



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ/ΤΡΟΦΙΜΩΝ»**



ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΟΛΓΑ ΒΟΥΤΣΙΚΑΚΗ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΤΡΑΝΤΑΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

"Εφαρμοσμένη Επιστήμη και Τεχνολογία στη Γεωπονία"

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ, 2020

Αξιολόγηση κινδύνων της χρήσης και κατανάλωσης ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων.

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΤΡΑΝΤΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ/ ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

2. ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΒΕΡΒΕΡΙΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

3. ΚΩΣΤΑΣ ΛΟΥΛΑΚΑΚΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΕΛΜΕΠΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΤΡΑΝΤΑ.

Αξιολόγηση κινδύνων της χρήσης και κατανάλωσης ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων.

Στον Παππού μου, τον Γεωπόνο
και στον αδερφό μου, το στήριγμα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο εργαστήριο Βιολογικών και Βιοτεχνολογικών Εφαρμογών του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου. Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Εμμανουήλ Τραντά για την υπομονή, την καθοδήγηση και την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ στο εργαστήριό του και να προσπαθήσω να φέρω σε πέρας ένα, όπως αποδείχθηκε, δύσκολο έργο.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον συντροφό μου, που με στήριξαν καθόλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών.

Τέλος, αναμφίβολα πολλά ευχαριστώ αξίζουν όλοι οι καθηγητές του μεταπτυχιακού τμήματος διότι αποτέλεσαν τους λίθους για να κτιστεί το αποτέλεσμα, η ολοκλήρωση των σπουδών. Αλλά σίγουρα δε θα ξεχάσω ποτέ τη στήριξη της Ανδριάννας Σταυροπούλου, στέλεχος της Γραμματείας του μεταπτυχιακού προγράμματος αλλά και ψυχής του τμήματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	7
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	10
ABSTRACT	12
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	14
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	16
1.3 ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ/ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	23
1.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΓΤΟ ΚΑΙ ΓΤ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	25
Α. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ AGROBACTERIUM TUMEFACIENS.....	28
Β. ΒΙΟ-ΒΑΛΙΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	29
Γ. ΣΥΣΤΗΜΑ CRISPR/Cas9	30
1.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΤΟ ΚΑΙ ΓΤ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	32
1.5.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΤ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	33
1.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΤ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	40
1.6.1 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΤΟ ΚΑΙ ΓΤ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ	45
1.7 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΓΤΟ ΚΑΙ ΤΑ ΓΤ ΤΡΟΦΙΜΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	55
2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	61
2.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	61
2.1.1 ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	69
2.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	72
2.3 ΔΙΕΘΝΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ.....	75
2.4 Η ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ 85	
3 ΎΡΕΥΝΑ & ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	87
3.1 ΥΠΟΘΕΣΗ GOLDEN RICE ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΣΙΑ.	87
3.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΓΤΟ. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΤΑ ΖΩΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ	90
4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	107

Αξιολόγηση κινδύνων της χρήσης και κατανάλωσης ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξέλιξη της βιοτεχνολογίας έχει οδηγήσει σε μια σειρά από δυναμικά και πλέον χρήσιμα εργαλεία όπως η γενετική μηχανική που αφορά την τροποποίηση της γενετικής σύνθεσης οργανισμών. Όχι μόνο ο γεωργικός κλάδος αλλά και οι υπόλοιποι ερευνούν τις συνέπειες της εφαρμογής της γενετικής μηχανικής και τροποποίησης. Είναι αλήθεια, πως η τροποποίηση του γενετικού υλικού ζώων και φυτών, έχει δημιουργήσει γόνιμο έδαφος για μια νέα αναπαραγωγική περίοδο του αγροτικού τομέα. Ύστερα από την παραγωγή της ντομάτας Flavr Savr το '94, δημιουργήθηκαν πολλά γενετικά τροποποιημένα φυτά. Μπήκαν στο παιχνίδι ποικιλίες κολοκυθιάς και παπάγιας ανθεκτικές σε ιούς, φυτά κάνολας/ελαιοκράμβης με τροποποιημένο περιεχόμενο ελαίων, αραβόσιτος και βαμβάκι με ανθεκτικότητα σε εχθρούς, σόγια και ζαχαρότευτλα ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα κ.α.

Πολλές κυβερνήσεις ανά τον κόσμο και σχετικοί οργανισμοί διεθνούς εμβέλειας έχουν θέσει ως προτεραιότητα τα τελευταία χρόνια, την επίτευξη μιας «βιώσιμης εντατικοποίησης» (sustainable intensification) της παραγωγής τροφίμων. Για το σκοπό αυτό, γίνεται χρήση όλο και περισσότερο παλαιών και νέων τεχνολογιών. Η υιοθέτηση και η αποδοχή των νέων τεχνολογιών από τους γεωργούς και το ευρύ κοινό αντίστοιχα, αποτελούν καίριους μοχλούς για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής γεωργίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Ενώ αναγνωρίζεται το δυναμικό της τεχνολογικής ανάπτυξης για τη βιωσιμότητα της γεωργίας, υπάρχει δυσπιστία και παγκόσμια τάση για αυξημένη ρύθμιση των νέων τεχνολογιών στη γεωργία, ιδίως των βιοτεχνολογιών που έχουν ως αντικείμενο τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς (ΓΤ), είτε επειδή υπάρχει ανησυχία σχετικά με την ασφάλειά τους είτε για λόγους δεοντολογίας.

Το Φεβρουάριο του 2010 σε 32 ευρωπαϊκές χώρες, πραγματοποιήθηκε η τελευταία έρευνα του Ευρωβαρόμετρου για τις βιοεπιστήμες και την βιοτεχνολογία και φανέρωσε μια νέα εποχή στη σχέση επιστήμη και κοινωνία (Gaskell et al., 2010). Ενώ οι εδραιωμένες απόψεις για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα εξακολουθούν να είναι εμφανείς, η ανασφάλεια και η κρίση της εμπιστοσύνης στην τεχνολογία και τη νομοθεσία που αποτελούσε χαρακτηριστικό της δεκαετίας του 1990, δεν είναι πια η κυρίαρχη προοπτική. Για πιο λόγο συμβαίνει αυτό; Έχουν απαντηθεί όλα τα σχετικά ερωτήματα

με την ασφάλεια της χρήσης της τεχνολογίας;

Ένα ολοκληρωμένο αλλά αυστηρό νομικό καθεστώς διαθέτει η ΕΕ για τους Γενετικά Τροποποιημένους Οργανισμούς (ΓΤΟ), τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές, που παράγονται από ΓΤΟ και τα τρόφιμα/ζωοτροφές που τους περιέχουν. Η νομοθεσία και η πολιτική της, βασίζονται στην «*αρχή της προφύλαξης*» που κατοχυρώνεται στην κοινοτική και διεθνή νομοθεσία και στοχεύουν στην πρόληψη και αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην υγεία των ζώων και των ανθρώπων.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας θα γίνει, κατ' αρχάς, μια εισαγωγική παρουσίαση του θέματος της γενετικής μηχανικής που θα περιλαμβάνει έννοιες και ορισμούς, θα παρουσιαστούν α) τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της αλλά και θα παρουσιαστεί η αντίληψη του κόσμου για την τεχνολογία και τα προϊόντα της. Η ένταξη κάθε καινοτομίας πρέπει να γίνεται με ασφάλεια καθώς εκτός από τα ηθικά ζητήματα που μπορεί να προκύπτουν, πρέπει να καταγραφούν και να αντιμετωπισθούν οι ενδεχόμενες ζημιές στο περιβάλλον αλλά και οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία και τον καταναλωτή (Τσαυτάρης, 1998). Το σκοπό αυτό εξυπηρετούν οι Οδηγίες και οι Κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο· β) στη συνέχεια της εργασίας θα γίνει αναφορά στη μεθοδολογία για την εκτίμηση των κινδύνων και γ) Θα αναλυθεί ο εκτελεστικός κανονισμός 503/2013 της Επιτροπής σχετικά με τις αιτήσεις έγκρισης γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών και πως χρησιμοποιείται στην πράξη για την αξιολόγηση της ασφάλειας. Θα αποτελέσει σημαντικό τμήμα της διπλωματικής και θα πραγματοποιηθεί εκτεταμένη αναζήτηση στη βιβλιογραφία για την παρουσίαση ποικίλων πειραμάτων ελέγχου των κινδύνων από την κατανάλωση και χρήση ΓΤΟ. Κλείνοντας, υπό το πρίσμα της επισιτιστικής ασφάλειας (Food Security), μετά την παράθεση όλων των αποτελεσμάτων από τα πειράματα αξιολόγησης των κινδύνων από τη χρήση και κατανάλωση ΓΤ τροφίμων, θα γίνει συζήτηση ώστε να βγει ένα ασφαλές συμπέρασμα.

ABSTRACT

The evolution of biotechnology has led to the use of a series of useful tools such as genetic engineering, which can be used to modify the genetic composition of organisms. Not only the agricultural sector but others as well are investigating the consequences of the application of genetic engineering and modification. The genetic modification of plants and animals has paved the way for the agricultural sector to enter a new productive period. Since the production of the Flavr Savr tomato in 1994, many genetically modified plants have been created. Zucchini and papaya varieties resistant to viruses, canola / rapeseed plants with modified oil content, maize and cotton with resistance to enemies, soybeans and sugar beets resistant to herbicides, etc. have become part of the equation.

In recent years, many governments around the world and international organizations have made it a priority to achieve a "sustainable intensification" of food production. For this reason, more and more old and new technologies are used. The adoption and acceptance of new technologies by farmers and the public respectively, are the key for maintaining the competitiveness of European agriculture worldwide. While the potential of technological development for agricultural sustainability has been made acceptable, there is distrust and a global trend towards increased regulation of new technologies in agriculture, especially genetically modified biotechnologies (GMs), either because of safety concerns or for ethical reasons.

In February 2010, the latest Eurobarometer survey on life sciences and biotechnology was conducted in 32 European countries, marking a new era in the relationship between science and society (Gaskell et al., 2010). While deep-rooted views on genetically modified foods are still evident, the insecurity and lack of confidence in technology and legislation that characterized the 1990s is no longer the dominant point of view. Why is this happening? Have all the relevant safety questions been answered?

The EU has a comprehensive but strict legal regime for GMOs, food and feed produced from GMOs and food / feed containing them. Its legislation and policy are based on the "precautionary principle" protected by both the communal and international law

and aim to the prevention and avoidance of any adverse effects on the environment, animal and human health.

First, an introductory presentation of the topic of genetic engineering will be made in this dissertation that will include concepts and definitions. It will present a) its advantages and disadvantages but also will provide the world perception of technology and its products. The integration of any innovation must be done safely as in addition to the ethical issues that may arise, the potential damage to the environment and the impact on public health and the consumer should be recorded and addressed (Tsavtaris, 1998). The European Union Directives and Regulations serve this purpose, which will be presented in the next chapter. b) the next part of the dissertation will be a reference to the methodology for risk assessment and c) the Commission Implementing Regulation 503/2013 on applications for authorization of genetically modified food and feed and how it is used in practice for safety evaluation will be analyzed. An extensive search on the bibliography in order to present a variety of experiments on how to control the risks from the consumption and use of GMOs will be an important part of the dissertation. In conclusion, following Food Security, and after presenting all the results of the risk evaluation experiments from the use and consumption of GM food, there will be a discussion in order to reach a safe conclusion.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

“If we knew what we were doing,
it would not be called research, would it?”

Albert Einstein

1.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Γεγονός αδιαμφισβήτητο αποτελεί η ικανότητα των οργανισμών να διαιώνίζονται, να παραλλάσσονται, να προσαρμόζονται και να εξελίσσονται. Η ζωή απαντάται σε ποικίλες μορφές που καθορίζεται από την γενετική ύλη· το DNA. Η κατανόηση της δομής του και η γνώση των μηχανισμών βιοσύνθεσής του, επέτρεψαν την απευθείας επέμβαση σε αυτό (Gaskell et al., 2010). Σύμφωνα με τον Α. Τσαυτάρη (1998), οποιαδήποτε πληροφορία μέχρι το 1950 σχετικά με την κληρονομική/γενετική ύλη, βασιζόταν σε δοξασίες και μύθους. Μετά το 1950 φαίνεται να κατανοείται η δομή και η λειτουργία του· η επιστημονική κοινότητα μόλις που είχε συστηθεί με το μεγαλομόριο του DNA. Με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, παρατηρήθηκε ο διπλασιασμός του DNA και στη συνέχεια «διαβάστηκε» όλο το γενετικό υλικό (γονιδίωμα) ενός σχετικά ανώτερου οργανισμού, όπως είναι ο ζυμομύκητας που ενώ είναι μονοκύτταρος οργανισμός, το γονιδίωμα του μοιάζει με αυτό των φυτών και των ζώων. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί πως η χρήση διαφόρων μικροοργανισμών για την παραγωγή ορισμένων τροφίμων (όπως τυρί, γιαούρτι, ξύδι, αλκοολούχα ποτά, ψωμί) απαντά στα αρχαία χρόνια ακόμη (FAO, 2004; Herdt, 2006).

Η επιστήμη της βιοτεχνολογίας αφορά την εφαρμογή ποικίλων βιολογικών λειτουργιών σε τεχνολογικό επίπεδο, με σκοπό την τροποποίηση και βελτίωση των φυτών, των ζώων και των μικροοργανισμών, με επιθυμητό αποτέλεσμα την αύξηση της αξίας τους ή πιο απλά την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων (Herdt, 2006; Wieckzorek, 2003; Τσαυτάρης, 1998). Η βιοτεχνολογία, ξεκίνησε από την χρήση μικροοργανισμών για την παραγωγή γιαουρτιού μέσω εμβολιασμού του γάλακτος με βακτηρίδια γαλακτικού οξέος, την παραγωγή τυριού, μπύρας, ψωμιού, αλλαντικών κλπ. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων, η επιστήμη της βιοτεχνολογίας εξελίσσεται ραγδαία και πλέον επεμβαίνει όλο και περισσότερο σε πολυσύνθετες διαδικασίες της ζωής.

Τεχνολογίες όπως αυτές του ανασυνδυασμού του DNA και της γενετικής μηχανικής αποτελούν σημαντικό τμήμα της βιοτεχνολογίας και αφορούν την τροποποίηση του γενετικού κώδικα που βρίσκεται σε κάθε κύτταρο (Παναγιωτόπουλος, 2010). Η τεχνολογία ανασυνδυασμού του DNA αφορά στην εξειδικευμένη μεταφορά επιλεγμένων γονιδίων, από ένα άτομο σε ένα άλλο, συγγενικά ή μη, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται νέοι συνδυασμοί της γενετικής πληροφορίας. Η συγκεκριμένη τεχνολογία αναπτύσσεται διαρκώς και μπορεί σαφέστατα να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο στην υπόθεση της βελτίωσης των φυτών, στην αύξηση της απόδοσης της παραγωγής αλλά να συνεισφέρει ακόμη στην επεξεργασία τροφίμων, στη φαρμακευτική, στη διαγνωστική, στην κτηνοτροφία αλλά και στην παραγωγή ενέργειας (Khan et al., 2016; Nambisan, 2017; Φανουράκης, 2002). Η εκρηκτική διάδοση της γενετικής μηχανικής τα τελευταία χρόνια, οφείλεται στη δυναμική που παρουσιάζει αλλά και στις πολυάριθμες δυνατότητές της. Η γενετική τροποποίηση αφορά τον τομέα της βιοτεχνολογίας που αποσκοπεί στον χειρισμό του γενετικού υλικού των οργανισμών, επιτρέποντάς τους να εκτελούν συγκεκριμένες ενέργειες και λειτουργίες (Raman, 2017).

Η απάντηση στο ερώτημα γιατί υπάρχει τόσο ενδιαφέρον για τη γενετική μηχανική, είναι η εξασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας, της ανθρώπινης υγείας αλλά και της ισορροπίας της ζωής και των οικοσυστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, και σχετικά με τον αγροτικό και κτηνοτροφικό τομέα, τα ζώα και τα φυτά που χρησιμοποιούνται σήμερα στην αγροτική παραγωγή και υποστηρίζουν διατροφικά τον πολύπλοκο πολιτισμό μας, έχουν προέλθει μέσω επιλεκτικών διασταυρώσεων (selective breeding) για την διασφάλιση επιθυμητών χαρακτηριστικών. Η γενετική τροποποίηση φυτών (και ζώων αλλά θα επικεντρωθούμε στα φυτά) μπορεί να επιφέρει στον αγροτικό τομέα την αύξηση των αποδόσεων, την μείωση της χρήσης παρασιτοκτόνων και την παραγωγή προϊόντων με βελτιωμένη γεύση και διατροφική αξία (Klug, Cumming, Spencer, Palladino, & Killan, 2016). Αυτό συνεπάγεται θετικές επιπτώσεις στην οικονομία αλλά και στο περιβάλλον. Στα φυτά καταγράφηκε για πρώτη φορά η παραπάνω τεχνολογία, πριν από περίπου 10.000 χρόνια στη νοτιοδυτική Ασία, όπου οι άνθρωποι αναπαρήγαγαν για πρώτη φορά φυτά μέσω ακούσιας τεχνητής επιλογής και επιλεκτικών διασταυρώσεων. Από τότε και ύστερα η εξέλιξη της επιστήμης και τεχνολογίας στη γεωπονία έφερε επανάσταση στην εμπορική γεωργία (Raman, 2017).

Με τη βοήθεια της επιστήμης και την πρόοδο της τεχνολογίας δημιουργήθηκαν

ανθεκτικές ποικιλίες (σόγια, καλαμπόκι, βαμβάκι, ελαιοκράμβη/κάνολα) σε ζιζανιοκτόνα και εντομοκτόνα, διάφορες εμπορικές ποικιλίες γλυκοπατάτας ανθεκτικές σε ιούς που μπορούσαν να καταστρέψουν το μεγαλύτερο μέρος της αφρικανικής συγκομιδής, ρύζι με μεγαλύτερο ποσοστό σιδήρου και βιταμινών ως όπλο για τον υποσιτισμό στις ασιατικές χώρες αλλά και πληθώρα άλλων φυτών που μπορούν να επιβιώσουν σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Τέλος, δημιουργήθηκαν μπανάνες που παράγουν ανθρώπινα εμβόλια κατά των μολυσματικών ασθενειών όπως η ηπατίτιδα Β, ψάρια που αναπτύσσονται πιο γρήγορα, φυτά που παράγουν νέα πλαστικά με μοναδικές ιδιότητες κ.α. Όμως, όπως όλες οι νέες τεχνολογίες, έτσι και η γενετική τροποποίηση έχει φέρει ορισμένους κινδύνους, γνωστούς και άγνωστους. Τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι ποικίλα και αφορούν κυρίως την ασφάλεια των καταναλωτών και του περιβάλλοντος (Bawa & Anilakumar, 2013; Nambisan, 2017; Raman, 2017). Το μέλλον του γεωπονικού κλάδου και κυρίως της αγροτικής παραγωγής θα εξυπηρετούνταν ορθότερα, εάν και εφόσον δεν υπήρχε η δημόσια πόλωση γύρω από την γενετική τροποποίηση και επικεντρωνόταν οι έρευνες στην δυνατότητα ενσωμάτωσης συμπληρωματικών τεχνολογιών μέσα σε ένα διαφοροποιημένο πλαίσιο γεωργικού συστήματος (Bennett, Chi-Ham, Barrows, Sexton, & Zilberman, 2013).

1.2 Ιστορική ανασκόπηση

Τα πρώτα βήματα στην επιστήμη της βιοτεχνολογίας που οδήγησαν στη σύγχρονη γενετική τροποποίηση πραγματοποιήθηκαν το 1946, όταν οι επιστήμονες διαπίστωσαν πως το γενετικό υλικό μπορεί να μεταφερθεί μεταξύ διαφορετικών ειδών. Το 1953 οι επιστήμονες Watson και Crick, του Cambridge University, ανακάλυψαν τη διπλή ελικοειδή δομή του DNA και βοήθησαν στην τεκμηρίωση του κεντρικού δόγματος, τη μεταγραφή του DNA σε RNA και την επακόλουθη μετάφραση σε πρωτεΐνες (Raman, 2017). Το 1973 ακολούθησαν επαναστατικά πειράματα από τους Boyer και Cohen τα οποία σύμφωνα με δημοσίευση του Cohen και των συνεργατών του την ίδια χρονιά, έφεραν στο φως την κλωνοποίηση DNA θραυσμάτων σε φορείς πλασμιδίων (Sands & Brent, 2016). Επί της ουσίας παρουσίασαν την "κοπή και επικόλληση" του DNA μεταξύ διαφορετικών ειδών, χρησιμοποιώντας περιοριστικές ενδονουκλεάσες και DNA λιγάση (μοριακό ψαλίδι και κόλλα) με αποτέλεσμα τον πρώτο επιτυχώς επεξεργασμένο γενετικά

τροποποιημένο οργανισμό (ΓΤΟ) στον κόσμο (Raman, 2017; Rangel, 2015). Τελικά, το 1983 δημιουργήθηκε το πρώτο γενετικά τροποποιημένο φυτό καπνού με ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά (Bawa & Anilakumar, 2013). Σύμφωνα με τον Raman (2017), την ίδια χρονιά παρήχθη και η πρώτη γενετικά τροποποιημένη πετούνια ανθεκτική σε αντιβιοτικά. Και τα δύο παραπάνω είδη πραγματοποιήθηκαν από τρεις ανεξάρτητες ερευνητικές ομάδες (Raman, 2017; C. Zhang, Wohlhueter, & Zhang, 2016). Το 1990 η Κίνα ως πρώτη χώρα που εμπορεύτηκε διαγονιδιακή καλλιέργεια, εισήγαγε καπνό ανθεκτικό σε έναν ιό. Η πρόοδος της τεχνολογίας του ανασυνδυασμού του DNA οδήγησε τελικά, στη δημιουργία γενετικά τροποποιημένων τροφίμων (ΓΤΤ). Το 1994 εισήλθε στην αγορά των ΗΠΑ η ντομάτα FlavrSavr® (Calgene, USA) (Εικ. 1). Η πρώτη ΓΤ τροφή στον κόσμο που εγκρίθηκε από την Αμερικάνικη Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration, FDA) για ανθρώπινη κατανάλωση ως νωπός καρπός. Το 1996 εισήλθε στην αγορά του Ηνωμένου Βασιλείου με τη μορφή τοματοπολτού (Wong & Chan, 2016). Τα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα ήταν η αργοπορημένη ωρίμανση και η αντοχή στη σήψη (Raman, 2017). Παρόλα αυτά, το 1997 η τομάτα FlavrSavr αποσύρθηκε από την αμερικάνικη αγορά εξαιτίας της διχογνωμίας του κόσμου και του κόστους του εξοπλισμού μεταφοράς (Wunderlich & Gatto, 2015).

Το 1995, λίγες διαγονιδιακές καλλιέργειες έλαβαν έγκριση εμπορίας και ήταν οι εξής. Ελαιοκράμβη με τροποποιημένη σύνθεση ελαίου (Calgene), αραβόσιτος που παρήγαγε Cry πρωτεΐνες του *Bacillus thuringiensis* (Bt), ανθεκτικός σε έντομα (Ciba-Geigy), βαμβάκι ανθεκτικό στο ζιζανιοκτόνο Bromoxynil (Calgene), βαμβάκι Bt (Monsanto), πατάτα Bt (Monsanto), σόγια ανθεκτική στο ζιζανιοκτόνο glyphosate (Monsanto), κολοκύθι ανθεκτικό σε ιό (Asgrow) και ορισμένες ντομάτες καθυστερημένης ωρίμανσης (DNAP, Zeneca / Peto και Monsanto). Συνολικά μέχρι το 1996, χορηγήθηκαν 35 εγκρίσεις για την ανάπτυξη οκτώ ΓΤ καλλιεργειών και μιας ΓΤ ανθοκομικής καλλιέργειας (γαρίφαλο) σε έξι χώρες και στην ΕΕ (Bawa & Anilakumar, 2013). Από το '96 και μετά, αναπτύχθηκαν αρκετές ΓΤ καλλιέργειες ανθεκτικές στη γλυφοσάτη, κυρίως αραβόσιτου και ζαχαρότευτλων (Rangel, 2015). (Εικ. 1).

