

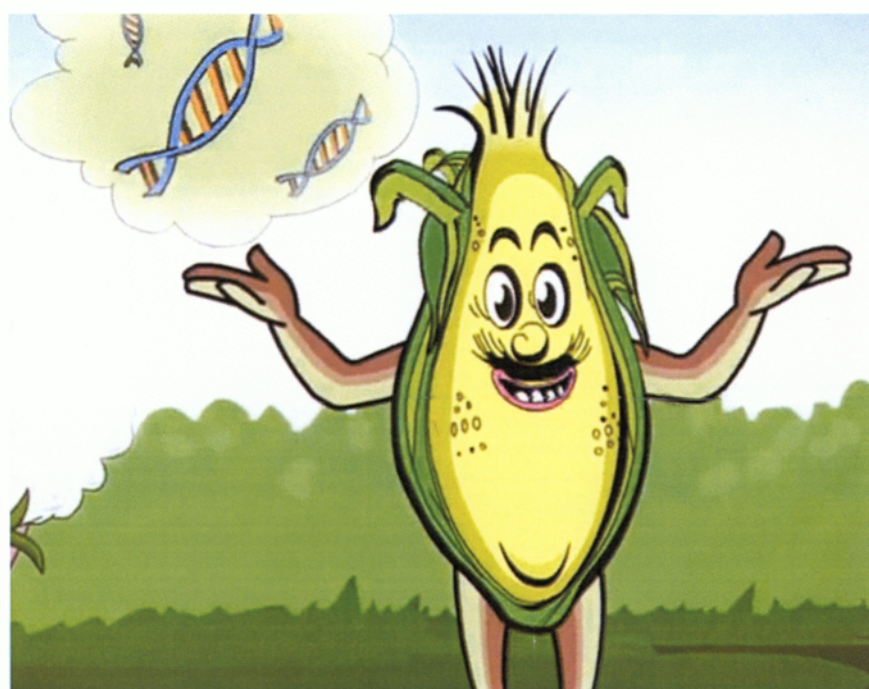
**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

**« Βt ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ, ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ,  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ»**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

**ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΧΡΗΣΤΙΑΗ**



**ΚΑΛΑΜΑΤΑ**

**2013**

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

**« Βt ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ, ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ»**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΧΡΗΣΤΙΑΔΗ**

**Επιβλέπουσα: Μ. Παπαδέλη**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ**

**2013**

## **Ευχαριστίες**

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην κυρία Μαρίνα Παπαδέλη για τον χρόνο που μου αφιέρωσε αλλά και για την υπομονή που επέδειξε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Θεόδωρο Βαρζάκα για το υλικό που μου διέθεσε από το προσωπικό του αρχείο.

Ιδιαίτερα πολύτιμη και ουσιαστική υπήρξε η βοήθεια της φίλης και συμφοιτήτριας μου Στυλιανής Γιαννούλη που την ευχαριστώ ιδιαίτερα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την μητέρα και τον πατέρα μου, για την στήριξη σε όλα τα επίπεδα, την αγάπη και την συμπαράσταση που μου επέδειξαν όλον αυτόν τον καιρό.

## Περίληψη

Η συνεχής πληθυσμιακή αύξηση και η εξελικτική πορεία της ανθρωπότητας παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο σε πολλούς τομείς. Η τεχνολογία συμβάλει στην υλοποίηση των αναγκών της σημερινής κοινωνίας ενώ στον αντίποδα, ο υπερπληθυσμός θεωρείται υπαίτιος για πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο άνθρωπος. Ο υποσιτισμός μαστίζει τις αναπτυσσόμενες χώρες και νέες ασθένειες κάνουν αισθητή την παρουσία τους.

Μια νέα επιστήμη γνωστή ως «Βιοτεχνολογία» καλείται να επέμβει βελτιώνοντας ή ακόμα και εξαλείφοντας μείζονα προβλήματα της σημερινής κοινωνίας. Είναι μια επιστήμη που ειδικεύεται στην επεξεργασία και το χειρισμό του βιολογικού υλικού. Με τη εφαρμογή της επιδιώκεται η χρησιμοποίηση ζωντανών οργανισμών ή μέρος αυτών, για την παραγωγή και την τροποποίηση προϊόντων, τη βελτίωση φυτών και ζώων καθώς επίσης και την ανάπτυξη μικροοργανισμών για εξειδικευμένες χρήσεις.

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα γενετικής τροποποίησης είναι ο Βt αραβόσιτος, ο οποίος παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε συγκεκριμένες οικογένειες εντόμων άκρως εχθρικών προς αυτόν. Πολλά υβρίδια με διαφορετικές ιδιότητες έχουν δημιουργηθεί, άλλα εγκριθήκαν και κυκλοφορούν στην αγορά σαν τρόφιμα, πρόσθετα τροφίμων ή ζωοτροφές ενώ άλλα βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό επίπεδο.

Η καλλιέργεια του Βt αραβόσιτου σε εμπορική κλίμακα τα τελευταία χρόνια έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις. Αυτό γεννά ερωτήματα για την ασφάλεια του καταναλωτικού κοινού καθώς και για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η περιγραφή της γενετικής τροποποίησης του Βt αραβόσιτου, η αναφορά στα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη των καλλιεργειών αυτών, καθώς επίσης και στις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρουν στην ανθρώπινη υγεία και το οικοσύστημα.

## **Abstract**

Continued population growth and the evolution of humanity play a leading role in many ways. Technology contributes in the elimination of needs society but, overpopulation is responsible for many problems facing man. Malnutrition plagues developing countries and new diseases make their presence felt.

A new science called 'Biotechnology' is made to intervene by improving or even eliminating major problems of today's society. It is a science that specializes in the processing and handling of biological material. With the application of the intended use of living organisms or part thereof, for the manufacture and modification products, improve plants and animals as well as the growth of microorganisms for specialized uses.

One of the most characteristic examples of genetic modification is Bt maize, which shows resistance to certain insect families extremely hostile towards him. Many hybrids with different properties have been created, some was approved and marketed as food additives or feed, while others are still at research level.

The cultivation of Bt maize on a commercial scale in recent years has assumed enormous proportions. This raises questions about the safety of the general public and for the environmental impact that may bring. The purpose of this paper is to describe the genetic modification of Bt maize, the reference to economic, social and environmental benefits of these crops, as well as the possible impact it could bring to human health and the ecosystem.

## Περιεχόμενα

<i>Περίληψη</i>	4
<i>Abstract</i>	5
<i>Περιεχόμενα</i>	6
<i>Εισαγωγή</i>	8
<b>Κεφάλαιο 1. Βιοτεχνολογία και Τρόφιμα</b>	<b>10</b>
1.1. Ιστορική αναδρομή στη βελτίωση των τροφίμων	10
1.2. Παραδοσιακή και σύγχρονη βιοτεχνολογία τροφίμων	12
1.2.1. Παραδοσιακή Βιοτεχνολογία	12
1.2.2. Σύγχρονη βιοτεχνολογία τροφίμων	13
1.2.2.1. Ορισμοί	14
<b>Κεφάλαιο 2. Διαγονιδιακά Φυτά</b>	<b>17</b>
2.1. Τρόπος δημιουργίας διαγονιδιακών φυτών	17
2.2. Παραδείγματα διαγονιδιακών φυτών	18
2.2.1. Γ.Τ. φυτά ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα	18
2.2.2. Γ.Τ. φυτά που καθυστερούν την ωρίμανση	19
2.2.3. Γ.Τ. φυτά ενισχυμένα με ιχνοστοιχεία	19
2.2.4. Γ.Τ. φυτά χωρίς αλλεργιογόνες ιδιότητες	20
2.2.5. Γ.Τ. φυτά με ανθεκτικότητα στα έντομα	20
2.2.6. Γ.Τ. φυτά με συνδυασμό ξένων γονιδίων	22
2.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων φυτών	22
2.4. Εφαρμογή και προοπτικές των Γ.Τ. Φυτών	24
2.4.1. Βελτίωση Καλλιέργειας	26
2.4.2. Βιολογικός έλεγχος	27
2.4.3. Ανίχνευση φυτικών ασθενειών	28
2.4.4. Έλεγχος ζιζανίων	28
2.4.5. Νέα φυτικά προϊόντα	28
<b>Κεφάλαιο 3. Δημιουργία και καλλιέργεια του Bt αραβόσιτου</b>	<b>30</b>
3.1. Δημιουργία γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου	30
3.2. Γενετική τροποποίηση μέσω του <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	31
3.2.1. Στάδια παραγωγής γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου	31
3.3. Τύποι του Bt αραβόσιτου	36
3.4. Καλλιέργεια Bt αραβόσιτου	38
3.5. Οφέλη από την καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου	40
3.5.1. Βελτίωση απόδοσης	40
3.5.2. Μείωση μυκοτοξινών	41

3.5.3. Μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων	42
3.5.4. Αύξηση οικονομικών αποδοχών	42
<b>Κεφάλαιο 4. Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι και ασφάλεια καλλιέργειας Bt αραβόσιτου</b>	<b>43</b>
<b>4.1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</b>	<b>44</b>
4.1.1. Μεταφορά διαγονιδίων μέσω της γύρης	44
4.1.2. Δημιουργία εντόμων ανθεκτικά σε Bt καλλιέργειες	45
4.1.3. Επίδραση βιοεντομοκτόνου σε έντομα μη-στόχους	46
4.1.4. Επίδραση στη φυσική πανίδα των καλλιεργητικών εδαφών	47
<b>4.2. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία</b>	<b>48</b>
4.2.1. Αλλεργικές αντιδράσεις/ τοξικότητα	50
4.2.2. Οριζόντια μεταφορά γονιδίου	51
4.2.3. Απρόβλεπτοι κίνδυνοι	52
<b>Κεφάλαιο 5. Νομοθεσία και περιορισμοί</b>	<b>53</b>
<b>5.1. Νομοθετικές ρυθμίσεις</b>	<b>53</b>
<b>5.2. Νομοθεσία για την ιχνηλασιμότητα και επισήμανση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών</b>	<b>55</b>
<b>5.3. Νομοθετικές προϋποθέσεις καλλιέργειας αραβόσιτου Bt</b>	<b>56</b>
<b>Συμπεράσματα</b>	<b>58</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>60</b>
<b>Παράρτηματα</b>	<b>71</b>

## Εισαγωγή

Κάθε έμβιος οργανισμός για να επιζήσει πρέπει να τραφεί. Έτσι και ο άνθρωπος από την εμφάνιση του στη γη προσπαθεί να βρει τρόπους για να καλύψει την ανάγκη του αυτή. Αρχικά με απλοϊκούς τρόπους και αργότερα με πιο σύνθετους και χωρίς να έχει καμία επιστημονική γνώση, κατάφερε να εφαρμόσει τεχνικές, παρατηρώντας το περιβάλλον γύρω του. Κατόρθωσε, να βελτιώνει τις καλλιεργητικές του ικανότητες όλο και περισσότερο, να αυξάνει την παραγωγικότητα και να παράγει νέα προϊόντα με τη βοήθεια ορισμένων μικροοργανισμών (δημιουργία γιαουρτιού, τυριών και διαφόρων κρασιών) (Azevedo & Araujo, 2003). Παράλληλα με την ανθρώπινη εξέλιξη ήρθε και η επιστημονική ανάπτυξη σε όλους τους κλάδους. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των τροφίμων ο άνθρωπος κατόρθωσε να μεταβεί από τις βασικές καλλιέργειες στον υβριδισμό, ο οποίος με τη σειρά του οδήγησε στη γενετική τροποποίηση, ώστε άγρια φυτά μετατράπηκαν σε καλλιεργήσιμα, πολλά από τα οποία δεν θα μπορούσαν να επιβιώσουν στην άγρια φύση (Geps, 2003). Για το λόγο αυτό, ένας νέος όρος κάνει την εμφάνιση του για να περιγράψει την επαναστατική αυτή μέθοδο, στην παραγωγή ζωικών και φυτικών προϊόντων, ο όρος Βιοτεχνολογία ή Γενετική Μηχανική.

Η Βιοτεχνολογία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη χρήση ζώντων οργανισμών ή παράγωγα αυτών, για τη δημιουργία νέων, με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ο όρος αυτός περιλαμβάνει τέσσερεις μεγάλους τομείς, την φαρμακευτική Βιοτεχνολογία, την αγροτική, την βιομηχανική αλλά και την Βιοτεχνολογία θαλάσσιων οργανισμών. Στην αγροτική Βιοτεχνολογία, τα νέα χαρακτηριστικά της γενετικής τροποποίησης συνήθως αφορούν την ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα ή έντομα, την καθυστέρηση ωρίμανσης των καρπών, τον εμπλουτισμό φυτών με διάφορα ιχνοστοιχεία, την απομόνωση γονιδίων αλλεργιογόνα προς τον άνθρωπο, αλλά και συνδυασμό των παραπάνω (Μπατρίνου, 2011).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα γενετικά τροποποιημένου φυτού που καλλιεργείται παγκοσμίως είναι ο γενετικά τροποποιημένος αραβόσιτος (Bt αραβόσιτος). Η πυραλίδα του αραβόσιτου είναι ένα παράσιτο που κοστίζει εκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο στους καλλιεργητές, αποτελώντας τη μεγαλύτερη απειλή για αυτόν (Schoessow, n.d.). Για την προστασία του, οι επιστήμονες δημιούργησαν τον Bt αραβόσιτο, ένα γενετικά τροποποιημένο υβρίδιο που εκφράζει



την τοξίνη του βακτηρίου *Bacillus Thuringiensis* (Bt τοξίνη) για τον έλεγχο ορισμένων εντόμων της οικογένειας των Λεπιδόπτερων (Benbrook, 2010).

Η καλλιέργεια του γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια (James, 2009). Για τα λόγο αυτό η αξιολόγηση της επικινδυνότητας του ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και τις συνέπειες που μπορεί να έχει για την ανθρώπινη υγεία, κρίνεται απαραίτητη (Romeis *et al.*, 2008). Έχουν γίνει πάρα πολλές μελέτες ώστε να απορριφθούν πιθανά σενάρια επικινδυνότητας του. Ανεξάρτητα όμως από τα αποτελέσματα, η Ε.Ε. σε συνεργασία με Διεθνούς Φορείς Προστασίας του καταναλωτή έχουν θεσπίσει πολύ αυστηρούς κανονισμούς ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των ανθρώπων αλλά και του περιβάλλοντος.

## Κεφάλαιο 1. Βιοτεχνολογία και Τρόφιμα

### 1. 1. Ιστορική αναδρομή στη βελτίωση των τροφίμων

Στην ιστορική πορεία της εξέλιξης της ανθρωπότητας κυρίαρχο ρόλο έπαιξε ένα πλήθος τεχνολογικών εφαρμογών (μεθόδων, τεχνικών κ.λπ.) οι οποίες ήταν το αποτέλεσμα απόκτησης ολοένα και βαθύτερης επιστημονικής γνώσης σε αντίστοιχους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Ο τομέας της γεωργίας και της κτηνοτροφίας αποτέλεσε και αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο στην προσπάθεια του ανθρώπου για κάλυψη των βιοτικών του αναγκών σε πρωτογενή και δευτερογενή καταναλωτικά αγαθά. Οι άνθρωποι άρχισαν να καλλιεργούν και να πολιτογραφούν φυτά γύρω στο 8000 π.Χ. ενώ γύρω στο 7000-6000 π.Χ. ξεκινάει η καλλιέργεια σιταριού, φασολιών και μπιζελιών στην Ανατολή. Την ίδια εποχή στη Νέα Γη, η γεωργία ξεκίνησε με την καλλιέργεια φασολιών και νεροκολοκύθας ενώ ο αραβόσιτος έκανε την εμφάνισή του γύρω στο 5000 π.Χ. Το ζαχαροκάλαμο και η σόγια καλλιεργήθηκαν γύρω στο 1000 π.Χ. σε αντίθεση με τον ανανά, το καουτσούκ και τον φοίνικα (φοινικέλαιο) που είναι σχετικά πιο πρόσφατα (Azevedo & Araujo, 2003).

Από την πρώτη ακόμα γεωργική καλλιέργεια ο άνθρωπος αποζητάει τρόπους για την τροποποίηση των χαρακτηριστικών των βρώσιμων φυτών αλλά και αυτών προς διαφορετική χρήση (πχ φυτά που παράγουν ίνες) (Pauls, 1995). Έχοντας την ικανότητα να παρατηρεί, να ερευνά και να αξιοποιεί την εμπειρία του και τα αποτελέσματα της έρευνάς του σε πρακτικές εφαρμογές της καθημερινής ζωής, μπόρεσε να εφαρμόσει βασικές αρχές της βιοτεχνολογίας με στόχο την βελτίωση της ζωής του. Αρχικά με τη μέθοδο των επιλεγμένων διασταυρώσεων δημιουργώντας φυτά και ζώα με επιθυμητές ιδιότητες, στη συνέχεια με τη βοήθεια ορισμένων οργανισμών παράγοντας χρήσιμα προϊόντα (Ξαπλαντέρη, 2007) και τέλος με την ανάπτυξη της γενετικής μηχανικής η οποία θεωρείται η βάση της βιοτεχνολογίας συμβάλλοντας σε περισσότερους τομείς βελτίωσης των καλλιεργειών (Ratner, 1989).

Για χιλιετίες οι αγρότες χρησιμοποιούσαν εμπειρικές διαδικασίες ώστε να διαλέγουν τα κατάλληλα είδη, ποικιλίες και καλλιέργειες και μόνο με τη θέσπιση των νόμων του Μέντελ, στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, και την εφαρμογή των αρχών της γενετικής, από τους κατάλληλους επιστήμονες επιτεύχθηκε η σημαντικότερη πρόοδος στη βελτίωση των ειδών (Azevedo & Araujo, 2003).

Οι προσπάθειες τους αυτές, εμφανίζονται σε μια σύντομη ιστορική αναδρομή από το 4000π.Χ. έως και σήμερα όπου αναγράφονται χρονικά, οι σπουδαιότερες και πιο χαρακτηριστικές ανακαλύψεις τους.

Την περίοδο μεταξύ 4000 π.Χ. έως και 1600 μ.Χ. Αιγύπτιοι αγρότες αποθηκεύουν σπόρους από τις εκλεκτότερες καλλιέργειες για να τους μεταφυτεύσουν την επόμενη χρονιά για βελτίωση της παραγωγής. Το 1700-1720 ο πατέρας της κηπουρικής Thomas Fairchild δημιουργεί το πρώτο υβριδικό φυτό από τη διασταύρωση των φυτών *Dianthus barbatus* και *Dianthus caryophyllus*. Το 1866 ο Αυστριακός μοναχός Gregor Johann Mendel, δημοσιεύει την έρευνά του σχετικά με τη μεταφορά γενετικών χαρακτηριστικών από γενιά σε γενιά. Από το 1870 έως το 1890 οι ερευνητές διασταυρώνουν ποικιλίες βαμβακιού για την ανάπτυξη νέων ειδών, με βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Το 1871 ο ερευνητής Luther Burbank δημιούργησε μία ποικιλία πατάτας με το όνομα πατάτα Russet Burbank. Η Russet Burbank εξακολουθεί να είναι η κύρια ποικιλία που καλλιεργείται στις ΗΠΑ μέχρι και σήμερα με χαρακτηριστικό κοκκινόμαυρο περίδερμα, έντονη γεύση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Στη συνέχεια ο ίδιος ανέπτυξε νέα υβρίδια πολλών φρούτων όπως δαμάσκηνα, μούρα ροδάκινα κ.λπ. Το 1908 στις ΗΠΑ δημιουργήθηκε από τον G.H. Shull του Ινστιτούτου Carnegie το πρώτο υβρίδιο καλαμποκιού που προήλθε από αυτεπικονίαση (Agricultural Biotechnology Timeline, 2012).

Στη συνέχεια, το 1919 ο μετανάστης ουγγρικής καταγωγής Karl Ereky επινόησε τη λέξη «Βιοτεχνολογία» εκδίδοντας στο Βερολίνο ένα βιβλίο, στο οποίο περιγραφόταν μια τεχνολογία που βασίζεται στη μετατροπή πρώτων υλών σε χρήσιμα προϊόντα. Με την πάροδο των ετών και συγκεκριμένα το 1926 τα υβρίδια του αραβόσιτου γίνονται εμπορικά διαθέσιμα στις Η.Π.Α., τριπλασιάζοντας την καλλιέργεια του αραβόσιτου για τα επόμενα πενήντα χρόνια. Μετά από αρκετές δεκαετίες αφιερωμένες στην έρευνα, μόλις το 1960, ο Norman Borlaug δημιούργησε το σιτάρι «νάνο» αυξάνοντας την καλλιεργητική απόδοση κατά 70%, πυροδοτώντας έτσι την έναρξη της πράσινης επανάστασης (Agricultural Biotechnology Timeline, 2012).

Η σύγχρονη βιοτεχνολογία κάνει δειλά την εμφάνισή της το 1973 όταν ο βιοχημικός Stanley Cohen και ο καθηγητής ιατρικής Herbert Boyer κατάφεραν να ενσωματώσουν ένα γονίδιο ενός οργανισμού σε έναν άλλον οργανισμό-ξενιστή. Το 1982 παράγεται το πρώτο γενετικά τροποποιημένο φυτό. Είναι μια ποικιλία καπνού

που παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε ένα αντιβιοτικό. Η επαναστατική αυτή μέθοδος άνοιξε το δρόμο για τη δημιουργία πολλών διαγονιδιακών φυτών με ωφέλιμα χαρακτηριστικά όπως η ανθεκτικότητα σε έντομα κ.λπ. (Agricultural Biotechnology Timeline, 2012).

## **1.2. Παραδοσιακή και σύγχρονη βιοτεχνολογία τροφίμων**

Το 1919 ο Ούγγρος μηχανικός Karl Ereky επινόησε τη λέξη Βιοτεχνολογία, για να περιγράψει την παραγωγή αγαθών από πρώτες ύλες με την βοήθεια ζώντων οργανισμών, χωρίς όμως να γνωρίζει ότι περιέγραφε τις τεχνικές που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος εδώ και αιώνες.

Πριν την ανακάλυψη των γονιδίων και του DNA, οι γενετικές αλλαγές στους οργανισμούς (σε οποιοδήποτε φυτό κλπ.) πραγματοποιούνταν σε οργανικό επίπεδο. Για παράδειγμα, ένα φυτό με το επιθυμητό χαρακτηριστικό διασταυρωνόταν με άλλα φυτά, με την ελπίδα ότι μέσα από τη γονιμοποίηση τα επιθυμητά αυτά χαρακτηριστικά να μεταφερόντουσαν από το μητρικό φυτό στους απογόνους. Ενώ αντίθετα στην μοντέρνα βιοτεχνολογία η επίτευξη των επιθυμητών χαρακτηριστικών σε έναν οργανισμό γίνεται ως επί το πλείστον σε γονιδιακό επίπεδο. Αρχικά προσδιορίζεται το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για το επιθυμητό χαρακτηριστικό και στη συνέχεια εισάγεται στον οργανισμό ώστε να παραγάγει από μόνο του τις γενετικές αλλαγές (What is Biotechnology?, 2006).

