρειάζονται και ότι είναι επικίνδυνα για την υγεία και το περιβάλλον. Οι πρώτοι ισχυρίζονται ότι τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και ο φόβος του κοινού στέκονται εμπόδιο στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ενώ οι δεύτεροι ότι για οικονομικά συμφέροντα οι επιστήμονες και οι βιομηχανίες αποκρύπτουν τα πιθανά προβλήματα που δημιουργούνται από τη χρήση των τροποποιημένων φυτών.

Κανένας από τους δύο δεν έχει απόλυτο δίκιο. Όπως πάντα η αλήθεια βρίσκεται κάπου τη μέση. Αυτό οφείλεται στο ότι η βιοτεχνολογία δεν είναι μία ενιαία μέθοδος, αλλά μάλλον μια συλλογή διαφόρων μεθόδων η κάθε μία από τις οποίες αποφέρει διαφορετικά κέρδη αλλά έχει και διαφορετικά ρίσκα και πιθανότητες εμφάνισης προβλημάτων.

Οι βιοτεχνολογικές μέθοδοι έχουν χωριστεί σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τον χρόνο εμφάνισής τους. Έτσι έχουμε τις μεθόδους πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς. Οι τεχνολογίες πρώτης γενιάς αφορούν τη δημιουργία φυτών με ανθεκτικότητα σε εντομοκτόνα, έντομα (αρχικά χρησιμοποιήθηκε το *Bacillus thuringiensis* (Bt) , αλλά τώρα χρησιμοποιούνται με επιτυχία και τοξίνες φιδιών, σφηκών, αραχνών και άλλων εντόμων τα οποία παρουσιάζουν τοξική δράση), καρπών ταχύτερης ωρίμανσης καθώς και προχρωματισμένων φυτών (μπλε βαμβάκι κ.α.). Είναι φανερό ότι οι τεχνολογίες της πρώτης γενιάς αποσκοπούσαν στην αποκόμιση νέων κερδών για τις εταιρίες που παρήγαγαν τα φυτά. Ακόμα και την περίπτωση των Bt βαμβακιού και αραβόσιτου, οι τιμές ήταν τόσο υψηλές αρχικά, ώστε το κέρδος από τη μη χρήση εντομοκτόνων να εξανεμίζεται.

Οι τεχνολογίες της δεύτερης γενιάς αν και έχουν αναπτυχθεί από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 δεν έχουν ακόμα κυκλοφορήσει εμπορικά. Αυτές περιλαμβάνουν δημιουργία ανθεκτικότητας σε ιούς του ρυζιού, της παπάγιας, του πιπεριού και της γλυκοπατάτας, ανθεκτικότητα σε νηματώδεις σε δημητριακά και άλλες καλλιέργειες (π.χ. μπανάνα), ανθεκτικότητα σε παγετούς με την εισαγωγή γονιδίων του ψαριού γλώσσα σε φράουλες και άλλα φυτά, καθώς και δημιουργία φυτών και ζώων τα οποία θα παράγουν φαρμακευτικές ουσίες (π.χ. ινσουλίνη), τις οποίες θα λαμβάνουμε είτε από το γάλα των πρώτων είτε καταναλώνοντας τα δεύτερα. Μία τεχνική η οποία χρησιμοποιείται, αλλά παραδόξως δεν έχει εγείρει ακόμα σημαντικές διαμαρτυρίες είναι η δημιουργία «αυτοκτονούντων σπόρων».

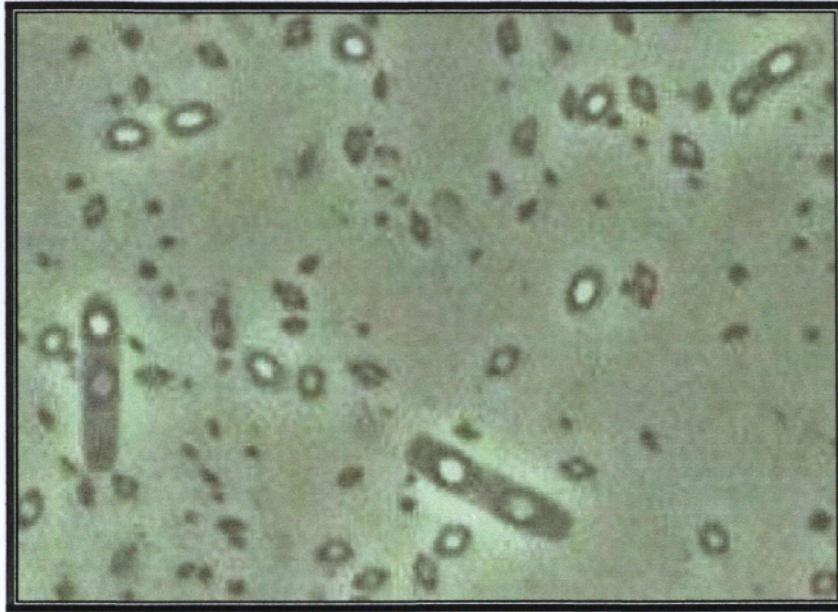
Αυτοί οι σπόροι θα έχουν γονίδια τα οποία δεν θα επιτρέπουν στους σπόρους που φυλάει ο παραγωγός από τη σοδειά του, να φυτρώνουν την επόμενη χρονιά.

Τέλος οι τεχνολογίες της τρίτης γενιάς αναπτύσσονται τώρα και είναι πιο πολυλειτουργικές και προσανατολισμένες προς το κοινό καλό αλλά όχι χωρίς κινδύνους. Είναι υπό μελέτη δημιουργία δημητριακών με αντοχή σε δυσμενείς συνθήκες (π.χ. σε μεγάλες θερμοκρασίες, βαριά εδάφη κ.α.), απομικτικές σοδειές ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται οι σπόροι υβριδίων την επόμενη χρονιά χωρίς απώλειες στη σοδειά, φυτά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εμβόλια όταν φαγωθούν, φυτά τα οποία παράγουν έλαια και πλαστικά κ.α.[84]

3.11 ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΟΞΙΝΕΣ

Τα τελευταία χρόνια ανακαλύφθηκε ότι ορισμένα μόρια ουσιών βακτηριακής προελεύσεως, μπορούν να δράσουν ως εντομοκτόνα. Η δυνατότητα εισαγωγής αυτών των μορίων σε άλλα φυτά οδήγησε σε μία γεωργική επανάσταση. Τόσο οι ερευνητές όσο και οι καλλιεργητές υποδέχθηκαν αυτά τα νέα προϊόντα με μεγάλη χαρά αφού η αποτελεσματικότητά τους στον έλεγχο διαφόρων εντόμων ήταν πολύ μεγάλη. Όμως μεγάλη μερίδα του κοινού δεν δέχεται τη χρήση γενετικά τροποποιημένων προϊόντων στην καθημερινή του διατροφή. Ακόμα υπάρχουν αναπάντητα ερωτήματα από μέρος του κοινού για την ασφάλεια από την κατανάλωση τέτοιων προϊόντων παρά της διαβεβαιώσεως από επίσημους οργανισμούς. Παρ' όλες πάντως τις αντιδράσεις του κοινού, στην Ευρώπη τουλάχιστον, νέες ποικιλίες γενετικά τροποποιημένες δημιουργούνται συνέχεια.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι χρησιμοποιούμενες βακτηριακές τοξίνες προέρχονται από το βακτήριο *Bacillus thuringiensis*. Οι ποικιλία των στελεχών και υποειδών του συγκεκριμένου βακτηρίου μας προσφέρει ένα μεγάλο εύρος τοξινών, τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε εναντίον πλήθους εχθρών. Ανάλογα με την εντομοκτόνα δραστηριότητά τους οι τοξίνες αυτές έχουν ταξινομηθεί σε 4 κυρίως ομάδες. Αυτές είναι οι πρωτεΐνες CryI οι οποίες έχουν τοξικές επιδράσεις στα λεπιδόπτερα, οι πρωτεΐνες CryII οι οποίες είναι τοξικές σε δίπτερα και λεπιδόπτερα, οι πρωτεΐνες CryIII οι οποίες είναι τοξικές σε κολεόπτερα και οι πρωτεΐνες CryIV οι οποίες είναι τοξικές σε δίπτερα. Η κάθε ομάδα από αυτές κατατάσσεται σε υποομάδες (A, B, C...) και κάθε υποομάδα σε υπο-υποομάδες (a, b, c) ανάλογα με την αλληλουχία DNA.



Εικόνα 10. *Bacillus thuringiensis* [27]

Τα έντομα λαμβάνουν τη τοξίνη σε κρυσταλλική μορφή η οποία δεν είναι τοξική. Όταν όμως βρεθεί στο έντερο του εντόμου απελευθερώνεται η τοξίνη υπό την επίδραση του αλκαλικού pH του εντέρου. Η τοξίνη λαμβάνεται από τα έντομα απευθείας αφού έχει προηγηθεί διασπορά της στον αγρο. Όπως λοιπόν καταλαβαίνουμε είναι αναγκαία η κατάποση αυτών από το έντομο αφού η απλή επαφή με το φυτό δεν είναι τοξική για το έντομο. Αυτή η ιδιότητα των τοξινών αποτρέπει τη δράση τους σε ανθρώπους και θηλαστικά, αφού οι απαραίτητες συνθήκες για τοξική τους δράση εκλείπουν από τους οργανισμούς τους.

Η χρήση του *Bacillus thuringiensis* αν και είναι αποτελεσματική παρουσιάζει προβλήματα, τόσο κόστους αλλά και επειδή παρουσιάζεται αστάθεια των προτοξινών στο περιβάλλον. Μια λύση είναι η εισαγωγή του γονιδίου που παράγει αυτή τη τοξίνη στα φυτά. [27]. Η δημιουργία διαγονιδιακών φυτών, αν και δύσκολο να επιτευχθεί αρχικά, σήμερα είναι εφικτή. Βέβαια υπάρχουν κίνδυνοι από τη χρήση τέτοιων φυτών με κυριότερο την εμφάνιση ανθεκτικών εντόμων στη τοξίνη λόγω της φυσικής επιλογής. Ένας τρόπος αντιμετώπισης αυτού του φαινομένου είναι η φύτευση μεταξύ των διαγονιδιακών φυτών κανονικών φυτών. Με αυτό τον τρόπο επιζούν και μη ανθεκτικά, στη τοξίνη, έντομα αλλά και ωφέλιμα. Το ποσοστό των μη διαγονιδιακών φυτών που προτείνεται να χρησιμοποιούνται, εξαρτάται από την καλλιέργειά μας και κυμαίνεται μεταξύ 20% - 50%. [44]

3.12 ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΦΥΤΑ

Η γενετική τροποποίηση αφορά την εισαγωγή γονιδίων σε οργανισμούς, ώστε αυτοί να αποκτήσουν νέες ιδιότητες τις οποίες δεν είχαν προηγουμένως. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να φέρει επανάσταση στην ιατρική καθώς και στην αγροτική παραγωγή και στις βιομηχανίες τροφίμων. Βέβαια υπάρχουν ανησυχίες για τα οικολογικά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν καθώς επίσης και προβλήματα στην υγεία των καταναλωτών.

Η βιοτεχνολογία έχει σχέση με τη δημιουργία μοριακών αλλαγών σε ζωντανούς ή σχεδόν ζωντανούς οργανισμούς. Είναι τεχνική την οποία χρησιμοποιούσαν πριν τέσσερις χιλιάδες χρόνια οι Αιγύπτιοι και οι Σουμέριοι για την κατασκευή μύρας, τυριού και ψωμιού. Σήμερα λέγοντας βιοτεχνολογία εννοούμε τη μεταφορά DNA από έναν οργανισμό σε έναν άλλο, ώστε ο λήπτης να αποκτήσει τα γνωρίσματα του δότη.

