



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ  
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕ  
ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΖΩΙΚΟΥΣ ΕΧΘΡΟΥΣ ΚΑΙ  
ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ***

**Κοκολάκη Ευαγγελία**  
**Εισηγητής : Δρ. Λουλακάκης Κωνσταντίνος**

**Ηράκλειο 2010**

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	1
Πρόλογος.....	4
Εισαγωγή.....	5

### Κεφάλαιο 1

1.1) Η Βιοτεχνολογία. ....	7
1.2) Ιστορική αναδρομή της Βιοτεχνολογίας.....	7

### Κεφάλαιο 2

2.1) Εφαρμογές της βιοτεχνολογίας.....	11
2.1.1) Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην ιατρική.....	11
2.1.2) Η τεχνολογία τροφίμων.....	14
2.1.3) Οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στην κτηνοτροφία.....	15
2.1.4) Η εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στην γεωργία .....	17
2.1.5) Η προστασία του περιβάλλοντος.....	17

### Κεφάλαιο 3

3.1) Γενετική τροποποίηση (Genetic Transformation).....	20
3.2) Οι βασικές τεχνολογίες της γενετικής τροποποίησης.....	21
3.2.1) Η Γενετική μηχανική.....	21
3.2.2) Η Ιστοκαλλιέργεια.....	22
3.3) Μέθοδοι γενετικής τροποποίησης.....	24
3.3.1) Η μέθοδος του Αγροβακτηρίου.....	26
3.3.2) Η «βιο-βαλλιστική» μέθοδος (gene gun).....	30
3.3.3) Μικροέγχυση «γυμνού» DNA.....	31
3.3.4) Μέθοδος των μεταθετών στοιχείων.....	31

#### **Κεφάλαιο 4**

4.1) Τα γενετικά τροποποιημένα φυτά.....	33
4.1.1) Η άμεση μεταφορά γονιδίων.....	34
4.2) Παραδείγματα φυτών που παρήχθησαν από μεταλλάξεις και από γενετική τροποποίηση.....	35

#### **Κεφάλαιο 5**

5.1) Οι κυριότερες Βιοτεχνολογικές Εταιρίες.....	36
5.2) Πορτρέτα των κυριοτέρων αγροβιοτεχνολογικών εταιρειών .....	37
5.2.1) AgrEvo (Με έδρα τη Γερμανία) .....	37
5.2.2) Novartis (Με έδρα την Ελβετία).....	38
5.2.3) Monsanto (Με έδρα τις Η.Π.Α.).....	38
5.2.4) Dow Agrosience (Με έδρα τις Η.Π.Α.).....	40
5.2.5) Zeneca (Με έδρα τη Μ. Βρετανία).....	40
5.2.6) Rhone-Poulenc (Με έδρα τη Γαλλία).....	41
5.2.7) Du Pont (Με έδρα τις Η.Π.Α.).....	41

#### **Κεφάλαιο 6**

6.1) Γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες με ανθεκτικότητα στους ζωικούς εχθρούς.....	42
6.2) Δημιουργία Bt-Ανθεκτικών εντόμων και η δράση της Bt τοξίνης σε έντομα μη-στόχους.....	47
6.3) Επιπτώσεις από τη χρήση Γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα σε έντομα.....	49

#### **Κεφάλαιο 7**

7.1) Γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα.....	53
7.2) Επιπτώσεις από τη χρήση Γενετικά Τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα.....	56

## **Κεφάλαιο 8**

8.1) Νομοθετικό πλαίσιο.....	59
8.1.2) Ισχύουσα ελληνική νομοθεσία για τους ΓΤΟ.....	61
8.2) Η έννοια της «κατ' ουσίαν ισοδυναμίας» (substantial equivalence).....	63
8.3) Οι αρχές της πρόληψης και της προφύλαξης στην ευρωπαϊκή νομοθεσία.....	63
8.4) Αμερικανική νομοθεσία .....	64
8.5) Διεθνής νομοθεσία.....	67

## **Κεφάλαιο 9**

9.1) Οφέλη και κίνδυνοι που συνδέονται με τη χρήση της βιοτεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή.....	68
9.2) Οφέλη.....	68
9.2.1) Αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας τροφής.....	69
9.2.2) Βελτίωση της ποιότητας των τροφίμων και ελάττωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από γεωργικές δραστηριότητες.....	69
9.2.3) Παραγωγή τροφίμων με συγκεκριμένες ιδιότητες.....	72
9.2.4) Οφέλη για τους παραγωγούς.....	73
9.2.5) Οφέλη για τους καταναλωτές.....	74
9.3) Κίνδυνοι.....	74
9.3.1) Θέματα υγείας.....	74
9.3.2) Περιβαλλοντολογικές ανησυχίες.....	76
9.3.3) Κοινωνικοοικονομικοί προβληματισμοί. ....	80
9.3.4) Σχετικά με το φαινόμενο του υποσιτισμού.....	81
9.3.5) Ανησυχίες ηθικής φύσεως.....	84
Βιβλιογραφία.....	87
Διευθύνσεις στο διαδίκτυο.....	88

## **Πρόλογος**

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη των πιο πρόσφατων εξελίξεων που αφορούν τις τεχνικές των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών και ειδικότερα αυτών με ανθεκτικότητα στους ζωικούς εχθρούς και στα ζιζάνια αλλά και η παρουσίαση μιας γενικότερης εικόνας όσον αφορά τους τρόπους δημιουργίας και χρήσης των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών καθώς και τα οφέλη και οι κίνδυνοι που συνδέονται με την χρήση της βιοτεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή.

Αναφορά επίσης γίνεται σε ξεχωριστά κεφάλαια στις κυριότερες βιοτεχνολογικές εταιρίες και στο νομοθετικό πλαίσιο για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς που ισχύει Διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα.

## **Εισαγωγή**

Από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η σύγχρονη γεωργία είναι η εμφάνιση στις καλλιέργειες διαφόρων φυτικών και ζωικών οργανισμών (έντομα, μύκητες, ζιζάνια κλπ), που μπορούν να προκαλέσουν σημαντική μείωση της παραγωγής. Για τον έλεγχο και την καταστροφή των ανεπιθύμητων αυτών οργανισμών χρησιμοποιούνται τα παρασιτοκτόνα, χημικές ενώσεις που εξοντώνουν τους παθογόνους οργανισμούς.

Λόγω όμως της μεγάλης τοξικότητας των παρασιτοκτόνων και της αυξανόμενης ανθεκτικότητας των ζιζανίων σε αυτά, οι επιστήμονες αναζητούν εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση των παρασίτων. Για το σκοπό αυτό επιστρατεύτηκαν οι τεχνικές της Γενετικής Μηχανικής με στόχο την δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών τα οποία θα είναι προφυλαγμένα από τα βλαβερά παράσιτα.

Η τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA (recombinant DNA technology) που αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1980 αύξησε τις γνώσεις μας πάνω στην γενετική των οργανισμών και έδωσε την δυνατότητα πρόσβασης στα γονίδια με στόχο την μελέτη της δομής, της οργάνωσης και της λειτουργίας τους καθώς και της λειτουργίας των πρωτεϊνών που κωδικοποιούν. Επίσης έδωσε την δυνατότητα απομόνωσης γονιδίων από διάφορους οργανισμούς και εισαγωγής τους με την βοήθεια ειδικών φορέων σε φυτά, σε ζώα και στον άνθρωπο με σκοπό να προσδίδουν στους οργανισμούς αυτούς επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Οι οργανισμοί που έχουν υποστεί γενετική τροποποίηση με την εισαγωγή στο γενετικό τους υλικό, DNA από άλλο οργανισμό ονομάζονται Γενετικά Τροποποιημένοι Οργανισμοί ή Διαγονιδιακοί (Genetically Modified Organisms ή GMOs). Μια από τις μεγαλύτερες εφαρμογές των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στον αγροτικό τομέα είναι η δημιουργία διαγονιδιακών φυτών (GM φυτά) στα οποία έχουν εισαχθεί γονίδια από άλλους οργανισμούς ώστε να αποκτήσουν νέες επιθυμητές ιδιότητες. Τα γονίδια αυτά μπορούν να προσδίδουν στα φυτά ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα, έντομα και παθογόνους μικροοργανισμούς.

Τα οφέλη που αναμένονται από τη χρήση των GM φυτών σχετίζονται με την μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την ελάττωση της χρήσης χημικών εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων, τα οποία έχουν βλαβερές συνέπειες στο οικοσύστημα αλλά και στην υγεία των ανθρώπων. Πολλοί όμως επιστήμονες αλλά και περιβαλλοντικές οργανώσεις προβάλλουν ισχυρές αντιρρήσεις για το κατά πόσο τα

προϊόντα αυτά είναι ασφαλή για κατανάλωση από τους ανθρώπους και τα ζώα, και τι είδους απρόβλεπτοι κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν για το οικοσύστημα από την γενετική επέμβαση στα φυτά. Το θέμα της εκτίμησης των περιβαλλοντικών κινδύνων από την καλλιέργεια των διαγονιδιακών φυτών είναι ιδιαίτερα σημαντικό και είναι αναγκαία η εντατικοποίηση της έρευνας πάνω στον τομέα αυτό.

## Κεφάλαιο 1

### **1.1) Η Βιοτεχνολογία.**

Ο όρος Βιοτεχνολογία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ούγγρο Kark Ereky το 1917, για να περιγράψει τη «*διαδικασία παραγωγής προϊόντων από ακατέργαστα υλικά με την βοήθεια ζωντανών οργανισμών*». Είναι μια σύμπτυξη του όρου «Βιολογική Τεχνολογία» και αποτελεί συνδυασμό επιστήμης και τεχνολογίας με στόχο την εφαρμογή των γνώσεων που έχουν αποκτηθεί από τη μελέτη των ζωντανών οργανισμών για την παραγωγή σε ευρεία κλίμακα προϊόντων που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη γεωργία, στην κτηνοτροφία, στην ιατρική, στη βιομηχανία τροφίμων και φαρμάκων, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Βιοτεχνολογία με την ευρεία έννοια είναι η χρήση ζωντανών οργανισμών προς όφελος του ανθρώπου και στηρίζεται κυρίως σε τεχνικές καλλιέργειας και ανάπτυξης των μικροοργανισμών και στην τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA. Μερικές από τις εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας, είναι η παραγωγή αντιβιοτικών, βιταμινών και ενζύμων, η παραγωγή μικροβιακής πρωτεΐνης και ζωοτροφών, η αλκοολική και γαλακτική ζύμωση, η μικροβιολογική μετατροπή του πετρελαίου και η βιολογική επεξεργασία αποβλήτων.

### **1.2) Ιστορική αναδρομή της Βιοτεχνολογίας.**

Ο όρος 'βιοτεχνολογία' εμφανίζεται γύρω στο 1917, όταν χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ούγγρο Kark Ereky για την αναφορά ευρείας κλίμακας παραγωγής προϊόντων από μικροβιακές καλλιέργειες που αναπτύσσονταν σε μεγάλες ειδικές δεξαμενές. Οι ρίζες της, όμως, βρίσκονται στην αρχή του πολιτισμού μας, καθώς από τότε οι άνθρωποι, χωρίς να είναι γνώστες αυτού, χρησιμοποιούσαν τους οργανισμούς για την παραγωγή τυριού, ποτών ή ψωμιού. Πιο συγκεκριμένα και αναλυτικά το χρονικό της βιοτεχνολογίας καταγράφεται ως εξής:

**Το 4000 π.Χ** γαλακτοκτηνοτροφικές φάρμες αναπτύσσονται στην Μέση Ανατολή. Οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούν ζύμες (ένας σακχαρομύκητας) για να φτιάξουν μαγιά, προζυμωμένο ψωμί και για να ζυμώσουν κρασί. Εξάλλου, ιστορικές πληροφορίες σχετικά με την ελεγχόμενη εκτροφή ζώων από τον άνθρωπο υπάρχουν



σε τοιχογραφίες αιγυπτιακών τάφων που χρονολογούνται στο 4000 π.Χ και παρουσιάζουν ελεγχόμενες διασταυρώσεις σκύλων.

**Το 3000 π.Χ** Περουβιανοί επιλέγουν και καλλιεργούν πατάτες, ενώ το 2000 π.Χ Αιγύπτιοι, Σουμέριοι και Κινέζοι αναπτύσσουν τεχνικές ζύμωσης, ζυθοποίησης και τυροκομίας και το 500 π.Χ Μεσογειακοί λαοί αναπτύσσουν το ‘μαρινάρισμα’ με καρυκεύματα, και άλλοι Ευρωπαίοι το ‘πάστωμα’ (διατήρηση στην άλμη), που οδηγούν στην ανακάλυψη τεχνικών επεξεργασίας τροφίμων για τη βελτίωση της γεύσης και της συντηρησιμότητάς τους .

**1500** : οι τεχνικές της όξινης μαγειρικής οδηγούν στην παρασκευή ‘ξυνολάχανου’ και γιαούρτης, δύο παραδείγματα ωφέλιμης χρήσης βακτηρίων για βελτίωση της γεύσης και της συντήρησης τροφίμων, ενώ οι Αζτέκοι φτιάχνουν επιδόρπια εδέσματα από ένα είδος φίκου ( algae του γένους *Spiroulina* )

**1797** : ο γιατρός E. Jenner χρησιμοποίησε ζωντανούς μικροοργανισμούς για να ενισχύσει την άμυνα του οργανισμού στην ευλογία.

**1838-39** : οι Schleiden και Schwann καθιερώνουν το κύτταρο ως μορφολογική και φυσιολογική στοιχειώδη μονάδα φυτών και ζώων και καθιερώνεται η κυτταρική θεωρία.

**1856** : ο Mentel κάνει τα διάσημα πειράματά του σχετικά με το διαχωρισμό των γονιδίων.

**1859** : ο γνωστός Άγγλος Βιολόγος Κάρολος Δαρβίνος δημοσιεύει την θεωρία του περί εξέλιξεως των ειδών των οργανισμών.

**1861** :ο Γάλλος χημικός Louis Pasteur αναπτύσσει τη γνωστή μέθοδο της παστερίωσης, που είναι η διατήρηση των τροφίμων κατόπιν έκθεσης τους σε υψηλές θερμοκρασίες για την καταστροφή παθογόνων μικροβίων.

**1864** : ο L. Pasteur παρασκεύασε αντιλυσσικό εμβόλιο.

**1865** : ο Αυστριακός βοτανολόγος μοναχός Gregor Mendel περιγράφει τα πειράματα του γύρω από την κληρονομικότητα των φυτών, ιδρύοντας έτσι την επιστήμη της Γενετικής.

**1873** : ο Schneider παρατηρεί τη διάλυση του πυρήνα και την ακολουθούμενη εμφάνιση των χρωμοσωμάτων.

**1879**: ο William James Beal αναπτύσσει το πρώτο πειραματικό υβρίδιο αραβοσίτου.

**1903** : ο Sutton συσχετίζει τα χρωμοσώματα με τους μεντελικούς παράγοντες.

**1910** : εμφανίζεται η *Drosophila melanogaster* ως πειραματόζωο στα εργαστήρια Γενετικής και ο Morgan βρίσκει το πρώτο φυλοσύνδετο γονίδιο, τη μετάλλαξη white.

**1928** : ο Griffith δουλεύοντας με στελέχη του βακτηρίου *Diplococcus pneumoniae* και ποντίκια ανακαλύπτει το γενετικό μετασχηματισμό.

**1928** : ο A. Fleming ανακάλυψε τις αντιβιοτικές ιδιότητες των μυκήτων.

**1935** : ο Stanley ανακαλύπτει ότι οι ιοί αποτελούνται από νουκλεϊνικά οξέα και πρωτεΐνες.

**1940** : βρέθηκαν τρόποι παρασκευής της πενικιλίνης.

**1944** : οι Avery, MacLeod και McCarty βρίσκουν ότι η χημική ουσία που προκαλούσε το μετασχηματισμό στα πειράματα του Griffith είναι το DNA.

**1946** : οι Lederberg και Tatum ανακαλύπτουν το φαινόμενο της βακτηριακής σύζευξης.

**1951** : η R. Franklin μελετώντας εικόνες του DNA που πήρε με τη βοήθεια ακτίνων X, αποκαλύπτει το σπειροειδές σχήμα του DNA.

**1953** : οι Watson και Crick προτείνουν το περίφημο μοντέλο της διπλής έλικας του DNA.

**1957** : Κατά τη διάρκεια μιας επιδημίας δυσεντερίας στην Ιαπωνία εμφανίζονται βακτήρια ανθεκτικά σε μια σειρά αντιβιοτικά.

**1957-1961** : ο Hayes και οι συνεργάτες του αποσαφηνίζουν τη φύση του χρωμοσωμικού παράγοντα που μεταφέρεται κατά τη βακτηριακή σύζευξη. Ο παράγοντας γονιμότητας όπως τον ονόμασαν είναι αυτός που μεταφέρει και τα γονίδια ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά, είναι ένα πλασμίδιο.

**1965** : οι F. Jacob και J. Monod παίρνουν το βραβείο Νόμπελ για τις εργασίες τους επί των γενετικών μηχανισμών και τη μεταφορά της γενετικής πληροφορίας στα βακτήρια και για τη διατύπωση του πρώτου μοντέλου ρύθμισης της έκφρασης των γονιδίων.

**1970** : απομονώνεται η περιοριστική ενδονουκλεάση του DNA.

**1972** : ο P. Berg και οι συνεργάτες του απομόνωσαν ένα ιικό τμήμα DNA και το ενσωμάτωσαν σε βακτηριακό DNA. Λίγο αργότερα οι S. Cohen και H. Boyer τροποποίησαν το γενετικό υλικό συγκεκριμένων οργανισμών εισάγοντας τμήματα DNA που προήρχοντο από άλλο οργανισμό. Η όλη διαδικασία ονομάστηκε ανασυνδυασμός του DNA.

**1975** : κάνει την εμφάνισή της η τεχνολογία των μονοκλωνικών αντισωμάτων.

**1978** : επιτυγχάνεται η παραγωγή από βακτήρια ανασυνδυασμένης ανθρώπινης σωματοστατίνης.

**1980** :ψηφίζεται στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής νόμος ο οποίος επιτρέπει την μεταφορά τεχνογνωσίας και τεχνολογίας από πανεπιστημιακά και ερευνητικά ιδρύματα σε εμπορικές εταιρείες.

**1982** : δίνεται άδεια χρήσης ανασυνδυασμένης ινσουλίνης ως φάρμακο για τους διαβητικούς. Τον ίδιο χρόνο εμφανίζεται το πρώτο γενετικά τροποποιημένο φυτό (μια ποικιλία καπνού).

**1984** :ο Karry Mullis ανακαλύπτει την αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης για την μαζική αναπαραγωγή συγκεκριμένων τμημάτων DNA.

**1989** : ξεκινά το πρόγραμμα Χαρτογράφησης του Ανθρώπινου Γονιδιώματος.

**1990** : εφαρμόζεται πειραματικά η γονιδιακή θεραπεία σε ένα τετράχρονο κοριτσάκι που πάσχει από έλλειψη του γονιδίου της απαμινάσης της αδενοσίνης.

**1993** : η Επιτροπή Ελέγχου Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α, επιτρέπει τη χρήση και παραγωγή από την εταιρεία Monsanto ενός γενετικού παράγοντα (rBGH /rBST), που αυξάνει την παραγωγή γάλακτος.

**1995** : ολοκληρώνεται η αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας του γονιδιώματος ενός βακτηρίου (*Haemophilus influenzae*).

**1996** : ολοκληρώνεται η αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας του πρώτου ευκαρυωτικού γονιδιώματος (*Saccharomyces cerevisiae*).

**1997** : το ινστιτούτο Roselin της Σκωτίας ανακοινώνει την κλωνοποίηση της προβατίνας Dolly.

**1998** : ολοκληρώνεται η αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας του πρώτου γονιδιώματος πολυκύτταρου οργανισμού (*Caenorhabditis elegans*).

**2002** : ολοκληρώνεται η αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας του πρώτου γονιδιώματος θηλαστικού (ποντικού – *Mus musculus*).

**2004** : ολοκληρώνεται η αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας του γονιδιώματος του ανθρώπου (*Homo sapiens*).

**2006** : πληθώρα άλλων αγροτικών προϊόντων, τα οποία έχουν υποστεί γενετική τροποποίηση μεταξύ αυτών η σόγια, το καλαμπόκι, το βαμβάκι, η ελαιοκράμβη, ο καπνός, οι πατάτες, η τομάτα κ.α, έχουν κατακλύσει τις παγκόσμιες εκείνες αγορές, όπου οι αντίστοιχες κρατικές νομοθεσίες επέτρεψαν την απελευθέρωσή τους.

## Κεφάλαιο 2

### **2.1) Οι εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας.**

Γενικά οι ανακαλύψεις της βιοτεχνολογίας μπορούν επιτυχώς να εφαρμοστούν στη γεωργία, βιομηχανία τροφίμων, ιατρικές επιστήμες, βιομηχανική παραγωγή, βιο-καθαρισμό του περιβάλλοντος κλπ.

Όσον αφορά τις αγροβιοτεχνολογίες οι τομείς που έχουν ήδη επωφεληθεί είναι το πολλαπλασιαστικό υλικό (μικρο-πολλαπλασιασμός *in vitro*, χρήση μοριακών δεικτών στη μοριακή βελτίωση, εκτίμηση βιοποικιλότητας, κ.α.), οι βιοδιαγνωστικές τεχνολογίες (υγεία φυτικού υλικού, αξιολόγηση της σωμακλωνικής παραλλακτικότητας, εκτίμηση βιοποικιλότητας, αναγνώριση πολύτιμων γονιδίων, γενετικοί χάρτες, μοριακή επιλογή, πιστοποίηση γενετικής τροποποίησης κ.ά.), τα τρόφιμα, τα ποτά, τα προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας κλπ. Η μοριακή βελτίωση έχει να κάνει με την ανάπτυξη και χρήση μοριακών δεικτών συνδεδεμένων με την κληρονομία επιθυμητών χαρακτηριστικών σε προγράμματα βελτίωσης οργανισμών γεωργικού, περιβαλλοντικού, βιομηχανικού ή ιατρικού ενδιαφέροντος.

Από την άλλη πλευρά, οι βιοδιαγνωστικές τεχνολογίες (βιοδιαγνωστική - μοριακή διάγνωση (*biodiagnostics - molecular diagnostics*) αναφέρονται στην παραγωγή νέων διαγνωστικών μέσων και αντιδραστηρίων που βασίζονται στο μοριακό χαρακτηρισμό του γενετικού υλικού και των πρωτεϊνών των οργανισμών για την πιο ακριβή, ταχύτερη και αυτοματοποιημένη ανίχνευση, ταυτοποίηση ή διάγνωση διάφορων χαρακτήρων όπως παρουσία γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (ΓΤΟ), παθογόνα, ασθένειες των φυτών ή προδιαθέσεων του ανθρώπινου οργανισμού σε κληρονομικά νοσήματα.

#### **2.1.1) Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην ιατρική**

Η βιοτεχνολογία έχει συμβάλει αποτελεσματικά σε τρεις βασικούς στόχους της ιατρικής, που είναι η **έγκαιρη διάγνωση** μιας ασθένειας, η **πρόληψη** και η **αποτελεσματική θεραπεία** της. Οι στόχοι αυτοί επιτυγχάνονται μέσω της βιοτεχνολογίας με την ανάπτυξη της τεχνολογίας του ανασυνδιασμένου DNA, με τη χρήση της τεχνικής PCR καθώς και ανιχνευτών DNA.

Οι τεχνικές αυτές βρίσκουν εφαρμογή στη βελτίωση και παραγωγή σε ευρεία κλίμακα ευαίσθητων διαγνωστικών ουσιών όπως τα μονοκλωνικά αντισώματα, αποτελεσματικών εμβολίων και φαρμακευτικών προϊόντων.

Τα μονοκλωνικά αντισώματα είναι πολύ σημαντικά στην ιατρική και χρησιμοποιούνται ως διαγνωστικά για την ανίχνευση ασθενειών ή ως εξειδικευμένα φάρμακα εναντίον ασθενειών που προκαλούνται από παθογόνους ιούς ή ακόμα εναντίον καρκινικών κυττάρων. Ήταν επομένως σημαντικό να γίνει δυνατή η παραγωγή τους στο εργαστήριο σε μεγάλες ποσότητες.

Πρόσφατα, ένας νέος τομέας της Βιοτεχνολογίας αναπτύσσεται ταχύτατα, η γονιδιακή θεραπεία που στηρίζεται στην εφαρμογή της τεχνολογίας του ανασυνδιασμένου DNA και αποτελεί μία νέα μέθοδο θεραπείας κληρονομικών ασθενειών. Στις περιπτώσεις αυτές τα κύτταρα του ασθενούς περιέχουν κάποιο γονίδιο σε ελαττωματική μορφή ή δεν το έχουν καθόλου με αποτέλεσμα την εμφάνιση γενετικής ασθένειας. Με τη γονιδιακή θεραπεία εισάγεται ένα φυσιολογικό γονίδιο σε αριθμό κυττάρων του ασθενούς το οποίο εκφράζεται και συνθέτει το φυσιολογικό προϊόν, αντιμετωπίζοντας έτσι, τη νόσο. Σήμερα, χρησιμοποιείται στη θεραπεία σοβαρών γενετικών ασθενειών όπως η κυστική ίνωση, η ασθένεια του Alzheimer, διάφοροι τύποι καρκίνου και το AIDS.

Ανάμεσα στα πρώτα φαρμακευτικά προϊόντα που παρασκευάστηκαν με την τεχνολογία του ανασυνδιασμένου DNA, είναι η ινσουλίνη, οι ιντερφερόνες, η αυξητική ορμόνη και ερυθροποιητίνη.

Η ινσουλίνη είναι μια ορμόνη που ρυθμίζει το μεταβολισμό των υδατανθράκων και ειδικότερα το ποσοστό της γλυκόζης στο αίμα. Χρησιμοποιείται για τη θεραπεία των διαβητικών ατόμων. Πριν το 1982 οι κύριες πηγές ινσουλίνης ήταν το πάγκρεας από χοίρους και από βοοειδή. Η ινσουλίνη παραγόταν από την εκχύλιση αυτών των ιστών με μια δαπανηρή και πολύπλοκη διαδικασία και επιπλέον, επειδή είχε μικρές διαφορές από την ανθρώπινη, προκαλούσε αλλεργικές αντιδράσεις.

Οι ιντερφερόνες είναι αντικές πρωτεΐνες, που παράγονται από κύτταρα που έχουν μολυνθεί από ιούς. Οι πρωτεΐνες αυτές, επάγουν την παραγωγή άλλων πρωτεϊνών από τα γειτονικά υγιή κύτταρα οι οποίες εμποδίζουν τον πολλαπλασιασμό των ιών σε αυτά. Έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως αντικοικοί και πιθανόν ως αντικαρκινικοί παράγοντες. Παράγονται σε ελάχιστες ποσότητες στο σώμα και γι' αυτό δεν ήταν δυνατή η ευρεία χρήση τους στη θεραπεία ασθενειών.