### **1.2.1. Παραδοσιακή Βιοτεχνολογία**

Η παραδοσιακή Βιοτεχνολογία αναφέρεται στη χρήση ζώντων οργανισμών με πεπαλαιωμένους τρόπους για τη δημιουργία νέων προϊόντων αλλά και για την τροποποίηση των υπαρχόντων. Με έναν ευρύτερο ορισμό, παραδοσιακή βιοτεχνολογία μπορεί να οριστεί ως η μετάβαση του ανθρώπου από το κυνήγι στην καλλιέργεια της γης, καθώς οι αγρότες καλλιεργούσαν άγρια φυτά επιλέγοντας τη σοδιά με τα καλύτερα χαρακτηριστικά. Οι καλλιεργητές άρχισαν να ειδικεύονται στην αναπαραγωγή συγκεκριμένων φυτικών καλλιεργειών καθώς ανακάλυπταν νέες ποικιλίες με καινούργια γνωρίσματα και χαρακτηριστικά όπως ανθεκτικότητα σε ασθένειες, καλύτερη γεύση και μεγαλύτερη απόδοση. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής ήταν ο χρόνος που απαιτούνταν για την βελτίωση των καλλιεργειών καθώς θα μπορούσε ένα χαρακτηριστικό να χρειαστεί αρκετές γενιές ώστε να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα (Traditional vs. Modern Biotechnology, 2006).

Αιώνες πριν, οι άνθρωποι ανακάλυψαν τυχαία πως μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις φυσικές διεργασίες που λάμβαναν χώρα στα ζωντανά κύτταρα. Παρόλο που δεν είχαν κάποια επιστημονική εξήγηση για αυτές τις διεργασίες, τις εφάρμοσαν με επιτυχία στην καθημερινή τους ζωή. Ανακάλυψαν για παράδειγμα ότι κατά την ωρίμανση των τροφίμων διαφοροποιείται η γεύση, η σύσταση τους και καθίστανται λιγότερο ευπαθή. Σαν αποτέλεσμα της ανακάλυψης αυτής, μέσω μιας διαδικασίας που θα ονομαστεί αργότερα ζύμωση, η ζύμη γίνεται προζύμη για την παρασκευή ψωμιού, ο χυμός σταφυλιών μετατρέπεται σε κρασί και από το αποθηκευμένο σε στομάχι καμήλας γάλα δημιουργείται το τυρί.

Μέσω δοκιμών, δια της ατόπου επαγωγής αλλά και αργότερα με την πρόοδο της τεχνολογίας οι άνθρωποι έμαθαν να ελέγχουν αυτές τις διαδικασίες παράγοντας μεγάλες ποσότητες βιολογικών προϊόντων (Traditional vs. Modern Biotechnology, 2006).

Η πρόοδος της επιστήμης εννόησε τη μεταφορά των τεχνικών αυτών σε βιομηχανικής κλίμακας εφαρμογές αλλά και την ανακάλυψη νέων τεχνικών. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τεχνικών παραδοσιακής βιοτεχνολογίας είναι η επιλεκτική εκτροφή ο υβριδισμός και η ζύμωση (Ξαπλαντέρη, 2007).

### **1.2.2. Σύγχρονη βιοτεχνολογία τροφίμων**

Η σύγχρονη βιοτεχνολογία αναφέρεται σε μια σειρά τεχνικών που αφορούν την χρήση γονιδίων, κυττάρων και ζώντων ιστών με ένα προβλέψιμο και ελεγχόμενο τρόπο ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή στο γονιδίωμα (τεχνική του ανασυνδιασμένου DNA, γενετική μηχανική). Κάνοντας τα πρώτα της βήματα με την ανακάλυψη της δομής του δεοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA) και με τον τρόπο που η γενετική πληροφορία περνά από γενιά σε γενιά το 1953, έθεσε τις βάσεις για τη μετάβαση από την παραδοσιακή στη σύγχρονη βιοτεχνολογία (About Biotechnology, 2005).

Ο όρος της Σύγχρονης Βιοτεχνολογίας περιλαμβάνει τεχνικές όπως οι *in vitro* διαδικασία ανασυνδυασμού δεοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA), η απευθείας έγχυση γενετικού υλικού σε κύτταρα και οργανίδια καθώς και η σύντηξη κυττάρων, υπερπηδώντας τους φυσικούς φραγμούς της αναπαραγωγής και απορρίπτοντας κάθε χρήση διαδικασιών της παραδοσιακής βιοτεχνολογίας (Πρωτόκολλο της Καρθαγένης για τη Βιοασφάλεια).

### 1.2.2.1. Ορισμοί

Παρακάτω περιγράφονται περιληπτικά ορισμένες έννοιες που θα φανούν χρήσιμες στην κατανόηση και πλήρη εικόνα της γενετικής μετάλλαξης καθώς και της διαδικασίας τροποποίησης, όπως είναι η έννοια του γενετικού υλικού (DNA) και ο τρόπος με τον οποίο η βιοτεχνολογία συμβάλει στη δημιουργία των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών.

#### **Τι είναι το γενετικό υλικό (DNA);**

Το DNA (Δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ) είναι το γενετικό υλικό κάθε κυττάρου και περιλαμβάνει τα γονίδια που περιέχουν τις πληροφορίες για την κατασκευή όλων των απαραίτητων πρωτεϊνών για έναν οργανισμό. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα (όπως τα ανθρώπινα κύτταρα) το γενετικό υλικό βρίσκεται συγκροτημένο σε έναν πλήρη σχηματισμένο πυρήνα (πυρηνικό DNA) και μικρό τμήμα του στα μιτοχόνδρια (μιτοχονδριακό DNA) (Μπατρίνου, 2010), ενώ στα προκαρυωτικά εμφανίζεται διάσπαρτο σε μια συγκεκριμένη περιοχή του κυττάρου (πυρηνική περιοχή) και σε ορισμένα είδη σε μικρά κυκλικά μόρια (πλασμίδια).

#### **Τι είναι το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων;**

Το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι συνήθως ένα δίκλωνο κυκλικό μόριο DNA και τα πλασμίδια μικρά κυκλικά μόρια DNA όπως φαίνεται και στην εικόνα 1. Τα πλασμίδια αναπαράγονται ανεξάρτητα από το χρωμοσωμικό DNA του κυττάρου και μπορούν να μεταφερθούν από κύτταρο σε κύτταρο. Έχουν την δυνατότητα να μετασχηματίζουν τα φυτικά κύτταρα δηλαδή να εισάγουν το DNA τους στο γονιδίωμα των κυττάρων (Μπατρίνου, 2010). Η ιδιότητα τους αυτή τα κατέστησε σπουδαίο εργαλείο της γενετικής μηχανικής για τη μεταφορά γενετικού υλικού από έναν οργανισμό σε έναν άλλο.



Εικόνα 1. Σχηματική του βακτηρίου *Agrobacterium tumefaciens* με πλασμίδιο

### **Τι είναι το γονίδιο;**

Το γονίδιο είναι τμήμα του DNA και αποτελεί τη βασική φυσική μονάδα κληρονομικότητας στους ζωντανούς οργανισμούς, το οποίο περιέχει κωδικοποιημένη μια βιολογική πληροφορία, μεταβιβάζοντας την από το κύτταρο στα θυγατρικά του και κατ' επέκταση από τη μια γενιά στην άλλη.

Τα φυτά και τα ζώα αποτελούνται από εκατομμύρια κύτταρα τα οποία περιέχουν εκτός των άλλων, DNA και πρωτεΐνες. Κάθε κύτταρο περιέχει πολλές χιλιάδες γονίδια, τα οποία αποτελούνται από DNA. Τα γονίδια καθορίζουν τα χαρακτηριστικά ή τη γενετική σύσταση, κάθε ζωντανού οργανισμού. Δηλαδή, οι πληροφορίες για όλα τα χαρακτηριστικά που μπορεί να κληρονομήσει ένας οργανισμός υπάρχουν στα γονίδια. Καθώς η δομική μονάδα του DNA είναι τα νουκλεοτίδια, η ταυτότητα ενός γονιδίου αλλά και η λειτουργία που επιτελεί καθορίζονται από τον αριθμό και τη διάταξη των νουκλεοτιδίων (Αρβανιτογιάννης & Βαρζάκας, 2006).

### **Τι είναι η Γενετική Μηχανική;**

Μερικές φορές τα χαρακτηριστικά που χρειάζονται οι καλλιεργητές δεν υπάρχουν στην καλλιέργεια, ούτε σε συγγενικά ήδη, αλλά ούτε έχουν δημιουργηθεί από μεταλλάξεις. Ωστόσο τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μπορεί να υπάρχουν σε άλλα διαφορετικά ήδη, όπως σε μικροοργανισμούς ή σε άλλα φυτά. Σε αυτή την περίπτωση καλλιεργητές καταφεύγουν στους γενετιστές. Οι γενετιστές μπορούν να κωδικοποιήσουν το γονίδιο που φέρει το επιθυμητό χαρακτηριστικό και να το ενσωματώσουν στη φυτική καλλιέργεια. Έτσι δημιουργείται μια διαγονιδιακή καλλιέργεια ή ένας διαγονιδιακός οργανισμός με τη μέθοδο της γενετικής μηχανικής. (Pattott, 2010). Η Γενετική Μηχανική είναι η επιστήμη που αναφέρεται σε τεχνικές που είναι απαραίτητες για την άμεση μεταφορά γονιδίων από οργανισμούς δότες σε οργανισμούς δέκτες. Οι επιστήμονες της Γενετικής Μηχανικής μπορούν να μεταφέρουν γονίδια από οποιαδήποτε πηγή ζώων, φυτών ή βακτηρίων σε οποιοδήποτε σχεδόν φυτικό είδος. Επομένως μπορούν να τροποποιούν τα γνωρίσματα τους κατά βούληση.

### **Τι είναι ο γενετικά τροποποιημένος οργανισμός (GMO) ;**

Γενετικά τροποποιημένος οργανισμός μπορεί να οριστεί ως ο οργανισμός του οποίου το γενετικό υλικό (DNA) έχει τροποποιηθεί κατά μη φυσικό τρόπο (WHO,

2012). Η γενετική τροποποίηση πραγματοποιείται είτε τροποποιώντας το DNA ενός συγκεκριμένου γονιδίου είτε εισάγοντας το γενετικό υλικό ενός οργανισμού σε έναν άλλον οργανισμό, ο οποίος μπορεί να ανήκει σε μια διαφορετική ποικιλία του ίδιου ή διαφορετικού είδους. Με τον τρόπο αυτό ο οργανισμός-δέκτης αποκτά μια συγκεκριμένη ιδιότητα που δεν είχε αρχικά. Κατά τη μεταφορά γονιδίων με τη γενετική μηχανική από έναν οργανισμό σε έναν άλλο, παύουν να υφίστανται οι φυσικοί φραγμοί που υπάρχουν μεταξύ των ειδών (Αρβανιτογιάννης & Βαρζάκας, 2006).



## Κεφάλαιο 2. Διαγονιδιακά Φυτά

Τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα στον Αγροτικό τομέα προέρχονται από φυτά που έχουν υποστεί τέτοια επεξεργασία στο γενετικό τους υλικό ώστε να αποκτήσουν νέες επιθυμητές ιδιότητες (Μπατρίνου, 2010). Δηλαδή γενετικά τροποποιημένο φυτό μπορεί να οριστεί ως το φυτό του οποίου το γενετικό υλικό έχει τροποποιηθεί με μη φυσιολογικό τρόπο, με διαδικασίες όπως η τεχνολογία του ανασυνδιασμένου DNA ή της γενετικής μηχανικής, επιτρέποντας τη μεταφορά μεμονωμένων γονιδίων από έναν οργανισμό σε έναν άλλο διαφορετικού είδους (WHO, 2012).

### 2.1. Τρόπος δημιουργίας διαγονιδιακών φυτών

Η γενετική τροποποίηση είναι η διαδικασία επιλογής γονιδίων από έναν οργανισμό και η εισαγωγή τους με μη φυσιολογικό τρόπο σε διαφορετικούς. Η προσθήκη του ξένου DNA στο γενετικό υλικό του οργανισμού-ξενιστή γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε, αφενός να είναι εφικτοί οι μηχανισμοί αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης των νέων χαρακτηριστικών μέσα στα κύτταρα ξενιστές και αφετέρου να εξασφαλίσουν σταθερή την κληρονομιά τους στους απογόνους.

Οι πρώτες εφαρμογές της Γενετικής Μηχανικής παρουσιάστηκαν στην Ιατρική καθώς η ανάγκη για ανάπτυξη πιο οικονομικών και ασφαλών ενώσεων όπως η ινσουλίνη και η ιντερφερόνη ήταν μεγάλη. Παράλληλα όμως υπήρχε η άποψη ότι αυτές οι καινοφανείς τεχνολογίες μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην έλλειψη τροφίμων. Στα ερευνητικά εργαστήρια που ειδικεύονται στις γενετικές τροποποιήσεις έχουν ανακαλυφθεί διάφοροι τρόποι επίτευξης της γενετικής μετάλλαξης.

Η επικρατέστερη και πιο διαδεδομένη μέθοδος γενετικής τροποποίησης είναι ο μετασχηματισμός φυτών με τη βοήθεια του *Agrobacterium tumefaciens* ενώ έχουν αναφερθεί πολλές μέθοδοι που επιτρέπουν την απευθείας έγχυση γενετικά τροποποιημένου DNA στον πυρήνα φυτικών κυττάρων, διαδικασία γνωστή ως τροποποίηση φυτών με μικροέγχυση. Μια άλλη σειρά μεθόδων είναι ο μετασχηματισμός φυτών με βομβαρδισμό σωματιδίων που βασίζεται συνήθως σε μικροσωματίδια βαρέων μετάλλων αλλά και ο μετασχηματισμός πρωτοπλαστών που διαχωρίζεται στον μετασχηματισμό πρωτοπλαστών με ενθεματικό DNA και στην ηλεκτρική μέθοδο (Αρβανιτογιάννης & Βαρζάκας, 2006).

## 2.2. Παραδείγματα διαγονιδιακών φυτών

Η βιοτεχνολογία μπορεί να βελτιώσει ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτικών προϊόντων που σχετίζονται τόσο με την θρεπτική τους αξία, όσο και με τις λειτουργικές τους ιδιότητες για τη μεταποιητική βιομηχανία ή απλά για την κατανάλωσή τους. Η δημιουργία διαγονιδιακών φυτών που παρουσιάζουν νέες ιδιότητες συνεχώς αυξάνεται. Η βελτίωση των φυτών μέσω της διαγονιδιακής τεχνολογίας επιτρέπει την εισαγωγή γονιδίων σε φυτά από οποιοδήποτε άλλον οργανισμό όχι μόνο από συγγενικά φυτά, όπως γινόταν στις παραδοσιακές διασταυρώσεις. Αυτό έχει αποτέλεσμα να διευρύνονται τα πεδία εφαρμογής της γενετικής μηχανικής και κατ' επέκταση τα είδη των γενετικά τροποποιημένων φυτών. Έτσι τα διαγονιδιακά φυτά κατατάσσονται ανάλογα με τα γονίδια που ενσωματώνουν σε έξι κατηγορίες (Μπατρίνου, 2010).

- Γενετικά τροποποιημένα φυτά με γονίδιο ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα
- Γενετικά τροποποιημένα φυτά που καθυστερούν την ωρίμανση των καρπών
- Γενετικά τροποποιημένα φυτά που εμπλουτίζονται με ιχνοστοιχεία
- Γενετικά τροποποιημένα φυτά από τα οποία απομονώνεται αλλεργιογόνο γονίδιο
- Γενετικά τροποποιημένα φυτά που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε έντομα
- Γενετικά τροποποιημένα φυτά που περιέχουν συνδυασμούς από ξένα γονίδια

### 2.2.1. Γ.Τ. φυτά ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα

Από τις πρώτες εφαρμογές της γενετικής τροποποίησης ήταν η δημιουργία φυτών που παρουσίαζαν ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα (herbicide-tolerant). Πολλές φορές ο ψεκασμός με χημικά ζιζανιοκτόνα σε καλλιέργειες για την εξάλειψη των ζιζανίων είχε αρνητικές συνέπειες καθώς κατέστρεφε τα ίδια τα φυτά. Γι αυτό δημιουργήθηκαν τα διαγονιδιακά φυτά ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα ώστε να αποφευχθούν τέτοια επιζήμια φαινόμενα. Για τη δημιουργία τους, επιλέχθηκε να τροποποιηθεί γενετικά ένα ένζυμο απαραίτητο για τη λειτουργία του φυτού που ονομάζεται EPSPS enolpyruvylsikinate-phosphatase υπεύθυνο για τη σύνθεση

αρωματικών αμινοξέων και βιταμινών καθώς και άλλων μεταβολικών στοιχείων (Pocket, 2010).

### **2.2.2. Γ.Τ. φυτά που καθυστερούν την ωρίμανση**

Η τομάτα Flavr Savr (*Lycopersicon esculentum* Mill.) σχεδιάστηκε για να περιορίζει την έκφραση του ενζύμου πολυγαλακτουρονάση το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποκόλληση της φλούδας από την σάρκα. Είναι το πρώτο γενετικά τροποποιημένο τρόφιμο που τέθηκε σε εμπορική κλίμακα παίρνοντας έγκριση από τον FDA τον Μάιο του 1994. Το χαρακτηριστικό της τομάτας Flavr Savr είναι η αργή ωρίμανση που παίζει πολύ σημαντικό ρόλο καθώς παρατείνεται η διάρκεια ζωής της από την συγκομιδή έως και την διάθεση της στην αγορά (Kramer & Redenbaugh, 1994). Εξαιτίας της αργής ωρίμανσης, οι τομάτες Flavr Savr παραμένουν στον αγρό για ορισμένες μέρες παραπάνω από τις κοινές, με αποτέλεσμα τα σάκχαρα του φυτού να μεταφέρονται στον καρπό κάνοντας τες πιο νόστιμες και με πιο ελκυστικό άρωμα. Παρ' όλες τις αρχικές προσδοκίες, όμως, το προϊόν αποσύρθηκε από την αγορά (Marineau, 2001).

### **2.2.3. Γ.Τ. φυτά ενισχυμένα με ιχνοστοιχεία**

Ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου το ρύζι αποτελεί μια από τις βασικότερες τροφές, θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η βελτίωση της ποιότητας της διατροφής με ενίσχυση της περιεκτικότητας του ρυζιού σε σίδηρο ή βιταμίνη Α. Διαγονιδιακό ρύζι με αυξημένη περιεκτικότητα σε σίδηρο μπορεί να δημιουργηθεί με μεταφορά στο ρύζι του γονιδίου της φερριτίνης, που χρησιμοποιείται στην αποθήκευση του σιδήρου. Πράγματι, πειράματα σε ποντικούς έδειξαν ότι η στοματική χορήγηση φερριτίνης μπορεί να είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση της αναιμίας. Το γενετικά τροποποιημένο ρύζι είναι γνωστό με το όνομα «Golden Rice» καθώς θεωρείται χρυσός σε θρεπτική αξία (Beyer, 2010). Η έλλειψη βιταμίνης Α αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κινδύνους για τη δημόσια υγεία παγκοσμίως. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας η διαιτητική ανεπάρκεια βιταμίνης Α οδηγεί στην τύφλωση περίπου σε 250.000 έως 500.000 παιδιά ετησίως (WHO, 2007).

Γι' αυτό η αυξημένη συγκέντρωση β-καροτένιου που είναι πρόδρομη ένωση για την σύνθεση της βιταμίνης Α θα δρούσε καταλυτικά στο πρόβλημα υποσιτισμού που μαστίζει στις μέρες μας (Potrykus 2010; Ye *et al.*, 2000).

#### 2.2.4. Γ.Τ. φυτά χωρίς αλλεργιογόνες ιδιότητες

Τα λούπινα και η σόγια ανήκουν στην οικογένεια *Leguminosae* και χαρακτηρίζονται ως οι κυριότερες πηγές φυτικών πρωτεϊνών όμως η διάθεση των προϊόντων αυτών στην Ε.Ε. είναι περιορισμένη καθώς η κατανάλωση του από αλλεργικά άτομα μπορεί να καταστεί άκρως επικίνδυνη ακόμα και θανατηφόρα σε οποιαδήποτε ποσότητα. Η γενετιστές ανακάλυψαν το γονίδιο που προκαλεί την αλλεργική αντίδραση και το αδρανοποίησαν με αποτέλεσμα πλέον να μην αποτελούν απαγορευτικό τρόφιμο για συγκεκριμένες ομάδες ανθρώπων και να μπορούν άφοβα να χρησιμοποιηθούν στην αρτοποιηχανία (*Galan et al., 2011*). Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλα προϊόντα όπως τα φιστίκια κλπ.

#### 2.2.5. Γ.Τ. φυτά με ανθεκτικότητα στα έντομα

Στη δεκαετία του 1960 ο βιολόγος Rachel Carson επισήμανε στο ευρύτερο κοινό τις επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον που προκαλεί η κατάχρηση και η κακή χρήση ορισμένων χημικών εντομοκτόνων. Ακόμα και σήμερα χιλιάδες δηλητηριάσεις από φυτοφάρμακα αναφέρονται κάθε χρόνο, (παγκοσμίως καταγράφονται 300.000 θάνατοι) (*Ronald, 2011*).

Αυτός είναι ένας λόγος για τον οποίο μερικές από τις πρώτες γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες σχεδιάστηκαν ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από τα σπρέι ευρέους φάσματος εντομοκτόνων για τον έλεγχο των παρασίτων. Το καλαμπόκι και το βαμβάκι έχουν τροποποιηθεί γενετικά για να παράγουν πρωτεΐνες από τα βακτήρια *Bacillus thuringiensis* (Bt) που σκοτώνουν κάποια βασικά παράσιτα των καλλιεργειών αυτών, όπως η κάμπια και το σκαθάρι. Οι Bt τοξίνες προκαλούν ελάχιστη έως και καμία βλάβη σε ωφέλιμα έντομα, στη φύση και τους ανθρώπους (*Mendelsohn et al. 2003*).

Οι Bt τοξίνες σκοτώνουν ευαίσθητα σε αυτές έντομα που τρώνε τις καλλιέργειες. Αυτό σημαίνει ότι οι καλλιέργειες Bt είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τον έλεγχο των παρασίτων που τρέφονται από τα φυτά και δεν μπορούν να θανατωθούν εύκολα από σπρέι, όπως η πυραλίδα του αραβόσιτου (*Ostrinia nubilalis*) που τρυπά τους μίσχους και τον ριζοσκώληκα (*Pectinophora gossypiella*) που τρυπά τους σπόρους του βαμβακιού (*Ronald, 2011*).

