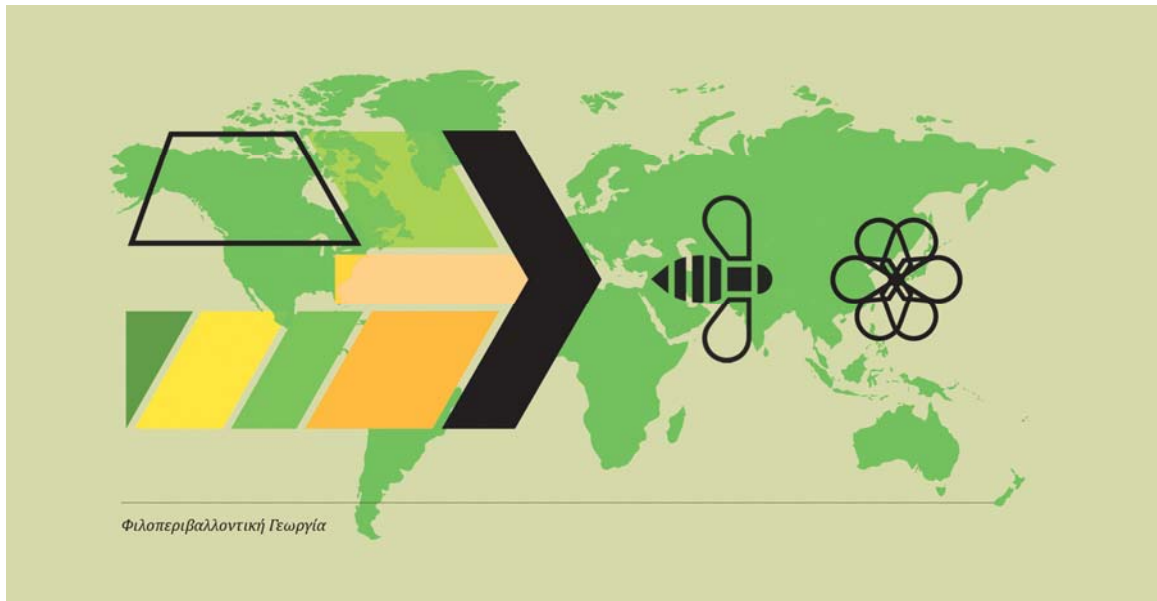




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



«ΦΙΛΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ»



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΚΑΠΑΣΚΕΛΗ ΒΑΡΒΑΡΑ»

Επιβλέπων
Καθηγητής Γιώργος Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2014



«ΦΙΛΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΚΑΠΑΣΚΕΛΗ ΒΑΡΒΑΡΑ»

Επιβλέπων :

Δρ Γ Σταυρουλάκης
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης :

Δρ. Καλδέρης Δημήτρης
Καθηγητής Εφαρμογών

Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 56

*Στον πατέρα μου,
Τάσο.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλλαν με τον τρόπο τους στην ολοκλήρωση της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας κ. Γιώργο Σταυρουλάκη για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθώς και για την υπομονή του.

Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Μιχαήλα Καπασκέλη για την δημιουργία της εικόνας του εξωφύλλου της εργασίας μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου, Γεωργία για τη συνολική στήριξη της όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τάσο για την υπομονή του, τη βοήθεια και τη στήριξη που μου προσέφερε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία θα γίνει μια επισκόπηση της αλληλεπίδρασης της γεωργίας με το περιβάλλον με έμφαση στη χρήση των αγροχημικών και της βιοτεχνολογίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στο θέμα και παράθεση ιστορικών στοιχείων για τη γεωργία, περιγραφή των γενικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον και περιγραφή κάποιων γεωργικών πρακτικών για την μείωση των παραπάνω επιπτώσεων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται ιστορικά στοιχεία για την εξέλιξη των αγροχημικών και συνοπτική περιγραφή τους και έπειτα ακολουθεί ανάλυση για τον τρόπο εισόδου τους στο περιβάλλον και για τις επιπτώσεις τους σε αυτό.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στην τεχνολογία γενετικής τροποποίησης οργανισμών. Δίνονται γενικά στοιχεία για το πλαίσιο της βιοτεχνολογίας, περιγράφονται οι μέθοδοι γενετικής τροποποίησης, οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στη φυτική παραγωγή και αξιολογούνται τα οφέλη και οι κίνδυνοι που ενδέχεται να προκύψουν από τη χρήση της.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία συνοπτική παρουσίαση των γεωργικών συστημάτων και της κατάστασή τους στον ελληνικό χώρο.

Τέλος, προτείνεται ένα πλαίσιο για την μεταστροφή της γεωργίας σε μια πιο «πράσινη» κατεύθυνση.

ABSTRACT

Environmental Friendly Agriculture

In the current thesis, there will be an overview of agriculture and its impacts on the environment with emphasis on the conventional agricultural practices of agrochemical use and biotechnology.

In first chapter, there will be a historical overview of agriculture, a description of general environmental impacts from agricultural practices and an introduction to some environmental “friendly” practices for the reduction of impacts mentioned above.

In the second chapter, are presented some historical clues about agrochemical evolution and they are categorized according to their purpose. In the same chapter, are presented the paths of agrochemical pollution of the environment.

The third chapter is about genetic modification of plants. There are presented general information about biotechnology, the methods of genetic modification, the applications of biotechnology in crop production and the risks and benefits that may occur from its use in agricultural practice.

In fourth chapter, the farming systems and their performance in Greece are shortly presented.

Finally, is suggested a context for shifting agriculture in a more sustainable path.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 Ιστορική αναδρομή	11
1.2 Γεωργία και περιβάλλον	12
1.3 Τεχνολογίες για την υποστήριξη της βιώσιμης γεωργίας	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΓΡΟΧΗΜΙΚΑ, ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	22
2.1 Ιστορική εξέλιξη των αγροχημικών	22
2.2 Κατηγορίες αγροχημικών	24
2.2.1. Εντομοκτόνα	24
2.2.1.1. Ανόργανα Εντομοκτόνα	24
2.2.1.2. Ορυκτέλαια	25
2.2.1.3. Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες	25
2.2.1.4. Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα	25
2.2.1.5. Καρβαμιδικά Εντομοκτόνα	25
2.2.1.6. Πυρεθροειδή	26
2.2.1.6.1. Φυσικά πυρεθροειδή (πυρεθρίνες)	26
2.2.1.6.2. Συνθετικά πυρεθροειδή	26
2.2.1.7. Ασφυκτικά εντομοκτόνα	26
2.2.1.8. Εντομοκτόνα φυσικής προελεύσεως	27
2.2.2. Ακαρεοκτόνα	27
2.2.3. Μυκητοκτόνα	27
2.2.3.1. Προστατευτικά μυκητοκτόνα	27
2.2.3.2. Εξοντωτικά μυκητοκτόνα	28
2.2.4. Ζιζανιοκτόνα	28
2.2.5. Λιπάσματα	28
2.2.5.1. Οργανικά λιπάσματα	28
2.2.5.2. Ανόργανα λιπάσματα	29
2.2.6. Φυτορρυθμιστικές ουσίες	29
2.3 Αγροχημικά και περιβάλλον	31
2.3.1. Αγροχημικά και ατμόσφαιρα	33
2.3.2. Αγροχημικά και έδαφος	37
2.3.2.1. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και έδαφος	37
2.3.2.2. Λιπάσματα και έδαφος	38
2.3.3. Αγροχημικά και νερά (Επιφανειακά-Υπόγεια)	38
2.3.3.1. Φυτοπροστατευτικά και νερά	38
2.3.3.1.1. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και επιφανειακά νερά	38
2.3.3.1.2. Τρόποι ρύπανσης επιφανειακών νερών	40
2.3.3.1.3. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και υπόγεια νερά	42
2.3.3.2. Λιπάσματα και ρύπανση υδάτων	44
	8

2.3.4. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και χλωρίδα	44
2.3.5. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και πανίδα	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Η ΧΡΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	49
3.1 Ιστορική εξέλιξη	50
3.2 Η τροποποίηση ομάδων κυττάρων και ολόκληρων οργανισμών στην φυτική παραγωγή	50
3.2.1. Βασικές Τεχνολογίες	50
3.2.1.1. Ιστοκαλλιέργεια	50
3.2.1.2. Γενετική Μηχανική	52
3.3 Εφαρμογές της γενετικής μηχανικής στη φυτική παραγωγή	53
3.3.1. Ανθεκτικότητα στα παράσιτα	54
3.3.2. Ανθεκτικότητα σε ασθένειες	56
3.3.3. Ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα	57
3.3.4. Ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές πιέσεις	59
3.3.5. Η ενίσχυση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών	59
3.3.6. Άλλες δυνατότητες και πραγματικότητες	60
3.4 Οφέλη και κίνδυνοι που συνδέονται με τη χρήση της βιοτεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή	63
3.4.1. Οφέλη	63
3.4.2. Κίνδυνοι	65
3.5 Συμπεράσματα	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	72
4.1 Εισαγωγή	72
4.2 Παραγωγικά συστήματα στη γεωργία	74
4.2.1. Συμβατική γεωργία	74
4.2.2. Φυσική γεωργία	74
4.2.3. Αειφόρος ή αειφορική γεωργία	75
4.2.3.1. Οργανική ή βιολογική γεωργία	75
4.2.3.2. Ολοκληρωμένη γεωργία	81
4.2.3.3. Γεωργία Ακριβείας	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΕΠΙΛΟΓΟΣ	86
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Εντομοκτόνα φυσικής προέλευσης	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Πλεονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργούμενων φυτών με ανθεκτικότητα στα έντομα	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Διαχρονική εξέλιξη εκτάσεων βιολογικής καλλιέργειας στην Ελλάδα	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Διαχρονική εξέλιξη της Ολοκληρωμένης Γεωργίας στην Ελλάδα	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1 Παγκόσμια κατανάλωση λιπασμάτων από το 1991 μέχρι το 2001	33
---	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 2.1 Διεργασίες που υφίστανται τα αγροχημικά μετά την εφαρμογή τους στη καλλιέργεια.	31
ΣΧΗΜΑ 4.1 Αειφορική Γεωργική Παραγωγή	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Αγροτική σκηνή από την αρχαία Αίγυπτο	12
ΕΙΚΟΝΑ 1.2 Εγκαταλειμμένη υποβαθμισμένη αγροτική γη στο Σουδάν που προηγουμένως ήταν σε σχέδιο άρδευσης.	14
ΕΙΚΟΝΑ 2.1 Το Πράσινο του Παρισιού. Ένα από τα πρώτα εντομοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν. Άρχισε να χρησιμοποιείται το 1867.	23
ΕΙΚΟΝΑ 2.2 Συσκευασία του DDT	24
ΕΙΚΟΝΑ 2.3 Ψεκασμός εντομοκτόνων από αέρος.	34
ΕΙΚΟΝΑ 2.4 Υψηλά επίπεδα νιτρικών στις όχθες ποταμού στην Κίνα	44
ΕΙΚΟΝΑ 3.1 Γενετικά Τροποποιημένο βαμβάκι με ανθεκτικότητα σε έντομα δίπλα σε συμβατική ποικιλία βαμβακιού που έχει δεχτεί επίθεση από έντομα.	57
ΕΙΚΟΝΑ 3.2 Νερά ρυπασμένα από glyphosate σε περιοχή που καλλιεργούνται ΓΤ ποικιλίες με ανθεκτικότητα στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο.	

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γεωργία, το περιβάλλον και ο άνθρωπος αποτελούν ένα ενιαίο και αναπόσπαστο σύστημα. Ο άνθρωπος στηρίζει την επιβίωση του στην γεωργία εδώ και χιλιάδες χρόνια. Για να συνεχίσει η γεωργία να παρέχει την απαραίτητη τροφή στον άνθρωπο θα πρέπει να στηρίζεται σε ένα υγιές περιβάλλον. Οι συνεχείς και αυξανόμενες πιέσεις που ασκούνται από τη γεωργία και τις υπόλοιπες ανθρώπινες δραστηριότητες στο περιβάλλον έχουν αρχίσει να έχουν ορατά αρνητικά αποτελέσματα. Η εντατικοποίηση της γεωργίας έχει οδηγήσει στη ρύπανση των υδάτων, της ατμόσφαιρας και των εδαφών, την υποβάθμιση και την διάβρωση των εδαφών και τη μείωση της βιοποικιλότητας.

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστεί η επίδραση της γεωργικής πρακτικής στο περιβάλλον με έμφαση στη χρήση αγροχημικών και γενετικά τροποποιημένων οργανισμών.

Στην εισαγωγή θα παρουσιαστεί η σχέση και η αλληλεπίδραση της γεωργίας με το περιβάλλον.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναλυθούν εκτενώς οι κατηγορίες χημικών που χρησιμοποιούνται στη γεωργική πρακτική, ο τρόπος εισόδου τους στο περιβάλλον καθώς και οι επιπτώσεις τους σε αυτό.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλυθεί η χρήση της βιοτεχνολογίας στη γεωργική πρακτική και τα οφέλη και οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τη χρήση της.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα επικρατέστερα καλλιεργητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Τέλος θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας και θα προταθούν κάποιες πιθανές εναλλακτικές λύσεις και δράσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η γεωργία είναι μια πρακτική που ασκείται για χιλιάδες χρόνια. Παρέχει σε αμέτρητους ανθρώπους σε όλο τον κόσμο τροφή και εισόδημα.

Η γεωργία δεν παράγει μόνο καλλιέργειες. Οι γεωργικές πρακτικές έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επηρεάζουν ένα ευρύ φάσμα των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων, περιλαμβανομένης της ποιότητας του νερού, την επικονίαση, τους κύκλους των θρεπτικών, τη συγκράτηση του εδάφους και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Με τη σειρά τους οι υπηρεσίες των οικοσυστημάτων επηρεάζουν την γεωργική παραγωγικότητα. Η κατανόηση της συνεισφοράς των γεωργικών πρακτικών στο φάσμα των υπηρεσιών του οικοσυστήματος θα βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις πιο ωφέλιμες γεωργικές πρακτικές [1,2].

1.1 Ιστορική αναδρομή

Από την εποχή που ο άνθρωπος ξεκίνησε να εξημερώνει τα πρώτα κατοικίδια και να ασχολείται με την καλλιέργεια φυτικών ειδών μπήκαν οι βάσεις για τη διαμόρφωση αγροτικών συστημάτων. Η διαμόρφωση του σημερινού αγροτικού συστήματος είναι το αποτέλεσμα πολλών εξελίξεων που προήλθαν άλλοτε με αργούς και άλλοτε με γρήγορους ρυθμούς. Σε ορισμένες χρονικές περιόδους οι ρυθμοί ήταν ταχείς με ριζικές αλλαγές οι οποίες επηρέαζαν μεγάλο αριθμό ανθρώπων και εκτάσεων.

Στην ιστορική εξέλιξη της γεωργίας η πορεία της διακρίνεται σε τρεις περιόδους που ονομάζονται με τον όρο γεωργικές επαναστάσεις και οι οποίες έλαβαν μέρος κάποια χαρακτηριστική χρονική περίοδο και σε κάποιες περιοχές-κλειδιά. Η διάρκεια τους όμως εκτείνεται μέσα στον χρόνο ώστε κάθε μια να διαδραματίζεται ως και σήμερα σε διάφορες περιοχές του κόσμου.

Η Πρώτη Γεωργική Επανάσταση-επίσης γνωστή ως Νεολιθική Επανάσταση έλαβε χώρα όταν το ανθρώπινο είδος άρχισε να εξημερώνει φυτά και ζώα και να μην βασίζεται πλέον στο κυνήγι και την συλλογή τροφής. Με την καλλιέργεια των φυτών και την σίτιση ζώων, το ανθρώπινο είδος δημιούργησε σταθερότερες και πληρέστερες πηγές τροφής αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες επιβίωσης του. Η Πρώτη Γεωργική Επανάσταση διαδραματίζεται περίπου από το 8000 π.Χ. δηλαδή από την Νεολιθική έως και μεσαιωνική εποχή κυρίως στις περιοχές της Ν. Δ. Ασίας, της Ανατολικής Μεσόγειου και της Ευρώπης. Η Πρώτη Γεωργική Επανάσταση μετέτρεψε τις μικρές, απομακρυσμένες ομάδες κυνηγών-τροφοσυλλεκτών, που ήταν συνηθισμένες, σε εγκατεστημένες κοινωνίες που βασίζονται στην οργάνωση χωρίων και πόλεων. Αυτές οι κοινωνίες τροποποίησαν το φυσικό τους περιβάλλον με μέσα εξειδικευμένης καλλιέργειας και τεχνολογίες αποθήκευσης που δημιούργησαν πλεόνασμα παραγωγής. Αυτές οι αλλαγές υπήρξαν οι προϋποθέσεις της δημιουργίας πληθυσμών υψηλής πυκνότητας, ανταλλακτικών οικονομικών, πολιτικών δομών και ιδεολογιών.



Εικόνα 1.1 Αγροτική σκηνή από την αρχαία Αίγυπτο

Η Δεύτερη Γεωργική Επανάσταση διαδραματίζεται από το 1650 μΧ. έως τις αρχές του 20ου αιώνα και αφορά τη καινοτομία, τη βελτίωση και τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν στη Μεγάλη Βρετανία και σε άλλες γειτονικές χώρες ανάμεσα στο 17ο και το τέλος του 19ου αιώνα. Συνέπεια των παραπάνω ήταν μια μεγάλη αύξηση της αγροτικής παραγωγής που με τη σειρά της ήταν ικανή να υποστηρίξει μια πρωτοφανή αύξηση πληθυσμού. αποδεσμεύοντας ένα σημαντικό ποσοστό του εργατικού δυναμικού, γεγονός που οδήγησε στη Βιομηχανική Επανάσταση. Οι γεωργικές εκτάσεις μεγάλωσαν, οι μέθοδοι λίπανσης, φροντίδας των καλλιεργειών και συλλογής βελτιώθηκαν. Η Βιομηχανική Επανάσταση υποστήριξε την αγροτική επανάσταση μέσω μηχανημάτων που βοήθησαν την παραγωγή και το εμπόριο. Μέχρι τη δεκαετία του 1830, τα λιπάσματα και οι τεχνητές τροφές για τα ζώα κατέστησαν δυνατή τη σίτιση μεγαλύτερων αστικών πληθυσμών οι οποίοι με τη σειρά τους οδήγησαν στη ανάπτυξη της βιομηχανικής οικονομίας.

Η Τρίτη Γεωργική Επανάσταση, γνωστή και σαν Πράσινη Επανάσταση περιλαμβάνει κυρίως δύο πρακτικές: την είσοδο νέων σπόρων υψηλής απόδοσης και την επέκταση της χρήσης λιπασμάτων. Η Πράσινη επανάσταση χρονολογείται ήδη από τη δεκαετία του 1930, όταν επιστήμονες ξεκίνησαν να χειρίζονται ποικιλίες σπόρων για να αυξήσουν την απόδοση των καλλιεργειών. Μέσα στη δεκαετία του '40 η έρευνα για την παραγωγή καλαμποκιού στο Μεξικό απέδωσε έναν υβριδικό σπόρο που θα είχε καλύτερη ανάπτυξη. Μέχρι το 1960 το Μεξικό δεν χρειαζόταν να εισάγει καλαμποκί λόγω της παραγωγής που ήταν αρκετή για να καλύψει τις εγχώριες ανάγκες. Λόγω της Πράσινης επανάστασης, η γεωργική παραγωγικότητα σε παγκόσμια κλίμακα αυξήθηκε ταχύτερα από τον παγκόσμιο πληθυσμό. Σήμερα, για την πείνα ευθύνονται περισσότερο οι πολιτικές παρά η αποτυχία στην παραγωγή. Οι γεωγραφικές επιπτώσεις της Πράσινης επανάστασης ποικίλουν σημαντικά. Επίσης, ένα ολόκληρο νέο πεδίο, η βιοτεχνολογία, έχει τη βάση του στη τρίτη αγροτική επανάσταση, που περιλαμβάνει την ανάπτυξη γενετικά τροποποιημένων οργανισμών ή γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών. [3,4]

1.2 Γεωργία και περιβάλλον

Η γεωργία προκαλεί μια σημαντική επιβάρυνση στο περιβάλλον κατά τη διαδικασία παροχής τροφής και υφαντικών ινών στην ανθρωπότητα. Είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού και η κύρια πηγή ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών νερών από νιτρικά, όπως επίσης είναι η κύρια πηγή ρύπανσης από αμμωνία. Συνεισφέρει σημαντικά στη ρύπανση των υδροφόρων από φωσφορικά και στην απελευθέρωση των ισχυρών αερίων του θερμοκηπίου (GHGs), μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου, στην ατμόσφαιρα. [5] Ολοένα και περισσότερο, ωστόσο, αναγνωρίζονται οι θετικές εξωτερικότητες της γεωργίας και τις δασοκομίας όπως η παροχή περιβαλλοντικών υπηρεσιών και εγκαταστάσεων, πχ. μέσω της

αποθήκευσης και καθαρισμού του νερού, της δέσμευσης του άνθρακα και της διατήρησης των αγροτικών τοπίων. Επιπλέον, η εντατικοποίηση με γνώμονα την έρευνα διασώζει τεράστιες φυσικές δασικές και λειβαδικές εκτάσεις, οι οποίες θα είχαν εκμεταλλευτεί ελλείψει υψηλότερων αποδόσεων καλλιεργειών, κρέατος και γάλατος. Από την άλλη πλευρά όμως, η εντατικοποίηση έχει συνεισφέρει στη ρύπανση του αέρα και του νερού και σε κάποιες περιπτώσεις στη μείωση της παραγωγικότητας λόγω της εδαφικής και υδατικής υποβάθμισης [5].

Αρκετοί πιστεύουν πως οι γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες μπορούν να συνεισφέρουν στην ικανοποίηση των παγκόσμιων τροφικών απαιτήσεων βελτιώνοντας την αγροτική παραγωγή. Ωστόσο, οι πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών θα πρέπει να αξιολογηθούν και να διαχειριστούν. Η βάση για την αξιολόγηση αυτών των κινδύνων θα πρέπει να είναι η καλή γνώση των επιπτώσεων και των αποτυπωμάτων των σύγχρονων αγροτικών συστημάτων. Οι παρούσες πρακτικές όπως η καλλιέργεια, η χρήση νερού, η συγκαλλιέργεια, η αμειψισπορά, η βόσκηση και η εκτεταμένη χρήση φυτοφαρμάκων επηρεάζει την βιοποικιλότητα των αγρών όπως επίσης και το περιβάλλον εκτός αυτών [6].

Τα κύρια αγρό-περιβαλλοντικά προβλήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Πρώτον, αυτά που είναι παγκόσμιας κλίμακας, όπως για παράδειγμα η αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) λόγω της αποψίλωσης των δασών και του υποξειδίου του αζώτου (N₂O) λόγω της φυτικής παραγωγής [5]. Η δεύτερη ομάδα προβλημάτων εντοπίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές των μεγάλων ηπείρων και των περισσότερων χωρών, αλλά αυτή τη στιγμή δεν έχουν ουσιαστικές επιπτώσεις σε παγκόσμιο επίπεδο. Παραδείγματα αποτελούν η υφαλμύρωση αρδευόμενων περιοχών και η αύξηση των καταλοίπων των νιτρικών λιπασμάτων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Αυτά τα προβλήματα αρχικά εμφανίστηκαν στις ανεπτυγμένες χώρες τη δεκαετία του '70 σαν συνέπεια της γεωργικής εντατικοποίησης. Παρόλα αυτά, πλέον αποτελούν πρόβλημα αυξανόμενης σημασίας και σε κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες και πρόκειται να γίνουν ακόμη πιο έντονα και εκτεταμένα εκτός αν υπάρξει μια ανακοπή των σημερινών πολιτικών και τεχνολογικών τάσεων.

Οι περισσότερες αρνητικές επιπτώσεις της γεωργίας στο περιβάλλον θα μπορούσαν να περιοριστούν ή να προληφθούν με ένα κατάλληλο συνονθύλευμα πολιτικών και τεχνολογικών αλλαγών. Υπάρχει αυξανόμενη πίεση για μια πιο περιβαλλοντικά ήπια γεωργία. Οι χώρες επίσης θα πρέπει να συμμορφωθούν με τη Συμφωνία για τη Γεωργία του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου (WTO) και τις συνθήκες της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED) (ειδικά με τη Σύμβαση-Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή), οι οποίες υποχρεώνουν τα κράτη να περιορίσουν τις στρεβλώσεις των τιμών των βασικών προϊόντων από τις επιδοτήσεις των εισροών, και τα ενθαρρύνουν να απομακρύνουν παρεμβατικές πολιτικές που τείνουν να επιδεινώνουν τις αγρό-περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να ενσωματώνουν τους περιβαλλοντικούς προβληματισμούς στη χάραξη αγροτικών πολιτικών [5].

Η συνεισφορά της Γεωργίας στην ρύπανση της ατμόσφαιρας και στην Κλιματική Αλλαγή

Η δημόσια προσοχή τείνει να επικεντρώνεται στις πιο ορατές επιπτώσεις της γεωργίας στο περιβάλλον, παρότι φαίνεται πως είναι οι λιγότερο ορατές ή λιγότερο προφανείς επιπτώσεις στη ρύπανση της ατμόσφαιρας που προκαλούν τις μεγαλύτερες οικονομικές απώλειες [5]. Η γεωργία επηρεάζει την ποιότητα του αέρα και της ατμόσφαιρας με τέσσερις κυρίως τρόπους: με τα σωματίδια και τα αέρια του θερμοκηπίου που προκύπτουν από τις αποψιλώσεις με φωτιές (κυρίως δασών και βοσκοτόπων) και την καύση των καταλοίπων του ρυζιού, του μεθανίου που προκύπτει από την παραγωγή ρυζιού και την εκτροφή ζώων, του υποξειδίου του αζώτου από τα λιπάσματα και την κοπριά, και την αμμωνία από την κοπριά και τα ούρα των εκτρεφόμενων ζώων [5].

Η επίδραση της γεωργίας στη γη

Τις τελευταίες δεκαετίες τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά θέματα σε σχέση με τη γη ήταν η αλλαγή της εδαφοκάλυψης, ειδικά η αποψίλωση των δασών και η εντατικοποίηση της χρήσης γης, ιδιαίτερα η επίδραση της στην υποβάθμιση του εδάφους. Η μελλοντική εικόνα σχετικά με την αλλαγή της εδαφοκάλυψης παρουσιάζει μια συνεχή επιβράδυνση της μετατροπής δασών σε εκτάσεις για καλλιέργεια φυτών ή εκτροφή ζώων, καμία σημαντική αλλαγή στις περιοχές βόσκησης και μια συνεχή αύξηση των προστατευόμενων περιοχών [5].



Εικόνα 1.2 Εγκατελειμένη υποβαθμισμένη αγροτική γη στο Σουδαν που προηγουμένως ήταν σε σχέδιο άρδευσης.

Περιβαλλοντικές διαστάσεις της χρήσης νερού και της ρύπανσης του νερού από τη γεωργία

Πολλά ζητήματα διαχείρισης του νερού και της ρύπανσης του έχουν προκύψει τις τελευταίες δεκαετίες. Προβλήματα όπως ο ανταγωνισμός των αστικών και βιομηχανικών τομέων για την παροχή του διαθέσιμου νερού, η αναποτελεσματική χρήση νερού για άρδευση, η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων, η μείωση της διήθησης του βρόχινου νερού στα εδάφη και η ανεπαρκής ανατροφοδότηση των ταμειωτήρων νερού λόγω της αποψίλωσης των δασών και της υποβάθμισης του εδάφους, μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και υποβάθμιση της ποιότητας του νερού λόγω της υπεράρδευσης και της υφαλμύρωσης, ρύπανση των υπόγειων υδάτων από τη χρήση λιπασμάτων, παρασιτοκτόνων και ζωικών αποβλήτων, και μεγαλύτερων ξηρασιών και έλλειψης υγρασίας των εδαφών σε κάποιες περιοχές της υπό-Σαχάριας Αφρικής και της Νότιας Ασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής [5].

Απώλεια βιολογικής και οικολογικής ποικιλότητας

Οι πρόσφατες αλλαγές χρήσης γης έχουν περισσότερο μειώσει την χωρική κατανομή των ειδών παρά προκαλέσει την εξαφάνισή τους, γεγονός που έχει συμβεί στο παρελθόν και θα συνεχίσει να γίνεται σε μικρότερο βαθμό στο μέλλον. Η απώλεια άγριων συγγενών των καλλιεργητικών φυτών και των γηγενών ποικιλιών που προσαρμόζονται καλύτερα σε δυσμενείς και μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες θα μπορούσε να αποδειχτεί πολύ σοβαρή για την εισαγωγή καλλιεργειών ή τα προγράμματα αναπαραγωγής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Οι πιέσεις στην βιοποικιλότητα εκτός αγρο-οικοσυστημάτων από τις εκχερσώσεις, και την ακατάλληλη χρήση των αγροχημικών μπορεί στο μέλλον να αυξάνονται πιο αργά, λόγω της αύξησης των προστατευόμενων περιοχών και της αποκατάστασης των εδαφών. Αλλά θα υπάρξουν αυξανόμενες πιέσεις στην βιοποικιλότητα εντός των αγροτικών συστημάτων. Αυτό θα προκύψει πρωτίστως από την εντατικοποίηση της παραγωγής. Σε συνδυασμό με οικονομικές δυνάμεις, η εντατικοποίηση θα οδηγήσει στην ενοποίηση του αγροκτήματος και του χωραφιού, στη μείωση των ορίων του χωραφιού, στη κάθαρση και την ισοπέδωση των γειτονικών άγονων εκτάσεων έτσι ώστε να μπορούν να καλλιεργηθούν, στη περαιτέρω επέκταση της χρήσης των σύγχρονων ποικιλιών, στη μεγαλύτερη χρήση παρασιτοκτόνων, και σε υψηλότερες πυκνότητες για τα εκτρεφόμενα ζώα. Αυτές οι τάσεις μπορεί να οδηγήσουν στην καταστροφή των

ενδιαιτημάτων των ωφέλιμων εντόμων και πτηνών, που διατηρούν τα παράσιτα των καλλιεργειών υπό έλεγχο και σε άλλες απώλειες βιοποικιλότητας [5].

Οι επιδράσεις της γεωργίας στη βιοποικιλότητα μπορούν να είναι τόσο αρνητικές όσο και θετικές, ανάλογα με την περίπτωση. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, για παράδειγμα, η εντατικοποίηση των κτηνοτροφικών συστημάτων υπήρξε σημαντικός παράγοντας της μείωσης των πληθυσμών των πουλιών. Από την άλλη πλευρά, στην Νορβηγία περίπου τα μισά από τα απειλούμενα είδη εξαρτώνται από τα αγροτικά τοπία και για αυτό το λόγο η διατήρηση της βιοποικιλότητας σχετίζεται άμεσα με την προστασία τέτοιων οικοσυστημάτων. Παρ'όλα αυτά, η εντατικοποίηση θα έχει μια σημαντική θετική επίπτωση, μειώνοντας την ανάγκη για τη μετατροπή νέας γη για τη γεωργία [5].

Η κύριες επιπτώσεις της γεωργίας στην άγρια βιοποικιλότητα εντάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες: 1) Την απώλεια φυσικών ενδιαιτημάτων άγριας ζωής από την επέκταση της γεωργίας, 2) την γενική μείωση της αφθονίας των ειδών σε διαχειριζόμενα δάση, και στα όρια των λιβαδιών και χωραφιών και την μείωση των άγριων γενετικών πόρων που σχετίζονται με τις οικόσιτες καλλιέργειες και την κτηνοτροφία, 3) την μείωση των άγριων ειδών, συμπεριλαμβανομένων μικροοργανισμών, που βοηθάνε την διατήρηση της παραγωγής τροφής και αγροτικών προϊόντων, για παράδειγμα μέσω ανακύκλωσης εδαφικών θρεπτικών, έλεγχου των παρασίτων και επικονίασης των ανθοφόρων καλλιεργειών και 4) την μείωση των άγριων ειδών που εξαρτώνται τα ενδιαίτηματα, η τροφή τους κλπ. από την γεωργία και τα οικοσυστήματα που διατηρεί, πανίδα και χλωρίδα που δεν θα υπήρχε χωρίς την ύπαρξη της γεωργίας [5].

Η διαταραχή των παγκόσμιων βιοχημικών κύκλων

Η γεωργία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανθρωπογενή διαταραχή των διαφόρων βιοχημικών κύκλων, και ειδικά του αζώτου, του φωσφόρου και του θείου. Σε ότι αφορά τον κύκλο του αζώτου, οι εκπομπές αμμωνίας και οξειδίων του αζώτου από τη γεωργία είναι σημαντικές, αλλά υπάρχει επίσης διαταραχή της άζωτο-δέσμευσης. Η παρασκευή αζωτούχων λιπασμάτων, η καύση ορυκτών καυσίμων και η καλλιέργεια ψυχανθών φυτών έχουν σαν αποτέλεσμα η ανθρωπογενής άζωτο-δέσμευση να ξεπερνάει την φυσική [5].

1.3 Τεχνολογίες για την υποστήριξη της βιώσιμης γεωργίας

Διάφορες προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες για το μετριασμό των περιβαλλοντικά επιζήμιων επιπτώσεων της γεωργικής παραγωγής. Οι κύριες εξ αυτών είναι η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παρασίτων (ΟΔΠ/IPM), η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Θρεπτικών (ΟΔΘ-IPNS) και η καλλιέργεια μη άροσης/ διατήρησης (NT/CA). Αυτές οι τεχνικές θα μπορούσαν να ειδικωθούν σαν συμπληρωματικά στοιχεία της βιώσιμης γεωργίας [7].

Το συμβατικό μοντέλο γεωργικής ανάπτυξης τονίζει την αύξηση της παραγωγής και της εντατικοποίησης μέσω προοδευτικά εξειδικευμένων εργασιών. Σε αντίθεση με αυτό το μοντέλο, οι τεχνικές που αναφέρθηκαν προηγουμένως επιδιώκουν να ικανοποιήσουν τους δύο στόχους της αύξησης της παραγωγικότητας και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το επιτυγχάνουν αυτό μέσω της διαφοροποίησης και της επιλογής των εισροών και των πρακτικών διαχείρισης που ενθαρρύνουν θετικές οικολογικές σχέσεις και βιολογικές διαδικασίες σε ολόκληρο το αγρό-οικοσύστημα.

Με τη βοήθεια της συμμετοχικής έρευνας και τις επεκτάσεις των προσεγγίσεων, οι αρχές αυτών των τεχνολογιών μπορεί να αναπτυχθούν περαιτέρω σε συστήματα αειφόρου διαχείρισης των πόρων σε συγκεκριμένες τοποθεσίες.

Η αειφόρος γεωργία δεν είναι ένα συγκεκριμένα καθορισμένο σύνολο των τεχνολογιών, ούτε είναι ένα απλό μοντέλο ή πακέτο που μπορεί να εφαρμοστεί αυτούσιο ευρέως ή είναι σταθερό με τον χρόνο. Η έλλειψη πληροφόρησης σχετικά με αγρό-οικολογία και η υψηλή

απαίτηση διαχειριστικών δεξιοτήτων αποτελούν σημαντικά εμπόδια για την υιοθέτηση της αιεφόρου γεωργίας. Για παράδειγμα, πολύ λιγότερα είναι γνωστά σχετικά με αυτές τις βιολογικές τεχνολογίες και τις τεχνολογίες προστασίας πόρων από ό, τι για τη χρήση εξωτερικών εισροών σε εκσυγχρονισμένα συστήματα.

Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παρασίτων (ΟΔΠ)

Τα συστήματα φυτικής, δασικής και ζωικής παραγωγής σε όλο τον κόσμο υφίστανται απώλειες που προκαλούνται από ασθένειες, ζιζάνια, έντομα, ακάρεα, νηματώδεις και άλλα παράσιτα. Η εντατικοποίηση της γεωργίας, της δασοκομίας και της κτηνοτροφίας ευνοεί τη συσσώρευση επιβλαβών οργανισμών, καθώς οι ποικιλίες και οι φυλές υψηλής απόδοσης που χρησιμοποιούνται είναι συχνά πιο επιρρεπείς σε παράσιτα από τις παραδοσιακές. Η επιπτώσεις πολλών από αυτά τα προβλήματα μπορούν να μετριαστούν με τη βοήθεια των παρασιτοκτόνων αλλά με κόστος, συμπεριλαμβάνοντας αρνητικές επιδράσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Επειδή τα περισσότερα εντομοκτόνα είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία και τοξικά για πολλούς οργανισμούς μη-στόχους, δημιουργούνται πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την παρασκευή τους, την διανομή και την εφαρμογή τους, ιδιαίτερα εάν τα γεωργικά φάρμακα χειρίζονται με λάθος τρόπο [7]. Αυτοί οι κίνδυνοι περιλαμβάνουν την έκθεση κατά την χρήση, κατάλοιπα παρασιτοκτόνων μέσα ή πάνω στα τρόφιμα, ρύπανση του περιβάλλοντος (έδαφος, υπόγεια και επιφανειακά ύδατα, ατμόσφαιρα) και τη θανάτωση οργανισμών μη-στόχων. Λόγω της διατάραξης των φυσικών εχθρών, μπορεί να υπάρξει ανάκαμψη των υπαρχόντων παρασίτων και ξέσπασμα νέων. Όλα σχεδόν τα οικονομικά σημαντικά παράσιτα έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα σε τουλάχιστον ένα χημικό παρασιτοκτόνο.

Ο στόχος της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παρασίτων (ΟΔΠ) είναι να αποφύγει ή να μειώσει τις απώλειες εσοδειών από τα παράσιτα ενώ παράλληλα να περιορίσει τις αρνητικές επιπτώσεις από τη διαχείριση των παρασίτων. Ο όρος ΟΔΠ χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να περιγράψει μια προσέγγιση της διαχείρισης παρασίτων με αρχικό σκοπό την μείωση της εκτεταμένης χρήσης παρασιτοκτόνων με μηδενικά περιστατικά παρασίτων. Η έννοια διευρύνθηκε με τη πάροδο του χρόνου. Σήμερα η ΟΔΠ περιγράφεται καλύτερα σαν μια διαδικασία λήψης αποφάσεων και προσανατολισμού δράσης που εφαρμόζει τις καταλληλότερες μεθόδους και στρατηγικές διαχείρισης παρασίτων για κάθε περίπτωση. Για να εξασφαλιστεί η επιτυχία της διαδικασίας, παρακολουθούνται συστηματικά η παρουσία και η πυκνότητα των παρασίτων και των θηρευτών τους και η έκταση της ζημιάς. Καμία ενέργεια δεν λαμβάνει χώρα όσο τα επίπεδα του πληθυσμού του παρασίτου παραμένουν εντός συγκεκριμένων ορίων.

Η ΟΔΠ προωθεί κυρίως τις βιολογικές, καλλιεργητικές και φυσικές τεχνικές διαχείρισης παρασίτων, και καταφεύγει στις χημικές μόνο όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Ενθαρρύνεται ο βιολογικός έλεγχος που προκύπτει φυσικά, για παράδειγμα μέσω της χρήσης εναλλακτικών φυτικών ειδών ή ποικιλιών που ανθίστανται στα παράσιτα ή της υιοθέτησης πρακτικών διαχείρισης της γης, της λίπανσης και της άρδευσης που περιορίζουν τα προβλήματα από τα παράσιτα. Εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν παρασιτοκτόνα, δίνεται προτεραιότητα σε αυτά με τη μικρότερη τοξικότητα για τους ανθρώπους και τους υπόλοιπους οργανισμούς.

Η ακρίβεια στο χρόνο εφαρμογής των παρασιτοκτόνων είναι απαραίτητη. Παρασιτοκτόνα ευρέως φάσματος αποτελούν την τελευταία λύση και επιλέγονται όταν η προσεκτική παρακολούθηση υποδεικνύει πως είναι απαραίτητα σύμφωνα με προκαθορισμένες κατευθυντήριες γραμμές.

Το Κέντρο Έρευνας και Πληροφόρησης για τις Χαμηλότερες Εξωτερικές Εισροές στην Βιώσιμη Γεωργία καθορίζει τρία στάδια στην ανάπτυξη της ΟΔΠ. Κατά το πρώτο στάδιο, εισάγεται η έννοια των κατωφλίων των πληθυσμών των παρασίτων και συστήνονται τα

παράσιτα- στόχοι. Αργότερα, προστίθενται ασθένειες και ζιζάνια για την καλύτερη διευθέτηση των πολλών προβλημάτων διαχείρισης φυτοπροστασίας που αντιμετωπίζουν οι γεωργοί. Κατά το δεύτερο στάδιο, η φυτοπροστασία ενσωματώνεται στη διαχείριση του αγρού και των φυσικών πόρων. Οι γνώσεις των αυτοχθόνων πληθυσμών και των παραδοσιακών πρακτικών καλλιέργειας μελετούνται και προσαρμόζονται, ενώ η σωστή διαχείριση των φυσικών πόρων καθίσταται σημαντική λόγω του ρόλου της βιοποικιλότητας στο βιολογικό έλεγχο. Υιοθετείται μια προσέγγιση για το σύνολο του αγρού και μια ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιέργειας ασκείται για την επίλυση των συγκρουόμενων αναγκών της γεωργικής παραγωγής και του περιβάλλοντος. Στο τρίτο στάδιο έρχεται η ενσωμάτωση των φυσικών και κοινωνικών επιστημών.

Η εμπειρία έχει δείξει πως η ΟΔΠ έχει οικονομικά και άλλα οφέλη για τους γεωργούς και για τα αγροτικά νοικοκυριά. Παρόλα αυτά, τα εθνικά πλαίσια πολιτικής πολλών αναπτυσσόμενων χωρών τείνουν να ευνοούν σημαντικά τη χρήση φυτοφαρμάκων μέσω επιδοτήσεων που στρεβλώνουν τις τιμές. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, εναλλακτικά μέτρα διαχείρισης παρασίτων, ακόμη και όταν είναι επιτυχημένα, δεν είναι ανταγωνιστικά οικονομικά και οι αγρότες δεν είναι πρόθυμοι να τα υιοθετήσουν. Επιπλέον, οι γενικά αδύναμες υπηρεσίες δεν έχουν την δυνατότητα για εντατικά εκπαιδευτικά προγράμματα που απαιτούνται για την εξοικείωση και την κατάρτιση των γεωργών στη χρήση των πρακτικών ΟΔΠ.

Παρά τα προβλήματα, η ΟΔΠ έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλές χώρες και για πολλές καλλιέργειες, όπως το ρύζι, το βαμβάκι και τα λαχανικά. Στην Κούβα, η ΟΔΠ έχει ενσωματωθεί με επιτυχία στην βιολογική γεωργία. Όπου οι γεωργοί δεν είχαν προηγουμένως πρόσβαση σε χημικά παρασιτοκτόνα, η εφαρμογή φυτοπροστασίας βασισμένης στη ΟΔΠ είναι η προτιμώμενη επιλογή για να αποφευχθεί ,η οικονομικά και περιβαλλοντικά επιζήμια, υπέρ-εξάρτηση από τα παρασιτοκτόνα [7].

Η εφαρμογή της ΟΔΠ στο ρύζι έχει δείξει από καλές έως δραματικές βελτιώσεις στην παραγωγή, σε κάποιες περιπτώσεις με ταυτόχρονη μείωση του κόστους. Σε συνδυασμό με τις αποδεδειγμένες επιτυχίες, η υιοθέτηση της ΟΔΠ θα προωθηθεί και σε άλλες καλλιέργειες ή συστήματα καλλιέργειας, ιδιαίτερα τα λαχανικά και το βαμβάκι. Δυστυχώς, μια ποσοτική αξιολόγηση της αφομοίωσης από την άποψη των εκτάσεων που καλύπτονται και τη μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων είναι διαθέσιμη μόνο για λίγα έργα, κάνοντας μια παγκόσμια ή περιφερειακή εκτίμηση των σημερινών και των μελλοντικών χρήσεων της πρακτικής αδύνατη [7]

Ολοκληρωμένη Διαχείριση Θρεπτικών (ΟΔΘ)

Κάθε γεωργική φυτική παραγωγή-ήπια ή εντατική, συμβατική ή βιολογική- απομακρύνει θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος. Η πρόσληψη θρεπτικών ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και της έντασης της παραγωγής. Μια αύξηση στη παραγωγή βιομάζας οδηγεί σε μεγαλύτερη πρόσληψη θρεπτικών. Η ανισορροπία στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών μπορεί να οδηγήσει στην εξάντληση των αποθεμάτων θρεπτικών συστατικών του εδάφους που υπάρχουν σε μικρές ποσότητες και την απώλεια θρεπτικών που υπάρχουν σε περίσσεια. Η ανεπάρκεια θρεπτικών μπορεί να περιορίσει την αποτελεσματική πρόσληψη άλλων θρεπτικών, μειώνοντας τις αποδόσεις των καλλιεργειών. Για την ύπαρξη ενός βιώσιμου καλλιεργητικού συστήματος, τα θρεπτικά θα πρέπει να αναπληρώνονται. Η εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες είναι μια μεγάλη αλλά συχνά κρυμμένη μορφή υποβάθμισης του εδάφους, καθιστώντας της αγροτική παραγωγή μη βιώσιμη [7].