Το 2000, ύστερα από επτά χρόνια μελέτης γύρω από τη β-καροτίνη (καρότου και γλυκοπατάτας) και την μετατροπή της σε βιταμίνη Α, δημιουργήθηκε τελικά επιτυχώς το στέλεχος GR1 με δύο γονίδια ασφόδελου (*Asphodelus ramosus*) και ένα βακτηρίου. Τα γονίδια αυτά μετέβαλαν τον μεταβολισμό των φυτών ρυζιού, έτσι ώστε να παράγουν β-

καροτίνη. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε το στέλεχος GR2, στο οποίο αντικαταστάθηκε ένα γονίδιο ασφόδελου με ένα αραβόσιτου, με αποτέλεσμα 23 φορές πιο αυξημένη παραγωγή β-καροτίνης. Η ΓΤ ποικιλία ρυζιού (*Oryza sativa*) έγινε γνωστή ως «Χρυσό Ρύζι» (Golden Rice, Rockefeller Foundation) και δημιουργήθηκε με στόχο την αύξηση της διατροφικής αξίας και την καταπολέμηση της ανεπάρκειας βιταμίνης Α (VAD), η οποία ευθύνεται για πάνω από 500.000 θανάτους κάθε χρόνο (Gearing, 2015; Potrykus, 2001; Rangel, 2015). Στις ΗΠΑ μέχρι το 2002, υπέστησαν γενετική τροποποίηση πάνω από το 40% του αραβόσιτου, το 50% του βαμβακιού και το 45% της σόγιας που φυτεύτηκαν μόλις τρία χρόνια νωρίτερα. Επίσης, τουλάχιστον το 60% των τροφίμων στα καταστήματα περιείχαν Γενετικά Τροποποιημένους Οργανισμούς (Ahmed, 2002). Μετά το 2005 ΓΤ ζαχαρότευτλα ανθεκτικά σε γλυφωσάτη (glyphosate) υιοθετήθηκαν εκτενώς στις ΗΠΑ όπου σταδιακά κάλυψαν το 95% των στρεμμάτων των ζαχαρότευτλων. ΓΤ ζαχαρότευτλα ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα εγκρίθηκαν επίσης για καλλιέργεια στην Αυστραλία, τον Καναδά, την Κολομβία, την Ιαπωνία, την Κορέα, το Μεξικό, τη Νέα Ζηλανδία, τις Φιλιππίνες, τη Ρωσία, και τη Σιγκαπούρη (Bawa & Anilakumar, 2013). Μέχρι και το 2012, είχαν δημιουργηθεί πάνω από 200 διαφορετικές ποικιλίες γενετικά τροποποιημένων φυτών (Klug et al., 2016).

Το 2014, 28 χώρες αύξησαν τις ΓΤ καλλιέργειες. Περίπου οκτώ από αυτές ήταν βιομηχανικές χώρες, ενώ 20 αναπτυσσόμενες και βασίστηκαν στις ικανότητες της βιοτεχνολογίας για αύξηση αποδόσεων (Wunderlich & Gatto, 2015). Συνολικά οι ΓΤ καλλιέργειες μέχρι το 2014, ανέρχονταν σε 181 εκατομμύρια εκτάρια γης, δηλαδή το 13% της παγκόσμιας αρόσιμης γης και 100 φορές επάνω της καλλιεργημένης με ΓΤ έκτασης το 1996. Ωστόσο, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) εξακολουθούσε και εξακολουθεί να έχει χαμηλό ποσοστό αποδοχής τέτοιων καλλιεργειών καθώς επίσης έχει επιβάλλει πολύ αυστηρούς κανόνες για την έγκριση και την επισήμανση των ΓΤ τροφίμων, απαιτώντας εκτίμηση κινδύνου (risk assessment) για όλα τα νέα ΓΤ τρόφιμα και τις ζωοτροφές που πρόκειται να βγουν στην αγορά αλλά και υποχρεωτική επισήμανση των ΓΤ τροφίμων (Wong & Chan, 2016). Σήμερα, ύστερα από δύο δεκαετίες έπειτα από την πρώτη ΓΤ καλλιέργεια στις ΗΠΑ, μόνο δύο ΓΤ ποικιλίες έχουν εγκριθεί για καλλιέργεια στην Ευρώπη. Μια ποικιλία αραβόσιτου (MON810) ανθεκτική σε έντομα (Bt) που αναπτύχθηκε από την εταιρία Monsanto καθώς και κάποια παράγωγα της που παράγονται από κτηνοτρόφους με άδεια της εταιρίας και μια ποικιλία πατάτας, η Amflora, που

παραγόταν από την εταιρία BASF. Ύστερα από δέκα χρόνια διαδικασίας έγκρισης, τελικά το 2010 εγκρίθηκε η Amflora από την ΕΕ αλλά η εταιρία αποσύρθηκε από την European Biotech το 2012 και η Amflora δεν είναι πλέον διαθέσιμη (Halford, 2019). Η Κύρια ΓΤ ποικιλία αραβόσιτου, με ανθεκτικότητα σε έντομα, μέχρι το 2014 καταλάμβανε 150.000 εκτάρια γης σε 5 κράτη μέλη. Η Ισπανία υπήρξε η πιο θετική ανάμεσα στις χώρες τις ΕΕ απέναντι στις ΓΤ καλλιέργειες και αύξησε το ποσοστό του ΓΤ καλαμποκιού στο 92% (Wunderlich & Gatto, 2015). Το 2016 στην Ισπανία, η καλλιέργεια ΓΤ αραβόσιτου έφτασε τα 129.081 εκτάρια και 7000 εκτάρια στην Πορτογαλία. Πολύ μικρές τιμές σε σύγκριση με τα εκατομμύρια εκτάρια ΓΤ καλλιεργειών σε Αμερική και Ασία (Halford, 2019). Ακόμη, να σημειωθεί πως η ΕΕ μέχρι στιγμής έχει δώσει έγκριση για ποικιλίες βαμβακιού, αραβόσιτου, ελαιοκράμβης, σόγιας και ζαχαρότευτλου η οποία περιλαμβάνει την απελευθέρωσή τους ως τροφές, ζωοτροφές και συστατικά αυτών με εξαίρεση την καλλιέργειά τους, σύμφωνα με τον κανονισμό αριθ. 1829/2003 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission, 2017).

Σε αντίθεση με την ΕΕ, στην Αμερική το χρονικό διάστημα 1996-2014, η καλλιέργεια ΓΤ ποικιλιών σόγιας με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα επεκτάθηκε από 7% στο 94% των καλλιεργούμενων εκτάσεων, η καλλιέργεια ΓΤ βαμβακιού ανθεκτικού σε ζιζανιοκτόνο εκτινάχθηκε από το 2% στο 91% των καλλιεργούμενων εκτάσεων βάμβακος και τέλος, η καλλιέργεια ΓΤ αραβόσιτου από 3% στο 89% (Wunderlich & Gatto, 2015). Οι ΗΠΑ και η Κίνα αποτέλεσαν τις δύο μεγαλύτερες αγορές ΓΤ καλλιεργειών και τροφίμων. Το 2014 καθώς και τα επόμενα χρόνια, οι ΗΠΑ είχαν τη μεγαλύτερη έκταση ΓΤ καλλιεργειών και ακολούθησαν η Βραζιλία και η Αργεντινή (Εικ. 2). Περίπου το 70%-90% των γενετικώς τροποποιημένων καλλιεργειών προορίζονταν για ζωοτροφές (Wong & Chan, 2016). Το 2015, η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) των Ηνωμένων Πολιτειών, ενέκρινε το πρώτο γενετικά τροποποιημένο ζώο για ανθρώπινη κατανάλωση, τον σολομό AquAdvantage ο οποίος είχε την ικανότητα να αναπτύσσεται πολύ γρήγορα. Αυτό σηματοδότησε νέο ορόσημο για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. Ταυτόχρονα αποτέλεσε αιτία για επανεξέταση της ασφάλειας και της διαφάνειας των γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων (Clifford, 2014; FDA, 2015; Upton & Cowan, 2014; Wong & Chan, 2016).

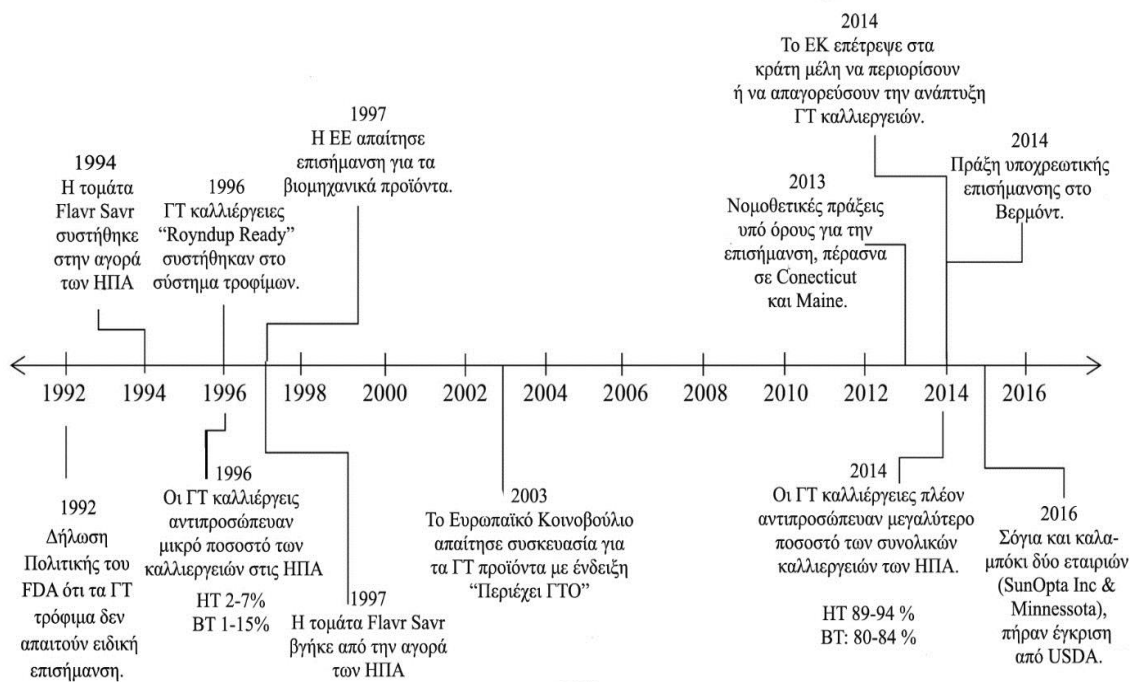
Παγκοσμίως μέχρι το 2016 και παρόλη τη δημόσια διαμάχη, οι ΓΤ καλλιέργειες σόγιας, αραβόσιτου, βάμβακος κλπ., καταλάμβαναν έκταση 1,7 δισεκατομμυρίων

στρεμμάτων, με τον τζίρο να φτάνει τα 15 δισεκατομμύρια δολάρια (Klug et al., 2016). Το 2018, από τις 26 χώρες που ανέπτυξαν βιοτεχνολογικές καλλιέργειες οι 18 αναγνωρίστηκαν ως χώρες με μεγάλη βιοτεχνολογική εφαρμογή (biotech megacountries) και οι οποίες ανέπτυξαν πάνω από 50,000 εκτάρια η κάθε μια ή και περισσότερο (Πίνακας 1). Οι ΓΤ καλλιέργειες στις ΗΠΑ έφτασαν τα 75 εκατομμύρια εκτάρια, καλύπτοντας το 39% της παγκόσμιας ΓΤ καλλιεργήσιμης έκτασης. Οι εν λόγω καλλιέργειες ήταν σόγια (34,08 εκατ. εκτάρια), καλαμπόκι (33,17 εκατ. εκτάρια), βαμβάκι (5,06 εκατ. εκτάρια), ελαιοκράμβη (900.000 εκτάρια), ζαχαρότευτλα (491.000 εκτάρια), τριφύλλι (1,26 εκατ. εκτάρια) και περίπου 1.000 εκτάρια παπάγια, κολοκύθι, πατάτες και μήλα. Δεύτερη βρέθηκε η Βραζιλία με 51,3 εκατομμύρια εκτάρια ή αλλιώς το 27% της παγκόσμιας παραγωγής (Πίνακας 1) (ISAAA, 2018).

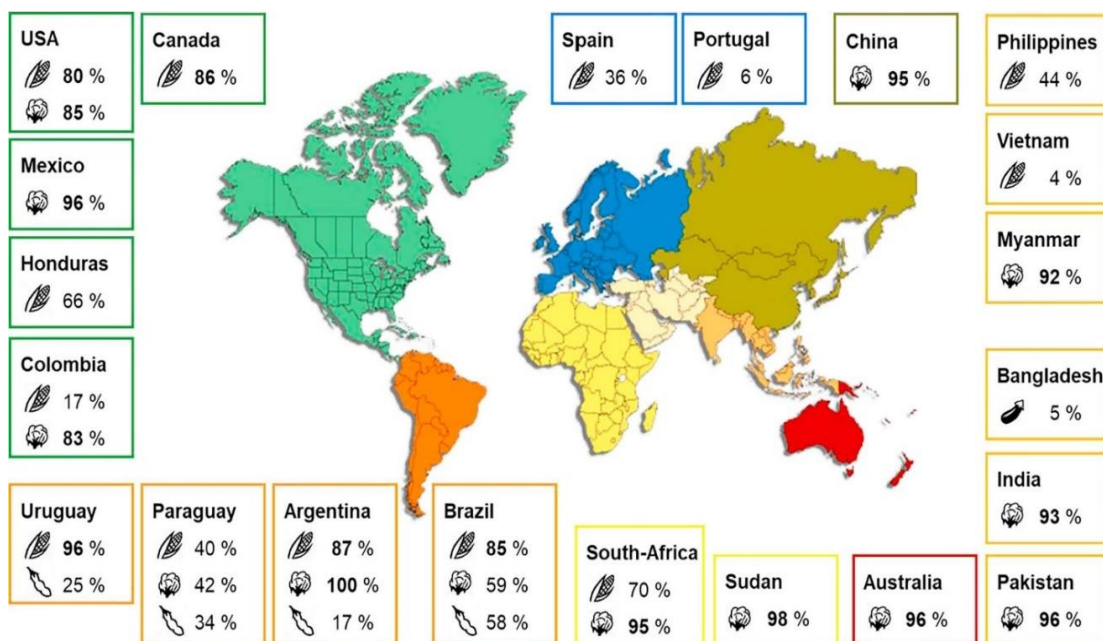
Με το πέρασμα του χρόνου, πέρα από τις ΓΤ καλλιέργειες και τους ΓΤ οργανισμούς που προορίζονται για ζωοτροφές και διατροφικά προϊόντα, παγκόσμιο ενδιαφέρον έχει καλλιεργηθεί γύρω από την μοριακή καλλιέργεια φυτών (plant molecular farming). Δηλαδή, την χρήση φυτών για την παραγωγή ανασυνδυασμένων φαρμακευτικών και βιομηχανικών πρωτεϊνών σε μεγάλες ποσότητες (Obembe, Popoola, Leelavathi, & Reddy, 2011; Yao, Weng, Dickey, & Wang, 2015). Πρέπει να σημειωθεί πως η πρώτη φυτική φαρμακευτική πρωτεΐνη και το πρώτο ανασυνδυασμένο αντίσωμα που παρήχθησαν σε ΓΤ φυτά, βρέθηκαν το 1982 και το 1986 αντίστοιχα. Το 1997 η πρώτη ανασυνδυασμένη πρωτεΐνη (αβιδίνη), εκφράστηκε σε ΓΤ αραβόσιτο για εμπορικούς σκοπούς (Rigano, De Guzman, Walmsley, Frusciante, & Barone, 2013). Ένα ακόμη τρανό παράδειγμα βιοτεχνολογικού φαρμακευτικού προϊόντος αποτελεί το ανθρώπινο φάρμακο Humulin (ανθρώπινη ινσουλίνη) κατά του διαβήτη, αυτή τη φορά παραγόμενο από ΓΤ βακτήριο το οποίο και ενέκρινε το 1982 η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των Ηνωμένων Πολιτειών (FDA). Η ίδια υπηρεσία το 2009 ενέκρινε το πρώτο βιολογικό προϊόν που παράχθηκε από ΓΤ ζώο (κατσίκια), το φάρμακο ATryn, για τη θεραπεία μιας σπάνιας διαταραχής του αίματος (Rangel, 2015).

Η γενετική μηχανική έφερε σπουδαία αποτελέσματα όχι μόνο στον αγροτικό τομέα και τη φαρμακευτική αλλά και στον κλάδο της ιατρικής, της βιομηχανίας και του περιβάλλοντος. Όλες αυτές οι τεχνολογίες έχουν σημαντικούς ακόλουθους και υποστηρικτές αλλά όμως αντιμετωπίζουν και αρκετά εμπόδια, ορισμένα εκ των οποίων αναλύονται παρακάτω. Για την αποτελεσματική και ασφαλή χρήση κάθε καινοτομίας

απαιτείται η δημιουργία κατάλληλου θεσμικού πλαισίου. Όσον αφορά τη γενετική μηχανική, πέρα από τα ηθικά ζητήματα που προκύπτουν, πρέπει να αντιμετωπισθούν οι πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον, τη δημόσια υγεία και τον καταναλωτή (Τσαντάρης, 1998). Για το σκοπό αυτό οι αρμόδιες επιτροπές και όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έχουν θεσπίσει Οδηγίες και Κανονισμούς που θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 1. Περιληπτικό χρονοδιάγραμμα εισαγωγής και κίνησης των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών σε Αμερική και Ευρώπη το διάστημα 1992-2015 (Wunderlich & Gatto, 2015).



Εικόνα 2. Παγκόσμια υιοθέτηση (σε%) των ΓΤ καλλιεργειών (αραβόσιτος, βαμβάκι, σόγια, μελιτζάνα) με ανοχή στα έντομα, το έτος 2017. Οι χώρες που παρουσιάζονται χρησιμοποίησαν ΓΤ καλλιεργείες πάνω από 1000 εκτάρια. Για το Βιετνάμ και την Ισπανία, τα ποσοστά υπολογίστηκαν βάσει δεδομένων της Γεωργικής Εξωτερικής Υπηρεσίας USDA (Romeis, Naranjo, Meissle, & Shelton, 2019).

Πίνακας 1. Οι γενετικά τροποποιημένες καλλιεργείες σε εκτάρια ανά τον κόσμο το 2018. Οι χώρες που αναγράφονται με αστερίσκο αναφέρθηκαν πιο πάνω ως biotech mega-countries, μεταφρασμένη εικόνα (ISAAA, 2018).

A/A	ΧΩΡΑ	ΕΚΤΑΣΗ (ΕΚΑΤ. ΕΚΤΑΡΙΑ)	ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ-ΓΤ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
1	ΗΠΑ*	75.0	αραβόσιτο, σόγια, βαμβάκι, κάνολα, ζαχαρότευτλα, άλφαλφα, παπάγια, κολοκύθι, πατάτα, μήλα
2	Βραζιλία*	51.3	σόγια, αραβόσιτο, βαμβάκι, ζαχαροκάλαμο
3	Αργεντινή*	23.9	σόγια, αραβόσιτος, βαμβάκι
4	Καναδάς*	12.7	κάνολα, αραβόσιτο, σόγια, κάνολα, ζαχαρότευτλα, άλφααλφα
5	Ινδία*	11.6	βαμβάκι
6	Παραγουάη*	3.8	σόγια, αραβόσιτο, βαμβάκι
7	Κίνα*	2.9	βαμβάκι, παπάγια
8	Πακιστάν*	2.8	βαμβάκι
9	Ν. Αφρική*	2.7	αραβόσιτο, σόγια, βαμβάκι
10	Ουρουγουάη*	1.3	σόγια, αραβόσιτος
11	Βολιβία*	1.3	σόγια
12	Αυστραλία*	0.8	βαμβάκι, κάνολα
13	Φιλιππίνες*	0.6	αραβόσιτο

14	Μιανμάρ*	0.3	βαμβάκι
15	Σουδάν*	0.2	βαμβάκι
16	Μέξικο*	0.2	βαμβάκι
17	Ισπανία*	0.1	αραβόσιτο
18	Κολομβία*	0.1	βαμβάκι, αραβόσιτο
19	Βιετνάμ	<0.1	αραβόσιτο
20	Χοντούρας	<0.1	αραβόσιτο
21	Χιλή	<0.1	αραβόσιτος, σόγια, κάνολα
22	Πορτογαλία	<0.1	αραβόσιτος
23	Μπαγκλαντές	<0.1	μελιτζάνα
24	Κόστα Ρίκα	<0.1	βαμβάκι, σόγια
25	Ινδονησία	<0.1	ζαχαροκάλαμο
	Σύνολο	191.7	

1.3 Γενετική Μηχανική/Γενετική Τροποποίηση. Ορισμοί και έννοιες

Γενετική Μηχανική είναι ο κλάδος της Γενετικής ο οποίος ασχολείται με τη δημιουργία και εισαγωγή στο κύτταρο νέων τεχνητών συνδυασμών της κληρονομικής ουσίας (δηλαδή του DNA), χρησιμοποιώντας μοριακές μεθόδους και *in-vitro* τεχνικές. Ακόμη, ανασυνδυασμένο DNA είναι το μόριο DNA που περιέχει νέους (τεχνητούς) συνδυασμούς γονιδίων οι οποίοι συνήθως προέρχονται από διαφορετικούς βιολογικά οργανισμούς. Τα μόρια αυτά κατασκευάζονται σε εργαστήρια με τη χρήση διάφορων ενζύμων (Rosenberg, 2017; Φανουράκης, 2002). Οι τεχνικές ανασυνδυασμένου DNA περιλαμβάνουν όλες τις τεχνικές χειρισμού του DNA και του RNA που αφορούν την τροποποίηση γενετικού υλικού, έξω από έναν οργανισμό, για την απόκτηση βελτιωμένων επιθυμητών χαρακτηριστικών σε ζωντανούς οργανισμούς (Khan et al., 2016). Πιο συγκεκριμένα, αφορούν την ικανότητα κοπής, αλλαγής και σύνδεσης των μορίων DNA *in vitro* αλλά και συστήματα ξενιστή/φορέα, που επιτρέπουν στα μόρια του ανασυνδυασμένου DNA την αντιγραφή και την μαζική παραγωγή (Carter & Shieh, 2010). Οι τεχνικές του ανασυνδυασμένου DNA είναι ιδιαίτερα ισχυρές, καθώς μας παρέχουν τα εργαλεία για τη μελέτη της γενετικής οποιουδήποτε οργανισμού και για την απομόνωση του DNA οποιουδήποτε σχεδόν γονιδίου. Μπορούμε να απομονώσουμε ένα συγκεκριμένο γονίδιο, να το κλωνοποιήσουμε, προκειμένου να παραγάγουμε πολλαπλά αντίγραφα του και να το αλληλουχίσουμε, προκειμένου να «διαβάσουμε» τη γενετική

πληροφορία που περιέχει. Μπορούμε επίσης να αναλύσουμε τη λειτουργία του γονιδίου αυτού με μεταλλαξιγένεση *in vitro*. Βασικά εργαλεία των παραπάνω τεχνικών αποτελούν τα ένζυμα περιορισμού, η λιγάση, η ηλεκτροφόρηση, η PCR, η κλωνοποίηση, ο προσδιορισμός της πρωτοδιάταξης του DNA (αλληλούχηση) κλπ. (Watson, Caudy, Myers, & Witkowski, 2007).

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization, FAO) (2011), Γενετική Τροποποίηση είναι η χρήση εξωγενών αλληλουχιών DNA ή RNA για τη δημιουργία οργανισμών, που εκφράζουν καινοτόμα και χρήσιμα χαρακτηριστικά στη γεωργία. Είναι όμως πιθανό να περιλαμβάνει την εισαγωγή αντιγράφων ενδογενών παραγόμενων αλληλουχιών DNA ή RNA στο ίδιο είδος. Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους, δεν υπάρχει όριο στην προέλευση του εισαγόμενου DNA, το οποίο εκτός από φυτά του ίδιου είδους, μπορεί να προέρχεται από ζώα, ιούς, βακτήρια ή ακόμη και από συνθετικές αλληλουχίες. Πιο απλά, αποτελεί ένα σύνολο τεχνικών που επιφέρουν τροποποιήσεις στο γενετικό υλικό όλων των ειδών των ζωντανών οργανισμών (FAO, 2011; C. Zhang et al., 2016).