Στο εμπόριο εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1996 και η Bt καλλιέργεια θεωρείται ο δεύτερος πιο διαδεδομένος τύπος διαγονιδιακής καλλιέργειας που

φυτεύτηκε. Οι Bt τοξίνες χρησιμοποιούνται σε ψεκαζόμενα σκευάσματα για τον έλεγχο των εντόμων, πολύ πριν από τις Bt καλλιέργειες και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ακόμα από τους βιοκαλλιεργητές ακόμα και σήμερα. Η μακροχρόνια ιστορία του Bt σπρέι επέτρεψε στην Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος και στην Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων να εξετάσουν για δεκαετίες την ανθρώπινη έκθεση σε αυτά, ώστε να αξιολογήσουν την ασφάλεια του ανθρώπου πριν από την έγκριση της Bt καλλιέργειας για εμπορική χρήση. Επιπλέον πολυάριθμες δοκιμές τοξικότητας και αλλεργιογένεσης διεξήχθησαν σε διάφορα είδη των φυσικών Bt τοξινών. Αυτές οι δοκιμές και η ιστορία των σπρέι με Bt τοξίνες σε καλλιέργειες τροφίμων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το Bt καλαμπόκι είναι τόσο ασφαλές όσο το συμβατικό αντίστοιχο του. Και ως εκ τούτου δεν θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την υγεία των ανθρώπων, των ζώων ή το περιβάλλον (EFSA, 2004).

Η καλλιέργεια Bt φυτών υποστήριξε επίσης έναν άλλο σημαντικό στόχο της αειφόρου γεωργίας, την αύξηση της βιολογικής ποικιλότητας. Μια ανάλυση μετά από 42 πειράματα σε καλλιέργειες, δείχνει ότι ασπόνδυλα (δηλαδή έντομα, αράχνες, ακάρεα και σχετικά είδη που δεν είναι παράσιτα-στόχοι της Bt καλλιέργειας) ήταν ποσοτικά αυξημένα σε καλλιέργειες Bt βαμβάκι και Bt καλαμπόκι σε σχέση με τις συμβατικές που χρησιμοποιούν εντομοκτόνα. Η μόνη βασική προϋπόθεση που απαιτείται ώστε να επαληθεύεται το συμπέρασμα ότι η καλλιέργεια Bt προωθεί τη βιοποικιλότητα είναι ο αρχικός ψεκασμός με εντομοκτόνα (Marvier *et al.*, 2007).

Τα οφέλη των Bt καλλιεργειών έχουν επίσης τεκμηριωθεί σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Για παράδειγμα, Κινέζοι και Ινδοί γεωργοί που καλλιεργούν γενετικά τροποποιημένο βαμβάκι ή ρύζι ήταν σε θέση να μειώσουν δραματικά τη χρήση εντομοκτόνου (Huang *et al.*, 2002, 2005; Qaim & Zilberman 2003; Bennett *et al.*, 2006). Σε μια μελέτη καλλιέργειας Bt ρυζιού στην Κίνα (πριν αυτό δοθεί για εμπορική χρήση) διαπιστώθηκε ότι οι μειώσεις αυτές είναι στενά συνυφασμένες με τη μείωση των τραυματισμών που συνδέονται με τη χρήση εντομοκτόνων (Ronald, 2011).

Παρά το γεγονός ότι το Bt βαμβάκι είναι αποτελεσματικό στη μείωση των απωλειών από τον ριζοσκώληκα στην Κίνα, άλλα παράσιτα που δεν θανατώθηκαν έγιναν ολοένα και πιο προβληματικά (Wu *et al.*, 2008; Lu *et al.*, 2010). Αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την ανάγκη να ενσωματωθούν Bt καλλιέργειες με

άλλες, που χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους για τον έλεγχο των παρασίτων (Tabashnik *et al.*, 2010). Μια τέτοια ολοκληρωμένη μέθοδος προσέγγισης των επιβλαβών οργανισμών μπορεί να διαχειριστεί τα βασικά παράσιτα κάνοντας περιορισμένη χρήση στενού φάσματος εντομοκτόνων, τα οποία προωθούν την διατήρηση των ωφέλιμων εντόμων (Naranjo & Ellsworth 2009).

### **2.2.6. Γ.Τ. φυτά με συνδυασμό ξένων γονιδίων**

Ορισμένες κατηγορίες γενετικά τροποποιημένων φυτών περιέχουν περισσότερα από ένα, ξένα γονίδια και ονομάζονται Γ.Τ. φυτά με «συσσωρευμένα χαρακτηριστικά» (stacked traits). Συνήθως τα φυτά αυτά, φέρουν πολλαπλά γονίδια τοξινών του *Bacillus thuringiensis* ώστε να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε διαφορετικές κατηγορίες εντόμων. Επίσης, μπορεί να συνδυάζουν ανθεκτικότητα σε έντομα αλλά και σε ζιζανιοκτόνα. Με την προσθήκη περισσότερων του ενός γονιδίου σε ένα σπόρο, οι καλλιεργητές αποκτούν ένα νέο μέσο για την καταπολέμηση των εντόμων και των ζιζανίων, αυξάνοντας την απόδοση των καλλιεργειών τους χωρίς την προσθήκη λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων καθώς και χωρίς συνεχές όργωμα (πράγμα το οποίο σημαίνει μειωμένη διάβρωση του εδάφους).

Ένα χαρακτηριστικό παραδείγματα είναι το υβρίδιο του αραβόσιτου της εταιρίας Monsanto με τη Dow AgroSciences με όνομα SmartStax, το οποίο φέρει οχτώ διαφορετικά γονίδια ανθεκτικότητας σε έντομα αλλά και ζιζανιοκτόνα. Ο SmartStax αραβόσιτος εγκρίθηκε από την EPA το 2009 και προέκυψε από συνεχείς διασταυρώσεις προηγούμενων εγκεκριμένων διαγονιδιακών υβριδίων όπως του Yieldgard VT, Herculex RW κ.λπ. (Que *et al.*, 2010).

### **2.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων φυτών**

Η γενετική τροποποίηση των οργανισμών είναι μια διαδικασία που δεν σχετίζεται με την συμβατική γενετική βελτίωση των ειδών, όπου συμβαίνει επιλεκτική διασταύρωση οργανισμών του ίδιου είδους, ξεπερνώντας έτσι τους φραγμούς της φύσης και δημιουργώντας διαγονιδιακούς οργανισμούς σε ελάχιστο χρόνο από άποψη εξέλιξης. Ακόμα με την υπάρχουσα γνώση, η θέση της ενσωμάτωσης των ξένων γονιδίων στο DNA του ξενιστή είναι πάντα μια σχετικά μη προβλέψιμη διαδικασία. Η παγκόσμια έκταση γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών αυξήθηκε από 1,7 εκατομμύρια εκτάρια το 1976 σε 134 εκατομμύρια

εκτάρια το 2009. Σήμερα 14 εκατομμύρια αγρότες παγκοσμίως καλλιεργούν γενετικά τροποποιημένα φυτά, σε 25 χώρες. Μέχρι στιγμής οι περισσότερες από τις εμπορικές εφαρμογές έχουν να κάνουν με την ανοχή σε έντομα και εντομοκτόνα, αλλά επιπλέον έρευνες για τροποποιήσεις συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, είναι σε εξέλιξη για βραχυπρόθεσμη εφαρμογή. Γι αυτό το λόγο ραγδαία παγκόσμια εξάπλωση των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών συνοδεύτηκε από έντονες αντιπαραθέσεις (Qaim, 2010).

Οι υποστηρικτές βλέπουν μεγάλες προοπτικές στην τεχνολογία για την αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας και τη μείωση εποχιακών διακυμάνσεων στην προμήθεια τροφίμων λόγω βιοτικού και αβιοτικού στρες. Πέρα όμως από την αυξανόμενη ζήτηση γεωργικών προϊόντων, την έλλειψη φυσικών πόρων και τις κλιματικές αλλαγές είναι αναγκαία προϋπόθεση για την αύξηση της παραγωγικότητας, η επίτευξη μακροπρόθεσμης ασφάλειας των τροφίμων. Η δεύτερη γενιά γενετικά τροποποιημένων τροφίμων, όπως οι καλλιέργειες με υψηλό μικροθρεπτικό περιεχόμενο, θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη μείωση των διατροφικών ελλείψεων των φτωχότερων στρωμάτων. Επιπλέον οι γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην αύξηση του αγροτικού εισοδήματος, το οποίο είναι σχετικό με τη μείωση της φτώχειας στις αναπτυσσόμενες χώρες (Qaim, 2010).

Στον αντίποδα βρίσκονται οι σκεπτικιστές, υποστηρίζοντας ότι, τα μεταλλαγμένα φυτά εγκυμονούν κινδύνους τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το οικοσύστημα. Παρόλο που οι επιδράσεις αυτές των μεταλλαγμένων δεν είναι άμεσα ορατές, δεν μπορεί να αμφισβητηθεί το θεωρητικό υπόβαθρο όπου αυτές στηρίζονται. Πρόσφατες μελέτες έθεσαν καιρία ερωτήματα για την ασφάλεια του οικοσυστήματος καθώς τα Bt φυτά επηρεάζουν άμεσα το έδαφος (την περιεκτικότητα σε διαθέσιμα στοιχεία) και το περιβάλλον γύρω τους (Icoz & Stotzky, 2007). Επίσης οι υποστηρικτές των μεταλλαγμένων αδυνατούν να απαντήσουν στο ερώτημα για τις επιπτώσεις που ενδεχομένως να υπάρχουν από τη μακροχρόνια διατροφή με μεταλλαγμένα τρόφιμα. Στον πίνακα 1, διαφαίνονται ορισμένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων φυτών, που απασχολούν την κοινή γνώμη αλλά και τους ερευνητές.

**Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Γ.Τ. Φυτών**

Μερικά πιθανά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<p><i>Βελτίωση</i> <i>υπαρχόντων καλλιεργειών</i>                      Αύξηση της ποιότητας των εμπορικών καλλιεργειών                      Ταχύτερη δημιουργία νέων ποικιλιών για την αγορά                      Επέκταση της γεωγραφικής ακτίνας των καλλιεργειών</p>	<p>Η αντίληψη των καταναλωτών για τον επικείμενο κίνδυνο όσον αφορά τα αλλεργιογόνα και την αντίσταση σε αντιβιοτικά                      Η πιθανότητα για ανεξέλεγκτη παραγωγή πληθυσμών διαγονιδιακών φυτών ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα                      Δημιουργία οικονομικών προβλημάτων από την εθελοντική καλλιέργεια (δικαιώματα αγροτών κλπ.)</p>
<p><i>Ανάπτυξη νέων καλλιεργειών</i>                      Ανάπτυξη φυτικών καλλιεργειών για νέες αγορές όπως αντικατάσταση προϊόντων πετρελαίου                      Ανάπτυξη φαρμακευτικών βιομηχανιών βασισμένες σε φυτά</p>	<p>Κίνδυνοι για γονιδιακή μετάλλαξη των άγριων συγγενικών ειδών από τα εμπορικά καλλιεργούμενα φυτά                      Η απομάκρυνση των ειδών-στόχων μπορεί να δημιουργήσει θεαματικές αλλαγές στο δίκτυο του οικοσυστήματος                      Άμεσο ή έμμεσο συντριπτικό αντίκτυπο σε είδη που δεν είναι στόχοι</p>
<p><i>Περιβαλλοντικές ανησυχίες</i>                      Καλλιέργειες για βιοθεραπεία (απορρόφηση βαρέων μετάλλων από το έδαφος για την απομάκρυνση της μόλυνσης).                      Τοποθέτηση ανθεκτικών καλλιεργειών για μείωση της αρνητικής επίδρασης των ψεκασμών και άλλων εφαρμοσμένων φυτοφαρμάκων.</p>	<p>Μπορεί να επιφέρει μείωση της φρεσκότητας των τροφίμων.</p>
<p><i>Μάρκετινγκ</i>                      Αύξηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων και μείωση των απωλειών.</p>	<p>Αναμφίβολη ευθύνη για την οικονομική ζημία γειτονικών καλλιεργειών.</p>

Πηγή: Franks, 1999

## 2.4. Εφαρμογή και προοπτικές των Γ.Τ. Φυτών

Η Βιοτεχνολογία χρησιμοποιείται σχεδόν σε κάθε πτυχή στο σύστημα παραγωγής τροφίμων, ξεκινώντας από το χωράφι ως το καταναλωτή. Η πλειοψηφία της έρευνας είναι πάνω στα φυτά αλλά και οι έρευνες στα ζώα προχωρούν. Μεμονωμένα γονίδια αλλάζουν για να βελτώσουν τα χαρακτηριστικά των καλλιεργειών πριν και μετά τη συγκομιδή. Μέσω διακριτών τροποποιήσεων των μεταβολικών διεργασιών των φυτών αλλάζουν: η θρεπτική σύσταση, τα περιεχόμενα στερεά συστατικά, τα λίπη, η υφή και το άρωμα των τροφών. Σύγχρονες τεχνικές



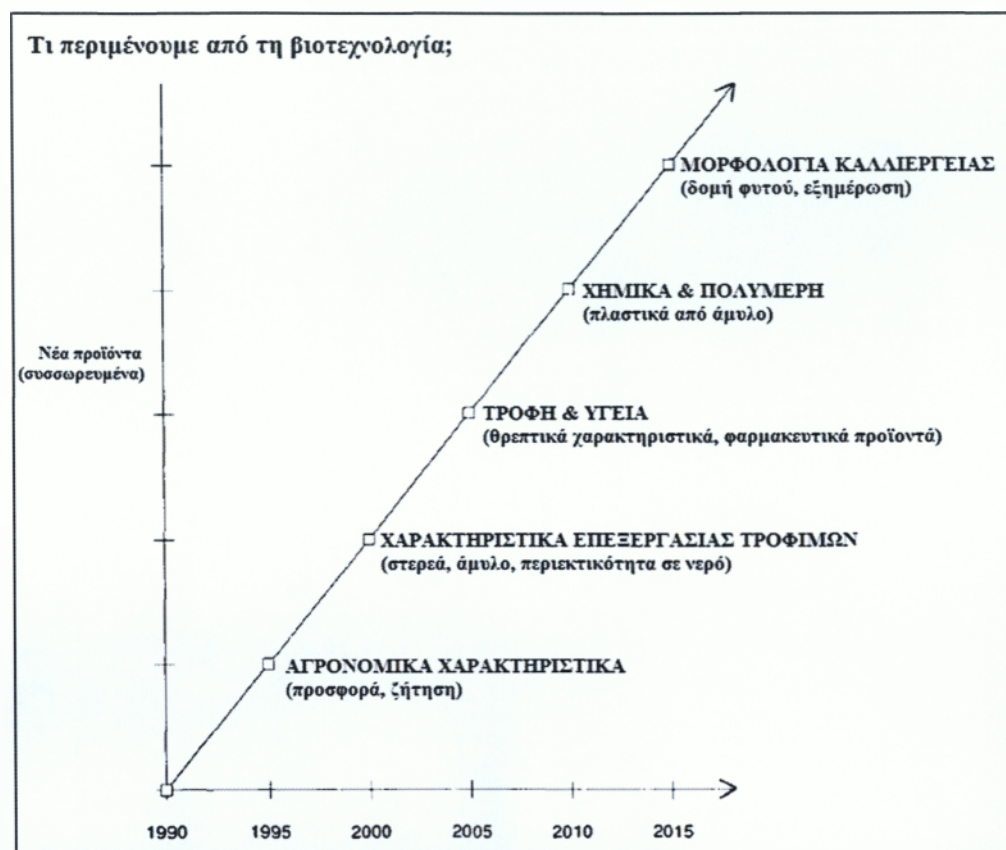
γενετικής δημιουργούν επίσης καινούργιες στρατηγικές για τον βιολογικό έλεγχο των εντόμων και των ασθενειών. (Huttner *et al.*, 1995)

Οι νέες τεχνικές συμπληρώνουν και επεκτείνουν τις παραδοσιακές τεχνικές καλλιέργειας, παρέχοντας τα μέσα για να επιτευχθούν επιλεκτικά αλλαγές σε μεμονωμένα γονίδια. Η διαφορά έγκειται κυρίως στην ακρίβεια και την ταχύτητα. Επιπλέον επειδή το DNA είναι βιοχημικά ισοδύναμο σε όλους τους οργανισμούς, οι νέες τεχνικές επιτρέπουν στους επιστήμονες να επωφεληθούν από το πλήρες φάσμα των γονιδίων που απαντώνται στη φύση. Για παράδειγμα, οι επιστήμονες μπορούν τώρα, θεωρητικά, να επιδιώξουν ευεργετικά χαρακτηριστικά, όπως αντίσταση σε παράσιτα και ασθένειες, αντοχή στην ξηρασία και στην αλατότητα και παράγοντες που ενισχύουν την διατροφική ποιότητα των φρούτων και των λαχανικών, οπουδήποτε υπάρχουν στη φύση. Παρόλο που οι στόχοι της παραδοσιακής και μοριακής αναπαραγωγής είναι παρόμοιοι, οι νέες τεχνολογίες σε μεγάλο βαθμό επεκτείνουν το φάσμα των πιθανών μεθόδων εξαλείφοντας τους φραγμούς που παρουσιάζονται μεταξύ των ειδών, στην ετεροφυλική αναπαραγωγή. (Huttner *et al.*, 1995)

Οι νέες τεχνικές έτσι, θα επηρεάσουν την γεωργία και την παραγωγή τροφίμων, το λιγότερο με πέντε σημαντικούς τρόπους, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα της παραγωγής και την αξία των γεωργικών προϊόντων. Σύμφωνα με τους Huttner *et al.*, (1995) έχουν χρησιμοποιηθεί για:

1. Να αυξήσουν την αξία των καλλιεργειών και της κτηνοτροφίας στις ΗΠΑ.
2. Να παρέχουν ακριβείς διαγνώσεις για την έγκαιρη ανίχνευση ασθενειών και μολύνσεων.
3. Να δημιουργήσουν βιολογικούς μηχανισμούς για την αντιμετώπιση καλλιεργητικών απωλειών που οφείλονται σε ασθένειες και ζιζάνια.
4. Να βελτιώσουν την επεξεργασία των τροφίμων και τη ζύμωση μέσω ενισχυμένων πρώτων υλών, μικροοργανισμών, ενζύμων, βιοαντιδραστηρίων και διαγνώσεων.
5. Να ανοίξουν νέες αγορές, σε πλαστικές ύλες, βιομηχανικά έλαια και φαρμακευτικά προϊόντα για την γεωργία.

Μια πολύ σύντομη και επιλεκτική επισκόπηση των φυτικών εφαρμογών απεικονίζεται στο σχεδιάγραμμα της εικόνας 2.



**Εικόνα 2.** Αναπαράσταση της εισαγωγής μεγάλων ομάδων προϊόντων της βιοτεχνολογίας, στο εμπόριο, σε σχέση με τον χρόνο. Η είσοδος των ομάδων αυτών στην αγορά εξαρτάται από τον ρυθμό ανάπτυξης των βασικών γνώσεων πάνω στις γενετικές και βιοχημικές αρχές, που απαιτούνται για τη δημιουργία των συγκεκριμένων προϊόντων. Κάθε ομάδα ήδη βρίσκεται σε εργαστηριακές έρευνες στις ΗΠΑ. (Πηγή: Huttner *et al.*, 1995)

### 2.4.1. Βελτίωση Καλλιέργειας

Γονίδια από ποικιλίες πρωτεϊνών έχουν εισαχθεί στο ρύζι, στο σιτάρι και σε άλλα βασικά δημητριακά για να γίνουν διατροφικά πιο ισορροπημένα και να βελτιώσουν την ποιότητα των πρωτεϊνών. Γονίδια για ένζυμα που εμπλέκονται στον μεταβολισμό του αμύλου χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τα επίπεδα του αμύλου στις πατάτες και να μειώσουν την απορρόφηση λιπαρών κατά το τηγάνισμα. Γονίδια για ένζυμα που επηρεάζουν το περιεχόμενο σε σάκχαρα και στερεά συστατικά στις τομάτες χρησιμοποιήθηκαν για να βελτιώσουν το άρωμα και την επεξεργασία της ποιότητας των κονσερβοποιημένων τομάτων. Άλλα γονίδια που εμπλέκονται στις φυσικές μεταβολικές οδούς που προκαλούν μαλάκωμα στα φρούτα και υπερωρίμανση, έχουν ελεγχθεί γενετικά ώστε να βελτιωθεί η συγκομιδή, η μεταφορά

και τα χαρακτηριστικά της ζωής στο ράφι. Το λάδι Κανόλα (καμβέλαιο) έχει τροποποιηθεί ώστε, να μειωθούν τα επίπεδα των κορεσμένων λιπαρών και να βελτιωθεί η θερμική σταθερότητα του. (Huttner *et al.*, 1995)

#### 2.4.2. Βιολογικός έλεγχος

Οι μέθοδοι βιολογικών ελέγχων για παράσιτα είναι πιθανόν να είναι η πιο σημαντική προσφορά της νέας Βιοτεχνολογίας. Φυτά μπορούν να γίνουν ανθεκτικά σε έντομα ή σε παθογόνα μέσω μεμονωμένων αλλαγών στα γονίδια. Για παράδειγμα, το βακτήριο *Bacillus thuringiensis* (Bt) είναι ένας συνηθισμένος παράγοντας ελέγχου που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ εδώ και δεκαετίες. Τα βακτήριο αυτό παράγει μια οικογένεια πρωτεϊνών, τις ενδοτοξίνες, οι οποίες σκοτώνουν επιλεκτικά ορισμένα είδη εντόμων, συμπεριλαμβανομένων τα έντομα της οικογένειας Λεπιδόπτερα. Το γονίδιο γι αυτές τις ενδοτοξίνες έχει ταυτοποιηθεί και κλωνοποιηθεί. Όταν εισάγεται στα φυτά, με τεχνικές ανασυνδιασμένου DNA, προσφέρει προστασία, μεταφέροντας απευθείας την τοξίνη στο έντομο μέσω «του γεύματος του», και έτσι οι περιορισμοί που παρουσίαζαν οι τεχνικές ψεκασμού ξεπερνιούνται. Τα Bt γονίδια έχουν εισαχθεί με επιτυχία σε βαμβάκι, καρύδια, μήλα και άλλες σημαντικές καλλιέργειες. (Huttner *et al.*, 1995)

Η ικανότητα να υπερνικούνται οι περιορισμοί αναπαραγωγής επιτρέπουν στους παραγωγούς να αναπτύξουν και άλλες νέες προσεγγίσεις στη διαχείριση των παρασίτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμά, είναι η προσπάθειες για έλεγχο των φυτικών ιογενών ασθενειών, για τις οποίες δεν υπάρχει θεραπεία παρά μόνο μέσω χημικού ελέγχου των εντόμων. Μεταφέροντας ένα μεμονωμένο ικό γονίδιο (το οποίο κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη «παλτό» που βρέθηκε στο εξωτερικό περίβλημα του ιού) προστατεύει αποτελεσματικά τα φυτά από μεταγενέστερες ιογενείς λοιμώξεις. Αυτή η ιογενής-πρωτεΐνη, διαμέσου της οποίας προστατεύεται, έχει εισαχθεί στις πατάτες, στα αγγούρια, στις κολοκύθες, στα πεπόνια, στην παπάγια και στα λαχανικά. Είναι αναμενόμενο να εφαρμοστεί σε γενικές γραμμές, σε πολλούς παθογόνους ιούς και σε διάφορες καλλιέργειες. Εναλλακτικές μέθοδοι χρησιμοποιώντας άλλα ιογενή γονίδια, αποδείχτηκαν αποτελεσματικές. (Huttner *et al.*, 1995)

### **2.4.3. Ανίχνευση φυτικών ασθενειών**

Η έγκαιρη θεραπεία που συχνά είναι ένας εξαιρετικός τρόπος για τη μείωση των μολύνσεων, απαιτεί και έγκαιρη διάγνωση. Η νέα Βιοτεχνολογία προσφέρει ευαίσθητες και επιλεκτικές μεθόδους διάγνωσης, που μπορούν να ανιχνεύσουν χαμηλά επίπεδα μολύνσεων ή ασθενειών. Μέθοδοι βασισμένες σε μονοκλωνικά αντισώματα βρίσκονται ήδη σε χρήση για την αποτροπή του σαπίσματος της ρίζας της σόγιας και ορισμένων ασθενειών βακτηριακής προέλευσης στην τομάτα και το σταφύλι. Τα DNA-αποτυπώματα είναι χρήσιμα σε χαρακτηριστικές φυτικές ασθένειες και μολύνσεις. Είναι ένα σημαντικό νέο εργαλείο για τους καλλιεργητές και διευκολύνει τα ποικιλιακά φυτικά χαρακτηριστικά και την προστασία. (Huttner *et al.*, 1995)

### **2.4.4. Έλεγχος ζιζανίων**

Γονίδια που κωδικοποιούν ένζυμα τα οποία υποβαθμίζουν μεταβολικά τα χημικά ζιζανιοκτόνα, προστατεύουν τα φυτά από τις καταστροφικές τους συνέπειες. Σε γονίδια ανοχής σε ζιζανιοκτόνα επικεντρώθηκαν κυρίως οι έρευνες της R&D, στον ιδιωτικό τομέα και θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά την είσοδο των ζιζανιοκτόνων και να ενθαρρύνουν τη χρήση πιο ήπιων χημικών ως προς το περιβάλλον. (Huttner *et al.*, 1995)

### **2.4.5. Νέα φυτικά προϊόντα**

Η γνώση των μεταβολικών οδών που συμμετέχουν στον μεταβολισμό του αμύλου, έχει επιτρέψει την ανάπτυξη φυτών που παράγουν πολυμερή με βάση το άμυλο. Αυτά τα πολυμερή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να παράγουν υλικά όπως το πλαστικό. Μπορούν να φανούν χρήσιμα ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από τα πολυμερή με βάση το πετρέλαιο. Ο μεταβολισμός των φυτικών ελαίων έχει επίσης ενδιαφέρον. Όχι μόνο υπάρχουν προσαρμοσμένα φυτά ώστε να παράγουν έλαια πιο υγιεινά για μαγείρεμα αλλά έχουν επίσης σχεδιαστεί για να λειτουργούν ως πηγή για βιομηχανικά έλαια τα οποία χρησιμοποιούνται σε μηχανές και άλλες εφαρμογές. Αγροτική γη έχει οραματιστεί να μετατρέπεται μελλοντικά σε φαρμακευτική βιομηχανία. Παραδείγματος χάρη, προκαταρκτικές έρευνες έδειξαν ότι φυτά είναι αποτελεσματικοί παραγωγοί πρωτεϊνών, ισάξιων φαρμάκων ή εμβολίων για ανθρώπους και ζώα. Για παράδειγμα, γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεϊνικά συστατικά της τοξίνης της χολέρας εισάχθηκαν σε φυτά με ενθαρρυντικά

αποτελέσματα σαν πηγή εμβολίου κατά της χολέρας. Αυτές οι μέθοδοι θα παρέχουν εμβόλια μέσω της τροφής και της σίτισης. (Huttner *et al.*, 1995).