Η ΟΔΘ στοχεύει στη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης των θρεπτικών μέσω της ανακύκλωσης όλων των πόρων θρεπτικών εντός του χωραφιού και με τη χρήση αζωτοδέσμευσης από τα ψυχανθή μέχρι το σημείο που αυτό είναι δυνατό. Αυτό

επιτυγχάνεται με τη χρήση εξωτερικών πηγών θρεπτικών, περιλαμβάνοντας παρασκευασμένα λιπάσματα, την ενίσχυση της παραγωγικότητας του εδάφους μέσω μιας ισορροπημένης χρήσης τοπικών και εξωτερικών πηγών θρεπτικών με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται ή να βελτιώνεται η γονιμότητα του εδάφους [7]. Την ίδια στιγμή η ΟΔΘ στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των απωλειών θρεπτικών για την αποφυγή ρύπανσης των εδαφών και των υδάτων και οικονομικών απωλειών για τον γεωργό.

Σε επίπεδο αγροτεμαχίου, η ΟΔΘ είναι σχεδιασμένη να βελτιώνει την πρόσληψη των θρεπτικών από τα φυτά και να αυξάνει την παραγωγικότητα από αυτή τη πρόσληψη. Σε επίπεδο αγροκτήματος η ΟΔΘ προσβλέπει στη βελτίωση της παραγωγικότητας των ροών των θρεπτικών που λαμβάνουν χώρα μέσα στο σύστημα κατά την εναλλαγή καλλιεργειών. Η απόφαση εφαρμογής εξωτερικών θρεπτικών γενικά βασίζεται σε οικονομικούς λόγους αλλά επίσης εξαρτάται από την διαθεσιμότητα και τους πιθανούς κινδύνους της παραγωγής.

Συμβουλές για τις ποσότητες θρεπτικών που θα πρέπει να εφαρμοστούν μπορούν να αντληθούν από εμπειρικά αποτελέσματα πειραμάτων που έχουν γίνει σε χωράφια, τα οποία παρέχουν πληροφορίες για την επίδραση εφαρμογών συνδυασμών θρεπτικών, χρόνου εφαρμογής θρεπτικών και πηγές θρεπτικών για τις καλλιέργειες. Ελλείψει τέτοιων λεπτομερών πληροφοριών, η γνώση των ποσοτήτων των θρεπτικών που απομακρύνονται από τις καλλιέργειες στο επιθυμητό επίπεδο παραγωγής μπορούν να αποτελέσουν ένα καλό σημείο έναρξης για τον υπολογισμό των απαιτήσεων σε θρεπτικά.

Η βελτιωμένη διαχείριση θρεπτικών των φυτών είναι σημαντική για την περιβαλλοντική και οικονομικά βιώσιμη φυτική παραγωγή, είτε αυτή είναι συμβατική είτε είναι βιολογική. Παρόλα αυτά ο ρυθμός διάδοσης της ΟΔΘ και η επίδραση της στην χρήση ανόργανων λιπασμάτων στην αγροτική παραγωγή δεν μπορεί να προβλεφθεί μεμονωμένα. Η διαχείριση ακριβείας των λιπασμάτων μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα τους κατά 10-30% και για αυτό το λόγο θα έπρεπε να ενσωματωθεί σε όλα τα παραγωγικά συστήματα που στοχεύουν στη βιωσιμότητα, ακόμη και αν δεν δίνουν έμφαση στη ΟΔΘ [7].

Καλλιέργεια διατήρησης/ μη άροσης

Η μεγαλύτερη έκταση της γεωργικής γης εξακολουθεί να οργώνεται, να σβαννίζεται ή να σκαλίζεται πριν από κάθε καλλιέργεια. Αυτές οι συμβατικές πρακτικές άροσης στοχεύουν στην καταστροφή ζιζανίων και στη χαλάρωση του επιφανειακού εδάφους για τη διευκόλυνση της διήθησης του νερού και της εγκατάστασης των καλλιεργειών. Αυτή η επαναλαμβανόμενη διαταραχή της επιφανειακής γης μπορεί να αποσταθεροποιήσει την δομή του εδάφους, έτσι ώστε οι βροχοπτώσεις να μπορούν να προκαλέσουν διασπορά του εδάφους και το φράξιμο και την ξήρανση της επιφάνειας. Ένα επιπρόσθετο πρόβλημα της συμβατικής άροσης είναι πως συχνά οδηγεί σε συμπιεσμένη εδάφη, τα οποία επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγικότητα.

Αυτή η αρνητική επίδραση της εδαφικής άροσης στην παραγωγικότητα και τη βιωσιμότητα του αγρού, όπως επίσης και στις περιβαλλοντικές διεργασίες αναγνωρίστηκε σταδιακά. Σαν απάντηση σε αυτό το πρόβλημα αναπτύχθηκε η πρακτική της καλλιέργειας διατήρησης/ μη άροσης, η οποία διατηρεί και βελτιώνει τις αποδόσεις των καλλιεργειών και την ανθεκτικότητα τους στην ξηρασία και άλλους κινδύνους, ενώ παράλληλα προστατεύει και ενισχύει τη βιολογική λειτουργία του εδάφους.

Τα κρίσιμα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας διατήρησης/ μη άροσης είναι τα εξής : ελάχιστη διατάραξη του εδάφους που περιορίζεται στη φύτευση και τις γεωτρήσεις, διατήρηση μιας μόνιμης κάλυψης ζωντανού ή νεκρού φυτικού υλικού στην επιφάνεια του εδάφους, άμεση σπορά, εναλλαγή καλλιεργειών διαφορετικών φυτικών οικογενειών, επαρκή παραγωγή βιομάζας και συνεχή χρήση της καλλιεργητικής γης.

Η εδαφική κάλυψη είναι απαραίτητη για να προστατευθεί το έδαφος από την επίδραση της βροχής, η οποία μπορεί να καταστρέψει το πορώδες του επιφανειακού εδάφους οδηγώντας στην απορροή και τη διάβρωση.

Οι καλλιέργειες σπέρνονται ή φυτεύονται μέσα από αυτό το κάλυμμα με ειδικό εξοπλισμό ή σε στενές καθαρισμένες λωρίδες. Η απευθείας φύτευση ή σπορά σχετίζεται με τη καλλιέργεια διατήρησης αφού κάθε περαιτέρω άροση θα έθαιβε το μεγαλύτερο μέρος ή ολόκληρο το φυτικό κάλυμμα. Οι αλληλουχίες καλλιεργειών προγραμματίζονται για αρκετές εποχές για να ελαχιστοποιηθεί η συσσώρευση των παρασίτων ή ασθενειών και για να βελτιωθεί η χρήση των θρεπτικών μέσω της συνέργειας των διαφορετικών τύπων καλλιεργειών και μέσω της εναλλαγής καλλιεργειών με βαθιές ρίζες και καλλιεργειών με επιφανειακές ρίζες. Όταν επαναλαμβάνεται η ίδια καλλιέργεια ή η ίδια καλλιέργεια φυτό-κάλυψης στο ίδιο κομμάτι γης κάθε χρόνο, η καλλιέργεια διατήρησης είναι ατελής και ανολοκλήρωτη, γιατί ασθένειες, ζιζάνια και παράσιτα τείνουν να αυξάνονται και τα κέρδη τείνουν να μειώνονται [7]. Η καλλιεργούμενη γη χρησιμοποιείται συνεχώς και η καύση των καταλοίπων απαγορεύεται.

Εκτός από την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση και την απώλεια νερού από την επιφανειακή απορροή ή εξάτμιση, η εδαφική κάλυψη επίσης αναστέλλει τη βλάστηση πολλών σπόρων ζιζανίων, ελαχιστοποιώντας τον ανταγωνισμό των ζιζανίων με την καλλιέργεια.

Μετά από κάποια χρόνια εφαρμογής της πρακτικής, οι αποδόσεις αυξάνονται συχνά κατά 20 με 50% ,σε σχέση με τις προηγούμενες συμβατικές πρακτικές, και γίνονται λιγότερο μεταβλητές από χρόνο σε χρόνο. Το εργατικό κόστος επίσης μπορεί να είναι σημαντικά μικρότερο και η απαίτηση εργατικού δυναμικού είναι καλύτερα κατανοημένη μέσα στο χρόνο. Το κόστος εισροών είναι επίσης μικρότερο, ειδικά για τα μηχανήματα αφού γίνουν οι αρχικές επενδύσεις [7].

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι, ωστόσο, για την συνεχιζόμενη κυριαρχία της συμβατικής γεωργίας. Υπάρχει μια φυσική απροθυμία στην αλλαγή προσεγγίσεων που ασκούνται για χρόνια ή δεκαετίες. Η συμβατική σοφία σχετικά με τα οφέλη του οργώματος και η έλλειψη γνώσεων σχετικά με την ζημία που υφίσταται το εδαφικό σύστημα τείνουν να διατηρούν τη γεωργία που βασίζεται στην άροση. Επίσης η μετάβαση στη καλλιέργεια διατήρησης δεν είναι χωρίς κόστος ούτε ιδιαίτερα απλή. Κατά τα μεταβατικά χρόνια, υπάρχουν επιπλέον έξοδα για εργαλεία και εξοπλισμό. Υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης των ζιζανίων μπορεί αρχικά να αυξήσει το κόστος ζιζανιοκτόνων, και οι αποδόσεις και η ανθεκτικότητα κατά της ξηρασίας θα βελτιωθούν σταδιακά.

Ένα ακόμη πιο σημαντικό εμπόδιο στην επιτυχή υιοθέτηση της καλλιέργειας διατήρησης είναι πιθανότατα οι απαιτούμενες ικανότητες διαχείρισης. Κάθε παραγωγικό σύστημα που περιλαμβάνει αμειψισπορά είναι πιο περίπλοκο καθώς απαιτεί συνεχή διαχείριση για περισσότερες από μία ή δύο καλλιεργητικές περιόδους. Οι γεωργοί θα πρέπει να κατανοούν το νέο σύστημα και τους λόγους για τις διάφορες διαδικασίες, και να τις προσαρμόζουν στις δικές τους ανάγκες και συνθήκες για να εξισορροπήσουν την αμειψισπορά με τις απαιτήσεις τις αγοράς.

Βιολογική γεωργία

Η βιολογική Γεωργία είναι ένα σύστημα διαχείρισης παραγωγής που στοχεύει στην ενίσχυση της υγείας του οικοσυστήματος, συμπεριλαμβανομένων των βιολογικών κύκλων και της εδαφικής βιολογικής δραστηριότητας. Βασίζεται στην ελαχιστοποίηση της χρήσης εξωτερικών εισροών, και αντιπροσωπεύει μια μελετημένη προσπάθεια της βέλτιστης χρήσης των τοπικών φυσικών πόρων. Χρησιμοποιούνται μέθοδοι για την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων [7], παρότι δεν μπορεί να εξασφαλιστεί πως τα προϊόντα είναι τελείως απαλλαγμένα από κατάλοιπα λόγω της

ευρύτερης περιβαλλοντικής ρύπανσης. Η βιολογική γεωργία περιλαμβάνει μια σειρά από διαδικασίες διαχείρισης της γης, των καλλιεργειών και των ζώων. Σε αντίθεση με τα τρόφιμα που αποκαλούνται «φυσικά», «φιλικά προς το περιβάλλον» ή «ελευθέρως βοσκής», η βιολογική γεωργία διακατέχεται από μια ομάδα κανόνων και περιορισμών, που συνήθως εφαρμόζονται μέσω μηχανισμών επιθεωρήσεων ή πιστοποιήσεων. Άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται είναι «οργανική» ή «οικολογική». Ο όρος «βιοδυναμική» αναφέρεται σε προϊόντα που παράγονται με βιολογικές και άλλες επιπρόσθετες απαιτήσεις.

Τα συνθετικά παρασιτοκτόνα, τα ανόργανα λιπάσματα, τα συνθετικά συντηρητικά, οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, τα φαρμακευτικά προϊόντα, η χρήση λυματο-λάσπης και η ακτινοβολήση απαγορεύονται από όλα τα πρότυπα βιολογικής γεωργίας. Οι εισροές θρεπτικών ή παρασιτοκτόνων που προέρχονται απευθείας από φυσικές πηγές, γενικά επιτρέπονται, εφόσον έχουν υποστεί ελάχιστη προεργασία πριν τη χρήση. Τα βιομηχανικά παραγόμενα παρασιτοκτόνα, για παράδειγμα, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιολογική γεωργία αλλά το εκχύλισμα φύλλων neem το οποίο έχει βιοκτόνες ιδιότητες αυτή τη στιγμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Οι πιο πολλές βιομηχανικές χώρες, και κάποιες αναπτυσσόμενες, έχουν αναπτύξει εθνικά πρότυπα βιολογικής γεωργίας, κανονισμούς και συστήματα επιθεώρησης και πιστοποίησης που ρυθμίζουν την παραγωγή και τη διάθεση των τροφίμων που επισημαίνονται σαν «βιολογικά». Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι γενικές αρχές και απαιτήσεις που εφαρμόζονται στη βιολογική γεωργία καθορίζονται από τις κατευθυντήριες γραμμές Codex [7] που υιοθετήθηκαν το 1999. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη βιολογική γεωργία, κτηνοτροφία και ιχθυοτροφία κυρίως πηγάζει από ανησυχίες που σχετίζονται με την υγεία και την ποιότητα των τροφίμων. Παρόλα αυτά, η βιολογική γεωργία δεν ισχυρίζεται πως οι βιολογικές τροφές είναι ασφαλέστερες ή πιο υγιεινές αλλά πως η διαδικασία παραγωγής και επεξεργασίας τους γίνεται με μεθόδους που σέβονται το περιβάλλον.

Ένα βιολογικό σύστημα παραγωγής στοχεύει στα εξής:

- Ενίσχυση της βιολογικής ποικιλότητας σε ολόκληρο το σύστημα
- Αύξηση της εδαφικής βιολογικής δραστηριότητας
- Μακροχρόνια διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους
- Ανακύκλωση φυτικών και ζωικών αποβλήτων με στόχο την επιστροφή των θρεπτικών στο έδαφος, ελαχιστοποιώντας έτσι τη χρήση των μη ανανεώσιμων πόρων
- Στήριξη σε ανανεώσιμες πηγές των τοπικά οργανωμένων αγροτικών συστημάτων
- Προώθηση της υγιούς χρήσης του εδάφους, του νερού και του αέρα καθώς και ελαχιστοποίηση όλων των μορφών ρύπανσης που προκύπτουν από τη γεωργική πρακτική.
- Διαχείριση αγροτικών προϊόντων εστιάζοντας στις προσεκτικές μεθόδους επεξεργασίας ούτως ώστε να διατηρηθεί η βιολογική ακεραιότητα και οι ποιότητες του προϊόντος σε όλα τα στάδια.
- Εγκατάσταση σε οποιαδήποτε έκταση μετά από μια περίοδο μετάβασης, η διάρκεια της οποίας καθορίζεται από παράγοντες της έκτασης, όπως το ιστορικό της γης και οι μελλοντικές καλλιέργειες.

Η βιολογική γεωργία, με την ευρεία έννοια, δεν περιορίζεται στις πιστοποιημένα αγροκτήματα και προϊόντα. Περιλαμβάνει επίσης μη πιστοποιημένα, εφόσον αυτά τηρούν τα κριτήρια της βιολογικής γεωργίας. Αυτό συμβαίνει σε πολλά μη πιστοποιημένα αγροτικά συστήματα σε ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες όπου η παραγωγή καταναλώνεται τοπικά ή πωλείται απευθείας από τον αγρό χωρίς ετικέτα. Η έκταση αυτών των συστημάτων

είναι δύσκολο να εκτιμηθεί καθώς δραστηριοποιούνται εκτός των συστημάτων πιστοποίησης και της αγοράς [7].

Οι βιολογικές πρακτικές που ενισχύουν την βιολογική δραστηριότητα του εδάφους και τον κύκλο των θρεπτικών περιλαμβάνουν: τη διαχείριση της αμειψισποράς και τη καλλιέργεια σε λωρίδες, τη χλωρή λίπανση και τη βιολογική λίπανση (ζωική κοπριά, κομπόστ, κατάλοιπα καλλιεργειών), μηδενική ή ελάχιστη άρση, αποφυγή χρήσης παρασιτοκτόνων και λιπασμάτων. Έρευνα δείχνει πως η βιολογική γεωργία αυξάνει σημαντικά την πυκνότητα των ευεργετικών ασπόνδυλων, των γαιοσκωλήκων, των ριζικών συμβιωτικών οργανισμών και άλλων μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια) [7]. Η κατάλληλη διαχείριση της βιολογικής γεωργίας μειώνει ή εξαλείφει τη ρύπανση του νερού και βοηθά στην διατήρηση του νερού και του εδάφους στο αγρόκτημα. Ορισμένες χώρες (π.χ. Γαλλία, Γερμανία) υποχρεώνουν ή να επιδοτούν τους αγρότες να χρησιμοποιούν βιολογικές μεθόδους ως λύση για τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων με νιτρικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΓΡΟΧΗΜΙΚΑ, ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

2.1 Ιστορική εξέλιξη των αγροχημικών

Η χρήση εντομοκτόνων από τους ιστορικούς χρονολογείται γύρω στο 1000 πΧ ενώ οι Κινέζοι ήδη από το 2000 π.Χ χρησιμοποιούσαν το θείο για την απομάκρυνση βλαβερών εντομών. Αναφορές υπάρχουν για τη χρήση του φυτού pyrethrum το 400 π.Χ. στην Περσία για την αντιμετώπιση των ψειρών.

Μεγάλη ποικιλία φυτικών εκχυλισμάτων όπως π.χ. καπνού και μαύρου πιπεριού, καθώς επίσης και άλλα υλικά όπως σαπουνάδα, ασβεστόχωμα, ζύδι, ρετσίνα από πεύκα, έλαια ψαριών, αλισίβα κ.α. χρησιμοποιήθηκαν από τους ανθρώπους για την προστασία της απειλούμενης αγροτικής παραγωγής από έντομα, ζιζάνια και ασθένειες.

Το πρώτο φυτικό εντομοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε τον 17ο αιώνα για την καταπολέμηση του σκουληκιάσματος στα δαμάσκηνα, καταστρέφοντας τις προνύμφες, ήταν η νικοτίνη η οποία λαμβάνεται από εκχύλισμα φύλλων καπνού. Γύρω στα 1850 άρχισε η συστηματική παραγωγή ενός φυτικού εντομοκτόνου γνωστού ως ροτενόνη (rotenone) που απομονώθηκε από τις ρίζες του φυτού timb το οποίο μέχρι εκείνη την εποχή (χρησιμοποιείτο στην αλιεία) το χρησιμοποιούσαν στο ψάρεμα ρίχνοντας αυτές στο νερό σε μικρά κομμάτια (γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα τον θάνατο των ψαριών και έκανε εύκολη την συλλογή τους) οπότε τα ψάρια μετά από λίγα λεπτά άρχιζαν να επιπλέουν και έτσι ήταν εύκολο να τα πιάσουν.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν φυτά με ερεθιστικές ιδιότητες όπως το λιβάνι και το φυτό *sabadilla*, τα οποία (είχαν απωθητικές ιδιότητες για τα έντομα) δεν σκότωναν τα έντομα απευθείας αλλά τα απωθούσαν. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν και άλλα φυτά όπως το *quasia* (*Quaisia amara*, *Simaroubaceae*), το neem ή το *Margosa* (*A. Indica*) κ.α.

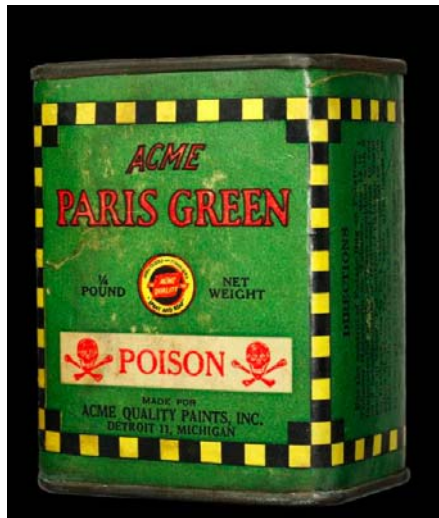
Ταυτόχρονα τα λιπάσματα, των οποίων η ευεργετική δράση στα φυτά ήταν ήδη γνωστή από την αρχαιότητα αρχίζουν να αποτελούν πλέον μια αναγκαιότητα για την γεωργία. Αρχίζει η συστηματική εφαρμογή των λιπασμάτων με κύριους φυσικούς εκπρόσωπους την κοπριά το φυλλόχωμα, τα οστεάλευρα κ.α.

Το 1799 ο Έρασμος Ντάργουιν διακήρυξε την θεωρία ότι το άζωτο και ο φωσφόρος ήταν ουσιώδη συστατικά όλων των φυτών και ότι το έδαφος θα έπρεπε να εμπλουτίζεται με αυτά τα στοιχεία συνεχώς, με την προσθήκη κοπριάς και οστεάλευρου (οι υποδείξεις του όμως αυτές αγνοήθηκαν). Οι γεωργοί, εμπειρικά, προσπαθούσαν να αξιοποιήσουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και για αυτό το λόγο θεωρούσαν ότι τα χωράφια έπρεπε να «αναπαύονται» για έναν χρόνο ή να εναλλάσσονται οι καλλιέργειες δημητριακών με ψυχανθή, κυρίως όσπρια κάτι που συμβαίνει ακόμα και σήμερα (τα αζωτολόγα βακτήρια, που συμβιώνουν με τα ψυχανθή στις ρίζες τους έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν αμμωνία). Αρκετά χρόνια αργότερα ο Γερμανός Χημικός Λίμπιχ, παραδέχτηκε μέσα από πειράματα ότι το άζωτο και ο φωσφόρος ήταν εξίσου απαραίτητα στο έδαφος, ανοίγοντας τον δρόμο για την βιομηχανική παραγωγή λιπασμάτων.

Η εποχή των συνθετικών λιπασμάτων άρχισε πριν 150 περίπου χρόνια. Η βιομηχανική μετατροπή του ατμοσφαιρικού αζώτου σε νιτρικό οξύ και αλάτι του, κατ' απομίμηση της φύσης, άρχισε να εφαρμόζεται από τα μέσα του 19ου αιώνα. Η μέθοδος όμως απαιτούσε την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας και τα νιτρικά λιπάσματα ήταν ακριβά. Αντίθετα, όταν πραγματοποιήθηκε η παραγωγή αμμωνίας από άζωτο και υδρογόνο, στις αρχές του 20ού αιώνα, τα αμμωνιακά λιπάσματα έγιναν προσιτά και συνετέλεσαν τα μέγιστα στην αύξηση της φυτικής παραγωγής. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας λιπασμάτων είναι η πραγματική αιτία για την θεαματική αύξηση της στρεμματικής απόδοσης των

καλλιεργειών με αποτέλεσμα την αύξηση του βιοτικού επιπέδου στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες,

Μετά το 1850 χρησιμοποιείται ευρέως σαν εντομοκτόνο ένα διάλυμα από θείο και καπνό, ενώ το 1867 άρχισε η χρήση αρσενικών εντομοκτόνων με κύριο εκπρόσωπο το Πράσινο του Παρισιού (Paris Green), διπλό άλας του αρσενικού και οξικού χαλκού, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$. Τα επόμενα χρόνια η ανάπτυξη συνεχίζεται με την παραγωγή πυρεθρινοειδών ενώ παράλληλα γίνονται πειράματα για την χρήση γαλακτώματος από ακατέργαστο ανθρακικό οξύ ως εντομοκτόνου. Ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται: το πετρέλαιο, η κηροζίνη, διάφοροι σάπωνες, το έλαιο φάλαινας ενώ αποδεικνύεται όλο και περισσότερο αποτελεσματικό το Πράσινο του Παρισιού. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω ενώσεις για την αντιμετώπιση διαφόρων εντόμων: CO_2 , "London purple", φθοριούχο νάτριο, υδροκυάνιο για ψεκασμούς, ναφθαλίνη, διάφορα μίγματα με μόλυβδο ή με χαλκό, έλαιο κитρονέλλας σαν εντομοαπωθητικό κ.α..



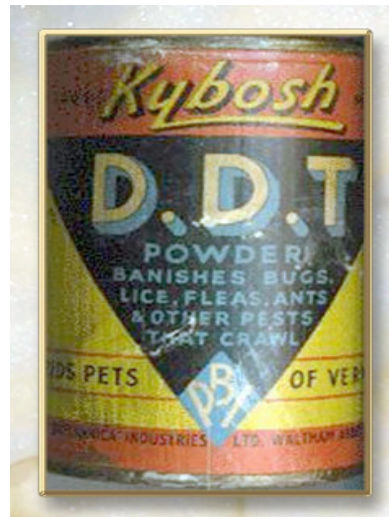
Εικόνα 2.1 Το Πράσινο του Παρισιού. Ένα από τα πρώτα εντομοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν. Άρχισε να χρησιμοποιείται το 1867.

Στις αρχές του 20ου αιώνα και μέχρι τα τέλη του 1930, τα περισσότερα εντομοκτόνα είναι ανόργανες ενώσεις καθώς και μη συνθετικές οργανικές (πχ νικοτίνη, λιπαντικά έλαια, αρσενικόδης μόλυβδος, παράγωγα ευγενόλης, αιθυλενοξειδίο, τετραχλωράνθρακας, κρυόλιθος κα). Είναι μια περίοδος τεχνολογικής και χημικής επανάστασης, πολλά αγροχημικά προτείνονται, ενώ συνεχίζονται οι έρευνες για καινούρια προϊόντα. Ταυτόχρονα, ιδρύονται οι πρώτοι οργανισμοί σε Ευρωπαϊκές χώρες και στην Αμερική, οι οποίοι προσπαθούν να ελέγξουν και να προσδιορίσουν τις επιτρεπτές ποσότητες αγροχημικών κυρίως για φυτά που προορίζονταν για να καλύψουν διατροφικές ανάγκες.

Η σύγχρονη εποχή των αγροχημικών εγκαινιάζεται κατά τα τέλη του 1930 με την εφαρμογή του DDT που έγινε γνωστό, από τα αρχικά της χημικής του ονομασίας (δις-διχλωροφαινυλο-τριχλωροαιθάνιο). Η ένωση αυτή ήταν γνωστή από το 1874 όταν ο Γερμανός χημικός Othmar Zeidler την παρασκεύασε εργαζόμενος για το Διδακτορικό του Δίπλωμα. Η παρασκευή του ήταν σχετικά απλή με πρώτη ύλη το αιθάνιο. Η ένωση αυτή όπως και πολλές άλλες δεν βρήκε τότε καμία χρησιμότητα και έμεινε σαν μια απλή επιστημονική δημοσίευση. Το 1939 ο Ελβετός εντομολόγος Paul Hermann Müller μελετώντας διάφορες ενώσεις για εντομοκτόνο δράση ανακάλυψε ότι το DDT ήταν αποτελεσματικό. Το DDT χρησιμοποιήθηκε κατ' αρχή από τις συμμαχικές δυνάμεις κατά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο στην Ν.Α Ασία με άριστα αποτελέσματα και στη συνέχεια στην μεταπολεμική περίοδο σε χώρες τις Ευρώπης, Η Ελλάδα οφείλει στο DDT την εξάλειψη της ελονοσίας με την εξάλειψη των κουνουπιών που αποτελούσαν μεγάλη απειλή κατά της υγείας μας. Το 1948 ο Mueller, έλαβε το Nobel Χημείας για την ανακάλυψη του DDT.

Η εφαρμογή του DDT στις καλλιέργειες δεν είχε ανάλογη επιτυχία, αλλά τη σκυτάλη παρέλαβαν άλλες χλωριωμένες οργανικές ενώσεις (methoxychlor, χλωροδιένια όπως τα Aldrin και Dieldrin), οργανοφωσφορικές (Παραθείο, Μαλαθείο), καρβαμιδικές (Sevin ή Carbaryl) που παρουσίαζαν ορισμένα πλεονεκτήματα. Οι ποσότητες αυτών των εντομοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν για αρκετά χρόνια ήταν τεράστιες. Μόνο για το DDT υπολογίζεται ότι κατά τη διάρκεια 30 ετών εντατικής χρήσης του διοχετεύθηκαν στο περιβάλλον 3.000.000 τόνοι. Εντούτοις, με τον καιρό διαπιστώθηκε ότι όλα τα εντομοκτόνα αυτού του είδους, δηλ. χλωριωμένα οργανικά και οργανοφωσφορικά, έχουν μια απρόβλεπτη και ανεπιθύμητη ιδιότητα: παραμένουν αναλλοίωτα στο περιβάλλον για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ενώ πολλά έντομα ανέπτυξαν ανθεκτικότητα σε ενώσεις αυτού του είδους.

Τη δεκαετία του 1960 αρχίζουν να γίνονται αντιληπτά τα προβλήματα που αφορούν στη βιοσυσσώρευση των αγροχημικών και το πέρασμά τους στη τροφική αλυσίδα. Ξεκινά έτσι η έρευνα για περισσότερο «φυσικά» και φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα για να αντικαταστήσουν τα ήδη υπάρχοντα. Από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 αρχίζει ο περιορισμός της χρήσης του DDT και σήμερα έχουμε φθάσει στο σημείο να έχει απαγορευτεί η χρήση του στις περισσότερες χώρες ακόμη και στην Ελλάδα.



Εικόνα 2.2 Συσκευασία του DDT

Όμως τα λεγόμενα «φυσικά» αγροχημικά προϊόντα (πχ νικοτινοειδή, πυρεθρινοειδή) αποδείχτηκαν αναποτελεσματικά εξαιτίας της μικρής σταθερότητας τους στο περιβάλλον (πχ τα πυρεθρινοειδή είναι ασταθή στο ηλιακό φως). Έτσι τα τελευταία χρόνια οι έρευνες έχουν επικεντρωθεί σε περισσότερα δραστικά αγροχημικά προϊόντα, που να δρουν αποτελεσματικά ακόμη και σε μικρές ποσότητες, εκλεκτικά ως προς τους στόχους τους και με τις λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον (π.χ. σύνθεση φερομονών στο εργαστήριο, μικροβιακά εντομοκτόνα, ρυθμιστές ανάπτυξης εντόμων π.χ. εντομοκτόνα της οικογένειας των διάλυλουδραζινών (diacylhydrazines) κα).

Στον τομέα αυτό έρχεται να συνεισφέρει η Πράσινη Χημεία, με τις συνεχείς της προσπάθειες και την έρευνα για τη βελτίωση των παλιών ή τη δημιουργία νέων φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων, που ικανοποιούν τις δώδεκα αρχές της Αειφόρου Ανάπτυξης και επομένως μπορούν να χαρακτηριστούν ως «Πράσινες» λύσεις [8].

2.2 Κατηγορίες αγροχημικών

2.2.1 Εντομοκτόνα

2.2.1.1 Ανόργανα Εντομοκτόνα

Τα εντομοκτόνα αυτής της κατηγορίας μαζί με τα ορυκτέλαια και λίγα εντομοκτόνα φυτικής προέλευσης όπως οι πυρεθρίνες, η νικοτίνη, η ροτενόνη, η ryania και η sabadilla,

αποτελούσαν τα κύρια μέσα χημικής καταπολέμησης εντόμων πριν από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Μετά τον πόλεμο, η χρήση τους μειώθηκε σταδιακά έτσι σήμερα χρησιμοποιούνται από λίγες χώρες και εφαρμόζονται επιλεκτικά εναντίον περιορισμένων ειδών εντόμων

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ενώσεις του αρσενικού (αρσενικός μόλυβδος, οξειδίο του αρσενικού, αρσενικόδες νάτριο), ενώσεις του φθορίου (φθοριούχο νάτριο, φθοριοπυριτικό νάτριο) , ο φωσφορούχος ψευδάργυρος, το βορικό οξύ, το θειασβέστιο, το υδροξείδιο του ασβεστίου, ενώσεις του πυριτίου.

2.2.1.2 Ορυκτέλαια

Πρόκειται για εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα επαφής. Διαποτίζουν το δερμάτιο του εντόμου και μπορούν να αλλοιώσουν το λιπιδικό επιδερμάτιο, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απώλεια νερού από αυτό. Ο διαποτισμός του δερματίου αλλοιώνει και τη δυνατότητα κίνησης και μετακίνησης των μικρών εντόμων. Τα ορυκτέλαια μπορούν να εισχωρήσουν στα αναπνευστικά τμήματα του εντόμου ή να τα φράζουν και να προκληθεί ασφυξία στο έντομο.

2.2.1.3 Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οργανικά χλωριωμένα εντομοκτόνα, τα περισσότερα πολυχλωριωμένοι υδρογονάνθρακες. Πρόκειται για εντομοκτόνα επαφής με μεγάλη υπολειμματική διάρκεια. Η δράση τους είναι νευροτοξική.

Οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες έχουν μεγάλη λιποδιαλυτότητα, πολύ μικρή υδατοδιαλυτότητα και οι περισσότεροι έχουν μικρή πτητικότητα. Τα περισσότερα μέλη αυτής της ομάδας χαρακτηρίζονται από τις ιδιότητες της βιοσυσσώρευσης και της βιομεγέθυνσης. Οι ιδιότητες τους αυτές, η χημική τους σταθερότητα και οι κίνδυνοι που δημιουργούνται από τη χρήση τους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, οδήγησαν στην απαγόρευση της χρήσης τους σε πολλές χώρες.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα : Aldrin, Chlordane, DDT, Dieldrin, Endosulfan, Endrin, HCH, Lindane, Methoxychlor, Toxaphene.

2.2.1.4 Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα

Πρόκειται για οργανικά φωσφορούχα εντομοκτόνα τα πλείστα των οποίων είναι φωσφορικοί, φωσφοροθειικοί, φωσφοροθειονικοί και φωσφοροθειολικοί εστέρες. Πρόκειται για εντομοκτόνα επαφής, ορισμένα δε, έχουν διασυστηματική δράση. Η υπολειμματική τους διάρκεια κυμαίνεται από μικρή έως σχετικά μεγάλη. Ο κύριος τρόπος της τοξικής τους δράσης στα έντομα και άλλα ζώα, είναι η παρεμπόδιση του ενζύμου ακετυλοχολινεστεράση, το οποίο είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία του νευρικού συστήματος.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μερικά από τα τοξικότερα για τα έντομα, τα θερμόαιμα και τον άνθρωπο εντομοκτόνα, όπως και μερικά από τα λιγότερο τοξικά και επικίνδυνα για τον άνθρωπο.

Μερικά από τα εντομοκτόνα της κατηγορίας αυτής, είναι τα : Azinphosmethyl, Azinphosethyl, Carbophenothion, Chlorpyrifos, Coumaphos, Demeton, Diazinon, Dichorvos, Dimethoate, Dursban, Endothion, Ethion, Fenthion, Formothion, Malathion, Mecarbam, Methidathion, Methyl parathion, Mevinphos, Monocrotophos, Naled, Oxydemetonmethyl, Parathion, Phorate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidon, Prophos, Schradan, Tepp, Tetrachlorvinphos, Thiometon, Thionazin, Trichlorfon.

2.2.1.5 Καρβαμιδικά Εντομοκτόνα

Είναι εστέρες ή οξίμες του καρβαμιδικού οξέος. Ο τρόπος δράσης τους είναι κυρίως χολινεργικός, παρεμποδίζουν δηλαδή τη δράση της ακετυλοχολινεστεράσης με τρόπο ανάλογο εκείνου των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων. Τα περισσότερα είναι

εντομοκτόνα επαφής και κάποια έχουν διασυστηματική δράση. Η οξεία (από του στόματος) τοξικότητα τους για τα θερμόαιμα ποικίλλει από πολύ μεγάλη έως μέτρια.

Μερικά από τα μέλη της ομάδας αυτής είναι τα : Aldicarb, Carbaryl, Carbofuran, Dimetilan, Methomyl, Propoxur, Zectran, κ.α.

2.2.1.6 Πυρεθροειδή

Ανήκουν στα εντομοκτόνα φυτικής προελεύσεως. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα φυσικά πυρεθροειδή (πυρεθρίνες) και τα συνθετικά πυρεθροειδή.

2.2.1.6.1 Φυσικά πυρεθροειδή (πυρεθρίνες)

Οι πυρεθρίνες ή φυσικά πυρεθροειδή είναι εστέρες των αλκοολών πυρεθρολόνης και κινερολόνης, με τα οξέα χρυσανθεμικό και πυρεθρικό. Είναι ουσίες νευροτοξικές με μεγάλη εντομοτοξικότητα, μικρή τοξικότητα για τα θερμόαιμα και μεγάλη χημική αστάθεια στον αέρα και το φώς. Μέσα στον οργανισμό αποικοδομούνται κυρίως οξειδωτικά προς μη τοξικές ουσίες. Οι ιδιότητες τους αυτές καθιστούν τις πυρεθρίνες κατάλληλες για χρήσεις όπου άλλα μεγαλύτερης διάρκειας εντομοκτόνα δεν είναι κατάλληλα και είναι επιθυμητή η γρήγορη κατάρριψη εντόμων.

2.2.1.6.2 Συνθετικά πυρεθροειδή

Η δράση τους είναι επίσης νευροτοξική. Τα συνθετικά πυρεθροειδή σε αντίθεση με τους πλείστους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες αποικοδομούνται μέσα στο σώμα των ζώων προς μη τοξικά προϊόντα. Ακόμη και στο έδαφος αποικοδομούνται μέσα σε λίγες εβδομάδες από μικροοργανισμούς και πιστεύεται ότι η τυχόν δυσμενής τους επίδραση στην εδαφική μικροχλωρίδα, δεν είναι αξιόλογη.

Διακρίνονται σε σταθερά και ασταθή συνθετικά πυρεθροειδή.

Τα ασταθή (allethrin, bioallethrin, bioresmethrin, cismethrin, kadethrin, phenothrin, prothrin, resmethrin, tetramethrin)μοιάζουν πολύ με τις φυσικές πυρεθρίνες ως προς τις ιδιότητες τους. Χρησιμοποιούνται σε κατοικημένους ή κλειστούς χώρους.

Τα σταθερά συνθετικά πυρεθροειδή (cypermethrin, decamethrin, fenvalerate, permethrin), έχουν σαφώς μεγαλύτερη χημική σταθερότητα και υπολειμματική διάρκεια από τα ασταθή και τις φυσικές πυρεθρίνες. Δεν αποικοδομούνται γρήγορα φωτοχημικά και έχουν μέτρια έως μεγάλη διάρκεια σε αδρανείς επιφάνειες και όξινο περιβάλλον, ώστε να είναι αποτελεσματικά και σε εφαρμογές υπαίθρου.

Χαρακτηρίζονται από ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητας, μέτρια ως μεγάλη υπολειμματική διάρκεια, μικρή πτητικότητα και μεγάλη λιποδιαλυτότητα. Δεν λειτουργούν αθροιστικά και η τοξική επίδραση για τα θερμόαιμα είναι μικρότερη σε σχέση με τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Είναι ακατάλληλα ως εντομοκτόνα εδάφους λόγω της αστάθειας τους. Τα πυρεθροειδή είναι γενικά τοξικά για τα ψάρια.

2.2.1.7 Ασφυκτικά εντομοκτόνα

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται ουσίες που δεν ανήκουν σε μία συγκεκριμένη χημική ομάδα αλλά έχουν ορισμένες κοινές ιδιότητες. Εισέρχονται στο σώμα των εντόμων από το αναπνευστικό τους σύστημα ως αέρια ή ατμοί. Σκοτώνουν τα έντομα παρεμποδίζοντας είτε τα οξειδωτικά ενζύμα είτε την αφομοίωση του οξυγόνου από τους ιστούς. Χρησιμοποιούνται σε κλειστούς χώρους ή σε χώρους που μπορούν να σκεπαστούν ώστε να συγκρατήσουν το αέριο, ή στο έδαφος. Τα περισσότερα ασφυκτικά εντομοκτόνα είναι φυτοτοξικά. Με τα ασφυκτικά εντομοκτόνα επιδιώκεται η απεντόμωση του προϊόντος ή του χώρου, δηλαδή θανάτωση κάθε σταδίου των εντόμων στο συγκεκριμένο χώρο. Αυτό συνεπάγεται συνήθως και θανάτωση κάθε άλλου αρθροπόδου και σπονδυλωτού ζώου που βρίσκεται στο χώρο. Τα περισσότερα μέλη της ομάδας αυτής των εντομοκτόνων, δημιουργούν σοβαρούς κινδύνους

κατά την εφαρμογή τους και για το λόγο αυτό πρέπει να εφαρμόζονται από πλήρως εξειδικευμένα συνεργεία.

Ανάμεσα στα πιο συνηθισμένα ασφυκτικά εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται για αποθηκευμένα προϊόντα ή στο έδαφος για την καταπολέμηση εντόμων ή και νηματωδών είναι τα : Βρωμομεθάνιο, 1,2-διχλωρωαιθάνιο, οξείδιο του αιθυλενίου, υδροκυανικό οξύ, φωσφίνη, 1,2-διβρωμοαιθάνιο, 1,2-διβρωμο-3-χλωροπροπάνιο, διθειούχος άνθρακας, 1,3-διχλωροπροπυλένιο, τετραχλωριούχος άνθρακας

2.2.1.8 Εντομοκτόνα φυσικής προελεύσεως

Υπολογίζεται ότι περισσότερα από 2000 φυτικών ειδών εμφανίζουν εντομοκτόνες ιδιότητες λόγω των τοξικών ουσιών που περιέχουν. Τα είδη αυτά ανήκουν σε 170 διαφορετικές οικογένειες από τις οποίες μόνο έξι χρησιμοποιήθηκαν ή χρησιμοποιούνται για την παρασκευή εντομοκτόνων.

Τα σκευάσματα αυτά, παρά το ότι έχει περιοριστεί η χρήση τους λόγω της μεγάλης διάδοσης των συνθετικών εντομοκτόνων εξακολουθούν να θεωρούνται ως ιδιαίτερα χρήσιμα λόγω της μικρής τους τοξικότητας στα θερμόαιμα και της έλλειψης υπολειμμάτων στα τρόφιμα και στο περιβάλλον γενικότερα.

Πίνακας 2.1 Εντομοκτόνα φυσικής προέλευσης

Οικογένεια φυτών	Παραγόμενα προϊόντα
Solanaceae	Νικοτίνη- νορνικοτίνη
Compositae	Πυρεθρίνες
Leguminosae	Ροτενόνη, διάφορα ροτενοειδή
Liliaceae	Βερατρίνη και συγγενή αλκαλοειδή
Chenopodiaceae – Solanaceae	Αναβασίνη και νεονικοτίνη
Simarubaceae	Quassia

2.2.2 Ακαρεοκτόνα

Πολλά από τα εντομοκτόνα, κυρίως οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά έχουν και ακαρεοκτόνο δράση στις δόσεις που είναι δραστικά εναντίον των εντόμων. Υπάρχουν όμως και ουσίες οι οποίες στις δόσεις που συνιστώνται θανατώνουν μόνο ή κυρίως ακάρεα και όχι έντομα ή άλλα αρθρόποδα. Οι ενώσεις αυτές είναι γνωστές ως ειδικά ακαρεοκτόνα, Από πλευράς δομής τα πλείστα είναι σουλφονικά, σουλφόνες, σουλφίδια, χλωριωμένες και αζωτούχες ενώσεις. Πολλά έχουν μικρή τοξικότητα για τα θερμόαιμα και μερικά επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν σε μερικά φυτά ακόμα και λίγες μέρες πριν τη συγκομιδή.

2.2.3 Μυκητοκτόνα

2.2.3.1 Προστατευτικά μυκητοκτόνα

- Ομάδα του χαλκού

Τα ανόργανα άλατα του χαλκού αποτέλεσαν τη βάση της καταπολέμησης των μυκητολογικών ασθενειών από το 18ο αιώνα. Στη ομάδα αυτή ανήκει ο κλαστικός βορδιγάλειος πολτός, ο βουργούνδιος πολτός, ο οξυχλωριούχος χαλκός, υποξειδία του χαλκού, ο βασικός θειικός χαλκός και ο βασικός ανθρακικός χαλκός.

- Ομάδα του θείου

Τα θεία είναι από τα παλαιότερα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιήθηκε από το πρώτο ήμισυ του προ-περασμένου αιώνα εναντίον των ωιδίων. Ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής του

χρησιμοποιείται ως ανθός θείου, αλεύρι θείου και γάλα θείου. Εκτός αυτού στην ίδια ομάδα ανήκει το θειασβέστιο ή πολυθειούχο ασβέστιο.

- Ομάδα των διθειοκαρβαμιδικών μυκητοκτόνων

Τα διθειοκαρβαμιδικά μυκητοκτόνα αποτελούν τη μεγαλύτερη κατηγορία οργανικών συνθετικών προστατευτικών μυκητοκτόνων. Έχουν σαν βάση το διθειοκαρβαμιδικό οξύ.

Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα θειουράμ δισουλφίδια (Thiram), τα διθειοκαρβαμίδια (Ziram, Ferbam), τα αιθυλενο- διθειοκαρβαμίδια (Nabam, Zineb, Maneb) και τα προπυλενο-διθειοκαρβαμίδια (Antracol).

2.2.3.2 Εξοντωτικά μυκητοκτόνα

Διακρίνονται σε : Υδραργυρούχα, Αρσενικούχα και σε διάφορα εξοντωτικά.