Μετά την κλωνοποίηση, όμως, ορισμένων γονιδίων ιντερφερονών, είναι σήμερα δυνατή η παραγωγή τους σε μεγάλες ποσότητες.

Η αυξητική ορμόνη παράγεται στην υπόφυση του ανθρώπου και παίζει σημαντικό ρόλο στη φυσιολογική ανάπτυξή του. Η απουσία της ορμόνης αυτής οδηγεί σε νανισμό. Επειδή η ανθρώπινη αυξητική ορμόνη είναι πολύ ειδική και Δε μπορεί να αντικατασταθεί από την αντίστοιχη ορμόνη άλλων οργανισμών, απομονωνόταν από εγκεφάλους νεκρών ανθρώπων. Μετά το 1985 η αυξητική ορμόνη παράγεται με τις τεχνικές του ανασυνδιασμένου DNA. Η αυξητική ορμόνη θα έχει ευρεία εφαρμογή για τη θεραπεία τραυμάτων, σπασμένων οστών, καμένων ιστών και επίσης για την καθυστέρηση της απώλειας της μυϊκής μάζας, που συμβαίνει προοδευτικά κατά τη γήρανση του ανθρώπου. Με τις ίδιες τεχνικές το 1989 παρασκευάστηκε η ερυθροποιητίνη, ορμόνη που μπορεί να βοηθήσει στη θεραπεία ορισμένων αναιμιών.

Επιπρόσθετα με τη χρήση των νέων τεχνολογιών παράγονται σήμερα βελτιωμένα εμβόλια που κατασκευάζονται από ορισμένες υπομονάδες των μικροοργανισμών ή ιών. Τα εμβόλια αυτά περιέχουν τμήματα των οργανισμών που προκαλούν την απαραίτητη ανοσοποιητική αντίδραση όχι όμως τα τμήματα εκείνα που προκαλούν την ασθένεια, και είναι επομένως περισσότερο ασφαλή.

Τέλος η γέννηση των παιδιών του σωλήνα έχει αποτελέσει λύση για πολλά ζευγάρια που έχουν πρόβλημα αναπαραγωγής, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αποκτήσουν ένα υγιές μωρό.

Στον παρακάτω Πίνακα (2.1) φαίνονται μερικές από τις φαρμακευτικές πρωτεΐνες που έχουν παραχθεί με την τεχνολογία του ανασυνδιασμένου DNA.

**Πίνακας 2.1:** Φαρμακευτικών Πρωτεϊνών

<b>Πρωτεΐνη</b>	<b>Χρήση</b>
A1-αντιθρυψίνη	Θεραπεία εμφυσήματος
Καλσιτονίνη	Θεραπεία της οστεοπόρωσης
Χοριονική γοναδοτροπίνη	Θεραπεία μη ωρίμανσης ωαρίων
Ενδορφίνες + Εγκεφαλίνες	Αναλγητικοί παράγοντες
Επιδερμικός αυξητικός παράγοντας	Θεραπεία τραυμάτων
Ερυθροποιητίνη	Θεραπεία αναιμίας
Παράγοντας VIII	Θεραπεία αιμορροφιλίας α

Παράγοντας IX	Θεραπεία αιμορροφιλίας β
Αυξητική ορμόνη	Θεραπεία αχονδροπλασίας
Ινσουλίνη	Θεραπεία του διαβήτη
Ιντερφερόνες( α,β,γ )	Αντιικοί+Αντικαρκινικοί παράγοντες
Ιντερλευκίνες	Θεραπεία καρκίνου+ασθενειών του ανοσοποιητικού συστήματος
Παράγοντας νέκρωσης όγκων	Αντικαρκινικός παράγοντας
Ενεργοποιητής πλασμινογόνου ιστών(tPA)	Θρομβολυτικός παράγοντας

### 2.1.2) Η τεχνολογία τροφίμων

Κλασικές περιπτώσεις εφαρμογής της βιοτεχνολογίας στα τρόφιμα είναι οι μετατροπές του μούστου σε κρασί, του κρασιού σε ξύδι και του γάλακτος σε τυρί ή γιαούρτη που είναι ενζυμικές διεργασίες. Οι παραπάνω μετατροπές που ανήκουν στη βιοτεχνολογία, χαρακτηρίζονται βιομετατροπές αφού:

Η παρασκευή του κρασιού βασίζεται στη ζύμωση παρουσία ζώντων ζυμομυκήτων. Η παρασκευή του ξυδιού βασίζεται στην παρουσία του *mycoderma acetis*. Η παρασκευή τυριού βασίζεται στην ενζυμική δράση της ρεννίνης (από το στομάχι ζώων) ή άλλων ενζύμων φυτικής ή μικροβιακής προέλευσης. Τέλος, η παρασκευή της γιαούρτης βασίζεται στην παρουσία γαλακτοβακίλλων και στρεπτοκόκκων.

Επιπρόσθετα η βιοτεχνολογία μας επιτρέπει να παράγουμε αυτούσια, χρήσιμα ένζυμα που στη φύση τα συναντάμε μαζί με επιβλαβείς μικροοργανισμούς. Έτσι αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες επιδράσεις των βλαβερών αυτών μικροοργανισμών στα τρόφιμα και επιτυγχάνεται η καλύτερη ποιότητα αυτών παράλληλα με τη μείωση του κόστους παραγωγής αλλά και τυποποίησης.

Σημαντική είναι και η συμβολή μεθόδων της βιοτεχνολογίας όπως τεχνικές κυτταροκαλλιέργειας, μικροβιακής ζύμωσης και ενζυμικής τεχνολογίας, στην παραγωγή μεγάλου αριθμού πρόσθετων τροφών, όπως αρωματικών υλών, γλυκαντικών χαμηλού θερμιδικού περιεχομένου, υποκατάστατα λιπών, συντηρητικά, σταθεροποιητές και γαλακτοματοποιητές.

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι πολυσακχαρίτες που ενώ παλαιότερα λαμβάνονταν από φυτά και φύκη, τώρα η σημαντικότερη πηγή παραγωγής τους είναι τα βακτήρια. Οι πολυσακχαρίτες χρησιμοποιούνται ως σταθεροποιητές σε παγωτά, ως παχυντές σε γαλακτοκομικά προϊόντα και γενικότερα συμβάλουν στη βελτίωση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στα τρόφιμα.

### **2.1.3) Οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στην κτηνοτροφία**

Η εκτροφή των ζώων είναι ένα πεδίο που σχετίζεται με μια σειρά βιοτεχνολογικών μεθόδων. Η επίδραση της βιοτεχνολογίας μπορεί να υπολογισθεί με την επιρροή που έχει στη γενετική πρόοδο. Ανάλογα με τη μέθοδο της βιοτεχνολογίας μπορεί να επηρεασθεί διαφορετική παράμετρος της γενετικής προόδου όπως: η ακρίβεια της πρόβλεψης, το διάστημα μεταξύ των γενεών, η ένταση επιλογής και η γενετική παραλλακτικότητα (διακύμανση).

Η πρώτη ομάδα βιοτεχνολογικών μεθόδων που επηρεάζει την αναπαραγωγή του αρσενικού και του θηλυκού περιλαμβάνει: την τεχνητή σπερματέγχυση, την πολλαπλή ωοθυλακιορρηξία, τη συλλογή ωαρίων, την in-vitro- γονιμοποίηση, τη μεταφορά εμβρύων, τη διδυμία, το διαχωρισμό των αρσενικών – θηλυκών σπερματοζωαρίων και την κλωνοποίηση.

Η επίδραση αυτών των τεχνολογιών κυρίως αφορά στην αυξημένη διασπορά υψηλού γενετικού δυναμικού και στην ένταση επιλογής, αλλά και στην ακρίβεια που επιτυγχάνεται κατά την εξέταση των ζώων. Στο παρελθόν, η τεχνητή σπερματέγχυση αποτέλεσε μια πολύ επιτυχημένη βιοτεχνολογική μέθοδο, αυξάνοντας την γενετική πρόοδο. Μια δεύτερη, αρνητική όμως, επίδραση είναι ότι αυτές οι βιοτεχνολογικές μέθοδοι επηρεάζουν έμμεσα τη γενετική ποικιλομορφία και με αυτό τον τρόπο μειώνουν τη γενετική παραλλακτικότητα.

Τα **διαγονιδιακά ζώα** δημιουργούνται με μια τεχνική που ονομάζεται **μικροέγχυση** που συνίσταται στην εισαγωγή του DNA με ειδική μικροβελόνα στον πυρήνα του ωοκυττάρου. Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ωάρια του ζώου που έχουν γονιμοποιηθεί στο εργαστήριο. Στο στάδιο του ενός κυττάρου μικρή ποσότητα του ξένου γονιδίου μικροεγχύεται στον πυρήνα του ωοκυττάρου. Το γονιμοποιημένο ωάριο εμφυτεύεται στη μήτρα της «θετής μητέρας», όπου αναπτύσσεται το έμβryo.



Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος των απογόνων για την ύπαρξη του ξένου γονιδίου και διασταυρώσεις για να περάσει η τροποποιημένη γενετική πληροφορία στους απογόνους.

Με αυτό τον τρόπο έχει γίνει κατορθωτό στο γάλα των διαγονιδιακών ζώων να εκκρίνονται φαρμακευτικές πρωτεΐνες, όπως η ινσουλίνη, οι παράγοντες πήξεως VIII και IX, ο ενεργοποιητής πλασμινογόνου, οι ιντερφερόνες, η  $\alpha_1$ -αντιθρυψίνη και η αυξητική ορμόνη. Άλλες ιδιότητες που μεταφέρονται σε διαγονιδιακές αγελάδες, πρόβατα, χοίρους, αίγες είναι η ταχύτερη ανάπτυξη, η αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά και γονίδια για ασθένειες.

Στον Πίνακα 2.2 φαίνονται οι ζωικοί οργανισμοί που έχουν τροποποιηθεί γενετικά για κάποιες ιδιότητες, ενώ στον πίνακα 2.3 φαίνονται φαρμακευτικές πρωτεΐνες που παράγονται από διαγονιδιακά ζώα.

**Πίνακας 2.2:** Ζωικοί οργανισμοί που έχουν τροποποιηθεί γενετικά για κάποιες ιδιότητες.

Οργανισμός	Ιδιότητα
Αγελάδα	$\alpha$ , $\beta$
Αίγα	$\alpha$
Γουρούνι	$\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$
Σολωμός	$\beta$ , $\delta$
Πρόβατο	$\alpha$
Πέστροφα	$\beta$

Όπου  $\alpha$ : παραγωγή φαρμακευτικών πρωτεϊνών,

$\beta$ : ταχύτερη ανάπτυξη,

$\gamma$ : γονίδια για ασθένειες,

$\delta$ : αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες

**Πίνακας 2.3 :** Φαρμακευτικές πρωτεΐνες που παράγονται από διαγονιδιακά ζώα και η αντίστοιχη ασθένεια στην οποία χρησιμοποιείται.

Πρωτεΐνη	Ασθένεια
Ινσουλίνη	Σακχαρώδης διαβήτης
Παράγοντες VIII και IX	Αιμορροφιλία Α και Β
Ενεργοποιητής πλασμινογόνου (tPA)	Θρόμβωση αγγείων , Έμφραγμα
Ιντερφερόνες	Καρκίνος
Διαμεμβρανικός ρυθμιστής	Κυστική ίνωση
α1-αντιθρυψίνη (AAT)	Πνευμονικό εμφύσημα
Παράγοντας CD4	AIDS
Αυξητική ορμόνη	Αχονδροπλασία

#### **2.1.4) Η εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στην γεωργία**

Η βιοτεχνολογία στον τομέα της γεωργίας ασχολείται με την βελτίωση φυτών και ζώων, ώστε να αποκτήσουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, παράγοντας βελτιωμένα και περισσότερα προϊόντα, να αλλάξει τον ρυθμό ανάπτυξης τους κ.α.

#### **2.1.5) Η προστασία του περιβάλλοντος**

Σήμερα, η ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος είναι επιτακτική. Δεν υπάρχει χρόνος για υπαναχώρηση στην άμεση λήψη μέτρων που θα έχουν στόχο την αναστροφή της πορείας καταστροφής του περιβάλλοντος. Οι προσπάθειες προς την κατεύθυνση αυτή είναι πολύπλευρες.

Πρωταρχικό μέλημα θα πρέπει να είναι η διαχείριση των απορριμμάτων με στόχο την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την μεγιστοποίηση των ωφελειών για το κοινωνικό σύνολο. Τα απορρίμματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: στα **οικιακά** και τα όμοια προς αυτά, στα **ειδικά**, που λόγω της ιδιαίτερης ποιοτικής και ποσοτικής τους σύνθεσης δεν μπορούν ή δεν συμφέρει να διατεθούν μαζί με τα οικιακά και απαιτούν ιδιαίτερη μεταχείριση (νοσοκομειακά, υπολείμματα σφαγείων, παλαιά αυτοκίνητα, φθαρμένα ελαστικά, κ.λ.π.) και στα

**βιομηχανικά, τοξικά.** Η διάθεση των στερεών αποβλήτων που παράγονται αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών. Ο όγκος των ενοχλητικών αποβλήτων θα μπορούσε να γεμίσει σήμερα 28 εκατομμύρια βαγόνια και αύριο ακόμη περισσότερα. Τριακόσιες περιοχές στην Ευρώπη και Αμερική, όπου απορρίπτονται τοξικά και πυρηνικά απόβλητα, εμφανίζουν δείκτες υψηλής επικινδυνότητας.

Στη χώρα μας κάθε χρόνο παράγονται 3,2 εκατομμύρια τόνοι οικιακών απορριμμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ο μέσος Έλληνας, άντρας, γυναίκα ή παιδί, παράγει (επιπλέον εκείνων που διοχετεύονται στο αποχετευτικό δίκτυο) κάτι λιγότερο από ένα κιλό απορρίμματα την ημέρα. Συνεχίζοντας με το ρυθμό αυτό, κάθε 13 χρόνια θα γεμίζουμε μια χωματερή ίση σε έκταση με τη λίμνη της Πρέσπας. Στον Νομό Αττικής υπάρχουν πάνω από 30 ανεξέλεγκτες χωματερές που αποτελούν εστίες μόλυνσης, ενώ τα προγράμματα υγειονομικής ταφής και ανακύκλωσης μόλις τα τελευταία χρόνια άρχισαν να λειτουργούν. Οι κυριότερες **μέθοδοι διάθεσης** των απορριμμάτων, που ακολουθούνται στις περισσότερες χώρες είναι: η **υγειονομική ταφή** με τρόπο που δεν βλάπτει το περιβάλλον και ταυτόχρονα αποβαίνει σε όφελος των κατοίκων, η παραγωγή **εδαφοβελτιωτικού (compost)**, κυρίως με την χρησιμοποίηση οργανικών απορριμμάτων και η καύση των σκουπιδιών σε ειδικές, σύγχρονες μονάδες. Οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζουν μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα, απαιτείται συνεπώς η προσεκτική μελέτη για την εφαρμογή κάποιας μεθόδου ή συνδυασμού των μεθόδων αυτών. Σήμερα, παρά ποτέ είναι επιτακτική η ανάγκη για λήψη άμεσων μέτρων για την διάθεση των απορριμμάτων, με τρόπο που δεν θα υποβαθμίζει το περιβάλλον και την ποιότητα ζωής. Το οφείλουμε στις μελλοντικές γενιές.

Η χρησιμοποίηση των **ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης του πετρελαίου, του κάρβουνου και των ορυκτών καυσίμων, έτσι ώστε να μειωθεί η εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα και να προστατευθούν τα ενεργειακά αποθέματα. Η **εξοικονόμηση πρώτων υλών** μπορεί να γίνει με την εφαρμογή των προγραμμάτων ανακύκλωσης. Η **μείωση των απορριμμάτων** συμβάλλει στον καλύτερο έλεγχο της ρύπανσης και στην αποδοτικότερη διαχείριση τους με στόχο την **παραγωγή ενέργειας και εδαφοβελτιωτικών (compost)**. Οι εκπομπές καυσαερίων μπορεί να περιοριστούν με τη χρήση **ειδικών φίλτρων** από τις βιομηχανίες, **καταλυτών** από τα αυτοκίνητα, βελτιωμένων καυσίμων, και ρύθμιση των κινητήρων εσωτερικής και εξωτερικής

καύσης. Ο **περιορισμός της χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων** είναι αναγκαία προϋπόθεση προκειμένου να μειωθεί η ρύπανση των νερών (λίμνες, ποτάμια, θάλασσες).

Οι **βιοκαλλιέργειες** πρέπει να ενισχυθούν και να επεκταθούν σε όλα τα αγροτικά προϊόντα. Επιπλέον, στην προστασία των νερών συμβάλλει ο **βιολογικός καθαρισμός** των αστικών λυμάτων. Πρόκειται για μια διαδικασία, όπου τα λύματα εισέρχονται σε διάφορες φάσεις καθαρισμού, στις οποίες περιλαμβάνεται και η χρησιμοποίηση μικροοργανισμών, που αποικοδομούν το οργανικό φορτίο. Έτσι, τα λύματα πριν καταλήξουν στον υδάτινο αποδέκτη χλωριώνονται και αποδίδονται στο περιβάλλον με μέγιστο βαθμό καθαρότητας. Επίσης, η **διαχείριση των τοξικών και ραδιενεργών αποβλήτων** και η αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων είναι επιβεβλημένη για την προστασία του περιβάλλοντος. Η παραδοσιακές χημικές μέθοδοι, αλλά και οι βιοτεχνολογικές μέθοδοι με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων μικροοργανισμών μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της ρύπανσης. Το ιδιαίτερα **αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο** και η αφύπνιση της κοινής γνώμης αποτελούν ίσως το σημαντικότερο παράγοντα στη λήψη μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος. Από την άλλη μεριά η τεχνολογική και επιστημονική ανάπτυξη έχει προσφέρει πολλές διεξόδους στα προβλήματα της ρύπανσης, ενώ στο μέλλον ίσως κατορθώσει να δώσει οριστική λύση στο παγκόσμιο αίτημα για καθαρή ανανεώσιμη ενέργεια.

## Κεφάλαιο 3

### **3.1) Γενετική τροποποίηση (Genetic Transformation).**

Ένας γενετικά τροποποιημένος οργανισμός (ΓΤΟ) είναι ένας ζωντανός οργανισμός, φυτικός ή ζωικός που έχει υποστεί τροποποίηση των αρχικών γενετικών του χαρακτηριστικών με προσθήκη, αφαίρεση ή αντικατάσταση τουλάχιστον ενός γονιδίου.

Η κλωνοποίηση του DNA σε πλασμειδικούς φορείς και η εισαγωγή του σε βακτήρια αποτελεί μια μορφή γενετικής τροποποίησης κάποιου (μικρο)οργανισμού.

Αργότερα επιτεύχθηκε η εισαγωγή τμημάτων DNA (γονιδίων ή συνθετικών DNA) σε φυτικά και ζωικά κύτταρα, που βρίσκονταν σε συνθήκες εργαστηριακής καλλιέργειας. Στα φυτά μάλιστα, όπου υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας ολόκληρου οργανισμού, μέσω του αγενούς πολλαπλασιασμού, από ένα αρχικό κύτταρο η γενετική τροποποίηση βρήκε πληθώρα εφαρμογών.

Σχετικά πιο πρόσφατα, έγινε αντιληπτό ότι γενετική τροποποίηση διαφοροποιημένων κυττάρων συνδυαζόμενη με την μέθοδο της αντικατάστασης του πυρήνα του ωαρίου από τον πυρήνα ενός ώριμου σωματικού κυττάρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άγημα για την ενσωμάτωση γενετικής τροποποίησης στους ανώτερους οργανισμούς. Αν λοιπόν τα τμήματα του εισαχθέντος DNA αντιστοιχούν σε γονίδια τότε η γενετική τροποποίηση έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή πρωτεΐνης από το εισαχθέν γονίδιο, ίδιας με αυτή που παρήγαγε και στον οργανισμό από τον οποίο προέρχεται. Όταν η μεταφορά γονιδίων λαμβάνει χώρα ανάμεσα σε απομακρυσμένα μεταξύ τους ταξινομικά είδη, δηλαδή δεν θα μπορούσε να λάβει χώρα υπό φυσιολογικές συνθήκες, μιλάμε για δημιουργία διαγονιδιακών οργανισμών.

Ο όρος γενετική τροποποίηση ωστόσο είναι πολύ γενικότερος και αφορά την εισαγωγή οποιασδήποτε τροποποίησης στο γονιδίωμα ενός κυττάρου ή ενός οργανισμού. Μπορεί για παράδειγμα να περιορίζεται στην εισαγωγή συνθετικών τμημάτων DNA ή RNA που έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν συγκεκριμένα γονίδια ή προϊόντα γονιδίων και να τα μπλοκάρουν, με αποτέλεσμα να αδρανοποιούν τα αντίστοιχα γονίδια ή προϊόντα τους.

### 3.2) Οι βασικές τεχνολογίες της γενετικής τροποποίησης.

Η γενετική τροποποίηση συνδιάζει τεχνολογίες της γενετικής μηχανικής, που οδήγησε στη δημιουργία των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων με βελτιωμένες ιδιότητες, με αυτές της ιστοκαλλιέργειας φυτικών ιστών και κυττάρων που έχει αναβαθμίσει τις τεχνικές πολλαπλασιασμού.

#### 3.2.1) Η Γενετική μηχανική.

Περιλαμβάνει όλες τις τεχνικές που οδηγούν σε μεταφορά του γενετικού υλικού από τον ένα οργανισμό στον άλλο και αποτελεί τεχνολογία αιχμής που εντάσσεται στον κλάδο των βιολογικών επιστημών, την Γενετική Μηχανική. Ο γενετικός ανασυνδυασμός είναι μια φυσική διαδικασία που παρατηρείται στους προκαρυωτικούς, αλλά και στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Η Γενετική Μηχανική στηρίζει τις αρχές της σε αυτά τα φυσικά φαινόμενα, τα οποία και χρησιμοποιεί για την ανταλλαγή ή μεταφορά γενετικού υλικού με στόχο την δημιουργία κυττάρων ή οργανισμών με επιθυμητά χαρακτηριστικά. Οι εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής στην Ιατρική (παραγωγή ιντερφερόνης, ινσουλίνης, εμβολίων, κ.λ.π), αλλά και στην βελτίωση ορισμένων φυτικών και ζωικών οργανισμών είναι πολύ σημαντικές και διαδεδομένες, ενώ η γονιδιακή θεραπεία άρχισε ήδη να εφαρμόζεται.

Η **τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA** έδωσε την δυνατότητα της απομόνωσης συγκεκριμένων γονιδίων από το γονιδίωμα οποιουδήποτε οργανισμού, τη μεταφορά τους από ένα οργανισμό σε κάποιο άλλο και την έκφραση αυτών των γονιδίων στα νέα κύτταρα μέσα σε μικρά χρονικά διαστήματα. Σε αυτό το πλαίσιο **η μεταφορά και έκφραση γονιδίων ευκαρυωτικών οργανισμών σε βακτήρια** ήταν το εντυπωσιακότερο επίτευγμα της τελευταίας εικοσαετίας, που άνοιξε το δρόμο για τη μεταφορά γονιδίων μεταξύ των ευκαρυωτικών οργανισμών και τη **δημιουργία διαγονιδιακών ή γενετικά τροποποιημένων φυτών και ζώων.**

### 3.2.2) Η Ιστοκαλλιέργεια.

Ο όρος Ιστοκαλλιέργεια ή καλλιέργεια *in vitro*, περιγράφει μια διαδικασία (τεχνική), κατά την οποία μικρά τεμάχια φυτικού ιστού, όργανα ή κύτταρα, απομονώνονται από το μητρικό φυτό κάτω από ασηπτικές συνθήκες και καλλιεργούνται σε ειδικά δοχεία που περιέχουν αποστειρωμένο θρεπτικό υπόστρωμα σε χώρους με ελεγχόμενο περιβάλλον (φωτισμός και θερμοκρασία). Το μικρό όργανο ή κομμάτι ιστού που απομακρύνεται από το μητρικό φυτό και από το οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί όλη η καλλιέργεια *in vitro*, ονομάζεται έκφυτο. Οι χειρισμοί του εκφύτου, η ρύθμιση της σύνθεσης του θρεπτικού υποστρώματος αλλά και των παραμέτρων του περιβάλλοντος καλλιέργειας, μπορούν να προσανατολίσουν την συμπεριφορά του προς ποικίλους δρόμους διαφοροποίησης, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό.

Η ιστοκαλλιέργεια σε γενικές γραμμές μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καλλιέργεια οργάνων ή ακόμη και σπερμάτων (ή ζυγωτικών εμβρύων) για την δημιουργία ενός ολόκληρου φυτού. Η δεύτερη κατηγορία συμπεριλαμβάνει την *in vitro* καλλιέργεια κυττάρων με απώτερο σκοπό την δημιουργία αναγεννημένου φυτού. Έτσι, ενώ στην πρώτη περίπτωση επιτρέπεται η ανάπτυξη και διαφοροποίηση των κυττάρων ή των ιστών από τα όργανα τα οποία έχουν εμβολιαστεί στο θρεπτικό μέσο, στην δεύτερη περίπτωση επιτυγχάνεται η αποδιαφοροποίηση των κυττάρων (είτε αυτά βρίσκονται μέσα στα όργανα είτε μέσα στους ιστούς) για τη δημιουργία κάλου που αργότερα θα μπορέσει μέσα από την οργανογένεση ή την σωματική εμβρυογένεση, να αναγεννήσει ένα ολόκληρο φυτό.

Η καλλιέργεια *in vitro* εφαρμόζεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Μικροπολλαπλασιασμός: διαδικασία της μαζικής κλωνικής παραγωγής νέων φυτών.
- Παραγωγή άνοσου φυτικού υλικού: Καλλιεργώντας το κορυφαίο μερίστωμα, το οποίο παραμένει αμόλυντο από ιούς, αποκτώνται φυτά υγιή.
- Συντήρηση γενετικού υλικού: Είναι οι λεγόμενες τράπεζες γενετικού υλικού στις οποίες είναι δυνατή η συντήρηση φυτικού υλικού σε περιορισμένο χώρο με μικρό κόστος.

➤ Διάσωση εμβρύων: Σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται επιτυχής γονιμοποίηση, αλλά τα έμβρυα αποτυγχάνουν να αναπτυχθούν, τα ανώριμα ζυγωτικά έμβρυα καλλιεργούνται σε κατάλληλα θρεπτικά υποστρώματα αναγεννώντας νέα υβριδικά φυτά.