### Κεφάλαιο 3. Δημιουργία και καλλιέργεια του Bt αραβόσιτου

Οι τεχνικές γενετικής βελτίωσης των φυτών έχουν επιφέρει θεμελιώδεις αλλαγές όχι μόνο στην εργαστηριακή έρευνα αλλά και στη σύγχρονη γεωργία (Bennetzen & Hake, 2009). Οι νέες αυτές τεχνολογίες επιτρέπουν τη βελτίωση διαφόρων φυτικών ποικιλιών προσθέτοντας γονίδια από διαφορετικά είδη. Αυτό είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των επιστημόνων καθώς μπορούν να αλλάξουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως είναι η ανθεκτικότητα στα έντομα, ιδιότητα η οποία δεν υπάρχει σε ποικιλίες φυτών και δεν μπορεί να επιτευχθεί η εισαγωγή της στα φυτά με τις παραδοσιακές καλλιεργητικές τεχνικές. Μια επιτυχημένη εφαρμογή της νέας αυτής τεχνολογίας είναι η ανάπτυξη ενός υβριδίου αραβόσιτου το οποίο παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε μια συγκεκριμένη κατηγορία εντόμων (Peairs, 2011). Η γενετική τροποποίηση στον αραβόσιτο είναι μια ουσιώδης τεχνολογία, καθώς ενδείκνυται τόσο για ερευνητικούς σκοπούς όσο και για εφαρμογή σε εμπορική κλίμακα. Το 2007 πάνω από το 70% της καλλιέργειας αραβόσιτου στις ΗΠΑ ήταν γενετικά τροποποιημένο ποσοστό μεγαλύτερο, από την πρώτη εμπορευματοποίηση τους το 1996 (Bennetzen & Hake, 2009).

#### 3.1. Δημιουργία γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου

Οι επικρατέστερες διαδικασίες για την γενετική τροποποίηση του αραβόσιτου είναι η μέθοδος τροποποίησης με βομβαρδισμό σωματιδίων και με τη μεσολάβηση του *Agrobacterium tumefaciens* (Bennetzen & Hake, 2009). Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 έγιναν προσπάθειες για τη μελέτη και την ανάπτυξη της γενετικής τροποποίησης του, είτε με την απευθείας μεταφορά DNA είτε με τη βοήθεια του αγροβακτηρίου (Armstrong 1999; Torney *et al.*, 2007). Η πρώτη επιτυχής τροποποίηση του αραβόσιτου που επιτεύχθηκε με βομβαρδισμό σωματιδίων έλαβε χώρα στα τέλη του 1980 (Gordon *et al.*, 1990). Αρχικά οι περισσότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνταν για την τροποποίηση του αραβόσιτου ήταν με απευθείας μεταφορά γενετικού υλικού καθώς επικρατούσε η άποψη ότι το *Agrobacterium tumefaciens* ήταν ακατάλληλο για την τροποποίηση μονοκοτυλήδων φυτών. Παρόλο που είχαν γίνει αρκετές προσπάθειες για τη χρήση του *Agrobacterium* στο παρελθόν, η πρώτη πειστική και αποτελεσματική απόπειρα καταγράφηκε μόλις το 1996 (Ishida *et al.*, 1996). Καθώς τα διαγονιδιακά φυτά που προέκυπταν από τη γενετική τροποποίηση με τη χρήση του *Agrobacterium tumefaciens* ήταν ποιοτικά ανώτερα (υψηλής συχνότητας αντίγραφα και μειωμένο αριθμό διαγονιδιακής ολοκλήρωσης) σε σχέση

με τις άλλες μεθόδους, η χρήση του συγκεκριμένου βακτηρίου καθιερώθηκε ως η επικρατέστερη μέθοδος για την τροποποίηση στον αραβόσιτο.

### **3.2.Γενετική τροποποίηση μέσω του *Agrobacterium tumefaciens***

Το *Agrobacterium Tumefaciens* είναι ένα παθογόνο βακτήριο που απαντάται στο έδαφος και επηρεάζει πολλά ανώτερα φυτικά είδη. Είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία όγκων στα φυτά που προσβάλλει, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3. προκαλώντας τη νόσο Grown Gall. Όντας προκαρυωτικός οργανισμός πέρα από το DNA που βρίσκεται στην πυρηνική περιοχή διαθέτει και ένα κυκλικό μόριο γενετικού υλικού (Τι πλασμίδιο) που έχει την ιδιότητα να αναπαράγεται ανεξάρτητα από το χρωμοσωμικό DNA του κυττάρου και να μεταφέρεται από κύτταρο σε κύτταρο (Μπατρίνου, 2010).

Βασικό χαρακτηριστικό του *Agrobacterium*, είναι η μοναδική ικανότητα που έχει να μεταφέρει και να ενσωματώνει στο γονιδίωμα του οργανισμού ξενιστή τμήμα του γενετικού του υλικού (η περιοχή T-DNA του Τι πλασμιδίου). Αυτή του η ικανότητα όμως χρησιμοποιείται στη Βιοτεχνολογία για τη γενετική τροποποίηση των φυτών (Ziemienowicz, 2001). Τα πλασμίδια (κυκλικό μόριο DNA, Τι πλασμίδια) που μεταφέρονται στο φυτό ξενιστή για τη δημιουργία του όγκου (ογκοεπαγωγέας) μπορούν να φέρουν και άλλα τμήματα DNA ώστε να μεταλλάξουν το γενετικό υλικό των προσβαλλόμενων φυτικών κυττάρων (Gelvin, 2003).



**Εικόνα 3.** Φυτό που έχει προσβληθεί από βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens* και έχει δημιουργήσει όγκο

#### **3.2.1.Στάδια παραγωγής γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου**

Η διαδικασία της γενετικής μηχανικής ή γενετικής τροποποίησης είναι ένας συνδυασμός μιας σειράς πέντε βημάτων. Πριν ξεκινήσει η διαδικασία της γενετικής

τροποποίησης, πρέπει να εντοπιστεί ένας ζωντανός οργανισμός που να φέρει το επιθυμητό χαρακτηριστικό. Η επιθυμητή ιδιότητα του Bt αραβόσιτου (αντοχή στον ευρωπαϊκό σκώληκα του καλαμποκιού) στην πραγματικότητα είχε ανακαλυφθεί πριν περίπου εκατό χρόνια. Στην Ανατολή, οι εκτροφείς μεταξοσκώληκα είχαν παρατηρήσει ότι οι πληθυσμοί πέθαιναν. Οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι ένα φυσικό βακτήριο του εδάφους προκαλούσε το θάνατο των πληθυσμών του μεταξοσκώληκα. Αυτό το βακτήριο του εδάφους ονομάζεται *Bacillus thuringiensis* ή *Bt* για συντομία και παράγει μια πρωτεΐνη που είναι τοξική για τους μεταξοσκώληκες, τη *Bt* πρωτεΐνη. Παρόλο που οι επιστήμονες δεν το γνώριζαν, είχαν κάνει μια από τις πρώτες ανακαλύψεις για την δημιουργία του Bt αραβόσιτου. Η συγκεκριμένη *Bt* πρωτεΐνη βρέθηκε ότι είναι τοξική τόσο στο μεταξοσκώληκα όσο και στον Ευρωπαϊκό σκώληκα του καλαμποκιού.

Τα στάδια που ακολουθούνται για την παραγωγή ενός Γ.Τ. φυτού αλλά και ειδικά του Γ.Τ. αραβόσιτου Bt, είναι τα ακόλουθα (Overview of the Process of Plant Genetic Engineering, 2001).

### **1<sup>ο</sup> Βήμα: Εξαγωγή του DNA**

Για να είναι σε θέση οι επιστήμονες να εργαστούν με το DNA του βακτηρίου θα πρέπει να το απομονώσουν από αυτό. Η εξαγωγή του DNA είναι το πρώτο βήμα στη διαδικασία της γενετικής τροποποίησης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη λήψη δειγμάτων από τα βακτήρια που φέρουν το επιθυμητό γονίδιο και μια σειρά διαδικασιών για το διαχωρισμό του DNA από τα υπόλοιπα μέρη του κυττάρου.

### **2<sup>ο</sup> Βήμα: Κλωνοποίηση γονιδίου**

Το δεύτερο βήμα της γενετικής τροποποίησης είναι η κλωνοποίηση του γονιδίου. Κατά την εξαγωγή του DNA, όλο το γενετικό υλικό του οργανισμού εξάγεται ταυτόχρονα ταυτόχρονα. Αυτό σημαίνει ότι το δείγμα του DNA του *Bacillus Thuringiensis* που εξάγεται περιέχει όχι μόνο το γονίδιο που θα κωδικοποιεί την *Bt* πρωτεΐνη αλλά επίσης όλο το γονιδίωμα του βακτηρίου. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν την γονιδιακή κλωνοποίηση για να διαχωρίσουν το επιθυμητό γονίδιο από τα υπόλοιπα.

Ακολουθεί περαιτέρω μελέτη και πειράματα με αυτό το γονίδιο.



### **3<sup>ο</sup> Βήμα: Εντοπισμός και τροποποίηση του γονιδίου**

Ο εντοπισμός του γονιδίου εξαρτήθηκε και από μια σημαντική ανακάλυψη. Τη θεωρία «Ένα γονίδιο, ένα ένζυμο» που προτάθηκε αρχικά από τον George W. Beadle και Edward L. Tatum το 1940. Οι ανακαλύψεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της έρευνας, έθεσαν τα θεμέλια για τη θεωρία ότι ένα μεμονωμένο γονίδιο αποθηκεύει την πληροφορία που καθοδηγεί το κύτταρο στο πώς να παράγει ένα ένζυμο (πρωτεΐνη). Κατά συνέπεια, υπάρχει ένα και μόνο γονίδιο το οποίο ελέγχει την παραγωγή της Βt πρωτεΐνης

Από τη στιγμή που ένα γονίδιο έχει κλωνοποιηθεί, η γενετική μηχανική ξεκίνησε το 3<sup>ο</sup> βήμα, να τροποποιήσει δηλαδή το γονίδιο ώστε να μπορεί να λειτουργήσει μέσα σε διαφορετικό οργανισμό. Αυτό γίνεται σε δοκιμαστικό σωλήνα στο εργαστήριο τεμαχίζοντας το γονίδιο με ένζυμα, και αντικαθιστώντας ορισμένες περιοχές. Το πρώτο Βt γονίδιο που κυκλοφόρησε, σχεδιάστηκε να παράγει ένα επίπεδο Βt πρωτεΐνης θανατηφόρο, για τον ευρωπαϊκό σκώληκα του καλαμποκιού και να παράγεται μόνο σε πράσινους ιστούς στον αραβόσιτο (στους βλαστούς, στα φύλλα κ.λπ.).

Αργότερα, τα Βt γονίδια ανασχεδιάστηκαν ώστε να παράγουν θανατηφόρα επίπεδα της πρωτεΐνης και σε άλλους ιστούς του φυτού όπως φύλλα, βλαστούς, κροσσούς, λοβούς και ρίζες.

### **4<sup>ο</sup> Βήμα: Εισαγωγή του γονιδίου στο φυτό**

Το τροποποιημένο γονίδιο είναι πλέον έτοιμο για το τέταρτο βήμα, το μετασχηματισμό ή με άλλα λόγια την εισαγωγή του γονιδίου στα κύτταρα του φυτού. Δεδομένου ότι τα φυτά έχουν εκατομμύρια κύτταρα, θα ήταν αδύνατο να εισαχθεί ένα αντίγραφο του γονιδίου σε κάθε κύτταρο.

Το νέο γονίδιο εισάγεται σε κάποιο από τα κύτταρα χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές. Μερικές από τις πιο κοινές μεθόδους περιλαμβάνουν τη χρήση ειδικών «πιστολιών» (gene-guns), του αγροβακτηρίου των μικροϊνών (microfibers) και της ηλεκτροδιάτρησης (electroporation). Ο κύριος στόχος κάθε μίας από αυτές τις μεθόδους είναι να μεταφέρει το νέο γονίδιο και να το εισάγει μέσα στο πυρήνα του κυττάρου, χωρίς αυτό να θανατωθεί.

Από εκεί, το νέο ανασυνδιασμένο DNA θα μπορέσει επιτυχώς ή όχι να εισαχθεί σε ένα χρωμόσωμα. Τα κύτταρα τα οποία λαμβάνουν το νέο γονίδιο ονομάζονται διαγονιδιακά και επιλέγονται από εκείνα στα οποία δεν το έχουν προσλάβει.

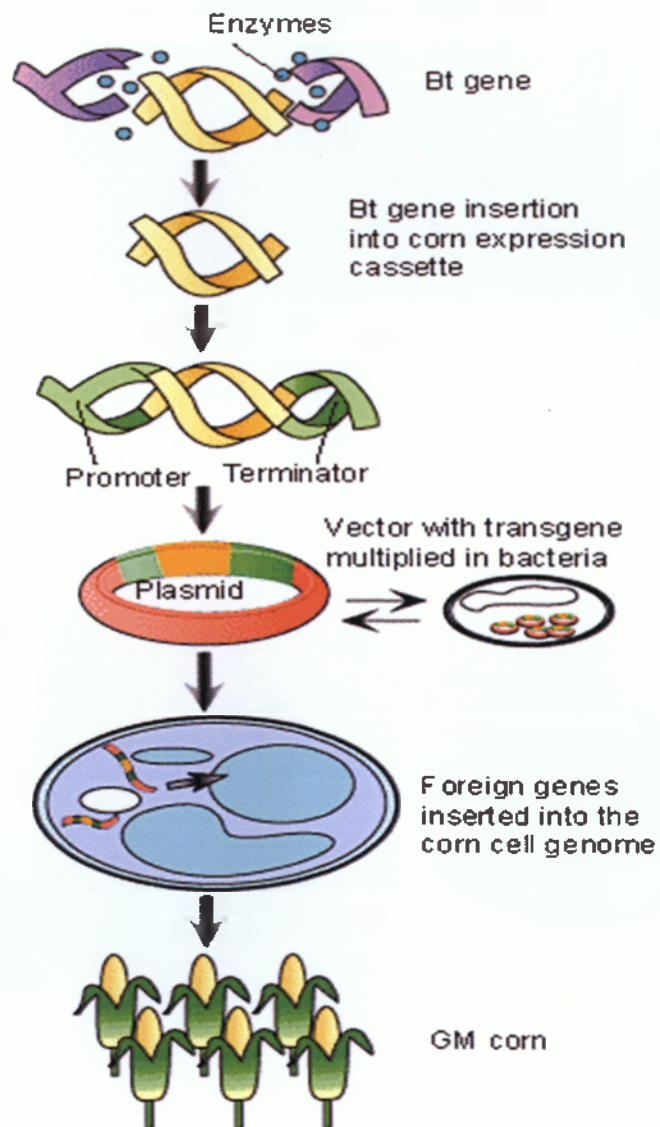
Πολλοί τύποι φυτικών κυττάρων είναι παντοδύναμοι, το οποίο σημαίνει ότι ένα μόνο φυτικό κύτταρο μπορεί να εξελιχθεί σε ένα ολόκληρο φυτό. Συνεπώς, κάθε διαγονιδιακό κύτταρο μπορεί στη συνέχεια να αναπτυχθεί σε ένα ολόκληρο φυτό το οποίο να φέρει το νέο γονίδιο σε κάθε του κύτταρο. Τα διαγονιδιακά φυτά αναπτύσσονται στο στάδιο ωριμότητας μέσα σε θερμοκήπια και ο σπόρος που παράγουν, συλλέγεται. Ο γενετιστής έχει ολοκληρώσει το έργο του, καθώς στη συνέχεια θα παραδώσει τα διαγονιδιακούς σπόρους στους καλλιεργητές οι οποίοι και θα είναι υπεύθυνοι για το τελευταίο βήμα.

#### **5<sup>ο</sup> Βήμα: Επαναδιασταυρώσεις**

Το πέμπτο και τελευταίο βήμα της παραγωγής μιας γενετικής καλλιέργειας είναι οι συνεχείς επαναδιασταυρώσεις. Διαγονιδιακά φυτά διασταυρώνονται με εκλεπτυσμένες καλλιεργητικές γραμμές. Το διαγονιδιακό φυτό διασταυρώνεται με την ποικιλία που επιθυμούμε να προσδιορίσουμε το νέο χαρακτηριστικό, ώστε τελικά να προκύψει φυτό που να έχει και τα δυο χαρακτηριστικά. Αυτό επιτυγχάνεται με διαρκείς επαναδιασταυρώσεις των φυτών που προκύπτουν από τη διασταύρωση και έχουν ενσωματώσει το νέο χαρακτηριστικό με την αρχική ποικιλία, ώστε τελικά (5-7 γενιές) το φυτό με το νέο χαρακτηριστικό να περιέχει σε μεγάλο ποσοστό τα γονίδια της αρχικής ποικιλίας.

Τα παραπάνω βήματα φαίνονται σχηματικά και στην εικόνα 4.

Εικόνα 4. Μετασχηματισμός φυτικών κυττάρων με *Agrobacterium tumefaciens*



Εικόνα 4. Μετασχηματισμός φυτικών κυττάρων με *Agrobacterium tumefaciens*

### 3.3. Τύποι του Bt αραβόσιτου

Το Bt διαγονιδιακό καλαμπόκι είναι φυσιολογικό καλαμπόκι που περιέχει ένα ή περισσότερα γονίδια από το βακτήριο *Bacillus thuringiensis* που βρίσκεται στο έδαφος ή Bt όπως έχει κοινώς ονομαστεί. Τα γονίδια επιτρέπουν στο βακτήριο να παράγει μια ή περισσότερες τοξίνες οι οποίες είναι τοξικές για ορισμένα έντομα, αλλά δεν είναι τοξικές για τα θηλαστικά συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Όταν τα γονίδια τοποθετούνται σε ένα φυτό αραβοσίτου, το φυτό παράγει εσωτερικά την τοξίνη. Αυτό καθιστά το φυτό τοξικό για ορισμένες κάμπιες που σιτίζονται με αυτό, ή για σκαθάρια, ή και για τα δύο, ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των γονιδίων που τοποθετούνται μέσα στο φυτό.

Πολλές εταιρείες πωλούν τον Bt αραβόσιτο από διαφορετικούς μετασχηματισμούς. Κάθε μετασχηματισμός μπορεί να περιέχει ένα μοναδικό γονίδιο, προαγωγούς γονιδίων, ή θέσεις γονιδίων σε ένα χρωμόσωμα αραβοσίτου. Οι διαφορές αυτές μπορεί να οδηγήσουν σε μεταβολή στον τύπο της τοξίνης στην έκφραση της τοξίνης και στην απόδοση του ελέγχου των εντόμων.

Οι διαφορετικοί τύποι καλλιεργειών Bt καλαμποκιού παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Αυτοί περιέχουν υβρίδια που προορίζονται μόνο για συγκεκριμένα είδη κάμπιας ή ριζοσκώληκα ή περιέχουν τύπους τοξίνης οι οποίοι ελέγχουν και τα δυο. Επίσης βρίσκονται σε ανάπτυξη πρόσθετοι τύποι Bt αραβόσιτου που περιέχουν πολλαπλές τοξίνες για κάμπιες ή πολλαπλές τοξίνες για ριζοσκώληκες αραβοσίτου. Όταν θα είναι διαθέσιμα, τα νέα πολλαπλά υβρίδια, θα παρέχουν πολύ υψηλότερα επίπεδα ελέγχου των εντόμων που δεν ελέγχονται ικανοποιητικά από τους τρέχοντες Bt τύπους. όπως οι σκώληκες αραβοσίτου και θα καθιστούν λιγότερο πιθανό τα επιβλαβή έντομα να αναπτύξουν αντοχή στις τοξίνες.