2.2.4 Ζιζανιοκτόνα

Τα ζιζανιοκτόνα, οι χημικές δηλαδή ουσίες που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, διακρίνονται με βάση το εύρος φάσματος των φυτών που καταπολεμούν σε εκλεκτικά και καθολικά. Εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα για μια καλλιέργεια είναι εκείνα που ενώ καταπολεμούν ένα ή περισσότερα ζιζάνια της καλλιέργειας, δεν προξενούν ζημιά στη καλλιέργεια. Αντίθετα, καθολικά ζιζανιοκτόνα είναι εκείνα που είναι εξίσου φυτοτοξικά για τα ζιζάνια και τα καλλιεργούμενα φυτά. Η εκλεκτικότητα πολλές φορές είναι σχετική και συνδέεται με τον τρόπο και το χρόνο εφαρμογής. Σε ελάχιστες περιπτώσεις μόνο υπάρχει απόλυτη εκλεκτικότητα στην καλλιέργεια.

Ανάλογα με τον τρόπο πρόσληψης και μετακίνησης στα φυτά, τα ζιζανιοκτόνα διακρίνονται σε επαφής, διασυστηματικά και εδάφους. Τα ζιζανιοκτόνα επαφής εφαρμόζονται στη φυλλική επιφάνεια και νεκρώνουν μόνο τα μέρη του φυτού με τα οποία έρχονται σε επαφή, ενώ τα διασυστηματικά εφαρμόζονται στο φύλλωμα, απορροφούνται από αυτό, μετακινούνται προς τα κάτω και νεκρώνουν ή περιορίζουν την ανάπτυξη των ανθέκαστων μερών του φυτού. Τα ζιζανιοκτόνα εδάφους εφαρμόζονται στο έδαφος και ανάλογα με τη δόση, εμποδίζουν ή περιορίζουν τη βλάστηση των ζιζανίων για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα. Η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόζονται στο φύλλωμα επηρεάζεται συνήθως από το στάδιο ανάπτυξης των ζιζανίων, τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων εδάφους εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, τη θερμοκρασία και την υγρασία του.

Η υπολειμματική δράση ενός ζιζανιοκτόνου έχει μεγάλη σημασία γιατί σχετίζεται άμεσα με τη διάρκεια της καταπολέμησης των ζιζανίων και με πιθανές ζημιές σε επόμενες ευαίσθητες καλλιέργειες. Η υπολειμματική δράση ενός ζιζανιοκτόνου καθορίζεται από την αρχική του δόση και την ταχύτητα απομάκρυνσης του από το έδαφος. Η απομάκρυνση του από το έδαφος γίνεται είτε μέσω της φυσικής οδού είτε μέσω της χημικής ή μικροβιακής οδού.

Από πλευράς χημικής σύστασης τα ζιζανιοκτόνα ταξινομούνται σε Οργανικά και Ανόργανα.

2.2.5 Λιπάσματα

Ως λίπασμα ορίζεται κάθε ουσία που χρησιμεύει στη διατροφή του φυτού και η οποία προστιθέμενη στο έδαφος αυξάνει τη γονιμότητα του, επιτυγχανόμενης με τον τρόπο αυτό της βελτίωσης και της αύξησης της παραγωγής.

Τα λιπάσματα διακρίνονται σε οργανικά (φυσικά) και ανόργανα (τεχνητά- χημικά).

2.2.5.1 Οργανικά λιπάσματα

Είναι ζωικής (κοπριά), φυτικής (φυτικά υπολείμματα), ή μεικτής προελεύσεως. Περιέχουν μικρή ποσότητα θρεπτικών στοιχείων άλλα η αξία τους έγκειται κυρίως στην οργανική ουσία

που περιέχουν και μέσω της οποίας δρουν στη βελτίωση των φυσικών και λοιπών ιδιοτήτων του εδάφους.

- Ζωική κοπριά

Είναι μια πολύτιμη πηγή θρεπτικών στοιχείων, ιχνοστοιχείων και αυξητικών παραγόντων, πέραν της ευεργετικής επίδρασης στη φυσική και βιολογική κατάσταση του εδάφους.

- Τεχνητή κοπριά (κομπόστ)
- Χλωρή λίπανση

Η πρακτική της ανάπτυξης καλλιεργειών με στόχο την ενσωμάτωση τους στο έδαφος, αποσκοπεί στην αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, στην επαναφορά στα επιφανειακά στρώματα των λιπαντικών στοιχείων που αντλήθηκαν από βαθύτερα στρώματα, στη βελτίωση της υφής του εδάφους, στη συγκράτηση λιπαντικών στοιχείων τα οποία διαφορετικά θα χανόταν με έκπλυση και τέλος στη δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου (σε καλλιέργεια ψυχανθών).

2.2.5.2 Ανόργανα λιπάσματα

Ως ανόργανο η χημικό λίπασμα, ορίζεται κάθε ουσία που χρησιμοποιείται για τη λίπανση του εδάφους, μετά από προηγούμενη χημική ή μηχανική κατεργασία της.

Τα ανόργανα τεχνητά ή χημικά λιπάσματα παρασκευάζονται μέσω της χημικής, φυσικής ή βιολογικής οδού, οι δε πρώτες ύλες είναι ζωικής ή ορυκτής προελεύσεως. Τα ανόργανα λιπάσματα περιέχουν μεγάλες ποσότητες ενός ή περισσοτέρων θρεπτικών συστατικών απαιτητών για τα φυτά (N, K, φωσφορικό οξύ κ.α.) ως επί το πλείστον σε διαλυτή μορφή, ώστε να είναι δυνατή η πρόσληψη τους από τα φυτά αμέσως ή σε σύντομο χρονικό διάστημα, στερούνται όμως οργανικής ουσίας, πλην ελαχίστων περιπτώσεων. Διακρίνονται σε απλά, σύνθετα και μικτά λιπάσματα.

- Απλά ονομάζονται τα λιπάσματα που περιέχουν ένα μόνο κύριο λιπαντικό στοιχείο και διακρίνονται σε αζωτούχα, φωσφορούχα και καλιούχα, από την περιεκτικότητά τους σε N, P ή K αντίστοιχα.
- Σύνθετα λιπάσματα ονομάζονται όταν περιέχουν δύο ή περισσότερα λιπαντικά στοιχεία και προέρχονται από χημική αντίδραση από πρώτες ύλες με βάση φωσφορίτες, αμμωνία, νιτρικό οξύ ή ανθρακικό καθώς και καλιούχα άλατα. Τα λιπάσματα της κατηγορίας αυτής έχουν ως χαρακτηριστικό την απόλυτη ομοιογένεια της σύστασης των.
- Μικτά λιπάσματα ονομάζονται όταν περιέχουν δύο ή περισσότερα θρεπτικά στοιχεία. Προέρχονται από μηχανική ανάμειξη, αλλά είναι εύκολος ο διαχωρισμός των συστατικών μερών του.

Τα χημικά λιπάσματα ανάλογα με την αντίδραση την οποία εμφανίζει το μη προσλαμβανόμενο συστατικό από το φυτό διακρίνονται σε φυσιολογικώς όξινα, σε αλκαλικά και σε ουδέτερα. Τα περισσότερα σύνθετα λιπάσματα ασκούν όξινη αντίδραση στο έδαφος λόγω των ενώσεων που περιέχουν N και ειδικά κυρίως λόγω των ενώσεων που περιέχουν ή παράγουν NH₃ όταν προστίθενται στο έδαφος. Τα αμμωνιακά άλατα ασκούν σαφώς όξινη αντίδραση στο έδαφος, ενώ τα νιτρικά ασκούν αλκαλική αντίδραση, πλην της νιτρικής αμμωνίας.

2.2.6 Φυτορρυθμιστικές ουσίες

Ως φυτορρυθμιστική ουσία ορίζεται μια οργανική ουσία που δεν είναι θρεπτικό συστατικό, δεν παρέχει δηλαδή στο φυτό ενέργεια ή απαραίτητα μεταλλικά στοιχεία, και που σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (<1 mM) προάγει, παρεμποδίζει ή τροποποιεί ποιοτικά την αύξηση και την ανάπτυξη του φυτού.

Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις φυσικές και τις συνθετικές.

Φυσικές φυτορρυθμιστικές ουσίες: Είναι ουσίες που παράγονται σε ορισμένα μέρη του φυτού και μπορούν από εκεί να μετακινούνται και σε άλλα μέρη, προκαλώντας ειδικές βιοχημικές, φυσιολογικές ή μορφολογικές αντιδράσεις. Δρουν τόσο στους ιστούς στους οποίους παράγονται, όσο και σε απόσταση από αυτούς. Οι φυσικές φυτορρυθμιστικές ουσίες είναι παράγοντες πολύ μεγάλης σημασίας στην ολοκλήρωση των διεργασιών της αύξησης και της ανάπτυξης του φυτού, δεδομένου ότι καθορίζουν την αντίδραση του στις επιδράσεις του φυσικού περιβάλλοντος.

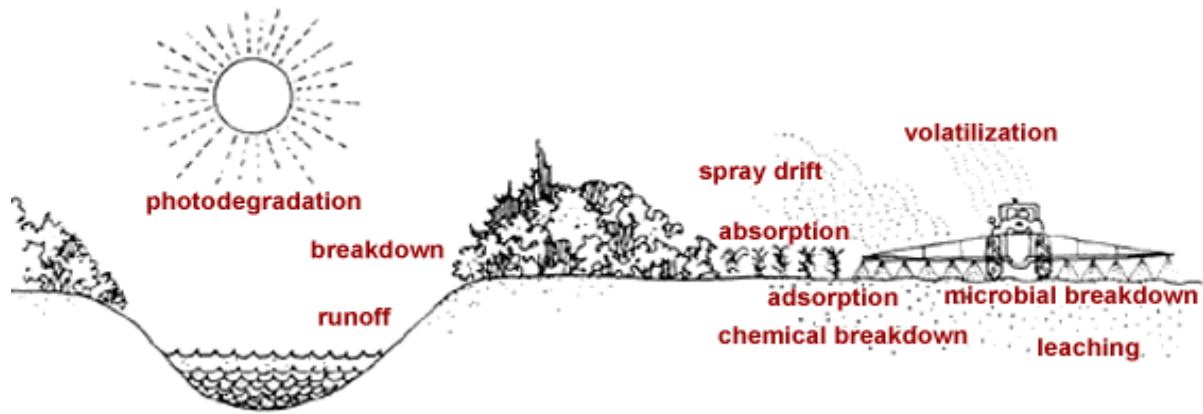
Συνθετικές φυτορρυθμιστικές ουσίες: Είναι ουσίες που παράγονται τεχνητά και μπορεί να μοιάζουν χημικά με τις φυσικές. Δρουν κατά τον ίδιο τρόπο με τις φυσικές, δηλαδή ως χημικοί αγγελιαφόροι μέσα στο φυτό όταν εφαρμοσθούν με τον κατάλληλο τρόπο και στον κατάλληλο χρόνο. Οι συνθετικές φυτορρυθμιστικές ουσίες έχουν πολύ μεγάλη σημασία για την σύγχρονη γεωργία, δεδομένου ότι παρέχουν με τη δράση τους τη δυνατότητα επιθυμητών τροποποιήσεων του μοντέλου παραγωγής των φυτών. Επιτυγχάνεται με άλλα λόγια η αύξηση της παραγωγής και η βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων φυτικών προϊόντων, με ταυτόχρονη μείωση του κόστους παραγωγής [9].

2.3 Αγροχημικά και περιβάλλον

Έναν πολύ σημαντικό παράγοντα ρύπανσης του περιβάλλοντος αποτελεί η γεωργική δραστηριότητα του ανθρώπου, κατά την οποία καταφεύγει στην ευρεία χρήση αγροχημικών προκειμένου να επιτύχει το μέγιστο οικονομικό όφελος μέσω της βελτίωσης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, της καταπολέμησης ζωικών εχθρών και φυτονόσων, της βελτίωσης της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων παράλληλα με την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών.

Τα φυτοφάρμακα είναι χημικές ενώσεις που αντιμετωπίζουν τα επιβλαβή έντομα, ακάρεα, μύκητες, βακτήρια, τρωκτικά και άλλους εχθρούς των καλλιεργειών που περιορίζουν την παραγωγή των τροφίμων, με μια συνεχή αύξηση στην κατανάλωση τους. Περίπου το ένα τρίτο των αγροτικών προϊόντων παράγονται με τη χρήση φυτοφαρμάκων [10]. Παγκοσμίως περίπου 9,000 είδη εντόμων και παρασίτων, 50,000 είδη φυτοπαθογόνων και 8,000 είδη ζιζανίων ζημιώνουν τις καλλιέργειες. Τα παρασιτικά έντομα προκαλούν απώλεια παραγωγής της τάξης του 14%, τα φυτοπαθογόνα 13% και τα ζιζάνια 13% [10]. Χωρίς τη χρήση φυτοφαρμάκων η απώλεια φρούτων, λαχανικών και δημητριακών θα μπορούσε να φθάσει μέχρι 78%, 54% και 32% αντίστοιχα [10]. Η απώλεια της παραγωγής μειώνεται κατά 35%-42% με τη χρήση φυτοφαρμάκων [10].

Λόγω της χημικής δομής τους, του τρόπου δράσης τους αλλά κυρίως λόγω του τρόπου χρησιμοποίησης και εφαρμογής τους από τον καλλιεργητή, τα φυτοφάρμακα αποτελούν σοβαρές πηγές ρύπανσης τόσο για το αγρό-οικοσύστημα, όσο και για το περιβάλλον. Στην πραγματικότητα, έχει υπολογιστεί πως μόνο το 0,1% των φυτοπροστατευτικών προϊόντων που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες φτάνουν το στόχο τους, το υπόλοιπο μπαίνει ανεμπόδιστα στο περιβάλλον, μολύνοντας το έδαφος, το νερό και τον αέρα όπου μπορεί να δηλητηριάσει ή διαφορετικά να επηρεάσει αρνητικά τους οργανισμούς που δεν αποτελούν στόχο των παρασιτοκτόνων [11].



Σχήμα 2.1 Διεργασίες που υφίστανται τα αγροχημικά μετά την εφαρμογή τους στη καλλιέργεια.

Εν τούτοις, οι ιδιότητες τους που τα καθιστούν απαραίτητα για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, είναι ταυτόχρονα υπεύθυνες και για δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον. Έχει αποδειχθεί ότι μετά την εφαρμογή τους υφίσταται μια σειρά διαδικασιών, χημικών, φυσικών και βιολογικών (υδρόλυση, οξείδωση, διάσπαση, μεταφορά, εξάτμιση, εξάχνωση κλπ) και αρχίζουν να ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα, το έδαφος, τα νερά, να διαταράσσουν την οικολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων και να εμφανίζουν κάποια από αυτά επικίνδυνες συγκεντρώσεις στα τρόφιμα αλλά και στον ανθρώπινο οργανισμό. Είναι χαρακτηριστική η περίπτωση των εντομοκτόνων parathion και methyl parathion τα οποία υδρολύονται σε υδάτινο περιβάλλον προς π-νιτροφαινόλη, μια ουσία που μπορεί πολύ εύκολα παρουσία χλωρίου να μετατραπεί στα πόσιμα νερά σε π-νιτροχλωροφαινόλη η οποία είναι άκρως επικίνδυνη για την υγεία [12].

Τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, ενώ στην πράξη χρησιμοποιούνται ως ένα παροδικό μέσον που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες ενός δεδομένου τόπου, χρόνου και αίτιου, στην πραγματικότητα η δράση τους επεκτείνεται και πέρα του χρόνου χρησιμοποίησής τους (αθροιστικά εντομοκτόνα, βιοσυσσωρευση, βιομεγέθυνση), εναντίον αιτιών διαφορετικών του αρχικού στόχου και σε τόπους πιο μακρινούς από εκείνους στους οποίους εφαρμόστηκαν. Υψηλά υπολειμματικά παρασιτοκτόνα όπως το DDT έχουν ανιχνευτεί σε στρώματα πάγου στην Γροιλανδία και σε σώματα πγκουίνων της Ανταρκτικής σαν αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, των ωκεάνιων ρευμάτων και του βιολογικού εμπλουτισμού των εντομοκτόνων [10].

Ερευνα έχει αποδείξει ότι η ζημιογόνος δράση της χρήσης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων επιβαρύνεται από την αλόγιστη χρήση και την υπερχρήση τους, που γενικά κινείται στα όρια του 300-500% του απαιτούμενου. Η λογική χρήση και η εξέλιξη φυτοπροστατευτικών προϊόντων με ελαττωμένη τοξικότητα, θεωρείται ότι αποτελεί την ορθή αντιμετώπιση του μεγάλου αυτού περιβαλλοντικού προβλήματος. Τα παρασιτοκτόνα στο μέλλον θα πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Πρώτον, θα πρέπει να είναι υψηλής αποτελεσματικότητας, γεγονός που απαιτεί υψηλή βιολογική δραστηριότητα και γι' αυτό θα μπορούσε να μειωθεί σημαντικά η χρήση τους και συνεπώς η ρύπανση του περιβάλλοντος. Δεύτερον, θα πρέπει να μην είναι τοξικά. Τρίτον, θα πρέπει να μην ρυπαίνουν, να είναι δηλαδή φιλικά προς το περιβάλλον [10].

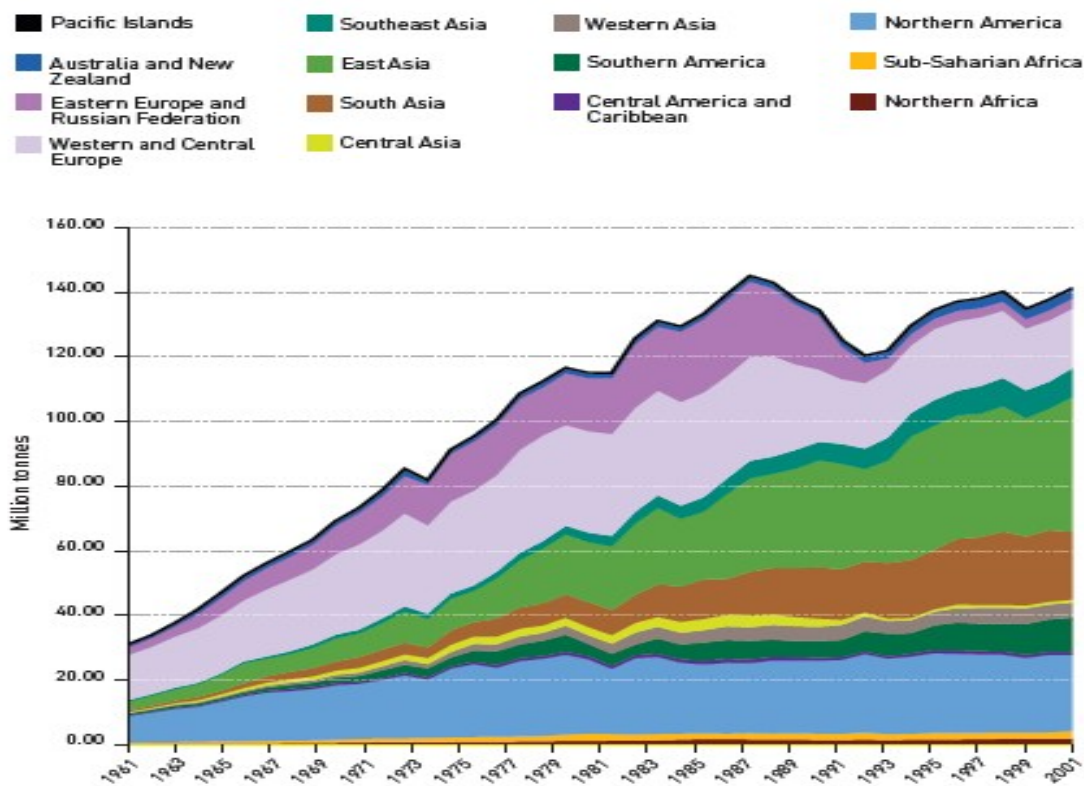
Η εξέλιξη προς φυτοπροστατευτικά προϊόντα λιγότερο τοξικά έχει απασχολήσει ερευνητικά και έχει οδηγήσει σε επιτυχία, όπως με την ανάπτυξη των Πυρεθρινών και ειδικά με την ανάπτυξη του συνθετικού malathion, το οποίο είναι υψηλά δραστικό και επίσης υψηλά βιοαποικοδομήσιμο.

Πέρα από τα μέτρα αυτά, μετά τη διαπίστωση των αρνητικών πλευρών της αλόγιστης χρήσης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και μετά την πρώτη απαγόρευση των

χλωριωμένων υδρογονανθράκων (το 1969 στις Η.Π.Α., το 1972 στην Ελλάδα) κλιμακώθηκε διεθνώς η προσπάθεια για πλήρη έλεγχο στην παραγωγή και στη χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων [12].

Οι διεθνείς Οργανισμοί FAO, UNEP, WHO αλλά και οι Υπηρεσίες της χώρας μας, εκδίδουν ενημερωτικά φυλλάδια για τις επικίνδυνες χημικές ουσίες με στόχο την ενημέρωση των εργαζομένων στον χώρο αλλά και του καταναλωτικού κοινού. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (που αποτελεί σημαντικό εξαγωγέα φυτοπροστατευτικών προϊόντων στις χώρες του τρίτου κόσμου) απαγόρευσε την πώληση ορισμένων παρασιτοκτόνων με επικίνδυνα δραστικά συστατικά [12].

Από την άλλη πλευρά, τα λιπάσματα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την εξασφάλιση γεωργικής παραγωγής επιθυμητής απόδοσης και για αυτό το λόγο καταναλώνονται όλο και περισσότερες πρώτες ύλες και ενέργεια για τη βιομηχανική τους παραγωγή. Η παραγωγή λιπασμάτων ανέρχεται στους 140 εκατομμύρια τόνους παγκόσμια ετησίως και συνεχώς αυξάνεται όπως φαίνεται και από το παρακάτω γράφημα.



Διάγραμμα 2.1 Παγκόσμια κατανάλωση λιπασμάτων από το 1991 μέχρι το 2001.

Πηγή: FAO

2.3.1 Αγροχημικά και ατμόσφαιρα

Μετά από την τροφική αλυσίδα, η ατμόσφαιρα είναι το σπουδαιότερο μέσο διασποράς φυτοπροστατευτικών προϊόντων σε μεγάλες αποστάσεις. Ακόμη και κατά την παρασκευή τους κάποιες ποσότητες διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα.. Σε κάθε περίπτωση οι ποσότητες αυτές -άσχετα από την προέλευση τους - εισέρχονται στην ατμόσφαιρα από όπου παρασύρονται με τον άνεμο ή τη βροχή και ρυπαίνουν τις γύρω περιοχές αλλά και περιοχές αρκετά απομακρυσμένες. Κατά την εφαρμογή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, ένα ποσοστό αυτών παρασύρεται από τον άνεμο, ενώ και μετά την εφαρμογή τους, ένα μέρος του σκευάσματος εξατμίζεται ή εξαχνώνεται από το έδαφος ή τη φυτική επιφάνεια στην οποία εφαρμόστηκε [12].

Οι πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης από φυτοπροστατευτικά προϊόντα, είναι οι εξής:

- Επεμβάσεις με ψεκασμούς

Μεγάλες ποσότητες φυτοπροστατευτικών προϊόντων απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής τους με ψεκασμούς εναντίον εχθρών και ασθενειών των καλλιεργειών. Έρευνα για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των ζιζανιοκτόνων στη Brimstone Farm στο Oxfordshire, έδειξε πως με ήπιο άνεμο (3-3,6 m/s) το 87-93% του ψεκαζόμενου εναποτέθηκε στην περιοχή στόχου, το 2-3% σε έδαφος εκτός της περιοχής στόχου, το 1-4% παρασύρθηκε από τον άνεμο μέχρι και 8 Km από την περιοχή στόχου και μέχρι και 10% χάθηκε λόγω εξάτμισης και επιπλέον ρευμάτων αέρα [13].



Εικόνα 2.3 Ψεκασμός εντομοκτόνων από αέρος.

- Εξάτμισεις από το έδαφος και τα φυτά

Ένας άλλος τρόπος εισόδου των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην ατμόσφαιρα, είναι η εξάτμιση του ψεκαστικού υγρού από τη φυτική επιφάνεια ή το έδαφος. Ο τρόπος αυτός, σε συνδυασμό με τη διαφυγή φυτοπροστατευτικών προϊόντων κατά τη φάση του ψεκασμού, προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα σκευάσματα αυτά, σε ποσοστό άνω του 90% [12].

A. Εξάτμιση από το έδαφος

Η εξάτμιση είναι ο κυριότερος μηχανισμός απώλειας του DDT από το έδαφος, και είναι ισχυρότερος της απομάκρυνσης του με την εκροή των υδάτων, της αφομοίωσης του από τα φυτά και της χημικής του αποικοδόμησης. Η απώλεια μέσω της εξάτμισης είναι ταχύτερη αμέσως μετά την εφαρμογή, πριν το εντομοκτόνο απορροφηθεί από την ψεκαζόμενη επιφάνεια. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα τα οποία εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου ενδέχεται να διαφύγουν στην ατμόσφαιρα όταν ο αγρός οργώνεται για την επόμενη καλλιέργεια, όπως έχει διαπιστωθεί ήδη για οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα [12].

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απομάκρυνση λόγω εξάτμισης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων από το έδαφος, είναι:

- Περικτικότητα σε οργανική ουσία. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα ενός εδάφους σε οργανική ουσία, τόσο μεγαλύτερη απορροφητικότητα ασκεί σε αυτά.
- Υγρασία του εδάφους. Η υγρασία του εδάφους επηρεάζει την απορροφητικότητα των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και κατά συνέπεια το ποσοστό διαφυγής τους μέσω της εξάτμισης. Η διαφυγή φυτοπροστατευτικών προϊόντων από νοτισμένα ή υγρά εδάφη, είναι ταχύτερη σε σχέση με ξηρά, εκτός εάν η επιφάνεια του εδάφους είναι πλημμυρισμένη.
- Συνθήκες περιβάλλοντος. Η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζουν την απώλεια λόγω εξάτμισης από το έδαφος των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, σε συνδυασμό με τον τύπο του εδάφους. Αύξηση της σχετικής υγρασίας του αέρα φαίνεται ότι βοηθά την εξέλιξη της διαδικασίας, ίσως επειδή αυξάνεται η επιφανειακή τάση του αέρα πάνω από το έδαφος. Οι ισχυρότεροι δεσμοί που αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο ελαττώνει την εξάτμιση,

κυρίως υπό συνθήκες ξηρασίας. Οποσδήποτε, το αποτέλεσμα είναι λιγότερο έντονο σε σχέση με ότι συμβαίνει σε περιπτώσεις που η περιεχόμενη οργανική ουσία στο έδαφος είναι σε υψηλά επίπεδα [12].

B. Εξάτμιση από τα φυτά

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των καλλιεργειών, ενδέχεται οι απώλειες λόγω εξάτμισης των φυτοφαρμάκων να είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις απώλειες από επέμβαση στην επιφάνεια του εδάφους. Η συνολική φυλλική επιφάνεια είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους και το ύψος στο οποίο ευρίσκεται το φύλλωμα του φυτού, ενδέχεται να εκτίθεται σε μεγαλύτερες ταχύτητες του ανέμου. Υποστηρίζεται ότι πολλά φυτοπροστατευτικά προϊόντα και οι μεταβολίτες τους μετακινούνται από το έδαφος στην υπερκείμενη φυτική επιφάνεια με τη διαδικασία της εξάτμισης ή της εξαέρωσης. Αυτό έχει παρατηρηθεί σε οργανοχλωριωμένους υδρογονάνθρακες και κυρίως στο DDT, το οποίο μεταφέρεται από το έδαφος στην επιφάνεια του φυτού κυρίως με την κίνηση των ατμών του από την επιφάνεια του εδάφους στο φύλλωμα, παρά μέσω του ριζικού συστήματος.

Φυτοπροστατευτικά σκευάσματα εφαρμοζόμενα με ψεκασμούς σε αναπτυσσόμενα φυτά, «αποθηκεύονται» κυρίως στο φύλλωμα. Κατά συνέπεια, οι καλλιέργειες στους αγρούς προσφέρουν μια τεράστια επιφάνεια για διαφυγή λόγω εξάτμισης των σκευασμάτων αυτών, στην ατμόσφαιρα.

Η φυσική κατάσταση του φυτοπροστατευτικού σκευάσματος που εναποτίθεται σε μια φυλλική επιφάνεια, είναι δυνατόν να επηρεάσει σημαντικά την τιμή της εξάτμισης του όπως αποδείχθηκε σε σχετικά πειράματα με επεμβάσεις σε καπνόφυτα με methyl parathion είτε σε μορφή γαλακτοματοποιησίμου σκευάσματος είτε σε μορφή μικροκάψουλων και αποδείχθηκε ότι η τιμή της απώλειας λόγω εξάτμισης του σκευάσματος ήταν μικρότερη στη μορφή του σε μικροκάψουλες [12].

- Διαφυγή ως σκόνη

Σε σωματιδιακούς ρυπαντές που συνελήγησαν από τον αέρα μη αγροτικών περιοχών στην Αμερική, βρέθηκαν σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών προϊόντων ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '60. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ιπτάμενη σκόνη συμμετέχει ουσιωδώς στη μεταφορά στην ατμόσφαιρα φυτοφαρμάκων και μάλιστα σε μεγάλες αποστάσεις. Θύελλες σκόνης δεν είναι ασυνήθιστες σε ξερές και ημίξερές περιοχές των Η.Π.Α., και είναι συχνότερες σε άλλες περιοχές της υδρογείου. Σε περίπτωση που οι κόκκοι του εδάφους είναι αρκετά μικροί και ανέρχονται σε μεγάλα ύψη στην ατμόσφαιρα, ενδέχεται να μεταφερθούν εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα που έχουν απορροφηθεί από τους κόκκους αυτούς, είναι δυνατόν να μεταφερθούν μαζί τους επίσης σε μεγάλες αποστάσεις [12].

Εκτός από τις παραπάνω περιπτώσεις, έχει διαπιστωθεί ότι η σκόνη από διάβρωση γεωργικών εδαφών με την επίδραση των ανέμων μεταφέρεται στον αέρα αλλά σε σχετικά μικρές αποστάσεις. Επιπρόσθετα, όταν κόκκοι σκόνης με υπολείμματα φυτοφαρμάκων ευρίσκονται στην ατμόσφαιρα, η τάση για εξαέρωση τους είναι αυξημένη.

- Εξάτμιση από το νερό

Ποταμοί, λίμνες και ωκεανοί είναι «δεξαμενές» υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών προϊόντων τα οποία καταλήγουν στους υδάτινους αυτούς αποδέκτες ως συνέπεια επιφανειακής και υπόγειας έκπλυσης.

Δεδομένου ότι άνω του 70% της επιφάνειας της γης καλύπτεται με νερό, η εξάτμιση από αυτό αποτελεί μια δυνητική δίοδο προς την ατμόσφαιρα των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Οποσδήποτε πολλά από τα φυτοπροστατευτικά σκευάσματα τα οποία εισέρχονται στο νερό φθάνουν προσκολλημένα σε γαιώδη υλικά ή προσκολλώνται στα θαλάσσια ιζήματα (κατακάθια) μετά την είσοδο τους και τείνουν να συγκεντρωθούν στο ιζήμα του βυθού. Στην κατάσταση αυτή τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα είναι δυνατόν να παραμείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αφομοίωση από την πανίδα και τη χλωρίδα ενδέχεται να τα δεσμεύσει μόνιμα και να εισχωρήσουν στο υδάτινα συστήματα. Είναι γνωστή η εμφάνιση βιοσυσσώρευσης στα φύκη, της τάξεως των 102- 104. Στο νερό, είναι επίσης πιθανή η υδρόλυση και η βιοαποικοδόμηση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Απώλεια λόγω εξάτμισης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων από το νερό είναι πιθανή εφόσον το σκευάσμα χαρακτηρίζεται από χαμηλή διαλυτότητα και έχει μια μέτρια τάση ατμών.

Κατά μία άλλη άποψη, ο μηχανισμός μεταφοράς υλικών από το νερό στην ατμόσφαιρα είναι ότι οι φυσαλίδες που δημιουργούνται στην επιφάνεια του νερού και παρασύρονται από τον άνεμο, είναι δυνατόν να προκαλέσουν και την είσοδο π.χ. βακτηρίων στην ατμόσφαιρα. Κατά συνέπεια, επειδή το θαλάσσιο πλαγκτόν (στο οποίο είναι γνωστό ότι παρατηρείται βιοσυσσώρευση φυτοφαρμάκων) τείνει να συγκεντρώνεται κοντά στην επιφάνεια του ωκεανού, τα σταγονίδια από τις φυσαλίδες που εκτινάσσονται είναι δυνατόν να μεταφέρουν και φυτοφάρμακα στην υπερκείμενη ατμόσφαιρα. Είναι μια αμφισβητήσιμη άποψη δεδομένου ότι απαιτεί την παραμονή τους στον αέρα για αρκετό χρόνο [12].

Γενικά, τα επίπεδα υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο νερό είναι πολύ χαμηλότερα εκείνων που συναντώνται στο έδαφος. Σημαντική είναι η διαφυγή υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών προϊόντων από νερά που έχουν δεχτεί απευθείας επεμβάσεις για την αντιμετώπιση εντόμων ή φυκιών.

- Διαδικασίες παρασκευής και τυποποίησης

Οι πιθανότητες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από φυτοπροστατευτικά προϊόντα είναι συνδεδεμένες και με τις εργασίες παρασκευής, τυποποίησης και συσκευασίας τους. Πολλά φυτοπροστατευτικά προϊόντα παρασκευάζονται σε συνεχή πιέσεις, προκειμένου να αποφευχθεί η όποια διαφυγή χημικών ουσιών. Εν τούτοις, είναι απίθανο να μην υπάρξουν ατμοσφαιρικές διαρροές από ένα εργοστάσιο, παρά τη λήψη όλων των αναγκαίων προστατευτικών μέτρων, χωρίς να μπορεί να αποκλεισθεί και η περίπτωση του ατυχήματος ή του λάθους.

Τα παραπάνω δείχνουν ότι τα εργοστάσια παρασκευής φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι δυνατόν να αποβούν σε σημαντικές πηγές ευρείας διασποράς υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων στον πλησιόχωρο ατμοσφαιρικό αέρα. Με τους μηχανισμούς μεταφοράς εξάλλου των ρύπων, οι διαρροές των υπολειμμάτων αυτών μπορούν να διαδοθούν ευρέως μέσω της ατμόσφαιρας και σε άλλα τμήματα του περιβάλλοντος περιλαμβανομένου του εδάφους, των νερών και της πανίδας-χλωρίδας [12].

- Διαχείριση φυτοπροστατευτικών προϊόντων

Η διαχείριση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι δυνατόν να οδηγήσει σε διαρροές στην ατμόσφαιρα υπολειμμάτων τους μέσω της εξάχνωσης ή να λειτουργήσει ως πηγή άλλων ρυπαντών που ενδέχεται να σχηματισθούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της διάθεσης. Θαμμένα άχρηστα φυτοπροστατευτικά προϊόντα είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε οριζόντια και κάθετη μεταφορά τους μέσα στο έδαφος, στα νερά και τελικά στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης. Τα περισσότερα φυτοπροστατευτικά προϊόντα είναι δυνατόν να υποστούν σε κάποιο βαθμό αποδόμηση με υδρόλυση ή μεταβολισμό μέσω μικροοργανισμών στο έδαφος, αλλά συχνά μετατρέπονται σε ουσίες ίσης ή μεγαλύτερης τοξικότητας και πτητικότητας.

Ασταθή βιοκτόνα ενδέχεται να υποστούν σταδιακή αποδόμηση με έκλυση αερίων προϊόντων στον αέρα. Ακόμη και σταθερά φυτοπροστατευτικά προϊόντα τα οποία οδηγούνται σε ταφή είναι δυνατόν να μετατραπούν σε πηγή ρύπανσης του αέρα για αρκετά χρόνια, εκτός εάν καούν σε στεγανούς χώρους.

Η καύση αποτελεί την πιο λογική μέθοδο διαχείρισης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, αλλά εφόσον δεν γίνεται αποτελεσματικά, είναι δυνατόν να παραχθούν προϊόντα τα οποία ρυπαίνουν τον ατμοσφαιρικό αέρα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πλήρη καύση σκευασμάτων τα οποία περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και πιθανώς οξυγόνο, θα δώσουν CO₂ και νερό.

Σε συνθήκες ατελούς καύσης είναι δυνατόν να παραχθεί CO ένας γνωστός αέριος ρυπαντής. Κατά την καύση οργανικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων που περιέχουν άζωτο όπως τριαζίνες και καρβαμιδικά, είναι δυνατόν να παραχθούν κυαναμίδη, αμμωνία και μερικές φορές οξειδία του αζώτου. Ακόμη και υπό συνθήκες τέλει καύσης οργανοχλωριωμένα σκευάσματα μερικά των οποίων περιέχουν άζωτο, είναι δυνατόν να δώσουν HCl, Cl₂ και COCl₂. Σε συνθήκες λιγότερο ιδανικής καύσης, είναι δυνατόν να παραχθεί μια μεγαλύτερη ποικιλία χλωριωμένων παραγωγών. Σκευάσματα που περιέχουν θείο όπως θειο-φωσφορικά σκευάσματα είναι πρόδρομοι SO₂ υπό ιδανικές συνθήκες καύσης [12].

2.3.2. Αγροχημικά και έδαφος

2.3.2.1. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και έδαφος

Όταν τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα βρεθούν στο έδαφος είτε λόγω απευθείας εφαρμογής είτε λόγω κατάληξης σε αυτό ύστερα από επεμβάσεις διαφόρων τύπων, υφίστανται τις ακόλουθες διεργασίες:

Εξάτμιση: Η ιδιότητα αυτή είναι και ο λόγος που ορισμένα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (πχ.βρωμιούχο μεθύλιο) επιλέγονται ,επειδή έχουν την ικανότητα να εισχωρούν στο έδαφος και να το απολυμαίνουν από τα διάφορα εδαφοπαράσιτα, παθογόνα ή σπόρους ζιζανίων. Το μυκητοκτόνο PCNB και το ζιζανιοκτόνο triflurazin εξατμίζονται από την επιφάνεια του εδάφους κάτω από ορισμένες συνθήκες.

Προσρόφηση: Η προσρόφηση των εδαφοπροστατευτικών προϊόντων από τα ανόργανα και τα οργανικά συστατικά του εδάφους, εξαρτάται από την παρουσία ή μη στο μόριο τους δραστικών ομάδων όπως -CH, NH₂, NHR, - CONH₂, -COOH και -NR₃ καθώς και από τους δεσμούς H₂ και την πρωτονίωση των μορίων του σκευάσματος. Λίγα σχετικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα π.χ. τα ζιζανιοκτόνα paraquat και diquat που παράγονται υπό μορφή κατιόντων, προσροφώνται σχεδόν αποκλειστικά από τα ανόργανα κolloειδή του εδάφους. Το paraquat αλλά και το methyl-parathion αναπτύσσουν τόσο ισχυρούς δεσμούς με τα ανόργανα κolloειδή του εδάφους ώστε είναι σχεδόν αδύνατο να αποσπάσει κανείς τους δραστικούς παράγοντες του φυτοπροστατευτικού προϊόντος.

Έκπλυση: Πρόκειται για διεργασία αντίθετη της προσρόφησης. Μόρια ένωσης ισχυρώς προσροφημένα είναι δύσκολο να εκπλυθούν προς τα κατώτερα στρώματα του εδάφους. Προϋπόθεση της έκπλυσης είναι η καθοδική κίνηση νερού, η δε ταχύτητα της είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άργιλο και οργανική ουσία. Τα ζιζανιοκτόνα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ταχύτητα έκπλυσης σε σχέση με τα μυκητοκτόνα και τα εντομοκτόνα. Η έκπλυση είναι μεγαλύτερη σε εδάφη αμμώδη και φτωχά σε οργανική ουσία.

Διάσπαση: Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, ορισμένα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (DDT, diquat, τριαζίνες), υφίσταται φωτοδιάσπαση, ενώ ορισμένα άλλα διασπώνται χημικά με την καταλυτική και μόνο δράση του εδάφους χωρίς παρεμβολή ενζύμων ή μικροβίων. Σε όξινα εδάφη, τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα και οι τριαζίνες που προσροφώνται στα ανόργανα κolloειδή του εδάφους, αρχικά υδρολύονται και στη συνέχεια διασπώνται.

Μικροβιακή αποσύνθεση: Αποτελεί τον κυριότερο τρόπο απομάκρυνσης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων από το εδαφικό περιβάλλον. Η ταχύτητα αποσύνθεσης εξαρτάται από την παρουσία στο μόριο της ένωσης ορισμένων χημικών ομάδων όπως –COOO-, -NH₂, -NO₂. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, τα ζιζανιοκτόνα 2,4-D, οι φαινυλουρίες, τα αλειφατικά οξέα και τα καρβαμιδικά διασπώνται ταχύτατα με την επίδραση πλήθους μικροοργανισμών.

Συνέπεια όλων των παραπάνω διεργασιών που υφίσταται τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα στο έδαφος είναι η υπολειμματικότητα τους, η διάρκεια δηλαδή παραμονής και δράσης τους στο έδαφος. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην υπολειμματικότητα των γεωργικών φαρμάκων. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα για παράδειγμα διαρκούν στο έδαφος μόνο λίγες ημέρες, το ζιζανιοκτόνο 2,4-D διαρκεί 2-4 εβδομάδες, το DDT και άλλοι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες παραμένουν στο έδαφος από 3 μέχρι 15 χρόνια.

Μετά την είσοδο τους στο έδαφος, τα παρασιτοκτόνα μπορούν να γίνουν τοξικά για τα αρθρόποδα, τους γαιοσκώληκες, τους μύκητες, τα βακτήρια και τα πρωτόζωα. Για παράδειγμα χρήση των καπνογόνων DD και Vampan που είναι ενώσεις που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση παράσιτων θανάτωσε το 99% των ωφέλιμων αρθρόποδων του εδάφους και για την πλήρη αποκατάσταση του πληθυσμού χρειάστηκε διάστημα 2 χρόνων [14]. Οι μικροοργανισμοί είναι απαραίτητοι για την σωστή λειτουργία του οικοσυστήματος καθώς διασπών την οργανική ύλη και καθιστούν δυνατή την ανακύκλωση των αναγκαίων χημικών στοιχείων [15]. Εξίσου σημαντική είναι η ικανότητα τους να δεσμεύουν άζωτο καθιστώντας το διαθέσιμο για τα φυτά.

Τα αγροχημικά επίσης επιδρούν στη δράση των μικροβίων, στην ταχύτητα διάσπασης της οργανικής ουσίας, στους κύκλους των στοιχείων N, S και P, καθώς και στη μικροβιακή σύνθεση της ριζόσφαιρας.

2.3.2.2. Λιπάσματα και έδαφος

Η χρήση των λιπασμάτων έχει αποδειχθεί ότι βοηθάει στην αύξηση της παραγωγής αλλά πίσω από αυτό υπάρχουν πολλές αρνητικές επιπτώσεις που πρέπει να γνωρίζουν όσοι τα χρησιμοποιούν. Με την υπερβολική χρήση στο έδαφος προκαλούν :

- Συσσώρευση ποσοτήτων λιπασμάτων και πρόκληση αλατότητας
- Μεταβολή του pH και δημιουργία όξινου (συνήθως) περιβάλλοντος
- Ανατροπή των ισορροπιών στο έδαφος

Η μόλυνση του εδάφους από τα λιπάσματα με τη βοήθεια του νερού που τα διαλύει προκαλεί αλλαγή στη σύσταση του καθώς και την θανάτωση πολλών μικροοργανισμών που προκαλείται από την διατάραξη της βακτηριακής ισορροπίας με αποτέλεσμα την μείωση της γονιμότητας και όχι την αύξηση της παραγωγικότητας με την προσθήκη αυτού [14].

Η μεταβολή της αντίδρασης του εδάφους (pH) και η ελάττωση της σταθερότητας της δομής του, αναφέρονται κυρίως ως αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν μείωση της γονιμότητάς του.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων με την προσθήκη λιπάσματος στο έδαφος ελαττώνει συνήθως τη σταθερότητα της δομής του εδάφους. Έτσι, με την εφαρμογή υψηλών δόσεων οξινοποιών N-ούχων λιπασμάτων ταυτόχρονα με μακροχρόνια εφαρμογή τους σε εδάφη με μικρή ρυθμιστική ικανότητα, μπορούν να δημιουργηθούν σοβαρά προβλήματα οξύτητας [14].

Επίσης εδάφη που έχουν ρυπανθεί με ανόργανα τοξικά στοιχεία «αποσύρονται» από τη γεωργική παραγωγή προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος μεταφοράς των στοιχείων αυτών στον άνθρωπο, μέσω της τροφικής αλυσίδας. Σημειώνεται ότι η ρύπανση αυτή των εδαφών δύσκολα επανορθώνεται, επειδή τα βαριά μέταλλα δεσμεύονται στα κolloειδή του

εδάφους και δύσκολα εκπλεονονται. Υπολογίζεται ότι απαιτούνται περισσότερα από 100 χρόνια μέχρι τα εδάφη να καθαρισθούν και να δοθούν και πάλι στην παραγωγική διαδικασία [14].