Η βιοτεχνολογική βιομηχανία, είναι από τις πιο ραγδαία αναπτυσσόμενες βιομηχανίες στην υγεία και τη διατροφή. Υπάρχουν σήμερα 1500 – 2000 τέτοιες βιομηχανίες στην Αμερική και περίπου 700 στην Ευρώπη. Η πλειοψηφία αυτών ασχολείται με το φαρμακευτικό τομέα. Με τον αγροτικό τομέα ασχολούνται κυρίως 6 μεγάλες εταιρίες, οι Monsanto, Novartis, AgrEvo, Dupont, Zeneca και Dow, οι οποίες έχουν ξοδέψει περισσότερα από 8 δισεκατομμύρια δολάρια για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Η ανάπτυξη των καλλιεργειών γενετικά τροποποιημένων φυτών είναι ραγδαία. Το 1994 δεν καλλιεργούντο καθόλου σε εμπορική κλίμακα. Το 1997 καλλιεργούντο 12 εκατομμύρια εκτάρια ενώ το 1998 η καλλιεργούμενη έκταση σε Αμερική, Καναδά, Αργεντινή και Μεξικό ανερχόταν σε 29 εκ. εκτάρια. Στην Αμερική το 25% του βαμβακιού, το 43% της σόγιας και το 20% του καλαμποκιού (από 1% το 1996) είναι τροποποιημένα φυτά. Στην Κίνα το 1999 υπήρχαν 1 εκατομμύριο καλλιεργητές γενετικά τροποποιημένου βαμβακιού.

Τα πρώτα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα που τέθηκαν στη διάθεση του καταναλωτή ήταν τυρί και τομάτες. Η τροποποίηση η οποία επήλθε στις τομάτες, ήταν το «κλείδωμα» του γονιδίου το οποίο ήταν υπεύθυνο για τη μαλακή υφή της τομάτας όταν αυτή ωριμάζε, ώστε να ωριμάζει πάνω στο φυτό και να αποκτά την πλήρη γεύση και χρώμα χωρίς να χαλάει.

Όμως η πιο σημαντική ανάπτυξη στον τομέα της βιοτεχνολογίας στη γεωργία αφορά δύο τομείς. Την αντοχή του φυτού σε εντομοκτόνα, ώστε να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μεγάλο εύρος εντομοκτόνων χωρίς να προκαλούμε προβλήματα στα φυτά και τη βελτίωση της ανθεκτικότητας του φυτού σε έντομα μέσω της χρήσης του *Bacillus thuringiensis* (Bt), κυρίως στο βαμβάκι και τον αραβόσιτο, ώστε το φυτό να αποκτά εντομοκτόνες ιδιότητες και να περιορίζεται η χρήση εντομοκτόνων. Το 1998 το 71% των γενετικά τροποποιημένων φυτών αφορούσαν την ανθεκτικότητα σε εντομοκτόνα, το 28% ήταν φυτά Bt, δηλαδή φυτά τα οποία περιείχαν γονίδια του *Bacillus thuringiensis*, και το 1% των φυτών αποτελούσαν συνδυασμό και των δύο μεθόδων. [89]

3.13 ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Τα προβλήματα τα οποία είναι πιθανό να προκύψουν από τη χρήση γενετικά τροποποιημένων φυτών μπορεί να επηρεάσουν τόσο το περιβάλλον όσο και την υγεία. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία μπορεί να παρουσιαστούν είναι τα εξής:

- Εισαγωγή γονιδίων ανθεκτικότητας σε άγρια είδη και ζιζάνια συγγενικά του βελτιωμένου φυτού
- Εμφάνιση αντοχής σε έντομα, νηματώδεις και μυκητολογικούς εχθρούς
- Επανένωση ιών και βακτηρίων με αποτέλεσμα δημιουργία «υπέρ ιών» και πιθανή διαφυγή τους στο φυσικό οικοσύστημα
- Απομόνωση τοξινών από φυτοφάγα έντομα σε σωματικούς ιστούς και εμφάνιση προβλημάτων σε αρπακτικά έντομα.

Προβλήματα όμως μπορεί να εμφανιστούν και στην υγεία μας. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- Αλλεργικές αντιδράσεις και αντιδράσεις του ανοσοποιητικού συστήματος σε νέες ουσίες που περιέχονται στο φαγητό
- Ενσωμάτωση γονιδίων αντιβιοτικής ανθεκτικότητας σε βακτηρίδια.

Δυστυχώς, λόγω του ότι αυτή η τεχνολογία βρίσκεται ακόμα σε νεαρό στάδιο λίγα είναι γνωστά για τα πιθανά προβλήματα και οφέλη που θα αποκομίσουμε από αυτή. Τα βήματα που θα ακολουθήσουμε πρέπει αν είναι προσεκτικά και τα κατάλληλα μέτρα να

λαμβάνονται κατά τη διάρκεια πειραμάτων, ώστε ακόμα και αν παρουσιαστούν σημαντικά προβλήματα αυτά να είναι περιορισμένα και να μην επηρεάσουν άλλα φυτά.[55]

3.14 ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ

Η ραγδαία αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορεί να φέρει την επανάσταση και στη βελτίωση των φυτών. Οι σύγχρονοι υπέρ-υπολογιστές είναι ικανοί να εκτελέσουν τρισεκατομμύρια πράξεις το δευτερόλεπτο χωρίς πρόβλημα και να υπολογίσουν από τα αποτελέσματα μιας πυρηνικής έκρηξης έως και τα αποτελέσματα μιας φυτικής διασταύρωσης.

Οι δαιδαλώδεις δομές του DNA μπορούν τελικά να αποκωδικοποιηθούν και να εκφραστούν με τρόπο κατανοητό τόσο για τους ανθρώπους, όσο και για τους υπολογιστές. Τροφοδοτώντας έναν υπολογιστή με δεδομένα, τα οποία αφορούν τη δομή του DNA δύο ή και περισσότερων φυτών, και τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδυάζονται μπορούμε να πάρουμε σε σύντομο χρονικό διάστημα αποτελέσματα για μία επιθυμητή διασταύρωση ως προς την επιτυχία ή την αποτυχία της. Αρχικά, η μη ύπαρξη κατάλληλων προγραμμάτων για αυτή την εργασία, την έκανε εξαιρετικά χρονοβόρα, αλλά η μετέπειτα ανάπτυξη αυτού του τομέα οδήγησε στη δημιουργία εξειδικευμένων προγραμμάτων για τον συγκεκριμένο σκοπό.

Τα μειονεκτήματα της χρήσης υπολογιστών στη βελτίωση φυτών είναι κυρίως το υψηλό κόστος απόκτησης ενός τέτοιου υπερυπολογιστή και η μη ύπαρξη απτών αποτελεσμάτων. Για να κατανοήσουμε τα αποτελέσματα πρέπει να αναλύσουμε τους δημιουργούμενους γονότυπους. Όμως τα πλεονεκτήματά τους εξισορροπούν τα μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται με το παραπάνω. Δεν χρειάζεται να περιμένουμε την ανάπτυξη των σπόρων για να δούμε τα αποτελέσματα, δεν υπάρχει κίνδυνος για το περιβάλλον και σχετικά απλή χρήση και επανάληψη των πειραμάτων.



Εικόνα 11 Υπερυπολογιστής

Cray

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

4.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

4.1.1 Γενικά

Το βαμβάκι καλλιεργούταν από τους προϊστορικούς χρόνους για την απόκτηση του νήματός του, το οποίο χρησιμεύει την κατασκευή ρουχισμού, φαρμακευτικών προϊόντων καθώς και για βιομηχανικά προϊόντα. Ο βαμβακόσπορος αν και θεωρείται υποπροϊόν έχει σημαντική οικονομική αξία σαν πηγή ελαίων, βαμβακάλευρου και άλλων προϊόντων. Η προέλευση του βαμβακιού δεν είναι πλήρως προσδιορισμένη αλλά γνωρίζουμε ότι το καλλιεργούσαν στην Ινδία περισσότερο από 3000 χρόνια και στην αμερικάνικη ήπειρο πολύ πριν την ανακάλυψή της. Ίχνη βαμβακιού βρέθηκαν και στην αιγυπτιακή Νουβία και βρέθηκε ότι είχαν ηλικία 4500 ετών. Έρευνες στην περιοχή έδειξαν ότι το βαμβάκι δεν καλλιεργείτο εκεί για τις ίνες του αλλά για τον βαμβακόσπορο τον οποίο χρησιμοποιούσαν σαν ζωοτροφή. Το βαμβάκι είναι φυτό το οποίο προτιμάει τα εύκρατα κλίματα και σε γενικές γραμμές η καλλιέργεια του περιορίζεται στη τροπική και στην εύκρατη ζώνη. Αν και το βαμβάκι θεωρείται φυτό μεγάλης καλλιεργητικής περιόδου και χρειάζεται το λιγότερο 180 με 200 ημέρες, ορισμένες βελτιωμένες ποικιλίες επιτρέπουν την καλλιέργεια του και σε περιοχές όπου η κατάλληλη κλιματική περίοδος για την καλλιέργειά του είναι μικρότερη από 180 ημέρες.

Το βαμβάκι ανήκει στο γένος *Gossypium*. Σήμερα υπάρχουν χιλιάδες μορφές βαμβακιού τόσο άγρια όσο και καλλιεργούμενα. Η διαφορά είναι στις ίνες αυτών αφού στα άγρια είδη οι ίνες δεν μπορούν να υφανθούν ενώ στα καλλιεργούμενα υφαίνονται. Δύο από τα καλλιεργούμενα είδη τα *G. arboreum* και *G. herbaceum* χρησιμοποιούνται στην Αφρική και στην Ασία και ονομάζονται ποικιλίες του Παλαιού Κόσμου. Αυτές είναι διπλοειδείς και έχουν από 13 ζεύγη χρωμοσωμάτων. Στο δυτικό ημισφαίριο χρησιμοποιούνται τα *G. hirsutum* και *G. barbadense* από όπου και κατάγονται, και ονομάζονται ποικιλίες του Νέου Κόσμου. Αυτές είναι αλλοτετραπλοειδείς και έχουν από 26 ζεύγη χρωμοσωμάτων. [21]

Μία μέρα πριν την επικονίαση του βαμβακιού προβάλλει η στεφάνη από το χτένι. Την επόμενη η στεφάνη πέφτει και εμφανίζεται ο ύπερος. Κατόπιν η γύρη χύνεται κατ' ευθείαν στο στίγμα όταν ανοίγουν οι ανθήρες. Σπάνια η γύρη μεταφέρεται με τα έντομα γιατί είναι εξαιρετικά κολλώδης. Παρά όμως την κολλώδη υφή της γύρης του, το βαμβάκι μπορεί να σταυρεπικονιαστεί με τη βοήθεια εντόμων σε ποσοστό 5% - 25%. Το ποσοστό αυτό μπορεί, σπάνια όμως, να φτάσει και στο 50%. Για καλύτερα αποτελέσματα κατά την αυτεπικονίαση μπορούμε να τυλίξουμε το άνθος με ένα σακουλάκι ή να δέσουμε την κορυφή της στεφάνης με μικρά κομμάτια νήματος, μία μέρα πριν το άνοιγμα.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του βαμβακιού είναι ποικίλες. Η πιο απλή είναι η εισαγωγή, δοκιμή και εγκλιματισμός ξένων ποικιλιών. Επειδή υπάρχουν σήμερα χιλιάδες ποικιλίες βαμβακιού πρέπει να επιλέξουμε αρχικά τις πιο κατάλληλες για το περιβάλλον και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή όπου θέλουμε να κάνουμε την καλλιέργεια. Επειδή το περιβάλλον μπορεί να ευνοήσει διαφορετικά γονίδια, υπάρχει περίπτωση να παρατηρήσουμε διαφορετικά από τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά στο φυτό. Γι' αυτό και οι δοκιμές μας για να δούμε τα χαρακτηριστικά του φυτού διαρκούν συνήθως 2 - 3 χρόνια.

Άλλη μέθοδος που χρησιμοποιούμε είναι η μέθοδος της επιλογής. Αυτή εφαρμόζεται όχι μόνο για τη δημιουργία νέων, βελτιωμένων ποικιλιών αλλά και για τη διατήρηση της καθαρότητας των ποικιλιών. Η επιλογή γίνεται με διάφορους τρόπους. Αρκετές ποικιλίες προήλθαν από την ατομική επιλογή φυτών από πληθυσμό. Φυσικά στα προερχόμενα από το αρχικό φυτό, φυτά, γίνονται και άλλες βελτιωτικές εργασίες προκειμένου να πετύχουμε εμπορική ποιότητα για τη νέα ποικιλία.