➤ Μελέτη του φυτικού μεταβολισμού: Γίνεται μελέτη βιοχημικών και φυσιολογικών φαινομένων του φυτού, π.χ μελέτη της σύνθεσης των πρωτεϊνών, των κυτταρικών τοιχωμάτων, της ενζυμικής δράσης.

➤ Τροποποίηση φυτών με σωμακλωνική παραλλακτικότητα: Συχνά, τα φυτά που αναγεννώνται από ιστοκαλλιέργεια, με την παρεμβολή ενδιάμεσου σχηματισμού κάλου, εμφανίζουν φαινοτυπικούς ή βιοχημικούς χαρακτήρες, διαφορετικούς από το αρχικό μητρικό υλικό. Το φαινόμενο αυτό, της ποικιλομορφίας που παράγεται μέσω ιστοκαλλιέργειας, έχει ονομαστεί **σωμακλωνική παραλλακτικότητα** (somaclonal variation) και χαρακτηρίζει όλα τα συστήματα αναγέννησης φυτών που περιλαμβάνουν σχηματισμό κάλλου ( αναγέννηση από πρωτοπλάστες, κάλλους και κύτταρα ή από καλλιεργούμενα έκφυτα όπως ανώριμα έμβρυα, φύλλα, βλαστούς, ρίζες, ανθήρες και ωοθήκες). Η κύρια πηγή της σωμακλωνικής παραλλακτικότητας φαίνεται να είναι οι αναδιαταξεις 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 γενοτύπων 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. ).



### 3.3) Μέθοδοι γενετικής τροποποίησης.

Με τον όρο γενετική τροποποίηση παρότι αναφερόμαστε και σε αντικατάσταση ή αφαίρεση γενετικού υλικού αλλά η πιο συνηθισμένη διαδικασία, είναι η λήψη γενετικού υλικού από ένα είδος δωρητή και η άμεση μεταφορά του σε μια άλλη κυτταρική σειρά ή σε ένα άλλο είδος λήπτη. Η διαδικασία διαιρείται ως εξής :

1. Απομόνωση του υλικού από το δωρητή.
2. Εισαγωγή του υλικού στον λήπτη .
3. Ενσωμάτωση αυτού του υλικού στο γονίδιομα του λήπτη.
4. Έκφραση των χαρακτηριστικών του εισαχθέντος υλικού.

Απαραίτητα για την απομόνωση του γενετικού υλικού του δωρητή είναι τα **περιοριστικά ένζυμα**, τα οποία ταξινομούνται σε 4 κυρίως ομάδες. Όταν βρεθούν σε συγκεκριμένες συνθήκες π.χ. υψηλό ποσοστό γλυκερόλης χάνουν την εξειδίκευσή τους και κόβουν το DNA σε παρόμοιες θέσεις αλληλουχίας. Δείχνουν δηλαδή προτίμηση σε μια θέση αναγνώρισης έναντι άλλων και επομένως υπάρχουν θέσεις που κόβονται και αναγνωρίζονται πιο γρήγορα από άλλες. Υπεύθυνη για αυτό είναι η τοπική δόμηση του DNA. Τα τμήματα που δημιουργούνται στα άκρα έχουν συγκεκριμένες όμοιες αλληλουχίες.

Τα κατατμήματα αυτά μπορούν να συνδεθούν και να δημιουργήσουν ένα ενιαίο τμήμα με απαραίτητη την ύπαρξη ενός άλλου ενζύμου που συνήθως είναι η **T4 DNA λιγάση**. Η συνένωση αυτή μπορεί να γίνει όταν έχουν ομόλογα ή συμπληρωματικά άκρα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να συνδεθούν διαφορετικά ως προς το μέγεθος και την προέλευση τμήματα του DNA. Τα άκρα αυτά που ονομάζονται και κολλώδη δεν συνδέονται μόνο μεταξύ τους αλλά μπορούν να συνδεθούν και με συμπληρωματικές αλληλουχίες βάσεων οποιουδήποτε άλλου DNA που έχει κοπεί με το ίδιο περιοριστικό ένζυμο. Οι γενετιστές χρησιμοποιούν τόσο τα περιοριστικά ένζυμα όσο και τις λιγάσες για να ενώνουν τα μόρια DNA και έτσι είναι σε θέση να παρασκευάσουν οποιοδήποτε συνδυασμό μορίων DNA. Η διαδικασία αυτή είναι και η βάση της γενετικής μηχανικής.

Το DNA που προέρχεται από δύο ή περισσότερες διαφορετικές πηγές ονομάζεται **ανασυνδυασμένο DNA**. Ένα ανασυνδυασμένο DNA που περιέχει

αλληλουχίες βάσεων από περισσότερους από έναν οργανισμούς ονομάζεται χμιαϊκό DNA. Το χμιαϊκό αυτό DNA έχει όλες τις ιδιότητες των τμημάτων του. Αυτό είναι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως **φορέας**.

Φορέας είναι ένα μόριο DNA στο οποίο ενσωματώνονται τμήματα από άλλα μόρια και το τελικό προϊόν μεταφέρεται σε ένα κύτταρο ξενιστή. Οι φορείς είναι απαραίτητοι για την εισαγωγή και την ενσωμάτωση του γενετικού υλικού στο λήπτη, προέρχονται από πλασμίδια ή βακτηριοφάγους και έχουν τις πιο κάτω χαρακτηριστικές ιδιότητες:

1.Είναι μικρά μόρια με γνωστή δομή.

2.Έχουν το δικό τους σημείο έναρξης της αντιγραφής, πράγμα που επιτρέπει τόσο την αντιγραφή του φορέα, όσο και του ξένου τμήματος DNA που περιέχει μέσα στο κύτταρο λήπτη.

3.Περιέχουν συνήθως ένα ή περισσότερα γονίδια σήμανσης όπως π.χ. αντίστασης σε κάποια αντιβιοτικά, που χρησιμοποιούνται για να απομονωθούν στη συνέχεια τα κύτταρα λήπτες που περιέχουν το φορέα.

Στα φυτά ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος φορέας είναι το πλασμίδιο Ti του βακτηρίου *Agrobacterium tumefaciens*.

Ο φορέας λοιπόν εξασφαλίζει την είσοδο στο γονίωμα του λήπτη ενώ την επιτυχή έκφραση του εισαχθέντος γενετικού υλικού την εξασφαλίζει η χρήση του υποκινητή CaMV 35S που προέρχεται από τμήμα του γονιώματος του ιού του μωσαϊκού του κουνουπιδιού. Έχουν γίνει προσπάθειες να εφαρμοστούν και άλλοι υποκινητές όμως η εισαγωγή στο φορέα του υποκινητή CaMV 35S έχει τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

Στη συνέχεια τα μόρια-φορείς αφού απομονωθούν δεν μπορούν να αντιγραφούν σε δοκιμαστικούς σωλήνες. Πρέπει να εισαχθούν σε κύτταρα και να αντιγραφούν μέσα στο κυτταρόπλασμα τους. Ο οργανισμός που χρησιμοποιείται συνήθως για την αναπαραγωγή τους είναι το βακτήριο *Escherichia coli*. Χρησιμοποιούνται και ζύμες καθώς και κύτταρα θηλαστικών σε ιστοκαλλιέργειες κυρίως όμως για την παραγωγή εμβολίων.

Η ενσωμάτωση του ανασυνδυασμένου DNA είτε στο βακτήριο *Escherichia coli* για την αναπαραγωγή του, είτε κατά την εισαγωγή του στα φυτικά κύτταρα που θέλουμε να αποκτήσουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, έχει πολύ περιορισμένο βαθμό επιτυχίας. Η επιλογή των κυττάρων και στις δύο περιπτώσεις, που έχει γίνει με επιτυχία η ενσωμάτωση, γίνεται με τη βοήθεια των γονιδίων σήμανσης που

προαναφέρθηκαν. Γονίδια δηλαδή που προσδίδουν ανθεκτικότητα σε μία ουσία (αντιβιοτικά, ζιζανιοκτόνα κ.α.) που έχουν ενσωματωθεί και αυτά στον φορέα. Χάρη στα γονίδια σήμανσης επιβιώνουν μόνο τα κύτταρα που έχει επιτύχει η εισαγωγή.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω είναι η μέθοδος του Αγροβακτηρίου (Agrobacterium-mediated transformation), η μέθοδος του εκτοξευτήρα μικροσωματιδίων ή «βιο-βαλλιστική» μέθοδος, η μικροέγχυση «γυμνού» DNA και η μέθοδος των μεταθετών στοιχείων.

### **3.3.1) Η μέθοδος του Αγροβακτηρίου.**

Οι αλληλεπιδράσεις του αγροβακτηρίου με τα φυτικά κύτταρα είναι ένα παράδειγμα που γνωρίζουμε να πραγματοποιείται μεταφορά DNA μεταξύ δύο βασιλείων. Κατά τη μεταφορά αυτή ογκογενετικά γονίδια από το αγροβακτήριο μεταφέρονται στο φυτό, προκαλώντας την ασθένεια της νεοπλασίας που ονομάζεται κορονωτός κάλλος. Τα τοξικά στελέχη του αγροβακτηρίου περιέχουν ένα μεγάλο εξωχρωμοσωμικό πλασμίδιο, στο οποίο εδράζουν τα γονίδια που εμπλέκονται στη δημιουργία του κάλλου.

Στα καρκινικά κύτταρα του κάλλου παράγονται κάποιες ουσίες που ονομάζονται οπίνες τις οποίες το αγροβακτήριο απαιτεί για την ανάπτυξή του, αλλά δεν είναι σε θέση να συνθέσει. Από το εξωχρωμοσωμικό πλασμίδιο Τι ένα συγκεκριμένο μικροτμήμα, το T-DNA, εισέρχεται μέσα στο γονίωμα του φυτού. Από το T-DNA ένα τμήμα έχει ογκογενετικές ιδιότητες, ενώ ένα άλλο κωδικοποιεί για ένζυμα της βιοσύνθεσης των οπινών.

Στόχος των βιοτεχνολόγων ήταν να διατηρηθεί η ιδιότητα του T-DNA χωρίς όμως τα ογκογενετικά χαρακτηριστικά. Αυτό πραγματοποιήθηκε με την διατήρηση μόνο του δεξιού και του αριστερού συνοριακού του T-DNA και την εισαγωγή κάθε φορά των επιθυμητών γόνων ανάμεσα τους.

Σαν γονίδιο σήμανσης στη μέθοδο του αγροβακτηρίου χρησιμοποιείται πιο συχνά το NPTII που προσδίδει ανθεκτικότητα στο αντιβιοτικό καναμυκίνη. Η καναμυκίνη είναι το πιο γνωστό μέλος της ομάδας των αμινογλυκοσιδίων. Έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στα δικότυλα φυτά.

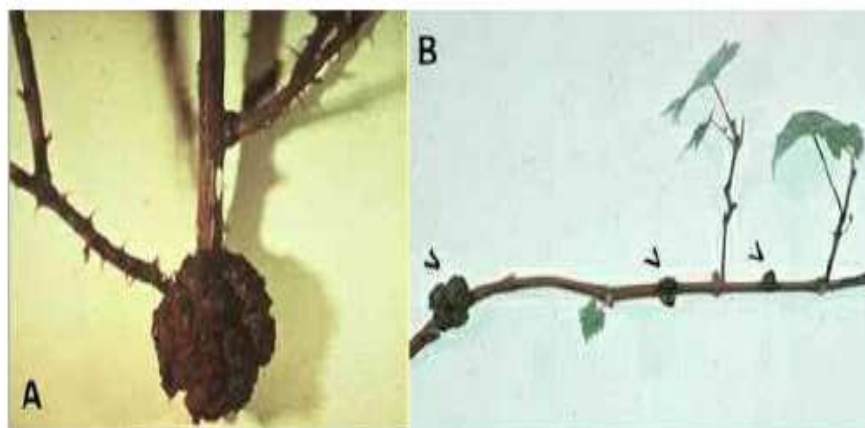
Αλλά αντιβιοτικά που χρησιμοποιούνται είναι η γκενταμυκίνη, το G4 18, η νεομυκίνη, η πουρομικίνη, η υγρομυκίνη. Τα αντιβιοτικά αυτά προκαλούν χλώρωση και αποχρωματισμό των φύλλων στα φυτά που δεν έχουν το γονίδιο ανθεκτικότητας.

Πέρα από τα αντιβιοτικά και γονίδια ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούνται συχνά σαν γονίδια σήμανσης στα γενετικά τροποποιημένα φυτά. Ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται είναι το glyphosate, η φωσφοθορισίνη, η ατραζίνη, το βρωμοξυνίλιο κ.α. Επίσης χρησιμοποιείται και η αυξίνη 2,4-D.

- **Μεταφορά γονιδίων με το *Agrobacterium tumefaciens***

Το *Agrobacterium tumefaciens* περιέχει ένα ειδικό πλασμίδιο μεγέθους περίπου 200 kb (kb=αλληλουχία DNA που αποτελείται από 1000 ζεύγη βάσεων), το οποίο ονομάζεται πλασμίδιο Ti (tumor inducing) και έχει την ιδιότητα να μετασχηματίζει τα φυτικά κύτταρα, εισάγοντας το DNA του στο γονιδίωμα των κυττάρων. Το πλασμίδιο Ti δεν μεταφέρεται ολόκληρο στα φυτικά κύτταρα αλλά μόνο μια περιοχή του (μήκους περίπου 20 kb), που ονομάζεται T-DNA (Transfer DNA). Η περιοχή αυτή μεταφέρεται στον πυρήνα των φυτικών κυττάρων και επειδή περιέχει ορισμένα ογκογονίδια είναι υπεύθυνη για την δημιουργία ενός είδους καρκίνου, που ονομάζεται crown gall.

Επομένως το πλασμίδιο Ti μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας φυσικός φορέας (vector) μεταφοράς και έκφρασης ξένων γονιδίων σε φυτικά κύτταρα.



Όγκοι σε τριανταφυλλιές που έχουν δημιουργηθεί από την δράση του πλασμιδίου Ti

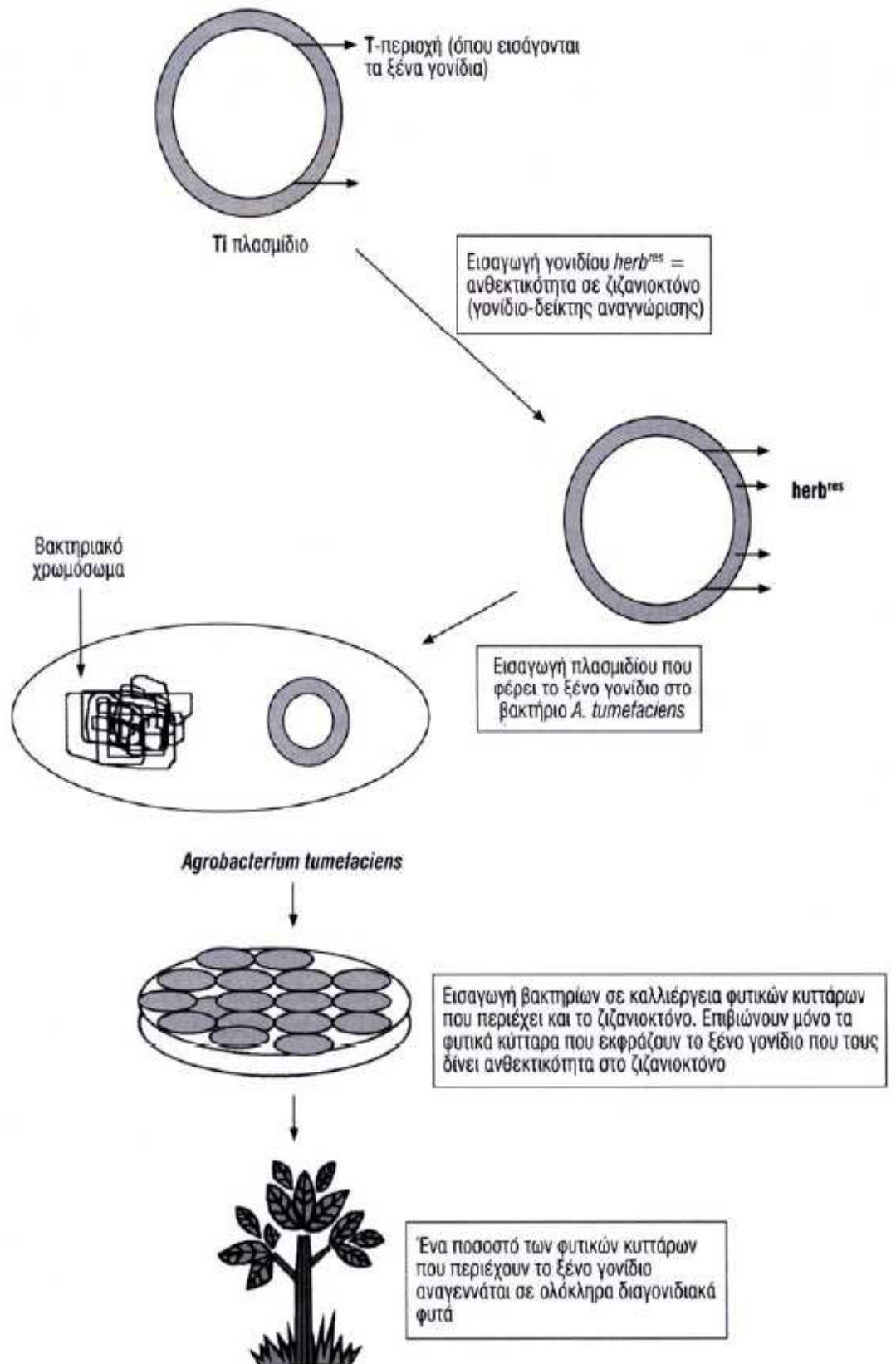
Ο φυσικός μηχανισμός μεταφοράς γενετικού υλικού σε φυτικά κύτταρα από τα αγροβακτήρια χρησιμοποιείται για την δημιουργία διαγονιδιακών φυτών αφού γίνουν οι κατάλληλες γενετικές επεμβάσεις ώστε να εισαχθούν τα ξένα γονίδια

Βασική προϋπόθεση για την δημιουργία διαγονιδιακών φυτών είναι το ξένο γονίδιο εκτός από την αλληλουχία που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη που μας ενδιαφέρει να περιέχει και τις κατάλληλες ρυθμιστικές αλληλουχίες, που θα επιτρέπουν την

έκφρασή του στα φυτικά κύτταρα. Άλλη προϋπόθεση είναι το μεταφερόμενο DNA να ενσωματωθεί σε ένα από τα χρωμοσώματα του φυτικού κυττάρου ώστε να αναπαράγεται με τον μηχανισμό του κυττάρου και να μεταφέρεται στα θυγατρικά κύτταρα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να προκύψει ένα διαγονιδιακό φυτό από ένα αρχικό κύτταρο, στο οποίο το ξένο γονίδιο θα υπάρχει σε όλα τα κύτταρά του.

Επειδή η μεταφορά του ξένου γονιδίου στα φυτικά κύτταρα δεν είναι πάντα επιτυχής, πρέπει να είναι δυνατή η ανίχνευση των διαγονιδιακών φυτών. Για το λόγο αυτό μαζί με το ξένο γονίδιο εισάγεται στο πλασμίδιο και ένα γονίδιο-δείκτης αναγνώρισης, που χρησιμεύει για την αναγνώριση των φυτών που έχουν ενσωματώσει και εκφράζουν το ξένο γενετικό υλικό. Τα πιο συνηθισμένα γονίδια-δείκτες είναι γονίδια που δίνουν ανθεκτικότητα σε κάποιο αντιβιοτικό (π.χ. καναμυκίνη) ή σε ένα ζιζανιοκτόνο (herbicide resistance).

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα στάδια που ακολουθούνται για την δημιουργία διαγονιδιακών φυτών μέσω του *Agrobacterium tumefaciens*.



### 3.3.2) Η «βιο-βαλλιστική» μέθοδος (gene gun).

Η βιο-βαλλιστική μέθοδος που συχνά ονομάζεται και βομβαρδισμός σωματιδίων, έχει σαν βασική αρχή για τη μεταφορά γονιδίων, τη χρήση επιταχυνόμενων με μεγάλες ταχύτητες σωματιδίων με μικροπροεξοχές, ώστε να περάσουν τις κυτταρικές στοιβάδες ή τα κυτταρικά τοιχώματα και να εισχωρήσουν στο κύτταρο. Τα κύτταρα αυτά βέβαια πρέπει να επιζήσουν ώστε να εκφράσουν την γενετική πληροφορία, και κάποιες φορές να διαιωνιστούν. Τα μικροσωματίδια είναι από υλικά ανενεργά όπως το βολφράμιο και ο χρυσός που καλύπτονται από DNA, RNA ή πρωτεΐνες.

Το DNA συνδέεται πάνω στα σωματίδια χρυσού με την παρουσία αιθανόλης, ενώ στα σωματίδια βολφραμίου παρουσία ανθρακικού ασβεστίου και σπερδιμίνης. Ο τρόπος καθίζησης θα πρέπει είναι τέτοιος ώστε να αποφεύγεται η οξείδωση, η συσσωμάτωση ή καθίζηση των σωματιδίων πριν την καθίζηση του DNA. Επιπλέον ιδιαίτερη σημασία έχει ο λόγος της ποσότητας των σωματιδίων με τον λόγο της ποσότητας του DNA.

Η μεταφορά γονιδίων με αυτή τη μέθοδο είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί είναι αποτελεσματική στον σταθερό μετασχηματισμό οργανισμών που διαφορετικές προσεγγίσεις έχουν αποτύχει. Εφαρμόζεται εύκολα, έχει ευρύτερο φάσμα από τη μέθοδο του αγροβακτηρίου και όχι ιδιαίτερα υψηλό κόστος.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη συχνότητα επιτυχούς μεταφοράς του ανασυνδυσμένου DNA είναι :

- A. Ο βαθμός των κυττάρων που έχουν νεκρωθεί εξαιτίας του βομβαρδισμού.
- B. Η σύσταση το μέγεθος και η επιτάχυνση των σωματιδίων.
- Γ. Ο τρόπος που συνδέεται το ανασυνδυσμένο DNA με τα σωματίδια.

Σαν παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί ότι αύξηση της ποσότητας του DNA ανά βομβαρδισμό κατά 1000 φορές, μπορεί απλά να διπλασιάσει το ποσοστό επιτυχίας.

### **3.3.3) Μικροέγχυση «γυμνού» DNA**

Η τεχνική της μικροέγχυσης αναπτύχθηκε και εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο στα ζώα. Η κεντρική ιδέα είναι η εξής: Μετά την γονιμοποίηση του ωαρίου από το σπερματοζωάριο και πριν την σύζευξη των δύο πυρήνων, εισάγεται στον πυρήνα του ωαρίου ή του σπερματοζωαρίου διάλυμα που περιέχει μεγάλο αριθμό (1000-20000) πλασμιδίων στα οποία έχει κλωνοποιηθεί το επιθυμητό γονίδιο μαζί με τμήματα DNA που ελέγχουν την έκφραση του γονιδίου αυτού.

Επιτυχής ενσωμάτωση ενός τουλάχιστον πλασμιδίου στο πυρηνικό DNA του ωαρίου ή του σπερματοζωαρίου θα έχει ως αποτέλεσμα ο μετέπειτα ζυγώτης να περιέχει ενσωματωμένο στο γονιδίωμα του το νεοεισαχθέν γονίδιο.

Συνήθως ανιχνεύονται πολλαπλά αντίγραφα του εισαχθέντος γονιδίου.

### **3.3.4) Μέθοδος των μεταθετών στοιχείων.**

Τα μεταθετά στοιχεία (transposable elements) αντιστοιχούν σε τμήματα του γονιδιώματος που έχουν την ικανότητα να "μεταπηδούν" από μια χρωμοσωμική θέση σε άλλη και έχουν βρεθεί σε πολλούς οργανισμούς. Όλα τα μεταθετά στοιχεία περιβάλλονται στα άκρα τους από μια ανεστραμμένη και επαναλαμβανόμενη αλληλουχία βάσεων (inverted terminal repeats) που αναγνωρίζεται από το ένζυμο της τρανσποζάσης. Όταν τα μεταθετά στοιχεία περιέχουν το γονίδιο που κωδικοποιεί για το ένζυμο αυτό, χαρακτηρίζονται ως ενεργά, ενώ όταν δεν παράγουν τα ίδια το ένζυμο που εμπλέκεται ενεργά στη μετάθεση τους από τη μια θέση στην άλλη ονομάζονται ανενεργά. Ανενεργά μεταθετά στοιχεία «μεταπηδούν» μόνο παρουσία ενεργών μεταθετών στοιχείων στο γονιδίωμα. Απομόνωση μεταθετών στοιχείων έχει επιτευχθεί από αρκετούς οργανισμούς και έχουν χρησιμοποιηθεί ως φορείς για την εισαγωγή γονιδίων.

Τα πρώτα και πιο γνωστά μεταθετά στοιχεία που απομονώθηκαν είναι τα στοιχεία P της *Drosophila melanogaster* και χρησιμοποιήθηκαν επιτυχώς για την μεταφορά γονιδίων σε συγγενή είδη δροσόφιλας. Η βασική μέθοδος μετασχηματισμού κυττάρων με τα στοιχεία P, βασίζεται στην έγχυση ενός μίγματος δύο πλασμιδίων, όπου στο ένα έχει εισαχθεί το γονίδιο που κωδικοποιεί για το ένζυμο της τρανσποζάσης και στο άλλο έχει εισαχθεί ένα ανενεργό στοιχείο P το οποίο φέρει, ανάμεσα στην ανεστραμμένη και επαναλαμβανόμενη αλληλουχία που



αναγνωρίζει το ένζυμο, το γονίδιο ή τα γονίδια που θέλουμε να εισάγουμε στο κύτταρο. Πρόσφατα, απομονώθηκαν τα μεταθετά στοιχεία Minos στη *Drosophila hydei* και έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την μεταφορά γονιδίων τόσο στη δροσόφιλα όσο και σε διάφορα άλλα δίπτερα έντομα, σε φυτά και σε θηλαστικά.