2.3.3. Αγροχημικά και νερά (Επιφανειακά-Υπόγεια)

2.3.3.1. Φυτοπροστατευτικά και νερά

2.3.3.1.1. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και επιφανειακά νερά

Η παρουσία φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο υδάτινο περιβάλλον είχε διαπιστωθεί έμμεσα από ειδικούς της χημικής φυτοπροστασίας, από τις αρχές της δεκαετίας του 1950. Παρατηρήθηκαν δηλαδή σε πολλές περιπτώσεις θάνατοι ψαριών σε ποταμούς, λίμνες, ρυάκια ή σε εκβολές ποταμών, ύστερα από τη χρήση εντομοκτόνων για την προστασία καλλιεργειών. Οι θάνατοι αυτοί αποδόθηκαν στη ρύπανση των νερών από τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν απευθείας στο υδάτινο περιβάλλον ή μέσω των νερών αποστράγγισης ή μέσω επιφανειακών νερών προερχόμενων από γειτονικούς αγρούς. Σε ορισμένες περιπτώσεις ή ανάλυση δειγμάτων νερού και νεκρών ψαριών, ανακάλυψε την παρουσία υπολειμμάτων των εντομοκτόνων που είχαν χρησιμοποιηθεί [12].

Λεπτομερέστερη έρευνα έδειξε την παρουσία υπολειμμάτων των εντομοκτόνων όχι μόνο στο νερό αλλά και στη λάσπη καθώς και στη χλωρίδα και στη μικροπανίδα του υδάτινου περιβάλλοντος της περιοχής [12].

Οι διαπιστώσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως φυσική συνέπεια του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιούνταν τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα γενικά στις δεκαετίες του 50 και του 60 αλλά και αργότερα, χωρίς να μπορεί κανείς να ισχυρισθεί ότι και στις μέρες μας γίνεται ορθολογική χρήση των επικίνδυνων αυτών σκευασμάτων. Μεγάλες ποσότητες DDT και άλλων οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων ψεκάζονται από αέρος ή από εδάφους και σε μεγάλες εκτάσεις για την καταπολέμηση κουνουπιών, επιβλαβών εντομολογικών ειδών καλλιεργειών αλλά και δασών. Η δοσολογία της δραστικής ουσίας ήταν όχι σπάνια μεγαλύτερη της συνιστώμενης, η δε απόρριψη του υπολοίπου ψεκαστικού διαλύματος καθώς και του νερού πλυσίματος των ψεκαστικών μηχανημάτων και των δοχείων συσκευασίας, γινόταν όχι σπάνια σε ρυάκια, λίμνες κλπ. Η πρώτη εξάλλου γενιά των νέων εντομοκτόνων, τα οργανοχλωριωμένα, είχαν την ιδιότητα να είναι σταθερά στη χημική και βιολογική αποδόμηση και να παραμένουν αναλλοίωτα στο περιβάλλον για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έτσι σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων διέρρεαν με τα νερά στράγγισης ή τα επιφανειακά ρέοντα νερά της βροχής ή των αρδεύσεων στις αποστραγγιστικές τάφρους ή σε ρυάκια, ποτάμια και γενικά στις λεκάνες απορροής της περιοχής. Σε κάποιες μάλιστα περιπτώσεις, η ίδια η βιομηχανία παρασκευής ή τυποποίησης φυτοπροστατευτικών προϊόντων υπήρξε υπεύθυνη για τη ρύπανση των νερών, όπως συνέβη στη περιοχή του Μισισιπή των Η.Π.Α. το 1963, όπου από τα απόβλητα βιομηχανίας παρασκευής endrin, πέθαναν 5 εκατομμύρια ψάρια [12].

Το ίδιο φαινόμενο επαναλήφθηκε το 1969 στο Ρήνο, από απόβλητα εργοστασίου παρασκευής Endosulfan [12]. Στον κόλπο της Θεσσαλονίκης βρέθηκαν στο θαλασσίνο νερό και σε μύδια τη διετία 1978-79 σημαντικές ποσότητες παραγών και μεταβολιτών του DDT όπως pp-DDT, pp-DDE και pp-DDD, εξαχλωριούχο βενζόλιο και πολυχλωριωμένα διφαινύλια και σε μύδια μικρή ποσότητα aldrin. Υπόψη ότι τα φυτοφάρμακα αυτά είχαν ήδη απαγορευτεί πριν 4-5 χρόνια από την περίοδο των παρατηρήσεων αυτών [12].

Νεκρά ψάρια παρατηρούνται συχνά στο Λουδία και στον Αλιάκμονα ενώ στη λίμνη Βιστωνίδα εμφανίστηκε μαζικός θάνατος ψαριών παλαιότερα που αποδόθηκε σε φυτοπροστατευτικά προϊόντα [12].

Παρόμοια περιστατικά συναντώνται κατά δεκάδες στη διεθνή βιβλιογραφία των τελευταίων δεκαετιών που αναφέρονται σε θανάτους ψαριών, πουλιών, θηλαστικών και αγρίων ζώων

λόγω ρύπανσης από φυτοπροστατευτικά προϊόντα λιμνών, θαλασσών κλπ και ως συνέπεια της τροφικής εξάρτησης των ειδών στο οικοσύστημα.

Τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα δεν λείπουν ούτε από το πόσιμο νερό. Στην Καλιφόρνια, εκτός από χλωριωμένους υδρογονάνθρακες έχουν ανιχνευθεί και οργανοφωσφορούχα εντομοκτόνα όπως το Dimethoate, αλλά και ζιζανιοκτόνα όπως τα 2,4-D και 2,4,5-T. Στην πρώην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας εξάλλου, ανιχνεύθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σε πόσιμο νερό σε συγκέντρωση 95μg/l. Σε περιοχές του Ελ Σαλβαδόρ βρέθηκαν σε νερά πηγαδιών υπολείμματα των οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων Aldrin και Dieldrin σε συγκεντρώσεις μέχρι 193μg/l καθώς και DDT σε συγκέντρωση 111μg/l [12].

Το 1999 η Γεωλογική Υπηρεσία των ΗΠΑ διαπίστωσε την εκτεταμένη ρύπανση των υδατικών πόρων στις ΗΠΑ, συγκεκριμένα περισσότερο από το 95% των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από ρέματα και σχεδόν το 50% των δειγμάτων από γεωτρήσεις περιείχαν τουλάχιστον ένα παρασιτοκτόνο [11]. Ο Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος είχε προηγουμένως αναφέρει πως η κανονική γεωργική χρήση είχε οδηγήσει στην παρουσία τουλάχιστον 46 παρασιτοκτόνων στα υπόγεια ύδατα και 76 στα επιφανειακά ύδατα [11].

2.3.3.1.2. Τρόποι ρύπανσης επιφανειακών νερών

Οι κύριοι τρόποι εισόδου φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο υδάτινο περιβάλλον είναι οι απευθείας ψεκασμοί, τα νερά αποστράγγισης των εδαφών, τα οποία περιέχουν υπολείμματα φυτοπροστατευτικών προϊόντων, καθώς και τα επιφανειακά νερά τα οποία ρέουν σε εδάφη με υπολείμματα και παρασύρουν εδαφικό υλικό. Είναι δυνατό όμως, η είσοδος των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο υδάτινο περιβάλλον, να συμβεί χωρίς την έκπλυση των ψεκασμένων επιφανειών από το αρδευτικό ή το βρόχινο νερό. Και αυτό επειδή υπάρχουν περιπτώσεις όπου στο βρόχινο νερό ανιχνεύονται υπολείμματα φυτοπροστατευτικών προϊόντων τα οποία προέρχονται από την εξάτμιση ή την εξάχνωση της δραστικής ουσίας μετά την εφαρμογή του σκευάσματος ή από τη διασπορά σταγονιδίων του ψεκαστικού υγρού ή κόκκων σκόνης στο περιβάλλον [12].

- Απευθείας εφαρμογή

Πολλές φορές στο παρελθόν αλλά και σήμερα γίνονται εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην επιφάνεια λιμνών και παράκτιων περιοχών για την αντιμετώπιση επιβλαβών ειδών εντόμων ή για την καταστροφή υδροχαρών φυτών. Τέτοιες εφαρμογές έχουν ως συνέπεια τη διατάραξη της ισορροπίας στο οικοσύστημα και την καταστροφή της πανίδας και της χλωρίδας της περιοχής.

Έχει γίνει ευρέως αποδεκτό σήμερα ότι τα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για το περιβάλλον γενικά, λόγω των ιδιοτήτων τους. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, τα καρβαμικά και γενικά τα εντομοκτόνα της νέας γενιάς είναι απίθανο να προκαλούν παρόμοια φαινόμενα εκείνων των οργανοχλωριωμένων, δεδομένου ότι έχουν σχεδιασθεί να μην έχουν τις ιδιότητες της βιοσυσσώρευσης και βιομεγέθυνσης και να αποδομούνται γρήγορα [12].

- Νερά αποστράγγισης

Τα νερά αποστράγγισης εδαφών που δέχονται επεμβάσεις με φυτοπροστατευτικά προϊόντα άμεσα (στο έδαφος) ή έμμεσα (ψεκασμοί των φυτών), αποτελούν τις κυριότερες πηγές ρύπανσης λιμνών, ποταμών, ρυακιών, θαλασσών κλπ που είναι και οι φυσικοί αποδέκτες των νερών αυτών.

Υπάρχουν πειραματικά δεδομένα σύμφωνα με τα οποία, τα νερά αποστράγγισης μετά από άρδευση εδαφών στα οποία προηγήθηκε χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, είναι ρυπασμένα με υπολείμματα των σκευασμάτων αυτών. Ο βαθμός ρύπανσης εξαρτάται από το χρονικό διάστημα μεταξύ εφαρμογής του παρασιτοκτόνου και της άρδευσης [12].

- Επιφανειακή απορροή

Με τον όρο επιφανειακή απορροή νοείται η διαφυγή από την επιφάνεια ενός έστω και λίγο κεκλιμένου εδάφους και προς την κατεύθυνση της κλίσης του, μέρος του νερού το οποίο δέχεται είτε υπό μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είτε μέσω άρδευσης. Σε περίπτωση που η επιφανειακή απορροή λαμβάνει χώρα σε εδάφη που προηγουμένως δέχτηκαν επεμβάσεις με φυτοπροστατευτικά προϊόντα (είτε απευθείας είτε έμμεσα ύστερα από ψεκασμό καλλιεργούμενων φυτών ή ζιζανίων), παρασύρεται και εδαφικό υλικό με υπολείμματα των ουσιών αυτών, ρυπαίνοντας τους φυσικούς τους αποδέκτες (ποτάμια, ρυάκια, λίμνες, θάλασσες). Και τούτο επειδή σε πολλές περιπτώσεις η δραστική ουσία του φυτοπροστατευτικού προϊόντος είναι προσροφημένη στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους και μεταφέρεται μαζί του όταν παρασύρεται με το νερό (υδατική διάβρωση). Φαίνεται λοιπόν ότι η διάβρωση των εδαφών είναι μια από τις κύριες αιτίες μεταφοράς φυτοπροστατευτικών προϊόντων από το επιφανειακό έδαφος στους φυσικούς αποδέκτες των νερών που ρέουν επίσης επιφανειακά [12].

Πολλές έρευνες εξάλλου έδειξαν ότι η συγκέντρωση φυτοπροστατευτικών προϊόντων στα ρέοντα επιφανειακά νερά σε εδάφη που προηγουμένως δέχθηκαν επεμβάσεις με αυτά, είναι σημαντικά μεγάλη και ότι τα νερά αυτά είναι μια κύρια πηγή ρύπανσης των επιφανειακών νερών (λιμνών, θαλασσών, ποταμών κλπ). Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα βρέθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση της δραστικής ουσίας ενός φυτοπροστατευτικού προϊόντος σε επιφανειακώς ρέοντα νερά από ότι σε νερά αποστράγγισης [12].

Είναι γνωστό ότι μετά την εφαρμογή ενός φυτοπροστατευτικού προϊόντος και ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες στο περιβάλλον, μέρος της δραστικής ουσίας του σκευάσματος εξατμίζεται ή εξαχνώνεται ή υφίσταται διασπορά στο περιβάλλον με μορφή σταγονιδίων του ψεκαστικού υγρού ή κόκκων σκόνης του φαρμάκου. Σε νερό της βροχής έχουν ανιχνευθεί υπολείμματα φυτοφαρμάκων προερχόμενων από τη διασπορά αυτή της δραστικής ουσίας του σκευάσματος προς το περιβάλλον. Μέσω της βροχής, τα υπολείμματα αυτά επιστρέφουν στη γη, ρυπαίνοντας μεταξύ των άλλων και το υδάτινο περιβάλλον.

Αλλά και με την άρδευση των καλλιεργειών που αποσκοπεί κατά βάση στην προμήθεια τους με την αναγκαία ποσότητα νερού, είναι δυνατή η ρύπανση των επιφανειακών νερών. Αυτό μπορεί να συμβεί σε περιπτώσεις όπου π.χ. οι πηγές αρδευτικού νερού όπως πηγάδια, γεωτρήσεις (υπόγειες πηγές) ή λίμνες, ποτάμια, αποστραγγιστικά κανάλια (επιφανειακές πηγές), έχουν ήδη ρυπανθεί από φυτοπροστατευτικά προϊόντα από προηγούμενες χρήσεις. Σε περιοχές της Καλιφόρνιας για παράδειγμα όπου χρησιμοποιούνται πολλά φυτοπροστατευτικά προϊόντα και στις οποίες το νερό αποστράγγισης επαναχρησιμοποιείται για άρδευση καλλιεργειών, διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση των εντομοκτόνων και κυρίως του endrin στο νερό άρδευσης αυξάνονταν σημαντικά κατά την καλλιεργητική περίοδο και μειωνόταν σε οριακά επίπεδα στις ενδιάμεσες περιόδους. Σε περιπτώσεις επίσης όπου οι εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων γίνονται επιφανειακά σε εδάφη επικλινή και η άρδευση εφαρμόζεται με συστήματα επιφανειακής ροής π.χ. αυλάκια, λεκάνες ή με συστήματα υπό πίεση (καταιονισμός, σταγόνες, μικροεκτοξευτήρες) και σε ρυθμούς εφαρμογής που υπερβαίνουν την ταχύτητα διήθησης του εδάφους, παρατηρείται μια σημαντική απορροή και μεταφορά των φυτοπροστατευτικών προϊόντων μαζί με το νερό σε χαμηλότερα σημεία, με συνέπεια την κατάληξη της επιφανειακής απορροής στους όποιους γειτονικούς φυσικούς αποδέκτες [12].

Πέρα όμως της ρύπανσης των επιφανειακών νερών λόγω της απορροής του νερού άρδευσης είναι δυνατόν να προκληθεί ρύπανση τόσο σε αυτά όσο και στα υπόγεια νερά λόγω της βαθιάς διήθησης του αρδευτικού νερού. Η βαθιά διήθηση γενικά είναι συνάρτηση του ύψους και της κατανομής της βροχόπτωσης ή της δόσης άρδευσης και της μεθόδου άρδευσης (πέραν των ιδιοτήτων του εδάφους, της έντασης της εξάτμισης του νερού και της παρουσίας

ή όχι καλλιέργειας καθώς και από το είδος της). Η δόση της άρδευσης αποτελεί ένα ουσιώδη παράγοντα πρόκλησης της βαθιάς διήθησης [12].

Υπερβολικές δόσεις αναγκάζουν το νερό να κινηθεί βαθύτερα και να μετατραπεί σε ρυπογόνο παράγοντα καθώς μεταφέρει στην πορεία του και τη δραστική ουσία των φυτοπροστατευτικών προϊόντων (ή γενικότερα, τα αγροχημικά). Η βαθιά διήθηση είναι επίσης συνάρτηση της μηχανικής σύστασης του εδάφους, της διαλυτότητας του αγροχημικού και του είδους και της μορφής του συγκεκριμένου αγροχημικού [12].

Η μέθοδος άρδευσης αφετέρου, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το βάθος της διήθησης. Έτσι, σε μέσης σύστασης εδάφη με λεκάνες ή αυλάκια, παρουσιάζονται αρκετές πιθανότητες για εμφάνιση βαθιάς διήθησης. Η άρδευση με κατάκλιση ή καταιονισμό παρουσιάζει κάποτε τον κίνδυνο βαθιάς διήθησης τόσο λόγω της ανομοιομορφίας της αρδευόμενης έκτασης όσο και λόγω της αδυναμίας υπολογισμού της δόσης που καλύπτει μόνο το ριζόστρωμα. Η άρδευση με σταγόνες ή μικροεκτοξευτήρες παρουσιάζει μεγαλύτερη καταλληλότητα όσο αφορά τον έλεγχο στην ακρίβεια της εφαρμοζόμενης δόσης αλλά και μεγαλύτερη δυνατότητα εφαρμογής μικρών δόσεων με συνέπεια την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας της έκπλυσης των αγροχημικών προς τα κάτω [12].

Πέρα από τον τρόπο ρύπανσης των νερών, οι επιβλαβείς επιπτώσεις των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο οικοσύστημα γενικά, οφείλονται στη σταθερότητα και στη μεγάλη διάρκεια παραμονής στο περιβάλλον που παρουσιάζουν πολλά από αυτά καθώς και στο φαινόμενο της βιομεγέθυνσης.

Τις ιδιότητες αυτές εμφανίζει κυρίως η πρώτη γενιά των νέων εντομοκτόνων, τα οργανοχλωριωμένα, και για τους λόγους αυτούς τα περισσότερα από αυτά έχουν ήδη απαγορευθεί. Σημαντικές όμως ποσότητες υπολειμμάτων εντομοκτόνων της κατηγορίας αυτής κατέληξαν για χρόνια με τα νερά αποστράγγισης ή τα ρέοντα επιφανειακά νερά ή τα νερά της βροχής στις αποστραγγιστικές τάφρους, στους ποταμούς, στις λίμνες, στα ρυάκια και γενικά στις λεκάνες απορροής της περιοχής. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, τα καρβαμιδικά και γενικά τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα της νέας γενιάς είναι απίθανο να προκαλέσουν τέτοια φαινόμενα όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι και οι κατηγορίες αυτές εντομοκτόνων είναι ακίνδυνες για το περιβάλλον [12].

Παρά το ότι οι τρόποι και οι αιτίες ρύπανσης των επιφανειακών νερών από τη χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι γνωστά, εν τούτοις στην πράξη δεν είναι εύκολο να αντιμετωπισθεί το ζημιογόνο αυτό φαινόμενο. Και τούτο επειδή απαιτείται η αυστηρή τήρηση ορισμένων βασικών κανόνων από τους καλλιεργητές γενικά κατά την επιτέλεση των συνήθων καλλιεργητικών πρακτικών τους και εν προκειμένω κατά την εφαρμογή αγροχημικών γενικά και άρδευσης. Είναι ευνόητο ότι για να επιτευχθεί η ορθολογική άσκηση των κρίσιμων αυτών καλλιεργητικών πρακτικών, είναι απαραίτητη η συνεργασία και η συναίνεση των καλλιεργητών μιας περιοχής, κάτι που στα ελληνικά δεδομένα προϋποθέτει και ανάλογη επιμόρφωση. Με τον τρόπο αυτό θα εξασφαλιστεί τόσο η συναίνεση όσο και η συνεργασία τους, στοιχεία απαραίτητα για την ελαχιστοποίηση των επιπέδων ρύπανσης στα επιφανειακά νερά μιας περιοχής [12].

2.3.3.1.3. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και υπόγεια νερά

Υπόγεια νερά είναι εκείνα που ευρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους σε ποικίλο βάθος και αποτελούν τον υδροφόρο ορίζοντα του υπεδάφους μιας περιοχής. Εκμεταλλεύσιμες μορφές των υπόγειων νερών από τον άνθρωπο είναι τα πηγάδια (αρτεσιανά), οι φυσικές πηγές και οι γεωτρήσεις. Το βάθος στο οποίο ευρίσκονται τα υπόγεια νερά κυμαίνεται από λίγα μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους (κυρίως σε υγρές περιοχές ή κάτω από ορισμένες γεωλογικές συνθήκες), μέχρι και εκατοντάδες μέτρα (σε ξηροθερμικές κυρίως περιοχές) [12].

Η ρύπανση των υπόγειων νερών γενικά, συνδέεται συχνά και προέρχεται – περισσότερο ή λιγότερο- από τη ρύπανση των επιφανειακών νερών, του εδάφους και του αέρα. Κάθε ποταμός ή χείμαρρος ή έδαφος που ρυπάνθηκε είναι πιθανόν να τροφοδοτεί με νερό κάποια υδροφόρα στρώματα που βρίσκονται συχνά σε πολύ μακρινή απόσταση μεταξύ τους με συνέπεια να τα ρυπαίνει κι αυτά. Αλλά και αντίστροφα, το νερό ενός υπόγειου υδροφορέα που έχει ρυπανθεί, μπορεί να ρυπάνει τα νερά εκεί όπου κατά την υπόγεια διαδρομή εκφορτώνεται όταν δηλαδή τροφοδοτεί πηγές, ποτάμια, χείμαρρους, λίμνες, θάλασσες κλπ. Από τους υπόγειους φυσικούς πόρους, το νερό είναι εκείνο που έχει το μειονέκτημα της ρύπανσης σε αντίθεση με άλλους υπόγειους πόρους που δεν ρυπαίνονται π.χ. μεταλλεύματα [12].

Από καθαρά τεχνική άποψη η ρύπανση συνιστάται στην επιβάρυνση των υπόγειων νερών με ουσίες οργανικές ή ανόργανες, διαλυμένες ή αιωρούμενες που τα καθιστούν ακατάλληλα για οποιαδήποτε χρήση είτε άμεσα λόγω επιβλαβούς ή τοξικής δράσης είτε έμμεσα λόγω των διαταραχών που προκαλούν στη σύνθεση και την κατάσταση τους [12].

Ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει το νερό από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τον υδροφόρο ορίζοντα κυμαίνεται από λίγες ημέρες έως χρόνια και είναι συνάρτηση του βάθους στο οποίο ευρίσκεται, της περατότητας του εδάφους και της ποσότητας του προς τα κάτω διηθούμενου νερού. Ο χρόνος αυτός είναι καθοριστικής σημασίας όσον αφορά την ποσότητα μιας οργανικής ουσίας (που είναι διαλυμένη στο νερό) που θα φτάσει στα υπόγεια νερά και θα τα ρυπαίνει, λόγω της αποδόμησης που υφίσταται στη διάρκεια του χρόνου αυτού. Θα πρέπει να τονισθεί ότι οι χημικές ουσίες που φτάνουν στα υπόγεια νερά δεν αποδομούνται πλέον εύκολα λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, της έλλειψης οξυγόνου και της απουσίας των μικροβιακών αποδομητών στο περιβάλλον του υπόγειου υδροφορέα [12].

Παραδείγματα ρύπανσης των υπόγειων υδάτων μας δίνει η μελέτη των υπόγειων πηγών στο Νοτιοδυτικό Οντάριο (Καναδάς) όπου στο 35% των πηγών που ελεγχθηκαν, ανιχνεύθηκαν παρασιτοκτόνα τουλάχιστον σε μία περίπτωση [16]. Στις ΗΠΑ, εθνική έρευνα για τα παρασιτοκτόνα της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος, βρέθηκε πώς στο 10,4% των κοινοτικών πηγών και στο 4,2% των αγροτικών πηγών ανιχνεύονται ένα ή περισσότερα παρασιτοκτόνα [16].

Λόγω της ανησυχητικής διάστασης του φαινομένου, η Ε.Ο.Κ. εξέδωσε τη σχετική οδηγία 80/778/ΕΟΚ στην οποία μεταξύ των άλλων προβλέπεται η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση παρασιτοκτόνων σε πόσιμο νερό κάθε προέλευσης. Η συγκέντρωση αυτή για τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα είναι 0,1 μg/l νερού για κάθε σκεύασμα και 0,5 μg/l για το σύνολο των φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Στόχος της οδηγίας αυτής είναι η διατήρηση της καθαρότητας των υπόγειων νερών από χημικές ουσίες και ειδικότερα από φυτοπροστατευτικά προϊόντα [12].

Αποτελέσματα ερευνών έδειξαν ότι οι πιθανότητες ρύπανσης υπογείων νερών συσχετίζονται θετικά με πλήθος παραγόντων που αφορούν τις φυσικοχημικές ιδιότητες των δραστικών ουσιών των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, τις κλιματικές συνθήκες και τα εδαφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής.

Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Η μεγάλη διαλυτότητα της δραστικής ουσίας
- Η μικρή προσροφητικότητα της δραστικής ουσίας από τα εδαφικά κolloειδή
- Η ημιπερίοδος ζωής κατά την υδρόλυση της δραστικής ουσίας μεγαλύτερης των δυο εβδομάδων
- Η ημιπερίοδος ζωής στη φωτόλυση μεγαλύτερη από μια εβδομάδα
- Η ημιπερίοδος παραμονής στο έδαφος μεγαλύτερη από 2-3 εβδομάδες

- Η ποσότητα νερού έκπλυσης μεγαλύτερη των 250mm/έτος
- Η μεγάλη ταχύτητα έκπλυσης
- Το pH του εδάφους που εμποδίζει την αποδόμηση της δραστικής ουσίας ή των μεταβολιτών της
- Ο αβαθής υπόγειος υδροφορέας και χωρίς κάλυψη με στρώσεις από υλικό αδιαπέραστο στο νερό.

2.3.3.2. Λιπάσματα και ρύπανση υδάτων

Η εκπλυση των λιπασμάτων αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα λόγω της συνεπαγόμενης ρύπανσης των υπόγειων υδάτων. Λόγω της αυξημένης αγροτικής δραστηριότητας η οποία είναι απαραίτητη για την αύξηση της παραγωγή τροφής και της βιομηχανικής δραστηριότητας, υπάρχουν ενδείξεις ρύπανσης των υπογείων υδάτων από λιπάσματα [17].

Από το 1970 η εκτεταμένη έκπλυση νιτρικών από τα εδάφη στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα έχει δημιουργήσει προβλήματα σε όλες σχεδόν τις βιομηχανικές χώρες [7]. Ο φώσφορος εκπλένεται με μικρότερο ρυθμό, αλλά σε περιοχές που τα εδάφη είναι κορεσμένα από φωσφορικά, η ουσία συναντάται στα υπόγεια ύδατα όλο και πιο συχνά. Τα υπόγεια ύδατα ρυπαίνονται κυρίως από νιτρικά [16]. Σε όλες τις χώρες τα υπόγεια ύδατα αποτελούν σημαντική πηγή πόσιμου νερού. Σε διάφορες περιοχές τα υπόγεια ύδατα είναι ρυπασμένα σε τέτοιο βαθμό που πλέον δεν είναι κατάλληλα για κατανάλωση σύμφωνα με τις σημερινές απαιτήσεις [16]. Σε μεγάλες περιοχές της Ευρώπης, για παράδειγμα, οι συγκεντρώσεις προσεγγίζουν ή υπερβαίνουν τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των 50mg/l ή 50ppm [7]. Αυτές συγκεντρώσεις θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και προκαλούν ευτροφισμό στα νερά των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών. Το 50% των ρηχών πηγών υπογείων υδάτων που παρέχουν νερό σε πάνω από 1 εκατομμύριο ανθρώπους στη Λιθουανία είναι ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση λόγω ενός ευρέος φάσματος ρυπαντών που περιλαμβάνουν είδη παρασιτοκτόνων και νιτρικών [16]. Ο ευτροφισμός είναι μια κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων όπου υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών ευνοούν την ανάπτυξη αλγών, που με σειρά τους δεσμεύουν το οξυγόνο και δημιουργούν ακατάλληλες συνθήκες για την επιβίωση άλλων ειδών. Ο φώσφορος και το άζωτο θεωρούνται τα κύρια θρεπτικά που είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη συνθηκών ευτροφισμού. Το μεγαλύτερο μέρος τους προέρχεται από διάσπαρτες πηγές που πηγάζουν από τη χρήση ορυκτών λιπασμάτων και κοπριάς στις καλλιέργειες και τα λιβάδια [7]. Το πρόβλημα ξεκινάει όταν η προσθήκη λιπασμάτων υπερβαίνει την πρόσληψη τους. Η περίσσεια των λιπασμάτων εκπλένεται από το έδαφος από το διηθούμενο νερό. Ο κίνδυνος εξαρτάται από τον τύπο και την απόδοση της καλλιέργειας, τον τύπο του εδάφους και τα υπόγεια πετρώματα [7].



Εικόνα 2.4 Υψηλά επίπεδα νιτρικών στις όχθες ποταμιού στην Κίνα

2.3.4. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και χλωρίδα

Κατά τη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην καθημερινή γεωργική πράξη είναι δυνατόν να εμφανιστούν δευτερογενείς επιδράσεις (φυτοτοξικότητα) στο υπό προστασία φυτό. Με τον όρο φυτοτοξικότητα ή φυτοτοξική ενέργεια εννοούμε κυρίως την μερική ή ολική νέκρωση φυτικών οργάνων (φύλλων, ανθέων, καρπών, κλαδίσκων, κλάδων) και που εξελίσσεται σε ορισμένες περιπτώσεις σε ξήρανση ολόκληρου του φυτού. Στη φυτοτοξικότητα μπορούμε να περιλάβουμε και τις παρενέργειες κάποιου φυτοφαρμάκου στη βλαστική ικανότητα του σπόρου καθώς και στο ρυθμό αύξησης, αναπνοής, διαπνοής και άλλων φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών ή οργάνων τους [12].

Η φυτοτοξικότητα δεν σχετίζεται πάντα με την δραστική ουσία αυτή καθαυτή αλλά και με τις βοηθητικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την παρασκευή των φυτοφαρμάκων. Έτσι ορισμένοι γαλακτωματοποιητικοί ή διαβρεκτικοί παράγοντες είναι δυνατόν να προσδώσουν φυτοτοξική δράση σε μη φυτοτοξικό παράγοντα ενός σκευάσματος. Φυτοτοξικότητα όμως είναι δυνατόν να εμφανιστεί και κατά την ανάμιξη δυο μη φυτοτοξικών ουσιών οι οποίες δεν εμφανίζουν φυτοτοξική ενέργεια εάν εφαρμοσθούν χωριστά π.χ. ανάμιξη πολλού ορυκτελαίου με θειάφι, θειασβέστιο ή άλλα θειούχα σκευάσματα όπως zineb, phaltan, maneb κ.α. Για το λόγο αυτό, επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ανάμειξη φαρμακευτικών σκευασμάτων, ακόμη και εάν είναι γνωστό ότι οι δραστικές ουσίες τους εφαρμοζόμενες χωριστά, δεν εμφανίζουν κάποια φυτοτοξική επίδραση στα φυτά [12].

Η φυτοτοξικότητα των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, δεν αποτελεί ιδιότητα κάποιας δεδομένης δραστικής ουσίας δεδομένου ότι αυτή μπορεί να διαφοροποιηθεί υπό την επίδραση διαφόρων παραγόντων, κυριότεροι των οποίων είναι οι ακόλουθοι [12]:

- Περιεκτικότητα του ψεκαστικού υγρού σε δραστική ουσία

Για ένα δεδομένο είδος φυτού και φυτοπροστατευτικό προϊόν καθώς και για ένα δεδομένο τρόπο επέμβασης (ψεκασμού) η φυτοτοξική επίδραση είναι συνήθως ανάλογη της περιεκτικότητας του ψεκαστικού υγρού σε δραστική ουσία.

- Εφαρμοζόμενη ποσότητα ψεκαστικού υγρού κατά μονάδα επιφάνειας

Η φυτοτοξικότητα δεν είναι αποκλειστικά και μόνο ανάλογη της περιεκτικότητας του ψεκαστικού υγρού σε δραστική ουσία. Πράγματι, είναι δυνατόν μια και αυτή δόση να εμφανίζεται άλλοτε έντονα και άλλοτε ελάχιστα φυτοτοξική. Αυτό οφείλεται εις το γεγονός ότι η φυτοτοξική επίδραση κάποιας δραστικής ουσίας σε δεδομένο είδος φυτού, εξαρτάται και από την εκάστοτε εφαρμοζόμενη ποσότητα δραστικής ουσίας ανά μονάδα φυτικής επιφάνειας.

- Είδος και ποικιλία φυτού

Είναι δυνατόν, ένα φυτοπροστατευτικό προϊόν να είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο σε κάποιο είδος ή ποικιλία φυτού και ακίνδυνο σε κάποιο άλλο.

- Είδος, ηλικία και βαθμός ενυδάτωσης του φυτικού οργάνου

Ορισμένες δόσεις εντομοκτόνων είναι δυνατόν να προκαλέσουν ισχυρή φυτοτοξική επίδραση σε κάποια φυτικά όργανα π.χ. στα άνθη ή στους καρπούς και ελάχιστη στα φύλλα.

Κατά γενικό κανόνα, τα νεαρά σε ηλικία ή τα όργανα τους, εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στους τοξικούς παράγοντες.

- Τρόπος εφαρμογής των φαρμακευτικών ουσιών

Το βρωμιούχο μεθύλιο χρησιμοποιούμενο σε θερμοκήπια σε ποσότητα 160 g/m³ θεωρείται ακίνδυνο, εάν προ της εφαρμογής του διενεργηθεί πότισμα του εδάφους, έτσι ώστε να αποφευχθεί διείσδυση του τοξικού παράγοντα μέσω των ριζών.

- Διαλυτότητα της δραστικής ουσίας στο νερό

Η μεγάλη υδατοδιαλυτότητα κάποιων τοξικών παραγόντων οι οποίοι δρουν επί του πρωτοπλάσματος και η οποία συσχετίζεται με τη φυτοτοξικότητα έχει παρατηρηθεί σε αρσενικούχες, χαλκούχες και φθοριούχες ενώσεις.

- Βοηθητικές ουσίες των φαρμακευτικών σκευασμάτων

Ορισμένες βοηθητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σε ανάμιξη με φυτοπροστατευτικά προϊόντα όπως γαλακτοματοποιητικοί ή βρέξιμοι παράγοντες, είναι δυνατόν να προσδώσουν φυτοτοξικές ιδιότητες σε μη φυτοτοξικές δραστικές ουσίες.

- Παράγοντες του περιβάλλοντος (φως, θερμοκρασία, υγρασία)

Φυτοτοξικά συμπτώματα σε φύλλα δένδρων είναι δυνατόν να παρουσιασθούν κατά την εφαρμογή τελείως ραφινρισμένων πολτών ορυκτελαίων, λόγω της απομάκρυνσης φυσικών αντιοξειδωτικών παραγόντων και της λόγω του γεγονότος αυτού αύξησης της οξύτητας υπό την επίδραση του φωτός και του οξυγόνου. Η αύξηση της θερμοκρασίας, επιδρά στη μείωση του ιξώδους, αυτό δε συνδέεται ως γνωστόν με την ταχεία εκδήλωση συμπτωμάτων οξείας φυτοτοξικότητας. Σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών και τα βαθύτερα ακόμη των ελαίων δεν έχουν επαρκές ιξώδες και για το λόγο αυτό, είναι δυνατόν η εκδήλωση συμπτωμάτων οξείας φυτοτοξικότητας. Τούτη εκδηλώνεται με την εμφάνιση εγκυμάτων καστανού ή πορφυρού χρώματος λόγω του αποχρωματισμού των χλωροπλάστων καθώς και με την ανάσχεση της αύξησης των φύλλων και πτώση τους, που λαμβάνει χώρα πριν από τον πλήρη αποχρωματισμό τους.

Η εφαρμογή εξάλλου βορδιγάλειου πολτού σε περίοδο χαμηλών θερμοκρασιών, είναι δυνατόν να προκαλέσει την εκδήλωση συμπτωμάτων φυτοτοξικότητας και κυρίως όταν συγχρόνως επικρατούν συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας. Ομοίως, η εφαρμογή οξυχλωριούχου χαλκού σε ελαιόδενδρα, είναι δυνατόν να δράσει φυτοτοξικά υπό τις συνθήκες αυτές.

Υψηλές θερμοκρασίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν τοξική επίδραση κατά την εφαρμογή CaS₂ που εκδηλώνεται με πρόωρη φυλλόπτωση και καρπόπτωση σε οπωροφόρα δένδρα. Η τοξική επίδραση τόσο του CaS₂ όσο και του βρέξιμου θείου σε φύλλα αχλαδιάς, μηλιάς και δαμασκηλιάς είναι ιδιαίτερα έντονη σε περιπτώσεις εφαρμογής τους σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών (>260 C) και ξηρών ανέμων. Παρόμοια φυτοτοξική επίδραση σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών είναι δυνατόν να εκδηλωθεί και κατά την εφαρμογή επιπάσεων με θείο σε οπωροφόρα δένδρα, βαμβάκι και κολοκυνθοειδή.

- Ιξώδες

Γενικά οξεία τοξικότητα προκαλούν ουσίες χαμηλού ιξώδους, ήτοι κάποιοι οργανικοί διαλύτες (βενζόλιο, ξυλόλιο) ή μη ραφινρισμένα έλαια που περιέχουν υδρογονάνθρακες με μικρό αριθμό ατόμων άνθρακα (C<16).

- Μορφή των φαρμακευτικών σκευασμάτων

Η φυτοτοξική επίδραση των ταχέως διασπώμενων (μετά την εφαρμογή τους) γαλακτωμάτων είναι συνήθως ισχυρότερη εκείνης των σταθερών γαλακτωμάτων ή γαλακτοματοποιησίμων σκευασμάτων, αφενός λόγω της παραμονής στην φυτική επιφάνεια ενός συνεχούς ελαιώδους υμενίου και αφετέρου επειδή η ποσότητα ελαίου που εναποτίθενται κατά μονάδα φυτικής επιφάνειας, είναι μεγαλύτερο εκείνου των σταθερών γαλακτωμάτων. Επειδή δε η σταθερότητα των γαλακτωμάτων μειώνεται με την ελάττωση της αναλογίας του περιεχόμενου γαλακτοματοποιητικού παράγοντα, αποδείχθηκε ότι η φυτοτοξική επίδραση κάποιου πολτού ορυκτελαίου είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την περιεκτικότητα του σε παράγοντες που μειώνουν την επιφανειακή τάση [12].

Μεταξύ γαλακτοματοποιησίμων και βρέξιμων σκευασμάτων, μεγαλύτερη φυτοτοξική επίδραση εκδηλώνουν τα γαλακτωματοποιήσιμα, πιθανώς λόγω του ότι περιέχουν οργανικούς διαλύτες (π.χ. ξυλόλη) οι οποίοι πολλές φορές είναι υπεύθυνοι στην εκδήλωση συμπτωμάτων οξείας φυτοτοξικότητας, όπως ήδη αναφέρθηκε.

Πέρα από τη φυτοτοξικότητα των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, έχει αποδειχθεί ότι ορισμένα εξ' αυτών μειώνουν την ανθεκτικότητα των φυτών στα διάφορα παθογόνα και ζωικά παράσιτα. Έτσι, αλλαγές στις ανόργανες ουσίες στα φυτά από φυτοπροστατευτικά προϊόντα όπως π.χ. η αύξηση του επιπέδου αζώτου στο ρύζι και στο καλαμπόκι που προκαλείται από τη χρήση του ζιζανιοκτόνου 2,4-D, μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη προσβολή από αφίδες και προνύμφες βλαστορρυκτικών εντόμων.

Ορισμένα εντομοκτόνα είναι δυνατόν να προκαλέσουν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών ουσιών όπως αμινοξέα και μονοσακχαρίτες που συνδέονται στενά με τον πρωτεϊνικό μεταβολισμό που επιδρά στην ικανότητα αντοχής του φυτού στις εντομολογικές προσβολές.

Μείωση της ανθεκτικότητας και σε ασθένειες του φυτού έχει παρατηρηθεί ότι προκαλείται και από μυκητοκτόνα

Έχει αποδειχθεί ακόμη ότι σε καλλιεργούμενες εκτάσεις, η επανειλημμένη εφαρμογή ζιζανιοκτόνων οδηγεί βαθμιαία στην ελάττωση των ευαίσθητων ζιζανίων και στην επικράτηση άλλων ανθεκτικών, με συνέπεια να καθίσταται πολυπλοκότερη και δαπανηρότερη η αντιμετώπιση των ζιζανίων. Η χρήση ζιζανιοκτόνων γενικά είναι δυνατόν να προκαλέσει σε μια φυτοκοινότητα μείωση της πυκνότητας των φυτών, μείωση του αριθμού των ειδών, επικράτηση των ανθεκτικών ειδών και επικράτηση των ανθεκτικών βιοτύπων των ευαίσθητων φυτών [12].

Στη φυσική χλωρίδα, η λογική χρήση ζιζανιοκτόνων δεν έχει προκαλέσει δυσμενείς επιδράσεις εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις. Η ανεύθυνη όμως και ανεξέλεγκτη χρήση τους είναι δυνατόν να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα σε βοσκότοπους και σε δάση, που είναι σχετικά σταθερά οικοσυστήματα σε σχέση με τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Εις αυτά κανένα είδος φυτού (με εξαίρεση ίσως κάποια δηλητηριώδη) δεν μπορεί να χαρακτηριστεί κατηγορηματικά ως ανεπιθύμητο (ζιζάνιο). Σαν αντιστάθμισμα κάποιας ανεπιθύμητης ιδιότητας ενός είδους, συχνά υπάρχει κάποια σπουδαία αιτία χρησιμότητας του ή κάποιος σοβαρός λόγος της παρουσίας του στο οικοσύστημα. Το κενό που δημιουργείται εν τέλει από τη μείωση ενός ανεπιθύμητου είδους, γρήγορα καλύπτεται από άλλα είδη και εάν δεν ληφθούν συμπληρωματικά μέτρα, δεν αποκλείεται και τα νέα είδη να γίνουν εξίσου ανεπιθύμητα [12].

2.3.5. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα και πανίδα

Ένα από τα πιο σοβαρά και πολύπλοκα προβλήματα της μεθόδου της χημικής καταπολέμησης των εντομολογικών εχθρών των καλλιεργούμενων φυτών είναι η διατάραξη της βιολογικής ισορροπίας σε ένα βιότοπο, λόγω της δυσμενούς επίδρασης που ασκεί στην πανίδα των ωφέλιμων εντόμων.

Το πρόβλημα δεν είναι νέο. Είχε παρατηρηθεί ήδη από τις αρχές του περασμένου αιώνα και είχε επισημανθεί κατά τη διάρκεια του βου διεθνούς συνεδρίου ελαιοκομίας που έγινε τον Οκτώβριο του 1923 στη Νίκαια της Γαλλίας. Ο καθηγητής Silvestri και άλλοι οπαδοί της βιολογικής καταπολέμησης της εποχής εκείνης, είχαν διατυπώσει την άποψη του ενδεχόμενου κινδύνου αύξησης των πληθυσμών του λεκανίου της ελιάς *Saissetia oleae* Bern λόγω εφαρμογής σε ευρεία κλίμακα αρσενικομελασσούχων δολωμάτων για την καταπολέμηση του δάκου της ελιάς. Παρά τις θεωρητικές διχογνωμίες των επιστημόνων της εποχής εκείνης δεν εμποδίστηκε η ευρύτατη εφαρμογή της χημικής μεθόδου καταπολέμησης επιβλαβών ειδών εντόμων τις επόμενες δεκαετίες. Η μέθοδος αυτή πήρε τη μορφή «επανάστασης» μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο και κυρίως μετά την ανακάλυψη των ιδιοτήτων του πολυδύναμου εντομοκτόνου DDT το 1939 από τον P. Miller.

Σήμερα, 80 χρόνια από την επισήμανση του Silvestri επαληθεύονται οι προβλέψεις του σε παγκόσμια κλίμακα, με την πειραματική απόδειξη της διατάραξης της βιολογικής ισορροπίας σε βάρος φυσικών εχθρών των επιβλαβών ειδών εντόμων, οι οποίοι μειώνονται. Η μείωση αυτή συνήθως περνά απαρατήρητη μέχρι να προκληθεί μεγαλύτερη ζημιά, η οποία είναι δυνατόν να εμφανιστεί σε δυο μορφές:

A) Με την εμφάνιση εθισμού του επιβλαβούς εντόμου στο συγκεκριμένο εντομοκτόνο και την ανάγκη συχνότερης εφαρμογής μεγαλύτερων δόσεων εντομοκτόνων σκευασμάτων για την αντιμετώπιση του και

B) Με την εξέλιξη ενός δευτερεύοντος (από πλευράς επιζημιότητας) είδους εντόμου σε σοβαρό εχθρό των τοπικών καλλιεργειών, λόγω της απουσίας των φυσικών του εχθρών.