Με τη μέθοδο της μαζικής επιλογής, βρίσκουμε στον αγρό τα φυτά με την καλύτερη εμφάνιση, τα συγκομίζουμε και μετά τον εκκοκκισμό πολλαπλασιάζουμε το σπόρο. Αυτή η μέθοδος δεν χρησιμοποιείται αρχικά για τη δημιουργία νέων ποικιλιών αλλά για τη διατήρηση των υπαρχόντων, όμως μερικές φορές κάποιες καινούργιες ποικιλίες δημιουργούνται. Κατά τη δημιουργία νέων ποικιλιών με αυτή τη μέθοδο είναι αναγκαίο να κάνουμε αυστηρή επιλογή για αρκετά χρόνια προκειμένου να επιτύχουμε ομοιομορφία στις ποικιλίες που δημιουργούμε, λόγω της διάσπασης που συμβαίνει στις επόμενες γενιές και του φυσικού υβριδισμού. Σήμερα η μαζική επιλογή χρησιμοποιείται μόνο για τη διατήρηση ποικιλιών και όχι για τη δημιουργία νέων.

Ευρύτερα διαδεδομένη μέθοδος είναι η γενεαλογική επιλογή. Σε αυτή τη μέθοδο επιλέγουμε τα καλύτερα φυτά μιας σειράς και διατηρούμε τον σπόρο τους χωριστά. Την επόμενη χρονιά δημιουργούμε ξεχωριστές γραμμές από τον σπόρο του κάθε φυτού και

παρατηρούμε τα καινούργια φυτά που εμφανίστηκαν. Αν αυτά είναι ομοιόμορφα, συμπεραίνουμε ότι ο γονέας ήταν ομοζύγωτος, άρα η καινούργια ποικιλία που παίρνουμε θα είναι καθαρή. Αν τα φυτά όμως παρουσιάζουν ανομοιομορφία τότε ο γονέας ήταν ετεροζύγωτος και δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την ποικιλία. Αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία κατά τη γενεαλογική μέθοδο επιλογής είναι η συμπεριφορά των μελλοντικών γενεών. Αν δεν διατηρούνται τα επιθυμητά χαρακτηριστικά σε αυτές, σημαίνει ότι ήταν απόρροια περιβαλλοντικής επιρροής. Αν όμως διατηρηθούν θα είναι απόρροια του γενετικού χαρακτήρα του φυτού, τον οποίο θα κληροδοτήσει στους απογόνους του.

Πολλές ποικιλίες βαμβακιού προήλθαν είτε από φυσικό είτε από τεχνητό υβριδισμό. Αν και μικρές οι πιθανότητες, ακόμα και σήμερα βρίσκονται ποικιλίες βαμβακιού οι οποίες προέρχονται από φυσικό υβριδισμό. Λόγω του ότι αυτές οι πιθανότητες είναι μικρές προχωρήσαμε σε τεχνητό υβριδισμό με επιλεγμένους κατάλληλους γονείς. Ο υβριδισμός στο βαμβάκι γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με τα επιλεγόμενα προς διασταύρωση φυτά.



Εικόνα 12. Υβρίδιο βαμβακιού[45]

Ο συνηθέστερος τρόπος είναι ο υβριδισμός με διασταυρώσεις μεταξύ ποικιλιών. Με αυτόν τον τρόπο διαλέγουμε φυτά τα οποία έχουν επιθυμητά χαρακτηριστικά τα οποία θέλουμε να κληρονομήσουν οι απόγονοι. Παρατηρούμε ορισμένες φορές και το φαινόμενο της υπερβατικής διάσπασης, κατά το οποίο τα απογονικά φυτά παρουσιάζουν τα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά σε υψηλότερο βαθμό από τους γονείς. Οι διαδικασίες που ακολουθούμε στον υβριδισμό του βαμβακιού είναι σχεδόν ίδιες με αυτές που ακολουθούμε στα αποκλειστικά αυτογονιμοποιούμενα φυτά. Η μόνη διαφορά είναι στο στάδιο επιλογής των φυτών λόγω του φυσικού υβριδισμού, τον οποίο υφίσταται το βαμβάκι.

Ένας άλλος τρόπος υβριδισμού είναι αυτός της διασταύρωσης μεταξύ διαφορετικών ειδών. Όταν θέλουμε να εισάγουμε νέα γονίδια σε μια ποικιλία, ακολουθούμε αυτή τη μέθοδο. Οι ποικιλίες του βαμβακιού, είναι χιλιάδες και δεν ανήκουν όλες στο ίδιο είδος. Με

διασταυρώσεις μεταξύ τους τα επιθυμητά γονίδια μεταφέρονται από το ένα είδος στο άλλο. Όμως στο τέλος πρέπει να προβούμε σε ορισμένες επαναδιασταυρώσεις με καλλιεργούμενη ποικιλία ώστε το τελικό υβρίδιο να αποκτήσει αγρονομικά χαρακτηριστικά και να περιοριστεί η θνησιμότητα, η στειρότητα και διάφορες χρωμοσωμικές ανωμαλίες.

Η επαναδιασταύρωση είναι μία μέθοδος υβριδισμού, η οποία εφαρμόζεται όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε ποικιλίες με κυρίαρχους χαρακτήρες οι οποίοι κληρονομούνται εύκολα. Τέτοιοι είναι η αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες, χαρακτηριστικά της ίνας και μορφολογικά χαρακτηριστικά. Κατά την επαναδιασταύρωση διασταυρώνουμε τη νέα ποικιλία με τον έναν αρχικό γονέα ο οποίος παρουσιάζει το επιθυμητό χαρακτηριστικό. Μετά από κάθε αναδιασταύρωση επιλέγουμε τα φυτά τα οποία παρουσιάζουν το επιθυμητό χαρακτηριστικό και τα ξαναδιασταυρώνουμε με τον γονέα ο οποίος έχει το επιθυμητό χαρακτηριστικό.

4.1.2 Αντιμετώπιση εχθρών βαμβακιού

Ένας από τους σημαντικούς εχθρούς του βαμβακιού είναι το άκαρι *Tetranychus urticae*. Μετά από σειρά ερευνών που έγιναν για να διαπιστώσουμε την αντοχή διαφόρων ποικιλιών βαμβακιού σε αυτό βρήκαμε ότι οι πρωτογενείς ποικιλίες καθώς και οι σχετικές με το *G. barbadense* ποικιλίες, παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε αυτό, αντίθετα με τις ποικιλίες Upland οι οποίες δεν παρουσίασαν καμία ανθεκτικότητα. Επίσης τα είδη *G. lobatum* και *G. australe* παρουσιάζουν αξιοσημείωτη αντοχή στο *Tetranychus urticae*. Δυστυχώς ο μηχανισμός άμυνας αυτών των ειδών ενάντια στο *Tetranychus urticae* δεν είναι γνωστοί. Αν και είχε προταθεί ότι αυτή η ανθεκτικότητα οφείλετο στο τρίχωμα ορισμένων ποικιλιών όπως η Bahtim101 δεν βρέθηκαν αποδείξεις ώστε να συσχετιστούν αυτά.

Οι νηματώδεις είναι ένας σημαντικός εχθρός του βαμβακιού, αν και κάποτε δεν είχαν τόσο μεγάλη εξάπλωση. Δυστυχώς, μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν ανθεκτικές ποικιλίες βαμβακιού δημιουργημένες αποκλειστικά για ανθεκτικότητα σε νηματώδεις. Υπάρχουν ποικιλίες, όπως η Stoneville LA-887 και η Paymaster 1560, δημιουργημένες για ανθεκτικότητα σε ασθένειες, οι οποίες εμφανίζουν ανθεκτικότητα και σε νηματώδεις. Η ανθεκτικότητα η οποία εμφανίζουν είναι μέτρια στην καλύτερη περίπτωση. Πάντως η χρησιμοποίηση αυτών των ποικιλιών σε συνδυασμό με μικρές ποσότητες νηματοκτόνων δίνει ικανοποιητικές σοδειές. Ερευνητές μετά από εκτεταμένη έρευνα κατάφεραν να δημιουργήσουν κυτταρόπλασμα το οποίο είναι ουσιαστικά απρόσβλητο από νηματώδεις. Το

πρόβλημα τώρα είναι να βρεθεί κάποιος τρόπος να εισαχθεί αυτό σε καλλιεργούμενες ποικιλίες με εμπορικό ενδιαφέρον. [45]

Από τα έντομα τα οποία προσβάλλουν το βαμβάκι η κάμπια *Pectinorhora gossypiella* ζημιώνει σημαντικά την παραγωγή, ιδίως σε χώρες της Αφρικής και της Βορείου Αμερικής. Έχει παρατηρηθεί ότι οι ποικιλίες του Παλαιού Κόσμου έχουν ιδιαίτερη ανθεκτικότητα σε αυτήν καθώς και κάποιες άλλες ποικιλίες όπως οι *G. thurberi*, *G. tribolum* και άλλες παρουσιάζουν αξιοσημείωτη ανθεκτικότητα σε αυτή. Αρχικά είχε ειπωθεί ότι ποικιλίες οι οποίες δεν είχαν νέκταρ ήταν περισσότερο ανθεκτικές στο *Pectinorhora gossypiella*. Όμως μεταγενέστερες έρευνες έδειξαν ότι η διαφορά στην προσβολή ήταν μικρή αλλά όχι αρκετά σημαντική ώστε να ληφθεί υπ' όψιν. Παρ' όλα αυτά βρέθηκε ότι ποικιλίες χωρίς νέκταρ και οι οποίες ήταν και άτριχες έδωσαν πολύ καλά αποτελέσματα κατά του *Pectinorhora gossypiella* αφού σε αυτήν την περίπτωση η ανθεκτικότητα εξ' αιτίας της επίδρασής τους, δρούσε αθροιστικά. Επίσης επειδή το *Pectinorhora gossypiella* δρα αργά κατά την καλλιεργητική περίοδο, οι πρώιμες ποικιλίες αποφεύγουν την προσβολή του.

Ο ανθονόμος *Anthonomus grandis* δημιούργησε προβλήματα στις σοδειές, όταν άρχισε να γίνεται εκτεταμένη χρήση πρασινόσπερων ποικιλιών, με μικρή κάψα και μεγάλη περίοδο καρποφορίας. Με την εμφάνιση αυτού του προβλήματος, οι ποικιλίες που χρησιμοποιούντο μέχρι τότε αντικαταστάθηκαν με άλλες οι οποίες ήταν με μεγάλη κάψα, μικρή περίοδο καρποφορίας και ήταν λευκόσπερμες. Αυτές οι ποικιλίες ήταν χαμηλότερης απόδοσης από τις μέχρι τότε χρησιμοποιούμενες, όμως σήμερα έχουν δημιουργηθεί ποικιλίες που συνδυάζουν την ποιότητα και την αντοχή και των δύο ποικιλιών. Στην πραγματικότητα οι λευκόσπερμες ποικιλίες δεν έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στον ανθονόμο, αλλά επειδή όσο προχωράει η καλλιεργητική περίοδος, ο πληθυσμός του ανθονόμου αυξάνεται, οι λευκόσπερμες ποικιλίες, οι οποίες έχουν μικρή περίοδο καρποφορίας, αποφεύγουν την προσβολή από μεγάλους πληθυσμούς του ανθονόμου.