Η μεταφορά γονιδίων με τα στοιχεία Minos πραγματοποιείται με τρόπο ανάλογο της μεθόδου που περιγράψαμε για τα στοιχεία P όπως επίσης και με συνδυασμό της μεθόδου αυτής με κάποια από τις προαναφερθείσες. Τα μεταθετά στοιχεία, εκτός από φορείς εισαγωγής γονιδίων στους οργανισμούς έχουν χρησιμοποιηθεί και για την μελέτη του γονιδιώματος των οργανισμών στους οποίους μπορούν να ενσωματωθούν. Κάθε φορά που ένα μεταθετό στοιχείο ενσωματώνεται σε μια θέση στο γονιδίωμα είναι πιθανό να διαταράξει την λειτουργία υπάρχοντος γονιδίου στη θέση αυτή και να οδηγεί στην εμφάνιση κάποιου νέου φαινοτύπου. Τα μεταθετά στοιχεία λειτουργούν δηλαδή ως μεταλλαξιγόνα. Καθώς μάλιστα οι θέσεις ένθεσης παρουσιάζουν ανιχνεύσιμα χαρακτηριστικά είναι δυνατό να εντοπιστεί η διαταραχθείσα αλληλουχία του DNA (γονίδιο). Αντίστοιχα, απόσχιση (excision) του μεταθετού στοιχείου από την θέση ένθεσης οδηγεί σε επαναλειτουργία του διαταραχθέντος γονιδίου και άρα απαλοιφή του φαινοτύπου που παρατηρήθηκε κατά την ένθεση. Έτσι επιβεβαιώνεται ότι το γονίδιο που διαταράχθηκε είναι όντως υπεύθυνο για την εμφάνιση του φαινοτύπου που παρατηρήθηκε.

Επομένως πέραν της μεταλλαξιόγону δράσης τους, τα μεταθετά στοιχεία χρησιμοποιούνται και για την λεγόμενη αντίστροφη γενετική ανάλυση (reverse genetics).

## **Κεφάλαιο 4**

### **4.1) Τα γενετικά τροποποιημένα φυτά.**

Η γενετική τροποποίηση ενός φυτού επιτυγχάνεται συνήθως με την εισαγωγή στο γενετικό υλικό του, ενός ή περισσοτέρων νέων γονιδίων, που εκφράζονται στο φυτό και του προσδίδουν το επιθυμητό χαρακτηριστικό.

Ο προφανής στόχος της γενετικής τροποποίησης είναι η προσθήκη νέων ή τροποποιημένων χαρακτηριστικών στις ήδη υπάρχουσες ποικιλίες. Γενικά, η γενετική τροποποίηση των φυτών με τις τεχνικές της γενετικής μηχανικής εμφανίζει πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους βελτίωσης. Μια ποικιλία διατηρεί όλα τα πλεονεκτικά χαρακτηριστικά της και αποκτά έναν ή περισσότερους πρόσθετους βελτιωμένους χαρακτήρες και επομένως αποφεύγονται οι γενετικές αναδιατάξεις που παρατηρούνται στη συμβατική βελτίωση φυτών. Επιπλέον, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι δυνατότητες της κλασσικής βελτίωσης περιορίζονται στη δημιουργία νέων ποικιλιών με ανταλλαγή γενετικού υλικού μεταξύ αναπαραγωγικά συμβατών οργανισμών, ενώ με τη νέα τεχνολογία είναι εφικτή η εισαγωγή γονιδίων που προέρχονται από κυριολεκτικά άσχετους οργανισμούς ή ακόμα και γονιδίων που έχουν κατασκευαστεί τεχνητά από τον άνθρωπο.

Η διαγονιδιακή τεχνολογία επεκτείνεται ταχύτατα σε ολοένα και περισσότερα φυτικά είδη και περιορίζεται μόνο από την ικανότητα μας να απομονώνουμε χρήσιμα γονίδια και εν μέρει από τη δυσκολία μεταφοράς γονιδίων σε μερικά σημαντικά καλλιεργούμενα φυτικά είδη και τη δυσκολία αναγέννησης μερικών φυτικών ειδών *in vitro*. Αλλά και γι' αυτά τα είδη τα πρόσφατα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά και μπορούμε να προβλέψουμε με ασφάλεια ότι στα αμέσως επόμενα χρόνια όλα σχεδόν τα καλλιεργούμενα φυτικά είδη θα είναι εφικτό να τροποποιηθούν με ευκολία.

Η μεταφορά γονιδίων και η δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών επιτυγχάνεται σήμερα με αρκετές μεθόδους που μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ευρύτερες κατηγορίες.

1. Έμμεση μεταφορά γονιδίων μέσω ενός βιολογικού φορέα κλωνοποίησης ( με το πλασμίδιο Ti του *Agrobacterium*, μέθοδος που περιγράφηκε παραπάνω).
2. Άμεση μεταφορά γονιδίων.

#### 4.1.1) Η άμεση μεταφορά γονιδίων.

- Για την άμεση μεταφορά γονιδίων, χρησιμοποιούνται τεχνητές μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα φυτικά είδη. Τέτοιες είναι:

- **Χημικά επαγόμενος μετασχηματισμός:** Το DNA προσλαμβάνεται άμεσα από πρωτοπλάστες παρουσία διαλύματος υψηλής οσμωτικής συγκέντρωσης. Ουσίες όπως η πολυαιθυλική γλυκόλη (PEG) παρουσία ασβεστίου και υψηλού pH προωθούν τη μεταφορά DNA από το διάλυμα στο εσωτερικό των πρωτοπλαστών, προκαλώντας παροδικά ανοίγματα στις κυτταρικές μεμβράνες. Η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά και σταθερή ενσωμάτωση εξωγενούς DNA στο γονιδίωμα αρκετών φυτών.

- **Ηλεκτροδιαβίβαση ( electroporation ):** Στην τεχνική αυτή επωάζονται μαζί φυτικοί πρωτοπλάστες και το προς μεταφορά DNA και εκθέτονται σε ηλεκτρικό πεδίο. Σε κατάλληλες συνθήκες προκαλούνται παροδικά ανοίγματα στις κυτταρικές μεμβράνες των πρωτοπλαστών που επιτρέπουν την είσοδο του εξωγενούς DNA κατά παρόμοιο τρόπο με το χημικά επαγόμενο μετασχηματισμό. Η γενετική τροποποίηση των πρωτοπλαστών επιτυγχάνεται με εφαρμογή δυο τύπων ηλεκτρικού πεδίου, είτε υψηλή τάση για μικρή διάρκεια ή χαμηλότερη τάση για μεγαλύτερη διάρκεια.

- **Μικρό-έγχυση του DNA (microinjection):** Η μικρό-έγχυση αποτελεί τον πιο άμεσο τρόπο για την εισαγωγή DNA σε φυτικά κύτταρα. Το εξωγενές DNA μεταφέρεται με τριχοειδείς βελόνες και ενέεται στο εσωτερικό του πυρήνα. Η ενδοπυρηνική μικρό-έγχυση έδωσε υψηλά ποσοστά μετασχηματισμού και είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις που το διαθέσιμο φυτικό υλικό είναι περιορισμένο. Επίσης, επειδή δεν απαιτεί την αφαίρεση του κυτταρικού τοιχώματος, η τεχνική κρίνεται ιδιαίτερης σπουδαιότητας για φυτικά είδη που δεν αναγεννώνται από πρωτοπλάστες.

- **Μέθοδος βομβαρδισμού με μικροβλήματα (microprojectiles):** Νέα τεχνολογία μετασχηματισμού φυτικών ιστών που βασίζεται στο βομβαρδισμό των κυττάρων με μικροσκοπικά σωματίδια χρυσού ή βολφράμιου επιχρισμένα με το προς μεταφορά DNA. Τα μικροσωματίδια έχουν διάμετρο περίπου 1/4 μm και εκτοξεύονται, μέσω κατάλληλης συσκευής, με ταχύτητες ικανές να διαπεράσουν το κυτταρικό τοίχωμα και να εισέλθουν στα κύτταρα. Εκεί ελευθερώνουν

ποσότητα DNA που στη συνέχεια ενσωματώνεται σταθερά στο φυτικό γονιδίωμα. Εφαρμόζεται και στην ιστοκαλλιέργεια.

#### **4.2) Παραδείγματα φυτών που παρήχθησαν από μεταλλάξεις και από γενετική τροποποίηση.**

Γενετικά τροποποιημένα φυτά ήδη χρησιμοποιούνται ή προβλέπεται να χρησιμοποιούν για διάφορους σκοπούς. Ωστόσο οι πιο σημαντικές χρήσεις των ΓΤΦ αποσκοπούν στην κατασκευή νέων γονοτύπων με βελτιωμένα αγρονομικά χαρακτηριστικά, στην διεύρυνση των δυνατοτήτων της κλασσικής γενετικής βελτίωσης για την παραγωγή νέων ποικιλιών με την αξιοποίηση «εξωτικού» γενετικού υλικού και στην επιτάχυνση διαδικασιών της συμβατικής γενετικής βελτίωσης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4 .1:** Φυτά που έχουν προέλθει από μεταλλάξεις.

<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Καλλιεργητικό όνομα</b>	<b>Μέθοδος Μετάλλαξης</b>
Ρύζι	Calrose 76	Ακτίνες γάμμα
Αλεύρι	Lewis	Thermal neutrons
Oats (δημητριακά)	Alamo-X	Ακτίνες X
Σταφύλια	Rio Red / Star Ruby	Thermal Neutrons
Burmuda grass	Tifeagle / Tifgreen II / Tift 94	Ακτίνες γάμμα
Λάχανο	Ice cube / Mini- Green	Ethyl methanesulphonate
Φασόλι	Seafarer / Seaway	Ακτίνες X
Lilac	Prairie Petite	Thermal neutrons
St. Augustine grass	TXSA 8202 / TXSA 8212	Ακτίνες γάμμα

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:** Γενετικά Τροποποιημένες καλλιέργειες της διεθνούς αγοράς.

Είδος φυτού	Χαρακτηριστικό	Περιοχές / Χώρες που έχει εγκριθεί	Μέθοδος γεν. τροποποίησης
Καλαμπόκι	Αντοχή σε έντομα Αντοχή σε ζιζάνιοκτόνα	Αργεντινή, Καναδάς, ΗΠΑ, ΕΕ, Νότια Αφρική	Γονίδια από μικροοργανισμούς
Σόγια	Αντοχή σε ζιζάνιοκτόνα	Καναδάς, ΗΠΑ, Αργεντινή, Ν. Αφρική, ΕΕ (για μεταποίηση)	Γονίδια από μικροοργανισμούς
Ελαιοκράμβη	Αντοχή σε ζιζάνιοκτόνα	Καναδάς, ΗΠΑ	Γονίδια από μικροοργανισμούς
Κολοκυθιά	Αντοχή σε ιώσεις	Καναδάς, ΗΠΑ	Γονίδια από μικροοργανισμούς
Πατάτα	Αντοχή σε έντομα ζιζάνιοκτόνα	Καναδάς, ΗΠΑ	Γονίδια από μικροοργανισμούς

## Κεφάλαιο 5

### **5.1) Οι κυριότερες Βιοτεχνολογικές Εταιρίες.**

Η βιοτεχνολογία έχει εξελιχθεί από τις βιομηχανίες των ‘ζωντανών επιστημών’ που είναι ενεργές στην ανθρώπινη, στη ζωική και στη φυτική υγεία. Η εμπειρία τους στη φαρμακευτική βιοτεχνολογία και οι δραστηριότητες τους γύρω από την προστασία των καλλιεργειών, τους επέτρεψε να λειτουργήσουν και να εξαπλώσουν τη βιοτεχνολογία για τη γεωργία.

Γενικά, το μερίδιο της βιοτεχνολογίας στο αγροβιομηχανικό μέρος των βιομηχανιών των ‘ζωντανών επιστημών’ δεν φαίνεται στις οικονομικές αναφορές ή στις δημοσιεύσεις. Το μερίδιο της γεωργίας στις δραστηριότητες των ζωντανών επιστημών παρέχει μια πρώτη απόδειξη των αγροχημικών και αγροβιοτεχνολογικών εταιρειών όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1:** Η σημασία της γεωργίας ανάμεσα στη βιομηχανία των ζωντανών επιστημών

<b>ΕΤΑΙΡΕΙΑ</b>	<b>Εκτιμώμενο % ποσοστό των συνολικών πωλήσεων για τον τομέα της αγροβιομηχανίας κατά το 1998</b>
AgrEvo	100%
Monsanto	47%
Novartis	26%
Rhone-Poulenc	19%
Astra-Zeneca	18%
DuPont	13%
DowChemical	9%

Αυτές οι επτά εταιρείες είναι οι κύριοι παράγοντες για την αγροβιοτεχνολογία όσο και για την προστασία των καλλιεργειών. Η Novartis, η Monsanto, η DuPont, η Zeneca, η AgrEvo, η Rhone-Poulenc είναι οι έξι κορυφαίες εταιρείες σε πωλήσεις.

## **5.2) Πορτρέτα των κυριοτέρων αγροβιοτεχνολογικών εταιρειών**

### **5.2.1) AgrEvo (Με έδρα τη Γερμανία)**

Η AgrEvo, που αργότερα συγχωνεύτηκε με τη Rhone Poulenc και δημιούργησαν την Aventis, είναι η τέταρτη μεγαλύτερη σφαιρικά αγροτική και χημική παραγωγός εταιρεία. Ένας υψηλός προϋπολογισμός από το εισόδημα των πωλήσεων ξοδεύεται για έρευνα και εξέλιξη (13%) από τον οποίο το 80% πηγαίνει στα χημικά και το 20% ξοδεύεται για τη βιοτεχνολογία. Η εταιρεία έχει επενδύσει πολύ και στη σποροπαραγωγή. Το 1999 πήρε στην κατοχή της 3 Βραζιλιάνικες σποροπαραγωγικές εταιρείες, οι οποίες ειδικεύονται στον τομέα των σπόρων υβριδίου καλαμποκιού. Η επένδυση της AgrEvo στη γενετική ήταν ιδιαίτερα έντονη στο τέλος του 1998 και συνεχίζεται το 1999 όπου και η εταιρεία κατέχει το 95% της βιοτεχνολογίας των φυτών το Σεπτέμβριο του ίδιου χρόνου καθώς και του X-γονιδίου τον Οκτώβρη του 1999. Η εταιρεία έχει κάνει εκτεταμένες συμφωνίες με πολυάριθμα

ερευνητικά κέντρα και γενετικούς οργανισμούς όπως το Διεθνές ιδιωτικό εργαστήριο σπόρων βαμβακιού, το κέντρο αναπαραγωγικής έρευνας και θρέψης φυτών και το Lynx.

### **5.2.2) Novartis (Με έδρα την Ελβετία)**

Η Novartis δημιουργήθηκε το 1996 ως το αποτέλεσμα της συγχώνευσης μεταξύ μίας αγροχημικής (της Ciba-Geigy) και μίας φαρμακευτικής εταιρείας (Sandoz) και ανέπτυξε δραστηριότητες στους τομείς της υγείας, της γεωργίας και της διατροφής. Είναι εταιρεία που ασχολείται με τις επιστήμες της ζωής και έχει επενδύσει σημαντικά στη γεωργική βιοτεχνολογία και στη γενετική.

Τον Οκτώβριο του 1998 η εταιρεία ανακοίνωσε ότι θα επένδυε 600εκατομμύρια δολάρια Αμερικής πάνω στη γενετική των φυτών. Η εταιρεία έχει αναμειχθεί σε πολυάριθμους συνεταιρισμούς με αγρογενετικούς συνεργάτες. Από άποψη κατοχής εταιρειών που ασχολούνται με τη σποροπαραγωγή, η Novartis κατέχει την πλειοψηφία των δραστηριοτήτων που ειδικεύεται στη θρέψη, παραγωγή και προώθηση σπόρων αγροτικών καλλιεργειών. Η δραστηριότητα μεταφέρεται και περιλαμβάνει πλειοψηφία εταιρειών στην Ιταλία, Γαλλία, Ισπανία, Ουγγαρία και Πολωνία. Αν και η Novartis συμμετέχει ενεργά στη βιομηχανία τροφίμων, για την ώρα, η στρατηγική της φαίνεται να είναι πιο συντηρητική. Ανάμεσα στους συνεργάτες της Novartis στη βιομηχανία τροφίμων, το παράδειγμα της Gerber είναι χαρακτηριστικό της μη προσαρμογής της χρήσης της βιοτεχνολογίας όσον αφορά θέματα διατροφής. Η Gerber λοιπόν ανακοίνωσε μέσα στο 1999 ότι δε θα περιλαμβάνονται γενετικά τροποποιημένα υλικά στις βρεφικές και παιδικές τροφές της.

### **5.2.3) Monsanto (Με έδρα τις Η.Π.Α.)**

Η Monsanto διέσπασε τις χημικές της δραστηριότητες το 1997 και στη θέση τους πήρε στην κατοχή της βιοτεχνολογικές εταιρείες όπως η Calgene. Εισήχθηκε ήδη δε στην αγορά της σποροπαραγωγής το 1996 όταν έκανε μια στρατηγικής σημασίας συμφωνία με την εταιρεία De Kaab που ασχολείται με τη γενετική. Η Monsanto αγόρασε το 40% του μεριδίου της De Caab στο πρώτο εξάμηνο του 1998 για 2,5 δισεκατομμύρια δολάρια (Αυτό δίνει στη Monsanto μία σημαντική εξαγωγική

δύναμη όσον αφορά τις ποικιλίες τις ανθεκτικές στα ζιζάνια και στις συνθήκες των αγρών). Το Γενάρη του 1997 η Monsanto συμφώνησε να αγοράσει τη σποροπαραγωγική εταιρεία Holden για 1 δισεκατομμύριο δολάρια. Αυτή η κατοχή μαζί με άλλες σημαντικές συμφωνίες της εταιρείας, της έδωσαν την ευκαιρία να διανείμει τους γενετικά τροποποιημένους - μεταλλαγμένους σπόρους της. Το 1998 η Monsanto ανακοίνωσε ένα σχέδιο κατοχής των δικαιωμάτων των εταιρειών Delta και Pineland για 1,9 δισεκατομμύρια δολάρια. Η Delta και η Pineland ειδικεύονται στο γενετικά τροποποιημένο βαμβάκι και ήδη διανέμει μια ποικιλία βαμβακιού ανθεκτική στα έντομα και άλλη μια ανθεκτική στα ζιζάνια. Τον Ιούλιο του 1998 η Monsanto πήρε στην κατοχή της και το διεθνές ινστιτούτο θρέψης φυτών του Cambridge (PBI) για 525 εκατομμύρια δολάρια . Η PBI που είναι Βρετανική εταιρεία ειδικεύεται στη θρέψη και προώθηση του χειμερινού σιταριού, της ελαιοκράμβης της πατάτας και άλλων καλλιεργειών. Λαμβανομένου υπόψη των παραπάνω, η Monsanto καταλαμβάνει ένα σημαντικό μερίδιο στη βιομηχανία της σποροπαραγωγής και στις Ηνωμένες Πολιτείες και στη Νότιο Αμερική. Η Monsanto επίσης εισήχθη σε πολλές συμφωνίες με άλλες σποροπαραγωγικές εταιρείες και ερευνητικά ιδρύματα γενετικής. Τον Απρίλιο του 1998 η Monsanto πέτυχε τη χορήγηση αδειών για τη χρήση όλων των γενετικών τεχνολογιών στη ζωική και φυτική παραγωγή. Στις αρχές του 1999 συμφώνησε με την Cargill για τη δημιουργία και αγορά νέων προϊόντων εμπλουτισμένων χαρακτηριστικών μέσω της βιοτεχνολογίας για χρήση στις αγορές των ζωικών τροφών, αλλά και στην παραγωγή καλλιεργειών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 :** Καλλιέργεια σε εμπορική κλίμακα γενετικά τροποποιημένων φυτών της εταιρείας Monsanto κατά το 1997

<b>Προϊόν</b>	<b>Καλλιέργειες (χιλιάδες στρέμματα)</b>	
	<b>Η.Π.Α</b>	<b>ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ</b>
Σόγια Roundup Ready	36.000	14.000
Βαμβάκι Bollgard (Bt)	10.000	800
Βαμβάκι Roundup Ready	3.200	-
Αραβόσιτος Yieldgard/Maisgard	10.500	-
Άλλα φυτά (πατάτα, ελαιοκράμβη)	1.400	2.000



#### **5.2.4) Dow Agrosience (Με έδρα τις Η.Π.Α.)**

Η Dow Agrosience δημιουργήθηκε το 1998. Η δέσμευση της στη βιοτεχνολογία εκφράστηκε με τη δημιουργία μίας νέας εταιρείας το Σεπτέμβριο του 1998 με την ονομασία: Προηγμένα αγροχαρακτηριστικά LLC. Η στρατηγική της νέας εταιρείας περιλαμβάνει την εξέλιξη της τεχνολογίας της εταιρείας και την επέκταση της βιοτεχνολογικής της βάσης με πιο επικερδές οικονομικά τρόπο. Το 1996 η Dow Agrosience έκανε μια στρατηγικής σημασίας συνεργασία και τον έλεγχο των συμφερόντων της Mycogen, η οποία είναι η έκτη μεγαλύτερη σποροπαραγωγική εταιρεία στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η Mycogen είναι το κομμάτι της Dow Agrosience που ασχολείται με τη βιοτεχνολογία και επικεντρώνεται πάνω στα αγρονομικά χαρακτηριστικά για τις νέες ποικιλίες φυτών. Η Dow Agrosience έχει κάνει επίσης πολυάριθμες συμφωνίες με διαφορετικές εταιρείες οι περισσότερες από τις οποίες αφορούν τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και της ελαιοκράμβης. Στα τέλη του 1997 η Dow υπέγραψε συμφωνία με τη γενετική σποροπαραγωγική εταιρεία Inc για την εξέλιξη, παραγωγή και προώθηση υβριδίων καλαμποκιού υψηλής ελαιοπεριεκτικότητας χρησιμοποιώντας τις τεχνικές της Dow Agrosience που είναι διαθέσιμες ως προς τη βιοτεχνολογία. Το 1998 η Dow έφτασε στην επίτευξη συμφωνίας με τρεις μεγάλες εταιρείες που ασχολούνται με τη γενετική. Στο δεύτερο εξάμηνο του 1999 η Dow συγχωνεύτηκε με την Danisco για να εξελίξει νέες ποικιλίες και υβρίδια που θα αυξήσουν την αξία της ελαιοκράμβης (ποικιλία canola) στους καταναλωτές.

#### **5.2.5) Zeneca (Με έδρα τη Μ. Βρετανία)**

Το 1994 η Zeneca εισήγαγε την πρώτη γενετικά τροποποιημένη καλλιέργεια στην Αμερικάνικη αγορά, που ήταν μια τομάτα αυξημένης πηκτίνης. Οι διαδικασίες για την αναγνώριση και εισαγωγή της και στην Ευρωπαϊκή αγορά έχουν ξεκινήσει. Επίσης η εταιρεία έχει επενδύσει στη σποροπαραγωγή και στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων. Το 1996 η Zeneca μαζί με την Van der Have, δημιούργησαν την Advanta, η οποία είναι μια από τις πέντε κορυφαίες βιομηχανίες σποροπαραγωγής. Μετά συγχώνευσε αρκετές ασθένειες και στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών αυτών. Το 1998 η σποροπαραγωγική εταιρεία Zeneca δημιούργησε συνεργασία με την Αμερικάνικη βιοτεχνολογικές

εταιρείες ενεργές στην ανθεκτικότητα των καλλιεργειών στις Cyanamid για να συνδυαστεί η εξειδίκευση στη βιοτεχνολογία της μίας με την εξειδίκευση στην ανεκτικότητα στα ζιζάνια της άλλης. Η Cyanamid ήταν η πρώτη εταιρεία που εισήγαγε ανεκτικό στα ζιζάνια καλαμπόκι το 1992 το οποίο όμως παρόλα αυτά δεν θεωρείται μεταλλαγμένο. Αυτή η εταιρεία έψαξε για τρόπους φυσιολογικής ανεκτικότητας στα ζιζάνια μέσα στα φυτά μέσω παραδοσιακών μεθόδων ανάπτυξης των φυτών, όπως αυτή των υβριδίων.

### **5.2.6) Rhone-Poulenc (Με έδρα τη Γαλλία)**

Η Rhone-Poulenc είναι μια εταιρεία που ασχολείται με τις ζωντανές επιστήμες και έχει πάνω από διακόσια παραγωγικά φυτά στην Αυστρία, στη Βραζιλία, στη Γαλλία, στη Γερμανία, στην Ιταλία, στην Ισπανία, στην Ελβετία, στη Μ. Βρετανία και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Το Δεκέμβριο του 1998 ανακοίνωσε συγχώνευση με τη Hoechst (που ανήκει στην AgriEvo) για να δημιουργηθεί η Aventis. Η Aventis θα επικεντρωθεί στη φαρμακευτική (το 70% των εσόδων). Ο αγροβιοτεχνολογικός τομέας είναι ακόμα από τους προοδευτικά αναπτυσσόμενους της επιχείρησης. Ο τομέας της φυτικής και ζωικής υγείας συγκέντρωσε το 19% των συνολικών πωλήσεων του 1998, που ήταν γύρω στα 15,5 δισεκατομμύρια δολάρια συνολικά. Η εταιρεία έχει επιτύχει ένα σημαντικό αριθμό συμφωνιών στον τομέα της γενετικής συμπεριλαμβανομένης της Biogenma, του Διεθνούς αγροτικού κέντρου στη Βραζιλία (που θα ασχοληθεί με την εξέλιξη της γενετικά τροποποιημένης σόγιας) και της Dow Agrosience που θα επικεντρωθεί σε γενετικά τροποποιημένα χαρακτηριστικά στο καλαμπόκι, την ελαιοκράμβη, τη σόγια και το βαμβάκι.

### **5.2.7) Du Pont (Με έδρα τις Η.Π.Α.)**

Η Du Pont συνεταιρίστηκε το 1997 με την Pioneer. Με αυτή τη συγχώνευση η Du Pont απέκτησε μια πρόσβαση στη σποροπαραγωγή. Ενώ άλλες εταιρείες επικεντρώθηκαν στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καλλιεργειών στους αγρούς προς όφελος των αγροτών, η Du Pont παρέμεινε επικεντρωμένη σε εξωτερικά ή εμπλουτισμένης αξίας χαρακτηριστικά τα οποία έχουν άμεσο όφελος στους παραγωγούς και τους καταναλωτές. Η Pioneer ψάχνει να βελτιώσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καλλιεργειών και ειδικεύεται στο γενετικά τροποποιημένο

καλαμπόκι, ελαιοκράμβη και άλλους ελαιόσπορους, ώστε να βελτιωθεί η σύσταση τους σε λάδι, πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. Τον Ιανουάριο του 1998 συγχωνεύτηκε με το Διεθνές Τεχνολογικό Ινστιτούτο πρωτεΐνης το οποίο προμηθεύει πρωτεΐνες σόγιας για το φαγητό και τις βιομηχανίες παρασκευής πιπεριού και έχει το 75% του μεριδίου της αγοράς παγκοσμίως για τις πρωτεΐνες της σόγιας.. Η Du Pont επίσης έχει ένα μεγάλο αριθμό συμφωνιών με ερευνητικά ινστιτούτα όπως αυτό του Lynx από το οποίο η Du Pont έχει αποκλειστική πρόσβαση στη συχνότητα των τεχνολογιών ανάλυσης του DNA για τη μελέτη του καλαμποκιού, σόγιας, σιταριού και ρυζιού.