Σύμφωνα με τους Kangmenaang et al. (2016), με τον όρο Γενετικά Τροποποιημένος Οργανισμός/Προϊόν περιγράφεται ένας οργανισμός/προϊόν που έχει τροποποιηθεί γενετικά με οποιαδήποτε μέθοδο, συμπεριλαμβανομένων των παραδοσιακών μεθόδων αναπαραγωγής καθώς και της σύγχρονης βιοτεχνολογίας. Λίγο διαφορετικά, για τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, WHO), Γενετικά Τροποποιημένοι Οργανισμοί (φυτά, ζώα, μικροοργανισμοί), είναι αυτοί στους οποίους το γενετικό υλικό έχει τροποποιηθεί κατά τρόπο που δεν απαντάται φυσιολογικά με ζευγαρώματα ή φυσικούς ανασυνδυασμούς. Ο ορισμός αυτός επιδιώκει να διακρίνει τον άμεσο χειρισμό γενετικού υλικού από την παραδοσιακή πρακτική βελτίωσης του γενετικού υλικού των φυτών και των ζώων με την επιλεκτική αναπαραγωγή. Παρομοίως σύμφωνα με τους Tolin & Vidaer (2019), ο όρος Γενετικά Τροποποιημένος Οργανισμός αναφέρεται σε έναν οργανισμό ο οποίος έχει τροποποιηθεί με τεχνικές ανασυνδυασμένου DNA ή αλλιώς με μεθόδους γενετικής μηχανικής (Kangmenaang, Osei, Armah, & Luginaah, 2016; Tolin & Vidaver, 2019).

Οι τεχνικές που μέσω ενζυμικών αντιδράσεων (πέψη, επανασυγκόλληση του DNA), έχουν ως αποτέλεσμα τη διαγραφή ή την εισαγωγή τμημάτων DNA συνήθως από άλλο οργανισμό, ανακαλύφθηκαν όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, τη δεκαετία του 1970 και

από τότε η επιστήμη της μηχανικής γενετικής εξελίσσεται ολοένα και περισσότερο. Η γενετική μηχανική πέρα από τη μεταφορά κλωνοποιημένων γονιδίων από ένα άτομο σε ένα άλλο, του ίδιου ή διαφορετικού είδους, επιτρέπει την τροποποίηση (αύξηση ή μείωση) των επιπέδων έκφρασης των ενδογενών γονιδίων ενός οργανισμού (Klug et al., 2016). Όταν μεταφέρεται γενετικό υλικό από ένα φυτικό είδος σε ένα άλλο μη συγγενικό ή με μακρινή συγγένεια και ακολουθείται μικροβιακή μετάδοση γονιδίου, ο οργανισμός που προκύπτει ονομάζεται διαγονιδιακός (transgenic). Όταν όμως ο οργανισμός δέκτης ανήκει στο ίδιο είδος με τον οργανισμό δότη, αναφέρεται συνήθως ως cis-γονιδιακός (cisgenic). Η αλλιώς έχει μετασχηματιστεί γενετικά με ένα ή περισσότερα γονίδια του ίδιου είδους χωρίς το γονίδιο να έχει υποστεί ανασυνδυασμό ή ακόμη όταν ο οργανισμός δέκτης είναι του ίδιου είδους ή σεξουαλικά συμβατός (sexually compatible). Επίσης, intragenic ονομάζεται ο οργανισμός που έχει μετασχηματιστεί με ένα ή περισσότερα γονίδια όπου αυτά είναι ανασυνδυασμένα κάνοντας χρήση DNA τμημάτων (κωδική περιοχή, ρυθμιστικές αλληλουχίες) που μπορούν να προκύπτουν από διαφορετικά είδη που είναι όμως σεξουαλικά συμβατά. Τέλος, Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα, ονομάζονται τα τρόφιμα που περιέχουν ή αποτελούνται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς είτε φυτικούς είτε ζωικούς (Klug et al., 2016; Renaud & Soares, 2011; Schouten, Krens, & Jacobsen, 2006; Waigmann et al., 2012) .

1.4 Τεχνολογίες δημιουργίας ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων

Τα βακτήρια ήταν οι πρώτοι οργανισμοί που υπέστησαν γενετική τροποποίηση. Όταν πλασμιδιακό DNA που περιείχε νέα γονίδια εισήχθησε μέσα σε βακτηριακό κύτταρο, τα βακτήρια εξέφρασαν τα γονίδια αυτά, παράγοντας τις αντίστοιχες πρωτεΐνες. Τέτοια γονίδια μπορεί να είναι υπεύθυνα για την παραγωγή φαρμάκων ή να κωδικοποιούν για ένζυμα που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην επεξεργασία τροφίμων ή άλλων υποστρωμάτων. Στην πορεία αναπτύχθηκαν μεθοδολογίες για την γενετική τροποποίηση φυτών, για την προστασία τους απέναντι σε έντομα, σε ζιζανιοκτόνα, σε ιούς αλλά και για την βελτίωση της διατροφικής τους αξίας, την ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές πιέσεις, ακόμη και για την παραγωγή κατάλληλων εμβολίων (C. Zhang et al., 2016; Φουρτίνη, 2005). Σήμερα, οι πιο συχνά καλλιεργούμενες ΓΤ καλλιέργειες όπως αναφέρθηκαν και παραπάνω είναι ο αραβόσιτος,

η σόγια, το βαμβάκι και η ελαιοκράμβη, στις οποίες έχουν εισαχθεί γονίδια για την ανθεκτικότητα σε έντομα ή ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα κ.α. (de Vos & Swanenburg, 2018). Μέχρι σήμερα έχει γίνει εφικτή η γενετική τροποποίηση των περισσότερων σημαντικών αγροτικών καλλιεργειών. Οι τεχνολογίες γενετικής τροποποίησης επιγραμματικά πραγματοποιούνται για την:

- Προσθήκη ενός νέου γονιδίου
- Τροποποίηση της αλληλουχίας ενός υπάρχοντος γονιδίου
- Καταστολή της έκφρασης ενός υπάρχοντος γονιδίου

Για τη δημιουργία ΓΤΟ οι ερευνητές πρέπει να εισαγάγουν τα γονίδια που κωδικοποιούν ορισμένα χαρακτηριστικά σε ένα φυτικό κύτταρο και στη συνέχεια να αναγεννήσουν ένα φυτό μέσω καλλιέργειας ιστών (C. Zhang et al., 2016). Ενώ υπάρχουν πολλές διαθέσιμες τεχνικές για την δημιουργία γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και φυτών, οι περισσότεροι ΓΤΟ που κατασκευάζονται σήμερα πραγματοποιούνται κυρίως από δύο μεθόδους/προσεγγίσεις. Και οι δύο αφορούν την ακριβή τροποποίηση γονιδιώματος (precision genome editing) ή αλλιώς την στοχευμένη αλλαγή σε μια αλληλουχία φυτικών ή ζωικών γονιδίων ώστε να πραγματοποιηθεί ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα και βασίζονται στην τεχνολογία ανασυνδυασμένου DNA (recombinant DNA) (Health., 2004; Klug et al., 2016; Mahfouz, Cardi, & Neal Stewart, 2016). Η πρώτη ονομάζεται βιοβαλλιστική μέθοδος (biolistic). Αφορά την άμεση μεταφορά DNA και περιλαμβάνει τη ρίψη σωματιδίων διαμέτρου 1 μm χρυσού ή βολφραμίου επικαλυμμένων με το DNA, με υψηλή ταχύτητα στα φυτικά κύτταρα. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 από τον Sanford (Sanford, 1990) και ακόμη και σήμερα παραμένει η πιο αποτελεσματική μέθοδος για τη μεταφορά μεγάλων θραυσμάτων DNA (ακόμη και ολόκληρων χρωμοσωμάτων) ταυτόχρονα. Η δεύτερη ονομάζεται μέθοδος του Αγροβακτηριδίου. Αφορά την έμμεση μεταφορά DNA και χρησιμοποιεί φυσικό γενετικό μηχανισμό, το βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens*, το οποίο μεταφέρει ένα καθορισμένο κομμάτι του δικού του DNA σε φυτικά κύτταρα σε σημεία που έχουν υποστεί πληγές (Klug et al., 2016; Widholm, 2001; C. Zhang et al., 2016). Και στις δύο περιπτώσεις το εξωγενές DNA εισάγεται σε φυτικά κύτταρα που καλλιεργούνται *in vitro*. Πέρα από τις δύο αυτές προσεγγίσεις, για τον μετασχηματισμό φυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και η ηλεκτροδιάτρηση κυττάρων και ιστών, ο μετασχηματισμός πρωτοπλαστών με μικροέγχυση, ο μετασχηματισμός με καρβίδια

πυριτίου και με λιποσώματα, νανοσωματίδια μεσοπορώδους πυριτίου κλπ. Συγκεκριμένα, η ηλεκτροδιάτρηση χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1985, για τη μεταμόσχευση πρωτοπλαστών καπνού και αραβοσίτου, ενώ ο μετασχηματισμός πρωτοπλαστών καπνού με άμεση μικροέγχυση DNA πραγματοποιήθηκε περίπου ένα χρόνο αργότερα (Paparini & Romano-Spica, 2004; C. Zhang et al., 2016).

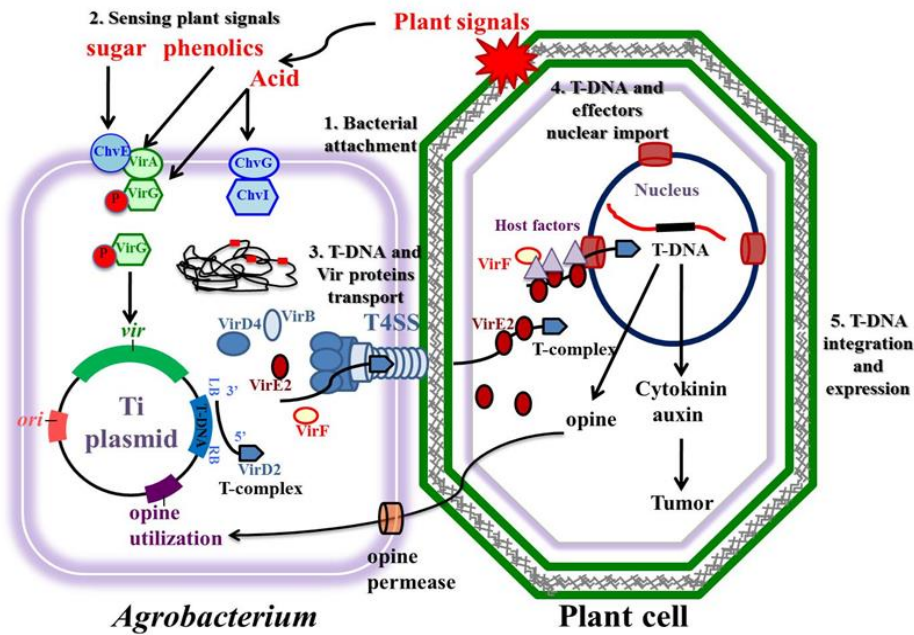
Τα τελευταία χρόνια εξετάζονται διάφορες τεχνικές που αφορούν την ακριβή τροποποίηση γονιδιώματος σε διάφορα είδη ζώων και φυτών. Είναι γεγονός πως σε αντίθεση με τη διαγονιδιακή προσέγγιση που οδηγεί σε τυχαίες εισαγωγές και συχνά τυχαίους φαινοτύπους, οι τεχνικές ακριβούς τροποποίησης γονιδιώματος παράγουν καθορισμένα προϊόντα/μεταλλάγματα. Αυτό ακριβώς, τις κάνει εργαλείο πρώτης γραμμής στη γενετική τροποποίηση (Jaganathan, Ramasamy, Sellamuthu, Jayabalan, & Venkataraman, 2018; Mahfouz et al., 2016). Σύμφωνα με τους Mahfouz et al. (2016), οι ενέργειες/τεχνικές που χρησιμοποιούνται για ένα πιο συγκεκριμένο γενετικό χαρακτήρα είναι επιγραμματικά:

- i. η γονιδιακή στόχευση με ομόλογο ανασυνδυασμό (homologous recombination-dependent gene targeting),
- ii. η εντοπισμένη εισαγωγή γονιδίων με χρήση ανασυνδυάσης (recombinase mediated site-specific gene integration),
- iii. η μεταλλαξιγένεση καθοδηγούμενη με ολιγονουκλεοτίδια (oligonucleotide directed mutagenesis),
- iv. τεχνικές nuclease-mediated site-specific genome modifications (Zinc-Finger Nucleases),
- v. το σύστημα CRISPR/Cas9 (clustered regularly interspaced short palindromic repeats)

Σημαντικό να σημειωθεί πως το 2012, αναπτύχθηκε το σύστημα CRISPR-Cas9, το οποίο αποτελεί ένα επαναστατικό εργαλείο επεξεργασίας γονιδιώματος και μια διαφορετική τεχνική για την τροποποίηση γονιδίων σε διάφορους τύπους κυττάρων. Η προαναφερθείσα τεχνική κλιμακώνει αξιοσημείωτα την αποτελεσματικότητα της γενετικής μηχανικής. Έχει τεθεί σε εφαρμογή επιτυχώς σε διάφορους οργανισμούς συμπεριλαμβανομένων των φυτών (Belhaj, Chararro-Garcia, Kamoun, Patron, & Nekrasov, 2015; Jaganathan et al., 2018; C. Zhang et al., 2016).

A. Μέθοδος μετασχηματισμού *Agrobacterium tumefaciens*

Η μέθοδος βακτηριακού μετασχηματισμού με το *A. tumefaciens*, χρησιμοποιείται ευρέως και αποτελεί εργαλείο υψηλής αποτελεσματικότητας στη γενετική τροποποίηση πολλών οργανισμών όχι μόνο των φυτών (π.χ. μύκητες, ζύμες, ασκομύκητες, βασιδιομύκητες κλπ, πέρα των φυσικών του ξενιστών). Να σημειωθεί όμως, πως παρά τα σπουδαία επιτεύγματα εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά σημαντικά φυτικά είδη που δεν μπορούν να μετασχηματιστούν με το *A. tumefaciens* (Hwang, Yu, & Lai, 2017; Orabode, 2006). Η καλλιέργεια φυτικών κυττάρων από διάφορα είδη και διάφορους τύπους ιστών, είναι δυνατή στο εργαστήριο (*in vitro*), είτε σε υγρά είτε σε στερεά θρεπτικά μέσα υποστρώματα. Η παρουσία συγκεκριμένων θρεπτικών συστατικών και ορμονών κατά την καλλιέργεια φυτικών κυττάρων, οδηγεί στο σχηματισμό συσσωματωμάτων που ονομάζονται κάλοι. Όταν οι κάλοι με τη σειρά τους καλλιεργηθούν σε κατάλληλα υποστρώματα, τότε δημιουργούνται φυτάρια που σχηματίζουν ριζίδια. Εν συνεχεία, αν τα φυτάρια μεταφερθούν σε θερμοκήπια και μεταφυτευτούν σε χώμα, θα εξελιχθούν σε φυσιολογικά φυτά (Klug et al., 2016). Η γενετική τροποποίηση με την μέθοδο του αγροβακτηριδίου, πραγματοποιείται με τη συγκαλλιέργεια του με ιστούς μιας μεγάλης ποικιλίας ειδών (π.χ. τμήματα φύλλων, κοτυληδόνας, βλαστικά μέρη κλπ.). Το *A. tumefaciens* (βακτήριο εδάφους) μεταβάλλει στην ουσία το γονιδίωμα του φυτού/οργανισμού, προκαλώντας πολλαπλασιασμό των φυτικών κυττάρων αλλά και επιτρέποντας στο φυτό να παράγει τροποποιημένα αμινοξέα ως πηγή τροφής για τον εαυτό του. Το βακτήριο διαθέτει ένα πλασμίδιο που προκαλεί όγκο (Ti-πλασμίδιο) και επιτρέπει να ολοκληρωθεί η εισαγωγή γονιδίων. Οι ερευνητές εισβάλλουν στο πλασμίδιο εισάγοντας «γονίδια σχεδιαστών» στην ενότητα T-DNA (DNA μεταφοράς) του πλασμιδίου Ti (Εικ. 3) (C. Zhang et al., 2016). Διάφοροι παράγοντες παίζουν ρόλο στη διαδικασία της γενετικής τροποποίησης με την παραπάνω μέθοδο και μερικοί από αυτούς είναι ο γενότυπος των φυτών, ο τύπος των έκφυτων, οι συνθήκες συγκαλλιέργειας, η συγκέντρωση του εναιωρήματος του *A. tumefaciens*, η προσθήκη βοηθητικών ουσιών, η διάρκεια της συγκαλλιέργειας κ.α. (Σταυρίδου, 2012).

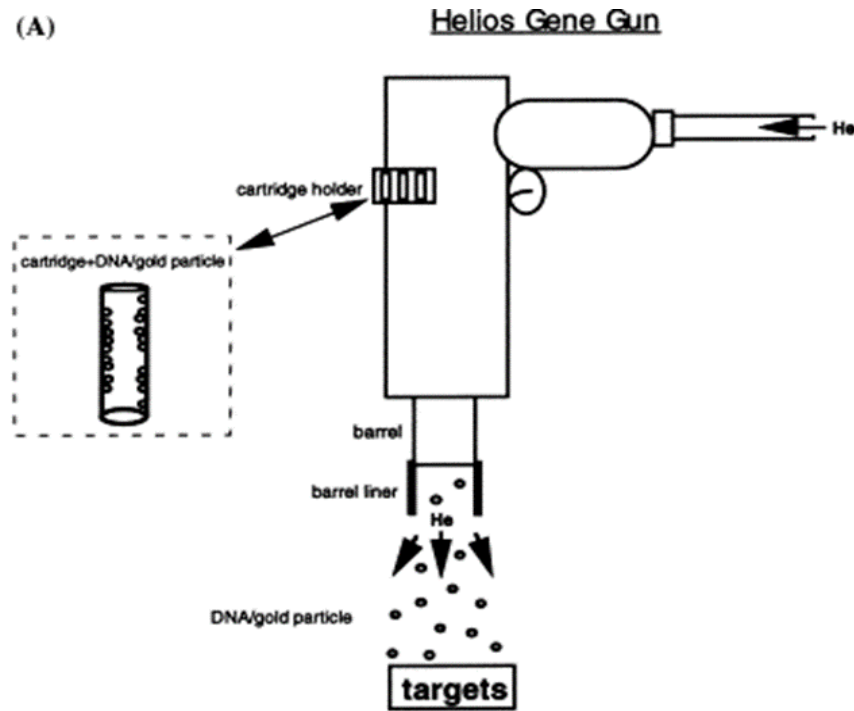


Εικόνα 3. Σχηματική δομή του πλασμιδίου Ti του βακτηρίου *A. tumefaciens*, μαζί με τα κινητά μόρια του T-DNA (Hwang et al., 2017).

B. Βιο-βαλιστική μέθοδος

Αρχικά η μέθοδος της βιο-βαλιστικής καθιερώθηκε για την μεταφορά γονιδίων σε φυτικά κύτταρα. Ή λίγο διαφορετικά, για τη διαμόλυνση οργανοτυπικών καλλιεργειών ή διαχωρισμένων καλλιεργειών *in vitro*. Στη συνέχεια αποτέλεσε την πιο διαδεδομένη μέθοδο μεταφοράς εξωγενούς DNA (Hamad et al., 2020; C. Zhang et al., 2016). Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια τεχνική εισαγωγής DNA στα κύτταρα κατά την οποία χρησιμοποιούνται μεταλλικά σφαιρίδια, π.χ. χρυσού. Τα σφαιρίδια αυτά επικαλύπτονται με το DNA που πρόκειται να εισαχθεί σε στοχευμένους ιστούς (εμβρυϊκούς ιστούς σπόρων ή μεριστωμάτων) και στη συνέχεια εκτοξεύονται με μεγάλη ταχύτητα από μια συσκευή η οποία είναι γνωστή ως γονιδιακό πιστόλι (gene gun, Εικ. 4). Μετά τον βομβαρδισμό, ένα ποσοστό κυττάρων που έχουν προσλάβει τα σφαιρίδια με το DNA, επιβιώνουν, άρα είναι πιθανό το DNA να μεταναστεύσει στον πυρήνα τους και τελικά να ενσωματωθεί σε κάποιο χρωμόσωμα. Στη συνέχεια, τα κύτταρα καλλιεργούνται με επιλογή ώστε να επιλεγθούν αυτά στα οποία έχει ενσωματωθεί το εξωγενές DNA στο γονιδίωμα τους (Klug et al., 2016; C. Zhang et al., 2016). Το κύριο πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής αποτελεί η διατήρηση της κυτταρικής βιωσιμότητας παρά η εξειδικευμένη στόχευση στον πυρήνα. Έτσι, καθίσταται χρήσιμη για την επιμόλυνση των

φυτών. Το μειονέκτημα αυτής, παραμένει το γεγονός ότι έχει σχετικά υψηλό κόστος που καθιστά τη συχνή εφαρμογή της αρκετά δύσκολη για μικρά εργαστήρια (Predajňa, Nagyová, & Subr, 2010).



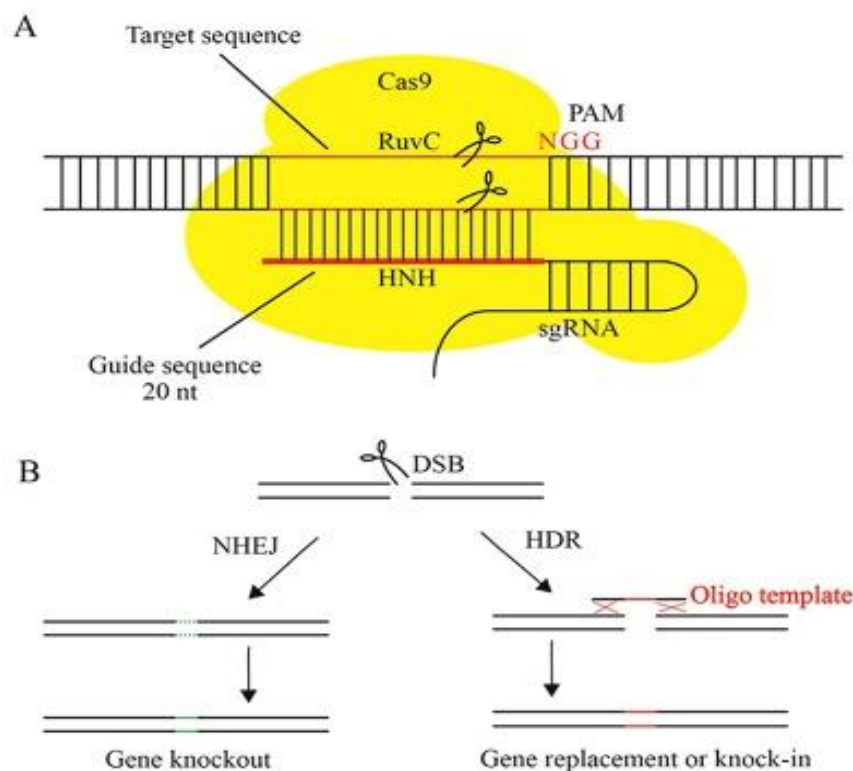
Εικόνα 4. Σχηματική αναπαράσταση πειραματικής συσκευής όπως χρησιμοποιείται στη βιοβαλιστική μέθοδο Helios Gene Gun, Bio-Rad Laboratories (Wellmann, Kaltschmidt, & Kaltschmidt, 1999).

Γ. Σύστημα CRISPR/Cas9

Επανάσταση στην έρευνα αποτελεί η ανακάλυψη του συστήματος επεξεργασίας γονιδίων CRISPR/Cas9 (Εικ. 5). Παρουσιάστηκε αρχικά το 2012 σε κύτταρα θηλαστικών και έκτοτε αποτελεί σημαντικό εργαλείο στη βιολογία φυτών και ζώων. Σε αντίθεση με τα εργαλεία επεξεργασίας γονιδιώματος πρώτης γενιάς, το σύστημα CRISPR/Cas9 αφορά απλές μεθόδους σχεδιασμού και κλωνοποίησης και έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των μοντέλων και των φυτών καλλιέργειας (Belhaj et al., 2015; Jaganathan et al., 2018; Liu, Wu, Xu, Sui, & Wei, 2017). Πιο συγκεκριμένα, η επεξεργασία γονιδιώματος CRISPR περιλαμβάνει το σχεδιασμό ενός οδηγού RNA (gRNA) περίπου 20 νουκλεοτιδίων, ο οποίος καθοδηγεί μια νουκλεάση ώστε να κόψει το DNA του γονιδίου στόχου για τη δημιουργία

μεταλλάξεων ή εισαγωγών DNA. Το σύστημα αυτό, βασίζεται στο προσαρμοζόμενο ανοσοποιητικό σύστημα του *Streptococcus pyogenes* SF370. Η ενδονουκλεάση Cas9 (CRISPR-Associated Endonuclease) καθοδηγείται από το gRNA και μπορεί να στοχοποιήσει συγκεκριμένες γονιδιακές αλληλουχίες. Τέλος, είναι δυνητικά διαθέσιμη για διαφορετικούς οδηγούς RNA για τη στόχευση πολλών θέσεων και η αναγνώριση στόχου εξαρτάται από το «γειτονικό μοτίβο πρωτοστάτη» (protospacer adjacent motif, PAM). Το σύμπλοκο που δημιουργείται μεταξύ του gRNA και της Cas9, κόβει το γονιδίωμα και στους δύο κλώνους και δημιουργείται μια δίκλωνη θραύση. Τα διπλά σπασίματα σκέλους που δημιουργούνται επισκευάζονται είτε με μη ομόλογη ένωση (NHEJ) είτε με ομόλογη κατευθυνόμενη επισκευή ανασυνδυασμού (HDR) (Belhaj et al., 2015; Liang et al., 2015).