Άλλη μορφή ανθεκτικότητας που παρατηρήθηκε στον *Anthonomus grandis* οφείλετο στη μη εναπόθεση αυγών σε βαμβάκι *Gossypium barbadense*, σε τόσο μεγάλο βαθμό όσο παρατηρείται σε βαμβάκια *Gossypium hirsutum*. Ο παράγοντας ο οποίος ήταν υπεύθυνος για αυτό απομονώθηκε και μπόρεσε να μεταφερθεί και στο *Gossypium hirsutum*. [19]

Μία από τις σημαντικότερες βελτιωτικές εργασίες που έχουν γίνει αφορά την ανθεκτικότητα του βαμβακιού στα ημίπτερα *Empoasca spp.* τα οποία είναι μυζητικά έντομα. Η δημιουργία ανθεκτικών ποικιλιών ήταν πολύ σημαντική για τις καλλιέργειες βαμβακιού σε Αφρική και Ινδία όπου οι ζημιές ήταν πολύ μεγάλες. Η κύρια πηγή ανθεκτικότητας ήταν ποικιλίες βαμβακιού από την Καμπότζη οι οποίες είχαν πολύ τριχωτά φύλλα και μίσχους. Η

αυξημένη τριχοφυΐα σχετίζεται με την αντοχή του βαμβακιού. Στο *Gossypium barbadense* η ανθεκτικότητα οφείλεται στο μερικά κυριαρχικό γονίδιο H₁. Το ίδιο ισχύει και για ποικιλίες των *G. hirsutum*, *G. tomentosum* και *G. arboerum*. Η ανθεκτικότητά τους οφείλεται σε ένα κυριαρχικό γονίδιο, αν και βρέθηκαν αργότερα δύο ζεύγη συμπληρωματικών γονιδίων που επηρέαζαν το γενετικό έλεγχο της τριχοφυΐας. Το ένα ζεύγος παρουσιάζεται στις ποικιλίες Pak 51 και L 11 από το Πακιστάν και το άλλο στην Άκαλα και στην Empire Red Leaf. Αν και υπάρχουν διαφωνίες για τον τρόπο με τον οποίο ελέγχεται γενετικά η τριχοφυΐα, είναι κοινώς αποδεκτό ότι είναι απλά κληρονομούμενα χαρακτηριστικά, κυριαρχικού χαρακτήρα, τα οποία μπορούμε εύκολα να τα χρησιμοποιήσουμε σε βελτιωτικά προγράμματα. [3]

4.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

4.2.1 Γενικά

Ο αραβόσιτος, *Zea mays*, είναι το τρίτο περισσότερο καλλιεργούμενο δημητριακό στον κόσμο μετά το σιτάρι και το ρύζι. Δεν έχει, ακόμα βρεθεί ο τόπος προέλευσής του αλλά εικάζεται ότι ξεκίνησε η καλλιέργειά του στο Μεξικό ή στη Βόρεια Αμερική πριν από 7000 χρόνια. Είναι από τα πιο διαδεδομένα δημητριακά και αποτελεί περίπου το 9% της παγκόσμιας αγροτικής παραγωγής. Η μεγάλη γενετική του παραλλακτικότητα του επιτρέπει να φυτρώνει σε μεγάλη ποικιλία περιβαλλόντων. Καλλιεργείται σε αρδευόμενες έρημους κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, σε υποτροπικές και εύκρατες περιοχές στη διάρκεια του καλοκαιριού με ευνοϊκές συνθήκες βροχοπτώσεων, σε τροπικά υψίπεδα έως και 3300 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας καθώς και σε τροπικούς κάμπους όλη τη χρονιά. Αυτή η παραλλακτικότητα έχει επιτευχθεί με δημιουργία εκατοντάδων ή ακόμα και χιλιάδων ποικιλιών προσαρμοσμένων στις ανθρώπινες ανάγκες για τη διατροφή του ανθρώπου, των ζώων και για τη βιομηχανία.

Οι ποικιλίες του αραβόσιτου μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον χρόνο ωριμότητάς τους σε πρώιμες, μέσες και όψιμες, σύμφωνα με το χρώμα σε λευκές, κίτρινες και άλλες και τέλος σύμφωνα με την κλιματική προσαρμογή σε τροπικών πεδιάδων, υποτροπικές, εύκρατες και τροπικών υψιπέδων.

Σε αφρικανικές περιοχές όπου ο αραβόσιτος είναι βασική τροφή, προτιμούνται οι λευκές ποικιλίες τροπικής και υποτροπικής προσαρμογής, πρώιμες, μέσες και όψιμες ώστε να μπορέσει να ανταποκριθεί στα διάφορα συστήματα καλλιέργειας τα οποία χρησιμοποιούνται. Στην Ευρώπη οι περιοχές στις οποίες καλλιεργείται αραβόσιτος έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Προτιμούνται ποικιλίες εύκρατων κλιμάτων ανθεκτικές στο κρύο κίτρινου χρώματος, πρώιμες έως και μέσης ωριμότητας. Η μεγαλύτερη γενετική παραλλακτικότητα παρατηρείται στις τροπικές περιοχές της Αμερικής (Μεξικό και Γουατεμάλα στα βόρεια και η περιοχή των Άνδεων στα βόρεια), όπου καλλιεργείται καλαμπόκι σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, ωριμότητας και είδους κυρίως για ανθρώπινη κατανάλωση. Στον κόσμο υπάρχει αυξημένη ζήτηση για βελτιωμένες πρώιμες ποικιλίες αραβόσιτου.

Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τον τρόπο επικονίασης του αραβόσιτου και πως αυτή επιδρά στη γενετική σύσταση του φυτού προκειμένου να βελτιώσουμε τα χαρακτηριστικά του. Ο αραβόσιτος είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό. Τα αρσενικά άνθη παράγονται στους θυσάνους (φούντες), ενώ τα θηλυκά στους σπάδικες. Η γονιμοποίηση γίνεται με μεταφορά της γύρης από τη φούντα στους σπάδικες. Η γύρη προέρχεται από γειτονικά φυτά ή και από απομακρυσμένα, αφού η γύρη ενδέχεται να μεταφερθεί με τον άνεμο από μακρινές αποστάσεις. Αποτέλεσμα αυτού, είναι κάθε σπόρος στον σπάδικα, να έχει γονιμοποιηθεί από γύρη διαφορετικής προέλευσης και έτσι είναι αρκετά απίθανο δύο σπόροι στον ίδιο σπάδικα να έχουν τον ίδιο γενότυπο. Αποτέλεσμα αυτού είναι κάθε φυτό να είναι και ένα διαφορετικό υβρίδιο. Κατά την ελεύθερη επικονίαση του αραβόσιτου χρησιμοποιούμε τρεις μεθόδους βελτίωσής του. Τη μαζική επιλογή, τον υβριδισμό και τη μέθοδο σπάδικας και γραμμή. Τις δύο πρώτες τις έχουμε ήδη αναλύσει οπότε θα ασχοληθούμε με τη μέθοδο σπάδικας και γραμμή. Για να εργαστούμε με αυτή τη μέθοδο εκκοκίζουμε χωριστά 50 – 100 σπάδικες. Ένα μέρος του σπόρου από κάθε σπάδικα σπέρνεται σε ξεχωριστή γραμμή από τους άλλους και το υπόλοιπο του σπόρου σημαδεύεται και φυλάσσεται. Κατόπιν αξιολογούμε τα φυτά ως προς το χαρακτηριστικό που θέλουμε και επιλέγουμε τα καλύτερα. Ο σπόρος ο οποίος φυλάξαμε και από τον οποίο πήραμε τις 10 – 20 καλύτερες γραμμές χρησιμοποιείται για τη σπορά τον επόμενο χρόνο. Αυτή η μέθοδος δίνει καλά αποτελέσματα σε περίπτωση όπου το επιθυμητό χαρακτηριστικό μπορεί να αξιολογηθεί με παρατήρηση. Σε αυτά παρατηρούμε σύντομα σημαντική βελτίωση. Αν όμως το χαρακτηριστικό που επιθυμούμε να βελτιώσουμε δεν μπορεί να αξιολογηθεί με παρατήρηση τα αποτελέσματα είναι αμφίβολα. [21]

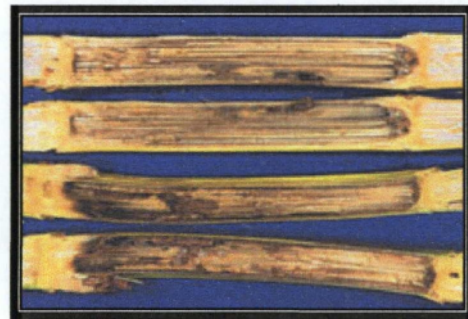
4.2.2 Αντιμετώπιση εχθρών αραβόσιτου

Έχει υπολογιστεί ότι περίπου 12% της παγκόσμιας παραγωγής του αραβόσιτου χάνεται από προσβολή του από έντομα. Αν και το ποσοστό είναι πολύ μεγάλο δεν πρέπει να αποσκοπούμε στη αντιμετώπιση των εντόμων μόνο ή νηματωδών, αλλά η εργασία μας πρέπει να είναι μέρος μιας ευρύτερης προσπάθειας βελτίωσης της βελτίωσης της όλης καλλιέργειας. Πολύ συχνά μεμονωμένες προσπάθειες καλλιεργητών, εντομολόγων και φυτοπαθολόγων είναι μη αποτελεσματικές. Πρέπει να εργαστούν όλοι μαζί προς δημιουργία καλλιεργητικών προγραμμάτων τα οποία θα αποσκοπούν στη συνολική βελτίωση της παραγωγής και όχι στα επιμέρους στοιχεία αυτής.

Από τους σημαντικότερους εχθρούς του αραβόσιτου είναι η ευρωπαϊκή πυραλίδα του καλαμποκιού (*Ostrinia nubilalis*) η οποία έχει μία ή περισσότερες γενιές κάθε περίοδο αλλά στις περισσότερες περιοχές εμφανίζει δύο γενιές. Η ζημιά που κάνουν οι λάρβες της πρώτης γενιάς ξεκινά από τα κατώτερα φύλλα του φυτού και φτάνει μέχρι τη μέση του στελέχους, περίπου, ενώ η δεύτερη γενιά ξεκινά την προσβολή λίγο κάτω από τον θύσανο του φυτού. Οι λάρβες τρέφονται με τα φύλλα του αραβόσιτου, τον κολεό, τα νεύρα των φύλλων, με τη γύρη και το μίσχο. Η κύρια οικονομική ζημιά προέρχεται από την πρώτη γενιά, η οποία προκαλεί μείωση του γεμίσματος των σπερμάτων. Υπάρχει λίγη ή καμία σχέση μεταξύ της αντοχής στην πρώτη και στη δεύτερη γενιά του αραβόσιτου. Τα γονίδια τα οποία ελέγχουν την αντοχή στις δύο γενιές είναι κατά κύριο λόγο ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά κάποια γονίδια μπορεί εν μέρει να συνεισφέρουν στην ανθεκτικότητα και στις δύο γενιές. Υπάρχουν αναφορές για τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας στη πρώτη γενιά, αλλά για τη δεύτερη γενιά οι γνώσεις μας είναι περιορισμένες.



Εικόνα 13. Λάρβα του *Ostrinia nubilalis* σε στέλεχος καλαμποκιού [24]



Εικόνα 14. Προσβολή στελέχους αραβόσιτου από *Ostrinia nubilalis* [24]

Η ανθεκτικότητα για τη διατροφή από τα φύλλα της πρώτης γενιάς μπορεί να οφείλεται σε ένα, δύο ή και περισσότερα γονιδιακά ζευγάρια. Η δράση των γονιδίων τα οποία είναι υπεύθυνα για την ανθεκτικότητα του καλαμποκιού δρουν αθροιστικά μεταξύ τους. Γι αυτό το λόγο πρέπει στόχος να είναι η συσσώρευση αυτών των γονιδίων σε μια ποικιλία.[24]

Παρατηρήθηκε ότι τα φυτά αραβόσιτου ήταν ανθεκτικά κατά τα νεαρά στάδια και σαν παράγοντας αυτής της ιδιότητας αναγνωρίστηκε η 2,4-διυδροξυ-7-μεθοξυ-1,4-βενζοξασιν-3-όνη ή όπως αλλιώς είναι γνωστό DIMBOA. Όμως κατά την ωρίμανση του φυτού τα επίπεδα

του DIMBOA μειώνονται και κατά την επίθεση της δεύτερης γενιάς της πυραλίδας είναι τόσο χαμηλά που δεν μπορούν να παίξουν κανένα ρόλο στην άμυνα. Σε αυτή την περίπτωση η αθροιστική ικανότητα των γονιδίων που ελέγχουν τα επίπεδα DIMBOA είναι σημαντική αφού μπορούμε να ελέγξουμε τα επίπεδα του στα φυτά και κατά την επίθεση της δεύτερης γενιάς της πυραλίδας. [10]

Επίσης η αυτογονομοποιούμενη γραμμή B52 έχει δείξει δείγματα ανθεκτικότητας στη δεύτερη γενιά του *Ostrinia nubilalis* και έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετά βελτιωτικά προγράμματα. Μάλιστα το γεγονός ότι αυτό το χαρακτηριστικό είναι και κυριαρχικό μας βοηθάει περισσότερο κατά τη βελτίωση του αραβόσιτου.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 εμφανίστηκε στη αγορά το πρώτο γενετικά τροποποιημένο φυτό αραβόσιτου ο Bt αραβόσιτος, το οποίο περιείχε γονίδια του βακτηρίου *Bacillus thuringiensis* με εξαιρετικά αποτελέσματα εναντίον του *Ostrinia nubilalis*. Αν και έγινε γρήγορα αποδεκτό από τους καλλιεργητές και γενικότερα από τη γεωργική βιομηχανία, δεν έγινε ιδιαίτερα αποδεκτό από το ευρωπαϊκό καταναλωτικό κοινό. Ο φόβος για τις πιθανές παρενέργειες απέτρεψε την εξάπλωσή του στην Ευρώπη αν και ο Bt αραβόσιτος έχει εγκριθεί από την EPA (Environmental Protection Agency) και την FDA (Food & Drug Administration). Ένα σημείο το οποίο απασχολεί ιδιαίτερα, είναι η επίδραση που πιθανόν έχει σε ασθένειες και σε μύκητες οι οποίοι παράγουν μυκοτοξίνες. [12]



Εικόνα 15. Διαφορά προσβολής σε πειραματική καλλιέργεια του 1997 αραβόσιτου.