Το 1999 η Novartis και η Astra Zeneca συγχωνεύτηκαν με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας νέας δύναμης στις αγροβιοτεχνολογικές εταιρείες τη Syngenta με πληθώρα επιτευγμάτων στο χώρο κυρίως όσον αφορά γενετική τροποποίηση σπόρων βαμβακιού, σιταριού, κριθαριού και κανέλας.

## **Κεφάλαιο 6**

### **6.1) Γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες με ανθεκτικότητα στους ζωικούς εχθρούς.**

Τα γενετικά τροποποιημένα φυτά με ανθεκτικότητα σε έντομα έχουν δημιουργηθεί με την ενσωμάτωση γονιδίων του βακτηρίου Βάκιλος της Θουριγγίας (*Bacillus thuringiensis*). Με την ενσωμάτωση τα φυτά έχουν αποκτήσει την ικανότητα να παράγουν τα ίδια κάποιες από τις ενδοτοξίνες του βακτηρίου που είναι γνωστές για την εντομοκτόνο δράση τους.

Ο Βάκιλος της Θουριγγίας είναι ένα πολύ γνωστό στη φύση βακτήριο που το συναντάμε κυρίως στο έδαφος, αλλά και σε έντομα, στη σκόνη κλπ. Για πάνω από τρεις δεκαετίες έχει διατελέσει τη βάση για διάφορα σκευάσματα βιολογικών εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται για τη καταπολέμηση προνυμφών λεπιδοπτέρων σε δασικά και καλλιεργούμενα φυτά. Πιο πρόσφατα έχει αποτελέσει τη βάση άλλων σκευασμάτων για τη καταπολέμηση προνυμφών κολεοπτέρων και τελευταία προνυμφών κουνουπιών και άλλων δίπτερων. Τα σκευάσματα αυτά παρασκευάζονται από καλλιέργειες του βακτηρίου και οφείλουν την εντομοκτόνο δράση τους σε τοξικές πρωτεΐνες τις λεγόμενες δ- ενδοτοξίνες, που παράγει ο βάκιλος στα σποριά του . Ο ρόλος των δ-ενδοτοξινών για το βάκιλο είναι να θανατώνουν τα έντομα ώστε να δημιουργείται ευνοϊκό υπόστρωμα για τη βλάστηση

των σπορίων και τον πολλαπλασιασμό του. Στη φύση έχουμε μεγάλη ποικιλία τόσο στο βακτήριο (υποείδη, φυλές) όσο και στις ενδοτοξίνες του. Συνήθως χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα υποείδη και φυλές του βακτηρίου που έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά για τη καταπολέμηση συγκεκριμένων εντομών. Για τις προνύμφες λεπιδοπτέρων χρησιμοποιείται το υποείδος *B.t. kustaki*, για τις προνύμφες κολεοπτέρων το υποείδος *B.t. tenebrionis* και για τις προνύμφες κουνουπιών το *B.t. israelensis*.

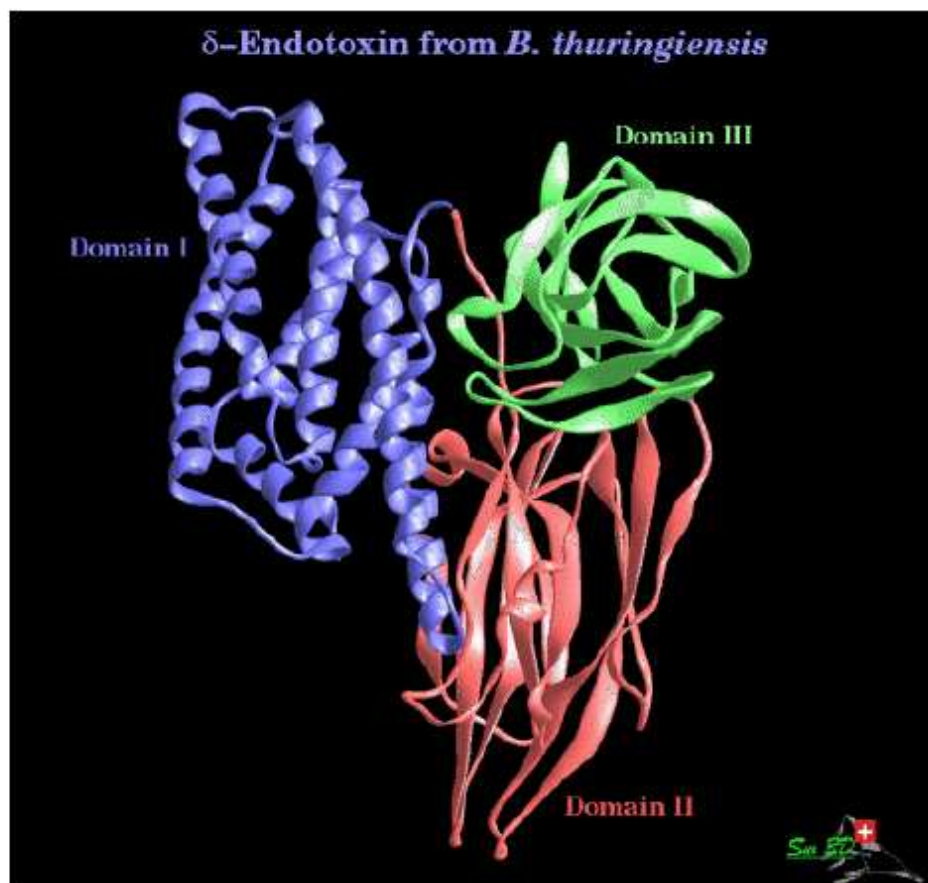
Οι ενδοτοξίνες αυτές δρουν κατά ένα εντελώς ειδικό και εκλεκτικό τρόπο. Κατ' αρχήν για να δράσουν πρέπει να καταποθούν από το έντομο. Στη συνέχεια μέσα στο πεπτικό σωλήνα του εντόμου, με την επίδραση των αλκαλικών υγρών, υφίστανται υδρόλυση σε μικρότερα μόρια. Τα μικρότερα αυτά ενεργοποιημένα μόρια προσροφούνται εκλεκτικά από ειδικούς «δέκτες» του πεπτικού σωλήνα προκαλώντας θανατηφόρες βλάβες. Κάθε ενδοτοξίνη έχει τους δικούς της «δέκτες» που υπάρχουν σε συγκεκριμένα είδη εντόμων. Έτσι έχουμε και εκλεκτική δράση. Γενικά, η τοξικότητα μιας φυλής του βακίλου σε ένα είδος εντόμου οφείλεται κυρίως σε μια ενδοτοξίνη αλλά αυτή μπορεί να επηρεάζεται συνεργατικά ή αθροιστικά από άλλες ενδοτοξίνες ή από άλλους παράγοντες. Εξαιτίας αυτής της δράσης των ενδοτοξινών, τα σκευάσματα του Βακίλου έχουν θεωρηθεί ως ασφαλή βιολογικά εντομοκτόνα χωρίς δυσμενής επιπτώσεις στον άνθρωπο και στα ωφέλιμα αρπακτικά έντομα και παράσιτα.

Το ενδεχόμενο ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τα έντομα στα σπόρια του βακίλου της Θουριγγίας θεωρείτο απομακρυσμένο για πολλά χρόνια ακριβώς λόγω της συνέργειας στη δράση των δ-ενδοτοξινών, καθώς και γιατί οι θέσεις «δέκτες» των ενδοτοξινών στο πεπτικό σωλήνα του εντόμου μπορούν να είναι περισσότερες από μία. Μικρή αλλαγή ή μετάλλαξη στο έντομο θεωρείτο ότι θα είχε μικρό αποτέλεσμα. Σύμφωνα όμως με νεότερα δεδομένα και παρότι πρόκειται για μία τόσο σύνθετη δράση, είτε αλλαγή στη συμπεριφορά είτε φυσιολογικές αλλαγές μπορούν να δώσουν προστασία στα έντομα.

Πιθανοί φυσιολογικοί μηχανισμοί που θα μπορούσαν να προσδώσουν προστασία στις δ-ενδοτοξίνες θεωρούνται η αλλαγή στο pH του πεπτικού συστήματος των εντομών ή αλλαγές σε ένζυμα που να προκαλέσουν αυτή την προστασία. Πειράματα στον αγρό δείχνει ότι επαναλαμβανόμενη χρήση του Βακίλου της Θουριγγίας μπορεί να προσδώσει υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας στο *Plytella xylostella*. Σε τέσσερα άλλα έντομα έχουν διαφανεί υψηλά επίπεδα

ανθεκτικότητας μετά από την επαναλαμβανόμενη χρήση του βακίλου, σε εργαστηριακές όμως μόνο συνθήκες.

Η παραγωγή της κάθε ενδοτοξίνης ελέγχεται από ένα αντίστοιχο γονίδιο που υπάρχει στο βακτήριο. Με την ενσωμάτωση των γονιδίων αυτών τα ΓΤ φυτά αποκτούν την ικανότητα να συνθέσουν τα ίδια την αντίστοιχη ενδοτοξίνη, σε όλα τα φυτικά μέρη και σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης τους. Τα ΓΤ φυτά με ανθεκτικότητα στα έντομα παράγουν μόνο μία συγκεκριμένη ενδοτοξίνη από τις δ-ενδοτοξίνες.



Η δ-ενδοτοξίνη του *Bacillus thuringiensis*

- **Εφαρμογές της τεχνολογίας Bt**

Μια από τις εφαρμογές της παραγωγής Bt φυτών είναι η καταπολέμηση του European corn borer, που αποτελεί το βασικότερο εχθρό των καλλιεργειών καλαμποκιού στις ΗΠΑ και είναι υπεύθυνο για απώλειες της τάξεως του 1 δις δολαρίων ετησίως. Τα γενετικά τροποποιημένα φυτά καλαμποκιού που φέρουν το γονίδιο Bt παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στο συγκεκριμένο έντομο. Σύμφωνα με την

εταιρία Monsanto, η παραγωγή διαγονιδιακών Bt φυτών θα μειώσει την χρήση χημικών εντομοκτόνων κατά 1 εκατ. λίτρα ετησίως.



Γενετικά τροποποιημένα ντομάτα που περιέχει το γονίδιο Bt – δίπλα ένα μη γενετικά τροποποιημένο φυτό «μάρτυρας».

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες ανάλογη εντομοκτόνο δράση εμφανίζει και μια άλλη τοξίνη που παράγεται από το βακτήριο *Photorhabdus luminescens* που ζει στο έντερο εντομοφάγων νηματωδών. Η χρήση του γονιδίου που παράγει την τοξίνη αυτή μελετάται ως εναλλακτική μέθοδος της Bt τοξίνης ή σε συνδυασμό με αυτήν για καλύτερα αποτελέσματα. Το πρώτο διαγονιδιακό φυτό που φέρει γονίδιο Bt, δημιουργήθηκε από την εταιρία Monsanto και είναι μια ποικιλία βαμβακιού, η οποία περιέχει γονίδια από τον *Bacillus thuringiensis* και παράγει τοξίνη που εξουδετερώνει τρία είδη εντόμων που επιτίθενται στο βαμβάκι. Η ποικιλία βαμβακιού Bt κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1996 και το 1999 αποτελούσε το 50% της συνολικής καλλιέργειας βαμβακιού στις ΗΠΑ. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε η ποικιλία καλαμποκιού Bt από την εταιρία Ciba-Geigy (που αργότερα συγχωνεύτηκε με την

Sandoz και μετονομάστηκε σε Novartis). Το 1999 στις ΗΠΑ, περίπου το 30% της συνολικής καλλιέργειας καλαμποκιού ήταν καλαμπόκι Bt.

Στην Ευρώπη επιτράπηκε μετ' εμποδίων η εισαγωγή του καλαμποκιού Bt στα τέλη του 1996. Και αυτό γιατί από τις πρώτες εισαγωγές γενετικά τροποποιημένων σπόρων στην Ευρώπη υπήρχε έντονη αμφισβήτηση και σύγχυση σχετικά με την ασφάλεια των προϊόντων αυτών. Οι καλλιέργειες καλαμποκιού Bt αποτελούν ακόμη θέμα έντονης διαμάχης ανάμεσα στις εταιρείες, στους αρμόδιους κρατικούς φορείς, τις περιβαλλοντικές ενώσεις και τους επιστήμονες. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν γίνει καταστροφές καλλιεργειών σε πειραματικό στάδιο, όπως η καταστροφή γενετικά τροποποιημένου καλαμποκιού στο Devon που κόστισε 600.000 λίρες.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1:** Γενετικά τροποποιημένα φυτά με ανθεκτικότητα σε έντομα στις ΗΠΑ.

<b>Είδος φυτού</b>	<b>Ανθεκτικότητα</b>	<b>Εταιρείες</b>
Αραβόσιτος	Λεπιδόπτερα	Novartis,Monsanto,Pioneer
Αραβόσιτος	Λεπιδόπτερα glyphosate	Monsanto
Αραβόσιτος	Λεπιδόπτερα glufosinate	ArgEvo
Βαμβάκι	Λεπιδόπτερα	Monsanto
Βαμβάκι	Λεπιδόπτερα bromoxynil	Calgene
Τομάτα	Λεπιδόπτερα	Monsanto
Πατάτα	Δορυφόρος	Monsanto
Πατάτα	Δορυφόρος και Ίωση PLRV	Monsanto

## **6.2) Δημιουργία Bt-Ανθεκτικών εντόμων και η δράση της Bt τοξίνης σε έντομα μη-στόχους.**

Τα Bt φυτά φέρουν το γονίδιο που παράγει την τοξίνη Bt, η οποία εξοντώνει επιλεκτικά ορισμένα είδη εντόμων. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η εντατική καλλιέργεια Bt φυτών μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία και επικράτηση στελεχών εντόμων ανθεκτικών στην τοξίνη Bt. Τα έντομα αυτά μετά από τυχαία μετάλλαξη σε κάποιο γονίδιο αποκτούν ανθεκτικότητα στην τοξίνη Bt. Η δημιουργία ανθεκτικών εντόμων στην τοξίνη Bt σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να οδηγήσει στην αχρήστευση του Bt ως εντομοκτόνου, που θεωρείται φυσικό προϊόν και φιλικό προς το περιβάλλον, με αποτέλεσμα την χρησιμοποίηση αντ' αυτού επιβλαβών χημικών εντομοκτόνων. Ένας τρόπος να αντιμετωπισθεί ο κίνδυνος της δημιουργίας Bt-ανθεκτικών εντόμων είναι να καλλιεργούνται τα Bt φυτά ταυτόχρονα με φυτά του ίδιου είδους που δεν παράγουν την τοξίνη (wild type). Ο σκοπός είναι, αν υπάρξουν έντομα ανθεκτικά ως προς την τοξίνη Bt, να διασταυρωθούν με τα μη ανθεκτικά έντομα που συχνάζουν στις καλλιέργειες των φυτών άγριου τύπου. Έτσι τα γονίδια ανθεκτικότητας, που συνήθως είναι υπολειπόμενα, δεν θα εκφράζονται στα έντομα που προκύπτουν από την διασταύρωση Bt-ανθεκτικών με μη ανθεκτικών εντόμων. Για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως το είδος των εντόμων που εξετάζονται και ο τύπος της Bt-τοξίνης. Μια άλλη στρατηγική για την αποφυγή της δημιουργίας Bt-ανθεκτικών εντόμων είναι η εισαγωγή γονιδίων στα φυτά που παράγουν διαφορετικές τοξίνες Bt. Στις καλλιέργειες των φυτών αυτών είναι πολύ πιο δύσκολο να δημιουργηθούν έντομα ανθεκτικά για όλες τις τοξίνες. Παρόλα αυτά αμφισβητείται η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εφόσον μπορεί να δημιουργηθούν έντομα ανθεκτικά σε πολλαπλούς τύπους της τοξίνης Bt.

Όσον αφορά την δράση της Bt τοξίνης σε έντομα μη-στόχους Οι απρόβλεπτες συνέπειες από τη δράση της τοξίνης Bt σε οργανισμούς που δεν είναι βλαβεροί για τις καλλιέργειες και ίσως είναι και ωφέλιμοι γι' αυτές, αποτελεί ένας από τους σοβαρότερους οικολογικούς κινδύνους. Την άνοιξη του 1999 ο ερευνητής John Losey του πανεπιστημίου Cornell των ΗΠΑ ανακοίνωσε στο επιστημονικό περιοδικό



Nature τα αποτελέσματα ερευνών του σχετικά με την επίδραση της γύρης από γενετικά τροποποιημένο καλαμπόκι, στο οποίο είχε εμφυτευτεί το γονίδιο της τοξίνης Bt, στην πεταλούδα του είδους *Danaus plexippus* (πεταλούδα μονάρχης).



Η πεταλούδα Μονάρχης (*Danaus plexippus*)

Ο Losey βρήκε σε εργαστηριακά πειράματα ότι πεταλούδες που τρέφονταν από αγριόχορτο που περιείχε γύρη του GM καλαμποκιού έτρωγαν λιγότερο από τις άλλες, ενώ πάνω από τις μισές κάμπιες πέθαναν. Η έρευνα του Losey προξένησε μεγάλη ανησυχία στις ΗΠΑ για την τύχη του συγκεκριμένου είδους πεταλούδας αλλά και άλλων ωφέλιμων εντόμων. Τα αποτελέσματα διόγκωσαν τις ήδη υπάρχουσες διαμαρτυρίες και επιφυλάξεις που υπάρχουν για την χρήση των Bt φυτών, γιατί αναδεικνύουν τον κίνδυνο της διαταραχής της βιοποικιλότητας. Όμως δε θορυβήθηκαν μόνο η κοινή γνώμη και οι περιβαλλοντικές οργανώσεις, που όπως ήταν φυσικό απαίτησαν την απαγόρευση της καλλιέργειας του καλαμποκιού Bt. Οι μεγάλες αγροχημικές εταιρείες (Monsanto, Novartis κτλ.) έσπευσαν να χρηματοδοτήσουν έρευνες που θα αντέκρουαν τα αποτελέσματα του Losey. Πράγματι στις 2 Νοεμβρίου διοργανώθηκε συμπόσιο στο οποίο ανακοινώθηκαν τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών. Ο Galen Diveley του πανεπιστημίου του Maryland υποστήριξε ότι τα φυτά του καλαμποκιού δεν απελευθερώνουν γύρη την χρονική περίοδο που οι πεταλούδες τρέφονται από τα γειτονικά αγριόχορτα, ενώ ο Mark Sears από το πανεπιστήμιο του Guelph στο Ontario ανακοίνωσε ότι όλη η ποσότητα της γύρης που διασπείρεται από τον αέρα καταπίπτει σε μια ζώνη 10 γυαρδών γύρω από το χωράφι λόγω του σχετικά μεγάλου βάρους των γυρεόκοκκων του καλαμποκιού. Μάλιστα η συγκέντρωση της γύρης σ' αυτή τη ζώνη δεν φτάνει

τους 500 κόκκους ανά τετραγωνικό εκατοστό, συγκέντρωση που απαιτείται για την απειλή της πεταλούδας. Ένας άλλος εντομολόγος, ο John Foster από το πανεπιστήμιο της Nebraska, είπε ότι η απειλή του μεταλλαγμένου καλαμποκιού για την πεταλούδα είναι αμελητέα σε σχέση με το θηρισμό των λιβαδιών που πραγματοποιείται τακτικά στις ΗΠΑ. Στο τέλος του συμποσίου ο παριστάμενος Losey σχολίασε ότι τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν δε δικαιολογούν εφησυχασμό για την τύχη της πεταλούδας Monarch. Πολλοί επιστήμονες δέχονται ότι οι θετικές επιδράσεις της καλλιέργειας Bt καλαμποκιού, όπως η μείωση των επικίνδυνων χημικών εντομοκτόνων, είναι περισσότερο σημαντικές για πολλά είδη, συμπεριλαμβανομένου και της πεταλούδας μονάρχη. Άλλωστε έχει παρατηρηθεί μεγαλύτερη μείωση της βιοποικιλότητας σε καλλιέργειες στις οποίες χρησιμοποιούνται χημικά εντομοκτόνα, απ' ό,τι σε καλλιέργειες Bt καλαμποκιού. Διάφορες έρευνες έδειξαν ότι η τροποποίηση του καλαμποκιού με το γονίδιο Bt, το καθιστά λιγότερο ευάλωτο σε μύκητες που παράγουν μυκοτοξίνες, όπως τα γένη *Aspergillus* και *Fusarium*. Οι ισχυρές αυτές τοξίνες αποτελούν σημαντικό πρόβλημα, γιατί μπορεί να προκαλέσουν τον θάνατο ζώων αν περιέχονται σε ζωοτροφές και έχουν καρκινογόνα δράση στον άνθρωπο. Σήμερα η έρευνα από τις εταιρείες παραγωγής Bt καλαμποκιού έχει στραφεί στην παραγωγή της νέας γενιάς Bt φυτών, τα οποία θα εκφράζουν τα γονίδια Bt μόνο στα μέρη του φυτού που καταναλώνονται από τα έντομα-στόχους, καθώς επίσης και να μην εκφράζονται στη γύρη. Έτσι θα ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος από την διασπορά της γύρης σε έντομα μη-στόχους.

### **6.3) Επιπτώσεις από τη χρήση Γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα σε έντομα.**

Τα Γενετικά τροποποιημένα φυτά με ανθεκτικότητα στα έντομα είναι τα πιο διαδεδομένα. Το ποσοστό τους ανέρχεται σε αυτό του 17% επί του συνόλου των ΓΤ φυτών παγκόσμια για το 2002, ενώ μαζί με αυτά που έχουν ενσωματωμένη ανθεκτικότητα και στα έντομα και στα ζιζανιοκτόνα φτάνουν σχεδόν το 25%.

Η αποδοχή τους αυτή οφείλεται στο ότι καταργούν την ανάγκη διενέργειας ψεκασμών απέναντι στο συγκεκριμένο έντομο. Αυτό οδηγεί σε κέρδος σε εργατοώρες για τον καλλιεργητή καθώς και σε πιθανά οικονομικά οφέλη. Σημαντικότερη είναι η χρήση τους σε περιοχές που προσβάλλονται κάθε χρόνο από

ένα συγκεκριμένο έντομο και χρειάζεται μεγάλος αριθμός ψεκασμών για τη προστασία των καλλιεργειών. Ακόμα και στη περίπτωση πάντως αποδοχής τους πρέπει να ειπωθεί ότι ακριβώς επειδή τα υπάρχοντα τουλάχιστον ΓΤ φυτά, προσφέρουν προστασία σε ένα συγκεκριμένο μόνο έντομο, μικρές αλλαγές θα επιφέρουν στο συμβατικό σύστημα φυτοπροστασίας. Μελλοντικοί πάντως στόχοι της γενετικής μηχανικής είναι να δημιουργηθούν ΓΤ φυτά που θα παράγουν 2-3 δ-ενδοτοξίνες καθώς και η χρήση γονιδίων από οργανισμούς άλλους εκτός από το Βάκιλο της Θουριγγίας όπως το ενδοπαράσιτο *Microplitis croceipes*.

Ως προς τα ΓΤ φυτά που έχει γίνει τροποποίηση για ανθεκτικότητα σε έντομα σημαντικότεροι κίνδυνοι μπορούν να θεωρηθούν οι παρακάτω :

1) Σίγουρα ο σημαντικότερος για τη γεωργία κίνδυνος είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των εντομών. Ο κίνδυνος δηλαδή με τη χρησιμοποίηση των ΓΤ φυτών αυτών σε μια περιοχή μετά από ορισμένο χρόνο να επικρατήσουν στη περιοχή ανθεκτικοί πληθυσμοί των εντόμων και έτσι τα ΓΤ φυτά να χάσουν την αποτελεσματικότητά τους. Κάποια από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ΓΤ φυτών αυτών αυξάνουν τις πιθανότητες να πραγματοποιηθεί αυτό:

A) Τα ΓΤ φυτά με ενσωματωμένο γονίδιο από τον βάκιλο της Θουριγγίας παράγουν συνέχεια την δ-ενδοτοξίνη που προέρχεται από το γονίδιο αυτό με αποτέλεσμα να ασκούν στα έντομα πολύ μεγαλύτερη πίεση επιλογής. Δηλαδή από την αρχή της ζωής των φυτών επιβιώνουν τα πιο ανθεκτικά από τα έντομα. Οι απόγονοι αυτών των εντομών έχουν αυξημένες πιθανότητες να είναι και αυτοί ανθεκτικοί με αποτέλεσμα σε συντομότερα χρονικά διαστήματα μεγάλα τμήματα του πληθυσμού των εντομών να είναι και αυτά ανθεκτικά. Σε αντίθεση οι ψεκασμοί με τα βιολογικά σκευάσματα του βακίλου της Θουριγγίας αποφασίζεται αν θα πραγματοποιηθούν ή όχι κάθε φορά και όταν αυτό συμβαίνει γίνονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και για πεπερασμένο χρόνο.

B) Τα ΓΤ φυτά με ενσωματωμένο γονίδιο από τον βάκιλο της Θουριγγίας ασκούν την εντομοκτόνο δράση τους με μία μόνο ενδοτοξίνη, σε αντίθεση με τα σκευάσματα του Β.Θ. που ασκούν αυτή τη δράση με ένα μίγμα διάφορων ενδοτοξινών. Αυτό κάνει πολύ πιο εύκολη για τα έντομα την ανάπτυξη ανθεκτικότητας.

Γ) Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι με την έναρξη γήρανσης των φυτών κατά την ωρίμανση των καρπών, μειώνεται η ικανότητα των ΓΤ φυτών να παράγουν την ενδοτοξίνη. Περισσότερα έντομα επιζούν επομένως κατά την περίοδο αυτή και

εφόσον δεν καταπολεμηθούν με άλλο τρόπο θα οδηγήσουν σταδιακά στη δημιουργία ανθεκτικού πληθυσμού.