Επιπροσθέτως τα μελλοντικά διαγονιδιακά φυτά μπορεί να έχουν πληθώρα χαρακτηριστικών για τον έλεγχο παρασίτων (έντομα, ζιζάνια, παθογόνα), καθώς και άλλους παράγοντες προώθησης απόδοσης (πχ. ανοχή στην ξηρασία) ή παράγοντες ποιότητας (πχ. βελτιωμένη πρωτεΐνη ή χαρακτηριστικά πετρελαίου) (Transgenic Bt Corn, A Powerful Pest Management Tool, 2008).

**Πίνακας 2. Διαθέσιμη τεχνολογία παραγωγής Bt σε εμπορική κλίμακα για το 2009**

Επακόλουθο	Εταιρία παραγωγής	Bt γονίδιο	Εμπορική Ονομασία	Έλεγχος ή καταστολή παρασίτων
Bt 11	Syngenta Seeds Inc	CryIA (b)	Agrisure CB	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής
Mon 810	Monsanto	CryIA (b)	YieldGard	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής
TC 1507	DowAgrosciences, Mycogen, Pioneer HiBted int.	CryIF	Herculex I	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής, μαύρος κοπτοσκώληκας, σιδηροσκώληκας και γεωσκώληκας του αραβόσιτου
MON 863	Monsanto	Cry3Bb1	YieldGard Rootworm	Ριζοσκώληκες του αραβόσιτου
MON 863+ MON 810	Monsanto	CryIA(b) + Cry3Bb1	YieldGard Plus	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής και ριζοσκώληκες
DAS 59122-7	Dow Agrosciences Pioneer HiBred Intl	Cry34Ab1 + Cry35Ab1	Herculex RW	Ριζοσκώληκες του αραβόσιτου
TC 1507 + DAS 59122-7	Dow Agrosciences Mycogen Pioneer HiBred Intl	CryIF + Cry34Ab1 + Cry35Ab1	Herculex XTRA	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής, μαύρος κοπτοσκώληκας, σιδηροσκώληκας και γεωσκώληκας του αραβόσιτου
MIR 604	Syngenta Seeds Inc	mCry3A	Agrisure RW	Ριζοσκώληκες του αραβόσιτου
Bt 11 + MIR 604	Syngenta Seeds Inc	CryIA(b)+ mCry3A	Agrisure CB/RW	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής και ριζοσκώληκες
Mon 88017	Monsanto	Cry3Bb1	YieldGard VT RW	Ριζοσκώληκες του αραβόσιτου
Mon 810 + Mon 88017	Monsanto	CryIAb + Cry3Bb1	YieldGard VT Triple	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής

				Αμερικής και ριζοσκώληκες
Mon 89034 + Mon 88017	Monsanto	Cry3Bb1 + Cry1A.105 + Cry2Ab	YieldGard VT Triple Pro	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής, μαύρος κοπτοσκώληκας, σιδηροσκώληκας και γεωσκώληκας του αραβόσιτου
TC 1507 + DAS 59122-7 + Mon 89034 + Mon 88017	Dow Chemical Co. and Monsanto	CryIF + Cry34Ab1+ Cry35Ab1+ Cry3Bb1 + Cry1A.105 + Cry2Ab	SmartStax	Ευρωπαϊκός σκώληκας του αραβόσιτου και της Νοτιοδυτικής Αμερικής, μαύρος κοπτοσκώληκας, σιδηροσκώληκας και γεωσκώληκας του αραβόσιτου

(Πηγή: Bt Corn Types Available, 2009)

### 3.4. Καλλιέργεια Bt αραβόσιτου

Το τροπικό φυτό αραβόσιτος (*Zea mays*) καλλιεργείται σήμερα σε όλον τον κόσμο ακόμα και σε περιοχές με ήπιο κλίμα (το 2008, το καλαμπόκι κατέλαβε 161 εκατομμύρια εκτάρια). Οι ΗΠΑ παρέχουν περίπου το 40% της παγκόσμιας παραγωγής ενώ ακολουθούν η Κίνα, η Βραζιλία, το Μεξικό, η Νιγηρία, η Ινδονησία και η Αργεντινή. Το καλαμπόκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη, προς ανθρώπινη κατανάλωση (αλεύρι καλαμποκιού αραβοσιτέλαιο, τροποποιημένο άμυλο) αλλά και ως ζωοτροφή καθώς περισσότερο από τα δυο τρίτα των καλλιεργειών καλαμποκιού στον κόσμο χρησιμοποιείται με αυτόν τον τρόπο (Bt Corn Types Available, 2009).

Αρχικά η καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου έλαβε χώρα σε πειραματικό στάδιο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τις ΗΠΑ την Ιαπωνία και σε άλλες 13 χώρες. Πλέον καλλιεργείται μεταξύ άλλων στην Ε.Ε. τις ΗΠΑ, την Αργεντινή, τη Νότια Αφρική και τις Φιλιππίνες ενώ έχουν δοθεί εγκρίσεις για πολλές άλλες. Στον πίνακα 2. διαφαίνονται οι χώρες και οι εκτάσεις στις οποίες καλλιεργήθηκε σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα ο γενετικά τροποποιημένος αραβόσιτος (Cultivation of GMOs rises in many European countris, 2008).

**Πίνακας 3.Εκτάσεις με καλλιέργεια Βt αραβόσιτου στον κόσμο**

<p><b>Ε.Ε.</b></p>	<p>Καλλιέργεια 2009:  Ισπανία 76.057 εκτάρια,  Πορτογαλία 5.094 εκτάρια  Ρουμανία 3.244 εκτάρια  Πολωνία 5000 εκτάρια  Σλοβακία 875 εκτάρια  Στη Γαλλία, το <b>2008</b>, η καλλιέργεια του αραβόσιτου Βt έχει κηρυχθεί παράνομη.  Η Γερμανία το 2009 σταμάτησε την καλλιέργεια του Βt αραβόσιτου.  Καλλιέργεια <b>2010</b>:  Τσεχία 4.680 εκτάρια</p>
<p><b>ΗΠΑ</b></p>	<p>Η καλλιέργεια του γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου από το <b>1997</b> έως το <b>2010</b> ήταν 30,6 εκατομμύρια εκτάρια (86% της συνολικής έκτασης της καλλιέργεια του καλαμποκιού).</p>
<p><b>Άλλες χώρες</b></p>	<p>Η Αργεντινή, η Νότια Αφρική, ο Καναδάς, οι Φιλιππίνες, η Ουρουγουάη, η Χιλή, η Ονδούρα η Βραζιλία το <b>2008</b> για πρώτη φορά, <b>2010</b> σε επτά εκατομμύρια εκτάρια. Αίγυπτος <b>2009</b> σχετικά εκτάρια 1000. Στην Κούβα, γενετικώς τροποποιημένου αραβόσιτου αναμένεται να καλλιεργείται από το <b>2008</b> (2009 σε 6.000 εκτάρια). Ωστόσο, δεν υπάρχουν αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με αυτό.</p>

Πηγή: Cultivation of GMOs rises in many European countries,(2008)

Μέχρι το 2010 η μοναδική ποικιλία Βt αραβόσιτου που είχε εγκριθεί προς καλλιέργεια στην Ε.Ε ήταν το καλαμπόκι MON810 της εταιρείας Monsanto. Καλλιεργούνταν κυρίως στην Ισπανία τη Ρουμανία, την Τσεχία, και την Πορτογαλία όμως πολλές χώρες όπως η Αυστρία, η Ουγγαρία, η Γαλλία, η Γερμανία η Ελλάδα και το Λουξεμβούργο έχουν επιβάλλει εθνικές απαγορεύσεις στην καλλιέργεια του Βt αραβόσιτου καθώς υπάρχουν ακόμα αμφιβολίες για την ασφάλεια της.

Η Ε.Ε. στα πλαίσια της αίτησης για επανέγκριση του MON810 από την Monsanto, και της ανανέωσης της δεκάχρονης άδειας, ζήτησε από την EFSA (Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας Τροφίμων) επιστημονική γνωμοδότηση. Η EFSA έβγαλε το συμπέρασμα ότι το MON810 είναι το ίδιο ασφαλές με το συμβατικό καλαμπόκι όσον αφορά τις πιθανές επιπτώσεις στη υγεία των ανθρώπων και των ζώων και είναι απίθανο να έχει αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον στο πλαίσιο της χρήσης για την οποία προορίζεται (EFSA, 2009). Όμως η απόφαση αυτή δημιούργησε έντονες αντιδράσεις από περιβαλλοντικές οργανώσεις όπως η

Greenpeace και οι Friends of Earth, ισχυριζόμενοι ότι η EFSA δεν έλαβε υπόψη τα επιστημονικά στοιχεία, σχετικά με τις επιδράσεις του γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου στο περιβάλλον (Greenpeace, 2009).

### **3.5. Οφέλη από την καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου**

Μια από τις απόψεις που υπάρχουν θεωρεί ότι η διαθεσιμότητα καθώς και η χρήση γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών συμπεριλαμβανομένης και την καλλιέργεια του Βt αραβόσιτου αναμένεται να επιφέρει σημαντικά κέρδη στους καλλιεργητές, στους καταναλωτές αλλά και στο περιβάλλον (Gianessi & Carpenter, 1999; Shelton *et al.*, 2002). Επίσης μεγάλα περιβαλλοντικά οφέλη μπορούν να προκύψουν από τη μειωμένη χρήση εντομοκτόνων που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ένα επίσης πλεονέκτημα που αποδίδεται στη χρήση Γ.Τ. αραβόσιτου είναι το γεγονός ότι επηρεάζει μικρό ποσοστό παρασίτων αποφεύγοντας έτσι την καταστροφή εντόμων που είναι χρήσιμα για τις καλλιέργειες. Επιπροσθέτως τα συμβατικά φυτοφάρμακα μπορεί να έχουν ένα πιο ευρύ φάσμα επιπτώσεων στο οικοσύστημα των πτηνών, των εντόμων αλλά και των θηλαστικών, ενώ οι Βt καλλιέργειες στοχεύουν μόνο στο συγκεκριμένο παράσιτο και σε όσους οργανισμούς είναι στενά συνδεδεμένοι με αυτά, καταλήγοντας έτσι σε μειωμένη έκθεση σε κίνδυνο καθώς και σε περιορισμένη μόλυνση σε σχέση με τη χρήση συμβατικών φυτοφαρμάκων (Oerke, 1994).

#### **3.5.1. Βελτίωση απόδοσης**

Μια τριετή έρευνα στις καλλιέργειες των ΗΠΑ έχει δείξει ότι ο Βt αραβόσιτος έχει επιλεγεί για να εξαλειφθούν οι απώλειες από τον Ευρωπαϊκό ριζοσκώληκα. Όταν χρησιμοποιήθηκαν Βt καλλιέργειες για να διαχειριστεί η μόλυνση από τα παράσιτα, παρουσιάστηκε 200% μείωση των απωλειών σε σχέση με τις καλλιέργειες που χρησιμοποιούσαν εντομοκτόνα. Η διείσδυση του σκώληκα στο στέλεχος του αραβόσιτου μπορεί να επιφέρει μεγάλες φυσιολογικές ζημιές στο φυτό πράγμα που οδηγεί σε μείωση της παραγωγής κατά 2,4-6,6% ανά μονάδα (Bode & Calvin, 1990). Οι απώλειες σε απόδοση στις συμβατικές καλλιέργειες από παρασιτικές μολύνσεις, μπορεί να φτάσει μέχρι και σε 32.6 λίτρα ανά στρέμμα. Ακόμα και με την εφαρμογή βοηθητικών μεθόδων για την μείωση των φυτικών τραυματισμών από το ριζοσκώληκα, ο αριθμός τους υπερβαίνει το κατώτατο επιτρεπτό πληθυσμιακό όριο επαληθεύοντας το γεγονός ότι μια Βt καλλιέργεια έχει μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με μια συμβατική καθώς οι απώλειες είναι πολύ περιορισμένες.



### 3.5.2. Μείωση μυκοτοξινών

Έχει αποδειχτεί ότι ο Βt αραβόσιτος μειώνει δραστικά τις επιμολύνσεις των τροφίμων από μυκοτοξίνες (Munkvold & Desjardins, 1997; Munkvold *et al.*). Είναι ευρέως γνωστό, ότι η ποιότητα του αραβόσιτου επηρεάζεται άμεσα από την προσβολή του από μύκητες, καθώς προσβάλλοντας τον, παράγουν χημικές ουσίες που είναι τοξικές και το πιο πιθανόν καρκινογόνες για τον άνθρωπο και τα ζώα (CAST, 2003). Επιπλέον η μόλυνση των συμβατικών καλλιεργειών από παράσιτα δημιουργεί χαραγές ευνοώντας την εισαγωγή των μυκήτων στον αραβόσιτο και κατ' επέκταση την αύξηση των μυκοτοξινών (Munkvold & Desjardins, 1997).

### 3.5.3. Μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων

Η εφαρμογή Bt καλλιεργειών έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη χρήση εντομοκτόνων και ως εκ τούτου έχει προσφέρει περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που είναι τα κλειδιά για τη βιωσιμότητα της γεωργικής παραγωγής. Στην Αριζόνα όπου εξακολουθεί να πραγματοποιείται ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης των επιβλαβών οργανισμών για Bt βαμβάκι, οι καλλιεργητές έκαναν μειωμένη χρήση εντομοκτόνων κατά 70% και εξοικονομήθηκαν 200 εκατομμύρια δολάρια από το 1996-2008 ((Naranjo & Ellsworth, 2009). Τα δεδομένα έξι γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών στις ΗΠΑ έδειξαν αύξηση παραγωγής κατά 1,8 δισεκατομμύρια κιλά αυξάνοντας το εισόδημα των καλλιεργητών κατά 1,5 δισεκατομμύρια δολάρια και παράλληλα μειώνοντας τη χρήση εντομοκτόνων κατά 21 δισεκατομμύρια κιλά (Gianessi *et al.*, 2002).

### 3.5.4. Αύξηση οικονομικών αποδοχών

Μια πρόσφατη μελέτη δείχνει ότι τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από το Bt καλαμπόκι δεν περιορίζονται μόνο στους παραγωγούς της καλλιέργειας γενετικά τροποποιημένων τροφίμων (Hutchison *et al.*, 2010). Το 2009 το Bt καλαμπόκι καλλιεργήθηκε σε 22, 2 εκατομμύρια εκτάρια, που αποτελούν το 63,3% της σοδειάς των ΗΠΑ. Για τους καλλιεργητές Bt αραβόσιτου στο Ιλλινόις, τη Μιννεσότα, και το Ουισκονσιν αθροιστικά τα οφέλη 14 ετών και πάνω είναι περίπου 3,2 δισεκατομμύρια δολάρια. Είναι σημαντικό, ότι τα 2,4 δισεκατομμύρια από το συνολικό αυτό όφελος προέρχονται από συμβατικό καλαμπόκι (Hutchison *et al.*, 2010). Αυτό συμβαίνει επειδή η ζώνη καταστολής του πρωτογενούς παράσιτου, δηλαδή της Πυραλίδας του αραβόσιτου, μειώνει τις επιπτώσεις και σε συμβατικές καλλιέργειες. Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνουν την τάση που παρατηρείται σε ορισμένες προηγούμενες μελέτες να θεωρούν ότι τα κοινά οφέλη, μερικές φορές σχετίζονται με τη καλλιέργεια Bt φυτών (Carriere *et al.*, 2003; Wu *et al.*, 2008; Tabashnik, 2010).

## Κεφάλαιο 4. Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι και ασφάλεια καλλιέργειας Βt αραβόσιτου

Η απελευθέρωση των διαγονιδιακών φυτών στην αγορά έχει προκαλέσει πολλές συζητήσεις, σχετικά με την επικινδυνότητα τους. Από την πρώτη εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων τροφίμων στην Ευρώπη το 1996, έχει πυροδοτηθεί πλήθος αντιδράσεων σχετικά με τις επιδράσεις τους στο περιβάλλον (Azevedo & Araujo, 2003). Ανεξάρτητα από τα θετικά αποτελέσματα (αύξηση της παραγωγικότητας, μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων κλπ.), η ύπαρξη τους στην αγορά θεωρείται ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα θέματα της εποχής.

Πολλοί καταναλωτές, επιστήμονες και περιβαλλοντικές οργανώσεις πιστεύουν ότι τα πλεονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών είναι μειωμένα σε σχέση με τις επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρουν (Ferry & Gatehouse, 2009). Για το λόγο αυτό, το 1992, στη Βραζιλία, έλαβε χώρα η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη εισάγοντας την Αρχή της Προφύλαξης (Precautionary Principle), η οποία καθιστά δυνατή την ταχεία αντίδραση ενόψει πιθανού κινδύνου για την υγεία των ανθρώπων, των ζώων και των φυτών και για την προστασία του περιβάλλοντος (Europra, 2011).

Την ίδια χρονιά ο ΟΗΕ υπέγραψε σύμβαση για την βιοποικιλότητα, η οποία ως κύριο στόχο είχε την διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας. Η σύμβαση αυτή είχε ως επακόλουθο την σύναψη του πρωτοκόλλου της Καρθαγένης για τη βιοασφάλεια, κύριο μέλημα του οποίου ήταν να εξασφαλιστεί η ασφαλή χρήση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (Europra, 2007).

Οι αρχές κάθε χώρας θεωρούν ότι πρέπει να γίνουν αρκετές μελέτες και αυστηροί έλεγχοι για την αξιολόγηση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η αξιολόγηση των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων επικεντρώνεται στις άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (τοξικότητα κλπ), τις τάσεις για αλλεργική αντίδραση (αλλεργιογόνο), τις διατροφικές επιπτώσεις που συνδέονται με τη γενετική τροποποίηση, καθώς και τυχόν ανεπιθύμητες συνέπειες που μπορεί να προκύψουν από την εισαγωγή τον ξένου γονιδίου στα τρόφιμα. Όσον αφορά το περιβάλλον, οι εκτιμήσεις για την επικινδυνότητα τους καλύπτουν τόσο τα εν λόγω γενετικά τροποποιημένα φυτά όσο και το περιβάλλον στο οποίο εισάγονται. Η διαδικασία αξιολόγησης, περιλαμβάνει

αξιολόγηση των χαρακτηριστικών των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, τη σταθερότητα τους στο περιβάλλον και σε συνδυασμό με οικολογικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στο οποίο θα λάβει χώρα η εισαγωγή τους, πώς αυτοί αλληλεπιδρούν (WHO, 2012).

#### **4.1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Σύμφωνα με τις περισσότερες μελέτες η επικινδυνότητα των γενετικά τροποποιημένων φυτών εστιάζεται κυρίως σε δυο κατηγορίες, στα φυτά που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα και τα Bt φυτά (Bt αραβόσιτος).

Ζητήματα που προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία είναι η πιθανότητα εξάπλωσης των Bt φυτών και πιο συγκεκριμένα του γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου σε συμβατικές καλλιέργειες και το ενδεχόμενο εισαγωγής των τεχνητών γονιδίων στη χλωρίδα και την πανίδα της καλλιεργήσιμης περιοχής (WHO, 2012). Η οικολογική μελέτη και αξιολόγηση της επίδρασης των γενετικά τροποποιημένων φυτών στο περιβάλλον, βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο, αυτό όμως δεν αναιρεί το γεγονός ότι σε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήδη διεξάγεται ένας μεγάλος αριθμός ερευνών (Lutman *et al.*, 2008).

##### **4.1.1. Μεταφορά διαγονιδίων μέσω της γύρης**

Στον αραβόσιτο η επικονίαση γίνεται κυρίως μέσω του άνεμου, και σε μικρό ποσοστό από μέλισσες και έντομα (Bateman, 1947). Μελέτες έχουν δείξει ότι η γύρη μπορεί να διανύσει αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων, (Pasquet *et al.*, 2008) με τον τρόπο αυτόν κινδυνεύει να αλλοιωθεί η βιοποικιλότητα της περιοχής καθώς νέα χαρακτηριστικά μπορεί να ενσωματωθούν σε διαφορετικά είδη. Ο Bt αραβόσιτος μπορεί να επηρεάσει μόνο ποικιλίες της ίδιας οικογένειας, όμως δεν υπάρχουν σαφείς αποδείξεις που να αποκλείουν την πιθανότητα μεταφοράς διαγονιδίων σε άλλα καλλιεργητικά είδη και ζιζάνια (Eastham & Sweet, 2002). Επιπλέον η ενσωμάτωση του γενετικά τροποποιημένου γονιδίου (μέσω της γύρης) σε συμβατικές ή ακόμα και βιολογικές καλλιέργειες, μπορεί να επιφέρει καταστροφικές επιπτώσεις, τόσο από άποψη γενετικής καθαρότητας και οικολογικής ισορροπίας όσο και από άποψη οικονομικής επιβάρυνσης (Lavigne *et al.*, 2008). Η διασπορά της γύρης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως οι κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, φως, αέρας, βροχή), η παρουσία εντόμων αλλά και ο όγκος της απελευθερωμένης γύρης (Klein *et al.*, *n.d.*). Για την ελαχιστοποίηση τέτοιου είδους

προβλημάτων έχουν γίνει διάφορες έρευνες καταλήγοντας σε μια «στρατηγική απομόνωσης» των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών (Sweet, 2003). Οι προτεινόμενες αποστάσεις μεταξύ των καλλιεργούμενων εκτάσεων ώστε να αποφευχθεί η επικονίαση μεταξύ των διαφορετικών εκταριών είναι διακόσια μέτρα ώστε να διατηρηθεί η καθαρότητα της ποικιλίας κατά 99% ενώ για να αυξήσουμε το ποσοστό καθαρότητας στο 99,5% θα πρέπει οι διαφορετικές καλλιέργειες να απέχουν από τριακόσια μέτρα και πάνω (Eastham & Sweet, 2002).

#### **4.1.2. Δημιουργία εντόμων ανθεκτικά σε Bt καλλιέργειες**

Όπως οι περισσότεροι οργανισμοί έτσι και τα έντομα μπορούν να αποκτήσουν ανοσία σε στοιχεία που έχουν δημιουργηθεί για την καταπολέμηση τους, λόγω της συνεχούς έκθεσής στις ουσίες αυτές. Πολλές εικασίες και αρκετές έρευνες έχουν ακολουθήσει καθώς η εξελικτική πορεία της ανθεκτικότητας των εντόμων στη Bt τοξίνη θεωρείται από τις σημαντικότερες απειλές του γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου. (Tabashnik *et al.*, 2008). Κατά τον ψεκάσμο με Bt spray δυο είδη εντόμων ανέπτυξαν ανθεκτικότητα στην τοξίνη πράγμα που κατέστησε δυνατή την ανάπτυξη ανθεκτικότητας και σε άλλα έντομα.