Δεξιά Bt αραβόσιτος και αριστερά μη τροποποιημένος αραβόσιτος[13]

Επειδή οι μύκητες οι οποίοι παράγουν μυκοτοξίνες στον αραβόσιτο πολλές φορές σχετίζονται με τη ζημιά από έντομα, η εντομοκτόνες ιδιότητες του Bt αραβόσιτου δύναται να μειώνουν και τις μυκοτοξίνες. Έρευνες απέδειξαν ότι η κατανάλωση Bt αραβόσιτου από ανθρώπους και ζώα, είναι ασφαλέστερη από την κατανάλωση κανονικού αραβόσιτου,

επειδή ο δεύτερος είναι πιο ευπαθής σε μύκητες του γένους *Fusarium* οι οποίοι παράγουν μυκοτοξίνες, οι οποίες είναι επικίνδυνες για ανθρώπους και ζώα.[12]

Άλλα έντομα τα οποία επηρεάζονται από τις ιδιότητες του Β1 αραβόσιτου είναι *Helicoverpa zea*, *Paripapema nebris*, *Pseudaletia unipunctata*, *Diatraea grandiosella*. Επίσης λόγω της σχέσης τους με τα παραπάνω λεπιδόπτερα παρατηρείται και μείωση των προσβολών από πολλές αρρώστιας.

Σημαντικές ζημιές στο καλαμπόκι προκαλούνται από πουλιά όπως π.χ. ο κότσυφας *Agelaius phoeniceus*. Έρευνες που έγιναν στην Αμερική έδειξαν ότι η ζημιά



Εικόνα 16. *Agelaius phoeniceus* [64]

στον αραβόσιτο μειώνεται αισθητά όταν τα φύλλα του κρέμονται προς τα κάτω καθώς και όταν είναι φτωχό σε σάκχαρα. Επίσης ποικιλίες με μικρότερη περίοδο ωρίμανσης είναι πιο ανθεκτικές στις επιθέσεις πουλιών αφού συγκομίζονται συντομότερα και δεν αποτελούν στόχο για αυτά.

4.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΟΥ

4.3.1 Γενικά

Το ζαχαρότευτλο ανήκει στο είδος *Beta vulgaris* της οικογένειας Chenopodiaceae. Καλλιεργείται για την παραγωγή ζάχαρης σε πάρα πολλά μέρη. Η ζάχαρη που παράγεται από τα ζαχαρότευτλα καλύπτει το 40% της παγκόσμιας παραγωγής. Η παραγωγή υπολογίζεται σε 295 εκατομύρια τόνους. Εικάζεται ότι το ζαχαρότευτλο προέρχεται από την Ασία από το είδος *Beta maritima*. Για την ανάπτυξή του απαιτεί μεγάλη ποικιλία κλιματικών συνθηκών. Η βλάστηση του, μπορεί να ξεκινήσει με θερμοκρασίες που φτάνουν τους 50°C με ελάχιστο όριο τους 7°C έως 10°C. Ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη του θεωρούνται βραδινές θερμοκρασίες μεταξύ 15°C έως 20°C ενώ το πρωί 20°C έως 25°C. Σε θερμοκρασίες άνω των 30°C παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας.

Υπάρχουν σήμερα 13 είδη του γένους *Beta*, τα οποία κατατάσσονται σε 4 ομάδες. Διασταυρώσεις μεταξύ ειδών που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες μπορούν να γίνουν εύκολα, όμως τα παραγόμενα υβρίδια παρουσιάζουν υψηλό βαθμό στειρότητας. Ζαχαρότευτλα του άγριου είδους *Patellares*, εμφανίζουν σημαντική ανθεκτικότητα σε νηματώδεις και στην κερκοσπορίαση, όμως προσπάθειες που έγιναν για διασταύρωσή τους με καλλιεργούμενα είδη δεν στέφθηκαν με ικανοποιητικού βαθμού επιτυχία.

Το ζαχαρότευτλο είναι διετές φυτό. Το πρώτο χρόνο σχηματίζεται η ρίζα και τον δεύτερο ένα ανθοφόρο στέλεχος. Όμως αν επικρατούν συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και μακριάς φωτοπεριόδου ενδέχεται να ανθίσει τον πρώτο χρόνο. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται Bolting και δεν είναι επιθυμητό αφού υποβαθμίζεται κατά πολύ η παραγωγή.

Τα ζαχαρότευτλα είναι σταυρογονιμοποιούμενα φυτά. Ο κύριος τρόπος μεταφοράς της γύρης είναι ο άνεμος και κατά δεύτερο λόγο τα έντομα. Η άνθηση αρχίζει πρώτα από το κύριο στέλεχος και κατόπιν προχωρεί προς τις διακλαδώσεις του φυτού. Αν αρχίσει να βρέχει ή η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 12°C η άνθηση διακόπτεται. Όταν ανοίξουν τα άνθη, διαρρηγνύονται οι ανθήρες και διασκορπίζεται η γύρη.

Για να επιτύχουμε τη τεχνητή διασταύρωση επιλέγουμε από κάθε βραχίονα του τεύτλου για αποστημόνωση 8 – 10 άνθη που είναι έτοιμα να ανθίσουν και απομακρύνουμε τα υπόλοιπα. Αφαιρούμε όλους τους ανθήρες και συγκεντρώνουμε τη γύρη σε ένα γυάλινο

δοχείο και με μια βούρτσα τοποθετούμε τη γύρη πάνω στο στίγμα των αποστημονώμενων ανθέων.

Αν και τα τεύτλα είναι σχετικά αυτόστειρα μπορούμε κάτω από κατάλληλες συνθήκες να σχηματιστούν λίγοι σπόροι από αυτεπικονίαση ακόμα και σε αυτόστειρους κλώνους, ενώ σε περισσότερο γόνιμους κλώνους παράγεται σχετικά καλό ποσοστό σπόρων. Η αυτογονιμοποίηση επιτυγχάνεται αν καλύψουμε τους ανθοφόρους κλάδους.

Τα τεύτλα είναι φυσικώς διασταυρούμενα φυτά και άρα παρουσιάζουν υψηλό βαθμό ετεροζυγωτίας. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του ζαχαρότευτλου είναι η μαζική επιλογή, επιλογή οικογενειακής γραμμής, η δημιουργία συνθετικών ποικιλιών, χρησιμοποίηση υβριδίων και η πολυπλοειδία. Με τη δημιουργία συνθετικών ποικιλιών εννοούμε την ένωση σειρών ή μεμονωμένων φυτών. Με τη διατήρηση των μητρικών φυτών ή σειρών μπορούμε να αναπαράγουμε την ποικιλία οποτεδήποτε. Η διαδικασία αυτή διαρκεί έξι χρόνια. Τον πρώτο χρόνο επιλέγουμε 100 – 200 φυτά τα οποία παρουσιάζουν επιθυμητά χαρακτηριστικά. τη δεύτερη χρονιά καλλιεργούμε τα επιλεγμένα φυτά σε απομονωμένο αγρό και μαζεύουμε τον σπόρο που προήλθε από ελεύθερη επικονίαση. Κατόπιν αυτογονιμοποιούμε ένα βραχίονα από κάθε φυτό και παίρνουμε αυτογονιμοποιούμενο σπόρο. Τον τρίτο χρόνο αναπτύσσουμε τους απογόνους κάθε φυτού. Τον τέταρτο χρόνο, εγκαθιστούμε τεμάχιο πολλαπλασιασμού του σπόρου το οποίο προήλθε από αυτογονιμοποίηση. Τα επόμενα δύο έτη πολλαπλασιάζουμε το σπόρο σε εμπορική κλίμακα.

Θεωρείται ότι ο καλύτερος βαθμός πλοειδίας στα τεύτλα είναι η τριπλοειδία γιατί δίνει μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη και ογκωδέστερες ρίζες χωρίς απώλειες σε ποσοστό ζάχαρης. Οι τριπλοειδείς ποικιλίες παράγονται με εναλλάξ καλλιέργεια διπλοειδών και τετραπλοειδών ποικιλιών.

4.3.2 Αντιμετώπιση εχθρών ζαχαρότευτλου

Οι αφίδες *Myzus persicae* και *Aphis fabae* είναι από τους κυριότερους φορείς ασθeneιών των τεύτλων. Παρατηρήθηκε ότι οι μεγαλύτερες προσβολές γινόντουσαν τον Ιούλιο και ότι σε ορισμένες καθαρές σειρές η ανάπτυξη του πληθυσμού των αφίδων γινόταν με πιο αργούς ρυθμούς από ότι σε άλλες. Επίσης κάποιες άλλες καθαρές σειρές υφίσταντο μικρότερη ζημιά από τις αφίδες. Ο κυριότερος τύπος ανθεκτικότητας που εμφανιζόταν ενάντια στις αφίδες ήταν η αντιβίωση. Όμως η ζημιά που προκαλούν οι αφίδες δεν περιορίζεται στη μεταφορά ασθeneιών. Η αφίδα *Aphis fabae* προκαλεί σημαντική άμεση

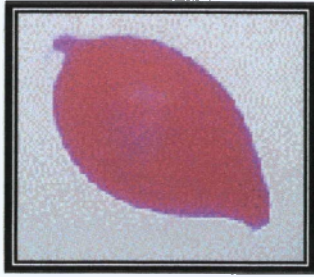
ζημιά με την απομύζηση φυτικών χυμών από το τεύτλο. Η ποικιλία VT 90 έχει παρουσιάσει σημαντική ανθεκτικότητα και στις δύο αφίδες, τόσο σε θερμοκήπια όσο και στον αγρό. [12]

Ο *Heterodera schachtii* είναι νηματώδης, ο οποίος προκαλεί σημαντικές ζημιές στα τεύτλα σε Ευρώπη και Αμερική. Μείωση της εξάπλωσής του επιτυγχάνεται με εναλλαγή καλλιέργειας κάθε τέσσερα με πέντε χρόνια. Όμως η μείωση του ρυθμού εξάπλωσης του δεν είναι αρκετή και έτσι πρέπει να βρεθούν και άλλοι τρόποι ώστε να μειωθούν οι ζημιές. Τρία είδη τεύτλου βρέθηκαν να έχουν αντοχή στον *Heterodera schachtii*. Τα *B. patellaris*, *B. procumbens* και *B. webbiana*. Αν και αυτά τα είδη είναι ουσιαστικά απρόσβλητα από τον *Heterodera schachtii* ορισμένα φυτά του *B. patellaris* δέχτηκαν προσβολή από θηλυκούς νηματώδεις του *Heterodera schachtii*. Με διασταύρωση ανθεκτικών και ευαίσθητων ποικιλιών ανακαλύφθηκε ότι και στα τεύτλα η ανθεκτικότητα ελέγχεται από ένα κυριαρχικό γονίδιο. Η μεταφορά του γονιδίου αυτού στο *B. vulgaris* δεν κρίθηκε ικανοποιητική καθώς η ανθεκτικότητα χανόταν σταδιακά από κάθε γενιά. Οι προσπάθειες να βρεθεί ανθεκτικότητα εντός του *B. vulgaris* δεν έδωσε αποτελέσματα τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αν και παρατηρήθηκαν διαφορές στις προσβολές από το νηματώδη.