Η παραπάνω τεχνολογία συνολικά περιλαμβάνει τα εξής βήματα: (i) ταυτοποίηση της αλληλουχίας του γειτονικού μοτίβου πρωτοστάτη (protospacer adjacent motif, PAM) στο γονίδιο στόχο, (ii) σύνθεση ενός μοναδικού gRNA (sgRNA), (iii) κλωνοποίηση του sgRNA σε κατάλληλο δυαδικό φορέα για την πρόκληση θραύσης διπλού σκέλους, (iv) εισαγωγή στον ξενιστή / κυτταρικές σειρές μετασχηματισμού ακολουθούμενη από (v) επιλογή και (vi) επικύρωση επεξεργασμένων γραμμών. Αυτά τα βήματα επιτρέπουν την επεξεργασία γονιδιώματος και την καθιστούν ευκολότερη σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες. Αποτελεί μια οικονομική τεχνολογία καθώς επίσης επιτρέπει να γίνουν περισσότερες από μια επεμβάσεις στο γονιδίωμα (Belhaj et al., 2015; Jaganathan et al., 2018; C. Zhang et al., 2016). Ένας από τους σημαντικούς περιορισμούς του συστήματος CRISPR/Cas9, είναι η τροποποίηση γονιδιακών θέσεων εκτός στόχου σε σημεία όμοια με την αλληλουχία στόχο (Belhaj et al., 2015; Jaganathan et al., 2018; Ricroch, Clairand, & Harwood, 2017; Yun, Kim, Kim, & Kim, 2019).



Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση του συστήματος CRISPR/CAS9 (Liu et al., 2017).

1.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων

Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί αποτελούν παγκοσμίως ένα πολυσυζητημένο θέμα, μιας και τα οφέλη τους για τους παραγωγούς τροφίμων, τους καταναλωτές αλλά και το περιβάλλον, συνοδεύονται από πιθανούς κινδύνους και περιβαλλοντικές παρενέργειες. Οι προβληματισμοί για τη χρήση τους κυρίως συνοψίζονται στα προβλήματα υγείας που μπορεί να προκύψουν βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα αλλά βέβαια και στο πως επηρεάζουν τελικά το περιβάλλον (C. Zhang et al., 2016). Πλέον, μελέτες πραγματοποιούνται όλο και περισσότερο ανά τον κόσμο για την εκτίμηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων. Αν αναλογιστούμε πως, ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει ξεπεράσει τα 7 δισεκατομμύρια ανθρώπους και προβλέπεται να φτάσει τα 11 μέχρι το 2100, η επάρκεια τροφίμων (food security) αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση (Acker, Rahman, & Cici, 2017; C. Zhang et al., 2016) Το ερώτημα που προκύπτει είναι αν η επιστήμη και η τεχνολογία καθώς και οι

σποροπαραγωγικές εταιρείες, είναι έτοιμες να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του προβλήματος χρησιμοποιώντας τη γνώση και τα πλεονεκτήματα των νέων τεχνολογιών, έχοντας λύσεις για τα μειονεκτήματα που προκύπτουν.

1.5.1 Πλεονεκτήματα της χρήσης ΓΤ οργανισμών και τροφίμων

A. Αποτελεσματικότερη διαχείριση ζιζανίων (Acker et al., 2017; Romeis et al., 2019). Η απώλεια της σοδιάς από τα ζιζάνια μπορεί να φτάσει στο 10% σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι παραγωγοί για να αντιμετωπίσουν τα ζιζάνια εφαρμόζουν στα χωράφια ζιζανιοκτόνα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές φορές, την κακή χρήση πολλών ζιζανιοκτόνων ευρέως φάσματος σε ποσότητες καταστροφικές για τα καλλιεργούμενα φυτά και βέβαια το να γίνουν με τη σειρά τους επικίνδυνα προς το περιβάλλον και τους ανθρώπους. Για τον έλεγχο των ζιζανίων πραγματοποιούνται τεχνικές όπως το όργωμα, που με το πέρασμα των χρόνων καταστρέφει τη δομή του εδάφους και έτσι αυξάνει τη διάβρωση. Τα παραπάνω προβλήματα λύνονται με την επιλογή καλλιέργειας ΓΤ ποικιλιών με ανθεκτικότητα σε κάποιο ζιζανιοκτόνο (herbicide tolerant, HT) (Klug et al., 2016). Τα οφέλη της τεχνολογίας των ΓΤ ποικιλιών αφορούν τον αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων, την ευελιξία στην εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου, τη μειωμένη φυτοτοξικότητα στην καλλιέργεια και την εξοικονόμηση χρόνου και κόστους (Romeis et al., 2019).

Επίσης, οι αγρότες που καλλιεργούν ποικιλίες ανθεκτικές στη γλυφοσάτη μπορούν να ψεκάζουν τις καλλιέργειες ακόμη και στη φάση της ανάπτυξης των σπαρτών, χωρίς να εμφανίζονται προβλήματα τοξικότητας. Μέχρι το 2016, το 70% των ΓΤ ποικιλιών είχε υποστεί τροποποιήσεις για αντοχή σε ζιζανιοκτόνα. Στις περισσότερες από αυτές τις ποικιλίες είχε εισαχθεί στο γονιδίωμα τους, ένα βακτηριακό γονίδιο που προσέδιδε ανθεκτικότητα στη γλυφοσάτη, συστατικό πολλών ζιζανιοκτόνων ευρέως φάσματος (Klug et al., 2016). Το 2017, οι ΓΤ ποικιλίες είτε μόνο με το χαρακτηριστικό αντοχής σε ζιζανιοκτόνα είτε και με χαρακτηριστικό αντοχής σε εντομοκτόνα, κάλυψαν συνολικά 166,4 εκατ. εκτάρια παγκοσμίως. Οι κύριες ΓΤ καλλιέργειες αφορούσαν και αφορούν ποικιλίες σόγιας, αραβόσιτου, βαμβακιού, κάνολας (ελαιοκράμβη), μηδικής και ζαχαρότευτλων (ISAAA, 2018; Romeis et al., 2019). Παρόλο που τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί κίνημα εναντίων της χρήσης της γλυφοσάτης και των ποικιλιών με

ανθεκτικότητα σε αυτή, πρέπει να συνυπολογιστούν τα παραπάνω πλεονεκτήματα (Klug et al., 2016; Romeis et al., 2019).

B. Ποικιλίες ανθεκτικές σε εχθρούς (Brookes & Barfoot, 2017). Καθώς τα έντομα αποτελούν μια από τις σοβαρότερες απειλές στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων, η καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών σε εχθρούς μπορεί να αποτελέσει σημαντική λύση στο πρόβλημα της επισιτιστικής ασφάλειας. Με τη βοήθεια της γενετικής μηχανικής έχουν δημιουργηθεί ΓΤ ποικιλίες με ανοχή σε έντομα σημαντικά επιβλαβή για τις καλλιέργειες. Οι τεχνολογία αυτή, αντικαθιστά αποτελεσματικά τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των παρασίτων. Οι γενετικές τροποποιήσεις των ποικιλιών, επικεντρώνονταν στην εισαγωγή γονιδίων για την έκφραση τοξινών του *Bacillus thuringiensis* με θετικά αποτελέσματα (Brookes & Barfoot, 2017; Hilder & Boulter, 1999). Τα βακτήρια του είδους αυτού ζουν στο έδαφος και παράγουν τις πρωτεΐνες Cry που είναι τοξικές για πολλά είδη παρασιτικών εντόμων. Οι ΓΤ ποικιλίες με ανοχή σε έντομα (Bt), υπόσχονταν αύξηση των αποδόσεων σημαντικών γεωργικών καλλιεργειών με μείωση του αριθμού εφαρμογών με εντομοκτόνα και άρα μείωση των χημικών ουσιών στο περιβάλλον. Σε πολλά σημεία παγκοσμίως, η χρήση των βελτιστοποιημένων ποικιλιών αύξησε την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, με πρώτη την ΓΤ ποικιλία βαμβακιού κατά 60% (Mandal et al., 2020). Το βαμβάκι αποτελεί κοινό παράδειγμα καθώς οι συμβατικές καλλιέργειες δεχόταν εντατικές επεμβάσεις με εντομοκτόνα για τον έλεγχο παρασίτων (bollworm/budworm, *Helicoverpa armigera*). Είναι πολύ σημαντικό ότι το 2015, η παγκόσμια εξοικονόμηση εντομοκτόνων ουσιών από τη χρήση ΓΤ αραβοσίτου και βαμβακιού ανήλθε στα 7,8 εκατ. κιλά (-84% των εντομοκτόνων που στοχεύουν σε stalk borer και rootworm παράσιτα) και 19,3 εκατ. κιλά (-53% όλων των εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται στο βαμβάκι) αντίστοιχα (Brookes & Barfoot, 2017; Mandal et al., 2020).

Το Νοέμβριο του 2009 (απόφαση 2009/866/EK της Επιτροπής), εγκρίθηκε στην Ευρώπη βάση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1829/2003, μια ΓΤ ποικιλία αραβοσίτου ανθεκτική στα έντομα (MIR604) από την Syngenta seeds S.A.S. (Unique Identifier SYN-IR604-5) για εισαγωγή και μεταποίηση καθώς και χρήση σε τρόφιμα και ζωοτροφές εκτός καλλιέργειας. Οι φορείς ελέγχου, στην συγκεκριμένη περίπτωση η Νορβηγική Επιστημονική Επιτροπή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (VKM), ο Νορβηγικός Οργανισμός Περιβάλλοντος (NFA) και η Νορβηγική Αρχή Ασφάλειας

Τροφίμων (NAFS), εξέτασαν το μοριακό χαρακτηρισμό του εισαχθέντος DNA και την έκφραση νέων πρωτεϊνών. Ακολούθησε συγκριτική αξιολόγηση αγρονομικών και φαινοτυπικών χαρακτηριστικών, διατροφικές εκτιμήσεις, τοξικολογικές αναλύσεις και ενδεχόμενες αλλεργιογενέσεις, ερευνήθηκαν οι ανεπιθύμητες επιδράσεις στην φυσική κατάσταση των φυτών, η πιθανότητα μεταφοράς γονιδίων, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του ΓΤ φυτού και οργανισμών-στόχων και μη στόχων και οι επιδράσεις στις βιογεωχημικές διεργασίες (Andreassen et al., 2020).

Ένα ακόμη παράδειγμα της χρήσης της γενετικής μηχανικής είναι η ΓΤ ποικιλία παπάγιας με ανθεκτικότητα στον ιό του δακτυλίου (ring spot virus, PRSV) και ενίσχυση της παραγωγικότητας. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 η βιομηχανία παραγωγής παπάγιας της Χαβάης αντιμετώπισε πολύ σοβαρό πρόβλημα λόγω του θανατηφόρου ιού. Η μόνη λύση ήταν η καλλιέργεια μιας ΓΤ ποικιλίας ανθεκτικής στον ιό ώστε να μην καταρρεύσει η βιομηχανία της παπάγιας. Πλέον, το 80% των καλλιεργούμενων ποικιλιών παπάγιας στη Χαβάη είναι ΓΤ. Ακόμη, ο καταστροφικός ιός περιόρισε σοβαρά την ανάπτυξη της βιομηχανίας παπαγιας στη Νότια Κίνα. Έτσι, το 2006 η Κίνα ενέκρινε για απελευθέρωση, εμπορευματοποίηση και καλλιέργεια, μια νέα ΓΤ ποικιλία παπάγιας ανθεκτική σε PRSV, την Huanong No.1. Η συγκεκριμένη ποικιλία δεν έχει εγκριθεί σε καμιά άλλη χώρα (ISAAA, 2012; Wu, Mo, Zhang, & Li, 2018; Yao et al., 2015).

Και από τις δύο περιπτώσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω, προκύπτει η μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων. Η οποία χρήση σύμφωνα με τους Phipps & Park (2002), έχει αρνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς επίσης και στο περιβάλλον. Οι ΓΤ καλλιέργειες οδηγούν στη μείωση της χρήσης των χημικών αυτών ουσιών, μειώνοντας την έκθεση του περιβάλλοντος και του ανθρώπινου οργανισμού σε εντομοκτόνα και άλλα φάρμακα. Για παράδειγμα, το 2000 η χρήση ΓΤ σόγιας, κάνολας, βαμβακιού και αραβόσιτου ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα και έντομα, οδήγησε σε συνολική μείωση φυτοφαρμάκων παγκοσμίως κατά 2,3 εκατ. κιλά τυποποιημένου προϊόντος (Brookes & Barfoot, 2017; Phipps & Park, 2002). Οι μειώσεις στη χρήση φυτοφαρμάκων ήταν ιδιαίτερα σημαντικές στο βαμβάκι, φυτό που καταναλώνει τα περισσότερα φυτοφάρμακα παγκοσμίως. Στη δεκαετία 1996-2006 το ΓΤ βαμβάκι (Bt) ευθυνόταν για την παγκόσμια εξοικονόμηση, 128 εκατ. κιλά δραστικών συστατικών φυτοφαρμάκων, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις επιπτώσεις στο περιβάλλον των βακτηριακών παρασιτοκτόνων κατά 25% (Lu, Wu, Jiang, Guo, &

Desneux, 2012; Qaim, 2009).

Γ. Αυξημένη απόδοση/παραγωγικότητα (Acker et al., 2017; C. Zhang et al., 2016). Για την εξασφάλιση επαρκών επιπέδων παραγωγής τροφίμων, η αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών και κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι αναγκαία. Σε αυτές τις χώρες, στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές, οι απώλειες καλλιεργειών είναι τεράστιες και οφείλονται σε παράσιτα, ασθένειες και φτωχά εδάφη καθώς επιδεινώνονται από τις κλιματολογικές συνθήκες και την έλλειψη οικονομικών πόρων (λιπάσματα, εγκαταστάσεις αποθήκευσης κ.α.). Η γενετική μηχανική δίνει τη δυνατότά μέσω των ΓΤ ανθεκτικών ποικιλιών για μεγαλύτερες αποδόσεις (Herrera-Estrella & Alvarez-Morales, 2001). Στον αντίποδα, κατά τη χρονική περίοδο 1996-2012 στις ΗΠΑ, παρατηρήθηκε αύξηση πάνω από 370 εκατ. τόνων καλλιεργειών που προορίζονταν για τρόφιμα. Το ένα έβδομο της αυξημένης απόδοσης αποδόθηκε στις ΓΤ καλλιέργειες. Για να επιτευχθεί μια ίση αύξηση στην απόδοση όπως αυτή των ΓΤ καλλιεργειών, θα χρειαζόταν μια επιπλέον προσθήκη στις συμβατικές καλλιέργειες πάνω από 300 εκατ. στρέμματα (Brookes & Barfoot, 2014; James, 2014). Για την καλλιέργεια αυτών των επιπλέον στρεμμάτων, θα απαιτούνταν περισσότερη λίπανση ή άρδευση ή σκαλισμένα τροπικά δάση. Επιπροσθέτως, την ίδια χρονική περίοδο εκτιμάται ότι η βιοτεχνολογία ευθυνόταν για την πρόσθετη παγκόσμια παραγωγή 138 εκατ. τόνων σόγιας, 274 εκατ. τόνων αραβόσιτου, 21,7 εκατ. τόνων βαμβακιού χνούδι και 8 εκατ. τόνων ελαιοκράμβης. Εάν δεν ήταν διαθέσιμες αυτές οι τεχνολογίες η διατήρηση ισοδύναμων επιπέδων παραγωγής θα απαιτούσε αύξηση της καλλιεργούμενης γης (Zhang et al., 2016).

Δ. Αύξηση εσόδων. Ένα βασικό στοιχείο αξιολόγησης της αγροτικής βιοτεχνολογίας αποτελεί η εξέταση των οικονομικών της επιπτώσεων (Brookes & Barfoot, 2014). Μεταξύ 2006 και 2012, η αύξηση γεωργικών εσόδων παγκοσμίως από ΓΤ καλλιέργειες και τροφές, άγγιξε τα 116 δισεκατ. δολάρια. Σχεδόν τριπλάσια από τα προηγούμενα 10 χρόνια. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, περίπου το 42% του αυξημένου κέρδους προήλθε από τις αυξημένες αποδόσεις που προέκυψαν από την τεχνολογία γενετικής τροποποίησης ενώ το υπόλοιπο 58% προέκυψε από το μειωμένο κόστος παραγωγής (π.χ. από τη μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων (C. Zhang et al., 2016). Το 2015, το 48,7% του συνολικού αγροτικού εισοδήματος, αποκτήθηκε από τους αγρότες στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η συντριπτική πλειονότητα αυτών των

κερδών προήλθε από ΓΤ βαμβάκι ανθεκτικό σε έντομα και ΓΤ σόγια ανθεκτική σε ζιζανιοκτόνα (Brookes & Barfoot, 2017). Το 2016, έξι χώρες κατείχαν το σημαντικότερο οικονομικό κέρδος και ήταν: οι ΗΠΑ (7,3 δισεκατ. δολάρια ΗΠΑ), η Βραζιλία (3,8 δισεκατ. δολάρια ΗΠΑ), η Ινδία (1,5 δισεκατ. δολάρια ΗΠΑ), η Αργεντινή (2,1 δισεκατ. δολάρια ΗΠΑ), η Κίνα (1 δισεκατ. δολάρια ΗΠΑ), Καναδάς (0,82 δισεκατ. δολάρια ΗΠΑ). Τα οικονομικά οφέλη παγκοσμίως ανήλθαν στα 18,2 δισεκατ. δολάρια και διαχωρίστηκαν το '16 μεταξύ αναπτυσσόμενων χωρών (10 δισεκατ. δολάρια) και βιομηχανικών χωρών (8,2 δισεκατ. δολάρια) (ISAAA, 2017).

Ε. Βελτίωση θρεπτικής κατάστασης βασικών ειδών διατροφής (Acker et al., 2017; Klug et al., 2016) Ο υποσιτισμός στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι συνηθισμένο φαινόμενο και οι άνθρωποι βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε συγκεκριμένες πηγές τροφίμων για τη διατροφή τους, π.χ. το ρύζι. Το ρύζι όμως δεν εμπεριέχει ικανοποιητικές ποσότητες όλων των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών για να καλύψει τις ανθρώπινες ανάγκες. Από την άλλη, το «χρυσό ρύζι» (Golden Rice), μια βιο-εμπλουτισμένη σε βιταμίνη Α ΓΤ ποικιλία ρυζιού, μπορεί να βοηθήσει στην μείωση των συμπτωμάτων. Η απουσία βιταμίνης Α δύναται να προκαλέσει τύφλωση ενώ επηρεάζει από 250.000 έως 500.000 παιδιά κάθε χρόνο και παρατηρείται συχνά σε περιοχές της Αφρικανικής και της Ασιατικής ηπείρου. Το «χρυσό ρύζι» θα μπορούσε να βοηθήσει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της έλλειψης βιταμίνης Α κατά 50% τουλάχιστον, ωστόσο η υιοθέτησή του έχει παρεμποδιστεί από εκστρατείες ακτιβιστών (Acker et al., 2017).

Ένα ακόμη παράδειγμα βιο-ενισχυμένης τροφής αποτελεί ο ΓΤ αραβόσιτος, εμπλουτισμένος με β-καροτένιο, πρόδρομο μόριο της βιταμίνης Α καθώς και άλλα μικροθρεπτικά συστατικά απαραίτητα για τη διατήρηση της ανθρώπινης υγείας. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε γυναίκες εθελόντριες της Βόρειας Αμερικής που κατανάλωναν χυλό ΓΤ αραβόσιτου, έδειξε πως η τιμή της βιταμίνης Α στον βιο-ενισχυμένο αραβόσιτο ήταν 3,1 φορές υψηλότερη από ό, τι στο συμβατικό αραβόσιτο (Hefferon, 2015; Mugode et al., 2014).

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (WHO & FAO, 2006), 850 εκατ. άνθρωποι παγκοσμίως πάσχουν από πρωτεϊνικό υποσιτισμό, κατά τον οποίο η ανεπαρκής πρωτεΐνη στη διατροφή μπορεί να προκαλέσει και το θάνατο. Τα περισσότερα φυτά έχουν χαμηλή ισορροπία βασικών αμινοξέων σε σχέση με τις ανάγκες των ζώων και των ανθρώπων. Ο ΓΤ αραβόσιτος και η ΓΤ σόγια High-Lys με υψηλή περιεκτικότητα

σε αμινοξέα μπορούν να παρέχουν βελτιωμένη ισορροπία βασικών αμινοξέων (Ufaz & Galili, 2008).

ΣΤ. Δημιουργία λειτουργικών τροφίμων (Yao et al., 2015). Χρησιμοποιώντας τεχνικές γενετικής μηχανικής είναι δυνατή η έκφραση ιϊκών ή βακτηριακών αντιγόνων στο βρώσιμο τμήμα των φυτικών ιστών. Τα παραγόμενα ΓΤ τρόφιμα θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα ως βρώσιμα εμβόλια, ικανά να διεγείρουν το ανοσοποιητικό σύστημα για την παραγωγή αντισωμάτων. Μια ποικιλία καλλιεργειών (π.χ. ρύζι, αραβόσιτος, σόγια και πατάτες) έχουν χρησιμοποιηθεί σε μελέτες ως δυνητικοί φορείς βρώσιμων εμβολίων έναντι διαφόρων λοιμώξεων, συμπεριλαμβανομένων των τοξινών που προκαλούνται από το *Escherichia coli*, του ιού της λύσσας, του βακτηρίου *Helicobacter pylori* και της ιογενούς ηπατίτιδας τύπου Β (Zhang et al., 2016). Η παραγωγή ανασυνδυασμένων φαρμακευτικών πρωτεϊνών αναφέρεται ως μοριακή καλλιέργεια φυτών (plant molecular farming) και δεν αποτελεί καινούρια τεχνολογία. Το 1986, η πρώτη ανασυνδυασμένη θεραπευτική πρωτεΐνη προήλθε από φυτά, όταν ανθρώπινη αυξητική ορμόνη παρήχθη σε καπνό και ηλιάνθο. Λίγο αργότερα και σύμφωνα με τους Mason et al. (1992), εκφράστηκε αντιγόνο της ηπατίτιδας Β (HBsAg) σε διαγονιδιακό καπνό. Αυτό το φυτικό αντιγόνο ήταν παρόμοιο (φυσικά και αντιγονικά) με το HBsAg που ελήφθη από ανθρώπινο ορό και ανασυνδυασμένη ζύμη (εμβόλιο HBV). Από το 1994 εκφράστηκαν πολλές φαρμακευτικές πρωτεΐνες σε φυτά. Μέχρι το 2011, περισσότερα από είκοσι φάρμακα (μοριακής καλλιέργειας φυτών) είχαν υποβληθεί σε προκλινικές ή κλινικές δοκιμές. Το 2014, για την καταπολέμηση της επιδημίας του ιού Ebola στην Αφρική, χρησιμοποιήθηκε το φάρμακο ZMapp της εταιρίας Mapp Biopharmaceutical Inc. (Καλιφόρνια) που είχε παραχθεί σε φύλλα καπνού (Mason, Lam, & Arntzen, 1992).