Ωστόσο στα δώδεκα χρόνια καλλιέργειας του γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου, έχουν ερευνηθεί πολλά στοιχεία πάνω στα έξι βασικότερα είδη λεπιδοπτέρων που θεωρούνται εχθροί των καλλιεργειών, τα οποία έδειξαν ότι μόνο ένα είδος εμφάνισε ανθεκτικότητα στην τοξίνη (Shelton, 2008). Για το λόγο αυτό, στις ΗΠΑ, χρησιμοποιείται από την EPA (Environmental Protection Agency) μια διαφορετική προσέγγιση για την καθυστέρηση της ανεπιθύμητης ανθεκτικότητας στις Bt καλλιέργειες (CSA, 2000) γνωστή με το όνομα «καταφύγιο». Με τη μέθοδο αυτή γύρω από κάθε γενετικά τροποποιημένη καλλιέργεια υπάρχει μια περιοχή με μη τροποποιημένα φυτά, η οποία λειτουργεί σαν γονιδιακό καταφύγιο (gene refuge). Οι περιοχές αυτές πρέπει να καταλαμβάνουν το 20-40% της συνολικής Bt καλλιέργειας (Alphey *et al.*, 2009). Έτσι ακόμα και αν ένα έντομο αποκτήσει ανθεκτικότητα στα Bt φυτά και καταφέρει να επιβιώσει, θα διασταυρωθεί με τα πολυάριθμα μη ανθεκτικά έντομα που υπάρχουν τριγύρω αποτρέποντας την διαιώνιση του δικού τους είδους (Tabashnik *et al.*, 2008). Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής βασίζεται στο γεγονός ότι το γονίδιο Bt ανθεκτικότητας είναι υπολειπόμενο και άρα δεν μπορεί να εκφραστεί από διασταύρωση διαφορετικών εντόμων. Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά καθώς η στρατηγική του «καταφύγιου» φαίνεται

να υπήρξε αποτελεσματική (Bates *et al.*, 2005). Παρόλα αυτά, η συνεχής παρακολούθηση και η εντατική έρευνα είναι αναγκαία, για να δημιουργηθούν και άλλες μέθοδοι αποφυγής της Bt ανθεκτικότητας σε έντομα (Μπατρίνου, 2011).

#### **4.1.3. Επίδραση βιοεντομοκτόνου σε έντομα μη-στόχους**

Μέχρι το 1950 οι γεωργοί χρησιμοποιούσαν την Bt τοξίνη στη φυσική της μορφή, σαν σπρέι, για την καταπολέμηση των παρασίτων που απειλούσαν τις καλλιέργειες, χωρίς να επηρεάζουν άλλα έντομα (μη στόχους) και άγρια ήδη. Ωστόσο, η Bt τοξίνη που παράγεται από τον γενετικά τροποποιημένο αραβόσιτο (γνωστή ως CryIAb) διαφέρει, καθώς είναι λιγότερο επιλεκτική αυξάνοντας τις πιθανότητες να βλάψει και έντομα άλλων οικογενειών (GE insect resistant (Bt) maize in Europe, 2006).

Προκειμένου να εκτιμηθεί εάν οι Bt καλλιέργειες αποτελούν άμεση απειλή για το οικοσύστημα πρέπει να γίνουν πολλές μελέτες και έρευνες ορίζοντας για αρχή σαν έντομα μη-στόχους τα έντομα αυτά όπως αρπακτικά, παράσιτα, επικονιαστές, πεταλούδες και φυτοφάγα έντομα, που δεν βρίσκονται στο στόχαστρο των φυτοφαρμάκων (van Leeuwen & Hermens 1995). Μεγάλη προσοχή έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια για την διερεύνηση των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων σε ωφέλιμα έντομα όπως είναι τα αρπακτικά και τα παράσιτα (φυσικοί εχθροί) (O'Callaghan *et al.* 2005; Romeis *et al.*, 2006), καθώς έχοντας την ικανότητα να ρυθμίζουν τους πληθυσμούς των εντόμων, παίζουν ζωτικό ρόλο στον βιολογικό έλεγχο. Πολλές πειραματικές μελέτες έχουν λάβει χώρα αλλά έχουν καταγράψει μικρές ή ακόμα και παροδικές επιδράσεις του Bt αραβόσιτου σε τέτοιου είδους πληθυσμούς (Eizaguirre *et al.* 2006; Romeis *et al.*, 2006).

Πολλά είδη εντόμων είναι γνωστά για τη δράση τους ως επικονιαστές διαφόρων καλλιεργειών και άγριων φυτών. Μεταξύ αυτών ή μέλισσα είναι ο πιο ευρέα διαδεδομένος επικονιαστής. Παρόλα αυτά οι αγριομέλισσες και οι μοναχικές μέλισσες παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση της επικονίασης (Sanvido *et al.*, 2006). Ο πιθανότερος τρόπος έκθεσης των ενήλικων μελισσών στις τοξίνες Bt είναι μέσω της διατροφής τους με γύρη (Malone & Pham-Delegue, 2001), καθώς αυτή αποτελεί την κύρια πηγή πρωτεϊνών τους (Crailsheim, 1990). Εξαιτίας της μεγάλης οικολογικής και οικονομικής σημασίας τους, οι μέλισσες χρησιμοποιούνται συχνά σε δοκιμές αξιολόγησης της επικινδυνότητας των Bt τοξινών σε έντομα μη στόχους. Τέτοιες μελέτες ειδικότερα έχουν διεξαχθεί για κάθε καλλιέργεια Bt

αραβόσιτου που ετοιμάζεται να βγει σε εμπορική κλίμακα (EPA, 2001). Περαιτέρω μελέτες όπου οι μέλισσες τρέφονταν μόνο με Bt-πρωτεΐνες και με γύρη από Bt-καλλιέργειες, επιβεβαίωσαν το γεγονός ότι οι αρνητικές επιδράσεις των Bt τοξινών στις μέλισσες ήταν αμελητέες όπως παρατηρήθηκε και από την EPA των ΗΠΑ (Malone & Pham-Délégué 2001; Malone, 2004; Babendreier *et al.*, 2005; O'Callaghan *et al.* 2005).

Οι τρέχουσες καλλιέργειες του Bt αραβόσιτου έχουν τροποποιηθεί ώστε να είναι τοξικές στα Λεπιδόπτερα (ορισμένα είδη πεταλούδας και σκώρου). Οι προνύμφες των μη στοχευόμενων εντόμων μπορεί από απροσεξία να καταπιούν την Bt τοξίνη ενώ τρέφονται με άλλα φυτά που βρίσκονται γύρω από τις Bt καλλιέργειες, παραδείγματος χάρη, από τη μεταφερόμενη γύρη που έχει κατακαθίσει πάνω σε αυτά. Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα του φαινομένου, είναι η επίδραση της Bt γύρης στις προνύμφες της πεταλούδας Μονάρχης στη Βόρεια Αμερική (GE insect resistant (Bt) maize in Europe, 2006). Μια ερευνητική προσπάθεια από επιστήμονες διαφόρων κρατών έδωσε ικανοποιητικά στοιχεία ώστε να αναπτυχθεί μια επίσημη αξιολόγηση της επικινδυνότητας των επιπτώσεων που θα επέφερε η Bt τοξίνη στον πληθυσμό της πεταλούδας μονάρχης (Sears *et al.*, 2001). Η επικινδυνότητα ήταν αμελητέα, τα επίπεδα έκθεσης της πεταλούδας στη Bt τοξίνη σε μια αγροτική καλλιέργεια δεν θα μπορούσε να είναι τα ίδια με την ποσότητα της στις εργαστηριακές έρευνες, γι αυτό και η επίδραση της είναι πολύ χαμηλή (Perry *et al.*, 2010).

Οι επιδράσεις του Bt αραβόσιτου σε άλλα φυτοφάγα έντομα έχει αξιολογηθεί λιγότερο σε σχέση με εκείνα που θεωρούνται φυσικοί εχθροί των καλλιεργειών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι εχθροί είναι επιζήμιοι και μπορούν να προκαλέσουν απώλειες στην παραγωγή. Ωστόσο έχει αποδειχτεί ότι η τοξίνη Bt είναι αποτελεσματική έναντι διαφόρων άλλων λεπιδοπτέρων που δεν θεωρούνται εχθροί των καλλιεργειών (Pilcher & Rice, 1997). Αυτό εκλαμβάνεται και ως θετικό χαρακτηριστικό καθώς προσδίδει μια επιπλέον ασφάλεια στις καλλιέργειες. Ανεξάρτητα από αυτά τα είδη τα δεδομένα έδειξαν ότι δεν υπάρχουν άλλα φυτοφάγα έντομα που να επηρεάζονται από την τοξίνη αυτή (Sanvido *et al.*, 2006).

#### **4.1.4. Επίδραση στη φυσική πανίδα των καλλιεργητικών εδαφών**

Η έγκριση των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία έντεκα χρόνια. Ωστόσο η εισαγωγή του Bt αραβόσιτου στα γεωργικά

οικοσυστήματα έχει πυροδοτήσει μια σειρά θεμάτων συμπεριλαμβανομένων των οικολογικών επιπτώσεων των φυτών αυτών στο οικοσύστημα του εδάφους. Συνήθως η κύρια πηγή άνθρακα του εδάφους, ήταν από υπολείμματα καλλιεργειών. Για το λόγο αυτό οποιαδήποτε αλλαγή των υπολειμμάτων, θα μπορούσε να τροποποιήσει τη δυναμική της σύνθεσης του εδάφους αλλά και τη δραστηριότητα των οργανισμών που ζουν σε αυτό.

Οι Βt καλλιέργειες έχουν την ικανότητα να αλλάξουν τη μικροβιακή δυναμική, τη βιοποικιλότητα, ακόμα και τη λειτουργία του οικοσυστήματος που βρίσκεται στο έδαφος καθώς οι εντομοκτόνες ουσίες παράγονται σε όλα τα μέρη του φυτού. Είναι ζωτικής σημασίας λοιπόν η αξιολόγηση των επιπτώσεων στο εδαφικό οικοσύστημα. Σε γενικές γραμμές όμως, η Βt τοξίνη δεν επιδρά αρνητικά σε οργανισμούς όπως οι ονίσκοι, οι γαιοσκώληκες, τα νηματώδη και τα πρωτόζωα και επιπλέον δεν τροποποιεί την δραστηριότητα διαφόρων ενζύμων που υπάρχουν στο έδαφος (Lawhorn *et al.*, 2009).

#### **4.2. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία**

Η ασφάλεια των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων ως προς την ανθρώπινη υγεία είναι ένας σύνθετος τομέας έρευνας ο οποίος απαιτεί αυστηρά πρότυπα. Διάφορες κοινωνικές ομάδες, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτών και των περιβαλλοντικών οργανώσεων (μη κυβερνητικές περιβαλλοντικές οργανώσεις όπως η Greenpeace και η Friends of Earth) έχουν προτείνει όλα τα γενετικά τρόφιμα να υποβάλλονται σε μακροχρόνιες μελέτες ζωικής σίτισης πριν από την έγκρισή τους προς ανθρώπινη κατανάλωση (Dona & Arvanitoyannis, 2009). Η αξιολόγηση της ασφάλειας των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων διερευνά γενικά τις άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία όπως είναι η τοξικότητα, τις τάσεις να προκαλέσουν αλλεργική αντίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό φέροντας κάποιο αλλεργιογόνο, το ενδεχόμενο αύξησης θρεπτικών ή αντιθρεπτικών συστατικών, τη σταθερότητα του εισαγόμενου γονιδίου, τις πιθανές διατροφικές επιπτώσεις που συνδέονται με τη γενετική τροποποίηση καθώς και τα μη προβλεπόμενα αποτελέσματα, που θα μπορούσαν να προκύψουν από το εισαγόμενο γονίδιο (WHO, 2013).

Κάθε νέα ποικιλία γενετικά τροποποιημένου αραβόσιτου απαιτεί μια αξιολόγηση των πιθανών αρνητικών αλλαγών που μπορούν να συμβούν λόγω της εισαγωγής του ξένου γενετικού υλικού, πριν αυτή διατεθεί στην αγορά. Στόχος είναι



να βρεθούν οι τυχόν κίνδυνοι, να γίνει μια εκτίμηση αυτών και να αναπτυχθεί μια στρατηγική διαχείρισης (EFSA, 2006) Για το λόγο αυτό, η επιτροπή του Codex Alimentarius, που ιδρύθηκε από τον FAO και τον WHO το 1963 ανέπτυξε εναρμονισμένα διεθνή πρότυπα για τα τρόφιμα, δίνοντας τις κατευθυντήριες γραμμές και τους κώδικες πρακτικής για την προστασία και την υγεία των καταναλωτών (Codex Alimentarius, 2013). Λεπτομερή ανάλυση για την εκτίμηση της επικινδυνότητας γίνεται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά:

- Το γενετικά τροποποιημένο φυτό και τη χρησιμότητα του ως τρόφιμο
- Την πηγή του εισαγόμενου γονιδίου
- Το εισαγόμενο DNA και οι αλληλουχίες στην περιοχή ένθεσης
- Τις πρωτεΐνες που εκφράζονται από το νέο γονίδιο
- Τις πιθανές τοξικές και αντιθρεπτικές ιδιότητες των παραγόμενων νέων πρωτεϊνών
- Την πιθανότητα πρόκλησης αλλεργιών από την εισαγόμενη πρωτεΐνη
- Την ενδεχόμενη αύξηση των ενδογενών θρεπτικών και αντιθρεπτικών συστατικών που υπόκεινται σε γενετική τροποποίηση
- Σε σχέση με τα παραπάνω χαρακτηριστικά οι πιθανοί κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία συνοψίζονται σε τρεις κατηγορίες. Στις αλλεργικές αντιδράσεις/ τοξικότητα/ αντιθρεπτικές επιδράσεις, στην οριζόντια μεταφορά γονιδίου (κυρίως ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά) και στους απρόβλεπτους κινδύνους όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.

**Πίνακας 4. Πιθανοί κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία από την κατανάλωση γενετικά τροποποιημένων τροφίμων**

Οι πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία από την κατανάλωση γενετικά τροποποιημένων τροφίμων	
Πιθανοί κίνδυνοι υγείας	Περιγραφή κινδύνου
Πιθανή πρόκληση αλλεργιών	Οι νέες πρωτεΐνες που δημιουργούνται στα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα πιθανό να έχουν απρόβλεπτη αλλεργιογόνο δράση
Οριζόντια μεταφορά γονιδίου	Το γονίδιο ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά που φέρουν τα περισσότερα ΓΤ φυτά μπορεί θεωρητικά να μεταφερθεί σε βακτήρια του πεπτικού συστήματος καθιστώντας τα πιο ανθεκτικά σε αντιβιοτικά
Πιθανοί απρόβλεπτοι κίνδυνοι	Πιθανοί απρόβλεπτοι κίνδυνοι από την

#### 4.2.1. Αλλεργικές αντιδράσεις/ τοξικότητα

Κατά τη δημιουργία διαγονιδιακών φυτών, τα γονίδια ενσωματώνονται σε μη καθορισμένες θέσεις στο γονιδίωμα του ξενιστή. Αυτό μπορεί θεωρητικά να προκαλέσει αδρανοποίηση ή ενεργοποίηση κάποιων γονιδίων και να οδηγήσει σε αρνητικά αποτελέσματα όπως παραγωγή τοξικών ή αντι-θρεπτικών ουσιών. Για την αποφυγή αυτών ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Έλεγχος της προέλευσης των γονιδίων που μεταφέρονται καθώς και των παραγόμενων πρωτεϊνών
- Έλεγχος της αλληλουχίας των βάσεων των ΓΤ πρωτεϊνών και σύγκριση με γνωστές αλληλουχίες αλλεργιογόνων πρωτεϊνών
- Εξέταση της *in vitro* πέψης της πρωτεΐνης (σε προσομοίωση γαστρικών υγρών)
- Έλεγχος της σύστασης των θρεπτικών στοιχείων στου ΓΤ τροφίμου
- Πειράματα σε ζώα *in vivo* για τον έλεγχο της τοξικότητας (90 ημερών)

(EFSA, 2010; Doerrler *et al.*, 2010; Ladics *et al.*, 2010; Parrot *et al.*, 2010; Selgrade *et al.*, 2010; Goodman *et al.*, 2008; Celec *et al.*, 2005; Konig *et al.*, 2004).

Όταν δημιουργείται ένα γενετικά τροποποιημένο τρόφιμο μεταφέρονται σε αυτό, ένα ή ακόμα και περισσότερα γονίδια από ξένο οργανισμό τα οποία παράγοντας πρωτεΐνες εκφράζουν ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό. Ως θέμα αρχής η μεταφορά γονιδίων από τα κοινά αλλεργιογόνα τρόφιμα συνήθως αποφεύγεται εκτός αν αποδειχθεί ότι το πρωτεϊνικό προϊόν του γονιδίου που μεταφέρεται δεν αποτελεί αλλεργιογόνο. Παρόλο που τα συμβατικά τρόφιμα δεν ελέγχονται για αλλεργιογόνα, τα γενετικά τροποποιημένα διαθέτουν πρωτόκολλα, για δοκιμές που έχουν αξιολογηθεί από τον FAO και τον WHO καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι τα τρόφιμα που βρίσκονται στην αγορά δεν έχουν εμφανίσει καμία αλλεργιογόνο δράση (WHO, 20012).

Πολλές έρευνες έχουν εστιάσει στη μελέτη της δράσης της Bt τοξίνης των Bt φυτών στην ανθρώπινη υγεία, προκειμένου να εξεταστεί τυχόν τοξικότητα που μπορεί να παρουσιαστεί. Έχουν γίνει διάφορες δοκιμές (*in vitro* πέψης, δοκιμές

διατροφής σε ποντίκια δερματικά τεστ κλπ), σε πρωτεΐνες όπως οι Cry1Ab, Cry1Ac και σε ποικιλίες καλαμποκιού όπως οι MON810, Bt11, T25, Bt176 κλπ, οι οποίες έδειξαν ότι η Bt τοξίνη δεν παρουσιάζει καμία τοξικότητα αλλά και καμία αλλεργική αντίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό (Lemaux, 2008). Συμπεραίνοντας με αυτόν τον τρόπο ότι ο Bt αραβόσιτος είναι ασφαλής για κατανάλωση από τους ανθρώπους και τα ζώα.

#### **4.2.2. Οριζόντια μεταφορά γονιδίου**

Οριζόντια μεταφορά γονιδίου ορίζεται ως η ανταλλαγή γονιδίων μεταξύ δύο διαφορετικών οργανισμών χωρίς να παρεμβάλλεται η διαδικασία της αναπαραγωγής Genet, (1996). Με την οριζόντια μεταφορά γονιδίων, οι οργανισμοί μπορεί να ενσωματώσουν ένα ξένο γονίδιο, αυξάνοντας την γενετική ποικιλότητα. Η εμφάνιση του φαινομένου αυτού μεταξύ των βακτηρίων στο περιβάλλον αυξάνει την επικινδυνότητα των γενετικά τροποποιημένων βακτηρίων που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, καθώς προσβάλλοντας διαφορετικούς μικροοργανισμούς θα μπορούσε να αλλάξει το γονιδιώμά τους και στη συνέχεια την οικολογική ισορροπία (Heuer & Smalla, 2007).

Επιπλέον ένας άλλος παράγοντας εξίσου σημαντικός είναι η μεταφορά του γονιδίου που προσδίδει ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά, καθώς κατά την κατανάλωση του γενετικά τροποποιημένου τροφίμου υπάρχει το ενδεχόμενο τα βακτήρια που βρίσκονται στο πεπτικό σύστημα των ανθρώπων αλλά και των ζώων να αποκτήσουν ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά. Επιστημονικές όμως μελέτες υπέδειξαν ότι η πιθανότητα αυτή είναι αμελητέα, παρόλα αυτά έχουν γίνει συστάσεις ώστε να χρησιμοποιείται ένας διαφορετικός δείκτης αναγνώρισης ώστε ο κίνδυνος να μειωθεί στο ελάχιστο (Μπατρίνου, 2011).

Πρόσφατα εκφράστηκαν ανησυχίες για την πιθανότητα μεταφοράς DNA από τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα στα κύτταρα του πεπτικού συστήματος των ανθρώπων και των ζώων. Το DNA είναι το ίδιο μόριο ανεξάρτητα από την προέλευση του, καθώς λοιπόν εισέρχεται στο πεπτικό σύστημα υπόκειται σε τεμαχισμό. Τα μικρά αυτά τμήματα του γενετικού υλικού μπορεί να μην αποτελούν ένα ολοκληρωμένο γονίδιο παρόλα αυτά, υπάρχει περίπτωση να ενσωματωθούν σε κάποιους ιστούς των ζώων χωρίς βέβαια να μπορούν να έχουν κάποια λειτουργική δράση (Flachowsky *et al.*, 2007; CAST, 2006).

### 4.2.3. Απρόβλεπτοι κίνδυνοι

Κατά την μεταφορά γονιδίων μέσω της γενετικής μηχανικής, από έναν οργανισμό σε έναν άλλον καταργούνται οι φυσικοί γενετικοί φραγμοί μεταξύ των ειδών χωρίς να υπάρχει ακόμα πλήρη εικόνα για τις πιθανές επιπτώσεις. Επίσης η ενσωμάτωση ξένου γενετικού υλικού σε τυχαίες θέσεις στο γονιδίωμα ενός φυτού ή ενός ζώου μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή ή ακόμα και διακοπή του γενετικού προγράμματος του οργανισμού προκαλώντας αλλαγές στη μορφολογία και τα χαρακτηριστικά του. Ένας άλλος κίνδυνος που δεν μπορούμε να προβλέψουμε είναι πάνω στη χρήση ιικών φορέων για τη μεταφορά των γονιδίων καθώς δεν υπάρχει επιβεβαίωση ότι ο ιός δεν θα ξαναποκτήσει την λοιμογόνο δράση του (Schubert, 2008).

## Κεφάλαιο 5. Νομοθεσία και περιορισμοί

### 5.1. Νομοθετικές ρυθμίσεις

Στις ΗΠΑ οι νόμοι που έχουν οριστεί για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και συγκεκριμένα για τον Βt αραβόσιτο είναι πιο ευέλικτοι σε σχέση με αυτούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τους Γενετικά Τροποποιημένους Οργανισμούς θεσπίστηκε για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1990 δίνοντας αρχικά τον ορισμό του γενετικά τροποποιημένου οργανισμού ως «ο οργανισμός, εξαιρουμένων των ανθρώπινων όντων, του οποίου το γενετικό υλικό έχει τροποποιηθεί κατά τρόπο μη φυσιολογικό» (EFET, 2012).

Κύριο μέλημα της Ε.Ε. είναι η προστασία της υγείας των πολιτών αλλά και του περιβάλλοντος. Λαμβάνοντας υπόψη την επιστημονική εξέλιξη και τους κοινωνικούς προβληματισμούς δημιούργησε ένα νέο νομικό πλαίσιο, το οποίο άρχισε να ισχύει τον Απρίλιο του 2004 (Μπατρίνου, 2010). Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα γενετικά τροποποιημένα, αποτελεί την πιο αυστηρή νομοθεσία που υπάρχει αυτή τη στιγμή στον κόσμο

Οι νέοι Κανονισμοί, θα επηρεάσουν την παρούσα αλλά και τη μελλοντική πορεία της αγοράς των μεταλλαγμένων προϊόντων (Eurogora, 2007). Οι δύο πιο σημαντικές καινοτομίες της νέα νομοθεσίας, οι οποίες αφορούν το 90% των εισαγωγών μεταλλαγμένων προϊόντων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) είναι:

(Greenpeace, 2004)

1) Η υποχρεωτική σήμανση ακόμα και στις περιπτώσεις που η ανίχνευση του μεταλλαγμένου DNA ή της μεταλλαγμένης πρωτεΐνης δεν είναι εφικτή, όπως στην περίπτωση των φυτικών ελαίων.