Εικόνα 17. Μειωμένο μέγεθος ζαχαρότευτλου εξ αιτίας της προσβολής από *Heterodera schachtii* συγκριτικά με βελτιωμένη ποικιλία Acc 107 [32]

Αν και δεν έχουν βρεθεί ποικιλίες με σημαντική ανθεκτικότητα στον *Heterodera schachtii*, ενθαρρυντικά είναι τα αποτελέσματα για ανεκτικότητα σε αυτόν. Την καλύτερη ανθεκτικότητα παρουσίασε η ποικιλία Acc 107 ακόμα και σε πολύ προσβεβλημένα εδάφη. [66]



Εικόνα 18. Ενήλικο θηλυκό *Heterodera schachtii* χρωματισμένο με οξύ. [66]

Αν και γίνονται πολλές έρευνες για τη δημιουργία ανθεκτικών ποικιλιών τεύτλων στους νηματώδεις, προς το παρόν δεν κυκλοφορούν εμπορικές ποικιλίες.

4.4 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΡΥΖΙΟΥ

4.4.1 Γενικά

Το ρύζι ανήκει στην οικογένεια *Graminae* και το είδος *Oryza*. Σε αυτό το είδος αν και ανήκουν πάρα πολλά γένη (περίπου 80000 έως 100000), σήμερα καλλιεργείται σχεδόν αποκλειστικά το *O. sativa*, το οποίο κατάγεται από την Ασία. Εκεί γίνεται και η μεγαλύτερη κατά κεφαλή κατανάλωσή του παγκοσμίως. Τα εννέα δέκατα της παγκόσμιας παραγωγής καλλιεργούνται και καταναλώνονται εκεί. Αν και καλλιεργείται σε ποικίλα περιβάλλοντα, η άριστη θερμοκρασία είναι οι 30°C. Σε θερμοκρασίες από 20°C και χαμηλότερες παρουσιάζονται φαινόμενα στειρώσης, ιδίως αν το φυτό είναι σε περίοδο άνθησης.

Εκτός από το *O. sativa*, καλλιεργείται επίσης και το αφρικάνικο είδος *O. glaberrima*. Η καλλιέργεια του γίνεται σε ποσοστό 4% επί της παγκόσμιας παραγωγής. Και τα δύο αυτά είδη είναι διπλοειδή και έχουν από 24 χρωμοσώματα. Πάντως στις έρευνες βελτίωσης του ρυζιού, η ενασχόληση περιορίζεται σχεδόν αποκλειστικά στο *O. sativa*.

Λόγω των συνθηκών θερμότητας και υγρασίας στις οποίες καλλιεργείται το ρύζι, είναι αναμενόμενο να παρατηρούμε έντονη δραστηριότητα των εχθρών του, αφού αυτές ευνοούν το ταχύ πολλαπλασιασμό τους. Περισσότερα από εκατό έντομα συγκαταλέγονται στους εχθρούς του ρυζιού και προκαλούν ζημιές σε όλα τα μέρη του φυτού κατά ολόκληρη την περίοδο ανάπτυξής του ακόμα και κατά την περίοδο αποθήκευσής του.

Οι τρόποι βελτίωσης του ρυζιού είναι οι συνηθισμένοι, οι οποίοι έχουν αναλυθεί προγενέστερα. Χρησιμοποιούμε της μεθόδους της μαζικής επιλογής, του υβριδισμού, εισαγωγή ποικιλιών από εξωτερικό καθώς και διασταυρώσεις.

4.4.2 Αντιμετώπιση εχθρών ρυζιού

Οι πιο καταστροφικοί εχθροί του ρυζιού είναι οι *Chilo suppressalis* και *Tryporyza incertulas*.

Όσο αφορά το *Chilo suppressalis* έχει παρατηρηθεί ότι προτιμά ορισμένες ποικιλίες ρυζιού για την εναπόθεση των αυγών του. Επίσης έχουν βρεθεί ποικιλίες στις οποίες αν και η εναπόθεση αυγών γίνεται σε μεγάλες ποσότητες δεν παρατηρούμε εξίσου μεγάλη ζημιά με άλλες ποικιλίες. Υπάρχει σχέση μεταξύ της ανθεκτικότητας του ρυζιού απέναντι στο *Chilo suppressalis* και της μορφολογίας του φυτού. Οι ψηλές ποικιλίες προτιμούνται από

λεπιδόπτερα για την εναπόθεση των αυγών τους. Οι ποικιλίες με τρίχωμα στα φύλλα προβάλλουν ένα φυσικό εμπόδιο για τα αυγά των λεπιδοπτέρων, αν και η αφαίρεση του τριχώματος από την ποικιλία TKM6 δεν το έκανε περισσότερο ελκυστικό για έντομα. Η συγκεκριμένη ποικιλία TKM6 έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά βελτιωτικά προγράμματα και σε πάρα πολλές χώρες με πολύ καλά αποτελέσματα. Η ποικιλία IR20, η οποία είναι η πρώτη ποικιλία με ανοχή στο *Chilo suppressalis* και στο *Tryporyza incertulas* προήλθε από διασταύρωση του TKM6. Η καλλιέργεια της εξαπλώθηκε με πολύ γρήγορους ρυθμούς σε όλο τον κόσμο, μάλιστα, λόγω των πολύ καλών αποτελεσμάτων που έδωσε η καλλιέργειά του.

Η εκτίμηση της ανθεκτικότητας στο *Tryporyza incertulas* αποδείχθηκε δύσκολη εξαιτίας της μεγάλης αντίστασης αυτού του εντόμου καθώς και του ότι η λάρβα του είναι πολύ ευαίσθητη σε εξωτερικούς παράγοντες. Γι' αυτό και ο έλεγχος τους γίνεται σε συνθήκες πλήρως καθορισμένες. Από παρατήρηση πολλών σειρών, βρέθηκαν ότι η ανθεκτικότητα του ρυζιού, οφείλεται κυρίως σε αντιβίωση του φυτού. Δεν παρατηρήθηκε προτίμηση για την εναπόθεση των αυγών πάνω στο φυτό, αλλά κατά τη διάρκεια πειραμάτων σε θερμοκήπια, παρατηρήθηκε προτίμηση για εναπόθεση αυτών πάνω σε σιδερένιους στύλους καθώς και στα ξύλινα πλαίσια.

Η χρήση κρυσταλλικών πρωτεϊνών από το *Bacillus thuringiensis* σε φυτά ρυζιού έδωσε καλά αποτελέσματα για την καταπολέμηση εχθρών του ρυζιού. Αυτό επιτεύχθηκε με την ενσωμάτωση του γονιδίου CryI A (b). Αν και η ανθεκτικότητα που παρουσιάστηκε δεν ήταν πολύ μεγάλη, η διαφορά που παρατηρήθηκε σε σχέση με τα μη βελτιωμένα φυτά ήταν εντυπωσιακή.

Παρατηρήθηκε ότι η λεκτίνη GNA επηρέασε την ανάπτυξη πολλών εντόμων, ιδίως αυτών που ανήκουν στα ομόπτερα. Το γονίδιο το οποίο κωδικοποιεί την GNA κλωνοποιήθηκε και εισήχθηκε σε φυτά ρυζιού. Επειδή τα έντομα αυτά είναι και φορείς αρρωστίων με τον έλεγχό τους επιτυγχάνουμε και μείωση των προσβολών από αρρώστιες.

Άλλα γονίδια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προκληθεί ανθεκτικότητα του ρυζιού σε έντομα είναι πρωτεΐνες απενεργοποίησης ριβοσωμάτων οι οποίες επηρεάζουν τους ρυθμούς ανάπτυξης τόσο εντόμων, όσο και μυκήτων καθώς και αναστολείς πρωτεάσης. Είναι καλύτερο να χρησιμοποιούμε δύο ή τρεις από τους παραπάνω γονιδιακούς τρόπους βελτίωσης της ανθεκτικότητας, αφού έτσι επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στα φυτά ρυζιού.

Σημαντική ανθεκτικότητα σε νηματώδεις μπόρεσε να επιτευχθεί με τη χρήση του γονιδίου Oc-I_D86. Αυτό προήλθε από την κλωνοποίηση του αναστολέα της πρωτεάσης

Oryzacystatin 1 από το ρύζι και του Oc-1 και μιας κυστατίνης από τον αραβόσιτο. Από το Oc-1 αφαιρέσαμε το κωδικόνιο για την ασπαραγίνη 86. Με την ενσωμάτωση αυτού του γονιδίου στο ρύζι παρατηρήθηκε ότι μπορέσαμε να επιτύχουμε έως και 90% ανθεκτικότητα σε διάφορους νηματώδεις κύστης.[47]

Βελτιωτικά προγράμματα τα οποία γίνονται, αποσκοπούν στη δημιουργία φυτών ρυζιού με καθολική αντοχή σε νηματώδεις, και αργότερα λόγω της αποκτώμενης εμπειρίας να μπορέσουμε να επεκτείνουμε αυτές τις μεθόδους και σε άλλα φυτά. Αρχικά επιλέχθηκε το ρύζι λόγω του ευρέως φάσματος νηματωδών, οι οποίοι αποτελούν τους εχθρούς του. Αυτή τη στιγμή έρευνες γίνονται στο πανεπιστήμιο του Leeds, όπου αναπτύσσονται νέες μέθοδοι για την αντιμετώπιση των νηματωδών και στο JIC (John Innes Centre), το οποίο είναι διεθνές πρωτοποριακό κέντρο έρευνας σε γεωπονικές και μικροβιολογικές επιστήμες, όπου γίνονται έρευνες γύρω από τη δημιουργία ενός γενικού συστήματος μετατροπής του ρυζιού με χρήση βιολιστικού βομβαρδισμού.



Εικόνα 19. Σύγκριση προσβολής φυτών ρυζιού από τον νηματώδη *H. Oryzae* (αριστερά) και μη προσβεβλημένων (δεξιά) [56]

4.5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΙΤΑΡΙΟΥ

4.5.1 Γενικά

Το σιτάρι ανήκει στο γένος *Triticum* και καλλιεργείται από τον άνθρωπο εδώ και τουλάχιστον 8000 χρόνια. Η ευρεία ανάπτυξη της καλλιέργειάς του ήταν υπεύθυνη για την ανάπτυξη των πρώτων σταθερών κατοικιών στον κόσμο και την ανάπτυξη γεωργικών οικονομιών. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν τρεις ομάδες στις οποίες ανήκουν τα είδη *Triticum*. Στις διπλοειδείς με αριθμό χρωμοσωμάτων $2n=14$, στις τετραπλοειδείς με αριθμό χρωμοσωμάτων $2n=28$ και στις εξαπλοειδείς με αριθμό χρωμοσωμάτων $2n=42$. Οι περισσότερες μοντέρνες ποικιλίες ανήκουν στο εξαπλοειδές είδος *Triticum aestivum*, το οποίο μπορεί να ευδοκιμήσει σε ποικιλία κλιμάτων. Το σιτάρι, γενικά, έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα στις κλιματικές αλλαγές. Έτσι οι τετραπλοειδείς ποικιλίες, οι οποίες κατάγονται από τη μέση Ανατολή, προσαρμόστηκαν εύκολα στις ήπιες Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες και έδωσαν σημαντική παραγωγή.

Το σιτάρι είναι αυτογονιμοποιούμενο φυτό. Η άνθησή του αρχίζει από το πάνω μέρος του στάχους και διαρκεί συνήθως 2 – 3 ημέρες. Κατά τη διάρκεια της τα λέπυρα ανοίγουν και χύνεται μέρος της γύρης. Επειδή κατά τη διάρκεια της άνθησης το άνθος παραμένει ανοιχτό, υπάρχει πιθανότητα να συμβεί σταυρεπικονίαση, αλλά αυτό συμβαίνει πολύ σπάνια. Στο σιτάρι η σταυρεπικονίαση παρατηρείται σε λιγότερο από το 1% του φυτικού πληθυσμού.

Η τεχνητή επικονίαση του σιταριού απαιτεί μεγάλη προσοχή τόσο κατά την αποστημόνωση, η οποία πρέπει να γίνεται κατά την περίοδο όπου οι ανθήρες είναι ακόμα πράσινοι όσο και κατά την επικονίαση όπου πρέπει να προσέχουμε να είναι το στίγμα καλοανεπτυγμένο και φτερωτό. Επίσης οι κλιματικές συνθήκες παίζουν σημαντικό ρόλο. Ο δροσερός καιρός και η μέση σχετική υγρασία δρουν ευνοϊκά για τη τεχνητή επικονίαση ενώ υψηλής έντασης άνεμοι και βροχόπτωση εμποδίζουν τη τεχνητή επικονίαση.