Πέρα όμως από τον τρόπο εφαρμογής των εντομοκτόνων η συχνή και αλόγιστη χρήση τους οδηγεί στην ανάπτυξη εθισμού από τα έντομα. Ο δε όρος εθισμός ή αντίσταση ή ανθεκτικότητα των εντόμων στα εντομοκτόνα δεν αναφέρεται στο άτομο αυτό καθ' αυτό. Με άλλα λόγια δεν εθίζεται το άτομο κατά τη διάρκεια της ζωής του αλλά ο πληθυσμός, ο οποίος από ευπαθής γίνεται με την πάροδο των γενεών ανθεκτικός, με επιλογή των ανθεκτικών στο εντομοκτόνο γονιδίων που έχει ήδη ο πληθυσμός. Σε ένα ευπαθή πληθυσμό τα άτομα που έχουν γονίδια ανθεκτικότητας σ' ένα εντομοκτόνο είναι σπάνια, της τάξης του 10-5 με 10-8. Καταπολεμώντας ένα πληθυσμό εντόμων, χρησιμοποιούμε την κατάλληλη γι' αυτόν θανατηφόρα δόση εντομοκτόνου. Η δόση αυτή σκοτώνει το πλείστο του πληθυσμού, επιζούν όμως λίγα ανθεκτικά άτομα. Αφού η ανθεκτικότητα είναι κληρονομήσιμη, το ποσοστό των ανθεκτικών ατόμων στη θυγατρική γενεά θα είναι μεγαλύτερο από ότι στη μητρική. Συνεχίζοντας την καταπολέμηση του πληθυσμού με το ίδιο εντομοκτόνο, στην ίδια δόση σε κάθε επόμενη γενεά, συνεχίζεται η επιλογή των ανθεκτικών ατόμων δηλαδή να αυξάνεται η συχνότητα των ανθεκτικών γονιδίων στον πληθυσμό μέχρι κάποτε το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού να αποτελείται από ανθεκτικά στο εντομοκτόνο άτομα. Τότε λέμε ότι ο πληθυσμός ανέπτυξε εθισμό ή αντίσταση ή ανθεκτικότητα στο εντομοκτόνο. Εθισμό λοιπόν έχουμε όταν το πλείστο του πληθυσμού ενός είδους εντόμων επιζεί όταν εκτίθεται σε δόση εντομοκτόνου που είναι θανατηφόρος για τα πλείστα άτομα ενός ευπαθούς μη εθισμένου στο εντομοκτόνο αυτό πληθυσμό. Καθώς δε η χρήση των φυτοφαρμάκων γενικά αυξάνεται, υπάρχει μια αλματώδης αύξηση των ειδών που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα. Έτσι, ο αριθμός των ανθεκτικών παρασίτων και εντόμων από 24 που ήταν το 1954 έφτασε τα 448 το 1984 και τα 490 μέχρι τέλους του 1986 [12].

Η δημιουργία όμως ανθεκτικών πληθυσμών εντόμων οδηγεί αναπόφευκτα στην αύξηση των επεμβάσεων αλλά και των δόσεων με περισσότερο τοξικά πολλές φορές σκευάσματα, με συνέπεια τη γρηγορότερη και εντονότερη εμφάνιση και έξαρση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που εκτός της υποβάθμισης της παραγωγής και τις δυσμενείς επιδράσεις στο οικοσύστημα γενικά, αναπτύσσονται και εμφανίζονται νέοι εντομολογικοί εχθροί και ο «φαύλος κύκλος» επαναλαμβάνεται και επιτείνεται.

Ανάλογα με την εκδήλωση ανθεκτικότητας εντόμων στα εντομοκτόνα, ανθεκτικότητα επίσης εμφανίζεται από ορισμένες φυλές μυκήτων στα μυκητοκτόνα. Είναι ένα φαινόμενο που εκδηλώθηκε τα τελευταία 30 χρόνια και συμπίπτει με την εμφάνιση των θεραπευτικών διασυστεμικών μυκητοκτόνων. Η εμφάνιση των χημικών αυτών ενώσεων μετά το 1965 στην εφαρμοσμένη γεωργική πράξη, έδωσε τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους σε χαμηλές δόσεις, με μικρότερη συχνότητα επεμβάσεων και με δυνατότητα καταπολέμησης παθογόνων ήδη εγκατεστημένων σε εσωτερικούς φυτικούς ιστούς, σε αντίθεση με τα μέχρι τότε προστατευτικά σκευάσματα. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι η ανοδική πορεία χρησιμοποίησης διασυστεμικών μυκητοκτόνων τα τελευταία χρόνια, συμπίπτει με την αύξηση των σοβαρών προβλημάτων που δημιουργήθηκαν στην πράξη εξ' αιτίας της ανθεκτικότητας.

Κατά αντιστοιχία της ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα, έτσι και για τα μυκητοκτόνα η Fungicide Resistance Action Company (F.R.A.C.) ορίζει ότι: «Ανθεκτικότητα είναι η ανάπτυξη μιας ικανότητας σε ένα πληθυσμό ατόμων ενός είδους, η οποία τους επιτρέπει να αντέχουν σε δόσεις μιας τοξικής ουσίας που για την πλειονότητα των ατόμων ενός κανονικού πληθυσμού του ίδιου είδους θα ήταν θανατηφόρος». Η ανθεκτικότητα είναι χαρακτηριστικό κληρονομήσιμο που μεταβιβάζεται στους απογόνους [12].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
Η ΧΡΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΗ
ΓΕΩΡΓΙΑ

Η αρχική εξημέρωση φυτών και ζώων που σχημάτισε τη μορφή της γεωργίας 10.000 χρόνια πριν ήταν ένα σημαντικό ορόσημο στην πολιτιστική και περιβαλλοντική ιστορία. Πολιτιστικά, η οργάνωση των ανθρωπίνων κοινωνιών μεταμορφώθηκε, δημιουργήθηκαν οι πρώτοι οικισμοί που μπορούν να χαρακτηριστούν ως πόλεις που στέγασαν η και προκάλεσαν την αύξηση του πληθυσμού [18].

Περιβαλλοντικά, ένας καινούριος παράγοντας αλλαγής δημιουργήθηκε που δρομολόγησε μια αλυσίδα μεταμορφώσεων που σήμερα θεωρούνται δεδομένες και διαδεδομένες τόσο τοπικά όσο και παγκόσμια. Η γεωργία είναι αναμφίβολα ακόμα και σήμερα ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της περιβαλλοντικής αλλαγής τόσο άμεσα ,μέσω της τροποποίησης των φυσικών οικοσυστημάτων, όσο και έμμεσα ,μέσω της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και των παραγώγων των ορυκτών καύσιμων. Από την αρχή της η πρακτική της γεωργίας τροποποίησε ριζικά τις θεμελιώδεις διαδικασίες της μεταφοράς ενέργειας και θρεπτικών που χαρακτηρίζουν τα φυσικά οικοσυστήματα. Τα οποία μετά την τροποποίηση τους μέσω της ανθρώπινης παρέμβασης μεταβλήθηκαν σε αγρό-οικοσυστήματα [18].

Ανά τους αιώνες, υπήρξε πληθώρα καινοτομιών αντανακλώντας την αμοιβαιότητα που υπάρχει μεταξύ του περιβάλλοντος, της κοινωνίας , της επινοητικότητας της και της παραγωγής τροφής. Στα μέσα του 1990 η ανθρωπότητα βρέθηκε για ακόμη μία φορά στο κατώφλι μιας νέας εποχής στην Γεωργία .Η ώθηση για αυτή την αλλαγή προκύπτει από την εφαρμογή της βιοτεχνολογίας, και του κλάδου της γενετικής μηχανικής στην Γεωργία. Η τροποποίηση οργανισμών ή/και μέρος αυτών παρέχει μια νέα σειρά εργαλείων με την οποία η κοινωνία μπορεί να τροποποιήσει τη ροή της ενέργειας και τη μεταφορά θρεπτικών στοιχείων μέσω των αγρό-οικοσυστημάτων [18].

Η βιοτεχνολογία δεν είναι καινούρια. Η ίδια η Γεωργία αποτελεί μια μορφή βιοτεχνολογίας. Οι παραδοσιακές μέθοδοι καλλιέργειας και εκτροφής ζώων που βασίζονται στις αρχές της κληρονομικότητας αποτελούν επίσης μια μορφή βιοτεχνολογίας και παρείχαν ουσιαστικά τη βάση για τη μοντέρνα βιοτεχνολογία η οποία εστιάζει στη τροποποίηση ολόκληρων οργανισμών, ομάδων κυττάρων ή κυτταρικών συστατικών (γενετική μηχανική). Αυτή η διαδικασία βασίζεται στην ταυτοποίηση γονιδίων που ελέγχουν συγκεκριμένες φυσιολογικές διαδικασίες και τη μεταφορά τους (αυτών των γονιδίων) σε άλλους οργανισμούς των οποίων οι απόγονοι φέρουν το χαρακτηριστικό. Οι δυνατότητες που δημιουργούνται από τη μεταφορά γονιδίων μεταξύ ειδών είναι σημαντικές, κάποιες είναι ήδη πραγματικότητα και σχετίζονται με πεδία τόσο διαφορετικά όσο η ιατρική, η ανάκτηση υλών και η ανακύκλωση όπως επίσης και η γεωργία [18].

Στη Γεωργία υπάρχουν τρεις κύριες εφαρμογές της βιοτεχνολογίας: η βελτίωση των καλλιεργειών, ο έλεγχος των παρασίτων και των ασθενειών και η βελτίωση της διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων. Η τροποποίηση κυττάρων αλλά και ολόκληρων οργανισμών όπως επίσης και η γενετική μηχανική έχει εφαρμοστεί για την επίτευξη όλων των παραπάνω στόχων. Σε ονομαστική αξία, η μοντέρνα βιοτεχνολογία συνεισφέρει σημαντικά στην εύρεση λύσης στο ζήτημα της έλλειψης τροφής, κυρίως μέσω της βελτίωσης της παραγωγικότητας των καλλιεργειών. Τα οφέλη που προκύπτουν μπορεί να έχουν ευρύτατες συνέπειες όσον αφορά στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της διατήρησης των γενετικών πόρων αλλά υπάρχουν και μειονεκτήματα τα οποία μπορεί να είναι οικολογικά, μέσω της δημιουργίας και της απελευθέρωσης στο περιβάλλον πιθανά επικίνδυνων οργανισμών, ή οικονομικά, μέσω προβλημάτων που σχετίζονται με την εκμετάλλευση των πόρων μιας χώρας από μία άλλη και την υποκατάσταση των φυσικών

προϊόντων με γενετικά τροποποιημένα με συνέπεια την σμίκρυνση των αγορών για τα φυσικά προϊόντα [18].

3.1. Ιστορική εξέλιξη

Η σύγχρονη, επιστημονική βελτίωση φυτών προέκυψε από την εκ νέου ανακάλυψη το 1900 του έργου του Mendel «Versuche über Pflanzen-Hybriden» (1866). Η ποικιλία υβριδικής πατάτας «Russett Burbank» εισήχθη στις αγορές το 1923 και η πρώτη υβριδική ποικιλία καλαμποκιού (*Zea mays*) κυκλοφόρησε μετά το 1933. Μέχρι τη δεκαετία του '50, οι επιστήμονες χρησιμοποιούσαν χημική και ακτινοβολική μεταλλαξιγένεση για να αυξήσουν τη γενετική ποικιλομορφία από την οποία θα μπορούσαν να αναπτυχθούν νέες ποικιλίες, και στις δεκαετίες του '60 και του '70, χάρη στην έμπνευση του Norman Borlaug, νανοποιημένα γονίδια (*dwarfing genes*) ενσωματώθηκαν στα προγράμματα αναπαραγωγής παγκοσμίως, επιφέροντας την «Πράσινη Επανάσταση» και αποτρέποντας μια παγκόσμια επισιτιστική κρίση [19].

Οι εξελίξεις στην μοριακή βιολογία ήταν ραγδαίες εκείνη την εποχή και το πρώτο κύτταρο με ανασυνδυασμένο DNA αναφέρθηκε από τον Berg και τους συνεργάτες του το 1972 [19]. Πέντε χρόνια αργότερα, το 1977, οι Chilton και συνεργάτες περιέγραψαν την φυσική γενετική τροποποίηση των κυττάρων του φυτού ξενιστή από το *Agrobacterium tumefaciens* και μόνο 6 χρόνια αργότερα, το 1983, ο Hall αναφέρει την παρασκευή γενετικά τροποποιημένων φυτών (ΓΤ) ηλίανθου (*Helianthus annuus*) που περιείχαν ένα γονίδιο φασολιού (*Phaseolus vulgaris*) [19]. Μετά από 11 χρόνια, το 1994, μια αμερικάνικη εταιρεία, η Calgene, εισάγει στην αγορά το πρώτο γενετικά τροποποιημένο προϊόν, μια ΓΤ ποικιλία τομάτας (*Flavr Savr*) και μέχρι το 1996 οι πρώτες σημαντικές περιοχές των ΓΤ σημαντικών καλλιεργειών, της σόγιας και του καλαμποκιού, καλλιεργούνται και η βιοτεχνολογία αποκτά σημαντικό ρόλο στην γεωργική πρακτική [19].

3.2. Η τροποποίηση ομάδων κυττάρων και ολόκληρων οργανισμών στην φυτική παραγωγή

Η τροποποίηση ομάδων κυττάρων από συγκεκριμένων καλλιεργούμενων φυτών γίνεται με τους παραδοσιακούς τρόπους αναπαραγωγής των φυτών με αποτέλεσμα την παραγωγή υβριδίων μεταξύ ειδών προκειμένου να αναπαραχθούν πολύτιμα γνωρίσματα. Επιπρόσθετα, έχουν γίνει βήματα για τη χρήση μικροοργανισμών σαν παρασιτοκτόνα και για τη χρήση τους σαν μέσο για τον χειρισμό της διαθεσιμότητας των θρεπτικών και ειδικά του αζώτου [20].

3.2.1. Βασικές Τεχνολογίες

Οι βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στη βιοτεχνολογία φυτών είναι η ιστοκαλλιέργεια φυτικών ιστών και κυττάρων, που έχει αναβαθμίσει τις τεχνικές πολλαπλασιασμού των φυτών, και η γενετική μηχανική, που οδήγησε στη δημιουργία των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων με βελτιωμένες ιδιότητες.

3.2.1.1. Ιστοκαλλιέργεια

Η μαζική παραγωγή φυτικών ποικιλιών τα οποία φέρουν ήδη τα επιθυμητά χαρακτηριστικά μπορεί να επιτευχθεί μέσω της καλλιέργειας ιστού, ενός από τα πιο σημαντικά εργαλεία που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή αγροτικών, κηπευτικών και διακοσμητικών ειδών. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην ιδιότητα της ολοδυναμικότητας που έχουν τα φυτικά κύτταρα, την ιδιότητα να πολλαπλασιάζονται και να διαφοροποιούνται σε φυτικά όργανα ή να εξελίσσονται σε πλήρη φυτά, πανομοιότυπα με το αρχικό, με τη βοήθεια διαφόρων ορμονών, σε συνδυασμό με τις ευνοϊκές συνθήκες που παρέχει σε αυτά το θρεπτικό υπόστρωμα και τη βοήθεια του σωστού φωτισμού και της κατάλληλης θερμοκρασίας που τους παρέχουμε [20].

Συγκεκριμένα, κατά την ιστοκαλλιέργεια αποσπώνται μέρη από ένα φυτό, όπως τμήματα ιστών, γύρη, ανθήρες, οφθαλμοί, κύτταρα ή τμήματα από οποιοδήποτε σημείο του φυτού και

τοποθετούνται σε τεχνητό, αποστειρωμένο θρεπτικό υπόστρωμα, υπό ασηπτικές συνθήκες σε ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες [20].

Η διαφύλαξη βλαστοπλάσματος στα προγράμματα διατήρησης ή/και τραπεζών γονιδίων αξιολογεί επίσης την καλλιέργεια ιστού. Η τεχνική είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την παραγωγή ποικιλιών απαλλαγμένων από ιούς. Μπορούν είτε να παραχθούν κύτταρα απαλλαγμένα από ιούς είτε να θεραπευτούν μολυσμένα κύτταρα ώστε να αποδυναμωθεί ο ιός πριν την καλλιέργεια.

Αλλά πλεονεκτήματα της ιστοκαλλιέργειας σε σχέση με την παραδοσιακή βελτίωση φυτών περιλαμβάνουν την ταχύτητα διπλασιασμού, την παραγωγή μεγάλου αριθμού πανομοιότυπων φυτών παρέχοντας ομοιομορφία στη καλλιέργεια, και την αποφυγή προβλημάτων που σχετίζονται με τις παραδοσιακές τεχνικές αναπαραγωγής που μπορεί να είναι χρονοβόρες [20].

Η ιστοκαλλιέργεια σήμερα έχει πολλές εφαρμογές, ειδικά στη γενετική βελτίωση. Μερικές από τις εφαρμογές της ιστοκαλλιέργειας για την τροποποίηση φυτικών ειδών είναι οι παρακάτω:

1) Ο μικρό-πολλαπλασιασμός: ο μικρό-πολλαπλασιασμός είναι ο αγενής πολλαπλασιασμός των φυτών μέσω της μεθόδου της ιστοκαλλιέργειας. Εξασφαλίζει μεγάλο αριθμό φυτών σε μικρό χρονικό διάστημα ενώ δεν υπάρχει περιορισμός όσον αφορά την εποχή του έτους που αποκτώνται τα φυτά.

2) Απαλλαγή από ιούς και παθογόνα: Για να βελτιωθεί η απόδοση και για να γίνει πιο εύκολη η μεταφορά του φυτό-πολλαπλασιαστικού υλικού σε διεθνή κλίμακα είναι επιθυμητή η εξάλειψη των ιών και των άλλων παθογόνων. Οι τεχνικές ιστοκαλλιέργειας χρησιμοποιούνται ευρύτατα σήμερα για την απαλλαγή των φυτών από ιούς και άλλα παθογόνα όπως ιοειδή, μυκοπλάσματα, βακτήρια, μύκητες και νηματώδεις.

3) Συντήρηση και διάσωση γενετικού υλικού: Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι αποθήκευσης γενετικού υλικού *in vitro* που κατατάσσονται σε δύο κύριες κατηγορίες : α) τις τεχνικές της αργής αύξησης που αποσκοπούν στην επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης των καλλιεργειών, και β) την τεχνική της κρύο-συντήρησης (*cryopreservation*) που αναφέρεται στη διατήρηση του βιολογικού υλικού σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και αποτελεί την καλύτερη μέθοδο για τη μακρά διατήρηση του γενετικού υλικού.

4) Διάσωση φυτικών εμβρύων: Η χρήση των τεχνικών της ιστοκαλλιέργειας παρέχει τη δυνατότητα επιτυχούς ανάπτυξης εμβρύων που προκύπτουν από την διασταύρωση μεταξύ ταξινομικά απομακρυσμένων γονέων και που παρά την επιτυχή γονιμοποίηση τα έμβρυα αποτυγχάνουν να αναπτυχθούν.

5) Μελέτη του φυτικού μεταβολισμού: Η ιστοκαλλιέργεια χρησιμοποιείται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια για τη μελέτη διαφόρων θεμάτων βιοχημείας, φυσιολογίας μοριακής βιολογίας και βιοτεχνολογίας φυτών. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται θέματα γενικότερου βιολογικού ενδιαφέροντος όπως ο προσδιορισμός της δραστηριότητας των ενζύμων, η σύνθεση αμινοξέων, πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων καθώς και ειδικότερα θέματα που σχετίζονται με τα φυτά, όπως η φωτοσύνθεση και η σύνθεση κυτταρικών τοιχωμάτων.

6) Τροποποίηση φυτών με σωμακλωνική παραλλακτικότητα: Κατά τη παραγωγή κλώνων, ενδέχεται να προκύψουν γενετικές παραλλαγές (διαφοροποιήσεις) σε μερικούς από τους απόγονους. Αυτές οι παραλλαγές μπορεί να φέρουν ωφέλιμα χαρακτηριστικά που δεν είναι παρόντα στους κλώνους του φυτού-γονέα. Οι παραλλαγές μπορούν να αναπαραχθούν μέσω ιστοκαλλιέργειας. Η κύρια πηγή της σωμακλωνικής παραλλακτικότητας φαίνεται να είναι οι αναδιατάξεις του γενετικού υλικού και οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της διαίρεσης των καλλιεργούμενων κυττάρων. Τέτοιες γενετικές αλλαγές είναι χρήσιμες σε

προγράμματα βελτίωσης φυτών που αποσκοπούν στην επιλογή φυτικών γενότυπων με χρήσιμους αγρονομικούς χαρακτήρες, αφού αποτελούν νέα πηγή γενετικής ποικιλότητας. Η σωμακλωνική παραλλακτικότητα χρησιμοποιείται σήμερα στη βελτίωση των ιδιοτήτων πολλών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών (σακχαροκάλαμο, πατάτα, δημητριακά, καπνός, καρότο κ.α.).

7) Σωματική εμβρυογένεση: Η εμβρυογένεση περιλαμβάνει την ανάπτυξη φυλετικών εμβρύων από ένα γονιμοποιημένο κύτταρο, το ζυγωτό. Σε κατάλληλες συνθήκες τα σωματικά κύτταρα σε ιστοκαλλιέργεια μπορούν να αναπτύσσουν δομές που ομοιάζουν με έμβρυα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται σωματική εμβρυογένεση και τα έμβρυα που σχηματίζονται χαρακτηρίζονται ως εμβρυοειδή ή σωματικά έμβρυα. Τα σωματικά έμβρυα έχουν καταβολές βλαστού (βλαστίδιο) και ρίζας (ριζίδιο) και μπορούν να διαχωριστούν από την υπόλοιπη καλλιέργεια, να αναπτυχθούν και να σχηματίσουν φυτά, με τρόπο ανάλογο της βλάστησης των φυλετικών εμβρύων.

Η σωματική εμβρυογένεση παρουσιάζει τεράστιες δυνατότητες και προοπτικές ως μέθοδος μαζικού πολλαπλασιασμού των φυτών. Τα τελευταία χρόνια γίνονται ερευνητικές προσπάθειες με σκοπό να χρησιμοποιηθούν τα σωματικά έμβρυα ως μονάδες πολλαπλασιασμού (propagules) των φυτών με τη μορφή τεχνητών σπερμάτων.

8) Παραγωγή απλοειδών φυτών : Οι τεχνικές της ιστοκαλλιέργειας επιτρέπουν την εύκολη παραγωγή απλοειδών φυτών αν και σε πολλές περιπτώσεις παράγονται τέτοια φυτά στη φύση. Η σπουδαιότητα της συγκεκριμένης τεχνικής ιστοκαλλιέργειας οφείλεται στη δυνατότητα ανάπτυξης διπλοειδών ομοζύγωτων φυτών (καθαρές σειρές) και επίσης μπορεί να γίνει μελέτη στα προβλήματα ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος.

9) Παραγωγή χημικών ουσιών από καλλιεργούμενους ιστούς και κύτταρα: Τα φυτά εκτός από τις κύριες ενώσεις που εμπλέκονται στον πρωτογενή μεταβολισμό, παράγουν και ένα μεγάλο αριθμό άλλων ενώσεων. Τα μόρια αυτά είναι γνωστά ως δευτερογενείς μεταβολίτες και πολλοί από αυτούς έχουν αξιοποιηθεί στο παρελθόν από τον άνθρωπο για διάφορες χρήσεις. Σήμερα ένας μεγάλος αριθμός φυτικών ουσιών χρησιμοποιούνται σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας ως φαρμακευτικές ουσίες, χρωστικές και αρωματικές ουσίες στη βιομηχανία τροφίμων και καλλυντικών ή ως αγροχημικά.

10)Μεταφορά γονιδίων με σύντηξη πρωτοπλαστών: Η τεχνολογία των πρωτοπλαστών επιτρέπει τη μεταφορά γονιδίων μεταξύ ειδών, με σύντηξη διαφορετικών σωματικών πρωτοπλαστών (σωματικός υβριδισμός). Η σύντηξη πρωτοπλαστών επιτυγχάνεται με δύο κυρίως τρόπους : α) χημικά επαγόμενη σύντηξη και β) ήλεκτρο-σύντηξη. Η τεχνολογία σύντηξης των πρωτοπλαστών προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για πρακτικές εφαρμογές στο πεδίο της βελτίωσης φυτών. Χρήσιμοι αγρονομικοί χαρακτήρες μπορούν να μεταφερθούν μεταξύ αναπαραγωγικά ασύμβατων φυτικών γενότυπων.

Η βελτίωση των τεχνικών σύντηξης και των μεθόδων αναγέννησης φυτών από πρωτοπλάστες και η περαιτέρω κατανόηση του ελέγχου της γενετικής σταθερότητας των φυτικών κυττάρων σε καλλιέργεια αναμένεται να οδηγήσουν σε πολύ περισσότερες πρακτικές εφαρμογές [20,21].

3.2.1.2. Γενετική Μηχανική

Η γενετική μηχανική (ή τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA) είναι σύνολο από τεχνικές διαδικασίες με τις οποίες γίνεται δυνατή η επεξεργασία γενετικού υλικού (DNA) των οργανισμών με στόχο:

- 1) την απόκτηση καλύτερης και προχωρημένης γνώσης των βιολογικών φαινομένων,
- 2) την παραγωγή προϊόντων, χρήσιμων τόσο στη βιομηχανία όσο και στην ιατρική, κτηνοτροφία, γεωργία [20].

Οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές αφορούν την απομόνωση των γονιδίων από το υπόλοιπο γενετικό υλικό ενός οργανισμού, τον καθορισμό της δομής τους, και την ενσωμάτωσή τους, ως έχουν ή μετά από μερική τροποποίησή τους, στο γενετικό υλικό ενός άλλου οργανισμού, διαφορετικού είδους από το είδος του οργανισμού που έχουν προέλθει. Ουσιαστικά λοιπόν οι τεχνικές αυτές μας δίνουν τη δυνατότητα εμπλουτισμού του γενετικού υλικού των οργανισμών με νέα γονίδια, τα οποία βέβαια στη συνέχεια του βιολογικού κύκλου του οργανισμού θα πρέπει να εκφράζονται και δυνατό να μεταβιβάζονται στις επόμενες γενεές, ώστε ο οργανισμός να αποκτά καινούρια χαρακτηριστικά και να προικίζεται με νέες μεταβολικές δυνατότητες [20].

Επειδή, όμως, το μόριο του DNA (γενετικό υλικό) είναι πολύ μεγάλο και παρουσιάζει δυσκολία στο χειρισμό, για το λόγο αυτό διασπάται από πολύ εξειδικευμένα ένζυμα, έτσι ώστε ένα μεγάλο μόριο που περιέχει πάρα πολλά γονίδια να τεμαχιστεί με μεγάλη ακρίβεια, σε μικρά κομμάτια που περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα γονίδια που είναι ευκολότερα στο χειρισμό. Η εισαγωγή ενός ή περισσότερων γονιδίων στο κύτταρο γίνεται είτε με άμεση μεταφορά, είτε με τη μεσολάβηση ενός φορέα [20].

Η γενετική μηχανική δηλαδή έχει ως στόχο την εισαγωγή ενός τμήματος DNA, στο οποίο βρίσκεται το απαραίτητο γονίδιο που προσδίδει στο φυτό το χαρακτηριστικό που θέλουμε στα φυτικά κύτταρα, ενώ παράλληλα φροντίζει να χρησιμοποιεί την απαραίτητη ρυθμιστική περιοχή ή τα κατάλληλα ρυθμιστικά γονίδια ώστε να έχουμε τη σωστή έκφραση του γονιδίου που θα δώσει το νέο γνώρισμα. Η μεταφορά αυτή των γονιδίων από έναν οργανισμό σε άλλο αποτελεί τη βάση της τεχνολογίας των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και μικροοργανισμών [20].

3.3. Εφαρμογές της γενετικής μηχανικής στη φυτική παραγωγή

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές της γενετικής μηχανικής στην καλλιέργεια φυτών. Οι περισσότερες περιλαμβάνουν την ανάπτυξη βελτιωμένων καλλιεργητικών φυτών που θα αποδίδουν μεγαλύτερες σοδειές συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα συμβατικά. Ουσιαστικά αυτό σημαίνει αρχικά τη δημιουργία ποικιλιών με ανθεκτικότητα στα παράσιτα, τις ασθένειες και τα ζιζανιοκτόνα και έπειτα ποικιλιών με ανθεκτικότητα σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές απειλές όπως η ξηρασία ή η υψηλή αλατότητα. Επιπλέον η γενετική μηχανική χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων με την τροποποίηση συγκεκριμένων τύπων βακτηρίων και καλλιεργητικών φυτών. Όπως πάντα ο ρόλος της γενετικής μηχανικής από κοινού με την τροποποίηση οργανισμών σε κυτταρικό ή επίπεδο ολόκληρου οργανισμού κατευθύνεται μαζί με τη Γεωργία γενικώς στη διαχείριση των ροών ενέργειας και των βιοχημικών κύκλων [18].

Η ανάπτυξη μηχανικής ανθεκτικότητας των καλλιεργούμενων φυτών στις ασθένειες είναι ευρέως ανεπτυγμένη. Φυτά καπνού και τομάτας με ανθεκτικότητα στον ιό της μωσαϊκώσης μπορούν να παραχθούν με την εισαγωγή γονιδίων από το παθογόνο. Οι αποδόσεις των διαγονιδιακών φυτών τομάτας είναι πάνω από 25% μεγαλύτερες από το μέσο όρο [22]. Η τομάτα μπορεί επίσης να τροποποιηθεί ώστε να παράγει καρπό που μαλακώνει πιο αργά από τις συμβατικές ποικιλίες, βελτιώνοντας την εμπορευσιμότητα της. Μεγάλη προσπάθεια επίσης καταβάλλεται για την ανάπτυξη μηχανικής ανθεκτικότητας σε μύκητες, έντομα και ζιζανιοκτόνα στα καλλιεργητικά φυτά. Ο στόχος αυτών των καινοτομιών είναι η μείωση του ανταγωνισμού για τροφική ενέργεια και θρεπτικά. Διάφορες καινούριες εξελίξεις έχουν γίνει σε καλλιέργειες δημητριακών που μέχρι τώρα είχαν αποδειχτεί κάπως «δύστροπες» στη γενετική τροποποίηση. Πολλές από αυτές τις εξελίξεις βασίζονται στην μελέτη καλλιεργούμενων και άγριων ειδών έτσι ώστε να ταυτοποιηθούν τα γονίδια ή τα γονιδιακά συστατικά τα οποία προσδίδουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Αυτά έπειτα πρέπει να μεταφερθούν σε ποικιλίες που καλλιεργούνται για την τροφική αξία τους ή για την αξία των ινών τους. Αυτό εφαρμόστηκε για την πατάτα και την τομάτα και αντικατοπτρίζει την σημασία της διατήρησης της γενετικής ποικιλότητας των καλλιεργούμενων εδώδιμων ειδών

και των άγριων συγγενών τους. Τα υπάρχοντα γονίδια μπορούν επίσης να βελτιωθούν, όπως φαίνεται και από το καλαμπόκι το οποίο έχει τροποποιηθεί για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας του στη μυκητιασική ασθένεια corn blight. Το καλαμπόκι έχει τροποποιηθεί (με την εισαγωγή γονιδίων Bt) για την επίδειξη αντίστασης στην ευρωπαϊκή πυραλίδα (corn borer) του καλαμποκιού η οποία είναι υπεύθυνη για την απώλεια εσοδειών της τάξης του 3-7%. Το σιτάρι έχει επίσης υποβληθεί σε γενετική τροποποίηση [22].

3.3.1. Ανθεκτικότητα στα παράσιτα

Τα έντομα είναι τα πιο σημαντικά παράσιτα για τις αγροτικές καλλιέργειες. Από τον σπόρο μέχρι και το τελικό επεξεργασμένο προϊόν υπάρχουν απώλειες της καλλιέργειας σαν συνέπεια της ύπαρξης εντόμων που τρέφονται από την καλλιέργεια. Αυτό σημαίνει πως ένα ποσοστό της πολύτιμης ηλιακής ενέργειας που δεσμεύεται από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης αποκλείεται από την ανθρώπινη κατανάλωση. Η περίοδος μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ανέδειξε την αναγκαιότητα μιας αγροχημικής βιομηχανίας που θα βοηθούσε στην επίλυση του προβλήματος. Ξεκινώντας, το 1940-1970, από τα συνθετικά οργανικά χημικά τοξικά για έντομα στόχους, κάποιες εταιρείες έχουν πλέον αναπτύξει σκευάσματα βασισμένα σε φυσικά συστατικά. Αρκετές εταιρείες επίσης εμπλέκονται με την γενετική μηχανική της ανθεκτικότητας των καλλιεργούμενων φυτών στα έντομα προσβλέποντας στην προώθηση μέσω των εταιρειών παραγωγής σπόρων [18]. Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα (...) προκύπτουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα στα έντομα. Τα περιβαλλοντικά οφέλη περιλαμβάνουν τη μείωση της εφαρμογής χημικών εντομοκτόνων που θα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των περιστατικών ατυχημάτων κατά τη διαδικασία παραγωγής και χρήσης των εντομοκτόνων, της μόλυνσης των τροφικών αλυσίδων και δικτύων και της κατανάλωση γαιανθράκων που σχετίζονται με τα υψηλής τεχνολογίας γεωργικά συστήματα [18].

Η γενετική μηχανική της ανθεκτικότητας των καλλιεργητικών φυτών στα έντομα επικεντρώθηκε κυρίως στο βακτήριο *B. thuringiensis* λόγω των εντομοκτόνων ιδιοτήτων των χημικών που παράγει. Τα γονίδια που ελέγχουν την παραγωγή τοξινών έχουν ταυτοποιηθεί και υπάρχουν πολλά παραδείγματα καλλιεργητικών φυτών που έχουν παραχθεί στο εργαστήριο με μηχανική ανθεκτικότητα στα έντομα [18].

Το Bt ήταν ήδη οικείο στους αγρότες πριν να χρησιμοποιηθεί στην φυτική βιοτεχνολογία επειδή είχε χρησιμοποιηθεί σαν εντομοκτόνο για αρκετές δεκαετίες. Τέτοια εντομοκτόνα έχουν ένα στενό εύρος ξενιστών και αποικοδομούνται γρήγορα, κι έτσι δεν χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στην επικρατούσα μορφή γεωργίας αλλά υιοθετήθηκαν από τους βιολογικούς καλλιεργητές σαν αποδεκτά, βιοδιασπώμενα παρασιτοκτόνα. Είναι επίσης δημοφιλή στους καλλιεργητές σαλατικών επειδή μπορούν να εφαρμοστούν ακριβώς πριν τη συγκομιδή εξαιτίας της χαμηλής τοξικότητάς τους για τους ανθρώπους, όπως και για τα άλλα θηλαστικά, τα πτηνά και τα ψάρια [19].

Η μακρά χρήση, το καλό ιστορικό ασφάλειας των παρασιτοκτόνων Bt, καθώς και το γεγονός πως το ενεργό συστατικό είναι μια πρωτεΐνη που συντίθεται από ένα μόνο γονίδιο, κατέστησαν την τεχνολογία ελκυστική για την βιοτεχνολογία καλλιεργειών. Η γενετική τροποποίηση ενός καλλιεργητικού φυτού ώστε να παράγει το ίδιο την κατάλληλη πρωτεΐνη αντιπαρέρχεται το πρόβλημα της ταχύτατης απώλειας δραστηριότητας μετά την εφαρμογή του συμβατικού εντομοκτόνου Bt. Στελέχη του Bt έχουν πλέον εισαχθεί σε διάφορα καλλιεργητικά είδη μεταξύ των οποίων το βαμβάκι, το ζαχαρότευτλο, το ρύζι, η σόγια και το καλαμπόκι [19].

Πίνακας 3.1 Πλεονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργούμενων φυτών με ανθεκτικότητα στα έντομα [18].

Πλεονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργούμενων φυτών με ανθεκτικότητα στα έντομα.
1. Παροχή συνεχούς προστασίας, ανεξάρτητης της εποχής, των καιρικών συνθηκών και των κύκλων ζωής των εντόμων που επηρεάζουν τη χρήση χημικών εντομοκτόνων.
2. Κόστη χαμηλότερα των χημικών εντομοκτόνων, εφόσον οι διαγονιδιακοί σπόροι διатиθενται σε λογικές τιμές. Παράλληλα μειώνεται και το εργατικό κόστος αφού δεν απαιτείται εφαρμογή εντομοκτόνων.
3. Παροχή προστασίας επί τόπου για όλα τα φυτά συμπεριλαμβανομένων και αυτών που βρίσκονται υπό το έδαφος. Συνεπώς αποφεύγεται η ρύπανση του ευρύτερου περιβάλλοντος από τα εντομοκτόνα..
4. Η προστασία που παρέχεται είναι στοχευμένη, τα ωφέλιμα έντομα δεν επηρεάζονται. Ως εκ τούτου, δημιουργείται μικρότερη διαταραχή στην τροφική αλυσίδα και τα τροφικά δίκτυα απ' ότι με τα χημικά εντομοκτόνα ευρέος φάσματος.
5. Ο ενεργός παράγοντας είναι βίο-αποικοδομησιμος και είναι απίθανο να συσσωρευτεί στο περιβάλλον. Προσοχή όμως θα πρέπει να δοθεί έτσι ώστε να εξασφαλιστεί πως τα παραγόμενα γονιδιακά προϊόντα δεν είναι τοξικά για τα ζώα ή τον άνθρωπο.
6. Οι δια-γονιδιακές καλλιέργειες μπορεί να υπερτερούν στην προτίμηση των καταναλωτών εφόσον δεν περιέχουν κατάλοιπα εντομοκτόνων. Οι καταναλωτές θα πρέπει να εκτιμήσουν αυτά τα διαγονιδιακά προϊόντα και η αποδοχή τέτοιων καλλιεργειών θα κριθεί, σε ορισμένο βαθμό, από την αποδοχή της γενετικής τροποποίησης φυτών από την κοινωνία.
7. Τα προβλήματα της συνεχώς αυξανόμενης ανθεκτικότητας στα χημικά εντομοκτόνα θα ξεπεραστούν αν και υπάρχουν στοιχεία πως η ανθεκτικότητα στο Bt σε κάποιες ομάδες εντόμων αυξάνεται. Γεγονός που μπορεί να αναιρέσει τα πλεονεκτήματα των γονιδιακών καλλιεργητικών φυτών με τα γονίδια Bt , η ωφελιμότητα των οποίων μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμη.
8. Η μείωση ή και η εγκατάλειψη των χημικών εντομοκτόνων θα μειώσει την ποσότητα των ορυκτών καυσίμων που απαιτούνται από τα γεωργικά συστήματα υψηλής τεχνολογίας.

Οι ΓΤ ποικιλίες που φέρουν το χαρακτηριστικό συνήθως αναφέρονται σαν Bt ποικιλίες. Η επιτυχία τους σε μία συγκεκριμένη περιοχή εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα της Bt τοξίνης απέναντι στα παράσιτα που επικρατούν. Στην περίπτωση του βαμβακιού, για παράδειγμα, το Bt ελέγχει δύο κυρίως παράσιτα, το πράσινο σκουλήκι και το ρόδινο σκουλήκι, και σε περιοχές που αυτά είναι κυρίαρχα, όπως η Αλαμπάμα, η υιοθέτηση Bt καλλιεργειών μέσα σε λίγα χρόνια έφτασε το 77% και οι καλλιεργητές αναφέρουν σαν αποτέλεσμα την εφαρμογή πολύ μικρότερης ποσότητας εντομοκτόνων [19].



Εικόνα 3.1 Γενετικά Τροποποιημένο βαμβάκι με ανθεκτικότητα σε έντομα (αριστερά), δίπλα σε συμβατική ποικιλία βαμβακιού (δεξιά) που έχει δεχτεί επίθεση από έντομα.

Ένα άλλο γονίδιο του Bt που χρησιμοποιήθηκε στην βιοτεχνολογία φυτών παράγει την πρωτεΐνη CryIII η οποία είναι αποτελεσματική εναντίον των σκαθαριών και οι ποικιλίες πατάτας που φέρουν το συγκεκριμένο γονίδιο είναι ανθεκτικές στις επιδρομές του σκαθαριού του Κολοράντο. Μια τέτοια ποικιλία, τη NewLeaf, λάνσαρε η Monsanto στην αγορά των ΗΠΑ για αρκετά χρόνια τη δεκαετία του '90 αλλά αποσύρθηκε λόγω χαμηλών πωλήσεων. Οι φυτείες πατάτας των ΗΠΑ δέχθηκαν επιθέσεις από έναν αριθμό εντόμων που δεν ελέγχονται από το Bt, σε συνδυασμό με το σκαθάρι του Κολοράντο, και οι γεωργοί στράφηκαν σε νέα εντομοκτόνα ευρέος φάσματος αντί της υιοθέτησης της βιοτεχνολογίας. Η ποικιλία NewLeaf εξάλλου απέτυχε να βρει διανομή στις αλυσίδες fast-food, την κύρια αγορά για την πατάτα στη Β.Αμερική [19].

Στις ΗΠΑ, η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) θεώρησε επικίνδυνη την εμφάνιση ανθεκτικότητας στο Bt και συνέστησε στους γεωργούς που χρησιμοποιούν καλλιέργειες Bt να φυτεύουν «καταφύγια» μιας μη ΓΤ ποικιλίας έτσι ώστε τα έντομα που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στην τοξίνη του Bt να μην έχουν πλεονέκτημα επιλογής [19].

Παρότι, η πολιτική αυτή δεν έγινε άμεσα αποδεκτή από τους γεωργούς, φαίνεται να έχει καλά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, οι καλλιέργειες Bt τώρα καλλιεργούνται στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου η παρακολούθηση και η συμμόρφωση ενδέχεται να είναι δυσκολότερη από τις ΗΠΑ, και παραμένει μια ανησυχία για τον κίνδυνο ανάπτυξης ανθεκτικότητας των εντόμων στο Bt. Γενικά, η αύξηση της ποικιλίας των συστημάτων ανθεκτικότητας στα έντομα θα ήταν ιδιαίτερος επιθυμητή αλλά δεν υπάρχει ένδειξη μια εναλλακτικής στο Bt στο άμεσο μέλλον [19].

3.3.2. Ανθεκτικότητα σε ασθένειες

Η παρουσία ασθενειών στις καλλιέργειες μειώνει την οικονομική αξία τους κατά τον ίδιο τρόπο που το κάνουν τα έντομα-παράσιτα, λόγω της μειωμένης μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε τροφική ενέργεια. Οι ασθένειες στα καλλιεργούμενα φυτά προκαλούνται από ιούς, βακτήρια και μύκητες. Πολλές προσπάθειες γίνονται για να βρεθούν τρόποι καταπολέμησης των ασθενειών μέσω της γενετικής μηχανικής [18].

Οι ιοί συγκεκριμένα δεν είναι εύκολο να καταπολεμηθούν στο χωράφι. Συνεπώς, η παραγωγή καλλιεργειών με εγγενή ανθεκτικότητα είναι αγρονομικά σημαντική. Επιτυχής μηχανική ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε ιούς έχει αναφερθεί στο πεπόνι (*Cucumis melo*), τη μηδική (*alfalfa*), την πατάτα και το αγγούρι (*Cucumis sativus*) [18].

Ένας τρόπος τροποποίησης των φυτών για την απόκτηση ανθεκτικότητας στους ιούς είναι η εκμετάλλευση του φαινομένου της διασταυρούμενης προστασίας, κατά την οποία η μόλυνση από ένα ήπιο στέλεχος του ίου επιφέρει ανθεκτικότητα σε μια επόμενη μόλυνση από ένα πιο παθογόνο στέλεχος [19].

Η διασταυρούμενη προστασία περιλαμβάνει την γενετική τροποποίηση του φυτού με την χρήση της καψιδιακής πρωτεΐνης του ιού. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία στη γενετική τροποποίηση της παπάγιας ώστε να αποκτήσει ανθεκτικότητα στον ιό της δακτυλιωτής κηλίδωσης της παπάγιας (*Papaya ringspot virus-PRSV*) και μια ΓΤ ποικιλία με ανθεκτικότητα στο ιό καλλιεργείται στη Χαβάη από το 1998 [19]. Η καλλιέργεια αυτής της ποικιλίας παραμένει αμφιλεγόμενη ακόμη και τώρα, επειδή κάποιες σημαντικές αγορές χάθηκαν σαν αποτέλεσμα, ειδικά αυτή της Ιαπωνίας, αλλά κάποιοι σχολιαστές ισχυρίζονται πως η ΓΤ ποικιλία έσωσε τη βιομηχανία της παπάγιας [19].

Η ανθεκτικότητα σε ιούς μπορεί επίσης να επιτευχθεί με τη χρήση τεχνικών της καταστολής γονιδίων ώστε να εμποδιστεί η δραστηριότητα ιικών γονιδίων μετά την προσβολή από τον ιό. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε από τη Monsanto τη δεκαετία του '90 για την δημιουργία ανθεκτικότητας στον ιό συστροφής των φύλλων της πατάτας (*PLRV*) εμποδίζοντας την έκφραση του γονιδίου της αντιγραφής [19].

Μια ποικιλία με αυτό το χαρακτηριστικό και το χαρακτηριστικό της ανθεκτικότητας σε έντομα με γονίδια *Bt* κυκλοφόρησε υπό την εμπορική ονομασία *NewLeaf Plus* αλλά δεν υπήρξε επιτυχημένη και αποσύρθηκε. Παρόλα αυτά, ανθεκτικές σε ιούς ποικιλίες παπάγιας, τομάτας και πιπεριάς (*Capsicum annuum*) αναπτύσσονται για καλλιέργεια στην Κίνα, και η Βραζιλία έχει επιτρέψει την καλλιέργεια μιας ΓΤ ποικιλίας φασολιού (*Phaseolus vulgaris*) που είναι ανθεκτική στον ιό της κίτρινης μωσαϊκωσης του φασολιού (*BGMV*) [19]. Το τελευταίο είναι ένα παράδειγμα έρευνας του δημόσιου τομέα, σε αυτή τη περίπτωση του Ινστιτούτου Αγροτικής Έρευνας της Βραζιλίας (*EMBRAPA*), που οδήγησε στην ανάπτυξη μιας καλλιέργειας που κυρίως καλλιεργείται από φτωχούς αγρότες. Η Κέννα επίσης έκανε δοκιμές πεδίου μιας ΓΤ ποικιλίας γλυκοπατάτας (*Ipomoea batatas*), που έχει τροποποιηθεί για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας στον ιό *SPFMV* και μιας ΓΤ ποικιλίας ταπιόκα (*Manihot esculenta*) με ανθεκτικότητα στην μωσαϊκωση της ταπιόκα, αλλά αυτές οι ποικιλίες δεν έχουν ακόμη εγκριθεί για καλλιέργεια [19].