Τον Οκτώβριο του 2014, επτά μολυσμένοι ασθενείς έλαβαν θεραπεία έγκαιρα με ZMapp και ανάρρωσαν πλήρως (Arntzen, 2015; Yao et al., 2015). Άλλο ένα παράδειγμα αποτελεί η ΓΤ παπάγια callus που εκφράζει τα συστατικά του εμβολίου S3Pvac και αποτελεί σταθερή πλατφόρμα για την παραγωγή βρώσιμου εμβολίου κατά της κυστικέρκωσης που προκαλείται από το *Taenia solium* ή το *T. crassiceps* (Fragoso et al., 2017). Τέλος με τις δυνατότητες των τεχνολογιών της γενετικής μηχανικής μπορούν να παραχθούν τρόφιμα με αλλαγμένη τη σύνθεση των αμινοξέων, των πρωτεϊνών καθώς και την περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες. Ένα παράδειγμα είναι το γλυκό λούπινο το οποίο εμπλουτίστηκε με μεθειονίνη αλλά και η παραγωγή του Amflora όπως αναφέρθηκε

παραπάνω, μιας τροποποιημένης ποικιλίας πατάτας στην οποία παράγεται μόνο άμυλο της μορφής αμυλοπηκτικής (Tilocca et al., 2014; C. Zhang et al., 2016).

Z. Θετικές επιδράσεις στο περιβάλλον (Brookes & Barfoot, 2017; Herman, Zhuang, Storer, Cnudde, & Delaney, 2019; Mandal et al., 2020). Συνήθως τα εμπορικά χαρακτηριστικά των ΓΤ ποικιλιών είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να ενισχύουν την καλλιεργητική απόδοση. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το χαρακτηριστικό αντοχής των ΓΤ ποικιλιών στα παράσιτα και τους εχθρούς, μειώνει τη βλάβη από έντομα, ιούς και μύκητες ενώ το χαρακτηριστικό αντοχής σε ζιζανιοκτόνα επιτρέπει ευέλικτες εφαρμογές και πρόσθετες επιλογές ελέγχου των ζιζανίων. Αυτό οδηγεί στην αποφυγή του οργώματος και άρα της διάβρωσης του εδάφους αλλά και της απορροής των υδάτινων οδών (Herman et al., 2019). Οι ΓΤ ποικιλίες με χαρακτηριστικό αντοχής στα ζιζανιοκτόνα επιτρέπουν τον ψεκασμό αυτών των φυτών με ζιζανιοκτόνα ευρέος φάσματος, που στοχεύουν στα χόρτα και στα πλατύφυλλα ζιζάνια αλλά δεν βλάπτουν την ίδια την καλλιέργεια (Brookes & Barfoot, 2017). Ακόμη, το χαρακτηριστικό αντοχής στην ξηρασία επιτρέπει στις καλλιέργειες να χρησιμοποιούν το νερό πιο έξυπνα και αποτελεσματικά. Έτσι, προστατεύεται η απόδοση και άρα απαιτούνται λιγότερα εκτάρια καλλιεργήσιμων εκτάσεων, μειώνοντας έτσι την ποσότητα των φυσικών οικοτόπων που πρέπει να μετατραπούν σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις για να καλύψουν την ανθρώπινη ζήτηση για τρόφιμα, ζωοτροφές και φυτικές ίνες. Οι βιοτεχνολογικές εφαρμογές στην αγροτική παραγωγή και οι τεχνολογίες της γενετικής μηχανικής φαίνεται να έχουν σαν αποτέλεσμα και τη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Οι μειωμένες εφαρμογές εντομοκτόνων ουσιών σε ΓΤ ποικιλίες ανθεκτικές σε έντομα και η μετάβαση σε συστήματα καλλιέργειας μειωμένου ή καθόλου οργώματος, έχουν οδηγήσει σε εξοικονόμηση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Το 2015, η εξοικονόμηση ισοδυναμούσε με 2.819 εκατ. κιλών διοξειδίου του άνθρακα, που προκλήθηκε από τη μειωμένη χρήση καυσίμου 1.056 εκατ. λίτρων. Ουσιαστικά αυτό ισοδυναμεί με την αποχώρηση από το δρόμο 1,25 εκατ. αυτοκινήτων για ένα χρόνο (Brookes & Barfoot, 2017; Herman et al., 2019).

Η βιοτεχνολογία και η γενετική μηχανική, αφορά και βιο-προϊόντα χρήσιμα για το περιβάλλον. Ποικίλα βακτήρια βρέθηκαν ικανά να συνθέσουν ενώσεις για τη σύνθεση υλικών (πλαστικών). Μια περίπτωση είναι ο πολυδροξυαλκανοϊκός εστέρας (PHA), ένας τύπος πολυεστέρα που εμφανίζει θερμικές ιδιότητες παρόμοιες με τα πλαστικά με

βάση το πετρέλαιο. Στον αντίποδα των συμβατικών πλαστικών, το PHA είναι πλήρως βιοαποικοδομήσιμο. Για την παραγωγή του, χρησιμοποιούνται μέθοδοι βιοτεχνολογίας και γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί. Λόγω του υψηλού κόστους για την αποστείρωση του εξοπλισμού και του υποστρώματος καθώς και της επεξεργασίας, η τιμή του PHA είναι πολύ υψηλή (Jiang et al., 2012).

1.6 Μειονεκτήματα της χρήσης ΓΤ οργανισμών και τροφίμων

Η αυξανόμενη καλλιέργεια ΓΤ καλλιεργειών τα τελευταία χρόνια, έχει παγκοσμίως πυροδοτήσει συζήτηση σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα κοινωνικοοικονομικά ζητήματα. Αναλυτικότερα:

A. Στον οικονομικό τομέα (Acker et al., 2017; Ramaswami, Pray, & Lalitha, 2012). Η εισαγωγή μιας ΓΤ καλλιέργειας στην αγορά μπορεί να αποβεί δαπανηρή και χρονοβόρα. Από την άλλη πλευρά οι γεωργικές εταιρείες αναπτύσσουν και προωθούν προϊόντα που θα προσφέρουν συνολικό κέρδος και σιγουριά στις επενδύσεις τους. Προκύπτει λοιπόν σημαντικό ρίσκο στην καλλιέργεια ΓΤ φυτών για την παραγωγή τροφίμων. Ένα επιπρόσθετο στοιχείο είναι ότι ο κλάδος δέχεται αυστηρούς ελέγχους από τα αρμόδια όργανα (Acker et al., 2017). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το ΓΤ καλαμπόκι *Viptera* της εταιρίας Syngenta, το οποίο εγκρίθηκε για καλλιέργεια στις ΗΠΑ το 2009 αλλά δεν είχε ωστόσο εγκριθεί η απελευθέρωση του στην αγορά της Κίνας (Fisher, 2014). Οι εξαγωγές καλαμποκιού από τις ΗΠΑ προς την Κίνα περιείχαν όμως και υλικό της ποικιλίας καλαμποκιού *Viptera* με αποτέλεσμα να υπάρξει οικονομική ζημία καθώς η Κίνα έκλεισε τα σύνορά της στις εισαγωγές καλαμποκιού από τις ΗΠΑ για μια χρονική περίοδο. Ο Εθνικός Οργανισμός Σπόρων και Τροφίμων (National Grain and Feed Association) συμβούλεψε την Syngenta (εταιρία παραγωγής) να βάλει τέλος στην πώληση της ποικιλίας *Viptera*, εξαιτίας των οικονομικών ζημιών των Αμερικανών αγροτών και ακολούθησε μια σειρά από νομικές συνέπειες εναντίων της εταιρίας. Οι ανησυχίες για την ασφάλεια των ΓΤ τροφίμων υπήρξε η αιτία στις αποφάσεις της Κίνας κατά της παραγωγής και της εισαγωγής τέτοιων ποικιλιών (Acker et al., 2017). Άλλη μια οικονομική συνέπεια αποτελεί το μονοπώλιο λίγων μόνο εταιριών, στη διάθεση πολλαπλασιαστικού υλικού. Κατά την περίοδο 2002–2006, μόνο μία εταιρεία στην Ινδία (MAHYCO Monsanto Biotech (MMB)) είχε άδεια πώλησης ΓΤ (Bt) ποικιλίας

βαμβακιού. Σημαντικό να σημειωθεί πως το χαρακτηριστικό της ΓΤ ποικιλίας ήταν η προστασία από το μεγαλύτερο παράσιτο του βαμβακιού στην Ινδία, το bollworm (Ramaswami et al., 2012). Επίσης, είναι γνωστό πως η πλειονότητα των πωλήσεων των ΓΤ σπόρων μεγάλων καλλιεργειών, ελέγχεται μόνο από μερικές εταιρείες σπόρων. Τα ζητήματα ελέγχου της ιδιωτικής βιομηχανίας και των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας των σπόρων καθώς και η προστασία των πατενταρισμένων σπόρων, δημιούργησαν οικονομικές και κοινωνικές προκλήσεις και αποτελούν πρόβλημα για πολλούς αγρότες (Acker et al., 2017; Fisher, 2014).

B. Αγροτικός τομέας και περιβαλλοντικοί κίνδυνοι (Mandal et al., 2020; Tsatsakis et al., 2017). Μεταξύ διαφόρων φορέων προστασίας του περιβάλλοντος, το Διεθνές Συμβούλιο Επιστημών (ICSU) και το Συμβούλιο Nuffield on Bioethics (UK), κατέληξαν πως οι ΓΤ καλλιέργειες έχουν είτε θετική είτε αρνητική επίδραση στο περιβάλλον ανάλογα με το πώς και πού χρησιμοποιούνται. Οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι αξιολογούνται και είναι υπό διερεύνηση συνεχώς (Lazebnik, Dicke, ter Braak, & van Loon, 2017; Tsatsakis et al., 2017).

i) Η ανεπιθύμητη μεταφορά των διαγονιδίων σε συγγενικούς οργανισμούς μέσω της μεταφοράς της γύρης, η διαταραχή της βιοποικιλότητας, οι άγνωστες επιδράσεις σε μικρόβια ή άλλους μικροοργανισμούς του εδάφους, αποτελούν τους κύριους προβληματισμούς στον τομέα της γενετικής τροποποίησης (Klug et al., 2016). Γονιδιακή ροή (gene flow) ή αλλιώς μεταφορά των διαγονιδίων μπορεί να συμβεί όταν τα γονίδια μεταφέρονται από την ΓΤ καλλιέργεια σε άγριους συγγενείς, μη ΓΤ φυτά ή άλλους οργανισμούς. Η γονιδιακή ροή ή η γενετική μόλυνση μπορεί να προκύψουν μέσω της επικονίασης μεταξύ ΓΤ και μη ΓΤ καλλιεργειών. Η πιθανότητα και τα αποτελέσματα αυτού του γεγονότος εξαρτώνται από τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες και την συμβατότητα των ειδών (Mandal et al., 2020).

Η διαταραχή στο οικοσύστημα μπορεί να είναι σημαντική που μπορεί να σημαίνει εξάλειψη άγριων πληθυσμών αλλά και πλήρης αλλαγή της βιοποικιλότητας. Τέτοιου τύπου γονιδιακή ροή έχει αναφερθεί στην ελαιοκράμβη, στα ζαχαρότευτλα, στο ρύζι, στο σιτάρι, στο καλαμπόκι (στο εργαστήριο) (Klug et al., 2016). Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί έντονα σε ΓΤ καλλιέργεια Κάνολας (Ελαιοκράμβη) η οποία μπορεί να επικονιάσει φυτά σε απόσταση 800 μέτρων (Mandal et al., 2020). Επίσης, ΓΤ σπόροι ζαχαρότευτλων εντοπίστηκαν σε εμπορικά διαθέσιμες συσκευασίες χρώματος (Klug et al.,

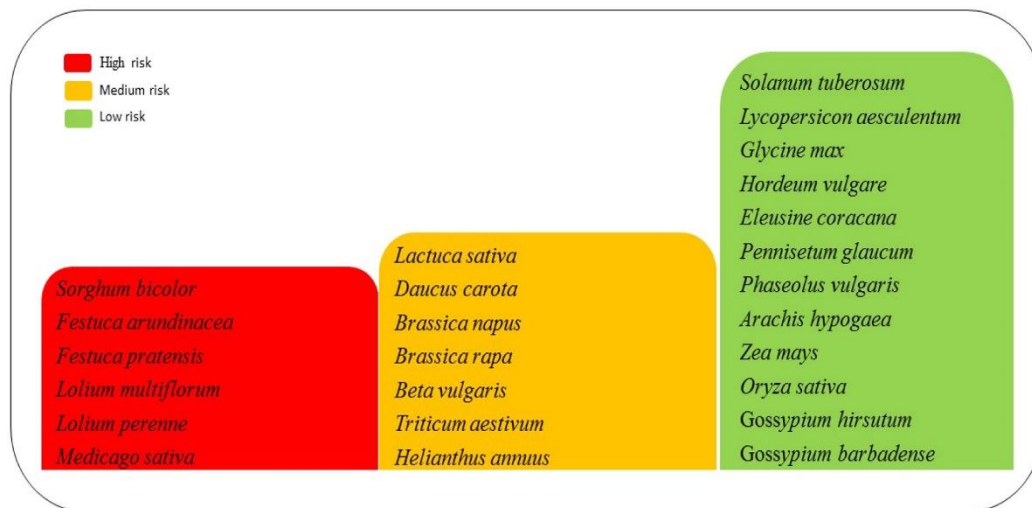
2016). Η διαφυγή των γονιδίων στο περιβάλλον δεν είναι απλή υπόθεση. Μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη αντοχής σε πληθυσμούς, απειλώντας τη βιοποικιλότητα και υπονομεύοντας τα καταχωρημένα βιολογικά πρότυπα. Πιο συγκεκριμένα, από το 1999 που ξεκίνησε η χρήση ανθεκτικών στη γλυφοσάτη GT φυτών μέχρι σήμερα, έχουν εμφανιστεί περισσότερα από 24 ανθεκτικά στη γλυφοσάτη είδη ζιζανίων στις ΗΠΑ και 18 σε άλλες χώρες (Klug et al., 2016; Mandal et al., 2020).

Σύμφωνα με τους Tsatsakis (b) et al., (2017), η γονιδιακή ροή μπορεί να επηρεάσει το περιβάλλον με ποικίλους τρόπους. Πέρα από τη μείωση της ποικιλομορφίας μεταξύ των πληθυσμών, παρατηρείται και αύξηση της ποικιλομορφίας μεταξύ ατόμων μέσα σε έναν πληθυσμό. Η ροή γονιδίων εντός ενός πληθυσμού μπορεί να αυξήσει τη γενετική διακύμανση/παραλακτικότητα του πληθυσμού αυτού. Η αλλαγή της δομής της γενετικής ποικιλομορφίας είναι επίσης μία από τις βασικές συνέπειες. Ακόμη, η ροή γονιδίων είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη super-ζιζανίων, την εξέλιξη νέων ιογενών παθογόνων, την ανάπτυξη ανθεκτικότητας των παρασίτων και παθογόνων σε νέες ενώσεις, την αστάθεια των διαγονιδίων στο περιβάλλον, κ.α. Το φαινόμενο μπορεί να οδηγήσει όπως αναφέρθηκε σε διαταραχές στη βιοποικιλότητα. Από την άλλη μεριά, πρέπει να αναφερθεί πως το φαινόμενο αυτό μπορεί να ελεγχθεί με τη φύτευση GT φυτών σε ελάχιστη απόσταση απομόνωσης από τις μη GT καλλιέργειες (Choudhuri, 2014; Mandal et al., 2020; Tsatsakis (b) et al., 2017).

Η βιοποικιλότητα παίζει σπουδαίο ρόλο στην επιβίωση των οικοσυστημάτων από περιβαλλοντική καταπόνηση (στρες) και φυσικές καταστροφές και χρήζει ιδιαίτερης προστασίας (Izaguirre, Roque, Mendoza, & Bernal, 2015). Παρόλο που τα έγγραφα καθοδήγησης της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) σημειώνουν τη σημαντικότητα της προστασίας της βιοποικιλότητας στην ΕΕ (P. o. G. M. O. EFSA, 2010), δεν υπάρχουν πανθομολογούμενες κατευθυντήριες γραμμές για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των GT καλλιεργειών στη βιοποικιλότητα. Πάντως οι ευρωπαϊκοί στόχοι για το 2020 επικεντρώνονται στην μείωση της απώλειας βιοποικιλότητας και της υποβάθμισης του οικοσυστήματος με στόχο της προστασία τους (European Commission, 2011; Lazebnik et al., 2017).

Ένα καίριο θέμα που σχετίζεται με τη χρήση GT καλλιεργειών είναι η προαναφερθείσα πιθανή ανάπτυξη «σουπέρ» ζιζανίων (super weeds) ως αποτέλεσμα της γονιδιακής ροής. Τα ζιζάνια προσλαμβάνουν διαγονίδια από τις GT καλλιέργειες και μαζί

με την εγκατάλειψη των γεωργικών πρακτικών αλλά και τη χρήση ενός ζιζανιοκτόνου ευρέως φάσματος, αυξάνεται η ανθεκτικότητά τους. Να σημειωθεί πως αν δεν πραγματοποιούνται οι εναλλακτικοί τρόποι αντιμετώπισης ζιζανίων (όργωμα, εναλλασσόμενη καλλιέργεια κλπ.), εμφανίζονται ζιζάνια ανθεκτικά σε διάφορα ζιζανιοκτόνα. Αυτό σημαίνει πως με τα χρόνια όσο εντατικότερη είναι η χρήση τους, τόσο ταχύτερη θα είναι η εμφάνιση τέτοιων ζιζανίων. Κάτι αντίστοιχο έχει συμβεί και με την καλλιέργεια ΓΤ Bt ποικιλιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να σημειωθεί πως η παρουσία των ζιζανίων στις καλλιέργειες, είχε σημαντικά αρνητικές επιπτώσεις (Klug et al., 2016; Tsatsakis (b) et al., 2017).



Εικόνα 6. Ταξινόμηση 25 επιλεγμένων φυτικών ειδών ως προς τον κίνδυνο εμφάνισης του φαινομένου της γονιδιακής ροής, βασισμένη σε μοριακά στοιχεία, την κίνηση της γύρης και τη βιολογία της καλλιέργειας. Η ταξινόμηση αφορά τρεις κατηγορίες, υψηλού, μεσαίου και χαμηλού κινδύνου (Tsatsakis (b) et al., 2017).

ii) Το υδάτινο περιβάλλον συνδέεται στενά με τα χερσαία οικοσυστήματα. Τα χρησιμοποιούμενα αγροχημικά λειτουργούν συχνά ως στρεσογόνοι παράγοντες. Οι ΓΤ καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας που καλλιεργούνται σε πολλές χώρες, μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως στρεσογόνοι παράγοντες. Ενώ η εμπορική χρήση των ΓΤ είναι γνωστή εδώ και 20 έτη, οι επιπτώσεις τους στο υδάτινο περιβάλλον παρατηρήθηκαν και αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης μόλις πριν από 10 χρόνια. Μια σημαντική μελέτη σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις των ΓΤΟ στις προνύμφες των υδρόβιων εντόμων

(Rosi-Marshall et al., 2007), έθεσε τις επιπτώσεις στα υδάτινα περιβάλλοντα στο επίκεντρο. Οι ερευνητές μέτρησαν την περιβαλλοντική έκθεση των υδάτων σε ΓΤ ποικιλία αραβόσιτου Bt και στην εντομοκτόνο τοξίνη Cry1Ab. Τα πειραματικά δεδομένα έδειξαν κίνδυνο για τις υδρόβιες προνύμφες των Τριχόπτρων (caddisflies, Trichoptera), φυλογενετικά στενά συνδεδεμένα με τα Λεπιδόπτερα (Lepidoptera) και άρα τα έντομα-στόχο του αραβόσιτου Bt. Αναφέρθηκε επίσης ότι η εισαγωγή ΓΤ υλικού στο υδάτινο περιβάλλον μπορεί να κρύβει κινδύνους για τα υδρόβια ασπόνδυλα. Οι δημοσιευμένες μελέτες για τις επιπτώσεις των ΓΤ καλλιεργειών στους υδρόβιους οργανισμούς έχουν εστιάσει στον αραβόσιτο (55%, 17 μελέτες), στο ρύζι (16%, πέντε μελέτες), στο βαμβάκι (6%, δύο μελέτες) και στη σόγια (3%, μία μελέτη) (Pott et al. 2018).

Τέλος, ως αποτέλεσμα εφαρμογής του σκευάσματος Roundup ακόμη και σε υπολειμματικές συγκεντρώσεις κάτω από τα επίπεδα προστασίας του περιβάλλοντος, σημειώθηκαν θανατηφόρες επιδράσεις σε αμφίβια με ποσοστό θνησιμότητας 96-100% (Tsatsakis et al, 2017 (b)). Σύμφωνα με τους Giaquinto et al., (2017), ψάρια Πακού (*Piaractus mesopotamicus*) των Χαρακόμορφων, εκτέθηκαν σε τρεις συγκεντρώσεις γλυφοσάτης (glyphosate) (0,2, 0,6 και 1,8 ppm) για 15 ημέρες. Στις χαμηλές συγκεντρώσεις (0,2 και 0,6 ppm) η πρόσληψη τροφής μειώθηκε την 13^η ημέρα και επέστρεψε στο φυσιολογικό την 15^η. Στην υψηλότερη όμως συγκέντρωση (1,8 ppm) η κατανάλωση τροφής μειώθηκε δραματικά και τελικά δεν επανήλθε. Η μελέτη αυτή, υπήρξε σημαντική καθώς έδειξε ότι ζιζανιοκτόνα με βάση την δραστική ουσία γλυφοσάτη, σε υψηλές συγκεντρώσεις, μπορεί να αναστείλουν τελείως την ανάπτυξη του είδους Πακού. Επίσης πρόσφατα αποτελέσματα έδειξαν, ότι η χρήση της γλυφοσάτης και των ζιζανιοκτόνων που την περιέχουν (πχ. GBH (Roundup), μπορεί να προκαλέσει ρύπανση στο οικοσύστημα σε διάφορα επίπεδα. Τόσο στο γλυκό νερό όσο και στο θαλάσσιο περιβάλλον, βλάπτοντας πρωτογενείς παραγωγούς, όπως τα πράσινα και καφέ φύκια (Thomas Bøhn & Millstone, 2019; Fellingine et al., 2019; Giaquinto et al., 2017). Τέλος, σε μελέτες των τελευταίων ετών, αναγράφεται πως η γλυφοσάτη και τα ζιζανιοκτόνα που την περιέχουν μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά και γίνουν στρεσογόνοι παράγοντες για τη μέλισσα. Πιο συγκεκριμένα, μεταβάλει την μικροβιακή κοινότητα του εντέρου με αποτέλεσμα την ευαισθησία σε λοίμωξη από ευκαιριακά παθογόνα (*S. marcescens*) και τέλος την αύξηση της θνησιμότητας (Abraham et al., 2018; Motta et al., 2018).

1.6.1 Κίνδυνοι της χρήσης και κατανάλωσης ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων για τη δημόσια υγεία

Τα ΓΤ φυτά καλλιεργούνται κυρίως για την χρήση τους ως τρόφιμα ή ως συστατικά τροφίμων. Για το λόγο αυτό υπάρχει ανησυχία γύρω από τη δημόσια υγεία, η οποία σχετίζεται με τους κινδύνους από την κατανάλωση αυτών (Key, Ma, & Drake, 2008). Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για την υγεία του ανθρώπου που ενδεχομένως να σχετίζονται με γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα είναι: η αλλεργιογόνα αντίδραση, η τοξικότητα, και οι γενετικοί κίνδυνοι στην περίπτωση δηλαδή, που το εισαχθέν γονίδιο μπορεί να διαταράξει την ακεραιότητα των υπάρχουσων γενετικών πληροφοριών στο φυτό. Για παραπάνω κινδύνους εντοπίζονται τρεις πιθανές αιτίες, το εισαχθέν γονίδιο και οι εκφραζόμενες πρωτεΐνες, οι δευτερεύουσες επιδράσεις των προϊόντων της γονιδιακής έκφρασης και η πιθανότητα απενεργοποίησης των φυσικών γονιδίων στον χειραγωγημένο οργανισμό (Zhang et al., 2016).