2) Η σήμανση στις μεταλλαγμένες ζωοτροφές.

Η νομοθεσία προβλέπει εξονυχιστικό έλεγχο του προϊόντος πριν αυτό εγκριθεί για διάθεση στην αγορά. Στη διαδικασία έγκρισης συμμετέχουν οι αρμόδιες αρχές των 27 κρατών μελών, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή καθώς και η Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA). Η EFSA διαθέτει ένα πλήθος εξειδικευμένων επιστημόνων (Επιτροπή ΓΤΟ) χωρισμένων σε ομάδες. Κάθε ομάδα εξειδικεύεται σε έναν τομέα που θεωρείται αμφιλεγόμενος για το γενετικά τροποποιημένα προϊόντα, δηλαδή ειδικεύεται σε θέματα αλλεργιών, τοξικότητας, φυσιολογίας φυτού κλπ.

Οι βασικότερες Οδηγίες και Κανονισμοί που διέπουν το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και του αραβόσιτου, ειδικότερα συνοψίζονται στον πίνακα 5.

**Πίνακας 5. Τα βασικότερα σημεία της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας για το Βt αραβόσιτο**

Οδηγία-Κανονισμός	Βασικότερα σημεία
Κανονισμός (ΕΚ) 178/2002 Γενικός νόμος τροφίμων	Θέτει τις βασικές αρχές της νομοθεσίας των τροφίμων και των διαδικασιών στην ασφάλεια των τροφίμων καθώς και τα καθήκοντα της EFSA
Κανονισμός (ΕΚ) 1829/2003 Κανονισμός για τα ΓΤ. Τρόφιμα και ζωοτροφές (Official Journal L268 of 18.10.2003)	<p>Σύμφωνα με τον κανονισμό, η διάθεση στην κοινοτική αγορά γενετικώς τροποποιημένων και ζωοτροφών θα πρέπει να εγκρίνεται μόνον ύστερα από επιστημονική αξιολόγηση του υψηλότερου δυνατού επιπέδου, η οποία θα διεξάγεται υπό την ευθύνη της Ευρωπαϊκής Αρχής για την ασφάλεια των τροφίμων, των κινδύνων που παρουσιάζουν για την υγεία του ανθρώπου και των ζώων και κατά περίπτωση για το περιβάλλον.</p> <p>Ύστερα από αυτή την αξιολόγηση θα πρέπει να ακολουθηθεί μια απόφαση διαχείρισης κινδύνων που λαμβάνεται από την κοινότητα, δυνάμει μιας κανονιστικής διαδικασίας που θα εξασφαλίζει τη στενή συνεργασία της επιτροπής και των κρατών μελών.</p> <p>Τα Γ.Τ. τρόφιμα και ζωοτροφές θα πρέπει να μην: 1. Έχουν επιβλαβή επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, την υγεία των ζώων ή στο περιβάλλον. 2. Παραπλανούν τον καταναλωτή – χρήστη 3. Διαφέρουν από το τρόφιμο- ζωοτροφή που πρόκειται να αντικαταστήσουν σε βαθμό που η κατανάλωσή τους να αποβεί διαθρεπτικά μειονεκτική για τον καταναλωτή ή τα ζώα.</p> <p>Εφαρμογή εγκρίσεων για 10 χρόνια και δυνατότητα ανανέωσης.</p> <p>Μέτρα για χρήση προϊόντων και ως τρόφιμα και ως ζωοτροφές</p>
Κανονισμός (ΕΚ) 1830/2003 Για την ιχνηλασιμότητα και την επισήμανση των γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών. (Official Journal L 348 of 24.11.2004)	<p>Διασφαλίζει ότι οι πληροφορίες για τη γενετική τροποποίηση θα πρέπει να διατίθενται σε κάθε στάδιο διάθεσης ΓΤΟ στην αγορά καθώς και των τροφίμων και των ζωοτροφών που παράγονται από ΓΤΟ και συνεπώς θα πρέπει να διευκολύνεται η ορθή επισήμανση.</p> <p>Πλαίσιο ιχνηλασιμότητας προϊόντων αποτελούμενων από ΓΤΟ και τροφίμων, ζωοτροφών παραγόμενων από ΓΤΟ.</p> <p>Εφαρμογή κανονισμού σε όλα τα στάδια διάθεσης στην αγορά.</p> <p>Απαιτήσεις επισήμανσης προϊόντων αποτελούμενα ή περιέχοντα ΓΤΟ.</p>

	Μέτρα επιθεώρησης ελέγχου και κυρώσεις σε περίπτωση παράβασης.
Οδηγία 2001/18/ΕΟΚ Σκόπιμη απελευθέρωση ΓΤΟ (Official Journal L 268 of 18/10/2003)	Αυτή η οδηγία θέτει μια βήμα προς βήμα διαδικασία έγκρισης, η οποία στηρίζεται σε αξιολόγηση του ρίσκου στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον κάθε περίπτωσης ΓΤΟ, προτού απελευθερωθεί στο περιβάλλον ή διατεθεί στην αγορά.
Κανονισμός (ΕΚ) 65/2004 Για την καθιέρωση ενός αποκλειστικού αναγνωριστικού κωδικού αναγνωριστικού κωδικού για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς Official Journal L 10 of 16.1.2004	Μόλις εγκριθούν τα ΓΤ προϊόντα για διάθεση στην αγορά (οδηγία 2001/18/ΕΚ ή κανονισμός 1829/2003), ο κατάλληλος αποκλειστικός αναγνωριστικός κωδικός ορίζεται για κάθε ΓΤΟ και πρέπει να συμπεριληφθεί στην επισήμανση. Το προσδιοριστικό αποτελείται από 9 χαρακτήρες συμπεριλαμβανομένων των γραμμάτων και των αριθμών, που συνδυάζονται με έναν ομοίομορφο τρόπο.
Οδηγία 89/107/ΕΟΚ Για την προσέγγιση των νομοθεσιών σχετικά με τα πρόσθετα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα τρόφιμα τα οποία προορίζονται για ανθρώπινη τροφή.	Προβλέπει τη χορήγηση έγκρισης για πρόσθετες ύλες που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα και περιέχουν, αποτελούνται ή παράγονται από ΓΤΟ.
Κανονισμός (ΕΚ) 1946/2003 Διασυνοριακή διακίνηση ΓΤΟ	Καθιέρωση συστήματος κοινοποιήσεων και ανταλλαγών πληροφοριών για τις εξαγωγές των ΓΤΟ προς Τρίτες χώρες. Εφαρμογή στις διασυνοριακές διακινήσεις όλων των ΓΤΟ που ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην διατήρηση και την αειφόρο χρήση της βιοποικιλότητας λαμβάνοντας υπόψη τους κινδύνους που ελλοχεύουν για την ανθρώπινη υγεία.

Πηγή: Μπατρίνου, 2010

## 5.2. Νομοθεσία για την ιχνηλασιμότητα και επισήμανση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών

Σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού (ΕΚ) αριθ.1829/2003, όλοι οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί πρέπει να επισημαίνονται και να υπόκεινται στις απαιτήσεις ιχνηλασιμότητας που καθορίζονται από τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1830/2003.

Η υποχρεωτική σήμανση όλων των προϊόντων που περιέχουν γενετικά τροποποιημένο υλικό, εξασφαλίζει την ιχνηλασιμότητα του προϊόντος σε όλη την τροφική αλυσίδα ενώ παράλληλα ενημερώνει τον καταναλωτή. Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1830/2003 διευρύνει την έννοια των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων καθώς

περιλαμβάνει όλους τους τύπους τροφίμων που περιέχουν ή ακόμα και παράγονται από ΓΤΟ, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων που προορίζονται προς ανθρώπινη βρώση αλλά και των ζωοτροφών.

Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1829/2003 είναι πιο αυστηρός από την προηγούμενη νομοθεσία καθώς περιλαμβάνει όλα τα τρόφιμα που παράγονται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς χωρίς τη διάκριση μεταξύ εκείνων που περιέχουν το DNA ή την πρωτεΐνη του γενετικά τροποποιημένου οργανισμού από εκείνα που δεν την έχουν. Επιπλέον η προηγούμενη νομοθεσία κάλυπτε μόνο τα τρόφιμα με ίχνη του γενετικά τροποποιημένου οργανισμού στο DNA τους ενώ ο παρών κανονισμός καλύπτει όλα τα παράγωγα γενετικά τροποποιημένων οργανισμών ακόμα και αυτών που δεν φέρουν κανένα ίχνος του γενετικά τροποποιημένου οργανισμού. Με την νομοθεσία αυτή, όλοι οι καταναλωτές ενημερώνονται μέσω της υποχρεωτικής σήμανσης των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών δημιουργώντας έτσι μια δικλίδα προστασίας σε όλα τα στάδια παραγωγής και διάθεσης στην αγορά.

### **5.3. Νομοθετικές προϋποθέσεις καλλιέργειας αραβοσίτου Bt**

Σύμφωνα με την οδηγία 2001/18/EC, όπου παρουσιάζονται οι αρχές για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού κινδύνου, απαιτούνται ορισμένες ενέργειες για την επιτήρηση του καλλιεργούμενου αυτού φυτού. Όπως για παράδειγμα, η πραγματοποίηση αναφοράς και καταγραφής των λεπτομερειών, έγκαιρα, για τυχόν αρνητικές παρατηρήσεις, ώστε να ληφθούν γρήγορα ενέργειες και να μειωθεί ο κίνδυνος. Καθώς επίσης, οι καλλιεργητές που αναλαμβάνουν αυτήν την καλλιέργεια, πρέπει να είναι διαρκώς παρόντες στις περιοχές στις οποίες επρόκειτο να πραγματοποιήσουν την Bt καλλιέργεια. Προσφέρονται έτσι χρήσιμες πληροφορίες κατά την επιτήρηση και πρακτική της. Ακόμη, εξειδικευμένοι γεωργοί και διανομείς, οι οποίοι έχουν εμπειρία και γνώση για την καλλιέργεια του αραβοσίτου Bt, συμμετέχουν για τη μελέτη τακτικής περιβαλλοντικών ερευνών στην ευρεία περιοχή. Αυτή η τακτική στηρίζεται στην διάρθρωση της περιβαλλοντικής παρακολούθησης με τη χρήση ερωτηματολογίων.

Υπάρχει μια γενική επιτήρηση δεδομένων που συλλέγει από ένα υποσύνολο καλλιεργητών πλήρη απαντημένα ερωτηματολόγια. Οι ερευνητές που διεξάγουν αυτές τις έρευνες, πιστοποιούν το αριθμό των συμμετεχόντων, ο οποίος είναι αντιπροσωπευτικός για τις συγκεκριμένες εκτάσεις. Επίσης, διασφαλίζεται η επιλογή των συμμετεχόντων που είναι αντιπροσωπευτική για τις κύριες εκτάσεις όπου



καλλιεργείται το προϊόν. Μπορούν να συλλέγονται δεδομένα μέσω αλληλογραφίας, τηλεφωνικής εξυπηρέτησης ή συνεντεύξεων στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, ανάλογα με την περίπτωση.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν αναλύονται εντός και μεταξύ των χρόνων καλλιέργειας για πιθανές ενδείξεις άμεσες ή έμμεσες ως προς τις μη αναμενόμενες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Παρουσιάζονται ορισμένα ερωτήματα και παραμέτροι που σχετίζονται με τις σημαντικές πτυχές της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς γεωπονικών χαρακτηριστικών του επιθυμητού προϊόντος, καθώς και ζητήματα με στόχο πληροφορίες για σημαντικές αλλαγές στην καλλιέργεια. Δίνεται η αναφορά ως προς την εμπειρία των καλλιεργητών του αραβόσιτου και οι αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να υπάρξουν για το περιβάλλον.

Στο παράρτημα της παρούσας εργασίας (παράρτημα 1.) παρουσιάζεται ένα υπόδειγμα ερωτηματολογίου για τη γενική εποπτεία του αραβόσιτου Bt11.

Το ερωτηματολόγιο αυτό είναι χωρισμένο σε τέσσερις ενότητες (sections). Στην πρώτη ενότητα, δίνονται τα στοιχεία επικοινωνίας του γεωργού, στη δεύτερη, συλλέγονται πληροφορίες γενικής φύσεως για την εκμετάλλευση και τις γεωργικές εργασίες σε μορφή ερωτήσεων, στην τρίτη, δίνονται πληροφορίες για οποιοδήποτε απροσδόκητο παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, πιο συγκεκριμένα αλλαγές στις παραμέτρους όπως γονιμότητα εδάφους, ευαισθησία των φυτών σε ασθένειες ή και αναποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων. Τέλος στην τέταρτη ενότητα, περιλαμβάνεται η μετασυλλεκτική κατάσταση του Bt καλαμποκιού.

## Συμπεράσματα

Η Βιοτεχνολογία και η Γενετική Μηχανική είναι η νέα πρόκληση για ανθρώπινη ευημερία, αλλά και καταλυτικό εργαλείο που μπορεί να δημιουργήσει μη αναστρέψιμα προβλήματα. Η διεπιστημονικότητα της βιοτεχνολογίας, καθώς και η αναβαθμισμένη πολιτισμική θεώρηση που πρέπει να διέπει τον οικονομικά ανεπτυγμένο κόσμο είναι ισχυρές παράμετροι για την ανάπτυξη μηχανισμών ασφαλούς αξιοποίησης της. Διαγονιδιακά φυτά ανθεκτικά σε παθογόνους οργανισμούς και χημικές ουσίες και ποιοτικά βελτιωμένα (αυξημένη θρεπτική αξία) διαγονιδιακά τρόφιμα, είναι λίγα από τα αναρίθμητα επιτεύγματα της Γενετικής Μηχανικής.

Ένα από τα πιο διαδεδομένα γενετικά τροποποιημένα φυτά είναι ο γενετικά τροποποιημένος αραβόσιτος (Bt αραβόσιτος) ο οποίος φέρει γονίδιο ανθεκτικότητας σε ορισμένα έντομα που θεωρούνται βασικοί εχθροί των καλλιεργειών. Στόχος της δημιουργίας αυτής είναι η βελτίωση της παραγωγής αλλά και η μειωμένη χρήση τοξικών ουσιών για την προστασία του περιβάλλοντος. Πολλές έρευνες και μελέτες έχουν γίνει για τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρουν στο οικοσύστημα και στην ανθρώπινη υγεία οι Bt καλλιέργειες. Για τον λόγο αυτό η Επιστημονική Κοινότητα μαζί με την Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν θεσπίσει παραμέτρους και περιορισμούς για την ασφάλεια του καταναλωτή και του περιβάλλοντος γενικότερα, θεσπίζοντας κανονισμούς για να περιορίσουν την αλόγιστη χρήση τους.

Τα μέχρι τώρα πειραματικά δεδομένα είναι ενθαρρυντικά, έχοντας μια νότα αισιοδοξίας υπέρ των καλλιεργειών του Bt αραβόσιτου καθώς δεν έχουν καταγραφεί σημαντικές επιπτώσεις σε άλλα έντομα μη-στόχους, καθώς και στο οικοσύστημα γύρω τους. Εφόσον τηρούνται ορισμένες προϋποθέσεις και κανόνες που έχουν θεσπίσει μετά από χρόνια ερευνών οι διάφοροι φορείς που είναι υπεύθυνοι για την ασφάλεια των τροφίμων, οι καλλιέργειες κρίνονται τόσο ασφαλείς όσο και οι συμβατικές καλλιέργειες αραβόσιτου.

Παρόλο τα θετικά αποτελέσματα στις περισσότερες μελέτες, όσον αφορά την επικινδυνότητά του Bt αραβόσιτου, αναπάντητα ερωτήματα παραμένουν στις πιθανές επιπτώσεις που θα μπορούσαν να έχουν στην ανθρώπινη υγεία σε βάθος χρόνου. Αλλεργικές αντιδράσεις, τοξικότητα αλλά και οριζόντια μεταφορά γονιδίων είναι λίγες από τις καταγεγραμμένες επιπτώσεις που έχουν παρατηρήσει οι επιστήμονες.μ

Τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα δημιουργήθηκαν από τον άνθρωπο για την κάλυψη ορισμένων αναγκών του. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι η αλόγιστη χρήση τους θα έχει και τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η παρέμβαση στη φυσική ισορροπία του περιβάλλοντος σε μεγάλο βαθμό μόνο αρνητικές συνέπειες μπορεί να επιφέρει. Για τον λόγο θα πρέπει να ερευνώνται εξονυχιστικά όλα τα νέα προϊόντα που απελευθερώνονται στην αγορά και να χρησιμοποιούνται με σύνεση. Όχι μόνο για την προστασία της ανθρώπινης υγείας αλλά και για την εξασφάλιση της ασφάλειας του πλανήτη μας.

## Βιβλιογραφία

### Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

- Alderborn A., Sundstrb J., Soeria-Atmadja D., Sandberg M., Andersson H.C. & Hammerling U., (2010). *Genetically modified plants for non-food or non-feed purposes: Straightforward screening for their appearance in food and feed*. Food and Chemical Toxicology, 48, pp.453–464.
- Alphey N., Bonsal MB. Alpheia L. (2009). *Combining pest control and resistance management synergy of engineered insects with Bt crops*. J Econ Entomol. 102(2) pp.717-32
- *Armstrong C.L., (1999). The first decade of maize transformation: a review and future perspective. Maydica 44, pp.101-109.*
- Azevedo J.L. and Araujo W.L. (2003). *Genetically modified crops: environmental and human health concerns*. Mutation Research, 544, pp.223–233
- Babendreier D, Kalberer NM, Romeis J, Fluri P, Mulligan E, and Bigler F. (2005). *Influence of Bt-transgenic pollen, Bt-toxin and protease inhibitor (SBTI) ingestion on development of the hypopharyngeal glands in honeybees*. Apidologie, 36: pp.585–594.
- Bateman, A. J. (1947b) *Contamination of seed crops — II. Wind pollination*. Heredity 1, pp.235-246.
- Bates, SL, Zhao JZ, Roush RT, Shelton AM., (2005). *Insect resistance management in GM crops: past, present and future*. Nature Biotechnology, 23(1), pp.57-62.
- Benbrook M., (2001). *When Does It Pay To Plant Bt Corn? Farm-Level Economic Impacts of Bt Corn*.
- Bennett R. M., Kambhampati U. S., Morse S. and Ismael Y. (2006). *Farm-level economic performance of genetically modified cotton in Maharashtra, India*. Rev. Agric. Econ., 28, pp.59-71.
- Bennetzen J. and Sarah Hake, (2009). *Handbook of Maize. Genetics and Genomics*. Georgia: Springer publisher.

- Beyer P. (2010). *Golden Rice and Golden crops for human nutrition*. New Biotechnology, 27, pp. 5.
- Bode, W.M., & Calvin, D.D. (1990). *Yield-loss relationships and economic injury levels for European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) populations infesting Pennsylvania field corn*. Journal of Economic Entomology, 83(4), pp.1595-1603.
- Carpenter J. E. and Gianessi L. P., (1999). *Agricultural Biotechnology: insect control benefits*. National Center for Food And Agricultural Policy.
- Carriere Y., Ellers-Kirk, Sisterson M., Antilla L., Whilow M., 2003. *Long-term regional suppression of pink bollworm by Bacillus thuringiensis cotton*. Proc. Natl. Acad. USA 100, pp.1519-1523
- CAST, (2006). *Council for Agriculture Science and Technology: safety of meat, milk, eggs, from animals fed crops derived from Modern Biotechnology*. Issue Paper 34.
- Celec P et al., (2005). *Biological and Biomedical aspects of genetically modified food*. Biomedicine and Pharmacotherapy 59, pp.531-540
- Crailsheim K (1990). *The protein balance of the honey-bee worker*. Apidologie, 21, pp.417–429.
- Doerr N., Ladics G., McClain S., Herouet-Guicheney C., Poulsen LK., Privalle L., Stagg N., (2010). *Evaluating Biological variation in non-transgenic crops: Executive summary from the ILSI Health and Environmental Sciences Institute workshop*. Toxicol Pharmacol, pp.16-17.
- Domingo J.L. & Bordonaba J.G. (2011). *A literature review on the safety assessment of genetically modified plants*. Environment International, 37, pp.734–742.
- Dona A. & Arvanitoyannis IS (2008). *Health risks of genetically modified foods*. Department of Forensic Medicine and Toxicology, University of Athens, Medical School, Athens, Greece 26(6) pp.727-740.
- Eastham K. and Sweet J. (2002). *Genetically modified organisms (GMOs):*

- EFSA, (2006). *Guidance document of the scientific Panel on Genetically Modified Plants and their derived products intended for food and feed use*. The EFSA Journal 99, pp.1-94.
- EFSA, (2009). *EFSA evaluates antibiotic resistance marker genes in GM plants*.
- EFSA (2010). *EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO); Draft Scientific Opinion in the assessment of allergenicity of GM plants and microorganisms and derived food and feed*. EFSA Journal 8, pp.1700.
- Eizaguirre M, Albajes R, Lopez C, Eras J, Lumbierres B, and Pons X (2006). *Six years after the commercial introduction of Bt-maize in Spain: field evaluation, impact and future prospects*. Transgenic Research, 15, pp.1–12.
- Ferry N. and Gatehouse A. M.R. (2009). *Environmental Impact of Genetically Modified Crops*. School of Biology Institute for Research on Environment and Sustainability, Newcastle University, UK.
- Flachowsky G., Aulrich K., Bohme H., Halle I., (2007). *Studies on feeds from genetically modified plants (GMP)-contributions to nutritional and safety assessment*. Animal Feed Science and Technology 133, pp.2-30.
- Franks J.R. (1999). *The status and prospects for genetically modified crops in Europe*. Food Policy, 24, pp.567–584.
- Galan A., Brohee M., Silva E. & Hengel A. (2011). *Development of a real-time PCR method for the simultaneous detection of soya and lupin mitochondrial DNA as markers for the presence of allergens in processed food*. Food Chemistry, 127, pp.834–841.
- Gay P. (2001). *The biosafety of antibiotic resistance markers in plant transformation and the dissemination of genes through horizontal gene flow*, in: R. Clusters (Ed.), *Safety of Genetically Engineered Crops*. Zwijnaarde, Institute of Biotechnology, Belgium Flanders Interuniversity, 135–159.
- Gelvin, S.B. (2000) *Agrobacterium and plant genes involved in T-DNA transfer and integration*. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51, pp.223-256.