Ένας ακόμη στόχος των βιοτεχνολόγων είναι η ανάπτυξη της ανθεκτικότητας σε ασθένειες που προκαλούνται από μύκητες και ωομύκητες και έχουν γίνει διάφορες πειραματικές δοκιμές στην Ευρώπη ΓΤ σειρών πατάτας με αντίσταση στον ωομύκητα *Phytophthora infestans*. Μια από αυτές τις σειρές παράχθηκε από την BASF με τη χρήση ενός γονιδίου που ονομάζεται *RB* από ένα άγριο είδος πατάτας, το *Solanum bulbocastanum* [19].

3.3.3. Ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα

Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα αποτελεί ακόμα ένα στόχο της βιοτεχνολογίας [18]. Η ικανότητα των καλλιεργειών και ειδικά των πιο διαδεδομένων όπως το σιτάρι, το καλαμπόκι και το ρύζι να ανέχονται τα ζιζανιοκτόνα θα επέτρεπε την μείωση των ζιζανίων-ανταγωνιστών χωρίς την φθορά της καλλιέργειας.

Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα παραμένει το πιο επιτυχημένο και διαδεδομένο χαρακτηριστικό γενετικής τροποποίησης. Η στρατηγική είναι απλή: μια καλλιέργεια υφίσταται γενετική τροποποίηση ώστε να ανέχεται ένα ζιζανιοκτόνο ευρέος φάσματος (ζιζανιοκτόνο που σκοτώνει όποιο φυτό δεν φέρει το γονίδιο της ανθεκτικότητας). Τα πιο πολλά ζιζανιοκτόνα είναι επιλεκτικά ως προς το είδος των φυτών που σκοτώνουν και ο γεωργός πρέπει να χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό ζιζανιοκτόνων που είναι ανεκτά από τη καλλιέργεια αλλά σκοτώνουν τα ανεπιθύμητα ζιζάνια. Το καθεστώς των ζιζανιοκτόνων μπορεί να είναι πολύπλοκο, κάποια από τα ζιζανιοκτόνα μπορεί να είναι τοξικά και δύσκολα στον ασφαλή χειρισμό, ο εξοπλισμός και εργασία που απαιτείται μπορεί να κοστίζουν και οι

αγρότες θα πρέπει να είναι προσεκτικοί ώστε τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόστηκαν τη μια καλλιεργητική περίοδο να μην έχουν κατάλοιπα μέχρι την επόμενη εάν πρόκειται να καλλιεργήσουν κάποιο διαφορετικό φυτό. Με τη χρήση ΓΤ καλλιεργειών που μπορούν να ανεχθούν τα ζιζανιοκτόνα ευρέος φάσματος πολλά από αυτά τα προβλήματα επιλύονται και αυτός είναι και ο λόγος της δημοφιλίας τους [19].

Η πρώτη ΓΤ ποικιλία με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα ήταν η σόγια “Roundup-Ready”, η οποία συστήθηκε από την εταιρεία Monsanto το 1996 και παράγεται έκτοτε. Οι ποικιλίες με αυτό το χαρακτηριστικό πλέον έχουν επικρατήσει στη παγκόσμια παραγωγή σόγιας. Το “Roundup” είναι η εμπορική ονομασία της Monsanto για το glyphosate, ένα ζιζανιοκτόνο ευρέος φάσματος που συστήθηκε σαν εμπορικό προϊόν το 1974 και συνεπώς χρησιμοποιούταν ήδη δυο δεκαετίες από τους κηπουρούς και τους γεωργούς πριν την ανάπτυξη ποικιλιών με μηχανική ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα. Δεν είναι ανθεκτικό και εφαρμόζεται στο φύλλωμα των καλλιεργειών. Δεν είναι ιδιαίτερα τοξικό για τα ζώα και τον άνθρωπο και το glyphosate θεωρείται από τους γεωργούς από τα πιο ασφαλή φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούν. Η εξοικείωση των αγροτών με το glyphosate αναμφίβολα έπαιξε σημαντικό ρόλο στην υιοθέτηση των ποικιλιών με ανθεκτικότητα στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο. Άλλες καλλιέργειες στις οποίες έχει προσδοθεί μηχανική ανθεκτικότητα στο glyphosate περιλαμβάνουν το βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*), την ελαιοκράμβη (*Brassica napus*), το καλαμπόκι, τη μηδική (*Medicago sativa*), το ζαχαρότευτλο και το κτηνοτροφικό τεύτλο (*Beta vulgaris*) [19].

Η αύξηση του αγροτικού εισοδήματος υπολογίστηκε πάνω από 21 δισεκατομμύρια αμερικάνικα δολάρια μεταξύ 1996 και 2007 από την ΓΤ σόγια με ανθεκτικότητα στο glyphosate [19]. Η υιοθέτηση των ποικιλιών σόγιας με ανθεκτικότητα στο glyphosate από το 1996, έφτασε μέσα σε πέντε χρόνια να καταλαμβάνει πάνω από τη μισή καλλιεργούμενη έκταση σόγιας των ΗΠΑ, και μέχρι το 2010 το 75% της παγκόσμιας καλλιέργειας σόγιας, ήταν ΓΤ, δημιουργώντας δυσκολία στον εντοπισμό της μη-ΓΤ σόγιας [19].

Το άλλο χαρακτηριστικό γενετικής τροποποίησης για ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα που υπάρχει σε εμπορική μορφή είναι η ανθεκτικότητα στο gluphosinate. Αυτή η τεχνολογία αναπτύχθηκε από την Plant Genetic Systems, η οποία τελικώς αγοράστηκε από την Aventis, που μετέπειτα αποκτήθηκε από την Bayer. Η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε στην ελαιοκράμβη, το καλαμπόκι, τη σόγια, το ζαχαρότευτλο, το κτηνοτροφικό τεύτλο, το βαμβάκι και το ρύζι. Η Bayer εμπορεύεται το gluphosinate υπο την εμπορική ονομασία Liberty και οι ποικιλίες με το φερόμενο χαρακτηριστικό ανθεκτικότητας έχουν το εμπορικό όνομα Liberty Link [19].

Η δημοτικότητα των ΓΤ ποικιλιών με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα έχει προκαλέσει ανησυχία πως θα καταλήξουν θύματα της ίδιας της επιτυχίας τους, επειδή η χρήση του ίδιου ζιζανιοκτόνου σε μεγάλες εκτάσεις αγροτικής γης για πολλά χρόνια θα σήμαινε πως ασκείται έντονη πίεση επιλογής στα ζιζάνια για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας, είτε ανεξάρτητα είτε με την απόκτηση ενός γονιδίου ανθεκτικότητας μέσω της διασταύρωσης με μια ΓΤ καλλιέργεια με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα. Το τελευταίο φυσικά θα εξαρτηθεί από το αν υπάρχουν ή όχι φυλετικά συμβατά είδη ζιζανίων εκεί που καλλιεργείται μια ποικιλία με μηχανική ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα. Έχουν υπάρξει αναφορές εμφάνισης ζιζανίων που δεν ελέγχονται επαρκώς από το glyphosate, και αν αφεθούν αδιερεύνητες, η εμφάνιση τέτοιων ζιζανίων θα μπορούσε να απειλήσει τη χρήση των χαρακτηριστικών ανθεκτικότητας [19].

Επίσης δημιουργείται κίνδυνος ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση συγκεκριμένων ζιζανιοκτόνων (glyphosate, gluphosinate) στα οποία είναι ανθεκτικές οι ΓΤ ποικιλίες.



Εικόνα 3.2 Νερά ρυπασμένα από glyphosate σε περιοχή που καλλιεργούνται ΓΤ ποικιλίες με ανθεκτικότητα στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο.

3.3.4. Ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές πιέσεις

Ένα από τα ορόσημα στη χρήση της βιοτεχνολογίας ήρθε στα τέλη του 1980 όταν το εμπομαζόμενο 'ice-minus' βακτήριο αναπτύχθηκε στην Καλιφόρνια για την προστασία των καλλιεργειών όπως η πατάτα και η τομάτα. Ο Lindow (1990) ανακάλυψε ότι οι ζημιές από τον παγετό σε ορισμένες καλλιέργειες συμβαίνουν γιατί βακτήρια, όπως η κοινή *Pseudomonas syringae*, παράγει στο φύλλωμα μια πρωτεΐνη που προάγει τον σχηματισμό πάγου στο εύρος θερμοκρασιών 0 με -2 °C. Αφού ταυτοποιήθηκε και απομονώθηκε το γονίδιο που ευθύνεται για τη δημιουργία αυτής της πρωτεΐνης, αφαιρέθηκε από το βακτήριο και έπειτα μεγάλος όγκος των δια-γονιδιακών *P. syringae* παράχθηκε και ψεκάστηκε πάνω σε καλλιέργειες, με αποτέλεσμα τον σημαντικό περιορισμό ζημιών από τον παγετό. Πέρα από την επιστήμη που εμπλέκεται, αυτή ήταν μια εξέλιξη ορόσημο γιατί αντιπροσώπευε μία από τις πρώτες κυκλοφορίες των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και προκάλεσε τις αντιδράσεις αυτών που αντιτίθενται σε αυτές τις εξελίξεις [18].

Άλλες περιβαλλοντικές πιέσεις, οι οποίες εξετάζονται από την βιοτεχνολογία περιλαμβάνουν την ανθεκτικότητα σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, στην αλατότητα, τη ξηρασία και στην παρουσία βαρέων μετάλλων. Η ανθεκτικότητα σε έναν ή περισσότερους από αυτούς τους παράγοντες θα διεύρυνε τις περιοχές στις οποίες πολλές καλλιέργειες μπορούν να καλλιεργηθούν. Τα προγράμματα συμβατικής αναπαραγωγής φυτών έχουν ήδη επικεντρωθεί στην επίλυση αυτού του τύπου προβλημάτων αλλά η γενετική μηχανική έχει την δυνατότητα να επισπεύσει τη δημιουργία νέων ποικιλιών. Πολλοί ερευνητές υποδεικνύουν πως η γενετική βάση της ανάπτυξης ανθεκτικότητας στις περιβαλλοντικές πιέσεις δεν είναι καλά κατανοητή [18]. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν πολλές σημαντικές καλλιέργειες που υφίστανται γενετική τροποποίηση και έπειτα δοκιμάζονται στο πεδίο. Μεταξύ αυτών είναι η τομάτα και η μηδική με ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες, η σόγια με αντοχή στα βαρέα μέταλλα, το καλαμπόκι και το ρύζι με ανθεκτικότητα στην ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών στη ριζική ζώνη, το κριθάρι με ανθεκτικότητα στην υψηλή αλατότητα (*Hordeum* spp.) και το καλαμπόκι και το ρύζι με ανθεκτικότητα στην έλλειψη νερού. Σαφώς, οι καλλιέργειες που είναι ανθεκτικές στις περιβαλλοντικές πιέσεις θα βελτιώσουν τη παγκόσμια παραγωγικότητα [18].

3.3.5. Η ενίσχυση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών

Η έλλειψη βασικών θρεπτικών συστατικών, κυρίως νιτρικών, φωσφορικών και ιχνοστοιχείων, δεν διευκολύνει τη βέλτιστη παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Η

τροποποίηση ολόκληρων οργανισμών μπορεί να εφαρμοστεί για να ενισχύσει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στα αγροτικά συστήματα [18].

Η τροποποίηση πληθυσμών άζωτο-δεσμευτικών βακτηρίων είναι ουσιαστικά η τροποποίηση του βιοχημικού κύκλου του αζώτου. Το άζωτο μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη των καλλιεργειών επειδή συχνά υπάρχει έλλειψη αυτού στα εδάφη και η παροχή του προέρχεται από τη προσθήκη τεχνητών λιπασμάτων. Η προσθήκη τεχνητών λιπασμάτων μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα ρύπανσης όπως ο ανθρωπογενής ευτροφισμός. Σαν αποτέλεσμα υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση εναλλακτικών τρόπων ενίσχυσης της διαθεσιμότητας του αζώτου (με τη μορφή νιτρικών) [18].

Η Γενετική μηχανική έχει εφαρμοστεί για να επιλύσει το πρόβλημα της διαθεσιμότητας του αζώτου, εστιάζοντας, αρχικά, στο γενετικό κώδικα των οργανισμών που μπορούν να παράξουν άζωτο από την ατμόσφαιρα και, έπειτα, στη γενετική βάση της σχέσης μεταξύ ψυχανθών ειδών και των άζωτο-δεσμευτικών βακτηρίων που δραστηριοποιούνται στις ρίζες τους. Ο τελικός στόχος είναι να κατασκευαστούν είδη μη-ψυχανθών ποικιλιών που θα δεσμεύουν άζωτο είτε άμεσα είτε με το σχηματισμό συμβιωτικών σχέσεων με άζωτο-δεσμευτικά βακτήρια [18].

Ένας τέτοιος τρόπος περιλαμβάνει τη χρήση του βακτηρίου *Rhizobium spp.* το οποίο εμφανίζεται φυσιολογικά σε μια συμβιωτική σχέση με τα ψυχανθή περιλαμβάνοντας διάφορες σημαντικές καλλιέργειες π.χ. η μηδική (*Medicago sativa*). Στις ΗΠΑ, για παράδειγμα, η αποδόσεις των καλλιεργειών σόγιας βελτιώθηκαν με τον εμβολιασμό σπόρων ή/και εδαφών με *Rhizobium japonicum*. Προσοχή πρέπει να δοθεί πάντως ώστε να επιλεγθεί το κατάλληλο *Rhizobium spp.* για την καλλιέργεια, αφού το βακτήριο είναι επιλεκτικό ως προς τον ξενιστή. Επιπλέον, η ριζική δραστηριότητα κάμπτεται αν υπάρχει περίσσεια νιτρικών στο έδαφος και έτσι η ταυτόχρονη χρήση ριζικών καλλιεργειών και τεχνητών λιπασμάτων μπορεί να αποδειχτεί αντιπαραγωγική [18].

Οι μύκητες επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στα εδάφη [18]. Πειραματικός εμβολιασμός του *Penicillium bilaiiae* στη ριζόσφαιρα του σιταριού είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης λόγω της αύξησης του διαθέσιμου φωσφόρου και του ψευδαργύρου. Ο μύκητας απελευθερώνει προφανώς αυτά τα θρεπτικά από το έδαφος. Η αφθονία των νιτρικών μπορεί επίσης να ελεγχθεί με εμβολιασμό αναερόβιων άζωτο-δεσμευτικών βακτηρίων με μύκητες που αποσυνθέτουν την κυτταρίνη σε εδάφη με υψηλό ποσοστό κυτταρίνης. Ο μύκητας επιταχύνει το ρυθμό αποσύνθεσης της κυτταρίνης απελευθερώνοντας σάκχαρα τα οποία παρέχουν μια πηγή ενέργειας για τα άζωτο-δεσμευτικά βακτήρια [18].

Με τη χρήση των παραπάνω τεχνολογιών η ανάγκη για τεχνητά νιτρικά λιπάσματα θα μπορούσε να μειωθεί σημαντικά. Αυτό θα είχε πολλά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, όπως τον περιορισμό του καλλιεργητικού ευτροφισμού των υδροτόπων, των ακτών και των υπογείων υδάτων. Επιπλέον, δεδομένου ότι το 50% του κόστους ενέργειας εισροών στα υψηλής τεχνολογίας συστήματα γεωργίας οφείλεται στη χρήση τεχνητών λιπασμάτων, το κόστος θα μειωθεί, όπως και τα προβλήματα ρύπανσης που σχετίζονται με τη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Αυτά τα πλεονεκτήματα πιθανόν υπερκαλύπτουν το προφανές μειονέκτημα ότι το καλλιεργητικό φυτό θα πρέπει να ξοδέψει κάποιο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που θα μετέτρεπε σε τροφική ενέργεια για τη διαδικασία της δέσμευσης του αζώτου [18].

3.3.6. Άλλες δυνατότητες και πραγματικότητες

Μια από τις πρώτες γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες που εισήχθησαν στην αγορά ήταν η τομάτα, η οποία όπως έχει ήδη ειπωθεί, ήταν αντικείμενο σημαντικού ενδιαφέροντος για τους τεχνολόγους καλλιεργειών. Η νέα τομάτα είχε τροποποιηθεί γενετικά έτσι ώστε να μαλακώνει πιο αργά απ' ότι η αντίστοιχη συμβατική μετά την συλλογή της. Αυτό το

χαρακτηριστικό μειώνει τις απώλειες του προϊόντος και βελτιώνει την εμπορευσιμότητα του. Οι δυνατότητες για τέτοιου είδους βελτιώσεις είναι απεριόριστες αλλά λίγες έχουν μέχρι στιγμής δρομολογηθεί [18].

Επίσης υπάρχουν δυνατότητες για τη βελτίωση των καλλιεργητικών φυτών έτσι ώστε να βελτιωθεί η δευτερογενής παραγωγικότητα στην κτηνοτροφία. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η αύξηση της διαθεσιμότητας των φωσφορικών στις ζωοτροφές με την προσθήκη του ενζύμου φυτάση σε διαγονιδιακούς σπόρους καπνού [18]. Αναφορά έχει γίνει και στην αξία ενός δια-γονιδιακού υπόγειου τριφυλλίου που αποτελεί σημαντικό συστατικό των βοσκοτόπων του αυστραλιανού προβάτου. Το νέο αυτό τριφύλλι, με γονίδια από ηλίανθο που συνθέτουν μια πρωτεΐνη πλούσια σε θειικά αμινοξέα, παρέχει στα πρόβατα μια πλούσια σε θείο δίαιτα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η βελτιωμένη παραγωγή μαλλιού εξαιτίας των θεικών αμινοξέων που σταθεροποιούν τις πρωτεΐνες στο μαλλί [18].

Η αξία των καλλιεργητικών φυτών ως πηγές χρήσιμων χημικών προϊόντων και υλικών θα μπορούσε επίσης να βελτιωθεί [18]. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στο πλαίσιο των ουσιών που προέρχονται από φυτικά έλαια και μπορούν να παρέχουν πηγές καινούριων χημικών ουσιών που προέρχονται σήμερα από τα ορυκτά καύσιμα.

Golden Rice

Η ανεπάρκεια βιταμίνης Α είναι συνηθισμένη στα παιδιά στις αναπτυσσόμενες χώρες που βασίζονται για τη διατροφή τους κυρίως στο ρύζι. Προκαλεί σοβαρά οφθαλμολογικά προβλήματα και μπορεί να οδηγήσει μέχρι και στην ολική τύφλωση και το θάνατο [19].

Πάνω από 250 εκατομμύρια παιδιά προσχολικής ηλικίας εμφανίζουν συμπτώματα ανεπάρκειας της βιταμίνης Α και περίπου 250.000 με 500.000 τυφλώνονται ετησίως, τα μισά από αυτά πεθαίνουν εντός ενός έτους [23]. Η ανεπάρκεια της βιταμίνης Α επίσης επιδεινώνει άλλες μείζονες αιτίες θανάτου των παιδιών, όπως η διάρροια, τα αναπνευστικά νοσήματα και η ιλαρά, και η αναπλήρωση της βιταμίνης Α στα παιδιά μειώνει τα ποσοστά θνησιμότητας κατά 30-50%. Παρόλα οι προσπάθειες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) να ελαττώσει την ανεπάρκεια βιταμίνης Α έχουν παρεμποδιστεί από την δυσκολία της προσέγγισης αυτών που έχουν ανάγκη [19].

Μια πιθανή λύση θα ήταν να διανέμονται ποικιλίες ρυζιού που περιέχουν βιταμίνη Α, ή τον πρόδρομο της την β-καροτίνη. Η παραγωγή μιας τέτοιας ποικιλίας δεν είναι δυνατή μέσω των συμβατικών προγραμμάτων αναπαραγωγής, αλλά μια ΓΤ σειρά που περιέχει β-καροτίνη αναπτύχθηκε πριν από περισσότερα από 20 χρόνια από τον Ingo Potrykus, έναν βιοτεχνολόγο στο Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας στη Ζυρίχη [19]. Το ΓΤ ρύζι που παράγει β-καροτίνη διασταυρώθηκε με μια άλλη ΓΤ σειρά με πολλαπλά γονίδια για τη βελτίωση της διαθεσιμότητας του σιδήρου, συμπεριλαμβανομένου και ενός γονιδίου που συνθέτει φυτάση. Το υβρίδιο που προέκυψε από τη διασταύρωση με τα χαρακτηριστικά υψηλής διαθεσιμότητας σιδήρου και β-καροτίνης ονομάστηκε Golden Rice. Το 2001 η Greenpeace με δελτίο τύπου αντιτάχθηκε στο Golden Rice υποστηρίζοντας πως ένας ενήλικας θα πρέπει να καταναλώσει τουλάχιστον 3,7 κιλά ξηρού ρυζιού (12-πλάσιο της κανονικής πρόσληψης των 300 gr) για να προσλάβει την ημερήσια συνιστώμενη ποσότητα β-καροτίνης [19].

Το 2005 ανακοινώθηκε από τη Syngenta η ανάπτυξη του Golden Rice 2 που θα περιέχει πολύ μεγαλύτερη ποσότητα προβιταμίνης Α από το Golden Rice. Παρόλα αυτά η κυκλοφορία του Golden Rice δεν έχει ακόμη επιτραπεί [19].

Επιμήκυνση διάρκειας ζωής του προϊόντος

Η επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των φρούτων θα είχε προφανή οφέλη για όλη την αλυσίδα εφοδιασμού φρέσκων φρούτων, από τον παραγωγό έως τον καταναλωτή και διάφορες στρατηγικές έχουν αναπτυχθεί για την επίτευξη της. Η πρώτη ΓΤ ποικιλία που κυκλοφόρησε

εμπορικά ήταν η τομάτα “Flavr Savr”, η οποία αναπτύχθηκε από τη Calgene που έπειτα αγοράστηκε από τη Monsanto. Η ποικιλία κυκλοφόρησε το 1994 στις ΗΠΑ αλλά δεν ήταν επιτυχημένη και το 1997 αποσύρθηκε. Οι εταιρείες DNA Plant Technology (DNAP), Agritope και Monsanto ανέπτυξαν τομάτες με καθυστερημένη ωρίμανση προλαμβάνοντας τη παραγωγή αιθενίου, μιας ορμόνης που προκαλεί την ωρίμανση του φρούτου. Στις ποικιλίες και των τριών εταιριών η αναστολή της παραγωγής του αιθενίου επιτεύχθηκε με τη μείωση του ενζύμου ACC που είναι πρόδρομος του αιθενίου. Η ΓΤ ποικιλία τομάτας που κυκλοφόρησε από την DNAP με την εμπορική ονομασία “Endless Summer” στην αγορά των ΗΠΑ τη δεκαετία του ’90 σύντομα αποσύρθηκε λόγω διαμαχών για την ευρεσιτεχνία [24].

Πάντως, ΓΤ ποικιλίες τομάτας και παπάγιας (*Carica papaya*) με το χαρακτηριστικό της καθυστερημένης ωρίμανσης καλλιεργούνται εμπορικά στην Κίνα [19].

Τροποποιημένο άμυλο, Βιο-καύσιμα και Ζωοτροφές με υψηλά επίπεδα λυσίνης

Οι μη τροφικές χρήσεις του αμύλου περιλαμβάνουν την παρασκευή χαρτιού, κολλητικών ουσιών, γύψινων, νημάτων υφαντουργίας κ.α. Η δυσκολία στη χρήση του αμύλου για βιομηχανικούς σκοπούς οφείλεται στο γεγονός πως η αμυλόζη και η αμυλοπηκτική πρέπει να διαχωριστούν ή να τροποποιηθούν χημικά πριν να χρησιμοποιηθούν. Η αμυλόζη, για παράδειγμα έχει πηκτικές ιδιότητες οι οποίες δεν είναι επιθυμητές για κάποιες διαδικασίες. Η παραγωγή ΓΤ πατάτας που αποτελούνταν σχεδόν αποκλειστικά από αμυλοπηκτική αναφέρθηκε το 1991 και η εταιρεία BASF χρησιμοποίησε αυτή τη τεχνολογία για την παραγωγή μιας εμπορικής ΓΤ ποικιλίας πατάτας υπό την ονομασία “Amflora”. Η συγκεκριμένη ποικιλία εγκρίθηκε για καλλιέργεια στην Ευρώπη το 2010 και καλλιεργήθηκε το 2011 στη Γερμανία και τη Σουηδία για παραγωγή σπόρων. Το 2012 η BASF αποσύρθηκε από την ευρωπαϊκή αγορά και σταμάτησε και την καλλιέργεια της ποικιλίας “Amflora” [19].

Το άμυλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή σακχάρων μέσω ενζυματικής χώνευσης, και το άμυλο του καλαμποκιού, για παράδειγμα, υπήρξε σημαντική πηγή σακχάρων στην βιομηχανία τροφίμων στις ΗΠΑ για πολλά χρόνια. Πιο πρόσφατα, υπήρξε τεράστια αύξηση της χρήσης σακχάρων προερχόμενων από το άμυλο για την παραγωγή αιθανόλης ως καύσιμο κίνησης. Στις ΗΠΑ η παραγωγή αιθανόλης από άμυλο καλαμποκιού είδε ένα ετήσιο ποσοστό αύξησης 25% μεταξύ 2003 και 2007 και το 2010 η παραγωγή βιο-αιθανόλης κατέλαβε το ένα τρίτο της καλλιέργειας καλαμποκιού των ΗΠΑ [19]. Διάφορα φυτά σχεδιασμένα για την παραγωγή βίο-καυσίμων από σιτάρι έχουν παρασκευαστεί ή παρασκευάζονται στο Ηνωμένο Βασίλειο, με το σημαντικότερο να προβλέπεται να παράγει πάνω από 1 εκατομμύριο τόνους τον χρόνο, μέχρι και 400 εκατομμύρια λίτρα αιθανόλης και 350 χιλιάδες τόνους ζωοτροφών σαν υποπροϊόν [19]. Το ένα πέμπτο της παραγωγής σίτου του Ηνωμένου Βασιλείου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καυσίμων μέχρι το 2015. Παρόλα αυτά η ανάπτυξη τέτοιων φυτών είναι προς το παρόν σε αναμονή μπροστά στην φθηνή εισαγόμενη αιθανόλη και δεν είναι ξεκάθαρο με ποιον τρόπο θα αναπτυχθεί η βιομηχανία.

Η Syngenta έχει ήδη παράξει μια ΓΤ ποικιλία καλαμποκιού που ισχυρίζεται πως έχει καλύτερη απόδοση αιθανόλης κατά τη διαδικασία ξηρής άλεσης [19]. Η καλλιέργεια της απελευθερώθηκε από τις αρχές των ΗΠΑ στις αρχές του 2011.

Ένας ακόμη στόχος για την βελτίωση των αμυλούχων καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βίο-αιθανόλης είναι η ποιότητα του υψηλά πρωτεϊνούχου υποπροϊόντος που χρησιμοποιείται σαν ζωοτροφή. Οι καρποί δημητριακών συνήθως πρέπει να συμπληρώνονται επειδή δεν περιέχουν επαρκείς ποσότητες του απαραίτητου αμινοξέος λυσίνη. Η Renessen, κοινοπραξία της Cargill και της Monsanto, παρήγαγε μια ποικιλία καλαμποκιού με υψηλά επίπεδα λυσίνης μέσω της έκφρασης ενός γονιδίου του βακτηρίου *Corynebacterium glutamicum*. Η ποικιλία Maveria καλλιεργείται αποκλειστικά για την

εγχώρια παραγωγή βιοαιθανόλης/ζωοτροφών των ΗΠΑ. Περιέχει επίσης μια τριάδα εισαγμένων χαρακτηριστικών (ανθεκτικότητα σε έντομα και ζιζανιοκτόνα).

3.4. Οφέλη και κίνδυνοι που συνδέονται με τη χρήση της βιοτεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει προσπάθεια να αναλυθούν συνοπτικά το όφελος και οι κίνδυνοι που απορρέουν από την εφαρμογή της σύγχρονης βιοτεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή με βάση τους 3 πυλώνες της αειφορίας : α) την κοινωνία, β) την οικονομία και γ) το περιβάλλον.

Από τη μία πλευρά η καινούργια τεχνολογία υπόσχεται αύξηση της παραγωγικότητας και μειωμένη χρήση γεωργικών εισροών. Γεγονός που καθιστά τις καλλιέργειες πιο οικονομικές και λιγότερο επιζήμιες για το περιβάλλον. Από την άλλη πλευρά γεννώνται ερωτήματα όσον αφορά την επίδραση που έχει η χρήση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών επί της δημόσιας υγείας, στο περιβάλλον, στην αλλαγή κοινωνικοοικονομικών συνθηκών αλλά τίθεται και το ηθικό ζήτημα των όλου εγχειρήματος. Παρακάτω παρουσιάζονται τα οφέλη και οι κίνδυνοι που προκύπτουν από τη χρήση της βιοτεχνολογίας στη φυτική παραγωγή.

3.4.1. Οφέλη

Οι υπέρμαχοι της σύγχρονης βιοτεχνολογίας βασιζόμενοι α) στην εξελικτική διαδικασία των ειδών, δηλαδή ότι δεν παραμένουν στατικά με την γενετική τους σύνθεση να αλλάζει με τον χρόνο και β) στην ικανότητα που έχουν ορισμένα βακτήρια και ιοί να ενσωματώνουν ξένο γενετικό υλικό τίθενται υπέρ της δημιουργίας ανθεκτικών ποικιλιών αλλά και υπέρ μιας σειράς άλλων πιθανών εφαρμογών της βιοτεχνολογίας που έχουν σαν αποτελέσματα τα παρακάτω:

- Αύξηση και βελτίωση της διαθέσιμης ποσότητας τροφής (κοινωνικό όφελος).
- Ελάττωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από γεωργικές δραστηριότητες (περιβαλλοντικό όφελος).
- Οφέλη για τους παραγωγούς (οικονομικό όφελος).

1) Αύξηση και βελτίωση της διαθέσιμης ποσότητας τροφής

Το φαινόμενο του υποσιτισμού που παρουσιάζεται σε πολλές περιοχές του πλανήτη χρησιμοποιείται πολύ συχνά για να αιτιολογήσει την αναγκαιότητα εισαγωγής των γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών. Η αγροτική βιοτεχνολογία θα μπορούσε σαν εργαλείο να βοηθήσει να καταπολέμηση της πείνας. Οι γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες είναι ανθεκτικότερες στα ζιζάνια ενώ θα μπορούσαν να δημιουργηθούν ποικιλίες με σκοπό την καλλιέργεια τους σε εδάφη όπου σήμερα είναι αδύνατη ή την παραγωγή τροφών με βελτιωμένες ιδιότητες όπως υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνες ή άλλα θρεπτικά συστατικά.

Με τη χρήση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας είναι δυνατή η παραγωγή τροφίμων με υψηλή διατροφική αξία. Τέτοια παραδείγματα περιλαμβάνουν τρόφιμα εμπλουτισμένα με βιταμίνες, πρωτεΐνες ή φυτικά έλαια, με μειωμένη περιεκτικότητα σε κεκορεσμένα λίπη, με βελτιωμένες ιδιότητες συντήρησης, με περιεκτικότητα σε φαρμακευτικές ουσίες. Οι εφαρμογές αυτές θα μπορούσαν να αποδειχθούν πολύ λειτουργικές για τις αναπτυσσόμενες χώρες [25].

Σήμερα οι βασικότερες ελλείψεις που παρουσιάζονται σε υποσιτιζόμενους πληθυσμούς είναι αυτές του σιδήρου και της βιταμίνης Α. Η έλλειψη βιταμίνης Α στην Ασία έχει οδηγήσει μεταξύ άλλων σε μεγάλα ποσοστά παιδικής τύφλωσης. Η έλλειψη οφείλεται στο γεγονός ότι η β-καροτίνη, ρυθμιστής για τη βιταμίνη Α, συνήθως δε συντίθεται σε φυτά που δε φωτοσυνθέτουν, όπως το ρύζι που αποτελεί την κύρια τροφή στην Ασία. Ποικιλίες γενετικά τροποποιημένου ρυζιού που περιέχουν β-καροτίνη, έχουν ήδη δημιουργηθεί.

Επιπλέον, η προσέγγιση γεωργικών και ιατρικών εφαρμογών της βιοτεχνολογίας μπορεί να ανοίξει νέους ορίζοντες. Για παράδειγμα, ερευνάται η δυνατότητα ενσωμάτωσης εμβολίων ή άλλων φαρμάκων σε κοινές τροφές όπως οι μπανάνες ώστε μεγάλα τμήματα του πληθυσμού να καθίστανται απρόσβλητα σε μολυσματικές ασθένειες [25].

2) Ελάττωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από γεωργικές δραστηριότητες.

Η μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από γεωργικές δραστηριότητες προϋποθέτει τη μείωση της χρήσης λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων, φυτοφαρμάκων και εντομοκτόνων που ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος από υπερντατικές μεθόδους καλλιέργειας.

Στις γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες, η ανθεκτικότητα στα έντομα που επιτυγχάνεται με το βακτήριο εδάφους *Bacillus thuringiensis* έχει βρει ευρεία εφαρμογή σε καλλιέργειες καλαμποκιού και βαμβακιού. Οι τοξίνες που παράγονται από το ενσωματωμένο γενετικό υλικό του βακτηρίου προστατεύουν το φυτό χωρίς τη χρήση εντομοκτόνων. Ιδιότητες του ίδιου βακτηρίου χρησιμοποιούνται και στην οργανική γεωργία ως φυσικό εντομοκτόνο. Η μειωμένη χρήση εντομοκτόνων ευρέως φάσματος ωφελεί τόσο τον άνθρωπο όσο και τα μη επιβλαβή έντομα. Για παράδειγμα το Bt βαμβάκι απαιτεί τρεις ή και λιγότερες χρήσεις εντομοκτόνου ετησίως. Αυτό σημαίνει μία δραματική μείωση σε σχέση με τις πέντε έως δώδεκα που απαιτούνται στις συμβατικές ποικιλίες. Άλλες έρευνες έδειξαν ότι η καλλιέργεια Bt βαμβακιού μείωσε τη χρήση εντομοκτόνων στις Η.Π.Α. κατά 900.000 κιλά σε ένα μόνο έτος ή κατά 80% [25]. Το επιχείρημα που προβάλλεται είναι ότι η νέα αυτή γενιά ζιζανιοκτόνων έχει μικρότερη διάρκεια ζωής και χαμηλότερη τοξικότητα από αυτά που αντικαθιστούν. Επιπλέον προσκολλώνται καλύτερα στο έδαφος με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η μόλυνση υπόγειων υδάτων

Επίσης, υπάρχουν αρκετές εφαρμογές σε εμπορικό ή ερευνητικό επίπεδο που αφορούν τον έλεγχο των απαιτήσεων του φυτού σε άζωτο. Μειώνοντας τις απαιτήσεις σε άζωτο, μειώνονται και οι ανάγκες σε αζωτούχα λίπανση και συνεπώς η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από αζωτούχα κατάλοιπα. Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα επιτρέπει όχι μόνο τη μείωση των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται αλλά ταυτόχρονα καθιστά ικανή και τη χρήση ειδικών ζιζανιοκτόνων. Το επιχείρημα που προβάλλεται είναι ότι η νέα αυτή γενιά ζιζανιοκτόνων έχει μικρότερη διάρκεια ζωής και χαμηλότερη τοξικότητα από αυτά που αντικαθιστούν. Επιπλέον προσκολλώνται καλύτερα στο έδαφος με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η μόλυνση υπόγειων υδάτων [25].

Το ζιζανιοκτόνο έναντι του οποίου καθίστανται ανθεκτικές οι γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες θα πρέπει να συμβάλλει στην αντιμετώπιση δυσεξόντων ζιζανίων και στην αντικατάσταση άλλων επιβλαβών ζιζανιοκτόνων [25].

Πέραν των ζιζανιοκτόνων, η σύγχρονη συμβατική γεωργία χρησιμοποιεί διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές, όπως το όργωμα για την καταπολέμηση των ζιζανίων. Αν και οι ανάγκες για ζιζανιοκτονία ποικίλλουν ανάλογα με τις συνθήκες, υπολογίζεται ότι ένας καλλιεργητής σόγιας που δεν χρησιμοποιεί ζιζανιοκτόνα πρέπει να οργώσει έως και 14 φορές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Από την άλλη οι τεχνικές καλλιέργειας για τις ανθεκτικές στα ζιζάνια ποικιλίες απαιτούν λίγο έως καθόλου όργωμα. Έτσι αποφεύγονται δυσάρεστες επιπτώσεις της γεωργικής δραστηριότητας στην ποιότητα του εδάφους, όπως η διάβρωση και η αδυναμία συγκράτησης νερού. Επίσης μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από το έδαφος με αποτέλεσμα να υπολογίζεται ότι οι καλλιέργειες αυτές μειώνουν την αρνητική επίδραση που έχει η σύγχρονη γεωργία στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 88% [25].

3) Οφέλη για τους παραγωγούς.

Τα οικονομικά οφέλη από την καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων οργανισμών προκύπτουν λόγω των μειωμένων εισροών (συμπύεση του κόστους κυρίως της ανθρώπινης

εργασίας και των καυσίμων, λιγότεροι ψεκασμοί, λιγότερες καλλιεργητικές φροντίδες. Οι γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες που είναι διαθέσιμες για εμπορική χρήση σήμερα δεν αποσκοπούν στην αύξηση των αποδόσεων αλλά στη διατήρησή τους με ταυτόχρονη μείωση στη χρήση εντομοκτόνων (π.χ. σοδειές Bt) ή τη χρήση φιλικότερων για το περιβάλλον ζιζανιοκτόνων (π.χ. Roundup σόγια) [25].

Σπουδαίο παράδειγμα αποτελεί η είσοδος Roundup σόγιας το 1996 είχε τέτοια επιτυχία που ανάγκασε ανταγωνιστικές εταιρίες παραγωγής ζιζανιοκτόνων να προβούν σε μειώσεις τιμών κατά 40-50% προς όφελος του συνόλου των καλλιεργητών [25]. Παράλληλα, οι ανθεκτικές στα ζιζάνια γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες σόγιας αποδίδουν «καθαρότερες» σοδειές με λιγότερες ξένες προσμείξεις και συνεπώς μεγαλύτερης αξίας.

Επίσης, σύμφωνα με μία μελέτη του υπουργείου γεωργίας των ΗΠΑ, η υιοθέτηση Bt βαμβακιού, αύξησε τα κέρδη των γεωργικών εκμεταλλεύσεων κατά τα έτη 1997-1998. Η αύξηση αυτή προήλθε κυρίως από τη μείωση του κόστους παραγωγής [25].

Τα οικονομικά οφέλη κατά την καλλιέργεια προκύπτουν από τη συμπίεση του κόστους κυρίως της ανθρώπινης εργασίας και των καυσίμων (λιγότεροι ψεκασμοί, λιγότερες καλλιεργητικές φροντίδες) [25].

3.4.2. Κίνδυνοι

1) Δημόσια υγεία

Η σχετική με την ασφάλεια των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων επιχειρηματολογία δε μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα ενδεδειγμένης επιστημονικής έρευνας. Παρά την διαρκώς αυξανόμενη συζήτηση γύρω από τη σύγχρονη βιοτεχνολογία, είναι σχετικά μικρός ο αριθμός των δημοσιευμένων σε επιστημονικά περιοδικά ερευνών οι οποίες μελετούν την ασφάλεια των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων.

Η πλέον γνωστή έρευνα που προκάλεσε έντονη συζήτηση με τη δημοσίευσή της ήταν αυτή των Ewen και Pusztai σχετικά με τις ανεπιθύμητες παρενέργειες που είχε στην ανάπτυξη ποντικών η διατροφή τους με γενετικά τροποποιημένες πατάτες [25].

Άλλες έρευνες που έδειξαν πιθανές δυσάρεστες επιπτώσεις στην υγεία των πειραματόζωων (ποντίκια) είναι αυτές των Fares και El-Sayed (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν επίσης γενετικά τροποποιημένες πατάτες και των Pusztai et al. (1999) όπου χρησιμοποιήθηκε γενετικά τροποποιημένος αρακάς [25].

Από την άλλη μεριά, σε μια σειρά πειραμάτων δεν σημειώθηκαν ανεπιθύμητες παρενέργειες από τη χρήση γενετικά τροποποιημένων τροφίμων. Εκτός από την έρευνα των Brake και Vlachos (1998), που χρησιμοποίησαν κότες ως πειραματόζωα και γενετικά τροποποιημένο καλαμπόκι ως τροφή, όλες οι υπόλοιπες ερευνητικές προσπάθειες χρησιμοποίησαν ως πειραματόζωα ποντίκια ή αρουραίους [25].

Απαιτείται περισσότερη έρευνα ώστε να επιβεβαιωθεί ή όχι ο κίνδυνος από την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν γενετικά τροποποιημένα συστατικά [25].

Όσον αφορά τον άνθρωπο ύστερα από έρευνα που διεξήχθη από την Δ/ση Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (US Food and Drug Administration) με σκοπό την ανίχνευση αλλεργικών αντιδράσεων που προκαλεί η γενετική τροποποίηση σόγιας με γονιδιακό υλικό από βραζιλιάνικο καρύδι έδειξε ότι προκαλεί αλλεργικές αντιδράσεις σε μια μερίδα του πληθυσμού με αποτέλεσμα το προϊόν να μην διατεθεί για εμπορική χρήση [25].

Επίσης σημαντικό ζήτημα όσον αφορά την δημόσια υγεία είναι τα αντιβιοτικά που μπορούν να παράγουν ενδογενώς τέτοιοι εδώδιμοι οργανισμοί. Η επιστημονική κοινότητα έχουν εκφράσει την ανησυχία της για την αύξηση της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά των ασθενειών που οφείλονται σε βακτήρια ή ιούς. Το πρόβλημα μεγεθύνεται σε περιπτώσεις συχνής χρήσης αντιβιοτικών όπως στα νοσοκομεία αλλά και στις σύγχρονες μονάδες ζωικής

παραγωγής όπου η προσθήκη αντιβιοτικών στις ζωοτροφές γίνεται τόσο για την πρόληψη ασθενειών όσο και για την καταπολέμηση βακτηρίων που δεσμεύουν μέρος του ενεργειακού δυναμικού των ζωοτροφών. Ένα σχετικό παράδειγμα αφορά μια ποικιλία γενετικά τροποποιημένου καλαμποκιού για ζωοτροφή από την εταιρεία Ciba-Geigy (σήμερα Novartis). Το εν λόγω προϊόν απορρίφθηκε από το φόβο μεταφοράς του γονιδίου που καθορίζει την αντίσταση στα αντιβιοτικά διαμέσου των ζώων σε βακτήρια θέτοντας έτσι σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία [25].

Τέλος, μία άλλη πηγή κινδύνων για τη δημόσια υγεία μπορεί να αποτελέσει η μετατροπή μέσω γενετικής τροποποίησης ενός μη παθογόνου οργανισμού σε παθογόνο. Η Διεθνής Ακαδημία Επιστημών (National Academy of Sciences) σημειώνει ότι η πιθανότητα να συμβεί μια τέτοια μετατροπή είναι εξαιρετικά περιορισμένη δεδομένης της ποικιλίας των προαπαιτούμενων για να εκφράσει ένας οργανισμός παθογένεια.

2) Περιβαλλοντολογικοί κίνδυνοι .

Οι οικολογικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών δεν είναι εύκολο να αναλυθούν συνολικά καθώς διαφοροποιούνται κατά περίπτωση και ανάλογα με το τοπικό οικοσύστημα. Ταυτόχρονα, αναγνωρίζοντας τις εγγενείς αδυναμίες της επιστήμης της οικονομίας του περιβάλλοντος, είναι σχεδόν αδύνατο οι πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον να ποσοτικοποιηθούν και να εκφραστούν με οικονομικούς όρους.

Διακρίνονται τρεις βασικές ομάδες οικολογικών κινδύνων που σχετίζονται με τη γενετική τροποποίηση καλλιεργειών: 1) αυτοί που αφορούν την οργάνωση του γονιδιώματος του ίδιου του φυτού, 2) αυτοί που πραγματεύονται τη διαφυγή γενετικού υλικού από τροποποιημένα φυτά προς αυτοφυείς συγγενείς με αποτέλεσμα τη «γενετική μόλυνση» και 3) αυτοί που σχετίζονται με δυσμενείς επιδράσεις σε είδη εκτός στόχου (non-target species) [25].