Οι μέθοδοι που ακολουθούμε για τη βελτίωση του σιταριού δεν διαφέρουν από τις μεθόδους που ακολουθούμε για τη βελτίωση άλλων ειδών. Οι συνηθέστερες μέθοδοι που ακολουθούνται είναι η επιλογή ποικιλιών, ο υβριδισμός, η αναδιασταύρωση, οι διασταυρώσεις μεταξύ ειδών, καθώς και η χρήση ακτινοβολιών.

4.5.2 Αντιμετώπιση εχθρών σιταριού

Ένας από τους σημαντικότερους εχθρούς του σιταριού είναι η μύγα της Έσσης *Mayetiola destructor*. Η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα εναντίον της. Ο συνδυασμός αυτών μαζί με καθυστέρηση στη σπορά μειώνει αισθητά την παρουσία της μύγας. Ο κύριος μηχανισμός άμυνας είναι η αντιβίωση, όπου οι νεαρές λάρβες που τρέφονται με τα ανθεκτικά φυτά πεθαίνουν λόγω φυσικών ουσιών που περιέχονται σε αυτά. Επειδή όμως, κάποια έντομα παρουσιάζουν ανθεκτικότητα, μετά από μερικά χρόνια η μύγα της Έσσης θα παρουσίαζε ολοκληρωτική ανθεκτικότητα στο φυτό. Εντομολόγοι και γενετιστές συνεργάζονται τα τελευταία χρόνια για να ελέγχουν για νέους βιότυπους της μύγας και προσθέτουν νέα γονίδια στα φυτά πριν παρουσιαστεί το πρόβλημα της ανθεκτικότητας του εντόμου. [65]



Εικόνα 20. Ζημιές σε φυτά σιταριού από μύγα της Έσσης[65]



Εικόνα 21. Ενήλικο άτομο μύγας της Έσσης [65]

Αν και αυτή τη στιγμή υπάρχουν πολλά προγράμματα για τη δημιουργία ανθεκτικών ποικιλιών απέναντι σε ζωικούς εχθρούς του σιταριού, μέχρι στιγμής τα μόνα επιτυχημένα αφορούν την αντιμετώπιση της μύγας *Mayetiola destructor*.



**Εικόνα 22. Γενετικά τροποποιημένο σιτάρι
και ανάλυση του DNA του [72]**

Η αφίδα *Schizaphis graminum* προκαλεί ζημιά στο σιτάρι εκχέοντας τοξίνες μέσα στο φυτό με το σάλιο του καθώς τρέφεται. Δοκιμές που έγιναν με επτά χιλιάδες διαφορετικούς γονότυπους σιταριού έδωσαν οχτώ μόνο θετικά αποτελέσματα για αντοχή στην προσβολή από την αφίδα *Schizaphis graminum*. Και οι οχτώ ποικιλίες ήταν ανοιξιάτικες. τη μεγαλύτερη αντοχή εμφάνισε η ποικιλία Dickinson 485. Βρέθηκε ότι η ανθεκτικότητα οφείλετο σε ένα μόνο γονίδιο, αν και εμπλέκονται και άλλα τροποποιητικά γονίδια. Αν και ο μηχανισμός της ανθεκτικότητας δεν έχει κατανοηθεί πλήρως, βρέθηκε ότι τα πιο ανθεκτικά φυτά περιέχουν βενζυλική αλκοόλη σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, η οποία είναι τοξική για τις αφίδες.

Ένας από τους σημαντικότερους εχθρούς του σιταριού ήταν η μύγα *Cerphus cinctus*. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι προκαλούμενες ζημιές ξεπερνούσαν ακόμα και το 75% της παραγωγής. Η λάρβα της τρεφόταν κυρίως από το παρέγχυμα του φυτού και κατά δεύτερο λόγο από τους αγγειακούς ιστούς του. Αποτέλεσμα ήταν η φραγή των αγγείων του φυτού και η παρεμπόδιση της μεταφοράς των φυτικών χυμών και τελικά απώλειες στην παραγωγή. Η δημιουργία μια ποικιλίας με συμπαγή μίσχο και την ονομασία Rescue (διάσωση), αποτέλεσε σωτήρια λύση για τους παραγωγούς. Μέχρι και σήμερα χρησιμοποιείται σε πολλά μέρη, χωρίς η μύγα *Cerphus cinctus* να έχει παρουσιάσει κάποιο βιότυπο, ο οποίος να μπορεί να προσβάλει το σιτάρι. Σε πολλές περιπτώσεις ο πληθυσμός του *Cerphus cinctus* μειώθηκε κατά 90% λόγω της χρήσης της ποικιλίας Rescue. Το μόνο μειονέκτημα που παρατηρείται,

είναι η χαμηλότερη απόδοση, τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά σε σχέση με δεκτικές στο *Cerhus cinctus* ποικιλίες σιταριού. Για να αυξηθούν οι αποδόσεις προτείνεται εναλλαγή δεκτικών ποικιλιών σιταριού με την ποικιλία Rescue. Με χρήση δεκτικών ποικιλιών για τρία χρόνια και μετά χρήση της Rescue για δύο ο πληθυσμός της μύγας διατηρείται σε αποδεκτά επίπεδα.

4.6 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΟΡΓΟΥ

4.6.1 Γενικά

Το σόργο, *Sorghum bicolor*, κατάγεται από τον παλαιό κόσμο και πιθανότατα από το νοτιοανατολικό μέρος της Αφρικής. Αυτό το συμπεραίνουμε, επειδή εκεί βρίσκουμε τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα σε καλλιεργούμενα και άγρια είδη σόργου. Η καλλιέργεια του ξεκίνησε πριν πέντε με επτά χιλιάδες χρόνια. Η κυριότερη παραγωγός χώρα είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες με παραγωγή που υπερβαίνει το 40% της παγκόσμιας παραγωγής και ακολουθούν η Ινδία με 17%, η Αργεντινή με 10%, η Νιγηρία με 6% και άλλες χώρες. Η παραγωγή του γίνεται για ανθρώπινη τροφή, ζωοτροφή καθώς και για πρώτη ύλη αλκοολούχων ποτών. Επίσης χρησιμεύει ως γλυκαντική ουσία σε σιρόπια και η φόβη του χρησιμοποιείται παλιά για τη δημιουργία σκουπών.

Το σόργο είναι κυρίως αυτογονιμοποιούμενο φυτό αλλά αρκετές φορές συμβαίνει και σταυρογονιμοποίηση. Η σταυρογονιμοποίηση συμβαίνει σε περίπου 6% των φυτών, συνήθως μεταξύ φυτών γειτονικών σειρών. Το σόργο έχει τέλεια άνθη και απλοποιείται πολύ η τεχνητή αυτογονιμοποίηση. Αυτή επιτυγχάνεται τοποθετώντας μία χάρτινη σακούλα πάνω από τη φούντα μόλις εμφανιστεί αλλά πριν γίνει η άνθηση. Κατόπιν μπορούμε να αφαιρέσουμε τη σακούλα μόλις ολοκληρωθεί η άνθηση ή να την αφήσουμε μέχρι την ωρίμαση του σπόρου.

Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του σόργου είναι η επιλογή, ο υβριδισμός σε συνδυασμό με την επιλογή, και ο υβριδισμός για παραγωγή της F1 γενιάς. Κατά τον υβριδισμό επιλέγουμε φυτά, τα οποία έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά και τα διασταυρώνουμε. Επειδή οι γονείς είναι από καθαρές ποικιλίες όλοι οι απόγονοι θα είναι όμοιοι. Κατόπιν μια δεύτερη γενιά αναπτύσσεται και τα φυτά τα οποία δείχνουν να έχουν αποκτήσει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά απομονώνονται και αυτογονιμοποιούνται. Αυτή διαδικασία συνεχίζεται ώσπου να παρατηρηθούν όλα τα φυτά μιας σειράς να παρουσιάζουν το επιθυμητό χαρακτηριστικό. Αυτό συμβαίνει συνήθως στην έκτη με όγδοη γενιά. Πολλές φορές χρησιμοποιούμε την αναδιασταύρωση όταν οι επιθυμητοί γονείς με υψηλή συνδυαστική ικανότητα χρειάζονται βελτίωση σε κάποια χαρακτηριστικά, όπως είναι η ανθεκτικότητα σε ζωικούς εχθρούς.

4.6.2 Αντιμετώπιση εχθρών σόργου

Μέχρι πριν από 30 χρόνια σημαντικότερος εχθρός του σόργου θεωρείτο το ακάρι *Blissus leukopterus*. Όμως σήμερα η παρουσία του δεν μας απασχολεί ιδιαίτερα αφού η χρήση ποικιλιών ανθεκτικών σε ακάρεα, έχει μειώσει σημαντικά την παρουσία τους σε καλλιέργειες. Από τις πιο γνωστές ποικιλίες που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα είναι η Atlas. Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα στο ακάρι *Blissus leukopterus* είναι η δημιουργούμενη σκίαση από τα φύλλα του σόργου. Σε φυτά που αυτή η κάλυψη είναι εντονότερη, παρατηρείται μικρότερη προσβολή από κοριούς.

Αντίθετα η αφίδα *Schizaphis graminum* δεν θεωρείτο σημαντικός εχθρός μέχρι τις αρχές του 1970, οπότε εμφανίστηκε με το βιότυπο C, ο οποίος δεν αντιμετωπιζόταν με τα μέχρι τότε μέσα. Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της απαίτησε την άμεση λήψη μέτρων. Η αρχική χρήση χημικών περιόρισε σημαντικά τον πληθυσμό τους, όμως σύντομα ανέπτυξαν αντοχή και στα χημικά. Πολύ σύντομα εμφανίστηκαν τα πρώτα ανθεκτικά υβρίδια σόργου. Ο κύριος μηχανισμός ανθεκτικότητας του σόργου είναι η ανεκτικότητα., η οποία είναι από οικολογική άποψη με πολλά πλεονεκτήματα. Εκτός από ανεκτικότητα, το σόργο παρουσιάζει μερική αντιβίωση καθώς και μη προτίμηση ορισμένων ποικιλιών από την αφίδα *Schizaphis graminum*.



Εικόνα 23. Έντομο της οικογένειας Chironomidae πάνω σε σόργο [41]

Επειδή το σόργο παρουσιάζει τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς άμυνας, υπάρχουν προοπτικές για την ανάπτυξη πολλών νέων βελτιωμένων ποικιλιών. Το μόνο πρόβλημα που

παρουσιάζεται είναι η μη πλήρης κατανόηση των μηχανισμών άμυνας αυτού. Από ότι έχουμε καταλάβει μέχρι τώρα τα γονίδια της ανθεκτικότητας είναι κυριαρχικά και κληρονομούνται με απλό τρόπο.

Ο περισσότερο διαδεδομένος εχθρός του σόργου είναι η μύγα του σόργου. Αποτελεί τον κυριότερο εχθρό του. Ο κυριότερος τρόπος αντιμετώπισής του είναι η φύτευση του σόργου νωρίς κατά την καλλιεργητική περίοδο. Αν η φύτευσή του γίνει αργά κατά την καλλιεργητική περίοδο, ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισής της μύγας είναι η χημική καταπολέμηση. Αν και ολοκληρωμένες έρευνες δεν έχουν φτάσει σε ασφαλή συμπεράσματα ακόμα, ορισμένες ποικιλίες σόργου όπως οι AF 28 και SGIRL – MR – 1 έχουν δώσει ενθαρρυντικά αποτελέσματα για το μέλλον. Οι επερχόμενες βελτιωμένες ποικιλίες σόργου θα παρουσιάζουν σταθερότητα στα γνωρίσματα ανθεκτικότητας, πράγμα το οποίο δεν συμβαίνει στις μέχρι τώρα υπό ανάπτυξη βελτιωμένες ποικιλίες.