Το πρόβλημα της ανάπτυξης ανθεκτικότητας των εντόμων είναι τόσο κοινά αποδεκτό ώστε οι καλλιεργητές δεσμεύονται να ακολουθήσουν συγκεκριμένες οδηγίες όταν χρησιμοποιούν ΓΤ φυτά. Συγκεκριμένα στις βαμβακοκαλλιέργειες για κάθε 1000 στρέμματα χρήσης ΓΤ σπόρου με ανθεκτικότητα στα έντομα, θα πρέπει να υπάρχουν δίπλα 250 στρέμματα με συμβατικές καλλιέργειες βαμβακιού που θα εφαρμόζονται κανονικά εντομοκτόνα ή 40 στρέμματα που δεν θα γίνονται καθόλου εφαρμογές εντομοκτόνων. Θεωρείται ότι αν σε όλη τη ζώνη του βαμβακιού χρησιμοποιηθούν ΓΤ φυτά με γονίδια από το βράκιλο της Θουριγγίας σε 5-6 χρόνια θα αναπτυχθεί στα έντομα ανθεκτικότητα στις ενδοτοξίνες του βακίλου.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι αν τα έντομα αναπτύξουν ανθεκτικότητα, τότε χάνεται και η αποτελεσματικότητα των βιολογικών εντομοκτόνων που παρασκευάζονται από το Β.Θ. και χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα. Κάτι τέτοιο θα είχε ιδιαίτερες επιπτώσεις στους βιοκαλλιεργητές που βασίζονται κυρίως σε τέτοια σκευάσματα για την αντιμετώπιση των εντομολογικών προσβολών. Το γεγονός ότι έχουν διαγνωστεί πιθανότητες ανάπτυξης ανθεκτικότητας και στα ίδια τα βιολογικά σκευάσματα του βακίλου της Θουριγγίας μας κάνει να σκεφτούμε ότι πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί στο ποιες φυτοπροστατευτικές στρατηγικές διαχείρισης θα επιλέξουμε.

2) Ένας δεύτερος κίνδυνος σχετίζεται με τα οικονομικά οφέλη από τη χρήση αυτών των φυτών. Σύμφωνα με τις σύγχρονες γεωργικές πρακτικές, εφαρμογή των φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων δικαιολογείται όταν η αναμενόμενη μείωση της χρηματικής αξίας των προϊόντων μιας καλλιέργειας από τη δράση των εντόμων θα είναι κάτω από ένα όριο που λέγεται οικονομικό όριο και που έχει τιμή ίση προς το 10%-20% της αξίας του ακαθάριστου προϊόντος. Η χρήση δηλαδή είτε χημικών είτε βιολογικών σκευασμάτων θα πρέπει να γίνεται αφού διαγνωστεί η προσβολή και μάλιστα στο σημείο εκείνο που περαιτέρω αύξηση του πληθυσμού του εντόμου θα οδηγήσει σε ζημιά στη καλλιέργεια μεγαλύτερη από το κόστος της εφαρμογής του ψεκασμού. Η επιλογή της χρήσης γενετικά τροποποιημένων σπόρων εξ αρχής καταργεί αυτή την αρχή.

3) Όπως και στη περίπτωση των ΓΤ φυτών με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να έχουμε επίδραση σε οργανισμούς μη-στόχους. Το πιο γνωστό παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης είναι αυτό της πεταλούδας Μονάρχης, *Danaus*

plexirrus, της Βορείου Αμερικής . Δύο περιπτώσεις πειραμάτων έχουν δείξει επίδραση της γύρης από γενετικά τροποποιημένο καλαμπόκι σε προνύμφες της πεταλούδας Μονάρχης. Στη πρώτη περίπτωση φυτά απ' το *Asclerias Syriaca*, τα οποία είναι τα φυτά από τα οποία τρέφονται οι προνύμφες , φυτεμένα σε γλάστρες τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό και σε διαφορετικές αποστάσεις έξω από καλλιέργειες ΓΤ καλαμποκιού. Τα φύλλα των φυτών μετρήθηκαν ως προς την ποσότητα γύρης που περιείχαν και τοποθετήθηκαν προνύμφες για να διατραφούν. Για τις προνύμφες που βρισκόντουσαν σε φυτά στο εσωτερικό των ΓΤ καλλιεργειών μετρήθηκε θνησιμότητα 16%.

Στο δεύτερο και πολύ γνωστότερο πείραμα, αφού συλλέχθηκε γύρη από ΓΤ και μη φυτά καλαμποκιού απλώθηκε σε φύλλα του *Asclerias Syriaca* σε εργαστηριακές συνθήκες. Υπήρχαν φυτά με γύρη από ΓΤ καλαμπόκι ,από συμβατικό καλαμπόκι και φυτά χωρίς καθόλου γύρη. Μετά από τέσσερις μέρες από τη τοποθέτηση των προνυμφών στα φύλλα διαπιστώθηκε θνησιμότητα 46% στα φύλλα που είχαν γύρη από ΓΤ καλαμπόκι ενώ στις άλλες δύο περιπτώσεις ή αντίστοιχη θνησιμότητα ήταν 0. Στο πείραμα αυτό ασκήθηκε κριτική για της μεθοδολογικές μεθόδους που ακολούθησε, για τη ποσότητα της γύρης που χρησιμοποιήθηκε καθώς και για το ότι ήταν σε εργαστηριακές συνθήκες, τόσο από κομμάτια της επιστημονικής κοινότητας όσο και από τις εταιρείες της βιοτεχνολογίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι αντιπρόσωποι των εταιρειών συναντήθηκαν με τους συγγραφείς και τους ζήτησαν τη μη δημοσίευση του, λόγω των παραπάνω ελλείψεων. Η εντονότατη δημοσιότητα που πήρε το παραπάνω πείραμα επηρεάζοντας σημαντικά ακόμα και τις πωλήσεις των ΓΤ σπόρων, οφείλεται στο ότι δημοσιεύτηκε σε ένα γνωστό επιστημονικό περιοδικό όπως το Nature, ότι οι συγγραφείς προέρχονται από το πανεπιστήμιο του Cornell πρωτοπόρο στο τομέα της βιοτεχνολογίας, αλλά κυρίως στο ότι η πεταλούδα Μονάρχης είναι πολύ δημοφιλής στη Βόρειο Αμερική.

Ένας άλλος κίνδυνος για τους οργανισμούς μη στόχους είναι η έκκριση των ενδοτοξινών από τις ρίζες των ΓΤ φυτών με ανθεκτικότητα στα έντομα. Αυτό έχει αποδειχθεί για τη περίπτωση του ΓΤ καλαμποκιού που έχει γονίδιο ανθεκτικότητας από το υποείδος *B.t. kurstaki*. Η δ-ενδοτοξίνη απομακρύνεται από τη ρίζα του φυτού προς τη ριζόσφαιρα του εδάφους, στην οποία παραμένει ενεργή αφού απορροφηθεί από τα χουμικά οξέα και τα σωματίδια του εδάφους τουλάχιστον για 234 ημέρες. Οι επιπτώσεις τους στα έντομα, τους μικροοργανισμούς και τις εδαφικές λειτουργίες παραμένουν άγνωστα.

4) Όπως και στη περίπτωση των ΓΤ φυτών με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα, η ενσωμάτωση των γονιδίων από άλλους οργανισμούς στο DNA του φυτού, μπορεί σε ορισμένες συνθήκες να οδηγήσει στη μη έκφραση του γονιδίου ανθεκτικότητας. Μια σημαντική τέτοια περίπτωση ήταν όταν το 1996 η καλλιέργεια του ΓΤ βαμβακιού απέτυχε να ελέγξει τους πληθυσμούς του ρόδινου σκουληκιού σε 80.000 στρ. περίπου στο Τέξας. Πιθανές αιτίες μπορεί να ήταν η ανεπαρκής έκφραση του γονιδίου λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών ,τα υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας του τοπικού πληθυσμού των εντομών, οι ιδιαίτερα υψηλοί πληθυσμοί των εντομών. Αντίστοιχες αποτυχίες ελέγχου έχουν εκφραστεί στο ΓΤ βαμβάκι και στην Ινδία.

5) Ένας επιπλέον σημαντικός κίνδυνος είναι η μεταφορά των γονιδίων ανθεκτικότητας σε συγγενικά είδη που υπάρχουν στη περιοχή. Συγγενικά είδη που μπορεί να είναι είτε καλλιεργούμενα είτε άγρια.

## **Κεφάλαιο 7**

### **7.1) Γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα.**

Ένα ζιζανιοκτόνο προκαλεί το θάνατο στα ευαίσθητα φυτά, ενεργώντας σε κάποια συγκεκριμένη θέση, που λέγεται «θέση δράσης», στο κυτταρικό και βιοχημικό επίπεδο. Η θέση δράσης είναι συνήθως κάποιο ένζυμο που συμμετέχει στη πραγματοποίηση μίας ζωτικής σημασίας λειτουργίας για το φυτό. Η εξουδετέρωση του συγκεκριμένου ενζύμου συνεπάγεται το σταμάτημα της λειτουργίας αυτής και το θάνατο του φυτού.

Ανθεκτικά στο ζιζανιοκτόνο είδη φυτών ή άλλων οργανισμών, συνήθως οφείλουν την ανθεκτικότητα τους σε έναν από τους παρακάτω δύο λόγους:

- Είτε έχουν τη θέση δράσης του ζιζανιοκτόνου διαφοροποιημένη κατά τρόπο που ενώ αυτή επιτελεί τον βιολογικό της ρόλο δεν επηρεάζεται από το ζιζανιοκτόνο. Στη περίπτωση αυτή λέμε ότι η ανθεκτικότητα οφείλεται σε ανθεκτική θέση δράσης, συνήθως στη δράση κάποιου ενζύμου.

- Είτε έχουν κάποιο μηχανισμό που αδρανοποιεί γρήγορα το ζιζανιοκτόνο πριν φτάσει στη θέση δράσης αυτή. Υπεύθυνο για το μηχανισμό αδρανοποιήσεις είναι κάποιο άλλο ένζυμο που καταλύει αντιδράσεις διασπάσεις του ζιζανιοκτόνου. Στη περίπτωση αυτή μιλάμε για ανθεκτικότητα λόγω «αδρανοποίησης» του ζιζανιοκτόνου.

Ο μετασχηματισμός των φυτών από ευαίσθητα σε ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα επιτεύχθηκε με τη μεταφορά γονιδίων ανθεκτικότητας από άλλους οργανισμούς, αξιοποιώντας τον έναν ή τον άλλο μηχανισμό ανάλογα με το ζιζανιοκτόνο. Τα κύρια ζιζανιοκτόνα στα οποία δίνεται ανθεκτικότητα με τη τροποποίηση είναι το glyphosate (Roundup), το glufosinate (Basta), το bromoxynil (Buctril) και οι σουλφονουλουρίες. Η ανθεκτικότητα στο glufosinate και στο bromoxynil επιτεύχθηκε με την ενσωμάτωση γονιδίων αδρανοποίησης του ζιζανιοκτόνου, ενώ η ανθεκτικότητα στις σουλφονουλουρίες επιτεύχθηκε με την ενσωμάτωση γονιδίων ανθεκτικής θέσης δράσης. Η ανθεκτικότητα στο glyphosate επιτεύχθηκε σε ορισμένα φυτά με την ενσωμάτωση γονιδίων ανθεκτικής θέσης δράσης και σε άλλα με την ενσωμάτωση τόσο γονιδίων ανθεκτικής θέσης δράσης όσο και γονιδίων αδρανοποίησης. Τα ένζυμα που εμπλέκονται στους μηχανισμούς δράσης ή αδρανοποίησης καθώς και η προέλευση των γονιδίων ανθεκτικότητας που χρησιμοποιήθηκαν στα φυτά αυτά συνοψίζονται στον πίνακα 6.1. Περισσότερες πληροφορίες για κάθε ένα ζιζανιοκτόνο δίνονται στη συνέχεια.

**Glyphosate.** Αυτό είναι ένα μη εκλεκτικό, ευρέως φάσματος, μεταφωτρωτικό ζιζανιοκτόνο, μεγάλη αποτελεσματικότητα και σε πολυετή ζιζάνια. Το Glyphosate οφείλει τη ζιζανιοκτόνο δράση του στην ικανότητα που έχει να σταματάει τη σύνθεση ορισμένων απαραίτητων για τα φυτικά κύτταρα αρωματικών αμινοξέων, παρεμποδίζοντας τη δράση του ενζύμου EPSP synthase το οποίο είναι το ένζυμο κλειδί στη σχετική αλληλουχία των αντιδράσεων βιοσύνθεσης αρωματικών αμινοξέων. Τα ΓΤ φυτά ανθεκτικά σε αυτό αναφέρονται ως Roundup Ready.

**Glufosinate.** Αυτό είναι χημική ουσία ανάλογη μίας φυσικής τοξίνης που παράγεται στη φύση από το μύκητα *Streptomyces hydroscopicus*. Πρόκειται επίσης για ένα ευρέως φάσματος μεταφωτρωτικό ζιζανιοκτόνο, που διαφέρει απέναντι στο glyphosate μόνο ως προς τη διασυστηματική δράση. Το ζιζανιοκτόνο αυτό δρα στο ένζυμο glutamine synthetase και παρεμποδίζει τη σύνθεση γλουταμίνης. Ο θάνατος του φυτού προκαλείται από τη συσσώρευση στα κύτταρα αμμωνίας και όχι από έλλειψη γλουταμίνης που είναι μη απαραίτητο αμινοξύ. Τα ΓΤ φυτά με ανθεκτικότητα στο glufosinate αναφέρονται ως Liberty Link.

**Bromoxynil.** Αυτό είναι ένα εκλεκτικό μεταφωτρωτικό ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για τη καταπολέμηση των πλατύφυλλων ζιζανίων στα χειμερινά σιτηρά και τον αραβόσιτο. Οι πλατύφυλλες καλλιέργειες είναι ευαίσθητες στο bromoxynil και γι' αυτό οι προσπάθειες ανάπτυξης ανθεκτικότητας στράφηκαν σε

πλατύφυλλα φυτά όπως το βαμβάκι και ο καπνός για τα οποία δεν υπάρχουν εκλεκτικά μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα.

**Σουλφονουλουρίες.** Οι Σουλφονουλουρίες είναι μια νέα σχετικά ομάδα ζιζανιοκτόνων, με εκλεκτική προφυτρωτική και μεταφυτρωτική δράση. Έχουν καλή αποτελεσματικότητα σε ευρύ φάσμα ζιζάνιων. Οφείλουν τη ζιζανιοκτόνο δράση τους στην ικανότητα τους να σταματούν τη σύνθεση τριών για τα φυτικά κύτταρα απαραίτητων αμινοξέων. Έχουμε όμως γρήγορη ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε πολλά ζιζάνια μετά τη χρήση τους για ορισμένα χρόνια και για αυτό υπάρχει προβληματισμός για τη χρήση τους στα ΓΤ φυτά.

Η εταιρία Monsanto κυκλοφόρησε στην αγορά, το 1996, την γενετικά τροποποιημένη σόγια, η οποία είναι ανθεκτική στο ευρέως χρησιμοποιούμενο ζιζανιοκτόνο Roundup. Στη γενετικά τροποποιημένη σόγια έχει εισαχθεί το βακτηριακό γονίδιο CP4-EPSPS (enolpyruvylsikinate-phosphate synthase) το οποίο παράγει ένα ένζυμο ανθεκτικό στη δράση του ζιζανιοκτόνου. Το Roundup καταστέλλει την δράση του φυσικού φυτικού ενζύμου EPSPS και καταστρέφει τα φυτά. Τα γενετικά τροποποιημένα όμως φυτά, που παράγουν το «ανθεκτικό» ένζυμο δεν επηρεάζονται από τη δράση του Roundup. Η γενετικά τροποποιημένη σόγια έχει προκαλέσει θύελλα αντιδράσεων στην Ευρώπη. Η σόγια είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί τα παράγωγά της χρησιμοποιούνται σε πολυάριθμα επεξεργασμένα τρόφιμα, όπως η λεκιθίνη της σόγιας που χρησιμοποιείται στην σοκαλατοποιία και ζαχαροπλαστική. Το 1998 το ένα τρίτο περίπου της συνολικής καλλιέργειας σόγιας στις ΗΠΑ ήταν γενετικά τροποποιημένη ενώ κατά το 1999 πάνω από το μισό.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1:** Μηχανισμός και προέλευση ανθεκτικότητας στα Γενετικά Τροποποιημένα φυτά.

<b>Ζιζανιοκτόνο</b>	<b>Ανθεκτική θέση δράσης</b>	<b>Αδρανοποίηση ζιζανιοκτόνου</b>
Glyphosate	EPSP-synthase(από φυτά πετούνιας).	Glyphosate oxidoreductase (από μικροοργανισμούς).
glufosinate	-	Phosphinothricin acetyl transferase Από το μύκητα <i>Streptomyces hygroscopicus</i> .
bromoxynil	-	Bromoxynil-specific-nitrilase Από το βακτήριο <i>Klebsiella ozaenae</i> .
sulfonylureas	Acetolactate synthase (από φυτικά κύτταρα).	-

## **7.2) Επιπτώσεις από τη χρήση Γενετικά Τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα.**

Τα ΓΤ φυτά με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα είναι τα πλέον διαδεδομένα. Το ποσοστό τους ανέρχεται σε αυτό του 75% επί του συνόλου των ΓΤ φυτών παγκόσμια για το 2002 (ISAAA,2003). Η αποδοχή τους αυτή οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους:

- Ο πρώτος είναι η δυνατότητα αντιμετώπισης του συνόλου των ζιζανίων με ένα απλούστερο πρόγραμμα ζιζανιοκτονίας. Δεν υπάρχει συνήθως ανάγκη χρήσης προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων ούτε συνδυασμών ζιζανιοκτόνων ανάλογα με τη χλωρίδα των ζιζανίων.

- Ο δεύτερος λόγος είναι η μεγαλύτερη ευελιξία στο χρόνο εφαρμογής μιας και η ανθεκτικότητα της καλλιέργειας στο ζιζανιοκτόνο, είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητη από το στάδιο ανάπτυξης της . Έτσι ο καλλιεργητής έχει την ευχέρεια να επιλέξει την χρονική περίοδο που εκείνος θα κρίνει για να εφαρμόσει ζιζανιοκτονία. Επομένως ο καλλιεργητής έχει την ευχέρεια να περιμένει και να κάνει την εφαρμογή. Μάλιστα αφού η εφαρμογή γίνεται σε φυτωμένα ήδη ζιζάνια, μπορεί να

προσαρμόσει τη δόση του ζιζανιοκτόνου ανάλογα με τη πυκνότητα, το μέγεθος και το είδος των ζιζανίων.

Τα παραπάνω είναι και τα δύο ιδιαίτερα σημαντικά, αν χρησιμοποιείται χημική ζιζανιοκτονία, γιατί ο καλλιεργητής γλιτώνει σίγουρα σε εργατώρες καθώς και μπορεί να έχει κέρδη αν το νέο σύστημα καταπολέμησης είναι οικονομικότερο.

Η χρήση γενικά των γενετικά τροποποιημένων φυτών και ειδικότερα αυτών με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα σχετίζεται με αυτή την αντίληψη πάνω στη γεωργία που λέει ότι έχουμε «ένα πρόβλημα» κάθε φορά και πρέπει να βρούμε «μία» λύση. Η συγκεκριμένη οπτική δεν αντιμετωπίζει τις καλλιέργειες ως ένα συνολικό αγροοικοσύστημα, με πλήθος αλληλεπιδράσεων και συσχετίσεων. Από αυτή ακριβώς τη στάση γεννιούνται κάποιοι από τους κινδύνους που ακολουθούν.

Ως προς τα ΓΤ φυτά που έχει γίνει τροποποίηση για ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα σημαντικότεροι κίνδυνοι μπορούν να θεωρηθούν οι παρακάτω:

1) Με τα ΓΤ φυτά αυτά, δεν αποφεύγουμε τη χρήση ζιζανιοκτόνων και τους κινδύνους υπολειμμάτων και ρύπανσης του περιβάλλοντος που αυτή συνεπάγεται. Ίσως μάλιστα να υπάρχει και αύξηση της κατανάλωσης ζιζανιοκτόνων όπως δείχνει το παράδειγμα των ποικιλιών με ανθεκτικότητα στο Glyphosate. Η χρήση αυτών των ΓΤ φυτών είναι ευρύτατα διαδεδομένη. Κατά το 2001 υπολογίζεται ότι καταλάμβαναν το 60% τις συνολικής καλλιέργειας σόγιας στις ΗΠΑ. Συγκρίσεις που έγιναν για το βάρος της δραστικής ουσίας των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν το 1998 στις ΗΠΑ, έδειξαν ανάμεσα στις γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες και στις συμβατικές πως στις ΓΤ είχαμε μεγαλύτερη κατανάλωση ζιζανιοκτόνων.

2) Με τα ΓΤ φυτά οδηγούμαστε στην επαναλαμβανόμενη χρήση λίγων ζιζανιοκτόνων (της ενσωματωμένης ανθεκτικότητας), σε μεγάλες εκτάσεις, γεγονός που θα οξύνει πολύ το πρόβλημα της ανθεκτικότητας των ζιζανίων. Λόγω της αυξημένης πίεσης επιλογής, μετά την επέκταση των ΓΤ φυτών σε μεγάλες εκτάσεις, πρέπει να θεωρείται αναμενόμενη η επικράτηση στις περιοχές καλλιέργειας τόσο ορισμένων ανθεκτικών ειδών ζιζανίων όσο και ορισμένων πληθυσμών ανάμεσα στα ευαίσθητα ζιζάνια. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση ενός μόνο ζιζανιοκτόνου είναι ενάντια στην μέχρι τώρα κοινά αποδεκτή γεωργική πρακτική, που ακριβώς λόγω του κινδύνου ανάπτυξης ανθεκτικότητας, προτείνει τη χρήση συνδυασμού ζιζανιοκτόνων.

3) Μπορεί να έχουμε επίδραση σε οργανισμούς μη-στόχους ή και ωφέλιμους για τη καλλιέργεια. Σε κάποια από τα χρησιμοποιούμενα ΓΤ φυτά με ανθεκτικότητα στο Glyphosate έχει αποδειχτεί ότι επηρεάζεται η δέσμευση αζώτου

από το φυτό, γιατί το αζωτοβακτήριο της σόγιας *Bradyrhizobium japonicum* είναι ευαίσθητό στο ζιζανιοκτόνο. Το βακτήριο αυτό συμβιώνει με τη σόγια και δεσμεύει άζωτο από την ατμόσφαιρα που προσδίδει στο φυτό. Η ευαισθησία του βακτηρίου γίνεται πιο έντονη σε συνθήκες ξηρασίας και σε άγονα εδάφη.

4) Η εισαγωγή των γονιδίων από άλλους οργανισμούς μπορεί να έχει επίδραση στις άλλες φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού. Μία από αυτές της επιδράσεις μπορεί να είναι και η μείωση της παραγωγικότητας του φυτού. Σε έρευνα του πανεπιστημίου της Νεμπράσκα τα έτη 1998, 1999 έγινε αρχικά σύγκριση ανάμεσα σε 13 ποικιλίες ΓΤ σόγιας με ανθεκτικότητα στο glyphosate. Στη πρώτη περίπτωση εφαρμόστηκε ζιζανιοκτονία με glyphosate ενώ στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν άλλα ζιζανιοκτόνα. Τα αποτελέσματα στις αποδόσεις ήταν περίπου τα ίδια. Στη συνέχεια έγινε σύγκριση των πέντε από τις πιο παραγωγικές από αυτές, με τις πέντε πιο κοντινές τους συμβατικές ποικιλίες σόγιας από τις οποίες και προήλθαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν την παραγωγή των συμβατικών ποικιλιών αυξημένη κατά 6 τις εκατό.

5) Η χρήση των ΓΤ φυτών μπορεί να οδηγήσει σε μεταφορά των γονιδίων ανθεκτικότητας σε συγγενικά είδη, καλλιεργούμενα ή άγρια, που υπάρχουν στη περιοχή. Είναι πιθανό για παράδειγμα, γονίδια ανθεκτικότητας σε κάποιο ζιζανιοκτόνο να μεταφερθούν με τη γύρη. Ένα επιπλέον πρόβλημα από την ανάπτυξη των ΓΤ φυτών είναι ο περαιτέρω παραγκωνισμός και εξαφάνιση των παραδοσιακών ποικιλιών με επιπτώσεις στο σύνολο της γενετικής ποικιλότητας του πλανήτη.

## **Κεφάλαιο 8**

### **8.1) Νομοθετικό πλαίσιο.**

Για να γίνει όσο είναι δυνατόν καλύτερα η διασφάλιση έναντι των ποικίλων προβληματισμών για πιθανούς κινδύνους και να ληφθούν υπόψη οι παράμετροι εκείνοι που αφορούν το κάθε προϊόν ξεχωριστά, εξεταζόμενο κατά περίπτωση σε συνάρτηση και με το περιβάλλον και τις χρήσεις του, θεσπίστηκαν ρυθμιστικά πλαίσια για τη διαχείριση και την αξιοποίηση αυτών των προϊόντων. Οι διαδικασίες άρχισαν από τις Η.Π.Α. όπου υπήρχαν και τα πρώτα επιτεύγματα της γενετικής μηχανικής. Δεδομένου ότι η αλματώδης ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας συντελείται σε μια περίοδο που η κοινωνία είναι ιδιαίτερα ευαισθητοποιημένη και επιφυλακτική με τα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα, οι σχετικές νομοθετικές διατάξεις θα έπρεπε να γίνονται αντικείμενο διαλόγου ανάμεσα στην ανάγκη των χωρών για οικονομική ανάπτυξη και την επιθυμία του κοινού για ασφάλεια και ηθική. Στην Ευρώπη έχει θεσπιστεί ένα αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο, το οποίο ισχύει και στην Ελλάδα.

#### **8.1.1) Κοινοτική νομοθεσία .**

Η τοποθέτηση ΓΤΟ στην Ευρωπαϊκή αγορά ρυθμίζεται από οριζόντιες και κάθετες νομοθεσίες. Το ρυθμιστικό πλαίσιο στα κράτη-μέλη της Ε.Ε βασίζεται κυρίως :

Α) σε δύο κοινοτικές οδηγίες (Directives) του Ευρωπαϊκού συμβουλίου που πρωτοδημοσιεύτηκαν το 1990 και ενσωματώθηκαν στην Ελληνική νομοθεσία το 1995, με τις κοινές υπουργικές αποφάσεις 88740/1883 (ΦΕΚ 1008/Β'/95) και 95267/1893/95 (ΦΕΚ 1030/Β'/95). Πρόκειται για τις ακόλουθες οδηγίες :

1. Για την Οδηγία 90/220/EEC περί «καθορισμού μέτρων και όρων για την σκόπιμη απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον». Η Οδηγία αυτή συνιστά το κύριο «οριζόντιο» ρυθμιστικό πλαίσιο για όλους τους ΓΤΟ (φυτά, ζώα, μικροοργανισμούς) που προορίζονται για απελευθέρωση στο περιβάλλον.

2. Για την Οδηγία 90/219/EEC περί «καθορισμού μέτρων και όρων για την περιορισμένη χρήση γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών».