Γενετική ποικιλότητα

Οι αγροτικές καλλιέργειες εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Υπάρχουν για παράδειγμα περίπου 200 αυτοφυή είδη πατάτας και χιλιάδες ποικιλίες που καλλιεργούνται από τους αγρότες και περίπου 100.000 διαφορετικές ποικιλίες ρυζιού [25]. Μείωση της γενετικής ποικιλότητας σημαίνει απώλεια γενετικών πόρων. Οι αρνητικές επιπτώσεις από τη μείωση της βιοποικιλότητας σε πολλές περιπτώσεις δεν μπορούν να υπολογιστούν καθώς λόγω του μεγάλου αριθμού των φυτικών ειδών πολλά από αυτά δεν έχουν μελετηθεί διεξοδικά πριν από την εξαφάνισή τους. Ποικιλίες που βρίσκονται κοντά στην εξαφάνιση σήμερα περιλαμβάνουν είδη αυτοφυούς σόγιας στην Κίνα, αυτοφυείς ντομάτες στη Χιλή και το Περού, αυτοφυή είδη καφέ στην Ακτή Ελεφαντοστού και αυτοφυές σιτάρι στην Τουρκία [25].

Οι παραδοσιακές μέθοδοι βελτίωσης των ποικιλιών φυτών και ζώων έχουν ήδη μειώσει τη γενετική ποικιλότητα των ειδών μέσα από εντατική επιλογή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Η εκτεταμένη χρήση γενετικά τροποποιημένων σοδειών θα ενισχύσει τη γενετική ομοιομορφία των συστημάτων καλλιέργειας απειλώντας έτσι τη γενετική ποικιλότητα. Απρόσεκτη χρήση βιοτεχνολογικών εφαρμογών μπορεί να έχει αντίκτυπο στη βιοποικιλότητα εάν ένα γονίδιο που παρουσιάζει κάποιο οικονομικό ενδιαφέρον συσχετισθεί με ένα μικρό αριθμό ποικιλιών. Η μείωση της γενετικής ποικιλότητας θα μειώνει με τη σειρά της την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών σε καινούργιους παθογόνους οργανισμούς θέτοντας έτσι σε κίνδυνο το σύνολο της παραγωγής. Παράλληλα, κλιματολογικές αλλαγές και βελτιωμένοι ανταγωνιστές μπορούν να αποδεκατίσουν σε μικρό χρονικό διάστημα ένα γενετικά ομοιόμορφο πληθυσμό.

Γενετική μόλυνση

Ο όρος «γενετική μόλυνση» χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η μεταφορά γονιδίων από γενετικά τροποποιημένες σε παραδοσιακές καλλιέργειες ή συγγενή αυτοφυή είδη. Η μεταφορά των γονιδίων μέσω της γύρης γίνεται με τη βοήθεια του αέρα, του νερού ή ζωικών οργανισμών. Προσπαιτούμενοι παράγοντες για την επιμόλυνση είναι η ύπαρξη γενετικά συμβατών τροποποιημένων και συμβατικών ποικιλιών σε κοντινή απόσταση, η δυνατότητα διασταύρωσης και η παραγωγή γόνιμων υβριδίων. Η συχνότητα του φαινομένου εξαρτάται από τον αριθμό των φυτών και το βαθμό συγγένειας. Έτσι, σε περιπτώσεις όπου συναντώνται καλλιέργειες και αυτοφυή είδη με υψηλό βαθμό συγγένειας ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος [25].

Σε αντίθεση με παραδοσιακές διαδικασίες επιλογής, η γενετική τροποποίηση συχνά συνίσταται στη μεταφορά επιθυμητών γνωρισμάτων που ελέγχονται από ένα και μόνο γονίδιο [25]. Η πιθανότητα και η ταχύτητα μεταφοράς γενετικού υλικού σε τρίτα είδη αυξάνει σε αυτή την περίπτωση. Έχουν σημειωθεί περιπτώσεις επιμόλυνσης συμβατικών ποικιλιών από γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες ενώ έχει υποδειχθεί πως υπό περιορισμένες συνθήκες είναι δυνατή η μεταφορά γονιδιακού υλικού από τροποποιημένα φυτά σε βακτήρια εδάφους [25]. Κάποιες έρευνες πάντως δείχνουν ότι η απόσταση των 50 μέτρων μεταξύ διαφορετικών γραμμών της ίδιας καλλιέργειας εξασφαλίζει 99.5% καθαρότητα, ενώ άλλες έρευνες παρουσιάζουν ανησυχητικά στοιχεία [25]. Σύμφωνα με μία μελέτη σχετιζόμενη με την ελαιοκράμβη που διεξήχθη από το Ινστιτούτο Αγροτικών ερευνών στη Σκωτία (Scottish Crop Research Institute), αν και η μεταφερόμενη ποσότητα γύρης ελαττώνεται ραγδαία όσο αυξάνεται η απόσταση, μπορεί να φτάσει σε αποστάσεις 4 χιλιομέτρων, πιθανότατα μεταφερόμενη από μέλισσες [25].

Σε άλλη σχετική έρευνα η μελέτη πολλών γενεών δύο γειτονικών πληθυσμών ηλίανθου κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επιμόλυνση μπορεί να φτάσει το 38% μετά από 35 χρόνια [25]. Ο σημαντικότερος παράγοντας που απειλεί τη βιοποικιλότητα είναι αυτή καθ' αυτή η έκταση που αφιερώνεται στη γεωργία εκτοπίζοντας έτσι φυσικά οικοσυστήματα [25].

Με δεδομένο ότι η επιστημονική κοινότητα χρειάστηκε μεγάλο χρονικό διάστημα για να κατανοήσει τους κινδύνους που σχετίζονταν με τη διηπειρωτική μεταφορά ξένων ειδών, το ζήτημα της γενετικής τροποποίησης πρέπει να αντιμετωπιστεί με σύνεση. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα η επιστημονική έρευνα δείχνει αυξημένη ικανότητα γονιμοποίησης των γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών σε σύγκριση με τις συμβατικές, όπως στην περίπτωση της *Arabidopsis thaliana* που τροποποιήθηκε ώστε να είναι ανθεκτική στο ζιζανιοκτόνο chlorsulphuron [25].

Οικολογική ανισορροπία

Παρά τη μείωση της επιβάρυνσης σε πρώτο επίπεδο, η αύξηση της αποτελεσματικότητας στην καταπολέμηση των εντόμων μπορεί να επιφέρει περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Μια ενδεχόμενη μείωση του αριθμού των εντόμων θα διαταράξει τη διατροφική αλυσίδα και συνεπώς το οικοσύστημα ενώ ταυτόχρονα σε ακραίες καταστάσεις φυσικής επιλογής λόγω των πιέσεων του περιβάλλοντος η δημιουργία ανθεκτικών εντόμων δεν μπορεί να αποκλειστεί.

Στην περίπτωση όπου καλλιέργειες έχουν τροποποιηθεί με την εισαγωγή του γονιδίου της τοξίνης του *B. Thuringiensis*, η εντατική χρήση χημικών εντομοκτόνων σε αυτές τις ποικιλίες δεν είναι απαραίτητη, καθώς η εν λόγω τοξίνη είναι θανατηφόρος για τα έντομα. Αναφερόμενο στο ζήτημα το UCS (Union of Concerned Scientists) υπογραμμίζει τους κινδύνους. Καθώς η τοξίνη του Bt παράγεται στους ιστούς των φυτών, προστατεύεται από το περιβάλλον και δεν διασπάται. Υπό αυτές τις συνθήκες τα έντομα εκτίθενται σε υψηλές δόσεις της τοξίνης καθ' όλη τη διάρκεια του καλλιεργητικού κύκλου.

Σχετικά με την επίδραση γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών σε έντομα που δεν αποτελούν στόχο, το παράδειγμα που συναντάται συχνότερα στη βιβλιογραφία είναι αυτού της πεταλούδας Μονάρχης (*Danaus plexippus*). Σχετική έρευνα έδειξε αυξημένο βαθμό θνησιμότητας σε πληθυσμούς του συγκεκριμένου είδους πεταλούδας όταν τρέφονταν με *Asclepias curassavica* όπου είχε επικολλήσει γύρη από γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες καλαμποκιού [25].

Αναμφίβολα, η εισαγωγή ξένων ειδών σε οικοσυστήματα έχει αποτελέσει μία από τις πιο καταστροφικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου το νεοεισερχόμενο ζωικό ή φυτικό είδος προέρχεται από ένα περισσότερο ανταγωνιστικό περιβάλλον ενδέχεται να επηρεάσει δυσμενώς την ευαίσθητη οικολογική ισορροπία. Όσο καλά σχεδιασμένη και να είναι η εισαγωγή ενός είδους σε νέο περιβάλλον, η πρόβλεψη όλων των παραμέτρων είναι σχεδόν αδύνατη. Το πρόβλημα διογκώνεται με τη γενετική μηχανική καθώς μεταλλάξεις που μέσω της εξελικτικής διαδικασίας θα χρειάζονταν αιώνες για να πραγματοποιηθούν, είναι τώρα εργαστηριακά πραγματοποιήσιμες σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Άλλες ιδιότητες όπως ανθεκτικότητα στα έντομα ή σε παρασιτικούς ιούς εάν βρουν δίοδο στο περιβάλλον ενδέχεται να ανατρέψουν την ισορροπία ολόκληρων οικοσυστημάτων καθώς φυσικές διαδικασίες ελέγχου θα απενεργοποιηθούν.

Ανάπτυξη ανθεκτικότητας

Η εκτεταμένη χρήση ζιζανιοκτόνων που δεν προσβάλλουν τα γενετικά τροποποιημένα φυτά μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία μέσω διαδικασιών φυσικής επιλογής νέων, ανθεκτικών ειδών ζιζανίων. Παράλληλα, η ύπαρξη άγριων ειδών ζιζανίων συγγενών με γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες μπορεί να οδηγήσει στη μεταφορά της ανθεκτικότητας στα ζιζάνια. Γενικότερα, εάν ιδιότητες που επιτεύχθηκαν με τη χρήση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας, όπως για παράδειγμα η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα, περάσουν στο φυσικό περιβάλλον, θα καταστήσουν ανενεργές πρακτικές καταπολέμησης, ενώ μέσω της φυσικής προσαρμογής υποβόσκει ο κίνδυνος δημιουργίας νέων ζιζανίων. Παραδείγματα διαφυγής γονιδίων που προσδίδουν ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα αναφέρονται στις περιπτώσεις της ελαιοκράμβης και του ζαχαροκάλαμου [25].

Τέλος, η εκτεταμένη ροή γονιδίων καθιστά απαγορευτική τη δυνατότητα εγγυημένης ύπαρξης καθαρών σειρών με δυσάρεστες συνέπειες για άλλες μορφές καλλιέργειας, όπως η οργανική γεωργία.

3) Κοινωνικοοικονομικοί κίνδυνοι.

Η συνολικότερη ανησυχία που εκφράζεται έχει να κάνει με τη δύναμη που μπορεί να συγκεντρωθεί στα χέρια κάποιων μεγάλων βιοτεχνολογικών εταιριών. Εάν το σύνολο της αγροτικής παραγωγής παγκοσμίως αποτελέιτο από γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες θα υπήρχε ο κίνδυνος να εξαρτώνται οι γεωργοί από την εταιρία που θα τους προμήθευε το κατάλληλο ζιζανιοκτόνο ή τους σπόρους για την επόμενη καλλιέργεια. Αυτό σε συνδυασμό με μια πιθανή ολιγοπωλιακή δομή στην αγορά θα έδινε μεγάλα πλεονεκτήματα στις εταιρίες που διαχειρίζονται την καινούργια τεχνολογία. Όταν ο ιδιωτικός τομέας κυριαρχεί στην αγροτική έρευνα είναι πιθανός ο ρυθμός επενδύσεων να είναι χαμηλότερος του κοινωνικά επιθυμητού και ταυτόχρονα ο ιδιωτικός τομέας απορροφά όλα τα κέρδη των εφαρμογών παρά το γεγονός ότι στηρίζεται τόσο στην παρούσα όσο και στην παρελθοντική πανεπιστημιακή/δημόσια βασική έρευνα [25].

Οι ανησυχίες αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν αβάσιμες καθώς μέσω της υπογραφής δεσμευτικών συμβολαίων οι καλλιεργητές υποχρεούνται όχι μόνο να καλλιεργούν αποκλειστικά τους σπόρους μιας συγκεκριμένης εταιρείας, αλλά επίσης να μην παράγουν μόνοι τους σπόρους για την επόμενη χρονιά (τεχνολογία γονιδίων εξολοθρευτών - Terminator genes - που καταστούν τους σπόρους άγονους στη δεύτερη γενιά), να υπόκεινται

ελέγχους στο χωράφι τους από την εταιρεία όποτε αυτή το θεωρεί σκόπιμο (και να επιβάλει τα ανάλογα πρόστιμα όποτε διαπιστώνει παρατυπίες), να πληρώνουν ποσοστά χρήσης τεχνολογίας και να χρησιμοποιούν αποκλειστικά τα υπόλοιπα προϊόντα της ίδιας εταιρείας, όπως π.χ. τα ζιζανιοκτόνα της [25].

Ταυτόχρονα, υπάρχει ανησυχία για την αντικατάσταση παραδοσιακών καλλιεργειών με ιδιαίτερη οικονομική σημασία για κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες από γενετικά τροποποιημένες σοδειές. Σε περίπτωση μάλιστα που λόγω ολιγοπωλιακών πιέσεων υπήρχε μία αύξηση στις τιμές των γεωργικών εισροών, οι καλλιεργητές του αναπτυσσόμενου κόσμου θα ήταν οι πρώτοι που θα έφταναν στο αδιέξοδο [25].

Τέλος, αρκετοί ανησυχούν για το ενδεχόμενο κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες να χρησιμοποιηθούν ως «πειραματόζωα» σε περιπτώσεις που η καινούργια τεχνολογία έχει απορριφθεί ή αποτελεί ακόμα ανοιχτό προς συζήτηση θέμα στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Όπως γίνεται και στην περίπτωση της εισαγωγής κάθε καινούργιας τεχνολογίας υπάρχει μια πληθώρα άλλων κοινωνικοοικονομικών ζητημάτων που δημιουργούν εντάσεις και πρέπει να συζητηθούν ξεχωριστά.

4) Σχετικά με το φαινόμενο του υποσιτισμού

Υπάρχει έντονη αμφισβήτηση για τον κεντρικό ρόλο που μπορεί να παίξει η αύξηση της παραγωγικότητας στη γεωργία στην καταπολέμηση της πείνας με βασικό επιχείρημα την αναμφισβήτητη επάρκεια τροφίμων παγκοσμίως που καθιστά το ζήτημα της πείνας, πρόβλημα ανισοκατανομής και όχι παραγωγικότητας. Η φτώχεια και όχι η χαμηλή γεωργική παραγωγικότητα είναι η βασική αιτία της πείνας στον αναπτυσσόμενο κόσμο.

Παγκόσμια υπάρχει αφθονία τροφής. Τα πραγματικά προβλήματα είναι η έλλειψη κεφαλαίου και υποδομών για τους φτωχούς αγρότες και ο χρόνιος προστατευτισμός στον γεωργικό τομέα από την Ε.Ε. και τις Η.Π.Α. Η καταπολέμηση της πείνας και της φτώχειας είναι ένας από τους «στόχους χιλιετίας» (millennium goals) των Ηνωμένων Εθνών, όπου μεταξύ άλλων προβλέπεται η μείωση του αριθμού των ανθρώπων που ζουν υπό καθεστώς διατροφικής ανασφάλειας κατά 50% μέχρι το 2015 [25].

Οι αριθμοί σήμερα είναι απογοητευτικοί, 870 εκατομμύρια άνθρωποι στον πλανήτη αντιμετώπιζαν επισφαλείς συνθήκες διατροφικής ασφάλειας τα έτη 2010-2012. Σχεδόν όλοι (98%) κατοικούν σε αναπτυσσόμενες χώρες. Πάνω από 5 εκατομμύρια παιδιά κάτω από την ηλικία των 5 ετών πεθαίνουν κάθε χρόνο από υποσιτισμό, ενώ το 70% των παιδιών που υποσιτίζονται κατοικούν στην Ασία, το 26% στην Αφρική και το 4% στη Λατινική Αμερική και την Καραϊβική [26].

Η έννοια της διατροφικής ασφάλειας εξελίχθηκε κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών ώστε να περιλαμβάνει όχι μόνο τη διαθεσιμότητα τροφής αλλά και την οικονομική πρόσβαση σε αυτή καθώς και την απορρόφησή της από το ανθρώπινο σώμα. Ενώ κάποιες χώρες δεν μπορούν να καλύψουν τις ελάχιστες ημερήσιες απαιτήσεις των 2.350 θερμίδων κατ' άτομο μέσω παραγωγής και εισαγωγών, υπάρχουν άλλες περιπτώσεις (π.χ. Ινδία) όπου ενώ εμφανίζεται πλεόνασμα τροφίμων, η πρόσβαση σε αυτά εμποδίζεται από τις συνθήκες απόλυτης φτώχειας στις οποίες ζουν μεγάλα τμήματα του πληθυσμού. Το αποτέλεσμα και στις δύο περιπτώσεις είναι το φαινόμενο του υποσιτισμού. Ο τρόπος καταπολέμησης του φαινομένου όμως, διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση προτεραιότητα αποτελεί η αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας τροφής, ενώ στην περίπτωση της Ινδίας το ζητούμενο είναι η αύξηση της αγοραστικής δύναμης με συνέπεια τη διόγκωση της σημασίας πολιτικών για την αύξηση της απασχόλησης [25].

Στην πραγματικότητα, οι ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στον αναπτυσσόμενο κόσμο δεν επιτρέπουν γενικεύσεις σχετικά με τη χρησιμότητα των γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών. Μία τέτοιου είδους εκτίμηση θα έπρεπε να λάβει υπόψη της, τις κατά τόπους

κλιματολογικές συνθήκες, τα αρδευτικά δίκτυα, την προσβασιμότητα σε λιπάσματα, εντομοκτόνα, πιστωτικούς οργανισμούς.

Η γεφύρωση της χαώδους ανισότητας ανά την υφήλιο είναι πολιτικό και όχι επιστημονικό ζήτημα. Όσο οι πολιτικές αποφάσεις που καθορίζουν το μέλλον του πλανήτη λαμβάνονται βάση βραχυπρόθεσμων, εθνικών ωφελειών, εις βάρος του συλλογικού συμφέροντος, η αποτυχία αυτή θα επιμείνει.

5) Ανησυχίες ηθικής φύσεως

Οι επικριτές της σύγχρονης βιοτεχνολογίας της προσάπτουν ότι εναντιώνεται στη φυσική τάξη των πραγμάτων με βασικότερη αιχμή την παραβίαση των φυσικών ορίων μεταξύ των ειδών. Έτσι η καινούργια τεχνολογία κρίνεται ως «μη φυσική» και προκύπτουν ανησυχίες για τις συνέπειες που μπορεί να έχει μία τόσο άμεση επέμβαση στην εξελικτική πορεία των ειδών και στη φυσική ισορροπία.

Τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα απορρίπτονται σε αυτή τη βάση διότι προϋποθέτουν δραστική ανθρώπινη παρέμβαση στη φυσική διαδικασία απειλώντας τη φυσική ισορροπία των οικοσυστημάτων καθώς και την ικανότητα αυτορρύθμισης τους. Η υπέρβαση του φυσικού ορίου μεταξύ των ειδών χαρακτηρίζεται από πολλούς ως ένα μη αποδεκτό βήμα ακόμα και με την παραδοχή ότι η ανθρώπινη παρέμβαση στο περιβάλλον έχει ήδη πάρει μεγάλες διαστάσεις.

Ταυτόχρονα, τίθεται με πολυμορφία το ζήτημα των δικαιωμάτων. Με τη θεώρηση ότι το περιβάλλον σαν σύνολο καθώς και οι ζωντανό οργανισμοί που το αποτελούν έχουν δικαιώματα αν και αδυνατούν να τα εκφράσουν, η γενετική μηχανική καθίσταται προβληματική. Γιατί με τη κατάργηση των φυσικών συνόρων μεταξύ των ειδών, η ανθρωπότητα αρνείται στην ουσία την ύπαρξη ενός σκοπού, ενός «τέλους» για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, πέρα από την εξυπηρέτηση των αναγκών του ανθρώπου.

Παρόμοια αποτελέσματα έχει η προσέγγιση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας από θεολογική σκοπιά. Με τη θεώρηση ότι ο Θεός έχει φτιάξει τα πάντα εν σοφία, η προσπάθεια του ανθρώπου να διαταράξει αυτήν την τέλεια ισορροπία τροποποιώντας το βασικό συστατικό της ζωής, το DNA, και καταργώντας τα όρια μεταξύ των ειδών, μπορεί εύκολα να θεωρηθεί βλάσφημη (Χριστιανισμός). Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι διάφορες θρησκείες έχουν διαφορετικές αντιλήψεις για τη φύση του Θεού και για τη δημιουργία και συνεπώς οι στάσεις τους απέναντι σε εφαρμογές της σύγχρονης βιοτεχνολογίας διαφοροποιούνται και αυτές. Παρά το γεγονός όμως αυτό η ανάλυση από θεολογική σκοπιά συνυπολογίζοντας την ποικιλία των θρησκειών θέτει περισσότερους περιορισμούς. Έτσι κάποιες θρησκείες θέτουν περιορισμούς στη διατροφή, όπως η απαγόρευση κατανάλωσης κρέατος και ζωικών προϊόντων (Ινδουισμός, Βουδισμός) ή η απαγόρευση μίξης συγκεκριμένων τροφών (Εβραϊκοί νόμοι του Torah).

Αν και φυτά που έχουν υποστεί γενετική τροποποίηση ώστε να περιέχουν γενετικό υλικό από ζωικά είδη, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου, δεν παράγονται για εμπορική χρήση ακόμα, ένας σημαντικός αριθμός φυτικών ειδών έχει υποστεί παρόμοιες μορφές τροποποίησης σε εργαστηριακό επίπεδο. Ένα πρόσφατο παράδειγμα είναι η εισαγωγή γονιδίου αρουραίου στο μαρούλι ώστε να προκληθεί παραγωγή βιταμίνης C στο φυτό. Παράδειγμα τροποποίησης με ανθρώπινα γονίδια αποτελεί η γενετική τροποποίηση φυτών καπνού από το τμήμα φυτοπαθολογίας του πανεπιστημίου της Nebraska ώστε να καταπολεμηθούν μυκητολογικές ασθένειες.

Πέρα από τους διατροφικούς περιορισμούς που εμπεριέχουν κάποιες θρησκείες, στη σημερινή εποχή, άνθρωποι επιλέγουν διατροφικά μοντέλα που αντιπροσωπεύουν βαθιά ριζωμένες πεποιθήσεις, οι οποίες αποτελούν τμήμα της κοσμοθεωρίας τους. Έτσι ένας χορτοφάγος θεωρεί την κατανάλωση φυτικών ειδών που περιέχουν γονίδια από ζωικούς οργανισμούς ηθικά μεμπτή και αισθητικά αποκρουστική. Ακόμα περισσότεροι θα κρίνουν

ως μη αποδεκτή, ακόμα και ως αηδιαστική την κατανάλωση προϊόντων που περιέχουν ανθρώπινα.

Τέλος, πέρα από όλα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που σχετίζονται με τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα, δεν πρέπει να αγνοείται η άποψη που αναγνωρίζει μία μοναδική αξία στην αγροτική ζωή. Η καλλιέργεια της γης αποτέλεσε και αποτελεί μία πηγή εμπειριών, ανθρώπινων σχέσεων και αρετών που σχηματίζουν ένα τρόπο ζωής ο οποίος απειλείται από την εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών. Η γενετική μηχανική μειώνει τη ζωή, σύμφωνα με την παράδοση του μηχανιστικού παγκόσμιου μοντέλου, σε μία υλική και ελεγχόμενη αρχή. Στα πλαίσια αυτά, εφαρμογές της γενετικής μηχανικής δεν γίνονται αποδεκτές καθώς θεωρείται ότι εκβιομηχανοποιούν την ίδια τη ζωή, ανασχεδιάζοντας το φυσικό κόσμο κάτω από μία αυστηρά ανθρωποκεντρική προσέγγιση.

3.5. Συμπεράσματα

Η βιοτεχνολογία δεν είναι μόνο ένας παράγοντας αγροτικής αλλαγής είναι επίσης ένας παράγοντας αλλαγής του παγκόσμιου περιβάλλοντος. Η σημασία της μεγαλώνει αλματωδώς και με βεβαιότητα θα αυξηθεί στις επόμενες δεκαετίες. Έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα: κάποια είναι επιστημονικά και οικολογικά ενώ άλλα σχετίζονται με την οργάνωση της σε παγκόσμιο επίπεδο. Αντί να οδηγήσει στην πόλωση μεταξύ των ανεπτυγμένων και των υπό ανάπτυξη χωρών, η βιοτεχνολογία θα μπορούσε να οδηγήσει σε αμοιβαία οφέλη. Πράγματι, εναπόκειται στους πολιτικούς και τους διαμορφωτές της πολιτικής να γίνει έτσι.

Στην Γεωργία ειδικά, υπάρχει πληθώρα εφαρμογών της βιοτεχνολογίας. Τα παραδείγματα και τα σχόλια που παρουσιάζονται παραπάνω συνοψίζουν τις αμοιβαίες σχέσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ της γεωργίας, της βιοτεχνολογίας και του περιβάλλοντος. Η βιοτεχνολογία έχει την ικανότητα να μετασχηματίσει τις ροές ενέργειας και τους βιοχημικούς κύκλους που στηρίζουν τόσο τα αγρό-οικοσυστήματα όσο και τα οικοσυστήματα γενικότερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΕΙΦΟΡΙΚΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1 Εισαγωγή

Η γεωργία παγκοσμίως έχει μεταβληθεί μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Η εφαρμογή των νέων τεχνικών καλλιέργειας αύξησε την παραγωγικότητα του καλλιεργούμενου εδάφους, παράλληλα όμως δημιούργησε προβλήματα.

Η διεθνής ανησυχία για τη αειφορική ανάπτυξη έγινε εμφανής από τη συμμετοχή 178 χωρών στη Συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη στο Ρίο ντε Τζανέιρο, το 1992.

Από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της Διάσκεψης ήταν η υιοθέτηση της Agenda 21, ενός παγκόσμιου προγράμματος δράσης για την ενεργοποίηση των τοπικών κοινοτήτων στην κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης.

Η Agenda 21 αποτέλεσε την απαρχή για την εφαρμογή της αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης ως ολοκληρωμένου εναλλακτικού κοινωνικού, οικονομικού και περιβαλλοντικού μοντέλου για τον 21ο αιώνα.

Ανάλογα με την ανθρώπινη παρέμβαση και τον τρόπο μελέτης της φύσης μπορούν να διακριθούν τρεις μορφές άσκησης της γεωργίας:

- Φυσική
- Συμβατική
- Αειφορική

Η φυσική γεωργία θέτει ως βασική προϋπόθεση το αναλλοίωτο του φυσικού οικοσυστήματος. Αντίθετα, η συμβατική και η αειφορική γεωργία ενασκοούνται σε τροποποιημένο από την ανθρώπινη παρέμβαση οικοσύστημα, γνωστό ως αγροοικοσύστημα.

Η γεωργική γη απειλείται σοβαρά από ακατάλληλες πρακτικές.

Η συμβατική γεωργία βλέπει:

- τη φύση σαν ένα οικονομικό μέγεθος προς παραγωγή υπεραξίας.
- το έδαφος σαν μια επιχείρηση που λειτουργεί με τους νόμους της αγοράς
- τα ζώα και τα φυτά είναι παράγοντες εκμετάλλευσης, αρκεί να αποφέρουν κέρδος.
- τον άνθρωπο σαν καταναλωτικό αντικείμενο των προϊόντων της

Η συμβατική γεωργία:

- δημιούργησε ποικιλίες φυτών, που μπορούν να αναπτυχθούν σε οποιαδήποτε περιοχή της γης
- χρησιμοποιεί σπόρους που είναι συνήθως υβρίδια, φτιαγμένα στο εργαστήριο μακριά από τις φυσικές συνθήκες

Η απώλεια μεγάλου αριθμού από το παγκόσμιο γενετικό υλικό του φυτικού και ζωϊκού κόσμου οφείλεται κύρια στην εντατικοποίηση της συμβατικής γεωργίας. Η μείωση της βιοποικιλότητας, αποτελεί μια σοβαρή απειλή για τη σημερινή εποχή μας.

Στις μέρες μας, η γεωργία θεωρείται ως η ευρύτερα διαδεδομένη μη-σημειακή πηγή ρύπανσης των υδάτων εξαιτίας των εντατικών πρακτικών διαχείρισης του εδάφους που εφαρμόζονται και της επακόλουθης μεταβολής των κύκλων του άνθρακα, του αζώτου και του νερού στο έδαφος.

Προκειμένου να διαφυλάξουμε τη γεωργία και τον κόσμο για τις μελλοντικές γενιές, θα πρέπει να δράσουμε τώρα, έτσι ώστε να αναπτύξουμε συστήματα παραγωγής, τα οποία θα στηρίζονται στους ανανεώσιμους πόρους.

Τα τελευταία χρόνια η αειφορική γεωργία ενθαρρύνεται σημαντικά. Ο όρος Αειφορική Γεωργία σημαίνει ένα ολοκληρωμένο σύστημα φυτικής και ζωικής παραγωγής που θα μπορεί μακροπρόθεσμα να:

- ικανοποιεί τις διατροφικές ανάγκες του πληθυσμού της γης
- βελτιώνει την ποιότητα του περιβάλλοντος
- κάνει περισσότερο αποτελεσματική τη χρήση των μη ανανεώσιμων πηγών και να συνδέει, όπου είναι απαραίτητο, τους φυσικούς βιολογικούς κύκλους
- διατηρεί την οικονομική βιωσιμότητα των γεωργικών εφαρμογών και
- βελτιώνει την ποιότητα των αγροτών και ολόκληρης της κοινωνίας

Αειφορική γεωργία, γενικά, χαρακτηρίζεται

- η οικολογικά υγιής γεωργία
- η οικονομικά βιώσιμη
- η κοινωνικά δίκαιη και ανθρώπινη

Ένα αειφορικό γεωργικό σύστημα βασίζεται στη συνετή χρήση ανανεώσιμων και ανακυκλώσιμων πηγών, προστατεύει την ακεραιότητα των φυσικών συστημάτων έτσι ώστε οι φυσικοί πόροι να ανανεώνονται συνεχώς, είναι επικερδές και έχει σαν αρχή την μακροπρόθεσμη ευημερία όλων των μελών μιας αγροτικής κοινότητας [27]

Πρακτικές Αειφορικής Γεωργίας

Οι εφαρμογές της αειφορικής παραγωγής περιλαμβάνουν πολλές προσεγγίσεις.

- Επιλογή είδους και ποικιλίας καλά προσαρμοσμένα στη περιοχή και στις συνθήκες του αγρού. Ποικιλομορφία – Οι πολυκαλλιέργειες είναι συνήθως πιο ευέλικτες οικονομικά και οικολογικά. Εναλλαγή καλλιεργειών που καταπολεμούν ζιζάνια, ασθένειες, έντομα και άλλα παράσιτα, εξασφαλίζουν εναλλακτικές πηγές αζώτου στο έδαφος και μειώνουν τον κίνδυνο μόλυνσης των νερών από γεωργικά φάρμακα.
- Διαχείριση του εδάφους για την βελτίωση και προστασία της εδαφικής ποιότητας - "υγιές" έδαφος- για υγιή φυτά με άριστη ευρωστία και λιγότερο ευαίσθητα στα παράσιτα. Περισσότερες πρακτικές για την διατήρηση του εδάφους και του νερού και σωστή χρήση ζωικών και φυτικών λιπασμάτων. Στρατηγικές καταπολέμησης των παρασίτων που δεν είναι επιβλαβείς για τα οικοσυστήματα, τους αγρότες και τους καταναλωτές. Αυτές περιλαμβάνουν ολοκληρωμένες τεχνικές καταπολέμησης των παρασίτων που μειώνουν την ανάγκη για παρασιτοκτόνα μέσω πρακτικών όπως χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, κατάλληλος χρόνος φύτευσης και βιολογική καταπολέμηση των παρασίτων.
- Αποτελεσματική χρήση των εισροών. Χρήση φυσικών ή συνθετικών εισροών με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχουν κίνδυνοι για τον άνθρωπο, τα ζώα και το περιβάλλον.
- Εκτίμηση των στόχων των αγροτών και των επιλογών τρόπου ζωής
- Η αλλαγή από τη συμβατική στα αειφορικά συστήματα παραγωγής δεν είναι εύκολη.
- Προϋποθέτει τεχνογνωσία, χρήση καινούργιων τεχνολογιών, αλλαγή του τρόπου σκέψης και των κανόνων συμπεριφοράς απέναντι στην φύση, χρειάζεται μια περιβαλλοντική ηθική.

4.2 Παραγωγικά συστήματα στη γεωργία

Η γεωργία, υπό την ευρύτερή της έννοια, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες ανθρώπινες δραστηριότητες. Η γεωργία ασκείται σχεδόν παντού και ο τρόπος άσκησής της επηρεάζει άμεσα το φυσικό περιβάλλον.

Από το 1950 και μετά ο κύκλος των συστημάτων άσκησης της γεωργίας διευρύνθηκε αρκετά. Η εξέλιξη της γεωργίας υπήρξε ταχύτατη στη διάρκεια του 20ου αιώνα, εμφανίζοντας μια σχέση άμεσης εξάρτησης από τις κοινωνικοδιαρθρωτικές αλλαγές (πληθυσμιακή έκρηξη, αλλαγές διατροφικών συνηθειών, τεχνολογική εξέλιξη, περιβαλλοντικά προβλήματα).

Νέες μορφές και τάσεις, που έχουν τη βάση τους σε διάφορα ανθρωποφιλοσοφικά ρεύματα, εμφανίστηκαν κυρίως στην Ευρώπη και στην Αμερική. Θεωρώντας ο άνθρωπος το ευρύτερο περιβάλλον, μέσα στο οποίο ασκείται η γεωργία, ως το φυσικό ζωτικό του χώρο, το χώρο όπου ο ίδιος διαδραματίζει έναν πολυσύνθετο ρόλο είναι αυτονόητο να επιθυμεί ο χώρος αυτός να αποκτήσει μορφή σύμφωνη προς την κοσμοθεωρία του [28].

Σήμερα δύο κύριες τάσεις καταγράφονται παγκόσμια:

- Διατήρηση της έντασης της γεωργίας στις υπό ανάπτυξη χώρες, προκειμένου να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες και
- Άσκηση της γεωργίας με ήπιες μορφές, φιλικές προς το περιβάλλον, που αποσκοπούν στη διατήρηση της ποικιλομορφίας, στην επανάκτηση της ποιότητας των γεωργικών προϊόντων και κυρίως στη διασφάλιση της υψηλής διατροφικής και χωρίς κινδύνους αξίας τους. Η τάση αυτή αναπτύσσεται κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες.

Η πρώτη από τις δύο αυτές τάσεις αποτελεί μονόδρομο για πολλές χώρες ή περιοχές που αντιμετωπίζουν σοβαρά επισιτιστικά προβλήματα (Αφρική, Ασία).

Η επιλογή της δεύτερης, ως γενικευμένου μοντέλου γεωργίας, αντιμετωπίζεται, ακόμα και από τους πιο αισιόδοξους, με αρκετό σκεπτικισμό. Η υποκατάσταση της εντατικής γεωργίας δεν είναι απλό εγχείρημα, καθόσον συνδέεται άμεσα με ευρύτερες κοινωνικές και οικονομικές ανακατατάξεις. Τα τελευταία χρόνια με αγροπεριβαλλοντικά προγράμματα τα οποία προωθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση και την καταβολή σημαντικών ενισχύσεων στους παραγωγούς γίνεται μια προσπάθεια για μετατροπή ποσοστού των καλλιεργούμενων εδαφών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε βιολογικές καλλιέργειες. Από την άλλη πλευρά, η μερική ή τυχαία εφαρμογή της “φιλοπεριβαλλοντικής” γεωργίας, παρότι αποτελεί ένα θετικό βήμα, δεν επιλύει αποτελεσματικά τα προβλήματα που προκάλεσε η εντατικοποίηση.

Οι σημαντικότερες μορφές άσκησης της γεωργίας σήμερα παρουσιάζονται παρακάτω.

4.2.1 Συμβατική γεωργία

Είναι η χημική γεωργία, που στηρίζεται στην ευρεία χρήση αγροχημικών (λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων), στην εντατικοποίηση των καλλιεργητικών μεθόδων, στην έντονη εκμηχάνιση και στην μονοκαλλιέργεια.

Η συμβατική γεωργία διακρίνεται από τις αυξημένες και συνεχείς εισροές (λιπάσματα, φυτοπροστατευτικές ουσίες) καθώς και την μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Ταυτόχρονα εξαντλεί το έδαφος, καταστρέφει τη φυσική του δομή και το καθιστά σχεδόν αδρανές. Οι υπερβολικές έως πολύ υψηλές πολλές φορές δόσεις αγροχημικών έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση καταλοίπων σε υψηλά επίπεδα στα προϊόντα ή σημαντικό μέρος αυτών καταλήγει στα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα (κυρίως τα λιπάσματα), με συνέπεια την αύξηση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) ή την δημιουργία ευτροφισμού. Στις συνέπειες της εντατικής γεωργίας μπορεί επίσης να συμπεριληφθεί και η αστικοποίηση του αγροτικού πληθυσμού, λόγω περιορισμού της εργασίας στις αγροτικές περιοχές [28].

4.2.2 Φυσική γεωργία

Η φυσική γεωργία στηρίζεται στις φυσικές διεργασίες και αποκλείει κάθε ανθρώπινη παρέμβαση σ' αυτές. Απαγορεύει ακόμα τις πιο ελαφρές καλλιεργητικές φροντίδες, όπως το κλάδεμα και την μηχανική καταστροφή ζιζανίων. Είναι αντίθετη προς τον υλισμό και έχει ως στόχο της την αποκατάσταση των ζημιών που ο άνθρωπος έχει προκαλέσει στην φύση.

Η φυσική γεωργία αναπτύχθηκε από τον Masanobu Fukuoka και έχει τις ρίζες της στην Άπω Ανατολή. Είναι προσαρμοσμένη κυρίως στην ηθογεωργία της περιοχής αυτής και έχει ελάχιστους οπαδούς σ' όλο τον κόσμο, κυρίως στην Άπω Ανατολή και την Αμερική [28].

4.2.3 Αειφόρος ή αειφορική γεωργία

Η αειφορική ή εναλλακτική γεωργία είναι η μορφή εκείνη όπου επιτρέπεται η με οικολογική αντίληψη ανθρώπινη παρέμβαση στο οικοσύστημα. Είναι το αντίθετο της συμβατικής γεωργίας και από πολλούς θεωρείται ως η μόνη λύση για τα προβλήματα που αυτή έχει προκαλέσει στο φυσικό περιβάλλον.

Στηρίζεται κυρίως στην ελαχιστοποίηση των παραμέτρων της συμβατικής γεωργίας (χρήση αγροχημικών, εκμηχάνιση, κλπ), ενώ στοχεύει και στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας. Επιδιώκει επίσης τον έλεγχο της ανθρώπινης παρέμβασης στο φυσικό περιβάλλον, με στόχο τη διαφύλαξη ή αποκατάσταση της φυσικής ισορροπίας στο οικοσύστημα. Η αειφορική γεωργία βασίζεται, κατά κύριο λόγο, στις φυσικές δυνατότητες και λαμβάνει υπόψη της, τις ιδιαιτερότητες ενός δεδομένου οικοσυστήματος, προσαρμόζοντας σ' αυτές την καλλιεργητική πρακτική που πρόκειται να εφαρμοστεί. Στηρίζεται στην ολιστική θεώρηση της γεωργίας, όπου δηλαδή στην παραγωγική διαδικασία αξιοποιούνται στο μέγιστο δυνατό όλοι οι φυσικοί παράγοντες (έδαφος, κλίμα, βιοποικιλότητα, αντοχή σε ασθένειες και εχθρούς, κλπ), με στόχο όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα να εξασφαλιστεί η αειφορική παραγωγή στο διηνεκές, με ελαχιστοποίηση της ανθρώπινης παρέμβασης. Στην μορφή αυτή γεωργίας εντάσσεται η Ολοκληρωμένη και Οργανική γεωργία [28].



Σχήμα 4.1 Αειφορική Γεωργική Παραγωγή.

4.2.3.1 Οργανική ή βιολογική γεωργία

Σαφής ορισμός της οργανικής γεωργίας δεν υπάρχει, αλλά θα μπορούσε να οριστεί ως το σύστημα εκείνο που βασίζεται στην αποφυγή ή ελαχιστοποίηση της χρήσης των αγροχημικών, στην αποφυγή της χρησιμοποίησης των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και των προϊόντων αυτών, στη μεγιστοποίηση της χρήσης της αμειψισποράς και των οργανικών υπολειμμάτων (κοπριά, χλωρή λίπανση, κομποστοποίηση), στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και στη βιολογική καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών των φυτών. Το φιλοσοφικό υπόβαθρο της οργανικής γεωργίας είναι καθαρά αντιυλιστικό και αποτελεί συνισταμένη πολλών

τάσεων και ρευμάτων που εμφανίστηκαν στην Αμερική και την Ευρώπη από τα μέσα του 19ου αιώνα ως τις αρχές του 20ου. Προέρχεται από την παραδοσιακή γεωργία με την οποία έχει πολλά κοινά στοιχεία.

Ακόμα και στα μέσα του 20ου αιώνα που άρχισε να εξαπλώνεται στην Ευρώπη και να αποκτά πιο συγκεκριμένη μορφή αντιμετωπιζόταν αρνητικά, δηλαδή ως μία μέθοδος αναχρονιστική και αναποτελεσματική. Τα προβλήματα όμως της ρύπανσης του περιβάλλοντος, της ασφάλειας των τροφίμων και της υποβάθμισης της ποιότητας της ανθρώπινης ζωής έδωσαν τα τελευταία χρόνια (από 1975 και μετά) μία νέα δυναμική και μια μεγάλη ώθηση στη βιολογική γεωργία.

Ο στόχος της βιολογικής γεωργίας είναι η παραγωγή προϊόντων ανώτερης ποιότητας, η ποικιλομορφία και η διασφάλιση της υγιεινής τους, σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Η βιολογική γεωργία σέβεται το οικοσύστημα, προστατεύει και συντηρεί το έδαφος και συντελεί στη διατήρηση της φυσικής ισορροπίας. Τέλος να σημειωθεί ότι ο όρος Οργανική γεωργία χρησιμοποιείται ευρέως στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και Αμερικής ενώ στην Ελλάδα έχει καθιερωθεί ο όρος Βιολογική γεωργία.

Ιστορική αναδρομή

Η βιολογική ή οικολογική γεωργία, ως πρακτική έκφραση της γενικότερης οικολογικής αντίληψης, εμφανίστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα (1915) όταν εκδηλώθηκε στη Γερμανία ένα κίνημα με κύριο εκφραστή τον Rudolf Steiner. Το κίνημα αυτό βασιζόταν στη φιλοσοφική θεωρία της ανθρωποσοφίας, την οποία ο ίδιος ο Steiner δημιούργησε το 1913 ως απάντηση στη θεωρία του υλισμού, που εκείνη την εποχή διαδίδονταν ταχύτατα στην Ευρώπη.

Λίγο μετά από τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο αναπτύχθηκε στην Αγγλία η θεωρία της οργανικής γεωργίας που στηριζόταν στη διατήρηση της βιολογικής ισορροπίας και της γονιμότητας του εδάφους με την χρήση οργανικών ουσιών που έχουν μετατραπεί σε λίπασμα. Οι ουσίες αυτές, εκτός των αναγκαίων θρεπτικών στοιχείων, εξασφάλιζαν στα φυτά υψηλή αντίσταση έναντι των εχθρών και ασθενειών. Κύριος εκφραστής της θεωρίας αυτής ήταν ο Sir Albert Howard που έζησε πολλά χρόνια στην Ινδία. Τις παρατηρήσεις του, στη διάρκεια των ετών αυτών, κατέγραψε στη Γεωργική Διαθήκη του το 1940. Με βάση τις θεωρίες αυτές, δημιουργήθηκε στην Ευρώπη το πρώτο οργανωμένο κίνημα για τις φυσικές μεθόδους παραγωγής, που σεβόταν το περιβάλλον, η Soil Association. Περίπου την ίδια εποχή το κίνημα της βιολογικής - οργανικής γεωργίας κάνει την εμφάνισή του στις Ηνωμένες Πολιτείες με κύριο εκφραστή το Rodale.

Εκτός από τους Steiner και Howard που θεωρούνται οι ιδρυτές της βιολογικής γεωργίας στη Γερμανία και την Αγγλία αντίστοιχα, ένα τρίτο κίνημα, με εμπνευστή τον Hans Peter Rush και εκφραστή τον H. Muller, εμφανίστηκε στην Ελβετία στη διάρκεια της δεκαετίας του '40. Σύμφωνα με τις ιδέες των δύο αυτών Ελβετών, η βιολογική γεωργία πρέπει να στηρίζεται στην όσο το δυνατό μεγαλύτερη χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πόρων με ταυτόχρονη αξιοποίηση της οργανικής λίπανσης, (όπου η χλωρή μάζα ενσωματώνεται στο έδαφος μόνο μετά την ζύμωσή της) και τον περιορισμό της κατεργασίας του εδάφους στο ελάχιστο δυνατό, προς αποφυγή καταστροφής της μικροχλωρίδας. Ο Rush, μάλιστα, για να αυξήσει την αξιοπιστία της μεθόδου του, επιχείρησε να αποδείξει την αξία της με επιστημονικά κριτήρια, ενώ ο Muller έδωσε περισσότερο βάρος στην αυτάρκεια των παραγωγών και την δημιουργία μικρών κυκλωμάτων διάθεσης των βιολογικών προϊόντων στην αγορά. Με δεδομένη όμως την ανάγκη αύξησης της παραγωγής για την κάλυψη των μεγάλων αναγκών σε τρόφιμα, που δημιουργήθηκαν στην Ευρώπη αμέσως μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η βιολογική γεωργία παρέμεινε, σχεδόν μέχρι το 1970, σε εμβρυακό στάδιο και αντιμετωπιζόταν περισσότερο ως ένα κίνημα «θεωρητικών» και «ακτιβιστών», παρά ως ένα οργανωμένο και σοβαρό κοινωνικό κίνημα.