Ι) Αλλεργιογόνες αντιδράσεις. Μεταξύ των τελευταίων είκοσι ετών, η διάγνωση σε τροφικές αλλεργίες κλιμακώθηκε στις βιομηχανικές χώρες. Στις ΗΠΑ, οι τροφικές αλλεργίες ανοσοσφαιρίνης E (IgE) επηρεάζουν περίπου το 4% έως 8% του πληθυσμού ενώ δεν έχει αποσαφηνιστεί ακόμη η αιτία. Καθώς οι πρωτεΐνες αποτελούν κύριο παράγοντα των αλλεργικών αντιδράσεων, δημιουργείται το ερώτημα αν οι πρωτεΐνες που παράγονται σε ΓΤ καλλιέργειες, μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση των αλλεργικών αντιδράσεων στους καταναλωτές (Dunn, Vicini, Glenn, Fleischer, & Greenhawt, 2017). Ο πιθανός κίνδυνος αλλεργίας από τις ΓΤ καλλιέργειες μπορεί να τοποθετηθεί σε μία από τις τρεις κατηγορίες. Α) Στη μεταφορά ενός γνωστού αλλεργιογόνου ή πρωτεΐνης. Β) Στην έκφραση νέων πρωτεϊνών που μπορεί να οδηγήσουν σε νέα αλλεργιογόνα και Γ) στην πιθανότητα ενίσχυσης της αλλεργιογόνου αντίδρασης μιας ΓΤ καλλιέργειας (π.χ. σόγια), αυξάνοντας την έκφραση ενδογενών αλλεργιογόνων (Ladics, 2019). Ένα παράδειγμα είναι ο ΓΤ αραβόσιτος «Starlink» (Bucchini & Goldman, 2002) που παράχθηκε με την εισαγωγή ενός γονιδίου από το *Bacillus thuringiensis*, με σκοπό να αποκτηθεί το στοιχείο της ανθεκτικότητας σε ορισμένα έντομα. Το εισαχθέν γονίδιο κωδικοποιούσε για την πρωτεΐνη Cry9c, η οποία προσφέρει εντομοκτόνες ιδιότητες αλλά και μια γνωστή ακούσια ισχυρή αλλεργιογένεση (Zhang et al., 2016).

Το φθινόπωρο του 2000 ανιχνεύθηκε DNA Cry9c σε πολλά προϊόντα που περιείχαν καλαμπόκι, υποδηλώνοντας ότι το καλαμπόκι «Starlink» είχε εισέλθει στην αλυσίδα

τροφίμων. Πρέπει να σημειωθεί, πως έχουν αναφερθεί περιπτώσεις αλλεργικής αντίδρασης σε καταναλωτές των παραπάνω τροφίμων (Raybourne et al., 2003; C. Zhang et al., 2016). Στη συνέχεια και σύμφωνα με τους Bucchini & Goldman (2002), αναγνωρίστηκε πως η πρωτεΐνη Cry9c μπορεί να γλυκοζυλιωθεί σε φυτά όπως συμβαίνει με πολλά πιθανά αλλεργιογόνα (Bucchini & Goldman, 2002; C. Zhang et al., 2016). Ακόμη οι ομάδες γλυκοζυλίου μπορεί να συμβάλλουν ουσιαστικά στη δέσμευση αλλεργιογόνων (US EPA, 2001). Η γλυκοζυλίωση πρωτεΐνης αποτελεί σημαντική επιγενετική τροποποιητική διαδικασία και επηρεάζει την έκφραση, τον εντοπισμό και τη λειτουργία πολλών πρωτεϊνών που απαιτούνται για τη φυσιολογική ανοσολογική λειτουργία. Όμως, οι επαναλαμβανόμενες μεταλλάξεις σε γονίδια που είναι υπεύθυνα για τις διεργασίες γλυκοσυλίωσης καθώς και μια «ελαττωματική» γλυκοζυλίωση, μπορεί να οδηγήσουν σε συγγενείς διαταραχές της γλυκοσυλίωσης και μπορεί να φέρουν σημαντικές ανοσολογικές συνέπειες (Lyons, Milner, & Rosenzweig, 2015). Το Δεκέμβριο του 2000, ο Οργανισμός Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) των ΗΠΑ και η επιστημονική συμβουλευτική ομάδα (Scientific Advisory Panel, SAP) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι «... υπάρχει πιθανότητα η πρωτεΐνη Cry9C να είναι αλλεργιογόνο ...» (US EPA, 2001).

Αυτός ήταν ο λόγος που το 1999, ο Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA) δεν ενέκρινε την χρήση του «Starlink» ως τρόφιμο παρά μόνο για βιομηχανική χρήση και χρήση σε ζωοτροφές αν και το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA), είχε εγκρίνει το «Starlink» για καλλιέργεια καθώς είχε δεχθεί πίεση από τους αγρότες για την έγκριση. Μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2000 είχαν βρεθεί στην αγορά τρόφιμα με DNA του «Starlink». Το Νοέμβριο της ίδιας χρονιάς, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA), ανακάλεσε όλα τα σχετικά τρόφιμα. Παρόλα αυτά θεωρείται πως δεν υπήρξαν αυστηρά μέτρα από τον EPA και τον FDA. Η Επιστημονική και Συμβουλευτική Ομάδα FIFRA SAP που ιδρύθηκε σύμφωνα με τις διατάξεις της FIFRA (Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act), κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν μπορεί να ορίσει ένα ασφαλές επίπεδο πρωτεΐνης Cry9c για τα τρόφιμα και συνέστησε στον EPA να συνεχίζει τις προσπάθειες κατάργησης του προϊόντος από την αλυσίδα τροφίμων. Να προστεθεί ακόμη πως για την έκθεση στην πρωτεΐνη Cry9c μέσω της εισπνοής σε χώρους εργασίας, δεν έχει γίνει αξιολόγηση (Bucchini & Goldman, 2002; FR & EPA, 1999; US EPA, 2001). Παγκοσμίως, από το

2003 έως το 2016, υπήρξε απαγόρευση καλλιέργειας Βt αραβόσιτου καθώς και άλλων Βt καλλιεργειών σε διάφορες χώρες. Παρόλη την τάση και την απαγόρευση, και από την Ευρωπαϊκή Ένωση, εισάγονται ετησίως εκατομμύρια τόνοι Βt αραβόσιτου και σόγιας για βιομηχανική χρήση και ζωοτροφές (Abbas, 2018). Ακόμη, η Cry1Ac πρωτεΐνη που παράγεται σε Βt ποικιλίες, βρέθηκε να έχει ήπιες αλλεργικές αντιδράσεις σε ποντίκια ευαίσθητα σε τροφικές αλλεργίες αλλά και να δημιουργεί συμπτώματα φλεγμονώδης νόσου του εντέρου, νόσο κοιλιοκάκη κ.α. (Santos-Vigil et al., 2018).

Ένα ακόμη παράδειγμα ΓΤ τροφίμου με σημαντική αλλεργιογόνο αντίδραση είναι η εμπλουτισμένη σόγια με το αμινοξύ μεθειονίνη. Η βελτιωμένη αυτή σύνθεση είναι αποτέλεσμα ενός γονιδίου που απομονώθηκε από καρύδια Βραζιλίας (*Bertholletia excelsa*). Κατά συνέπεια, όσοι καταναλωτές είναι αλλεργικοί σε αυτούς τους καρπούς, υπάρχει πιθανότητα να εμφανίσουν αλλεργική αντίδραση και στην ΓΤ σόγια (C. Zhang et al., 2016). Σύμφωνα με τους Nordlee et al. (1996), μελετήθηκε η αλλιεργόνο δράση της αλβουμίνης 2S της μεθειονίνης, συστατικό που προστέθηκε στη ΓΤ σόγια από τα καρύδια Βραζιλίας. Προσδιορίστηκε η ικανότητα των πρωτεϊνών να δεσμεύουν την ανοσοσφαιρίνη (IgE) σε ορό ατόμων αλλεργικών στην παραπάνω ουσία. Η σχέση πρωτεΐνης/ανοσοσφαιρίνης IgE είναι αυτή που προκαλεί τις αλλεργικές αντιδράσεις στα ευαίσθητα άτομα και όταν η δέσμευση είναι μεγάλη, σημαίνει πως υπάρχει αλλεργική αντίδραση. Πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό ραδιοαλλεργιοπροσοροφητικά τεστ και ηλεκτροφόρηση πηκτώματος δωδεκυλ-θεικού νατρίου πολυακρυλαμιδίου με ανοσοαποτύπωση και αυτοραδιογραφία. Σε τέσσερα δείγματα ορού που πάρθηκαν από άτομα με ιστορικό αλλεργίας στα καρύδια Βραζιλίας, η δέσμευση της πρωτεΐνης με την IgE ήταν 9-38 φορές μεγαλύτερη από αυτή σε ορό ατόμων χωρίς ιστορικό. Σε πέντε δείγματα ορού από άτομα με ιστορικό αλλεργίας σε διάφορους ξηρούς καρπούς, η δέσμευση ήταν 4-64 φορές μεγαλύτερη από αυτή σε άτομα χωρίς ιστορικό. Στη συνέχεια έγιναν αλλεργικά τεστ με τσίμπημα του δέρματος, όπου οκτώ στα εννιά άτομα βρέθηκαν να εμφανίζουν αλλεργική αντίδραση σε εκχύλισμα καρυδιών Βραζιλίας και ΓΤ σόγιας αλλά όχι σε εκχύλισμα μη ΓΤ σόγιας. Ακόμη, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το συγκεκριμένο αλλεργιογόνο, διατηρεί την αλλεργιογόνο δράση του μετά τη μεταφορά του σε ΓΤ σόγια καθώς το εκχύλισμα ΓΤ σόγιας ήταν παρόμοιο με το εκχύλισμα ακατέργαστου καρυδιού της Βραζιλίας (Nordlee, Taylor, Townsend, Thomas, & Bush,

1996). Η περίπτωση της σόγιας βοήθησε στην καθιέρωση της παρακάτω πολιτικής. Οποιαδήποτε πρωτεΐνη που έχει αποδειχθεί ή υπάρχουν υποψίες ότι προκαλεί αλλεργική αντίδραση, δεν μπορεί να εισαχθεί σε ΓΤ καλλιέργειες. Σύμφωνα με τις διεθνείς αρχές ασφάλειας τροφίμων (FAO/WHO), πριν από οποιαδήποτε έγκριση ΓΤ τροφίμων στην αγορά, πρέπει να ελέγχεται η δομή της εισαγόμενης πρωτεΐνης και να συγκρίνεται με όλα τα γνωστά αλλεργιογόνα. Μέχρι σήμερα η ΓΤ σόγια, είναι το μόνο αναγνωρισμένο αλλεργιογόνο τρόφιμο για ένα συγκεκριμένο πληθυσμό ατόμων και για το οποίο η EFSA έλαβε αιτήσεις και συνεπώς λήφθηκε ως παράδειγμα για τον καθορισμό μιας στρατηγικής αξιολόγησης ενδογενούς αλλεργιογένεσης (Selb et al., 2017; Xu, 2015).

II) Τοξικότητες & Αυτοάνοσα. Πολλές φορές οι γενετικές τροποποιήσεις και τα προϊόντα αυτών έχουν συσχετισθεί με την πρόκληση αυτοάνοσων νοσημάτων, εξαιτίας της τοξικότητας ορισμένων δραστικών ουσιών όπως για παράδειγμα της Bt-τοξίνης η οποία συνθέτει Cry και Cyt πρωτεΐνες και εισάγεται σε ΓΤ ποικιλίες (Palma, Muñoz, Berry, Murillo, & Caballero, 2014) ή της γλυφοσάτης, ενεργό συστατικό των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόζονται σε ΓΤ καλλιέργειες. Σε γενικές γραμμές πρέπει να ειπωθεί πως, οι Bt τοξίνες θεωρούνται μη τοξικές για τον άνθρωπο. Όμως σπάνια και σε μεγάλες συγκεντρώσεις έχει αναφερθεί επιρροή στη βιωσιμότητα και λειτουργία των κυττάρων καθώς και στη λειτουργία του εντέρου. Επίσης σύμφωνα με τους Santos-Vigil et al. (2018), η Bt τοξίνη Cry1Ac, βρέθηκε να προκαλεί επιπλοκές στο έντερο σε ποντίκια ευαίσθητα σε αλλεργίες. Οι επιπλοκές αυτές παρομοιάστηκαν με συμπτώματα της φλεγμονώδους νόσου του εντέρου, της νόσου κοιλιοκάκη και του καρκινώματος του παχέος εντέρου.

Οι περισσότερες ΓΤ καλλιέργειες όπως αναφέρθηκε παραπάνω έχουν τροποποιηθεί ώστε να παρουσιάζουν αντοχή σε ένα (Smith, 2013) ή περισσότερα ζιζανιοκτόνα ευρέως φάσματος με πιο συνηθισμένη την αντοχή στο ζιζανιοκτόνο με δραστική ουσία τη γλυφοσάτη (Klug et al., 2016). Παρόλο που οι εφαρμογές ζιζανιοκτόνων ευρέως φάσματος στις ΓΤ καλλιέργειες καθώς και η χρήση ΓΤ ποικιλιών οδήγησαν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την περίοδο 1996-2010 όπως αναφέρθηκε παραπάνω (Brookes & Barfoot, 2012), φαίνεται πως δημιουργούνται ερωτηματικά γύρω από τη δραστική ουσία αυτών, τη γλυφοσάτη. Στις καλλιέργειες, που εφαρμόζονται υψηλά επίπεδα γλυφοσάτης, μέρος αυτών ανιχνεύονται τελικά στο περιβάλλον αλλά και στην τροφή (Smith, 2013). Πιο σωστά, τα υψηλά επίπεδα της

δραστικής ουσίας, οφείλονται στους συνεχείς ψεκασμούς ζιζανιοκτόνων λόγω της αντοχής των καλλιεργειών σε αυτά και τελικά στην αλόγιστη χρήση (Thomas Bøhn & Millstone, 2019; Hear, 2014).

Τα ζιζανιοκτόνα που στηρίζονται στη γλυφοσάτη είχαν χαρακτηριστεί στο παρελθόν ως «πρακτικά μη τοξικά» (EPA) σε ζώα και ανθρώπους (Bai & Ogbourne, 2016; Williams, Kroes, & Munro, 2000) και ότι είχαν λίγο ή καθόλου τοξικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σύμφωνα με τους McKee et al. (1982), η γλυφοσάτη αναφέρθηκε πως είχε χαμηλή τοξικότητα στον οργανισμό-δείκτη *Daphnia magna*. Αυτό προέκυψε όμως από πειράματα τοξικότητας που πραγματοποίησε η κάτοχος εταιρία του διπλώματος ευρεσιτεχνίας της γλυφοσάτης (Monsanto, τώρα Bayer), η οποία κατέληξε πως η γλυφοσάτη δεν απειλεί τον άνθρωπο και το περιβάλλον (Thomas Bøhn & Millstone, 2019; McKee, McAllister, & Schofield, 1982). Πολύ αργότερα και σύμφωνα με πειράματα των Cuhra et al. (2013), αποδείχθηκε η τοξικότητα και οι δυσμενείς επιπτώσεις στον οργανισμό-δείκτη *D. magna*, με ποσότητα δραστικής ουσίας μικρότερης των ψεκασμών που εφαρμόζονται στις περισσότερες καλλιέργειες. Έπειτα από τα νέα δεδομένα και σύμφωνα των Cuhra & Bohn (2017), η γλυφοσάτη θα έπρεπε να κατηγοριοποιηθεί σε «μέτρια τοξική» ή «τοξική», ανάλογα με το πρότυπο τοξικότητας (Cuhra & Bøhn, 2017; Cuhra, Traavik, & Bøhn, 2013).

Σε συνέχεια των παραπάνω, σύμφωνα με τον Smith (2013), η αυξανόμενη χρήση ζιζανιοκτόνων με γλυφοσάτη, μπορεί να προκαλέσει ή να επιδεινώσει διαταραχές που σχετίζονται με τη γλουτένη. Δηλαδή, με τη λειτουργία του εντέρου, την ισορροπία των βακτηρίων του εντέρου, την ανοσοποίηση, την πέψη και την βλάβη στα τοιχώματα του εντέρου. Σύμφωνα με τους Senapati et al. (2009), συμπεραίνεται ότι σαρκοφάγα ψάρια που εκτέθηκαν στη γλυφοσάτη, εμφάνισαν σημαντικές διαταραχές στο πεπτικό σύστημα. Παρατήρησαν επίσης ότι υπήρξε «διαταραχή των βλεννογόνων πτυχών και διαταραχή των μικροβιακών δομών» στο εντερικό τοίχωμα, μαζί με υπερβολική έκκριση βλέννας (Ewen & Pusztai, 1999; Key et al., 2008; Senapati, Mukerjee, & Ghosh, 2009). Σύμφωνα με τη μελέτη των Leino et al., (2020) και των Rufaza et al., (2019), εκτιμάται πως το 54% των ειδών των μικροβίων του εντέρου των ανθρώπων είναι ευαίσθητο στη γλυφοσάτη με αποτέλεσμα τη μείωση της βακτηριακής ποικιλομορφίας, την αλλαγή στη σύνθεση των βακτηρίων, την ανισορροπία μεταξύ ευεργετικών και παθογόνων μικροοργανισμών και τελικά τη δυσβίωση. Οι Barnett & Gibson (2020), εκτιμούν πως η δυσβίωση που

προκαλείται στη χλωρίδα του εντέρου, ευνοεί αρκετές επιπλοκές και μπορεί να προκαλέσει φλεγμονή, παλινδρόμηση, παχυσαρκία, καρκίνο του παχέος εντέρου αλλά και να αποτελέσει αιτία για τη νόσο κοιλιόκακη (αλλαγή στα βακτήρια εξουδετέρωσης της γλουτένης).

Το ολοένα αυξανόμενο αυτοάνοσο νόσημα «κοιλιόκακη» παγκοσμίως (5% σε Ευρώπη και Αμερική), αποτελεί μια διαταραχή που σχετίζεται με την δυσανεξία στη γλουτένη και την εμπλοκή του ενζύμου τρανσγλουταμινάση (transglutaminase, tTg) ανθρώπινου ιστού, που θεωρείται αυτοαντιγόνο της κοιλιόκακης. Δηλαδή, ένα σύνθετο μόριο στην προκειμένη ένζυμο που αποτελεί αντιγόνο-στόχο του ίδιου του οργανισμού στην ανοσοαπόκριση καθώς ενισχύει και την ανοσοδιεγερτική επίδραση της γλουτένης (Di Sabatino et al., 2012). Εκτός της ιστικής τρανσγλουταμινάσης, στη βιομηχανία τροφίμων έχει εισέλθει ως συστατικό η μικροβιακή τρανσγλουταμινάση που δρα ως κόλλα τροφίμων. Σύμφωνα με τους Lerner & Mathias (2015), η βιομηχανική τρανσγλουταμινάση ενισχύει την ικανότητα αύξησης του αντιγονικού φορτίου στο ανοσοποιητικό σύστημα και θεωρείται ενισχυτής της κοιλιόκακη (Di Sabatino et al., 2012; Lerner & Matthias, 2015; Anthony Samsel & Seneff, 2013; Smith, 2013).

Η κοιλιόκακη αποτελεί μια πολυπαραγοντική ασθένεια που συνδέεται με πολυάριθμες διατροφικές ανεπάρκειες καθώς και προβλήματα αναπαραγωγής, αυξημένο κίνδυνο για ασθένεια του θυρεοειδούς, νεφρική ανεπάρκεια αλλά και καρκίνο. Τα κύρια χαρακτηριστικά της συνδέονται με την ύπαρξη βλαβών σε πολλά ένζυμα του κυτοχρώματος P450 (Larsen et al., 2014; Mesnage & Antoniou, 2017), τα οποία εμπλέκονται στην αποτοξίνωση των περιβαλλοντικών τοξινών, στην ενεργοποίηση της βιταμίνης D3, στον καταβολισμό της βιταμίνης A και στη διατήρηση της παραγωγής χολικού οξέος στο έντερο (A. Samsel & Seneff, 2015; Smith, 2013). Να σημειωθεί πως, οι ανεπάρκειες που δημιουργούνται στον σίδηρο, το κοβάλτιο, το μολυβδαίνιο, το χαλκό και άλλα σπάνια μέταλλα, μπορεί να αποδοθούν στην ισχυρή ικανότητα της γλυφοσάτης να δημιουργεί σύμπλοκες ενώσεις με τα στοιχεία αυτά (Mesnage & Antoniou, 2017; Smith, 2013).

Η νόσος Κοιλιόκακη και γενικότερα η δυσανεξία στη γλουτένη, έχουν φτάσει σε επιδημικές αναλογίες στις ΗΠΑ. Υπεύθυνες θεωρούνται οι ΓΤ και μη καλλιέργειες που ψεκάζονται με γλυφοσάτη. Ειδικά οι καλλιέργειες σιταριού που ψεκάζονται με ζιζανιοκτόνα λίγο πριν τη συγκομιδή και πολύ κοντά στη νέα φύτευση, για την

αποξήρανση των ζιζανίων, με αποτέλεσμα τη μεταφορά της δραστικής ουσίας στους κόκκους του σιταριού και τελικά στον άνθρωπο (Anthony Samsel & Seneff, 2017). Μέχρι τώρα, δεν είχε δοθεί έγκριση για ΓΤ καλλιέργεια σιταριού παρά μόνο στην Αργεντινή το 2020 (σε ανακοίνωση του Υπουργείου Γεωργίας, Κτηνοτροφίας και Αλιείας του Έθνους και αφορά την τεχνολογία HB4®), για την καλλιέργεια σιταριού με ανοχή στην ξηρασία μοναδική σε όλο τον κόσμο (Argentina.gov.ar, 2020), τα τελευταία χρόνια όπως φαίνεται παρακάτω, ΓΤ ποικιλίες σιταριού έχουν μπει στο παιχνίδι. Ύστερα από αρκετές δημοσιεύσεις και άρθρα που κατηγορούν τους φορείς για αμέλεια, το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ και η Υπηρεσία Επιθεώρησης Υγείας Ζώων και Φυτών (APHIS) ανακοίνωσε πως μετά από εκτεταμένη έρευνα, βρέθηκε ποικιλία ΓΤ σιταριού σε αγρόκτημα στο Όρεγκον το 2014. Η ΓΤ ποικιλία ήταν της εταιρείας Monsanto και έφερε το χαρακτηριστικό αντοχής στη γλυφοσάτη (USDA APHIS, 2013). Ακόμη, στις 29 Ιουλίου 2016, η APHIS επιβεβαίωσε την ανακάλυψη 22 φυτών ΓΤ σιταριού που ήταν υπό ανάπτυξη σε ένα χωράφι (όχι φυτεμένο) στην πολιτεία της Ουάσιγκτον. Η ΓΤ ποικιλία αναπτύχθηκε από την Monsanto, αναφέρεται ως MON 71700 και είναι ανθεκτική στη γλυφοσάτη. Καμιά από τις δυο περιπτώσεις δεν εισχώρησε τελικά στην αλυσίδα τροφίμων βάσει της ανακοίνωσης του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA APHIS, 2019).

Πέρα όμως από τη συσχέτιση της γλυφοσάτης με τις ΓΤ ποικιλίες πρέπει να σημειωθεί πως οι ανεπιθύμητες ενέργειες της δραστικής ουσίας δεν αποτελούν αποκλειστικό μειονέκτημα των ΓΤ ποικιλιών με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνο (στην προκειμένη σε γλυφοσάτη) αλλά και πολλών άλλων συμβατικών καλλιεργειών ακόμη και ανθοκομικών ειδών, στα οποία εφαρμόζεται η δραστική ουσία. Η διαφορά είναι ότι οι ΓΤ καλλιέργειες που δέχονται ψεκασμούς με γλυφοσάτη έχουν το χαρακτηριστικό αντοχής σε αυτήν και συνήθως οι ποσότητες της δραστικής ουσίας που δέχονται είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές της συμβατικής καλλιέργειας (Cuhra, 2015). Ένα τέτοιο πρόβλημα παρουσιάζει η μελέτη των Bohn et al. (2014). Τον Σεπτέμβριο του 2017, δημοσιεύτηκαν άρθρα σε διάφορα ευρωπαϊκά πρακτορεία που αμφισβήτησαν την ακεραιότητα της αξιολόγησης της γλυφοσάτης από την ΕΕ, ιδίως την αξιολόγηση που υπέβαλε η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) στο Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Αξιολόγησης Κινδύνου (BfR). Η EFSA υπερασπίστηκε την αξιοπιστία της αξιολόγησης της ΕΕ και υπογράμμισε ότι οι ως άνω ισχυρισμοί

βασίστηκαν σε παρερμηνεία της αξιολογητικής διαδικασίας. Στην επίσημη ιστοσελίδα της στις 20 Μαρτίου 2019, αναφέρεται ότι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε ένα σχέδιο για τη δημιουργία μιας ομάδας κρατών μελών που θα ενεργούν ως συνεισηγητές για την επόμενη αξιολόγηση της γλυφosatής. Εάν εγκριθεί το σχέδιο, η ομάδα θα εκπονήσει έκθεση εκτίμησης για την ανανέωση της άδειας που θα δοθεί από την EFSA το 2021 (T. Bøhn et al., 2014; EFSA, 2019). Επίσης, στην Ελλάδα το Υπουργείο Γεωργικής Ανάπτυξης το 2018, ενέκρινε τη χρήση της γλυφosatής και χορήγησε πενταετή άδεια διάθεσης έως και την 15/12/2023.