B) στον Κανονισμό (Regulation) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 258/97 που καλύπτει «τα νεοφανή τρόφιμα και τα συστατικά τροφίμων», εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό συμβούλιο τον Δεκέμβριο του 1996 και εφαρμόστηκε το ίδιο έτος. Ο Κανονισμός αυτός επιβάλλει τον έλεγχο των τροφίμων που προέρχονται ή συνίστανται από ΓΤΟ (εξαιρέση αποτελούν τα ένζυμα, οι βιταμίνες και τα βοηθητικά επεξεργασίας που έχουν τέτοια προέλευση). Ο Κανονισμός αυτός συνιστά «κάθετη» νομοθεσία.

Επίσης όσο αφορά την ιχνηλασιμότητα η πρόσφατη Οδηγία 18/2001 (τροποποίηση της Οδηγίας 90/220), «Για την σκόπιμη απελευθέρωση ΓΤΟ στο Περιβάλλον», υποχρεώνει τα κράτη μέλη να εξασφαλίζουν την ιχνηλασιμότητα σε όλα τα στάδια της διακίνησης ΓΤΟ στην αγορά και προβλέπει την επισήμανση των ΓΤΟ στο πλαίσιο της χορήγησης άδειας κυκλοφορίας. Με τον όρο «ιχνηλασιμότητα» εννοούμε «την δυνατότητα εντοπισμού των ΓΤΟ και των προϊόντων που παράγονται από ΓΤΟ σε όλα τα στάδια της διάθεσης αυτών στην αγορά μέσω των αλυσίδων παραγωγής και διανομής με αποτέλεσμα να διευκολύνεται ο ποιοτικός έλεγχος καθώς και οι δυνατότητες απόσυρσης προϊόντων». Φυσικά όπως φαίνεται και από τα προαναφερόμενα η ιχνηλασιμότητα δεν αποτελεί καθαυτό μέτρο ασφάλειας αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διευκολύνει την εφαρμογή άλλων μέτρων (παρακολούθηση των προϊόντων και απόσυρση). Για την εφαρμογή του συστήματος της ιχνηλασιμότητας είναι απαραίτητη η συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων π.χ. φορείς διακίνησης, αρμόδιες αρχές και καταναλωτές.

Στην περίπτωση της επισήμανσης των τροφίμων ισχύουν τα εξής για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα:

α) πρέπει να εγκριθούν με βάση τον κανονισμό «για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα ή ζωοτροφές».

β) αν διατίθενται στον τελικό καταναλωτή ή σε μονάδες μαζικής εστίασης πρέπει να είναι επισημασμένο με την ένδειξη «γενετικά τροποποιημένο...», «παράγεται από γενετικά τροποποιημένο...», «περιέχει γενετικά τροποποιημένο.....» ή «περιέχει...που παράγεται από γενετικά τροποποιημένο» ανάλογα με την περίπτωση.

γ) αν πρόκειται για ΓΤ οργανισμούς που έχουν περάσει τη πλήρη διαδικασία έγκρισης της Ε.Ε. και ανιχνεύεται η παρουσία τους σε ποσοστό <1% επί ενός εκάστου συστατικού και είναι βάσει στοιχείων από τυχαία επιμόλυνση, τότε δεν χρειάζεται να επισημανθεί η παρουσία αυτή.

δ) αν πρόκειται για ΓΤ οργανισμούς που δεν έχουν περάσει τη πλήρη διαδικασία έγκρισης της Ε.Ε. αλλά η γενετική τροποποίηση τους είναι ευνοϊκά αξιολογημένη από κοινοτικά επιστημονικά όργανα, αν ανιχνεύεται η παρουσία σε ποσοστό <0.5%, και εφόσον προέρχεται βάσει στοιχείων από τυχαία επιμόλυνση, δεν χρειάζεται να περάσουν τη διαδικασία έγκρισης.

### **8.1.2) Ισχύουσα ελληνική νομοθεσία για τους ΓΤΟ.**

Η χώρα μας έχει εναρμονισθεί με το ρυθμιστικό αυτό πλαίσιο της Ε.Ε. από τον Δεκέμβριο του 1995. Το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. είναι η Αρμόδια Αρχή της χώρας μας για την εφαρμογή της νομοθεσίας αυτής, συνεργαζόμενο με 4 συναρμόδια υπουργεία: Γεωργίας, Υγείας και Πρόνοιας, Οικονομικών (Γενικό Χημείο του Κράτους), Ανάπτυξης (Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, Γενική Γραμματεία Εμπορίου, Γενική Γραμματεία Προστασίας Καταναλωτή και Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων).

Στην Ελλάδα δεν καλλιεργούνται γενετικά τροποποιημένα φυτά για εμπορία, επιτρέπεται όμως η κατανάλωση προϊόντων που προέρχονται από γενετικά τροποποιημένα φυτά σόγιας και καλαμποκιού. Γι' αυτά τα προϊόντα επιβάλλεται η υποχρεωτική επισήμανση.

Οι αιτήσεις για χορήγηση των σχετικών αδειών, είτε πρόκειται για πειραματισμούς μικρής κλίμακας, είτε για διάθεση στην αγορά προϊόντων που περιέχουν ή προέρχονται από ΓΤΟ, αξιολογούνται από επιτροπή εμπειρογνομόνων που στελεχώνεται από δύο ειδικούς επιστήμονες, καθώς και από τους εκπροσώπους των πέντε συναρμόδιων υπουργείων. Οι τελευταίοι, προκειμένου να διαμορφώσουν τις απόψεις τους, συμβουλευόμαστε ειδικές, κατά περίπτωση επιστημονικές επιτροπές που έχουν συσταθεί στα υπουργεία τους. Μέχρι τώρα στην Ελλάδα έχουν δοθεί οι παρακάτω άδειες πειραματισμού: α) ντομάτα με βελτιωμένα χαρακτηριστικά βιομηχανοποίησης (1997), β) βαμβάκι με ανθεκτικότητα στο ρόδινο σκουλήκι (1998), γ) βαμβάκι με ανθεκτικότητα στο glyphosate(1998), δ) καλαμπόκι με ανθεκτικότητα στο glufosinate (1998), ε) καλαμπόκι με ανθεκτικότητα σε κάμπιες

λεπιδοπτέρων(1998). Το 1999 δεν δόθηκε καμία άδεια ενώ το 2000 και το 2001 δεν έγινε καμία αίτηση. Το 2002 απορρίφθηκε αίτηση του ΕΘΙΑΓΕ για ΓΤ ρύζι.

Λόγω της αναμενόμενης αναθεώρησης της βασικής οδηγίας 90/220, που ρύθμιζε τη διαδικασία εγκρίσεων των προϊόντων αυτών, από το 1999 οι χώρες της Ε.Ε. επέβαλαν ένα de facto moratorium για αναστολή των διαδικασιών έγκρισης των προϊόντων αυτών. Η νέα βασική οδηγία 18/2001 έχει ισχύ από της 17-10-2002 και θεωρείται ένα από τα πιο πλήρη και εξελιγμένα νομοθετήματα παγκόσμια. Παρόλα αυτά 11 από τα 15 κράτη μέλη ανάμεσα τους και η Ελλάδα δεν έχουν ενσωματώσει την οδηγία στην εθνική τους νομοθεσία. Μια πιθανή ερμηνεία της συμπεριφοράς των 11 κρατών είναι και η υποχρεωτική πλέον άρση της αναστολής των εγκρίσεων των ΓΤΟ.

Σύμφωνα με την μέχρι τώρα Ελληνική Νομοθεσία ισχύει το ακόλουθο θεσμικό πλαίσιο για τα ΓΤ προϊόντα:

- Κανονισμός 1139/98 «για την υποχρεωτική αναγραφή στοιχείων, επιπλέον των προβλεπόμενων στην οδηγία 79/112/ΕΟΚ, στην επισήμανση ορισμένων τροφίμων που παράγονται από ΓΤΟ»

Προβλέπει τους ειδικούς κανόνες επισήμανσης των τροφίμων και συστατικών που παράγονται από την Roundup Ready σόγια και τον Bt-176 Maximizer αραβόσιτο, που έχουν εγκριθεί σύμφωνα με τις αποφάσεις 96/281/ΕΚ, στο πλαίσιο της οδηγίας 90/220/ΕΟΚ.

Η ειδική επισήμανση επιβάλλεται στα τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που:

- παράγονται εξ' ολοκλήρου ή εν μέρει από τις προαναφερόμενες ποικιλίες
- απευθύνονται στον τελικό καταναλωτή
- ανιχνεύεται DNA ή πρωτεΐνη από γενετική τροποποίηση

Εκτός πεδίου εφαρμογής του κανονισμού βρίσκονται τα πρόσθετα τροφίμων, οι αρτυματικές ύλες και οι διαλύτες εκχύλισης.

- Κανονισμός 49/2000 «περί τροποποίησης του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1139/98..» Τροποποιεί τον Κανονισμό 1139/98 προκειμένου να θεσμοθετηθεί όριο ανοχής τυχαίας επιμόλυνσης σε συμβατικά προϊόντα σόγιας και αραβόσιτου σε μέγιστο ποσοστό 1% επί ενός εκάστου συστατικού. Η ειδική επισήμανση επιβάλλεται σε τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που απευθύνονται σε μονάδες μαζικής εστίασης.

- Κανονισμός 50/2000 «για την επισήμανση των τροφίμων και των συστατικών τους που περιέχουν πρόσθετες και αρτυματικές ύλες οι οποίες έχουν τροποποιηθεί γενετικά ή έχουν παραχθεί από ΓΤΟ.»

Προβλέπει επισήμανση των τροφίμων που περιέχουν πρόσθετες και αρτυματικές ύλες οι οποίες έχουν τροποποιηθεί γενετικά ή έχουν παραχθεί από ΓΤΟ και τα οποία έχουν εξαιρεθεί τόσο από το 258/97, όσο και από τον 1139/98.

## **8.2) Η έννοια της «κατ' ουσίαν ισοδυναμίας» (substantial equivalence).**

Εισήχθηκε από τους FAO/WHO θεωρώντας τη σύγκριση ενός προϊόντος με κάποιο αποδεκτό πρότυπο ασφαλείας ως σημαντικό στοιχείο για την αξιολόγηση της ασφάλειας. Αν ένα νέο τρόφιμο ή συστατικό βρεθεί «κατ' ουσίαν» ισοδύναμο με κάποιο προϋπάρχον, τότε μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ίδιο τρόπο, όσον αφορά την ασφάλεια.

Για την περαιτέρω κατανόηση των όρων παραθέτουμε τους ακόλουθους ορισμούς της «ισοδυναμίας» και «κατ' ουσίαν ισοδυναμία» σύμφωνα την οδηγία 79/112/ΕΟΚ:

**A. «Ισοδυναμία»:** αποτελεί νομικό όρο που σχετίζεται με την μετά από ανάλυση διαφορά που προκύπτει στη σύνθεση των προϊόντων και υποστηρίζει την απαίτηση του καταναλωτή να γνωρίζει την προέλευση και τη σύνθεση του νέου τροφίμου.

**B. «Κατ' ουσίαν ισοδυναμία»:** αποτελεί επιστημονική έννοια που αφορά την αξιολόγηση του τροφίμου για το αν είναι επαρκώς ασφαλές.

## **8.3) Οι αρχές της πρόληψης και της προφύλαξης στην ευρωπαϊκή νομοθεσία.**

Η πολιτική της κοινότητας στηρίζεται στην αρχή της προφύλαξης και της προληπτικής δράσης. Η αρχή της προφύλαξης προβλέπει συνοπτικά ότι είναι καλύτερα να προνοούμε παρά να θεραπεύουμε. Πρόκειται για μια πάρα πολύ σημαντική αρχή που διατυπώθηκε για πρώτη φορά στη διάσκεψη του Ρίο. Η «precautionary principle» ή «principe de precaution» επιβάλλει σε περιπτώσεις όπου



υπάρχει υπόνοια ότι μια συγκεκριμένη δραστηριότητα μπορεί να εγκυμονεί δυνάμει κινδύνους για το περιβάλλον, να λαμβάνονται τα πρόσθετα μέτρα, ώστε να αποτραπούν ή να ελεγχθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη δραστηριότητα στο περιβάλλον. Αρκεί δηλαδή να πιθανολογείται με βάση τα επιστημονικά δεδομένα της εποχής (έστω κι αν αυτά δεν έχουν επιβεβαιωθεί) ο κίνδυνος δυσμενούς επίπτωσης ή εξέλιξης στο περιβάλλον, ώστε να ενεργοποιηθεί αυτή η αρχή. Και τούτο σε αντίθεση με την αρχή της πρόληψης (preventive principle), η οποία προβλέπει ότι πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα, εάν με βάση τα επιστημονικά δεδομένα είναι αποδεδειγμένο ότι συγκεκριμένη δραστηριότητα είναι επιβλαβής για το περιβάλλον. Στη μια δηλαδή περίπτωση (προφύλαξη) υπάρχουν ενδείξεις, ενώ στην άλλη (πρόληψη) υπάρχουν αποδείξεις. Στη μια περίπτωση πιθανολογείται ο κίνδυνος, ενώ στην άλλη υπάρχει επιστημονική βεβαιότητα ότι η άσκηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Πρόκειται επομένως για δυο εξαιρετικά σημαντικές αρχές, που δεσμεύουν τον κοινοτικό νομοθέτη, ο οποίος οφείλει να τις λαμβάνει υπόψη του κατά τη θέσπιση κανόνων παραγωγού δικαίου, υποχρέωση που υπόκειται καταρχήν στον ακυρωτικό έλεγχο του άρθρου 173 ΣυνθΕΚ. Δεν είναι όμως κατά τα λοιπά καταναγκαστικές (enforceable) ούτε παράγουν άμεσα αποτελέσματα. Δεν μπορούν δηλαδή, καταρχήν να τις επικαλεστούν οι ιδιώτες εναντίον των εθνικών τους δικαστηρίων - εκτός βέβαια, αν έχουν συγκεκριμενοποιηθεί σε ρητές υποχρεώσεις στην εθνική νομοθεσία μεταφοράς τους-, μπορούν όμως τα εθνικά δικαστήρια, ερμηνεύοντας την κοινοτική ή την εθνική νομοθεσία, να λάβουν υπόψη τους τις δύο αυτές αρχές και να τις ενσωματώσουν στη νομολογία τους.

#### **8.4) Αμερικανική νομοθεσία**

Στις ΗΠΑ από το 1986 θεσπίστηκε το **CFRB**: Συντονισμένο Πλαίσιο Ρυθμίσεων για τη Βιοτεχνολογία που βρίσκεται σε ισχύ έως σήμερα. Βασική Αρχή του CFRB είναι ότι «Εξετάζεται κυρίως το προϊόν (ως προς τα χαρακτηριστικά του), παρά ο τρόπος με τον οποίο παράχθηκε το προϊόν». Στο πλαίσιο της Αμερικάνικης Νομοθεσίας εμπλέκονται τρεις Ομοσπονδιακές υπηρεσίες στην έγκριση για ελευθέρωση ΓΤΟ στο περιβάλλον: οι APHIS, FDA και EPA. Σε αντίθεση με την Ε.Ε όπου το κανονιστικό πλαίσιο καλύπτει οργανισμούς /προϊόντα που

κατασκευάστηκαν με μεθόδους γενετικής μηχανικής, οι Αμερικανικές υπηρεσίες εφαρμόζουν νομοθεσίες που αξιολογούν τον «οργανισμό /προϊόν» και όχι την μέθοδο με την οποία παρήχθη. Η προσέγγιση αυτή δεν κατηγοριοποιεί τους ΓΤΟ με βάση τις μεθόδους γενετικής μηχανικής, αλλά με βάση τα ίδια τους τα χαρακτηριστικά. Η Αμερικανική νομοθεσία αποδέχεται επίσης τη χρήση των ΓΤΟ στη βιολογική γεωργία.

1. APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service, Υπηρεσία Υγεινούς Ελέγχου ζώων και φυτών)

Η Υπηρεσία αυτή του Ομοσπονδιακού Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (United States Department of Agriculture-USDA), αξιολογεί αιτήσεις για πειράματα μικρής έκτασης με ΓΤΟ, ελέγχοντας τους πιθανούς κινδύνους για το περιβάλλον από τις εν λόγω καλλιέργειες. Από το 1993 η υπηρεσία αυτή εφαρμόζει απλοποιημένες διαδικασίες (Notifications), που ισχύουν υπό ορισμένες συνθήκες για την απελευθέρωση ΓΤΟ στο περιβάλλον.

2. FDA (Food and Drug Administration, Διεύθυνση Τροφίμων και Φαρμάκων)

Η υπηρεσία αυτή έχει ρυθμιστικό πεδίο την ασφάλεια και διατροφική αρτιότητα των περισσότερων τροφίμων και ζωοτροφών που προέρχονται από ΓΤΟ (εκτός από το κρέας και τα πουλερικά που ελέγχονται από το USDA και τα φυτοφάρμακα που είναι υπό την δικαιοδοσία της Ομοσπονδιακής υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος). Η FDA δεν απαιτεί σήμανση για τα τρόφιμα που προέρχονται από ΓΤΟ, εκτός αν η σύσταση του ΓΤ προϊόντος διαφέρει σημαντικά από το αντίστοιχο συμβατικό του.

3. EPA (Environmental Protection Agency, Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος).

Έγκριση από αυτήν την υπηρεσία χρειάζονται μόνο ορισμένοι ΓΤΟ που περιέχουν γονίδια με εντομοκτόνες ιδιότητες (π.χ γονίδια της ενδοτοξίνης από το βακτήριο *Bacillus thuringiensis*). Επίσης η EPA εγκρίνει την άδεια χρήσης ζιζανιοκτόνων για ΓΤ φυτά στα οποία έχουν ενσωματωθεί γονίδια αντοχής σε αυτά, χωρία όμως να ασχολείται με θέματα φυτοτοξικότητας των φαρμάκων αυτών ή τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τέτοιων καλλιεργειών.

Στην Αμερικάνικη Νομοθεσία εφαρμόζονται οι ακόλουθες αρχές :

### **1.Αρχή της «Οικειότητας» (Familiarity=Substantial Equivalence)**

Σύμφωνα με την οποία εξετάζεται το κατά πόσον το Γ.Τ φυτό είναι «συγκρίσιμο» με το συμβατικό ανάλογο του ως προς την ασφάλεια του περιβάλλοντος δηλαδή «σε σύγκριση, συνήθως με το μητρικό, μη-ΓΤ φυτό, εξετάζεται αν η Γ.Τ προσθέτει νέους ή αυξάνει το μέγεθος των υπαρχόντων κινδύνων».

### **2.Αρχή του «Προγόνου Οργανισμού» (Antecedent Organism)**

Σύμφωνα με αυτήν την αρχή, εφόσον ένας οργανισμός έχει ήδη αξιολογηθεί (πχ. ως προς την οικειότητα), οι μελλοντικές αξιολογήσεις του μπορεί να είναι λιγότερο αυστηρές.

Οι βασικές διαφορές μεταξύ Ευρωπαϊκής και Αμερικάνικης νομοθεσίας για τους ΓΤΟ, μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία :

1. Η αμερικάνικη νομοθεσία εξετάζει κυρίως το προϊόν ως προς τα χαρακτηριστικά του και όχι ως προς τον τρόπο με τον οποίο παράχθηκε (δηλαδή ελέγχονται τα προϊόντα και όχι οι διαδικασίες).Οι ΓΤΟ, τουλάχιστον κατ' αρχήν, δεν θεωρούνται ουσιαστικά διαφορετικοί από τους μη ΓΤΟ στην αμερικάνικη νομοθεσία.

2. Στην αμερικάνικη νομοθεσία δεν απαιτείται ειδικό ρυθμιστικό καθεστώς για τα προϊόντα της Βιοτεχνολογίας. Το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο μπορεί να καλύψει και τα προϊόντα της Βιοτεχνολογίας, ενώ η επιβλέπουσα αρχή μπορεί να επιλαμβάνεται μόνο όταν υπάρχει ένδειξη ότι ο κίνδυνος από την εισαγωγή του προϊόντος είναι πολύ μεγάλος.

3. Στο ζήτημα της επισήμανσης διακρίνουμε δύο πολιτικές σε διεθνές επίπεδο. Από τη μια πλευρά τίθενται οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και η Αργεντινή που δεν απαιτούν επισήμανση για τους ΓΤΟ, ενώ από την άλλη πλευρά η Ευρωπαϊκή Ένωση, η Άπω Ανατολή, η Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία υποστηρίζουν την υποχρεωτική σήμανση (Κυριακίδης Σ., 2003).

Μια βασική ομοιότητα τους είναι ότι υιοθετούν κατ'αρχήν τις βασικές αρχές της «οικειότητας» και της «κατ'ουσίαν ισοδυναμίας».

## **8.5) Διεθνής νομοθεσία.**

### **ΚΑΝΑΔΑΣ**

Εμφανίζονται ομοιότητες με το καθεστώς που επικρατεί στις ΗΠΑ. Σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει εναρμόνιση των σχετικών κανονισμών και των απαιτήσεων από τις δυο χώρες. Οι αρμόδιες υπηρεσίες των δύο χωρών δουλεύουν σταθερά προς αυτή την κατεύθυνση.

- Βασική Προσέγγιση: Εξετάζεται το προϊόν, όχι η διαδικασία.
- Αρχές της Οικειότητας και της Κατ' ουσίαν Ισοδυναμίας.

### **ΑΡΓΕΝΤΙΝΗ**

- Εμφανίζονται ομοιότητες με το καθεστώς των ΗΠΑ.
- Βασική Προσέγγιση: Εξετάζει το προϊόν, όχι την διαδικασία.
- Νομοθεσία: Συνδυασμός προϋπάρχουσας και νέας.

### **ΚΙΝΑ**

- Εξετάζεται το προϊόν, όχι η διαδικασία.
- Αρχές της οικειότητας και της κατ' ουσίαν ισοδυναμίας.
- 1993: «Κανονισμός για τον έλεγχο της Γενετικής Μηχανικής ως προς τη Βιοασφάλεια».
- Κατάταξη των ΓΤΟ σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και τον άνθρωπο.
- Δίνεται έμφαση στο οικονομικό ενδιαφέρον.
- Έλλειψη, μέχρι πρόσφατα, ειδικής νομοθεσίας για τα τρόφιμα.

## **Κεφάλαιο 9**

### **9.1) Οφέλη και κίνδυνοι που συνδέονται με τη χρήση της βιοτεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν συνοπτικά τα επιχειρήματα που χρησιμοποιούνται υπέρ και κατά των εφαρμογών της σύγχρονης βιοτεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή. Πολλά επιχειρήματα έχουν διατυπωθεί τόσο υπέρ όσο και κατά της σύγχρονης βιοτεχνολογίας πριν ακόμα την εμπορική χρήση γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών και ο όγκος της βιβλιογραφίας αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς.

Από τη μία η καινούργια τεχνολογία δίνει πολλές υποσχέσεις τόσο για αύξηση της παραγωγικότητας όσο και για μειωμένη χρήση γεωργικών εισροών. Αυτό πέρα από το ότι θα καταστήσει τις καλλιέργειες πιο οικονομικές θα συμβάλλει και στην μειωμένη επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος. Από την άλλη διάφορες φωνές ανησυχίας έχουν ακουστεί μέχρι σήμερα για τα γενετικά μεταλλαγμένα τρόφιμα και αφορούν περισσότερες από μία κατηγορίες προβλημάτων.

Έτσι έχουμε ανησυχίες σχετικά με θέματα υγείας, περιβαντολογικές ανησυχίες όπως αυτές διαμορφώνονται στην περίπτωση της πεταλούδας Μονάρχης, κοινωνικοοικονομικές ανησυχίες που επικεντρώνονται στη συγκέντρωση του ελέγχου της παραγωγής από λίγες εταιρίες μέσα και από τις λεγόμενες «βιοπατέντες» και ανησυχίες ηθικής φύσεως που πραγματεύονται την «ύβρη» μιας τόσο άμεσης επέμβασης στη φύση.

### **9.2) Οφέλη.**

Οι υπέρμαχοι της σύγχρονης βιοτεχνολογίας χρησιμοποιούν την εξελικτική διαδικασία τριών δισεκατομμυρίων ετών στη Γη ως απόδειξη ότι τα διαφορετικά είδη δεν είναι στατικά και ότι η γενετική τους σύνθεση αλλάζει με το χρόνο. Μόνο έτσι άλλωστε θα μπορούσε να προκύψει όλη αυτή η πολυμορφία από μονοκύτταρους οργανισμούς. Ταυτόχρονα αντιπαρέχονται την κατηγορία ότι είναι αφύσικη η μεταφορά γενετικού υλικού μεταξύ των ειδών καθώς κάποια βακτήρια και ιοί έχουν

μηχανισμούς που τους επιτρέπουν την ενσωμάτωση ξένου γενετικού υλικού ή τη μεταφορά του μεταξύ διαφορετικών ειδών.

Με τη δημιουργία ανθεκτικών ποικιλιών, αλλά και μια σειρά άλλων πιθανών εφαρμογών, οι υπέρμαχοι της καινούργιας τεχνολογίας παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα που σχετίζονται με αυτή.

### **9.2.1) Αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας τροφής.**

Η αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας τροφής συνδέεται με μια σειρά παραγόντων και όχι μόνο με την αύξηση των αποδόσεων που θα ήταν μια επανάληψη, με τη χρήση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας αυτή τη φορά, της πράσινης επανάστασης και των ποικιλιών υψηλών αποδόσεων που είχαν τότε επιτευχθεί με παραδοσιακές μεθόδους διασταύρωσης. Άλλες εφαρμογές που θα μπορούσαν να συμβάλλουν προς αυτή την κατεύθυνση είναι η δημιουργία ποικιλιών με υψηλή ανθεκτικότητα ώστε να μπορούν να καλλιεργηθούν σε εδάφη όπου η καλλιέργεια σήμερα είναι αδύνατη ή η παραγωγή τροφών με βελτιωμένες ιδιότητες όπως υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνες ή άλλα θρεπτικά συστατικά.

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 μπορεί να μας βοηθήσει να καταπολεμήσουμε την πείνα. Οι γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες μπορούν να αντιμετωπίσουν τα ζιζάνια-δολοφόνους που κυριολεκτικά λιμοκτονούν τους πληθυσμούς στην Αφρική και σε άλλες αναπτυσσόμενες περιοχές.

Το ίδιο επιχείρημα χρησιμοποιείται ως μία μορφή ηθικού διλήμματος για όσους αντιμετωπίζουν τις εφαρμογές της γενετικής μηχανικής στη γεωργία με σκεπτικισμό.

### **9.2.2) Βελτίωση της ποιότητας των τροφίμων και ελάττωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από γεωργικές δραστηριότητες.**

Είναι γεγονός ότι η αλματώδης αύξηση της παραγωγικότητας στο γεωργικό τομέα παγκοσμίως μέσα από την εντατικοποίηση της παραγωγής συνοδεύτηκε από γενικευμένη χρήση αγροχημικών φαρμάκων και λιπασμάτων καθώς και αύξηση των πετρελαϊκών εισροών είτε ως καύσιμα είτε ως πετροχημικά υποπροϊόντα.