Κατά την δεκαετία του '70 δημιουργήθηκαν στην Ευρώπη και ειδικά στις χώρες του Βορρά πολλές οργανώσεις για την βιολογική γεωργία και έτσι το βιολογικό-οικολογικό κίνημα άρχισε να παίρνει πιο συγκεκριμένη μορφή και να επεκτείνεται ταχύτατα. Όμως η έλλειψη επικοινωνίας, συντονισμού και συνεργασίας, καθώς επίσης και τα ποικίλα συμφέροντα που διαμορφώθηκαν συνετέλεσαν στον κατακερματισμό του κινήματος, με αποτέλεσμα οι οργανώσεις αυτές να έχουν τοπικό χαρακτήρα και εμβέλεια. Ωστόσο, κατά την περίοδο αυτή έγινε σημαντική δουλειά, κυρίως στους τομείς της θέσπισης κανόνων παραγωγής σε ευρύτερο τοπικό ή εθνικό επίπεδο και στη συγγραφή και τη θεσμοθέτηση των υποχρεώσεων των βιοκαλλιεργητών. Παράλληλα με την βιολογική γεωργία αρχίζει να εμφανίζεται και η βιολογική κτηνοτροφία, ουσιαστικά από το 1980 και μετά.

Από το 1980 και μετά η βιολογική γεωργία άρχισε να αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, στις ΗΠΑ αλλά και σε πολλές τρίτες χώρες. Η εξέλιξη αυτή είναι συνέπεια της όλο και μεγαλύτερης ζήτησης προϊόντων ποιότητας και προκαλείται από το γεγονός ότι όλο και περισσότεροι καταναλωτές συνειδητοποιούν ότι πολλά προβλήματα υγείας συνδέονται άμεσα με την διατροφή. Είναι επίσης συνέπεια της συνειδητοποιήσεως εκ μέρους των παραγωγών των σοβαρών κινδύνων που οι ίδιοι πρωτίστως διατρέχουν από την συνεχή επαφή τους με τα φυτοφάρμακα. Η ιδέα της βιολογικής γεωργίας ενισχύεται επίσης τα τελευταία χρόνια από την ανησυχία και το ενδιαφέρον πολλών κρατών, οργανισμών, οργανώσεων, κοινωνικών ομάδων για την προστασία και την διαφύλαξη του φυσικού περιβάλλοντος [28].

Θεσμικό και Νομοθετικό πλαίσιο για τη Βιολογική Γεωργία

Η Νομοθεσία που διέπει την βιολογική γεωργία στη χώρα μας πηγάζει κυρίως από την ενσωμάτωση του Κανονισμού της ΕΟΚ αριθ. 2092/91 περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής, ενώ δεν έχει ακόμη ενσωματωθεί στην εθνική νομοθεσία ο Κανονισμός της ΕΚ 834/2007 για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 2092/91. Παρακάτω παρουσιάζεται η ισχύουσα κοινοτική και εθνική νομοθεσία.

A. Κοινοτική Νομοθεσία

1. Καν. (ΕΚ) 834/2007 «για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 2092/91».
2. Καν. (ΕΚ) 889/2008 «σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων όσον αφορά τον βιολογικό τρόπο παραγωγής, την επισήμανση και τον έλεγχο των προϊόντων».
3. Καν. (ΕΚ) 967/2008 «για τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων»
4. Καν. (ΕΚ) 1235/2008 «για τον καθορισμό των λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες»
5. Καν. (ΕΚ) 1254/2008 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων όσον αφορά τον βιολογικό τρόπο παραγωγής, την επισήμανση και τον έλεγχο των προϊόντων»
6. Καν. (ΕΚ) 537/2009 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008, όσον αφορά τον κατάλογο των τρίτων χωρών από τις οποίες πρέπει να κατάγονται ορισμένα βιολογικά παραγόμενα γεωργικά προϊόντα προκειμένου να κυκλοφορούν στο εμπόριο εντός της Κοινότητας»

7. Καν. (ΕΚ) 710/2009 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων για τη βιολογική παραγωγή ζώων υδατοκαλλιέργειας και φυκιών»
8. Καν. (ΕΚ) 271/2010 «σχετικά με την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 για τον καθορισμό λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τον λογότυπο βιολογικής παραγωγής της Ευρωπαϊκής Ένωσης»
9. Καν. (ΕΚ) 271/2010 - διορθωτικό «Διορθωτικό στον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 271/2010 της Επιτροπής, της 24ης Μαρτίου 2010, σχετικά με την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 για τον καθορισμό λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τον λογότυπο βιολογικής παραγωγής της Ευρωπαϊκής Ένωσης»
10. Καν. (ΕΚ) 471/2010 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008 όσον αφορά τον κατάλογο των τρίτων χωρών από τις οποίες πρέπει να προέρχονται ορισμένα γεωργικά προϊόντα βιολογικής παραγωγής προκειμένου να διατεθούν στο εμπόριο στην Κοινότητα»
11. Καν. (ΕΚ) 344/2011 «για τη για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων όσον αφορά τον βιολογικό τρόπο παραγωγής, την επισήμανση και τον έλεγχο των προϊόντων»
12. Καν. (ΕΚ) 426/2011 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων όσον αφορά τον βιολογικό τρόπο παραγωγής, την επισήμανση και τον έλεγχο των προϊόντων»
13. Καν. (ΕΚ) 590/2011 «κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)»
14. Καν. (ΕΚ) 590/2011 - διορθωτικό «Διορθωτικό της Επιτροπής, της 20ής Ιουνίου 2011, σχετικά με την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008 για τον καθορισμό των λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες»
15. Καν. (ΕΚ) 1084/2011 «σχετικά με την τροποποίηση και τη διόρθωση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008 για τον καθορισμό των λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες»
16. Καν. (ΕΚ) 1267/2011 «σχετικά με την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008 για τον καθορισμό των λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες»
17. Καν. (ΕΚ) 126/2012 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 όσον αφορά τα αποδεικτικά έγγραφα και την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008 όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)»

18. Καν. (ΕΚ) 203/2012 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά λεπτομερείς κανόνες για τους βιολογικούς οίνους»
19. Καν. (ΕΚ) 505/2012 «για την τροποποίηση και διόρθωση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων όσον αφορά τον βιολογικό τρόπο παραγωγής, την επισήμανση και τον έλεγχο των προϊόντων».
20. Καν. (ΕΚ) 508/2012 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008 για τον καθορισμό των λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)».
21. Καν. (ΕΚ) 751/2012 «για τη διόρθωση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1235/2008 για τον καθορισμό των λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες».
22. Καν. (ΕΚ) 203/2012 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 σχετικά με τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά λεπτομερείς κανόνες για τους βιολογικούς οίνους»
23. Καν. (ΕΚ) 392/2013 «για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 889/2008 όσον αφορά το σύστημα ελέγχου της βιολογικής παραγωγής» Από 01/01/2009, την παραγωγή, μεταποίηση, επισήμανση και εμπορία των βιολογικών προϊόντων, διέπουν οι Κανονισμοί 834/2007/ΕΚ και 889/2008/ΕΚ, όπως αυτοί τροποποιούνται και ισχύουν. Από την ημερομηνία ισχύς των δυο παραπάνω κανονισμών, καταργήθηκαν οι εξής κανονισμοί: Καν. (ΕΟΚ) 2092/91, Καν. (ΕΚ) 223/2003 και Καν. (ΕΚ) 1452/2003.

Β. Εθνική Νομοθεσία

1. ΚΥΑ αριθμ. 245090/ 11.01.2006 (ΦΕΚ 157/Β/2006) Καθορισμός συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή του Καν. (ΕΟΚ) 2092/91 του Συμβουλίου «περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής» ως έχει τροποποιηθεί και ισχύει».
2. ΥΑ αριθμ. 336650/22.12.2006 (ΦΕΚ 1927/Β/2006) Λεπτομέρειες εφαρμογής της αρ. 245090/11.1.2006 (ΦΕΚ157/Β/2006) Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή του Καν. (ΕΟΚ) 2092/91 του Συμβουλίου «περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής» ως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
3. ΥΑ αριθμ. 296851/21.06.2007 (ΦΕΚ 1114/Β/2007) Λεπτομέρειες εφαρμογής της υπ' αριθμ. 245090/11.1.2006 (ΦΕΚ 157/Β/2006) κοινής υπουργικής απόφασης «Καθορισμός συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή του Καν. (ΕΟΚ)2092/91 του Συμβουλίου «περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής» ως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
4. ΚΥΑ 295191 αριθμ. 22.04.09 (ΦΕΚ 756/Β/2009) Καθορισμός συμπληρωματικών μέτρων για τη χρήση πολλαπλασιαστικού υλικού στη βιολογική γεωργία σε εφαρμογή των Κανονισμών (ΕΚ)834/07 και (ΕΚ)889/08, όπως αυτοί κάθε φορά ισχύουν.
5. Εγκύκλιος αριθμ. 1973/138399/12-11-13 Εισαγωγή προϊόντων βιολογικής προέλευσης από Τρίτες Χώρες. [29,30]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία για την εξέλιξη των βιολογικών καλλιεργειών στην Ελλάδα από το 1994 έως το 2012.

Πίνακας 4.1 Διαχρονική εξέλιξη εκτάσεων βιολογικής καλλιέργειας στην Ελλάδα [29]

Έτος	ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ (στρ.)
1994	11.882
1995	24.009
1996	52.694
1997	99.995
1998	154.019
1999	214.512
2000	267.070
2001	311.182
2002	179.400
2003	139.426
2004	446.320
2005	846.170
2006	512.089
2007	692.005
2008	1.281.492
2009	2.936.446
2010	1.431.295
2011	1.098.269
2012	486.592

Στην Ελλάδα έχει θεσπιστεί ένα Σύστημα ελέγχου και πιστοποίησης το οποίο εποπτεύεται από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων με την αρμόδια Διεύθυνση Βιολογικής Γεωργίας, ενώ επιβλεπτικός ρόλος έχει ανατεθεί στον Οργανισμό Πιστοποίησης και Επίβλεψης Γεωργικών Προϊόντων (Ο.Π.Ε.ΓΕ.Π.) AGROCERT [31]. Οι εγκεκριμένοι Οργανισμοί Ελέγχου και Πιστοποίησης είναι οι εξής:

1. Οργανισμός Ελέγχου και Πιστοποίησης Βιολογικών Προϊόντων «ΔΗΩ» με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ- 01-BIO ή EL-O1-BIO.
2. «ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ Ε.Π.Ε.» - Έλεγχοι Πιστοποιήσεις Προϊόντων Βιολογικής Γεωργίας – Προαγωγή Αειφόρου Ανάπτυξης με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ- 02-BIO ή EL-O2-BIO.
3. Ινστιτούτο Ελέγχου Βιολογικών Προϊόντων «ΒΙΟΕΛΛΑΣ Α.Ε.» με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ- 03-BIO ή EL-O3-BIO.
4. «QWAYS Διαδρομές ποιότητας Α.Ε» με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ-04-BIO ή EL-O4-BIO.
5. «ACERT ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε» με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ-05-BIO ή EL-O5-BIO.

6. «Α. ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ & ΣΙΑ ΕΕ IRIS» με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ-06-BIO ή ΕΛ-06-BIO.
7. «ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ - ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΩΜΑΣ ΜΙΣΑΗΛΙΔΗΣ Ο.Ε.» με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ-07-BIO ή ΕΛ-07-BIO.
8. «ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Α.Ε.» με κωδικό αριθμό έγκρισης ΕΛ-08-BIO ή ΕΛ-08-BIO.

4.2.3.2 Ολοκληρωμένη γεωργία

Η ολοκληρωμένη γεωργία θεωρείται ως το ενδιάμεσο στάδιο μετάβασης από τη συμβατική προς τη βιολογική. Δεν έχει συγκεκριμένη (θεσμοθετημένη) μορφή και τα προϊόντα της δεν αναγνωρίζονται επίσημα.

Βασική της αρχή είναι ότι αποδέχεται την ανθρώπινη παρέμβαση στις καλλιεργητικές διεργασίες, ενώ δεν είναι αντίθετη στη χρήση φυτοπροστατευτικών ουσιών, την εκμηχάνιση, ακόμα και στην χρήση των προϊόντων της γενετικής μηχανικής, αλλά με ελεγχόμενο τρόπο.

Η φιλοσοφία της ολοκληρωμένης γεωργίας στηρίζεται στην οικονομικότητα των μέσων και μεθόδων που ικανοποιεί, συνεκτιμώντας βέβαια και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Εφαρμογή στην πράξη της ολοκληρωμένης γεωργίας με καθολικό τρόπο δεν γίνεται και η πλέον συνήθης πρακτική της είναι η ολοκληρωμένη καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών που πραγματοποιείται σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες [28].

Ορισμοί της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Καλλιεργειών

Η ολοκληρωμένη διαχείριση στη γεωργική παραγωγή μπορεί να οριστεί σαν ένας τρόπος παραγωγής μεταξύ της συμβατικής και βιολογικής γεωργίας. Η ιδέα της ολοκληρωμένης διαχείρισης καλλιεργειών μπορεί να προσδιοριστεί σαν η λύση μεταξύ δυο διαφορετικών απαιτήσεων των καταναλωτών:

- την ανάγκη για μια περιβαλλοντικά φιλικότερη γεωργία (με μείωση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και των λιπασμάτων, με ορθολογική διαχείριση του νερού, με ορθολογική διαχείριση της απαιτούμενης ενέργειας κ.λπ.)
- την απαίτηση για ασφαλή τρόφιμα, οικονομικά προσβάσιμα σε όλους, επαρκή σε ποσότητες, φρέσκα, χωρίς ελαττώματα και έντομα, τέλεια σε μέγεθος και σχήμα.

Ενώ η συμβατική γεωργία εξασφαλίζει την τελευταία απαίτηση και η βιολογική σίγουρα την πρώτη, καμιά από τις δύο συνδυάζει και τις δυο απαιτήσεις των καταναλωτών .

Μέσα στα συστήματα παραγωγής αρχίζει να μπαίνει ο όρος της αειφορίας. Ο πιο ευρέως διαδεδομένος ορισμός της αειφόρου ανάπτυξης είναι αυτός της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (World Commission on Environment and Development) του 1987 που αναφέρει ότι, η αειφόρος ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύει την ανάγκη των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες. Ο Harwood (1990) έδωσε το δικό του ορισμό για την αειφόρο γεωργία: «αειφόρος γεωργία είναι ένα σύστημα το οποίο μπορεί να αναπτύσσεται απεριόριστα προς την ανθρώπινη ωφέλεια, την καλύτερη χρησιμότητα των φυσικών πόρων, σε ισορροπία με το περιβάλλον, ευνοώντας το ανθρώπινο και τα υπόλοιπα είδη» [32].

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση στη Γεωργική Παραγωγή (ΟΔΓΠ) περιλαμβάνει τα συστήματα διαχείρισης των καλλιεργειών τα οποία αναζητούν την αριστοποίηση των εισροών και των εκροών με στόχο την παραγωγή ποιοτικών και οικονομικά αποδεκτών προϊόντων για το γεωργό και τον καταναλωτή, ενώ παράλληλα διατηρούν και αναβαθμίζουν το περιβάλλον.

Ενδιαφέρεται ολιστικά για όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας από την πρωτογενή παραγωγή μέχρι το τελικό προϊόν, συνδυάζοντας βιολογικές, φυσικές, χημικές και τεχνολο-

γικές μεθόδους. Με την πραγματοποίηση ενός συστηματικού ελέγχου, μιας συνεχούς αξιολόγησης και ενός ορθολογικά οικονομικού σχεδιασμού είναι δυνατόν να εκμεταλλευτεί κανείς αποτελεσματικά τους φυσικούς πόρους συνδυάζοντας τους με φυτοπροστατευτικά προϊόντα και ανόργανα λιπάσματα. Η προστασία του οικοσυστήματος αποτελεί ένα σημείο αναφοράς με ιδιαίτερη σημασία. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι η γεωργική εκμετάλλευση μέσω της ΟΔΓΠ (Ολοκληρωμένη Διαχείριση στη Γεωργική Παραγωγή) υποβάλλεται πλέον σε μια συνολική θεώρηση σε όλες τις δραστηριότητες της και σε όλα τα χαρακτηριστικά της. Η ΟΔΓΠ δεν αποτελεί ένα στενά ορισμένο τύπο διαχείρισης της αγροτικής παραγωγής, αλλά ένα δυναμικό σύστημα το οποίο συνεχώς προσαρμόζεται με τις εξελίξεις της έρευνας, της τεχνολογίας και γενικά της τεχνολογίας στο χώρο.

Σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής, η Ολοκληρωμένη Διαχείριση στη Γεωργική Παραγωγή, θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα πολυδιάστατο, δυναμικό σύστημα σύγχρονης γεωργικής πρακτικής που στοχεύει, μέσα από την σχολαστική καταγραφή και τον έλεγχο όλων των εισροών και εκροών στην αγροτική εκμετάλλευση, στην ισόρροπη ανάπτυξη μιας οικονομικής και κερδοφόρας παραγωγής, με σεβασμό στο περιβάλλον και την ασφάλεια τόσο του παραγωγού όσο και του τελικού χρήστη.

Οι ορισμοί που έχουν δοθεί κατά καιρούς είναι πολλοί, έτσι σύμφωνα με τον Ο.Π.Ε.ΓΕ.Π, ως Ολοκληρωμένη Παραγωγή ορίζεται: «Η συνδυασμένη χρήση όλων των διαθέσιμων μέσων, με μείωση των εισροών και σκοπό την επίτευξη του καλύτερου δυνατού οικονομικού αποτελέσματος, με την ελάχιστη διατάραξη του περιβάλλοντος» [32].

Σύμφωνα με την ECPA (European Crop Protection Association) η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παραγωγής ορίζεται ως: «Η διαχείριση της παραγωγής στον αγρό με τέτοιο τρόπο, ώστε να διατηρείται και να εμπλουτίζεται το περιβάλλον (άγρια πανίδα – χλωρίδα – άνθρωπος), ενώ ταυτόχρονα η παραγωγή επιτυγχάνεται με τον οικονομικότερο τρόπο, εξασφαλίζοντας άριστη ποιότητα» [32].

Ο IOBC (International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants), ορίζει την Ολοκληρωμένη Παραγωγή ως την: «Οικονομικά συμφέρουσα παραγωγή αγροτικών προϊόντων υψηλής ποιότητας που δίνει προτεραιότητα στη χρησιμοποίηση οικολογικά ασφαλών μεθόδων, μειώνοντας τις ανεπιθύμητες δευτερογενείς επιδράσεις των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας» [32].

Η EISA (European Initiative for Sustainable Development of Agriculture) ορίζει την Ολοκληρωμένη Γεωργία ως έναν τρόπο διαχείρισης της γεωργικής εκμετάλλευσης, που συνδυάζει την προστασία του περιβάλλοντος με τις οικονομικές απαιτήσεις της γεωργίας, ώστε να διασφαλιστεί η συνέχιση της εξασφάλισης υγιεινών τροφίμων σε επαρκείς ποσότητες [32].

Εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν υπάρχει ένας επίσημος ορισμός της ολοκληρωμένης διαχείρισης παραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση ή και σε εθνικό επίπεδο, η κάθε χώρα – μέλος υιοθετεί ορισμούς οι οποίοι προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

Εξετάζοντας τους παραπάνω ορισμούς, διαπιστώνει κανείς ότι οι λέξεις κλειδιά για όλους είναι η “περιβαλλοντική ευαισθησία”. Ακολουθεί σε συχνότητα ο όρος “οικονομική βιωσιμότητα”, αντανακλώντας το γεγονός ότι η παραγωγή προϊόντων είναι μια επιχειρηματική δραστηριότητα και επομένως πρέπει να είναι κερδοφόρα. Οι “σύγχρονες τεχνικές” είναι επίσης ένα σημαντικό στοιχείο των ορισμών, είναι ένα σημείο που διαφοροποιεί την ολοκληρωμένη διαχείριση γεωργικής παραγωγής από την βιολογική καλλιέργεια, η οποία στις αρχές της τουλάχιστον, αν όχι στην πράξη, απορρίπτει τις σύγχρονες τεχνικές, όπως τις χημικές εισροές.

Οι στόχοι της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Καλλιερειών

Οι στόχοι της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης αποκαλύπτονται μέσα από τους ορισμούς. Η συγκεκριμένη μορφή άσκησης της γεωργίας δίνει έμφαση σε ορισμένους στόχους, οι οποίοι είναι οι ακόλουθοι [32]:

- Η εξασφάλιση μιας αιφόρου παραγωγής με σεβασμό στο περιβάλλον, οικονομικά βιώσιμης που υποστηρίζει τις πολλαπλές λειτουργίες της, που έχουν κοινωνικό, πολιτιστικό και ανανεωτικό χαρακτήρα.
- Η εξασφάλιση μιας αιφόρου παραγωγής υγιών καλλιεργειών που παράγουν υψηλής ποιότητας προϊόντα με την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση από υπολείμματα φυτοπροστατευτικών προϊόντων.
- Η προστασία της υγείας των παραγωγών από τη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων.
- Η υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων.
- Η προώθηση και διατήρηση μιας πλούσιας βιοποικιλότητας στο ευρύτερο αγροοικοσύστημα.
- Η χρησιμοποίηση φυσικών ρυθμιστικών μηχανισμών (π.χ. κατάλληλο έδαφος, σωστή θερμοκρασία, ασβέστωση, φυσιολογικό pH).
- Η διατήρηση και ενίσχυση της γονιμότητας του εδάφους.
- Η ελαχιστοποίηση της ρύπανσης των νερών, του εδάφους και της ατμόσφαιρας.
- Η διατήρηση των εχθρών και ασθενειών των καλλιεργειών καθώς και των ζιζανίων, κάτω από το επίπεδο της οικονομικής ζημιάς.
- Η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των παραγωγών.
- Η μείωση των χημικών εισροών στις απολύτως απαραίτητες εφαρμογές.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών μεταξύ βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας

Η ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών, αποτελεί έναν τρόπο γεωργικής παραγωγής ο οποίος βρίσκεται μεταξύ της βιολογικής και της συμβατικής γεωργίας.

Η βιολογική καλλιέργεια είναι μια ολιστική άποψη της γεωργίας που εκφράζει τη βαθιά αλληλεξάρτηση μεταξύ ζώντων οργανισμών της γεωργικής εκμετάλλευσης, της παραγωγής της και του συνολικού περιβάλλοντος.

Η συμβατική γεωργία, γνωστή και ως κλασική, επιστημονική, σύγχρονη και χημική βασίζεται στην εντατικοποίηση, στην έντονη εκμηχάνιση και στην περιορισμένη ή ελάχιστη βιοποικιλότητα. Αξιοποιεί ανεξέλεγκτα τους διατιθέμενους φυσικούς πόρους και τα συνθετικά αγροχημικά. Εισάγει απεριόριστη ενέργεια για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες των δραστηριοτήτων της. Κι όλα αυτά στο βωμό της αύξησης της παραγωγικότητας με την οποία στοχεύει να αντιμετωπίσει το πρόβλημα του υποσιτισμού της ανθρωπότητας. Η σύγχρονη αυτή μορφή γεωργίας προσπαθεί να επιτύχει τη βελτίωση της παραγωγικότητας με βαθιές παρεμβάσεις στο αγροοικοσύστημα.

Παρατηρούμε λοιπόν, πως η ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών αποτελεί ενδιάμεσο σταθμό στη μετάβαση για την οικολογική γεωργία. Ενασκείται σ' ένα αγροοικοσύστημα, το οποίο δέχεται την ανθρώπινη παρέμβαση σε εντονότερο βαθμό. Είναι βασική κατεύθυνση της αιφόρου γεωργίας. Δεν εφαρμόζεται σε μεγάλη έκταση με τη συνολική της μορφή. Αναπτύσσονται όμως σε μεγάλο βαθμό επιμέρους συστήματα και ιδιαίτερα εκείνο της ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας.

Μπορεί να διαδραματίσει βασικό ρόλο στην προσπάθεια υποκατάστασης της συμβατικής γεωργίας και να αποτελέσει το θάλαμο προετοιμασίας των καλλιεργητών για την είσοδό τους στην οικολογική γεωργία.

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Καλλιεργειών στην Ευρώπη

Στον Ευρωπαϊκό χώρο, οι πρώτες ομάδες παραγωγών που άρχισαν να εργάζονται στα πλαίσια των κανόνων της Ολοκληρωμένης διαχείρισης στη γεωργική παραγωγή ιδρύθηκαν τη δεκαετία του '70. Εκείνη την περίοδο το συμβούλιο του IOBC (International Organization for Biological Control) αποφάσισε να ασχοληθεί με τον καθορισμό των κανόνων της ολοκληρωμένης διαχείρισης. Το 1978 δημιουργήθηκε μια διεθνής επιτροπή για τον έλεγχο της λειτουργίας των τοπικών ή εθνικών οργανισμών και τη χορήγηση ειδικού σήματος. Η επίσημη αναγνώριση της χρησιμοποίησης του σήματος του IOBC χορηγήθηκε για πρώτη φορά στην Ελβετία και στην Γαλλία το 1981. Η δεκαετία του '90 έφερε στο προσκήνιο αρκετά σήματα αγροτικών προϊόντων, γεγονός που ενίσχυσε το κύρος της ολοκληρωμένης διαχείρισης στην Ευρώπη [32].

Από την δεκαετία του 1990 μέχρι σήμερα, τα φιλοπεριβαλλοντικά κινήματα, οι επιδοτήσεις από διάφορες ευρωπαϊκές κυβερνήσεις και η πίεση από την αγορά για ασφαλέστερα προϊόντα, οδήγησαν το σύνολο των ευρωπαϊκών κρατών στην υιοθέτηση κάποιου προτύπου ή πρωτοκόλλου ολοκληρωμένης διαχείρισης [32].

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Καλλιεργειών στην ΕλλάδαΤα ισχύοντα πρότυπα στη χώρα μας

Η εφαρμογή Συστημάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στη χώρα μας ξεκίνησε τις αρχές του 2000. Σύμφωνα με τον Ο.Π.Ε.Γ.Ε.Π., η ανάγκη για πιστοποίηση και απόδοση ταυτότητας στα ελληνικά γεωργικά προϊόντα έχει αναγνωριστεί και θεωρείται σημαντική, ενώ ακόμη πιο σημαντική θεωρείται η σύνδεση αυτής της ταυτότητας με την περιβαλλοντικά ήπια άσκηση της γεωργίας. Παράλληλα με τη διατήρηση και τη βελτίωση του περιβάλλοντος, είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλίζεται η ποιότητα και η ασφάλεια των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων, με σκοπό την ικανοποίηση των απαιτήσεων των καταναλωτών και τη συνακόλουθη οικονομική επιτυχία της γεωργικής εκμετάλλευσης [32].

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία για την εξέλιξη της Ολοκληρωμένης Γεωργίας τα έτη 2000 έως 2007 στην Ελλάδα.

Πίνακας 4.2 Διαχρονική εξέλιξη της Ολοκληρωμένης Γεωργίας στην Ελλάδα [33]

Έτος	Ολοκληρωμένη Γεωργία	
	Έκταση (στρ.)	Μεταβολή (%)
2000	1.235	-
2001	32.711	+ 2548,7
2002	85.907	+ 162,6
2003	125.562	+ 46,2
2004	151.210	+ 20,4
2005	188.321	+ 24,5
2006	249.521	+ 32,5
2007	292.318	+ 17,2

Στην Ελλάδα, εφαρμόζεται το Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης σύμφωνα με τα πρότυπα AGRO 2.1 & AGRO 2.2. Το πρότυπο AGRO 2.2 έχει εξειδικευμένα πρότυπων για τις ακόλουθες καλλιέργειες [32]:

- AGRO 2-2/1 Απαιτήσεις για την εφαρμογή στην καλλιέργεια της ροδακινιάς
- AGRO 2-2/2 Απαιτήσεις για την εφαρμογή στην καλλιέργεια βαμβακιού
- AGRO 2-2/3 Απαιτήσεις για την εφαρμογή στην καλλιέργεια ελιάς

Επίσης εφαρμόζονται οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Good Agricultural Practice) σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο GLOBALGAP (EUREPGAP). Η κάθε γεωργική εκμετάλλευση που επιθυμεί να πιστοποιηθεί σύμφωνα με κάποιο από τα παραπάνω πρότυπα (AGRO 2 & GLOBALGAP) πρέπει να καθιερώσει και να διατηρεί ένα σύστημα ποιότητας το οποίο να ακολουθεί και να συμμορφώνεται στις απαιτήσεις του εκάστοτε προτύπου.

4.2.3.3 Γεωργία Ακριβείας

Η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) ονομάζεται η μέθοδος γεωργικής πρακτικής, που χρησιμοποιεί πληροφορία με σαφήνεια προσδιορισμένη ως προς το χώρο ή και το χρόνο, προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα των εισροών, ή και να ελαχιστοποιήσει τις βλαβερές τους συνέπειες [27].

Η τεχνική της Γεωργίας Ακριβείας βασίζεται

- στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems– G.I.S.
- τη Γεωργική Μηχανική,
- τις Μετρήσεις στο Πεδίο,
- τα Συστήματα Εντοπισμού Θέσης και
- την Τηλεπισκόπηση

Η Γεωργία Ακριβείας μελετώντας την παραλλακτικότητα στον αγρό έχει ως στόχο:

- Μείωση του κόστους παραγωγής,
- Μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον,
- Σωστή διαχείριση εισροών σε μια καλλιέργεια.

Η μεθοδολογία ακολουθεί τρία στάδια:

- Συλλογή πληροφοριών
- Επεξεργασία και διαχείριση δεδομένων
- Αποφάσεις και εφαρμογή μεθόδου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η μεταμόρφωση των σημερινών κυρίαρχων τάσεων της γεωργίας είναι επείγουσα επειδή η συμβατική γεωργία όπως ασκείται στις ανεπτυγμένες χώρες έχει επιτύχει μεγάλα επίπεδα παραγωγικότητας πρωτίστως μέσω των υψηλών επιπέδων πεπερασμένων εισροών όπως τα εντομοκτόνα, τα ζιζανιοκτόνα και τα λιπάσματα, της αυξημένης μηχανοποίησης του αγρού, της υψηλής χρήσης καυσίμων μετακίνησης, αυξημένης χρήσης νερού που συχνά υπερβαίνει τον υδρολογικό ρυθμό ανατροφοδότησης, και καλλιεργείες υψηλών αποδόσεων που έχουν υψηλό οικολογικό αποτύπωμα.

Παρομοίως, η παραδοσιακή γεωργία όπως ασκείται στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες, η οποία έχει πολύ μικρότερη παραγωγικότητα, συχνά καταλήγει στην υπερβολική άντληση εδαφικών θρεπτικών και τη μετατροπή δασικών εκτάσεων σε καλλιεργητικά γη.

Η ανάγκη για βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης της γεωργίας υπογραμμίζεται από την επιταχυνόμενη εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, την συνεχιζόμενη επιφανειακή εξόρυξη των εδαφικών θρεπτικών, την αυξανόμενη έλλειψη καθαρού νερού σε πολλές λεκάνες απορροής ποταμών, την επιδείνωση της ρύπανσης των υδάτων από την κακή διαχείριση των θρεπτικών και την εντατική χρήση τοξικών παρασιτοκτόνων και ζιζανιοκτόνων, τη διάβρωση, την επέκταση της αποψίλωσης τροπικών δασών και την ετήσια παραγωγή του ενός τρίτου των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η γεωργία που βασίζεται στο πλώνα της πράσινης οικονομίας, ενσωματώνει τοπικές βιολογικές πηγές εισροών, φυσικές, βιολογικές διαδικασίες για την αποκατάσταση και βελτίωση της εδαφικής γονιμότητας, επιτυγχάνει αποτελεσματικότερη χρήση νερού, αυξάνει την φυτική και ζωική ποικιλομορφία, υποστηρίζει την ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων και ζιζανίων και ενισχύει την απασχόληση και τις μικρές και οικογενειακές εκμεταλλεύσεις.

Η Πράσινη Γεωργία θα μπορούσε να καλύψει τις τροφικές ανάγκες του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το 2050 αν οι παγκόσμιες προσπάθειες μετάβασης ξεκινούσαν αμέσως. Αυτή η μετάβαση θα έπρεπε να επικεντρωθεί στη βελτίωση της παραγωγικότητας στις μικρές και οικογενειακές εκμεταλλεύσεις, σε περιοχές όπου ο αυξανόμενος πληθυσμός και η τροφική ανασφάλεια είναι πιο έντονα. Η δημιουργία αγροτικών θέσεων εργασίας θα συνόδευε μια τέτοια μετάβαση στη Πράσινη γεωργία, αφού η βιολογική και άλλες περιβαλλοντικά βιώσιμες μορφές γεωργικής πρακτικής συχνά δημιουργούν μεγαλύτερη ανάγκη για εργατικό δυναμικό από τη συμβατική γεωργία. Οι τοπικές αλυσίδες παροχής εισροών και τα μετά-συλλεκτικών συστημάτων επεξεργασίας θα δημιουργήσουν νέες επιχειρήσεις προστιθέμενης αξίας και θέσεις εργασίας με υψηλή εξειδίκευση. Υψηλότερα ποσοστά πράσινων γεωργικών δαπανών εισροών θα διατηρούνται εντός των τοπικών και περιφερειακών κοινοτήτων, και η αύξηση της χρήσης των τοπικών γεωργικών εισροών θα αντικαταστήσουν τις πολλές εισαγόμενες αγρό-χημικές εισροές, βοηθώντας στη μείωση των εμπορικών ανισοτήτων για της χώρες χαμηλού εισοδήματος,

Οι υπηρεσίες οικοσυστήματος και τα στοιχεία του φυσικού κεφαλαίου θα βελτιωθούν λόγω της μειωμένης εδαφικής διάβρωσης και χημικής ρύπανσης, της υψηλότερης αποδοτικότητας των καλλιεργειών και του νερού, και της μειωμένης αποψίλωσης των δασών. Η Πράσινη Γεωργία έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά τις γεωργικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου δεσμεύοντας ετησίως σχεδόν 6 δισεκατομμύρια τόνους ατμοσφαιρικού CO₂. Η σωρευτική επίδραση της πράσινης γεωργίας, μακροπρόθεσμα θα δώσει την προσαρμοστική αντοχή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Θα πρέπει να γίνουν επενδύσεις για την ενίσχυση και επέκταση των σχετικών με τον εφοδιασμό δυνατοτήτων, με εκπαίδευση των γεωργών, επέκταση των υπηρεσιών, και έργων

επίδειξης πράσινων γεωργικών πρακτικών που είναι κατάλληλα για συγκεκριμένες τοπικές συνθήκες και υποστηρίζουν τόσο τους άντρες όσο και τις γυναίκες γεωργούς. Επενδύσεις για την δημιουργία και στέγαση των γεωργικών επιχειρήσεων επίσης είναι αναγκαίες. Επιπλέον επενδυτικές ευκαιρίες περιλαμβάνουν η αύξηση της παραγωγής και η διανομή των πράσινων αγροτικών εισροών (πχ. βιολογικά λιπάσματα, βίο-παρασιτοκτόνα κλπ.), οι εξοπλισμοί για την καλλιέργεια μη άροσης και η βελτίωση της πρόσβασης σε ποικιλίες φυτών και ζώων με μεγαλύτερες αποδόσεις και προσαρμοστικότητα. Οι επενδύσεις σε μετά-συλλεκτικό επίπεδο, για το χειρισμό του εξοπλισμού αποθήκευσης και επεξεργασίας, και οι βελτιωμένες υποδομές πρόσβασης στην αγορά, θα είναι αποτελεσματικές για την μείωση των απωλειών τροφίμων.

Επιπρόσθετα, απαιτούνται επενδύσεις για την αύξηση της δημόσιας έρευνας για τη βιολογική ανάκτηση θρεπτικών, τις δυναμικές της εδαφικής γονιμότητας, της παραγωγικότητας του νερού, της φυτικής και ζωικής ποικιλομορφίας, της βιολογικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων και τις πρακτικές μείωσης μετά-συλλεκτικών απωλειών.

Τα εξασφαλισμένα δικαιώματα γης και η καλή διακυβέρνηση όπως και η ανάπτυξη υποδομών (πχ. δρόμοι, ηλεκτροδότηση, διαδίκτυο, κλπ.) είναι απαραίτητα για να δημιουργηθούν οι συνθήκες για την επιτυχία του εγχειρήματος, ειδικά στον αγροτικό τομέα και συγκεκριμένα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτές οι επενδύσεις θα έχουν πολλαπλά οφέλη για ένα ευρύ φάσμα στόχων της πράσινης οικονομίας και θα επιτρέψουν την γρήγορη μετάβαση στην πράσινη γεωργία.

Επίσης απαιτούνται δημόσιες πολιτικές που θα παρέχουν γεωργικές επιδοτήσεις για την διευκόλυνση της κάλυψης των αρχικών μεταβατικών δαπανών που απαιτούνται για την υιοθέτηση πιο φιλικών προς το περιβάλλον γεωργικών πρακτικών. Τέτοια κίνητρα μπορούν να χρηματοδοτηθούν από την ταυτόχρονη μείωση επιδοτήσεων που μειώνουν το κόστος των αγροτικών εισροών, επιτρέποντας την αλόγιστη χρήση τους και ενθαρρύνοντας πρακτικές υποστήριξης των καλλιεργειών που εστιάζουν στα βραχυπρόθεσμα οφέλη .

Πρωτοβουλίες για την εκπαίδευση και την ευαισθητοποίηση του κοινού απαιτούνται σε όλες τις χώρες για τη διευθέτηση των καταναλωτικών απαιτήσεων. Επενδύσεις σε προγράμματα που απευθύνονται στους καταναλωτές και προσανατολίζονται στην υγιεινή διατροφή και τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιδράσεις των διατροφικών συνηθειών θα μπορούσαν να ενισχύσουν την τοπική και παγκόσμια απαίτηση για βιώσιμα παραγόμενο φαγητό.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Rodriguez, Elizabeth, Sultan, Ryan and Hilliker, Amy, Negative Effects of Agriculture on Our Environment, The Traprock, Vol. 3, May 2004, pp 28 – 32.
2. Dalea, Virginia H., Polaskyb, Stephen, Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services, Ecological Economics (2007).
3. The Three Agricultural Revolutions [online], Διαθέσιμο από: http://www.lewishistoricalsociety.com/wiki/tiki-print_article.php?articleId=2 [Προσβάσιμο στις 2 Ιουνίου 2014].
4. The Three Agricultural Revolutions Version 2 [online], Διαθέσιμο από: http://www.lewishistoricalsociety.com/wiki/tiki-read_article.php?articleId=47 [Προσβάσιμο στις 2 Ιουνίου 2014].
5. FAO 2003, World agriculture: towards 2015/2030, An FAO perspective [online], Διαθέσιμο από: <http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e14.htm#Ch12> [Προσβάσιμο στις 2 Ιουνίου 2014].
6. NEPAD/ABNE, Environmental Impacts of Agriculture, [online], Διαθέσιμο από: <http://www.nepadbiosafety.net/subjects/environmental-biosafety/environmental-impacts-of-agriculture> , [Προσβάσιμο στις 2 Ιουνίου 2014].
7. FAO 2003, World agriculture: towards 2015/2030, An FAO perspective [online], Διαθέσιμο από : <http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e00.htm#TopOfPage> , [Προσβάσιμο στις 29 Μαΐου 2014].
8. Αντώνογλου, Λ. & Ζαρκαδά, Α. (2005), Χημεία & καθημερινή ζωή- Αγροχημικά, η πράσινη προσέγγιση, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Θεσσαλονίκη.
9. Πολυράκης, Γιάννης Θ. (2003), Περιβαλλοντική Γεωργία, Εκδόσεις Ψύχαλου, Θεσσαλονίκη.
10. WenJun Zhang, FuBin Jiang, JianFeng Ou, Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus, Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 2011, 1(2):125-144.
11. Arias-Estevez, M. et al. (2008), The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources, Agriculture, Ecosystems and Environment 123 247–260.
12. Λουπάκη, Ευθαλία (2009), Φυτοπροστατευτικά Προϊόντα και Περιβάλλον με έμφαση στις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, ΤΕΙ Κρήτης.
13. Skinner, J.A., Lewis, K.A., Bardon, K.S., Tucker, P., Catt, J.A. and Chambers, B.J., An Overview of the Environmental Impact of Agriculture in the U.K., Journal of Environmental Management (1997) 50, 111–128.
14. Δρυμησκιανάκης, Δημήτριος (2006), Αγροχημικά: Άνθρωπος και Περιβάλλον, Πτυχιακή Διατριβή, ΑΤΕΙ Κρήτης.

15. Pimentel, David, Acquay, H. Biltonen, M. Rice, P. Silva, M. Nelson, J. Lipner, V. Giordano, S. Horowitz, A. and D'Amore, M., Environmental and Economic costs of pesticide use, *BioScience* Vol. 42 No. 10 (1992), pg.750-760.
16. Control of water pollution from agriculture - FAO irrigation and drainage paper 55, Food and Agriculture Organization of the United Nations-Rome, 1996.
17. Rao, E.V.S. Prakasa and Puttanna, K., 2000, Nitrates, agriculture and environment, *Current Science*, Vol.79, No 9.
18. Mannion, A.M., (1995), Agriculture, environment and biotechnology , *Agriculture, Ecosystems and Environment* [53], 31-45.
19. Halford, Nigel G., (2012), Toward two decades of plant biotechnology: successes, failures, and prospects, *Food and Energy Security* [1], 9–28.
20. Κατσώνη, Βασιλική (2006), Εξάπλωση των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών - Οικονομική σημασία προβληματισμοί και επιφυλάξεις, Πτυχιακή διατριβή, ΤΕΙ Κρήτης.
21. Φιλιππίδου, Σωτηρία (2004), Κρυοσυντηρηση φυτικού γενετικού υλικού in vitro, Πτυχιακή διατριβή, ΤΕΙ Κρήτης.
22. Mannion, A.M., (1993), Biotechnology and global change, *Global environmental change*, 320-329.
23. WHO, Nutrition health topics, Micronutrient deficiencies-Vitamin A deficiency, [online], Διαθέσιμο από: <http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/> , [Προσβάσιμο στις 2 Ιουνίου 2014].
24. Wikipedia, Genetically modified tomato [online], Διαθέσιμο από: http://en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_tomato#Delayed_ripening [Πρόσβασιμο στις 2 Ιουνίου 2014].
25. Κοκολάκη, Ευαγγελία (2010), Γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες με ανθεκτικότητα σε ζωικούς εχθρούς και ζιζανιοκτόνα, Πτυχιακή διατριβή, ΤΕΙ Κρήτης.
26. World Hunger Education Service, 2013 World Hunger and Poverty Facts and Statistics [online], Διαθέσιμο από: <http://www.worldhunger.org/articles/Learn/world%20hunger%20facts%202002.htm> [Προσβάσιμο στις 2 Ιουνίου 2014].
27. ΤΕΙ Μεσολογγίου, Τμήμα Μηχανολογίας και Υδάτινων Πόρων (2011), Τεύχος παραδοτέων «Αειφορική, Βιολογική και Συμβατική Γεωργία», Πρόγραμμα «Επιστημονική υποστήριξη νέων αγροτών» της Γενικής Γραμματείας Νέας Γενιάς.
28. Στεφανάκης, Γ. (2006) Οργανική έναντι Συμβατικής Γεωργίας-Η Επίδραση στη Βιοποικιλότητα, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
29. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Εθνική Νομοθεσία Βιολογικών Προϊόντων [online], Διαθέσιμο από: <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/biologikgeorgiaktinotrofia/641-eunikinomothesiabiologika?tmpl=component&print=1&page=>

[Προσβάσιμο στις 15 Ιουνίου 2014].

30. BIO Hellas, Νομοθεσία για τη Βιολογική Γεωργία/ Κτηνοτροφία [online], Διαθέσιμο από: <http://www.bio-hellas.gr/el/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B1%CE%9A%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF/%CE%95%CF%85%CF%81%CF%89%CF%80%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AE%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B1/tabid/93/Default.aspx>
[Προσβάσιμο στις 15 Ιουνίου 2014].
31. Επιμελητήριο Λάρισας (2008), Χρήσιμες πληροφορίες για τα προϊόντα βιολογικής γεωργίας.
32. Ιερωνυμάκη, Κ. (2011), Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της ελιάς με βάση το πρότυπο AGRO 2.2/3, Πτυχιακή Εργασία, ΑΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο.
33. Θεοχαροπουλος, Αθ. (2009), Οικονομική και Περιβαλλοντική Ανάλυση Εναλλακτικών Μορφών Γεωργίας, Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