Επιθέσεις ακάρεων στο σόργο, συχνά προκαλούν σημαντικές ζημιές σαν δευτερεύοντες εχθροί επηρεαζόμενοι από την ωριμότητα του φυτού και τις καιρικές συνθήκες. Ο παρασιτισμός των ακάρεων στο σόργο, φαίνεται να είναι προσωρινός. Αν και η χημική καταπολέμηση αρχικά λειτούργησε τελικά τα ακάρεα ανέπτυξαν ανθεκτικότητα σε αυτή. Η ποικιλία SC 0599-6 παρουσιάζει ανθεκτικότητα και παρόλη τη ζημιά που παθαίνει, διατηρεί πιο πράσινα φύλλα και πιο υγιής εμφάνιση από τις περισσότερες ποικιλίες. Αυτή η ανθεκτικότητα του σόργου, ουσιαστικά είναι ανεκτικότητα, καθώς οι πληθυσμοί των ακάρεων είναι περίπου ίσοι τόσο στα ανθεκτικά όσο και στα μη ανθεκτικά φυτά και δεν επηρεάζεται η βιολογία τους.

4.7 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η επιστήμη της βελτίωσης των φυτών βρίσκεται σε μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Οι ανάγκες για αύξηση της παραγωγή προκειμένου να καλυφθεί η ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση γεωργικών προϊόντων, οδηγεί στη συνεχή ανάπτυξη νέων τρόπων βελτίωσης των φυτών, είτε αυτή αφορά αύξηση της παραγωγής είτε της ανθεκτικότητας. Οι μεγάλες γεωργικές βιομηχανίες δημιουργούν φυτά με νέες ιδιότητες χωρίς, πολλές φορές, επαρκή μελέτη των πιθανών προβλημάτων που μπορούν να παρουσιαστούν είτε στο άμεσο μέλλον είτε αργότερα. Όμως δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η τεχνολογία καθ' αυτή, δεν είναι υπεύθυνη για τα προβλήματα που δημιουργούνται αλλά ο άνθρωπος. Η άσχημη εμπειρία που αποκτήσαμε από την αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων τα τελευταία χρόνια, ας ελπίσουμε ότι θα δράσει ανασταλτικά αυτή τη φορά στη λανθασμένη χρήση αυτής της τεχνολογίας.

Τα σημεία τα οποία πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα κατά τη δημιουργία νέων ποικιλιών είναι:

1. Η ικανότητα των εντόμων να αναπτύσσουν ανθεκτικότητα σε εντομοκτόνα και καινούργιες ποικιλίες.
2. Η πιθανότητα, η δημιουργία ενός φυτού να παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε ένα παράγοντα και να προκαλεί δεκτικότητα σε έναν άλλο.
3. Η ελεύθερη καλλιέργεια ενός γενετικά τροποποιημένου φυτού σε αγρό μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες μεταλλάξεις σε γειτονικά φυτά.
4. Η προκαλούμενη ανθεκτικότητα να κληρονομείται και στις επόμενες γενιές χωρίς να παρατηρείται εκφυλισμός αυτής.

Η βελτίωση των καλλιεργούμενων φυτών έχει πολύ μεγάλη σημασία λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει με την αύξηση της παραγωγής χωρίς τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων φυτοφαρμάκων. Είναι προς το παρόν περιττό να προσπαθούμε να αντιμετωπίσουμε τους ζωικούς εχθρούς των καλλιεργούμενων φυτών μόνο με μία μέθοδο. Ο ενδεδειγμένος τρόπος είναι ο συνδυασμός όλων των υπάρχοντων μεθόδων, με σκοπό την αύξηση της παραγωγής αλλά ταυτόχρονα και διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας.

Το μέλλον δεν διαγράφεται πλέον τόσο δυσοίωνο όσο παλαιότερα. Ο άνθρωπος απέδειξε ότι μπορεί να ζήσει αρμονικά με τη φύση, συμπληρώνοντας την. Το μόνο που μένει είναι να προσέξει να μην αρχίσει να την καταστρέφει μέσα από την έπαρσή του και τον εγωισμό του όπως έχει κάνει πολλές φορές με την προσπάθειά του να ζήσει πλουσιοπάροχα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ADKISSON, P. L., C. G. BAILEY and G.A. NILES (1962). Cotton stocks screened for resistance to pink bollworm Tex. Agric. Exp. Stn. Misc. Publ., σελ 606
2. ALLARD, R.W. (1960) Principles of Plant Breeding. John Wiley Publications, New York.
3. BENEDICT , J. H., LEIGH, T.F. και HYER, A. H. (1977) Glandless Acala cotton more susceptible to insects. California Agriculture 31, 14
4. DJAMIN A και M. D. PATHAK (1967) The role of silicain resistance to Asiatic rice borer *Chillo suppressalis* in rice varieties. J. Econ. Entomol σελ. 347-351
5. ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΥΔΡΙΑ Τόμος 38^{ος} σελ.198 Μέντελ Γιόχαν
6. EGLINTON G., R. J. HAMILTON (1963)The distribution of alkanes. In chemical Plant Taxonomy, T. Swain, Ed., Academic Press, Inc., New York,σελ. 187-217
7. FOWDEN G. MAXWELL , PETER R. JENNINGS (1979) Breeding plants resistant to insects. Εκδ. Wiley-Interscience Publication
8. G. E. RUSSELL (1978) Plant breeding for pest and disease resistance. Εκδ. Butterworth & co
9. ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ Γ. ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ (1997) Φυτοπροστασία II Εκδ. Τ.Ε.Ι Καλαμάτας
10. HUDON, M. (1977) Influence of resistant and susceptible maize inbred lines on the biology of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* . Canadian Entomologist σελ. 109
11. KOGAN, M. (1977) The role of chemical factors in insect/plant relationships. Proc. Int. Cong. Entomol., σελ. 211

12. LOWE, H. J. B. (1973) Resistance to aphids in sugar beet. Annual Report of plant Breeding institute, Cambridge σελ. 150
13. MARTIN, J. H. και B.E. JUNIPER (1970), The cuticles of plants. St. Martin Press's Press, New York σελ. 347
14. MATHES, R. και L. J. CHARPENTIER (1963). Some techniques and observations in studying the resistance of sugarcane varieties to the sugarcane borer in Louisiana. Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol., σελ.594-603
15. NORRIS, D. M., (1977) In the chemical basis for plant resistance to pests, American Chemical Society, Washington D.C.
16. PAINTER R. H. (1951) Insect Resistance in Crop Plants. The Macmillan Co., New York, σελ.520
17. PETRUNKEVITCH J. (1960) Effects of acari feeding in crop plants, State University of Los Angeles Pub. Σελ.420
18. POEHLMAN, J. M. (1959) Breeding Field Crops. Henry Holt New York
19. REDDY M. S. (1976) Boll weevil nonpreference and agronomic properties of several genetically controlled morphological characters in cotton. Dissertation Abstracts International σελ 361
20. RYAN, C. A. (1973) Proteolytic enzymes and their inhibitors in plants. Ann. Rev. Plant Physiol., σελ 173-196
21. ΥΦΟΥΛΗΣ Χρ. ΑΓΑΘΟΚΛΗΣ (1998) Βελτίωση φυτών Εκδ. Ο.Ε.Δ.Β
22. ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Π. (2001) Βιοτεχνολογία φυτών Εκδ. Έμβρυο

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΦΙΑ

23. <http://aesop.rutgers.edu/~hamilton/lecture12.htm>
24. <http://ars-genome.cornell.edu/rice/documents/newsletters/rgn11/v11p59b.htm>
25. <http://delphi.phys.univ-tours.fr/Prolysis/Images/pap.jpeg>
26. <http://entowww.tamu.edu/research/reshpr.html>
27. <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/bt.htm>
28. <http://hermes.bionet.nsc.ru/pg/29/wel.htm>
29. <http://ipmworld.umn.edu/chapters/eigenbr.htm>
30. <http://ipmworld.umn.edu/chapters/teetes.htm>
31. <http://lsvl.la.asu.edu/plb306/kpigg/tenthimages/anstrich.html>
32. <http://nematode.unl.edu/extpubs/wyosbn.htm>
33. http://online.sfsu.edu/~patters/240/Labs/lab_04biotic/Pages/adaptations.html
34. <http://plantpath.ifas.ufl.edu/Plp5102/Lect9text.html>
35. <http://plantpathology.tamu.edu/Textlab/Grains/corn.html>
36. <http://plantpathology.tamu.edu/Textlab/Grains/Corn/corn.html>
37. <http://students.washington.edu/thepope/epicuwax.html>
38. <http://students.washington.edu/thepope/trichomes.html>
39. <http://sustainable.tamu.edu/slidesets/ipm/ipm31.html>
40. <http://www.abs.sdstate.edu/plantsci/teaching/ps383/breeding/crosspol.htm>
41. <http://www.abs.sdstate.edu/plantsci/teaching/ps383/breeding/selfpoll.htm>
42. <http://www.agnic.org/agdb/erdcalfr.html>
43. http://www.agro.agri.umn.edu/agro5021/lecture_16.htm
44. http://www.agro.agri.umn.edu/agro5021/lecture_24.htm
45. <http://www.ansci.cornell.edu/courses/as625/2000term/phenolic/phenolic.html>
46. <http://www.apsnet.org/education/feature/maize/top.htm>
47. <http://www.biology.leeds.ac.uk/psp/text/about/research/abstracts99/1999.htm>
48. <http://www.biology.ualberta.ca/courses.hp/Bot250/isoprenoid.html>
49. <http://www.cchem.berkeley.edu/~jdkgrp/Research/Isoprenoids.html>
50. http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en507/papers_1997/alayedh.html
51. http://www.crop.cri.nz/psp/articles/docs/gm_crops/potbreed.htm
52. <http://www.croplangenetics.com/productinfo/CNdiversity.htm>

53. <http://www.crowl.org/~crowl/botany/trichomes.htm>
54. <http://www.dwe.csiro.au/research/progv/rodents/the-rat-problem.htm>
55. http://www.eap.mcgill.ca/MagRack/JPR/JPR_11.htm
56. <http://www.ejb.org/content/vol3/issue2/full/3/>
57. <http://www.ento.vt.edu/ris99/igenowat/riceroot.html>
58. http://www.entsoc.org/foundation/award_resistance.html
59. <http://www.eurekah.com/reports/agbiotech/michaud/16/16.html>
60. <http://www.friedli.com/herbs/phytochem/glycosides.html>
61. http://www.geocities.com/we_evolve/Plants/resistance.html
62. <http://www.griffin.peachnet.edu/caes/cotton/rer/pg65.htm>
63. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/v1-099.html>
64. <http://www.ianr.unl.edu/plantpath/peartree/homer/sec.skp/5.html>
65. <http://www.ianr.unl.edu/pubs/insects/g46.htm#prev>
66. <http://www.ianr.unl.edu/pubs/PlantDisease/g1100.htm>
67. <http://www.intas.de/insects2.html>
68. <http://www.isb.vt.edu/proceedings99/proceedings.grains.html>
69. <http://www.isb.vt.edu/proceedings99/proceedings.keen.html>
70. <http://www.kcsnet.or.kr/publi/bul/bu99n1/106.pdf>
71. <http://www.mafes.msstate.edu/pubs/germplasm.htm>
72. <http://www.nal.usda.gov/bic/bio21/agric.html>
73. <http://www.nps.ars.usda.gov/programs/programs.htm?docid=252&npnumber=302>
74. http://www.oznet.ksu.edu/entomology//plantresist/1998_memphis/ipriew99.htm
75. http://www.oznet.ksu.edu/entomology//plantresist/1998_memphis/ipriewc99.htm
76. http://www.oznet.ksu.edu/entomology//plantresist/1998_memphis/ipriew99b.htm
77. http://www.oznet.ksu.edu/entomology//plantresist/1998_memphis/ipriew99b.htm
78. <http://www.oznet.ksu.edu/entomology//plantresist/ipri00.htm>
79. <http://www.oznet.ksu.edu/entomology//plantresist/ipri97.htm>
80. <http://www.pharmacy.purdue.edu/~pawpaw/review.html>
81. <http://www.pscw.uva.nl/monitor/3304.htm>
82. <http://www.sardi.sa.gov.au/crops/patholog/cnwheat.htm>
83. <http://www.schwekendiek.com/axel/plantparasiticnematodes.html#agronomy>
84. http://www.theprof.net/kpac/Insects/Insect_05.htm
85. <http://www.ucmp.berkeley.edu/arthropoda/arachnida/acari.html>
86. <http://www.uoguelph.ca/research/omafra/plants/>

87. <http://www.uwrf.edu/~vd07/plant%20breeding.htm>

88. <http://www.wis.cgiar.org/wisard/shared/asp/projectsummary.asp?Kennummer=2688>

89. <http://www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SusAg/ofpandora.htm>