Η χρήση των δύο αυτών στοιχείων σε υπερβολικό βαθμό, σε συνδυασμό με άστοχες καλλιεργητικές μεθόδους συνέβαλαν στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, ορατή σε πολλά σημεία του πλανήτη.

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 υπερεντατικές μεθόδους καλλιέργειας.

Στις γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες, η ανθεκτικότητα στα έντομα που επιτυγχάνεται με το βακτήριο εδάφους *Bacillus thuringiensis* (βάκιλος της Θουριγγίας) 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 όπως υπολογίζει ο Trewaras για την ίδια καλλιέργεια κατά 80%.

Υπάρχουν αρκετές εφαρμογές σε εμπορικό ή ερευνητικό επίπεδο που κινούνται στην ίδια κατεύθυνση αν και με διαφορετική στόχευση, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος 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.

Όπως σημειώνει ο Ελευθεροχωρινός (1998), 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.

Οι Reiss και Straughan (1996) υποδεικνύουν 7 κύριους παράγοντες που θεωρούνται χαρακτηριστικοί για την ποιότητα ενός ζιζανιοκτόνου:

- Να εξουδετερώνει μία μεγάλη ποικιλία ζιζανίων
- Να μην είναι επιβλαβές για την καλλιέργεια
- Να μην είναι επιβλαβές για τρίτους οργανισμούς
- Να είναι βιοαποικοδομήσιμο
- Να έχει κατά το δυνατόν χαμηλές απώλειες προς επιφανειακά ύδατα
- Να έχει χαμηλή τιμή
- Να είναι εύκολο στην εφαρμογή

Επιπλέον η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο η πιθανότητα

- Δημιουργίας ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων
- Διεύρυνσης της ανθεκτικότητας των ανθεκτικών σε ένα ζιζανιοκτόνο βιοτύπων ζιζανίων σε περισσότερα ζιζανιοκτόνα
- Αδυναμίας αντιμετώπισης των ανθεκτικών καλλιεργούμενων φυτών σε περίπτωση που γίνουν ζιζάνια (φυτά εθελοντές)
- Μεταφοράς της ανθεκτικότητάς τους σε συγγενικά είδη ζιζανίων
- Μείωσης της βιοποικιλότητας
- Διατάραξης της οικολογικής ισορροπίας
- Παραγωγής γεωργικών προϊόντων με υπολείμματα ζιζανιοκτόνων
- Πλήρης εξάρτησης των γεωργών από τις εταιρίες παραγωγής ζιζανιοκτόνων και σπόρων (Ελευθεροχωρινός, 1998).

Η γενετική μηχανική φιλοδοξεί να ανατρέψει τα μέχρι τώρα δεδομένα καθιστώντας δυνατό το σχεδιασμό των ιδανικών ζιζανιοκτόνων σε αρχικό στάδιο και την μετέπειτα γενετική τροποποίηση φυτών, ώστε να αποκτήσουν ανθεκτικότητα στα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα.

Πέραν των ζιζανιοκτόνων, η σύγχρονη συμβατική γεωργία χρησιμοποιεί διάφορες καλλιεργητικές φροντίδες, 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%.

Η μειωμένη χρήση λιπασμάτων, εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων και φυτοφαρμάκων με τη χρήση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας έχει πολλαπλές ωφέλειες. Πέραν της μείωσης της επιβάρυνσης του φυσικού περιβάλλοντος, τα τρόφιμα είναι και αυτά λιγότερο επιβαρημένα ενώ μειώνεται και το κόστος καλλιέργειας για τους γεωργούς. Ταυτόχρονα θα μειωθούν οι πιέσεις για μετατροπή νέων εκτάσεων σε καλλιεργήσιμη γη δίνοντας τη δυνατότητα για φυσική αποκατάσταση οικοσυστημάτων που βρίσκονται σε οριακές συνθήκες.

Προς την κατεύθυνση αυτή θα βοηθούσε και η δημιουργία γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών ανθεκτικών στα άλατα και την ξηρασία, γεγονός που απαιτεί έναν πολυπλοκότερο γονιδιακό ανασυνδιασμό από αυτόν που χρησιμοποιείται για την επίτευξη ποικιλιών ανθεκτικών στα έντομα ή τα ζιζάνια.

### **9.2.3 Παραγωγή τροφίμων με συγκεκριμένες ιδιότητες**

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.

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 με χρυσαφί σπόρους 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.

#### **9.2.4 Οφέλη για τους παραγωγούς.**

Οι υποστηρικτές της εισαγωγής γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών σημειώνουν ότι οι παραγωγοί θα επωφεληθούν μέσα από τη μείωση του κόστους παραγωγής λόγω των μειωμένων εισροών και της ελάττωσης του κινδύνου απώλειας μεγάλου τμήματος της παραγωγής από κάποια επιδημία. Υπολογίζεται ότι τα συνολικά οικονομικά οφέλη για τους αμερικανούς αγρότες το 1998 έφτασαν τα 220 εκατομμύρια δολάρια. Επιπλέον η εισαγωγή Round-up 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. Παράλληλα, οι ανθεκτικές στα ζιζάνια γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες σόγιας αποδίδουν «καθαρότερες» σοδειές με λιγότερες ξένες προσμείξεις και συνεπώς μεγαλύτερης αξίας.

Σύμφωνα με μία μελέτη υπό το υπουργείο γεωργίας των Η.Π.Α., δημοσιευμένη τον Αύγουστο του 2002, 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.

Παρά τις κάποιες ενδείξεις για το αντίθετο, 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). Τα οικονομικά οφέλη κατά την καλλιέργεια προκύπτουν από τη συμπίεση του κόστους κυρίως της ανθρώπινης εργασίας και των καυσίμων (λιγότεροι ψεκασμοί, λιγότερες καλλιεργητικές φροντίδες).

Οι υπέρμαχοι της καλλιέργειας γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών ισχυρίζονται ότι η καλύτερη απόδειξη για την ανωτερότητα των τροποποιημένων σπόρων είναι η ταχεία, αυξανόμενη και εθελούσια υιοθέτηση τους από τους παραγωγούς στις Η.Π.Α.

### **9.2.5) Οφέλη για τους καταναλωτές.**

Υπάρχει μια σειρά από πιθανά πλεονεκτήματα που συνδέονται με την καινούργια τεχνολογία και μεταφέρονται άμεσα ή έμμεσα στους καταναλωτές, τουλάχιστον αυτούς του αναπτυσσόμενου κόσμου. Τα δύο σημαντικότερα στοιχεία σχετίζονται με τη βελτίωση στην ποιότητα των τροφίμων και την πτώση στις τιμές. Η βελτίωση στην ποιότητα προέρχεται από τη μείωση της επιβάρυνσης σε γεωργικές εισροές, από τις βελτιώσεις που είναι σε θέση να επιφέρει η σύγχρονη βιοτεχνολογία στο χρώμα, την υφή ή τη γεύση των τροφίμων ενώ και οι τιμές αναμένεται να ακολουθήσουν πτωτική πορεία αντιστρόφως ανάλογη με την αύξηση της παραγωγικότητας.

Έτσι, οι βιοτεχνολογικές εταιρείες υπόσχονται τρόφιμα πιο υγιεινά και πιο οικονομικά.

### **9.3) Κίνδυνοι.**

#### **9.3.1) Θέματα υγείας.**

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.

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.

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.

Οι Noteborn et al. (1995) χρησιμοποίησαν γενετικά τροποποιημένες ντομάτες, οι Hammond et al. (1996) και οι Teshima et al. (2000) γενετικά τροποποιημένη σόγια και τέλος οι Hashimoto et al. (1999) γενετικά τροποποιημένες πατάτες.

Συμπερασματικά η σχετική με την ασφάλεια των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων επιχειρηματολογία δε μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα ενδεδειγμένης επιστημονικής έρευνας. Όπως αναφέρουν οι Prime και Lembcke (2003) πολύ περισσότερη επιστημονική προσπάθεια και έρευνα είναι απαραίτητη προτού να μπορέσουμε να πούμε με βεβαιότητα ότι δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος από την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν γενετικά τροποποιημένα συστατικά.

Οι αλλεργίες αποτελούν μία ακόμα πηγή ανησυχίας καθώς η γενετική μηχανική επιτρέπει την ύπαρξη αλλεργιογόνων συστατικών σε τρόφιμα που χωρίς γενετική παρέμβαση δεν περιέχουν αυτά τα συστατικά. Το πρόβλημα δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο καθώς στον αναπτυσσόμενο κόσμο το 5% των παιδιών και το 2% των ενηλίκων είναι αλλεργικοί σε συστατικά κάποιων τροφίμων. Το κλασικότερο παράδειγμα αλλεργιογόνων επιδράσεων αποτελεί η περίπτωση γενετικής τροποποίησης σόγιας με γονιδιακό υλικό από βραζιλιάνικο καρύδι, το οποίο όμως προκαλούσε αλλεργικές αντιδράσεις σε μια μερίδα του πληθυσμού. Μετά από σχετικές έρευνες που διεξήγαγε η αμερικανική υπηρεσία τροφίμων και φαρμάκων (US Food and Drug Administration) το προϊόν δεν διατέθηκε ποτέ για εμπορική χρήση.

Άλλο ένα επιχείρημα που σχετίζεται με τον τομέα της υγείας αφορά τα αντιβιοτικά που μπορούν να παράγουν ενδογενώς τέτοιοι εδώδιμοι οργανισμοί. Πολλοί γιατροί και η ίδια η Βρετανική Ιατρική Ένωση εκφράζουν την ανησυχία τους για την αύξηση της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά των ασθενειών που οφείλονται σε βακτήρια ή ιούς. Ένα διαρκώς αυξανόμενο πρόβλημα στον τομέα της υγείας είναι η αντιμετώπιση βακτηρίων ανθεκτικών σε ομάδες αντιβιοτικών. 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.

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. Ο Van Dommelen (1999) επεξεργαζόμενος με κριτική διάθεση την παραπάνω θέση σημειώνει ότι αυτή προϋποθέτει ότι ένας παθογόνος οργανισμός δεν κατέχει κανένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που είναι αναγκαία για να εκφράσει παθογένεια. Αντίθετα ο ίδιος υποστηρίζει ότι σε ένα μη παθογόνο οργανισμό ενδέχεται να λείπει ένα μόνο από τα απαραίτητα γνωρίσματα το οποίο μπορεί να αποκτήσει με τις τεχνικές τροποποίησης.

### **9.3.2) Περιβαλλοντολογικές ανησυχίες.**

Οι οικολογικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών αν και πολυσχιδείς, 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.

Ο Hayles (2000) διακρίνει τρεις βασικές ομάδες οικολογικών κινδύνων που σχετίζονται με τη γενετική τροποποίηση καλλιεργειών: αυτούς που αφορούν την

οργάνωση του γονιδιώματος του ίδιου του φυτού, αυτούς που πραγματεύονται τη διαφυγή γενετικού υλικού από τροποποιημένα φυτά προς αυτοφυείς συγγενείς με αποτέλεσμα τη «γενετική μόλυνση» και τέλος αυτούς που σχετίζονται με δυσμενείς επιδράσεις σε είδη εκτός στόχου (non-target species).

Η εκτεταμένη χρήση γενετικά τροποποιημένων σοδειών θα ενισχύσει τη γενετική ομοιομορφία των συστημάτων καλλιέργειας απειλώντας έτσι τη γενετική ποικιλότητα. Απρόσεχτη χρήση βιοτεχνολογικών εφαρμογών μπορούν να έχουν

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.

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 διαφορετικά είδη ρυζιού. 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 επ'ακριβώς 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.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι βελτίωσης των ποικιλιών φυτών και ζώων έχουν ήδη μειώσει τη γενετική ποικιλότητα των ειδών μέσα από εντατική επιλογή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Το ερώτημα που τίθεται είναι κατά πόσο η σύγχρονη βιοτεχνολογία που επιταχύνει σαφώς αυτές τις διαδικασίες επιλογής θα καταλήξει σε μεγαλύτερη και ταχύτερη μείωση της γενετικής ποικιλότητας.

Ο όρος «γενετική μόλυνση» χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η μεταφορά γύρης από γενετικά τροποποιημένες σε παραδοσιακές καλλιέργειες ή συγγενεύοντα αυτοφυή είδη. Η μεταφορά της γύρης γίνεται με τη βοήθεια του αέρα, του νερού ή ζωικών οργανισμών. Τα προαπαιτούμενα για την επιμόλυνση είναι η ύπαρξη γενετικά συμβατών τροποποιημένων και συμβατικών ποικιλιών σε κοντινή απόσταση, η δυνατότητα διασταύρωσης και η παραγωγή γόνιμων υβριδίων. Παρά το γεγονός ότι η απάντηση στο αν μπορεί να υπάρξει «γενετική μόλυνση» ανάμεσα σε γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες και συγγενεύοντα αυτοφυή είδη είναι καταφατική, η συχνότητα του φαινομένου θα εξαρτηθεί από τον αριθμό των φυτών και το βαθμό συγγένειας. Έτσι, σε περιπτώσεις όπου συναντώνται καλλιέργειες και αυτοφυή είδη με υψηλό βαθμό συγγένειας, όπως για παράδειγμα ο ηλιάνθος (*Helianthus annuus*)

στις Η.Π.Α. ή το ζαχαρότευτλο (*Beta vulgaris*) στη Μ.Βρετανία, ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος.

Όπως σημειώνουν οι Kareiva και Parker (1994), σε αντίθεση με παραδοσιακές διαδικασίες επιλογής, η γενετική τροποποίηση συχνά συνίσταται στη μεταφορά επιθυμητών γνωρισμάτων που ελέγχονται από ένα και μόνο γονίδιο. Η πιθανότητα και η ταχύτητα μεταφοράς γενετικού υλικού σε τρίτα είδη αυξάνει σε αυτή την περίπτωση. Οι Mikkelsen et al. (1996) καθώς και οι Chevre et al., (1997) σημειώνουν περιπτώσεις επιμόλυνσης συμβατικών ποικιλιών από γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες ενώ οι De Vries και Wackernagel (1998) έδειξαν ότι υπό περιορισμένες συνθήκες είναι δυνατή η μεταφορά γονιδιακού υλικού από τροποποιημένα φυτά σε βακτήρια εδάφους. Αν και ο Trewaras (1999) φαίνεται καθυστερημένος σημειώνοντας ότι η απόσταση των 50 μέτρων μεταξύ διαφορετικών γραμμών της ίδιας καλλιέργειας εξασφαλίζει 99.5% καθαρότητα, άλλες έρευνες παρουσιάζουν ανησυχητικά στοιχεία.

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.

Σε άλλη σχετική έρευνα ο Kling (1996) μελετώντας πολλές γενιές δύο γειτονικών πληθυσμών ηλίανθου κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επιμόλυνση μπορεί να φτάσει το 38% μετά από 35 χρόνια. Ο Mettler (2002) σημειώνει ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που απειλεί τη βιοποικιλότητα είναι αυτή καθ'αυτή η έκταση που αφιερώνεται στη γεωργία εκτοπίζοντας έτσι φυσικά οικοσυστήματα.

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.

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*). Η έρευνα

των Losey et al. (1999) έδειξε αυξημένο βαθμό θνησιμότητας σε πληθυσμούς του συγκεκριμένου είδους πεταλούδας όταν τρέφονταν με *Asclepias curassavica* όπου είχε επικολλήσει γύρη από γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες καλαμποκιού.

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. 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.

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.

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 ζαχαροκάλαμο.

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.

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



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.

### **9.3.3) Κοινωνικοοικονομικοί προβληματισμοί.**

Οι κοινωνικοοικονομικές ανησυχίες που σχετίζονται με την καλλιέργεια των γενετικά τροποποιημένων σοδειών θα αποτελέσει ξεχωριστό αντικείμενο ανάλυσης στην παρούσα διδακτορική διατριβή τόσο όσον αφορά την οικονομικότητα της καινούργιας τεχνολογίας όσο και τη σχέση της με τον αναπτυσσόμενο κόσμο.

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 αποτελείτο 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.

Οι ανησυχίες αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν χωρίς αντικείμενο 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.

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.

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 αναπτυγμένο 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.

#### **9.3.4) 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.

Οι αριθμοί σήμερα είναι απογοητευτικοί. Ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι στον πλανήτη αντιμετώπιζαν επισφαλείς συνθήκες διατροφικής ασφάλειας το 2002. Σε ποσοστό 90% κατοικούν σε αναπτυσσόμενες χώρες. Έξι εκατομμύρια παιδιά κάτω από την ηλικία των 5 ετών πεθαίνουν κάθε χρόνο από υποσιτισμό, ενώ 13 χώρες στην Υποσαχάρια Αφρική και στη Λατινική Αμερική εμφανίζουν μακροχρόνια προβλήματα διατροφικής ασφάλειας.

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 της 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.

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. Άλλωστε, η συζήτηση σχετικά με τη χρήση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας για την καταπολέμηση του υποσιτισμού δεν γίνεται στη βάση λογικών επιχειρημάτων αλλά μάλλον στα πλαίσια ενός άτυπου αγώνα επικράτησης.

Χαρακτηριστικό είναι τα παράδειγμα της επισιτιστικής βοήθειας. Τον Ιούνιο του 2002, η κυβέρνηση της Ζάμπια ανακοίνωσε την απόφαση της να μη δέχεται επισιτιστική βοήθεια αποτελούμενη από γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. Στις 29 Οκτωβρίου του 2002 και παρά τις αυξανόμενες πιέσεις από την πλευρά των Η.Π.Α., η απόφαση δεν άλλαξε υπό τη σκιά της επιστημονικής αβεβαιότητας που περιβάλλει το θέμα. Στις αρχές του 2003, η Ινδία επίσημα αρνήθηκε με τη σειρά της επισιτιστική βοήθεια από τις Η.Π.Α. Η αντίδραση από τις αρχές των Η.Π.Α. και τον τομέα της

βιοτεχνολογίας ήταν άμεσες. Ο πρέσβης των Η.Π.Α. στα Ηνωμένα Έθνη δήλωσε ότι οι κυβερνήσεις των χωρών που αρνούνται τη βοήθεια θα έπρεπε να δικαστούν για τα μεγαλύτερα εγκλήματα κατά της ανθρωπότητας στα ανώτατα παγκόσμια δικαστήρια.

Ο Αντιπρόσωπος Εμπορίου των Η.Π.Α. στον Π.Ο.Ε. Robert Zoellick υποστήριξε ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση απείλησε τη Ζάμπια με οικονομικές κυρώσεις αν δεχόταν τους γενετικά τροποποιημένους σπόρους προσθέτοντας ότι το κόστος σε ανθρώπινες ζωές από την απόρριψη της νέας τεχνολογίας, χωρίς καλό λόγο, είναι τρομακτικό. Ο πρόεδρος των Η.Π.Α. George Bush επισημαίνει και αυτός με τη σειρά του τα εμπόδια που θέτουν ευρωπαϊκές χώρες στην προσπάθεια των Η.Π.Α. να καταπολεμήσουν την πείνα στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Τα εμπόδια αυτά δημιουργούνται από τη συνεχιζόμενη ευρωπαϊκή αντίθεση στην αγροτική βιοτεχνολογία, η οποία βασίζεται σε ανυπόστατους, μη επιστημονικούς φόβους και εμποδίζει πολλές αφρικανικές χώρες να επενδύσουν στη βιοτεχνολογία από φόβο ότι τα προϊόντα τους θα αποκλειστούν από τις ευρωπαϊκές αγορές.

Δύο μη κυβερνητικές οργανώσεις, η Greenpeace και η Action Aid ήταν οι πρώτες που κατηγόρησαν τις Η.Π.Α. για εκμετάλλευση της διατροφικής κρίσης για την προώθηση των συμφερόντων τους σε ότι αφορά τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. Ο Ευρωπαίος επίτροπος εμπορίου Lamy (2003) κατηγόρησε τις Η.Π.Α. για χρησιμοποίηση των προγραμμάτων επισιτιστικής βοήθειας ώστε να διαθέσει τα πλεονάσματα γενετικά τροποποιημένων τροφίμων που διαθέτει.

Τα προγράμματα επισιτιστικής βοήθειας χρησιμοποιήθηκαν παλιότερα με λάθος τρόπο, για τη διάθεση των πλεονασμάτων του αναπτυγμένου κόσμου και τη δημιουργία διατροφικά εξαρτημένων χωρών. Σήμερα, φαίνεται να χρησιμοποιούνται επίσης για την εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών σε απρόθυμες χώρες και για την άσκηση πίεσης σε διεθνή σώματα για την κάμψη των όποιων αμφιβολιών.

Η προσπάθεια των επίσημων φορέων άσκησης πολιτικής στις Η.Π.Α. να πείσουν ότι

αυτοί που εναντιώνονται στη σύγχρονη βιοτεχνολογία φέρουν την ηθική ευθύνη για

τη φυσική εξόντωση εκατομμυρίων στον αναπτυσσόμενο κόσμο, απαιτεί μεγάλη δόση κυνισμού. Αντιμέτωπος με αυτό το ψευδές δίλημμα, θα έπρεπε να αναρωτηθεί

κανείς για τα κίνητρα των Η.Π.Α. Σε αυτή την περίπτωση, η άρνηση της εν λόγω χώρας να υπογράψει και να εφαρμόσει τη Συνθήκη για τη Βιολογική

Ποικιλότητα (Convention on Biological Diversity), τη Συνθήκη για τις Κλιματολογικές Αλλαγές (Convention on Climate Change) ή τη Συνθήκη για τους φυτογενετικούς πόρους για τη διατροφή και τη γεωργία (International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture) δεν μπορεί να παραγνωρισθεί.

Η συζήτηση γύρω από την επισιτιστική βοήθεια, γενετικά τροποποιημένη ή μη, αλλά και συνολικότερα γύρω από τη χρήση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας για την καταπολέμηση της διατροφικής ανασφάλειας αποτελεί ένα καλό παράδειγμα ανθρώπινης υποκρισίας. Δυστυχώς, η γεφύρωση της χαώδους ανισότητας ανά την υφήλιο είναι πολιτικό και όχι επιστημονικό ζήτημα. Λαμβάνοντας όμως υπ' όψη τις επιλογές του αναπτυσσόμενου κόσμου ιστορικά, και ενθουμούμενοι ότι ένα παιδί πεθαίνει κάθε τρία δευτερόλεπτα από ασιτία, η ηθική μας αποτυχία είναι ευδιάκριτη.

Όσο πολιτικές αποφάσεις που αποφασίζουν το μέλλον του πλανήτη λαμβάνονται βάση βραχυπρόθεσμων, εθνικών ωφελειών, εις βάρος του συνολικού καλού, η αποτυχία αυτή θα επιμείνει.

### **9.3.5) 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 ζωντανοί 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.

## **Βιβλιογραφία**

- Γαλάνης Μ.(2003). Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί και ΓΤ προϊόντα. Ε.Κ.Δ.Δ., 11/4/2003. Αθήνα.
- Βαρζάκας Θ.Χ. και Αρβανιτογιάννης Ι.Σ. (2006).Γενετικά Τροποποιημένα τρόφιμα. Ανίχνευση Παρασκευή Νομοθεσία Βιοασφάλεια (μελέτη αστοχίας). Εκδ. Έμβρυο. Αθήνα.
- Μπατρίνου Μ. (2001). Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα. Παρόν και Μέλλον. Εκδ. Πασχαλίδης. Αθήνα.
- Κρυστάλλης Α. και Χρυσοχοϊδης Γ (2004). Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα. Καταναλωτής, Οικονομία, Περιβάλλον. Εκδ. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Γιαννοπολίτης Κ. (1999).Γενετικά τροποποιημένα φυτά. Ανάπτυξη και χρήση φυτών με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα. Γεωργία και Κτηνοτροφία. 2/1999.
- Γιαννοπολίτης Κ. (1999).Γενετικά τροποποιημένα φυτά. Ανάπτυξη και χρήση φυτών με ανθεκτικότητα στα έντομα. Γεωργία και Κτηνοτροφία. 3/1999.
- Γιαννοπολίτης Κ. (1999).Γενετικά τροποποιημένα φυτά. Μια πρώτη εικόνα της σημερινής κατάστασης. Γεωργία και Κτηνοτροφία. 1/1999.,
- Μολφέτας et al. (1994). Βιολογία ένα ταξίδι στη ζωή. Εκδ. Καστανιώτης. Αθήνα.
- Πανόπουλος Ν. (2003). Βιοτεχνολογία στη Γεωργική παραγωγή. Ε.Κ.Δ.Δ., 11/4/2003. Αθήνα
- Χατζόπουλος Π. (2001). Βιοτεχνολογία φυτών. Εκδ. Έμβρυο. Αθήνα
- Rifkin J. (1998) Ο αιώνας της βιοτεχνολογίας, Εκδ. Νέα Σύνορα. Αθήνα.
- Λουλακάκης Κ.Α. (1999). Βιοτεχνολογία . Εκδ. ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο.
- Βιολογία θετικής κατεύθυνσης ΄Γ τάξης Ενιαίου Λυκείου. (1999). Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων/ Αθήνα.
- Κίντζιος Σ.Ε. (1994). Επιχειρηματική ιστοκαλλιέργεια. Εκδ Α. Σταμούλης. Αθήνα.



## Διευθύνσεις στο διαδίκτυο

- <http://www.agrioforum.org>
- <http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/toxsoc.html>
- <http://www.agcare.org.consum2>
- <http://www.agrevo.com>
- <http://www.aventis.com>
- <http://www.basf.com>
- <http://www.biointegrity.org/>
- <http://www.biotechcentury.org/>
- <http://www.cetos.org/>
- <http://www.dupont.com>
- <http://www.europa-bio.de/>
- <http://www.europiangreens.org/>
- <http://www.gmabrands.com/news/docs/EritePaper.cfm?docid=309>
- <http://www.greenpeaceusa.org/>
- <http://www.truefoodnow.org/>
- <http://www.indiaserver.com/betas/vshiva/biotech.htm>
- <http://www.i-sis.org/>
- [http://www.ictp.trieste.it/TWAS/Trans\\_Summary.html](http://www.ictp.trieste.it/TWAS/Trans_Summary.html)
- <http://www.monsanto.com>
- <http://www.natural-law-party.org/>
- <http://www.netlink.de/>
- <http://www.newviewtv.com>
- <http://www.purefood.org/>
- <http://www.research/food/index.html>
- <http://www.sage-intl.org/>
- <http://www.thecampaign.org/>
- <http://www.vm.cfsan.fda.gov/lrd/bioeme.html>