- Genet J., (1996). *Horizontal gene transfer*. Department of Genetics and Development Biology, Monash University 75, pp.219-232.
- Geps P., (2003). *Evolution of Crop Plants, the Origin of Agricultural and The Domestication of Lants*.
- Goodman RE *et al* (2008). *Allergenicity assessment of genetically modified crops-what makes sense?* Nature Biotechnology 26, pp.73-81.
- Gordon-Kamm, W. J., Spencer T. M., Mangano M. L., Adams T. R., Daines R. J., Start W. G., O'Brien J. V., Chambers S. A., Adams W. R., Jr., Willetts N.G., Rice T. B., Mackey C. J., Krueger R. W., Kausch A. P. and Lemaux P. G., (1990). *Transformation of maize cells and regeneration of fertile transgenic plants*. Plant Cell 2, pp.603-618.
- Heuer H. and Smalla K. (2007) *Horizontal gene transfer between bacteria*. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), Braunschweig, Germany.
- Huang, J., R. Hu, S. Rozelle and C. Pray (2005). *Insect-resistant GM rice in farmers' fields: assessing productivity and health effects in China*. Science, 308, pp.688–690.
- Huang, J., S. Rozelle, C. Pray and Q. Wang (2002). *Plant biotechnology in China*. Science, 295, pp.674–676.
- Hutchison, W. D., E. C. Burkness, P. D. Mitchell, R. D. Moon, T. W. Leslie, (2010). *Areawide suppression of European corn borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers*. Science 330, pp.222–225.
- Huttner S.L., Henry I., Miller and Peggy G., (1995). *Agricultural Biotechnology: Status and Prospects*. Technological Forecasting and Social Change 50, pp.25-39.
- Ishida Y., Saito H., Ohta S., Hiei Y., Komari T. and Kumashiro T., (1996). *High efficiency transformation of maize (Zea mays L.) mediated by Agrobacterium tumefaciens*. Nat Biotechnol 14, pp.745-750.
- Isik Icoz, Guenther Stotzky (2007). *Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems*. Soil Biology & Biochemistry 40 (2008) pp.559–586.

- James J.M., (1996). *Modern food microbiology, 5th edition, New York, Chapman and Hall.*
- Klein, E. K., Laredo, C. & Lavigne, C. (submitted) *Estimation of pollen dispersal function from field experiments.*
- Konig A., Cockburn A., Crevel RW., Debruyne E., Grafstroem R., Hammerling U., et al. (2004). *Assessment of the safety of foods derived from genetically modified (GM) crops.* Food Chem Toxicol 42, pp.1047-88.
- Koukol&ov&Nicola, B Hohn (1993). *How does the T-DNA of Agrobacterium tumefaciens find its way into the plant cell nucleus?*
- Kramer M.G. and Redenbaugh K. (1994). *Commercialization of a tomato with an antisense polygalacturonase gene: The Flavr Savr tomato story.* Euphytica, 79, pp.293-297.
- Ladics Gs., Knippels LM., Penninks AH., Bannon GA., Goodman RE., Herouet-Guicheney C., (2010). *Review of animal models designed to predict the potential allergenicity of novel proteins in genetically modified crops.* Regul Toxicol Pharmacol 56(2), pp.212-224.
- Lavigne C., Klein EK., Mari JF et al. (2008). *How do genetically modified (GM) crops contribute to background levels of GM pollen in an agricultural landscape?* Journal of Applied Ecology, 45, pp.1104-1113.
- Lawhorn C.N., Neher D. A.,Dively G.P. (2009). *Impact of coleopteran targeting toxin (Cry3Bb1) of Bt corn on microbially mediated decomposition.* Applied Soil Ecology 41, pp.364–368.
- Lemaux PG., (2008). *Genetically engineered plants and foods: a Scientist's analysis of the issues (Part 1).* Annual review of Plant Biology 59, pp.771-812.
- Lu, Y., K. Wu, Y. Jiang, B. Xia, P. Li., (2010). *Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China.* Science 328, pp.1151–1154.
- Lutman PJW., Sweet J., Berry K., Law J., Payne R., Simpson E., Walker K., Wightman P., (2008) *Weed control in conventional and herbicide tolerant*



winter oilseed rape (*Brassica napus*) grown in rotations with winter cereals in the UK. *Weed research* 48 pp.408-419.

- Malone LA (2004). *Potential effects of GM crops on honey bee health*. *Bee World*, 85, pp.29–36.
- Malone LA, and Pham-Delegue MH, (2001). *Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* sp.)*. *Apidologie*, 32, pp.287–304.
- Marineau B. (2001). *First Fruit: the creation of the Flavr Savr tomato and the birth of genetically engineered food*. McGraw-Hill, New York.
- Marvier, M., C. McCreedy, J. Regetz and P. Kareiva (2007). *A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on non-target invertebrates*. *Science*, 316, pp.1475–1477.
- Marvier, M., C. McCreedy, J. Regetz and P. Kareiva, (2007). *A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates*. *Science* 316, pp.1475–1477.
- Matthew G. Kramer & Keith Redenbaugh (1994). *Commercialization of a tomato with an antisense polygalacturonase gene: The FLAVR SAVR tomato story*. Calgene, Inc., pp.293-297.
- Mendelsohn, M., J. Kough, Z. Vaituzis and K. Matthews (2003). *Are Bt crops safe?* *Nature Biotechnol*, 21, pp.1003–1009.
- Munkvold Gp. and Desjardin AE., (1997). *Fumonisin in maize: can we reduce their occurrence*. *Plant Dis*. 81, pp.556-656
- Munkvold GP., McGee DC., Carlton WM.,(1997). *Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme**. *Phytopathology* 82, pp.209-217.
- Naranjo, S. E., and P. C. Ellsworth, (2009). *Fifty years of the integrated control concept: moving the model and implementation forward in Arizona*. *Pest Manag. Sci.* 65, pp.1267–1286.
- O’Callaghan M, Glare TR, Burgess EPI, and Malone LA (2005). *Effects of plants genetically modified for insect resistance on non-target organisms*. *Annual Review of Entomology*, 50, pp.271–292.

- Oerke E.C., (1994). *Food crops; Cash crops; Plants, Protection of; Food supply; Agricultural estimating and reporting; Losses*. Elsevier.
- Parrot W., Chassy B., Ligon J., Meyer L., Petrick J., Zhou J., Herman R., Delaney B. and Levine M. (2010). *Application of food and feed safety assessment principles to evaluate transgenic approaches to gene modulation in crops*. *Food Chem Toxicol*, 48(7), pp.1773-90.
- HR., Gepts P. (2008). *Long distance pollen flow assessment through* Pasquet RS., Peltier A., Hufford MB., Oudin E., Saulnier J., Paul L., Knudsen JT., Herren *evaluation of pollinator foraging range suggests transgene escape distances*. *PNAS*105, pp.13456-13461.
- Pauls K.P. (1995). *Plant Biotechnology for crop improvement*. *Biotechnology Advances*, Vol. 13, No.4, pp.673-693.
- Peairs F.B. (2011). *Bt Corn: Health and Environment*. Colorado State University.
- Peairs F.B. (2011). *Bt Corn: Health and Environment*. Colorado State University.
- Perry J. N., Devos Y., Arpaia S., Bartsch D., Gathmann A., Hails R. S., Kiss J., Lheureux K., Manachini B., Mestdagh S., Neemann G., Ortego F., Sciemann J. and Sweet J. B. (2010). *A mathematical model of exposure of non-target Lepidoptera to Bt-maize pollen expressing Cry1Ab within Europe*. *Proc. R. Soc. B* 277, pp.1417-1425.
- Pilcher, Clinton, and Rice, (1997) "Management of European Corn Borer and Corn Rootworms with Transgenic Corn: A Survey of Farmer Perceptions," *American Entomologist*, Spring.
- Pocket K. (2010). *Glyphosate and Glufosinate*. *Herbicide Tolerance Technology* No 10.
- Potrykus I (2010). *Lessons from Humanitarian Golden Rice project: regulation prevents development of public good genetically engineered crop products*. *N. Biotechnol.*
- Qaim M, (2009). *The economics of genetically modified crops*. *Ann. Rev. Res. Econ.*, 1, pp.665–693.

- Qaim M. (2010). *Benefits of genetically modified crops for the poor: household income, nutrition, and health*. New Biotechnology, 27.
- Qaim, M., and Zilberman D. (2003). *Yield effects of genetically modified crops in developing countries*. Science, 299, pp.900–902.
- Que, Q., Dell M., Cheryl M. de Fontes, Chengkun He, Nuccio M, Tong Zhu, Yuexuan Wu, Jeng S. Chen and Liang Shi (2010). *Trait stacking in transgenic crops. Challenges and opportunities*. Syngenta Biotechnology, Inc. pp.220-229.
- Ratner M.R. (1989), *Crop biotech '89: Research efforts are market driven*, Biotechnology, pp.337.
- Ronald P. (2011). *Genetically Engineered Crops-What, How and Why.*: <http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2011/08/11/genetically-engineered-crops/>
- Saher M., Lindeman M. & Hursti U. (2006). *Attitudes towards genetically modified and organic foods*. Appetite. 46, pp.324–331.
- Sanvido O., Romeis J., Gathmann A., Gielkens M., Raybould A., Bigler F. (2006). *Evaluating environmental risks of genetically modified crops: ecological harm criteria for regulatory decision-making*. Sciencedirect 15, pp.85-91.
- Schoessow K., (n.d). *Area Agricultural Development Agent Burnett*. Sawyer, & Washburn Counties.
- Schubert DR., (2008). *The problem with nutritionally enhanced plants*. Journal of Medicinal Food 11(4), pp.1089.
- Sears M., Hellmich R., Stanley-Horn D., Oberhauser K., Pleasants J., Mattila M., Siegfriedi B., and Dively G., (2001). *Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment*. Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, ON, Canada.
- Pleasants J., Mattila H., Siegfried B., Dively G., (2001). *Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 98, pp.11937-11942.

- Selgrade MK., Bowman CC., Ladics GS., Privalle L., Laessig SA., (2010). *Safety assessment of biotechnology products for potential risk of food allergy: implications of new research. Toxicol Sci.*, 110, pp.31-39.
- Shelton A.M. (2008). *What is Bt and What is the Risk of Insects Becoming Resistant to Bt Transgenic Plants?* Cornell University.
- Shelton, A.M., Zhao, J.Z., and Roush, R.T. (2002). *Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. Annu. Rev. Entomol.* 47, pp.845–881.
- Shelton, A.M., Zhao, J.Z., and Roush, R.T. (2002). *Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. Annu. Rev. Entomol.* 47, pp.845–881.
- Susanne L.H., Henry I.M. & Peggy G.L., (1995). *U.S. agricultural biotechnology: Status and prospects. Technological Forecasting and Social Change* 50, pp.25-39.
- Sweet J. (2003). *Pollen dispersal and cross pollination. 1<sup>st</sup> European Conference on the Co-existence of Genetically Modified Crops with Conventional and organic Crops*
- Sygenta, (2004). *Information and Questionnaire relating to General Surveillance. Appendix 2.*
- Tabashnik, B. E., (2010). *Communal benefits of transgenic corn. Science* 330, pp.189–190.
- Tabashnik, B., A. J. Gassman, D. W. Crowder and Y. Carriere, (2008). *Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. Nat. Biotechnol.* 26, pp.199–202.
- Tabashnik, B., A. J. Gassman, D. W. Crowder and Y. Carriere, (2008). *Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. Nat. Biotechnol.* 26, pp.199–202.
- *The significance of gene flow through pollen transfer. Environmental issue report* 28.
- Torney J., Frame B. and Wang K., (2007). *Maize, Transgenic Crops IV. Springer*, pp. 73-105.

- Van Leeuwen CJ, and Hermens JLM, eds. (1995). *Risk assessment of chemicals: an introduction*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht NL.
- Wu, K-M., Y.-H. Lu, H.-Q. Feng, Y.-Y. Jiang and J.-Z. Zhao, (2008). *Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. Science 321, pp.16676.*
- WHO, (2012). *20 QUESTIONS ON GENETICALLY MODIFIED (GM) FOODS.*
- Ye X. , Al Babili S. and Kloti A. (2000). *Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. Science, 287, pp.303-305.*
- Ziemienowicz A., (2001). *Odyssey of Agrobacterium T-DNA*. Plant Protection and Biotechnology Laboratory, Department of Biotechnology, Intercollegiate Faculty of Biotechnology, University of Gdańsk, Gdańsk, Poland 48, pp.623-635.

#### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Αρβανιτογιάννης Ι.Σ. & Βαρζάκας Θ.Χ (2006). *Γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα*. Έμβρυο, Αθήνα.
- Ξαπλαντέρη Μ. (2007). *Ζυμώσεις-Βιοτεχνολογία. Εργαστηριακές Σημειώσεις*.
- Μπατρίνου Μ., (2011). *Σύγχρονη Βιοτεχνολογία Τροφίμων, Γενετικά τροποποιημένα Τρόφιμα*. Αθήνα. Εκδόσεις Πασχαλίδης.

#### **Διαδικτυακή Βιβλιογραφία**

- About Biotechnology, (2005). Διαθέσιμο:  
<http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=558> Τελευταία επίσκεψη 20/4/2013.
- Agricultural Biotechnology Timeline. (2012). Διαθέσιμο :  
<http://www.whybiotech.com/resources/timeline.asp> Τελευταία επίσκεψη 13/4/2013.

- ▶ Bt Corn Types Available, (2009). Διαθέσιμο:  
<http://extension.udel.edu/kentagextension/2009/10/28/bt-corn-types-available/> Τελευταία επίσκεψη 25/4/2013.
- ▶ Cultivation of GMOs rises in many European countries, (2008). Διαθέσιμο:  
[http://www.gmo-compass.org/eng/news/379.cultivation\\_gmos\\_rises\\_many\\_european\\_countries.html](http://www.gmo-compass.org/eng/news/379.cultivation_gmos_rises_many_european_countries.html) Τελευταία επίσκεψη 29/5/2013
- ▶ Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory, (2008). Διαθέσιμο:  
<http://www.nature.com/nbt/journal/v26/n2/abs/nbt1382.html> Τελευταία επίσκεψη 16/5/2013
- ▶ Overview of the Process of Plant Genetic Engineering, (2008) Διαθέσιμο:  
<http://agbiosafety.unl.edu/education/summary.html> Τελευταία επίσκεψη 25/4/2013
- ▶ Traditional vs. Modern Biotechnology, (2006). Διαθέσιμο:  
<http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=562> Τελευταία επίσκεψη 20/4/2013.
- ▶ Transgenic Bt Corn, A Powerful Pest Management Tool, (2008). Διαθέσιμο:  
<http://www.ces.ncsu.edu/plymouth/pubs/btcorn99.html> Τελευταία επίσκεψη 25/4/2013.
- ▶ What is Biotechnology? (2006). Διαθέσιμο:  
<http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=561> Τελευταία επίσκεψη 20/4/2013.
- ▶ Πρωτόκολλο της Καρθαγένης για τη Βιοασφάλεια, (2003).  
[http://ethics.duth.gr/files/regulation\\_1946\\_2003\\_gr.pdf](http://ethics.duth.gr/files/regulation_1946_2003_gr.pdf) Τελευταία επίσκεψη 25/4/2013.

✚ Για τις εικόνες: [www.google.com](http://www.google.com)

## Παραρτήματα

Παράρτημα 1.Υπόδειγμα ερωτηματολογίου για τη γενική εποπτεία του αραβοσίτου Bt11, χωρισμένο σε 4 μέρη (sections) (Sygenta, 2004).

Before filling out the questionnaire, please read carefully the following instructions:  
Please complete a questionnaire for each GM crop that you cultivated this year.  
Please always fill out the general Sections 1 and 2 of this questionnaire.  
If you planted Bt11 maize on your farm this season, then please answer the questions in Section 3, which are related to your observations during the growing season of this GM crop in the field.  
If you have already harvested your Bt11 maize crop, or in case you have cultivated Bt11 maize varieties in previous years, please answer the questions in Section 4 related to your post-harvest observations.

### SECTION 1: PERSONAL DATA

Name*:	.....
Address*:	..... .....
Telephone*:	.....
Fax*:	.....
E-mail*:	.....
COUNTY/REGION:	..... .....
COUNTRY:	..... .....
Date questionnaire completed (DD/MM/YYYY):	...../...../.....

\*Any personal information collected through this survey will be kept in our database, where it is stored for the sole purpose of general surveillance of the environmental release of genetically modified organisms. The data will be stored and handled in accordance with the Data Protection Directive (95/46/EC) and your wishes. If you do not wish to share personal information marked with the asterisk (\*) please leave the line blank.

### SECTION 2: YOUR FARM AND FARM ACTIVITIES

1 Area:  
Please indicate the ..... ha total area of arable land on your farm (in hectares).

2 Planting history of GM crops: Please indicate in chronological order which GM crop(s) and varieties you planted in the last 4 years on your farm. There is no need to list non-GM crops in this table.

Please use the question mark (“?”) where you do not have the requested information.

YEAR	GM CROP(S)	VARIETY	AREA OF GM (ha)
2008			
2007			
2006			
2005			

3 Rotation: For the three largest fields where you have cultivated Bt11 maize this season, please specify the three previous crops used in the rotation. Please use the question mark (“?”) where you do not have the requested information.

	<i>Field 1</i>	<i>Field 2</i>	<i>Field 3</i>
Current crop	<i>Bt11 maize...</i>	<i>Bt11 maize</i>	<i>Bt11 maize</i>
Previous crop	.....	.....	.....
2 seasons ago	.....	...	.....
3 seasons ago	.....	.....	.....
		.....	.....
		...	.....

4 Livestock:  
 - Do you rear livestock on a commercial scale on your farm?  Yes  No  
 - Only if you answered, “yes” to 4a.  Yes  No  
 b Did you feed Bt11 maize to the livestock on your farm?



5 Scouting:  
 How often did you or your co-workers scout your GM crop during the growth season?

Once or less than once per month     Several times per month     Several times per week     Several times per day     Every day

6 Training:

a Have you received specific information and/or technical trainings prior to your first planting of this GM crop?     Yes     No     Don't know

b Only if you answered "yes" to 6a, how would you evaluate these technical session(s) you followed?     Not useful     Useful     Very useful     Don't know

7 Seed:

a Do you read the label of seed bags containing GM seeds, prior to planting?     Never     Sometimes     Always     Don't know

b Do you comply with the label recommendations on GM seed bags?     Never     Sometimes     Always     Don't know

c If you do not comply with the label recommendations, please specify why this is the case .....

d If you would observe something unusual with your GM crop, who would you contact to report what you observed (e.g. manufacturer, seed distributor, extension service, ...)?     Don't know

8 Plant protection products:

a Do you read the label of the plant protection products you use prior to their application?     Never     Sometimes     Always     Don't know

b Do you comply with the recommendations on the labels of plant protection products (e.g. glove use, recommended dosage, danger phrases, product stewardship recommendations)?     Never     Sometimes     Always     Don't know

- If you do not comply with the label recommendations, please specify why this is the case

- If you would notice unsatisfactory performance of a plant protection product, who would you contact to report your observation (e.g. the product manufacturer, distributor, extension service, ...)?

9 Official farm inspections:  
During the past 12 months, did you have any inspections on your farm by governmental officials responsible for plant protection or extension services?

10 Satisfaction:  
How satisfied are you with your Bt11 maize crop?  
- Would you consider growing Bt11 varieties of this crop again in your rotation in the future?

**SECTION 3: YOUR OBSERVATIONS RELATED TO THE GM CROP IN THE FIELD**

Please indicate here which variety/varieties of the GM crop you cultivated this season and describe your observations of the GM crop during its growth season.

GM CROP: *Bt11 maize*

VARIETY:

11 Soil fertility:  
-a Compared to your past experience with cultivation of the non-GM crop, how would you describe the soil fertility of the area planted with the Bt11 maize crop?

-b Only if you answered "different" in 11a, please also specify the difference you observed at your farm. ....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

-c Only if you answered "different" in 11a, please shortly describe your use of fertiliser or manure in Bt11 maize and compare it to previous years of planting a comparable non-GM maize variety. ....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

12 Plant diseases:

-a Compared to your past experience with cultivation of the non-GM crop, how would you describe the susceptibility of Bt11 maize to plant diseases?  As usual  Different  Don't know

-b Only if you answered "different" in 12a, please also specify the difference you observed on your farm. ....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

-c Only if you answered "different" in 12a, please shortly describe your use of plant protection products (insecticides, fungicides) in Bt11 maize and compare it to previous years of planting the non-GM maize. ....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

-d Have you observed any unusual insect pest attack on Bt11 maize?

13 Weed control:

-a Compared to your past experience with cultivation of the non-GM maize, how would you describe the result of your weed management?  As usual  Different  Don't know

-b Only if you answered "different" in 13a, please also specify the differences in weed control you observed at your farm.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

-c Only if you answered "different" in 13a, please briefly describe the weed control program you used to apply in the past in the non-GM crop.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

-d Which herbicides did you use on the Bt11 maize?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

14 Other unusual field observations:  
Have you experienced anything unusual in or around the field during the cultivation of your Bt11 maize?  Yes:  No  
If yes, please specify your observation.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 15 Feedback on unusual observations:
- a In the past 12 months, have you  Yes:  No  
 contacted the manufacturer or I have  
 distributor of the Bt11 seed to report contacted.....  
 any unusual observations, which you .....  
 might have attributed to the use of to report that  
 this crop? If yes, please specify .....  
 shortly what you reported and to .....  
 whom. ....  
 ....  
 ....  
 ....  
 ....  
 ....  
 ....
- b In the past 12 months, have you  Yes:  No  
 contacted a pesticide manufacturer or I have  
 distributor to report any unusual contacted.....  
 observations, which you might have .....  
 attributed to the use of pesticides in to report that  
 the Bt11 maize? If yes, please .....  
 specify shortly what you reported .....  
 and to whom. ....  
 ....  
 ....  
 ....  
 ....  
 ....

Any other remarks, if any, related to the cultivation of your GM-crop:

---



---



---



---

**SECTION 4: YOUR OBSERVATIONS AFTER HARVEST OF THE GM CROP**

In this section, please describe your observations following the harvest of this season's Bt11 maize *or* describe your observations following last year's planting of Bt11 maize varieties of this crop. If you have not harvested this season's Bt11 maize crop yet and you did not plant Bt11 varieties of this crop last year, then please leave the entire Section 4 blank.

16	Yield:			
-a	Please indicate the average yield for your Bt11 maize (MT/ha) and give the corresponding moisture and/or dry weight content (%).	..... ...MT/ha	Moisture: ..... ...% <b>OR</b> Dry weight: ..... %	
-b	Only if you observed anything unusual with the yield of your Bt11 maize crop, compared to your past experience with the non-GM maize, then please specify your observations.	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....		
17	Invasiveness:			
-a	Are plants from your Bt11 maize crop present in the surroundings of the field?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Don't know
-b	Only if you answered "yes" to 17a, did you experience a difference between non-GM and Bt11 varieties of this crop with respect to this presence of these plants outside the field? (If yes, please also specify the difference you observed at your farm.)	<input type="checkbox"/> Yes: ..... ..... ..... ..... ..... .....	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Don't know
18	Volunteers:			
-a	Does your Bt11 maize produce 'volunteers' in the following season or following crop?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Don't know
-b	Only if you answered "yes" to 18a, did you experience a difference between non-GM and Bt11 varieties of this crop with respect to the number of volunteers? (If yes, please also specify the difference you observed at your farm.)	<input type="checkbox"/> Yes: ..... ..... ..... ..... ..... .....	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Don't know
-c	Only if you answered "yes" to 18a, were you able to control the Bt11 maize volunteers following the instructions contained in the technical leaflets?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Don't know

19 Other post-harvest observations:  
Have you experienced anything unusual in or around the field following the harvest of your Bt11 maize crop? If yes, please specify.

<input type="checkbox"/> Yes:	<input type="checkbox"/> No
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	

Any other remarks, if any, following the harvest of your Bt11 maize:

---

---

---

---