Σύμφωνα με τους Zhang et al. (2019), πρόσφατη ανάλυση δείχνει μια σημαντική σχέση μεταξύ της έκθεσης σε γλυφosatή και του λεμφώματος Non-Hodgkin. Έχουν δημοσιευθεί τουλάχιστον τρεις μετα-αναλύσεις που συμπεραίνουν λίγες πιθανότητες συσχέτισης με το ενδεχόμενο όμως να παραμένει (Schinas & Leon, 2014; S. Zhang, Ao, & Kim, 2019). Οι Jayasumana et al. (2014, 2015) αναφέρουν πως η έκθεση σε βαρέα μέταλλα και ζιζανιοκτόνα GBH που περιέχουν γλυφosatή, μπορεί να συμβάλει σε χρόνια νεφρική νόσο μιας και εντοπίστηκε μεταξύ αγροτών στη Σρι Λάνκα. Συσχέτιση των ΓΤ καλλιεργειών σόγιας και αραβόσιτου και των εφαρμογών γλυφosatής με καρκινικές νόσους του ήπατος, των νεφρών (Εικ.7) και του θυροειδή αναφέρουν οι Swanson et al. (2014). Τα επιδημιολογικά δεδομένα για τη συχνότητα εμφάνισης των παραπάνω, ελήφθησαν από το Εθνικό Ινστιτούτο Παρακολούθησης Καρκίνου των ΗΠΑ (National Cancer Institute, NCI) και φανερώνουν σημαντικό ποσοστό συσχέτισης (NCI, 2013). Να σημειωθεί ακόμη, πως αναφέρεται και συσχέτιση της ασθένειας του διαβήτη με τις εφαρμογές της γλυφosatής σε ΓΤ καλλιεργείες αραβόσιτου και σόγιας (Εικ.8), με δεδομένα από το Κέντρο Ελέγχου Πρόληψης Ασθενειών των ΗΠΑ (Center for Disease Control and Prevention, CDC). Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, είναι εμφανές από τη συσχέτιση των μεταβλητών στις αντίστοιχες εικόνες (Εικ.7 & Εικ.8) ότι τα ποσά είναι ανάλογα. Αυτό σημαίνει πως καθώς αυξάνεται η χρήση των ΓΤ ποικιλιών και η εφαρμογές της γλυφosatής, αυξάνεται και ο ρυθμός ανάπτυξης της καρκινικής νόσου και του διαβήτη (Jayasumana, Gunatilake, & Senanayake, 2014; Jayasumana, Gunatilake, & Siribaddana, 2015; Swanson, Leu, Abrahamson, & Wallet, 2014).

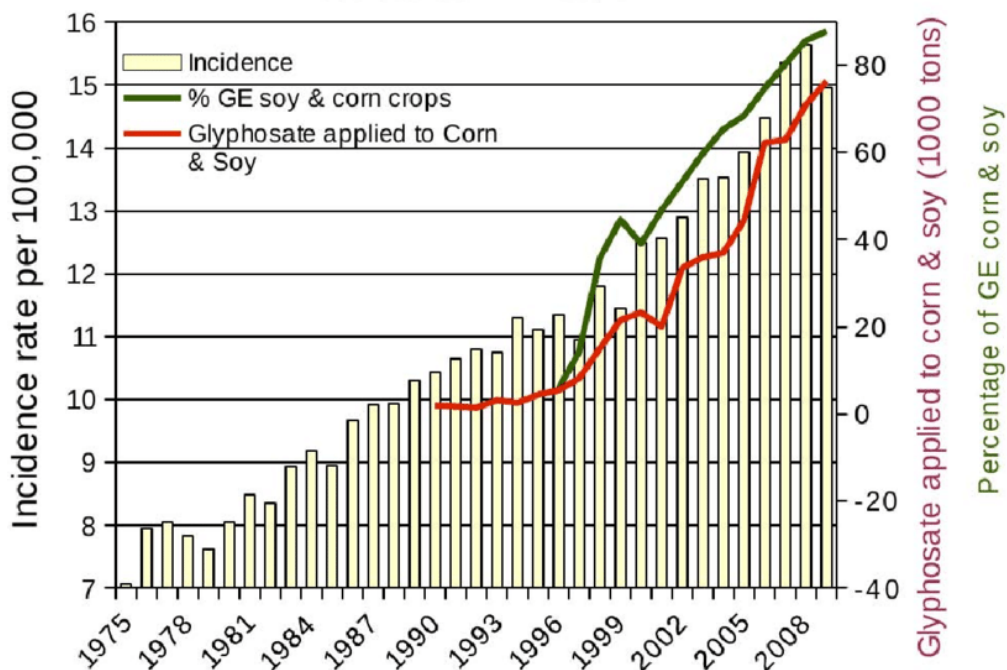
Επίσης μέταλλα όπως Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Co και Zn σημαντικά για τον άνθρωπο. Στην περίπτωση όμως που η τροφή προέρχονται από φυτά που έχουν δεχθεί υψηλά επίπεδα γλυφosatής, μπορεί να έχουν μειωθεί τα θρεπτικά συστατικά και αυτό με τον

καιρό να επηρεάσει την ανθρώπινη υγεία (Mertens, Höss, Neumann, Afzal, & Reichenbecher, 2018). Σύμφωνα με τους Samsel & Seneff (2015), έχει αποδειχθεί πως η συγκεκριμένη δραστική ουσία καταστρέφει τα επίπεδα Mn στα φυτά και σε ζώα που τράφηκαν με ΓΤ ποικιλία ανθεκτική στη γλυφοσάτη. Στην περίπτωση του ανθρώπου κάτι αντίστοιχο θα ήταν πολύ σοβαρό καθώς το Μαγγάνιο (Mn) απαιτείται μεν σε μικρές ποσότητες αλλά είναι απαραίτητο για πολλαπλές λειτουργίες στο ανθρώπινο σώμα (A. Samsel & Seneff, 2015; Swanson et al., 2014).

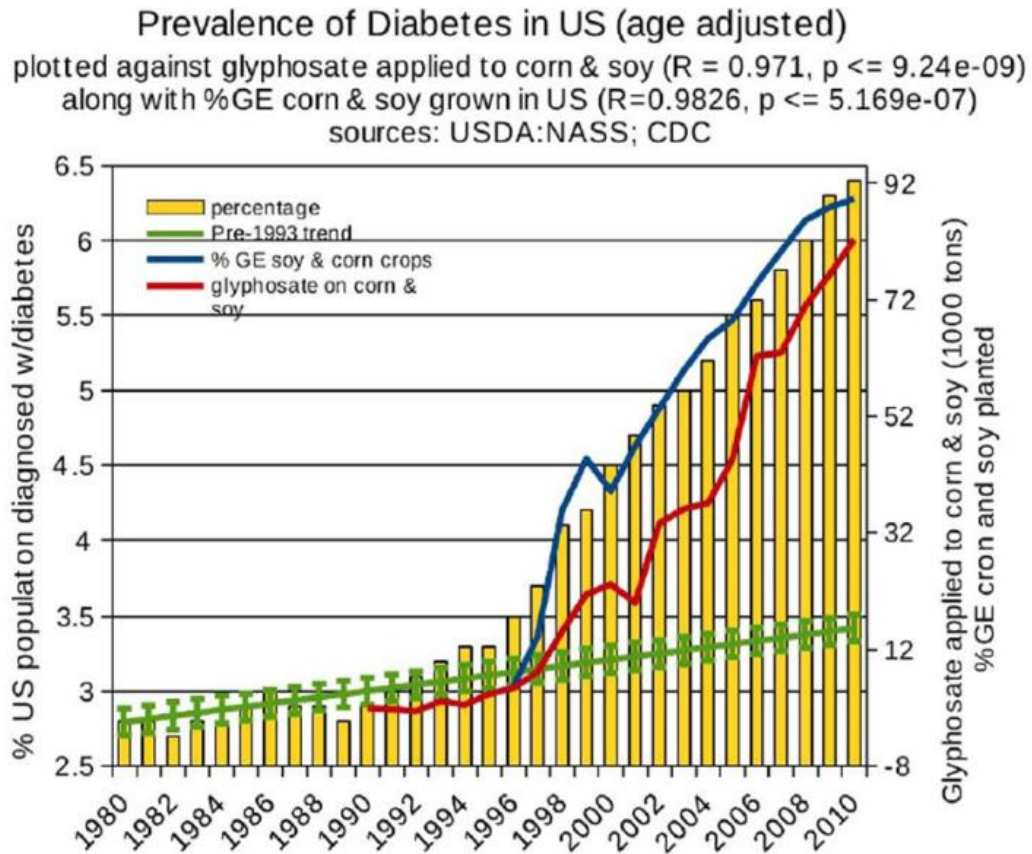
Τέλος, η τελευταία δεκαετία έχει φανεί κρίσιμη για την επαναξιολόγηση της γλυφοσάτης καθώς πέρα των παραπάνω έχει συσχετιστεί με καρκινογένεσεις αλλά και διαταραχές όμοιες με αυτισμό καθώς και για μορφές διαβήτη (Pu et al., 2020; Swanson et al., 2014). Όπως και να έχει η επανεκτίμηση της και των ανώτατων ορίων των εφαρμογών φαίνεται να είναι απαραίτητα. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η σύνθεση των σκευασμάτων που περιέχουν γλυφοσάτη καθώς μπορεί να αλληλεπιδράσει συνεργικά με άλλους στρεσογόνους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των αγροχημικών και των βαρέων μετάλλων κ.α. (Thomas Bøhn & Millstone, 2019).

Age Adjusted Kidney and Renal Pelvis Cancer Incidence

Plotted against glyphosate applied to corn & soy ($R = 0.9734$, $p \leq 1.98e-08$)
along with %GE corn and soy planted in U.S. ($R = 0.94$, $p \leq 1.978e-05$)
sources: USDA:NASS; SEER



Εικόνα 7. Συσχέτιση της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου των νεφρών και της εφαρμογής γλυφοσάτης (σε τόνους) σε ΓΤ καλλιέργειες αραβόσιτου και σόγιας στις ΗΠΑ κατά το χρονικό διάστημα 1975-2008. Στο σχήμα φαίνεται πως τα ποσά είναι ανάλογα και δηλώνεται η συσχέτιση των παραπάνω μεταβλητών. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό εφαρμογής ΓΤ καλλιεργειών και γλυφοσάτης τόσο αυξάνει ο ρυθμός εξάπλωσης της νόσου (Swanson et al., 2014).



Εικόνα 8. Συσχέτιση της συχνότητας εμφάνισης διαγνωσμένου διαβήτη και των εφαρμογών της γλυφοσάτης σε ποσοστό, σε ΓΤ καλλιέργειες αραβόσιτου και σόγιας στις ΗΠΑ. Και σε αυτό το σχήμα τα ποσά είναι ανάλογα και άρα οι μεταβλητές συσχετίζονται. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό εφαρμογής γλυφοσάτης και ΓΤ τεχνολογίας τόσο αυξάνει το ποσοστό διάγνωσης του διαβήτη (Swanson et al., 2014).

1.7 Η αντίληψη του κόσμου για τους ΓΤΟ και τα ΓΤ τρόφιμα παγκοσμίως και στην Ευρώπη

Η εισαγωγή τεχνικών γενετικής τροποποίησης στην παραγωγή τροφίμων εμφανίζεται σαν ευκαιρία για τη βελτιστοποίηση των τεχνολογιών της παραγωγής και της διαφοροποίησης των προϊόντων στην τροφική αλυσίδα αλλά και την ικανοποίηση της επιθυμίας των καταναλωτών για ποικιλομορφία. Οι αγρότες και οι κατασκευαστές αντιλαμβάνονται τα πιθανά οφέλη από τις βελτιώσεις στην παραγωγή και την αγορά, ανεξαρτήτως του κόστους. Ωστόσο είναι αξιοσημείωτη η δημόσια διαμάχη που προκύπτει ως απότοκος τόσο της αβεβαιότητας όσο και των πιθανών κινδύνων, για την υγεία όσο και για το περιβάλλον (Costa-Font & Gil, 2009). Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, υπήρξε μια μεγάλη διαμάχη σχετικά με τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα,

ακόμη και τότε που οι ΓΤΟ δεν είχαν ελευθερωθεί στην αγορά αλλά οι βιομηχανικές εφαρμογές αναπτυσσόταν για την παραγωγή αυτών και την εμπορική τους αξιοποίηση. Για την μείωση των εντάσεων έπρεπε να ληφθούν μέτρα και να οριοθετηθούν οι ΓΤ οργανισμοί και τα τρόφιμα μέσα σε νομικά πλαίσια και κανονισμούς. Το 1997 παρουσιάστηκε ο πρώτος κανονισμός στην ΕΕ για τα συστατικά νέων τροφίμων (258/97/EC) ο οποίος αντικαταστάθηκε από τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 και αυτός με τη σειρά του από τον κανονισμό (ΕΕ) 2015/2283. Τα επόμενα χρόνια ακολούθησαν αρκετές οδηγίες και κανονισμοί (βλ. κεφ. 2) (Bawa & Anilakumar, 2013) έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των οικοσυστημάτων και των ανθρώπων. Παρόλη την προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας εδώ και δεκαετίες να εξασφαλίσει την χρήση και την κατανάλωση τους, οι εντάσεις στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως δεν είναι λίγες. Με την πάροδο του χρόνου, στην Αμερική η ανησυχία για τα ΓΤ τρόφιμα αυξήθηκε αρκετά. Το 1990 διενεργήθηκαν μελέτες που κατέδειξαν ότι τα δύο τρίτα σχεδόν των Αμερικάνων αισθανόταν ασφαλείς με τη βιοτεχνολογία και υποστήριζαν τη χρήση της στην παραγωγή τροφίμων. Όμως, σε πιο πρόσφατες μελέτες (2015) φάνηκε ότι η πλειοψηφία των Αμερικάνων εκφράζει ανησυχία για τα ΓΤ τρόφιμα· μόνο το 37% πιστεύει ότι οι ΓΤ τροφές είναι ασφαλείς. Επίσης, η πλειοψηφία υποστήριξε την επιβολή ετικετών στα προϊόντα που περιέχουν γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς (Elder, Greene, & Lizotte, 2018).

Το διάστημα 2001-2003 βρέθηκε ότι (Hallman, Hebden, Aquino, Cuite, & Lang, 2003):

- Περίπου οι μισοί Αμερικανοί εγκρίνουν τα ΓΤ τρόφιμα φυτικής προέλευσης και περίπου το ένα τέταρτο εγκρίνουν τα ΓΤ τρόφιμα ζωικής προέλευσης.
- Περίπου το 10% των Αμερικάνων αναφέρουν ότι δεν είναι σίγουροι για τα ΓΤ τρόφιμα.
- Η αποδοχή των προϊόντων αυτών αυξανόταν όταν αναφέρονταν συγκεκριμένα οφέλη από τα αυτά.
- Όποτε χρησιμοποιούνταν ο όρος «βιοτεχνολογία» λάμβανε περισσότερες θετικές αντιδράσεις σε σχέση με τον όρο «γενετική τροποποίηση» και «γενετική μηχανική» που συνδέονταν με την κλωνοποίηση, που γενικά δημιουργεί ανασφάλεια.
- Μόνο το 50% των ερωτηθέντων γνώριζαν ότι πωλούνται στα καταστήματα τρόφιμα που περιέχουν γενετικώς τροποποιημένα συστατικά.

- Σχεδόν το ένα τρίτο των Αμερικάνων δεν έχει συζητήσει ποτέ για τη βιοτεχνολογία ως επιστήμη.

Σύμφωνα με τη μελέτη των Wunderlich & Gatto (2015), αρκετά χρόνια αργότερα στην Αμερική, οι γνώσεις των καταναλωτών σχετικά με τους ΓΤΟ και τα ΓΤ τρόφιμα ήταν ελάχιστες. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Πολιτικής Τροφίμων στο πανεπιστήμιο Rutgers, έδειξε πως οι Αμερικάνοι καταναλωτές στο σύνολό τους ήταν αρκετά αγνώμονες σχετικά με τους ΓΤΟ, με μόλις 48% να γνωρίζουν ότι ΓΤ προϊόντα είναι διαθέσιμα σε καταστήματα τροφίμων και μόνο το 31% πίστευε ότι έχουν καταναλώσει προϊόν με ΓΤ συστατικά. Η πλειονότητα από τους συμμετέχοντες δήλωσε ότι οι γνώσεις τους ήταν ανεπαρκείς. Το 48% δήλωσε ότι γνώριζαν ελάχιστα για τους ΓΤΟ, ενώ το 16% των ερωτηθέντων ότι δεν γνώριζε τίποτα. Το 30% είχε επαρκείς γνώσεις και μόνο το 5% ήταν πολύ καλά ενημερωμένο. Σύμφωνα με τους Bawa & Anilakumar (2012), μελέτη που διεξήχθη στην Ισπανία δίνει ως κύριο συμπέρασμα την ανάγκη εισαγωγής κατάλληλων πολιτικών μαζί με την ενσωμάτωση των ΓΤ τροφίμων στις αγορές για τη διασφάλιση της υγείας των καταναλωτών μέσω της κατανάλωσης. Αυτό συνεπάγεται μείωση του κινδύνου που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής μιας και η ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία είναι ο σημαντικότερος παράγοντας απόρριψης των προϊόντων. Στην Ευρώπη και κυρίως στις μεσογειακές χώρες, η κατανόηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών για τα ΓΤ τρόφιμα, αποτελεί σημαντικό στοιχείο μιας και επικρατεί ισχυρή διατροφική κουλτούρα εδώ και πολλά χρόνια. Χώρες όπως η Ισπανία, η Ιταλία και η Ελλάδα, διαθέτουν παραδοσιακές διατροφικές αξίες που είναι πολύ πιθανό να έρθουν αντιμέτωπες με νέα προϊόντα βιοτεχνολογίας. Παρόλα αυτά η Ισπανία μέχρι και το 2009, ήταν πρώτη σε εκτάσεις ΓΤ καλλιεργειών ενώ η Ιταλία και η Ελλάδα χωρίς καθόλου παραγωγή. Αυτή η έντονη αντίθεση στις μεσογειακές χώρες βοηθά στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών (Bawa & Anilakumar, 2013; Wunderlich & Gatto, 2015).

Έρευνα πραγματοποιήθηκε, σύμφωνα με τους Costa-Font & Gil (2009), σε τμήματα ισπανικού, ιταλικού και ελληνικού πληθυσμού ώστε να συγκεντρωθούν πληροφορίες για τη στάση τους απέναντι στα ΓΤ Τρόφιμα. Τα υποδείγματα αφορούσαν άνδρες σε ποσοστό 50% και γυναίκες αντίστοιχα. Το 20% των ερωτηθέντων ήταν 15-25 ετών, ένα 30% 26-44, ένα 30% 45-64 και τέλος το υπόλοιπο 20% των ατόμων ήταν υπερήλικες. Οι παραπάνω ομάδες ρωτήθηκαν για τη χρησιμότητα των προϊόντων, τον

κίνδυνο που μπορεί να κρύβουν, την ηθική αποδοχή και για το αν ενθαρρύνουν την τεχνολογία ΓΤ τροφίμων. Ως αποτέλεσμα φάνηκε μια αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ της Ισπανίας και των άλλων δύο κρατών. Το 50% του ισπανικού δείγματος «τείνει να συμφωνεί» με τα ΓΤ τρόφιμα ενώ οι άλλες δυο επιλογές, «δεν γνωρίζω» και «διαφωνώ», αντιπροσωπεύουν το 20-30%. Περίπου λοιπόν, το μισό ποσοστό κρίνει την τεχνολογία των ΓΤ τροφίμων ως χρήσιμη και ηθικά αποδεκτή ενώ υποστηρίζει επίσης και την ενθάρρυνσή της. Παράλληλα τα άτομα του δείγματος δηλώνουν ενήμερα για τους σχετικούς κινδύνους.

Σε αντίθεση με την Ισπανία, τα δείγματα σε Ελλάδα και Ιταλία δώσαν διαφορετικά αποτελέσματα. Αναλυτικότερα, περισσότεροι από τους μισούς ερωτηθέντες δεν αξιολογούν την τεχνολογία των ΓΤ τροφίμων ως χρήσιμη ή ηθικά αποδεκτή και δεν ενθαρρύνουν την περαιτέρω χρήση της. Επίσης, όπως και στην περίπτωση της Ισπανίας, οι ερωτηθέντες δηλώνουν ότι ξέρουν τους σχετικούς κινδύνους. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, αποτελεί ενδιαφέρον το γεγονός ότι περίπου το 50% του ελληνικού δείγματος ενδιαφέρεται για την επιστήμη και την τεχνολογία, το 40% στην Ιταλία και μόνο το 20% του δείγματος στην Ισπανία ενδιαφέρονταν για την επιστήμη και την τεχνολογία. Παρόλα αυτά, το 50% του ισπανικού δείγματος αισθάνεται ενημερωμένο επαρκώς γύρω από τον τομέα ενώ μόνο το 30% των ερωτηθέντων σε Ιταλία και Ελλάδα πιστεύει το ίδιο.

Πιο πρόσφατα, οι Boccia et al. (2018) πραγματοποίησαν έρευνα σε τρεις διαφορετικές πόλεις της Ιταλίας. Τα δείγματα αφορούσαν ηλικίες από 20 έως 60 ετών ενώ το 39% αποτελούνταν από άνδρες ενώ το 61% από γυναίκες. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε για ακόμη μια φορά πως η αντίληψη του κόσμου για τα ΓΤ ήταν αρνητική κυρίως εξαιτίας της έλλειψης γνώσεων των καταναλωτών. Αυτό φάνηκε να προκύπτει είτε από την λανθασμένη μετάδοση πληροφοριών, είτε από την έλλειψη εκπαίδευσης γύρω από θέματα τεχνολογίας, είτε από φόβο για τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία αλλά και από ηθικούς φραγμούς. Είναι γεγονός πως μια ισχυρή στρατηγική σωστής ενημέρωσης θα μπορούσε εν καιρό να αλλάξει αυτό το γεγονός όχι μόνο στην Ιταλία αλλά και παγκοσμίως (Boccia, Covino, & Sarnacchiaro, 2018).

Σχετική έρευνα του Eurobarometer (2010), έδειξε ότι οι Έλληνες καταναλωτές (51%) θεωρούν ότι η βιοτεχνολογία και η γενετική μηχανική μπορεί να έχει θετική επίδραση στον τρόπο ζωής τους τα επόμενα χρόνια ωστόσο, δήλωσαν ότι δεν ήταν υπέρ

της ανάπτυξης ΓΤ τροφίμων (72%) χαρακτηρίζοντάς τα ως «όχι καλό». Μια ακόμη απόδειξη της αρνητικής στάσης της χώρας προς τα ΓΤ την ίδια χρονιά, ήταν η απαγόρευση του Βt αραβόσιτου η οποία βασίστηκε στην οδηγία της ΕΕ για την απελευθέρωση των ΓΤΟ (2001/18 / ΕΚ, άρθρο 23). Σε υποστήριξη της εν λόγω απαγόρευσης, οι ελληνικές αρχές παρουσίασαν ως αίτιο την αύξηση των επιπτώσεων του Βt αραβόσιτου στις αποικίες των μελισσών και σε ζώα που τρέφονται με αραβόσιτο (Gaskell et al., 2010; Skevas, Kikulwe, Papadopoulou, Skevas, & Wesseler, 2012).

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης το 2015, για τη στάση των καταναλωτών απέναντι στα ΓΤ τρόφιμα με εισηγητή τον Ε. Κυρανά, καταγράφηκε η διάθεση των καταναλωτών στους νομούς Σερρών και Θεσσαλονίκης. Το δείγμα του πληθυσμού που επιλέχθηκε ήταν τυχαίο, και αποτελούνταν από 608 ερωτηθέντες. Οι 300 ήταν από το νομό Θεσσαλονίκης και οι 308 από το νομό Σερρών. Το ηλικιακό εύρος ήταν από 20-30 έτη και το μορφωτικό επίπεδο υψηλό. Ποσοστό από 53-73% είχε ολοκληρώσει την τριτοβάθμια εκπαίδευση ή ήταν φοιτητές. Τα αποτελέσματα για το νομό Σερρών έδειξαν ότι το 43,3%, γνώριζε τι είναι τα ΓΤ τρόφιμα. Όμως, ένα ποσοστό 60,4% (πλειοψηφία) δεν ήξερε αν συμφωνεί ή διαφωνεί με τη χρήση/κατανάλωσή τους. Ακόμη οι Σερραίοι φάνηκαν αρκετά καχύποπτοι ειδικά για το αν καταναλώνουν ΓΤ τρόφιμα εν αγνοία τους. Το 63,3% των ερωτηθέντων απάντησαν πως δεν γνώριζαν αν υπάρχουν και ποιες είναι οι επιπτώσεις για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων από την κατανάλωση Γενετικά Τροποποιημένων τροφίμων ή ζωοτροφών. Επίσης, παρόμοιο ποσοστό φάνηκε να μη γνωρίζει και για ενδεχόμενες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τέλος, οι περισσότεροι Σερραίοι φάνηκε να μην είναι διατεθειμένοι να αγοράσουν ΓΤ τρόφιμα ακόμη και αν είχαν χαμηλότερο κόστος.

Τα αποτελέσματα για το νομό Θεσσαλονίκης έδειξαν ότι η πλειοψηφία γνωρίζει, με ποσοστό 53,33%, για τα ΓΤ τρόφιμα όμως φάνηκε να διαφωνεί με την κατανάλωσή τους με ποσοστό 53%. Ακόμη, δήλωσαν πως δεν γνώριζαν αν οι ΓΤΟ και τα ΓΤΤ έχουν κάποια επισήμανση στις ετικέτες τους με ποσοστό 58,33%. Και σε αυτή την περίπτωση, φάνηκαν οι Θεσσαλονικείς αρκετά καχύποπτοι (το 85%) για το αν καταναλώνουν ΓΤ τρόφιμα εν αγνοία τους. Το 54,7% δήλωσε άγνοια για τις επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και το 61% και το 63% για τις επιπτώσεις στην υγεία των ζώων και το περιβάλλον αντίστοιχα. Τέλος, οι Θεσσαλονικείς (το 59%) δήλωσαν ότι

δεν θα προτιμούσαν να αγοράσουν ΓΤ τρόφιμα ακόμη και αν είχαν χαμηλότερο κόστος (Αποστολίδη & Βασιλείου, 2015).

2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

*“A man cannot leave a better legacy
to the world than a well-educated family.”*

Thomas Scott

2.1 Νομοθεσία στην Ευρώπη

Η νομοθεσία για τους ΓΤΟ στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ισχύει από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 (Christoforou, 2004). Κατά την δεκαετία του 2000, διευρύνθηκε και βελτιώθηκε το κανονιστικό πλαίσιο. Η ΕΕ εισήγαγε ειδική νομοθεσία που αποσκοπεί στην προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος των πολιτών της. Ο βασικός κορμός βάση του οποίου έχουν εγκριθεί πειραματικές απελευθερώσεις και διάθεση στην αγορά της ΕΕ γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (ΓΤΟ), ήταν η οδηγία 90/220/ΕΟΚ. Στις 17 Οκτωβρίου το 2002, η οδηγία καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε από τη νέα οδηγία 2001/18/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, σχετικά με τη σκόπιμη απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (Christoforou, 2004; European Commission, 2003)

Το συγκριτικά χαμηλό ποσοστό παρουσίας των ΓΤ προϊόντων στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης, φαίνεται να σχετίζεται με τους αυστηρούς κανονισμούς έγκρισης και την αναποτελεσματικότητα της ίδιας της διαδικασίας έγκρισης. Καθώς οι σύγχρονες μέθοδοι αναπαραγωγής φυτών όπως μεταλλαξιγένεση κατευθυνόμενη από ολιγονουκλεοτίδια (ODM) ή κατευθυνόμενες νουκλεάσες (SDN), συμπεριλαμβανομένων των Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR), χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο θα πρέπει να εξακριβωθεί εάν τα προϊόντα-παράγωγα αυτών, ιδίως όσα προέρχονται από στοχευμένες μεθόδους μεταλλαξιγένεσης, απαγορεύονται βάση της νομοθεσίας της ΕΕ για τους ΓΤΟ ή όχι. Η νομική αβεβαιότητα μπορεί να οδηγήσει σε μηδενικές επενδύσεις σε τέτοιες μεθόδους και να μην αναπτυχθούν μελλοντικά (Zimny, Sowa, Tyczewska, & Twardowski, 2019). Επίσης όλο και περισσότερο περιορίζονται και οι κατευθυντήριες γραμμές της

Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) σχετικά με την εκτίμηση κινδύνου των ΓΤΟ. Με τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 503/2013 και την οδηγία (ΕΕ) 2018/350, δόθηκαν αυστηρότερα πλαίσια. Ως αποτέλεσμα η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου ΓΤΟ από την ΕΕ να καθίσταται στατική και δυσκίνητη απέναντι σε τεχνολογικές και επιστημονικές εξελίξεις. Τέλος να σημειωθεί πως η πίεση προς την ΕΕ για τα ΓΤΟ και τα τρόφιμα φαίνεται να εξελίσσεται σε επίθεση (Eriksson et al., 2020). Για ορισμένους, η νομοθεσία της ΕΕ για τους ΓΤΟ ακροβατεί μεταξύ ανοησίας και προστατευτισμού. Σύμφωνα με τον Tagliabue (2017) σε δημοσίευσή του, τονίζεται αρκετές φορές η λέξη ανοησία και υποστηρίζει πως η νομοθεσία της ΕΕ παραμένει ακατανόητη και το πρόβλημα ξεκινάει από τους αρχικούς κιάλας ορισμούς που κρύβουν ανακρίβειες (Tagliabue, 2017).

Από την άλλη πλευρά σύμφωνα με τον Halford (2019), στην Ευρωπαϊκή Ένωση επιτρέπονται οι βιοτεχνολογικές καλλιέργειες για ερευνητικούς σκοπούς και για εμπορική χρήση ενώ για τα τρόφιμα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και ζωοτροφές υπόκεινται σε αυστηρή νομοθεσία σχετικά με τις διαδικασίες παραγωγής και επιπλέον αποτελεί προϋπόθεση να δοθεί ειδική άδεια από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, γι' αυτό και οι κανονισμοί εμπεριέχουν πέραν της επισήμανσης των ΓΤΟ και την ιχνηλασιμότητα για όλα τα προϊόντα ανθρώπινης διατροφής ή ζωοτροφών. Ακόμη, το νομικό πλαίσιο για τους ΓΤΟ είναι πολύ σημαντικό και κρίσιμο καθώς όλα τα κράτη μέλη έχουν σημαντική ζωική παραγωγή και χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή πρωτεϊνών για τα ζώα τους, τη σόγια. Όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ χρησιμοποιούν ή εισάγουν σόγια (32 εκατ. τόνοι εισήχθησαν το 2013) με το 90% αυτής να είναι ΓΤ ποικιλία.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αναφέρει μεταξύ άλλων ότι, «...η νομοθεσία και η πολιτική της ΕΕ για τους ΓΤΟ, με βάση την αρχή της προφύλαξης που κατοχυρώνεται στην ΕΕ και τη διεθνή νομοθεσία, έχει σχεδιαστεί για να αποτρέπει τυχόν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων και αντικατοπτρίζει τις ανησυχίες που εκφράστηκαν από τους καταναλωτές, τους αγρότες και τους περιβαλλοντολόγους. Οι ΓΤΟ και τα τρόφιμα ή οι ζωοτροφές που παράγονται από ΓΤΟ, μπορούν να διατίθενται στην αγορά ή να εισάγονται στην ΕΕ, υπό την προϋπόθεση ότι έχουν εγκριθεί έπειτα από αυστηρή αξιολόγηση της ασφάλειας που επιβάλλεται κατά περίπτωση. Οι άδειες χορηγούνται για μια δεκαετή περίοδο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω μιας κεντρικής διαδικασίας, όπως προβλέπεται στον κανονισμό αριθ. 1829/2003, ή

από τις αρμόδιες εθνικές αρχές βάσει της οδηγίας 2001/18/ΕΚ, η οποία ρυθμίζει την εκούσια ελευθέρωση ΓΤΟ σε το περιβάλλον. Σε επίπεδο ΕΕ, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) διενεργεί τις απαιτούμενες εκτιμήσεις κινδύνου. Οι ΓΤΟ, ή τα τρόφιμα και οι ζωοτροφές που αποτελούνται ή περιέχουν ΓΤΟ, έχουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό και φέρουν ετικέτα για να διασφαλίσουν την ιχνηλασιμότητα και να επιτρέπουν την επιλογή στους καταναλωτές. Η εμπορία και η εισαγωγή ΓΤΟ καθώς και τα τρόφιμα και οι ζωοτροφές που παράγονται με ΓΤΟ, ρυθμίζονται σε επίπεδο ΕΕ, η καλλιέργεια όμως ΓΤΟ είναι απόφαση που αφήνεται στα μέλη της ΕΕ. Τα μέλη της ΕΕ έχουν το δικαίωμα να απαγορεύσουν ή να περιορίσουν την πώληση ή την καλλιέργεια εγκεκριμένων ΓΤΟ με βάση τις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον.» (Library of Congress). Παρακάτω αναφέρονται οι πιο σημαντικές διατάξεις και οι αποφάσεις σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) και την εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης:

Κανονισμοί:

- Κανονισμός αριθ. 178/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για τον καθορισμό των γενικών αρχών και απαιτήσεων της νομοθεσίας για τα τρόφιμα, για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων και τον καθορισμό διαδικασιών σε θέματα ασφαλείας των τροφίμων. Ο συγκεκριμένος κανονισμός είναι η βάση για την εξασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας της υγείας του ανθρώπου και των συμφερόντων των καταναλωτών σε σχέση με τα τρόφιμα, λαμβάνοντας υπόψη την πολυμορφία στον εφοδιασμό τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των παραδοσιακών προϊόντων, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζει την αποτελεσματική λειτουργία της εσωτερικής αγοράς. Καθιερώνει κοινές αρχές και ευθύνες, τα μέσα ώστε να παρέχονται ισχυρή επιστημονική βάση, αποτελεσματικές οργανωτικές ρυθμίσεις και διαδικασίες με τις οποίες θα υποστηριχθεί η λήψη αποφάσεων σε θέματα ασφαλείας των τροφίμων.
- Κανονισμός αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για τα γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα και ζωοτροφές. Ο Κανονισμός 1829/2003 τροποποιήθηκε με τον Κανονισμό 298/2008 όσον αφορά τις εκτελεστικές αρμοδιότητες που ανατίθενται στην Επιτροπή. Σκοπός του παρόντος κανονισμού, σύμφωνα με τις γενικές αρχές του κανονισμού αριθ. 178/2002, είναι: α) να

αποτελέσει τη βάση για την εξασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας της ζωής και της υγείας του ανθρώπου, της υγείας και της καλής διαβίωσης των ζώων, του περιβάλλοντος και των συμφερόντων των καταναλωτών σε σχέση με τα γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα και τις γενετικώς τροποποιημένες ζωοτροφές, εξασφαλίζοντας παράλληλα την αποτελεσματική λειτουργία της εσωτερικής αγοράς· β) να θεσπίσει κοινοτικές διαδικασίες για την έγκριση και την εποπτεία των γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών· γ) να θεσπίσει διατάξεις για την επισήμανση των γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών. Σύμφωνα με τον Κανονισμό 1829/2003/ΕΚ η Ευρωπαϊκή Επιτροπή τηρεί το Κοινοτικό μητρώο γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών, το οποίο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

- Κανονισμός αριθ. 1830/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, σχετικά με την ιχνηλασιμότητα και την επισήμανση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών και την ιχνηλασιμότητα τροφίμων και ζωοτροφών που παράγονται από γενετικώς τροποποιημένους οργανισμούς, και για την τροποποίηση της οδηγίας 2001/18/ΕΚ. Ο παρών κανονισμός καθιερώνει πλαίσιο για την ιχνηλασιμότητα προϊόντων που αποτελούνται από ή περιέχουν ΓΤΟ αλλά και τροφίμων και ζωοτροφών που παράγονται από ΓΤΟ, με στόχο τη διευκόλυνση της επακριβούς επισήμανσης, της παρακολούθησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου και την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων διαχείρισης των κινδύνων, συμπεριλαμβανομένης, αν χρειάζεται, της απόσυρσης προϊόντων.
- Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 641/2004 της Επιτροπής, σχετικά με τις λεπτομέρειες εφαρμογής του κανονισμού αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά την αίτηση για έγκριση νέων γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών, την κοινοποίηση υφιστάμενων προϊόντων και την τυχαία ή τεχνικώς αναπόφευκτη παρουσία γενετικώς τροποποιημένου υλικού που έτυχε ευνοϊκής αξιολόγησης κινδύνου.
- Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 503/2013 της Επιτροπής, της 3ης Απριλίου 2013, σχετικά με τις αιτήσεις έγκρισης γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών, σύμφωνα με τον κανονισμό αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και

του Συμβουλίου, και την τροποποίηση των κανονισμών της Επιτροπής (ΕΚ) αριθ. 641/2004 και (ΕΚ) αριθ. 1981/2006.

- Κανονισμός (ΕΕ) 2015/2283 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Νοεμβρίου 2015, σχετικά με τα νέα τρόφιμα, την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 258/97 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1852/2001 της Επιτροπής.

Οδηγίες:

- ✓ Οδηγία 2001/18/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και την κατάργηση της οδηγίας 90/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου. Η Οδηγία αυτή έχει τροποποιηθεί από τον Κανονισμό 1829/2003 και 1830/2003 και τις οδηγίες 2008/27/ΕΚ, 2015/412 (ΕΕ), 2018/350 (ΕΕ) και συνδέεται στενά με την οδηγία 91/414/ΕΟΚ σχετικά με τη διάθεση φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην αγορά. Σύμφωνα με την αρχή της προφύλαξης, στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών και η προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος κατά: α) τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον για σκοπούς διαφορετικούς από τη διάθεση στην αγορά εντός της Κοινότητας, β) τη διάθεση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στην αγορά ως προϊόντων ή εντός προϊόντων εντός της Κοινότητας. Η παραπάνω οδηγία θεσπίζει: I) υποχρεωτικές απαιτήσεις για την παρακολούθηση μετά την εμπορία, περιλαμβανομένων των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων που συνδέονται με την αλληλεπίδραση με άλλους οργανισμούς και με το περιβάλλον II) την υποχρεωτική ενημέρωση του κοινού III) την υποχρέωση των κρατών μελών να εξασφαλίζουν την ιχνηλασιμότητα και την επισήμανση, σε όλα τα στάδια της διάθεσης στην αγορά, στο πλαίσιο του συστήματος που προβλέπεται με τον κανονισμό 1830/2003 για την ιχνηλασιμότητα IV) πληροφορίες που επιτρέπουν τον εντοπισμό και την ανίχνευση των ΓΤΟ ώστε να διευκολύνονται οι επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι μετά τη διάθεση στην αγορά V) τις πρώτες εγκρίσεις για την ελευθέρωση ΓΤΟ, οι οποίες

θα περιορίζονται σε 10 χρόνια κατ' ανώτατο VI) υποχρεωτική διαβούλευση με τις επιστημονικές επιτροπές VII) την υποχρέωση διαβούλευσης με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο για αποφάσεις που αφορούν την έγκριση της ελευθέρωσης ΓΤΟ και VIII) τη δυνατότητα του Συμβουλίου Υπουργών να εγκρίνει ή να απορρίπτει με ειδική πλειοψηφία πρόταση της Επιτροπής για έγκριση ενός ΓΤΟ.

Σύμφωνα με την οδηγία 2001/18/EK, μια εταιρεία που προτίθεται να διαθέσει στην αγορά έναν ΓΤΟ πρέπει πρώτα να υποβάλει αίτηση στην αρμόδια εθνική αρχή του κράτους μέλους όπου το προϊόν πρόκειται να διατεθεί για πρώτη φορά στην αγορά. Η αίτηση πρέπει να περιλαμβάνει πλήρη εκτίμηση περιβαλλοντικού κινδύνου. Εάν η εθνική αρχή γνωμοδοτήσει ευνοϊκά για τη διάθεση στην αγορά του εν λόγω ΓΤΟ, το εν λόγω κράτος μέλος ενημερώνει τα άλλα κράτη μέλη μέσω της Επιτροπής. Εάν δεν υπάρχουν αντιρρήσεις, η αρμόδια αρχή που πραγματοποίησε την αρχική αξιολόγηση παρέχει τη συγκατάθεση για τη διάθεση στην αγορά του προϊόντος. Το προϊόν μπορεί στη συνέχεια να διατεθεί στην αγορά σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με τους όρους που απαιτούνται από τη συναίνεση (European Commission, 2003, 2004).

- ✓ Οδηγία 2009/41/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για την περιορισμένη χρήση γενετικώς τροποποιημένων μικροοργανισμών. Η παρούσα θεσπίζει μέτρα για την περιορισμένη χρήση γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών (ΓΤΜ) με σκοπό την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος.
- ✓ Οδηγία (ΕΕ) 2015/412 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για την τροποποίηση της οδηγίας 2001/18/EK όσον αφορά τη δυνατότητα που παρέχεται στα κράτη μέλη να περιορίζουν ή να απαγορεύουν την καλλιέργεια ΓΤΟ στην επικράτειά τους.
- ✓ Οδηγία (ΕΕ) 2018/350 της Επιτροπής, για την τροποποίηση της οδηγίας 2001/18/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού κινδύνου από γενετικώς τροποποιημένους οργανισμούς.

Μέχρι το 2006, εγκρίνονταν ολοένα και περισσότερες αιτήσεις σχετικές με τη διάθεση ΓΤ προϊόντων στην αγορά. Από το 2007 και μετά όμως είναι πολύ συχνές και οι αποσύρσεις. Τα τελευταία χρόνια έχουν αυστηροποιηθεί τα μέτρα στην ΕΕ και αυτό

φαίνεται στο διάστημα 2016-2019. Αναφέρονται παρακάτω σχετικά ψηφίσματα του ΕΚ προς αυτή την κατεύθυνση (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2016, 2018).

- Ψήφισμα P8_TA(2016)0388 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής που αφορά την ανανέωση της άδειας για τη διάθεση στην αγορά προς καλλιέργεια σπόρων γενετικώς τροποποιημένου αραβοσίτου της σειράς MON 810. Σύμφωνα με το ψήφισμα το ΕΚ θεωρεί: α) ότι το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής υπερβαίνει τις εκτελεστικές αρμοδιότητες που προβλέπει ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1829/2003· β) ότι η αξιολόγηση των κινδύνων της καλλιέργειας την οποία πραγματοποίησε η EFSA ήταν ατελής, και ότι οι συστάσεις διαχείρισης κινδύνου τις οποίες πρότεινε η Επιτροπή είναι ανεπαρκείς, γ) ότι το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής δεν είναι σύμφωνο προς το δίκαιο της Ένωσης, υπό την έννοια ότι δεν είναι συμβατό με τον σκοπό του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1829/2003 εξασφαλίζοντας παράλληλα την αποτελεσματική λειτουργία της εσωτερικής αγοράς και δ) ζητεί από την Επιτροπή να αποσύρει το σχέδιο της εκτελεστικής της απόφασης·
- Ψήφισμα P8_TA-PROV(2018)0197 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής για ανανέωση της έγκρισης της διάθεσης στην αγορά τροφίμων και ζωοτροφών που παράγονται από γενετικώς τροποποιημένα ζαχαρότευτλα H7-1, σύμφωνα με τον κανονισμό αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. Σύμφωνα με το ψήφισμα το ΕΚ α) εκτιμά ότι το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής υπερβαίνει τις εκτελεστικές αρμοδιότητες που προβλέπει ο κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1829/2003· β) εκτιμά ότι η εκτελεστική απόφαση της Επιτροπής δεν είναι σύμφωνη προς το δίκαιο της Ένωσης, υπό την έννοια ότι δεν είναι συμβατή με τον σκοπό του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1829/2003, ο οποίος σύμφωνα με τις γενικές αρχές που καθορίζονται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 178/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, αποτελέσει τη βάση για την εξασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας της ζωής και της υγείας του ανθρώπου, της υγείας και της καλής διαβίωσης των ζώων, του περιβάλλοντος και των συμφερόντων των καταναλωτών σε σχέση με τα γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα και τις γενετικώς τροποποιημένες ζωοτροφές, εξασφαλίζοντας παράλληλα την αποτελεσματική λειτουργία της εσωτερικής αγοράς· γ) ζητεί από την Επιτροπή να αποσύρει την

εκτελεστική απόφασή της· δ) καλεί την Επιτροπή να αναστείλει οποιαδήποτε εκτελεστική απόφαση αφορά αιτήσεις για την έγκριση ΓΤΟ έως ότου η διαδικασία αδειοδότησης αναθεωρηθεί κατά τρόπον ώστε να θεραπευθούν οι ελλείψεις της ισχύουσας διαδικασίας, η οποία έχει αποδειχθεί ακατάλληλη· ε) ζητεί, ειδικότερα, από την Επιτροπή να τηρήσει τις δεσμεύσεις της στο πλαίσιο της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για τη Βιολογική Ποικιλότητα αναστέλλοντας κάθε εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων φυτών που έχουν ανοχή στη γλυφοσάτη· στ) καλεί την Επιτροπή να μην εγκρίνει κανένα γενετικώς τροποποιημένο φυτό που είναι ανθεκτικό στα ζιζανιοκτόνα χωρίς πλήρη αξιολόγηση των υπολειμμάτων μετά τον ψεκασμό με τα συμπληρωματικά ζιζανιοκτόνα και τα εμπορικά τους σκευάσματα, όπως εφαρμόζονται στις χώρες καλλιέργειας· ζ) καλεί την Επιτροπή να εντάξει πλήρως την εκτίμηση κινδύνου της εφαρμογής συμπληρωματικών ζιζανιοκτόνων και των υπολειμμάτων τους στην εκτίμηση κινδύνου των ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα ΓΤΟ, ανεξαρτήτως του κατά πόσον το ΓΤ φυτό προορίζεται για καλλιέργεια στην Ένωση ή για εισαγωγή ως τρόφιμο και ζωοτροφή·

Αντίστοιχα, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ψήφισε και για τα παρακάτω:

- Ψήφισμα P8_TA-PROV(2019)0060 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής για την έγκριση της διάθεσης στην αγορά προϊόντων που περιέχουν, αποτελούνται ή παράγονται από γενετικώς τροποποιημένο βαμβάκι GHB614×LLCotton25×MON 15985 σύμφωνα με τον κανονισμό αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. Το ΕΚ καλεί την Επιτροπή να μην εγκρίνει την εισαγωγή, για χρήση σε τρόφιμα ή ζωοτροφές, κανενός γενετικώς τροποποιημένου φυτού που έχει καταστεί ανθεκτικό σε ζιζανιοκτόνο και το οποίο δεν έχει εγκριθεί για χρήση στην Ένωση, όπως στην προκειμένη περίπτωση το γλυφοσινικό αμμώνιο.
- Ψήφισμα P9_TA-PROV(2019)0028 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής για την έγκριση της διάθεσης στην αγορά προϊόντων που περιέχουν, αποτελούνται ή παράγονται από γενετικώς τροποποιημένο αραβόσιτο MZHG0JG σύμφωνα με τον κανονισμό αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.
- Ψήφισμα P9_TA-PROV(2019)0055 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής για την ανανέωση της έγκρισης της

διάθεσης στην αγορά προϊόντων που περιέχουν, αποτελούνται ή παράγονται από γενετικώς τροποποιημένη σόγια MON 89788, σύμφωνα με τον κανονισμό αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

2.1.1 Το νομοθετικό πλαίσιο απαραίτητο για την εκτίμηση κινδύνου και την αξιολόγηση της επιστημονικής ασφάλειας

Η ΕΕ σε βάθος χρόνου καθιέρωσε ένα νομοθετικό πλαίσιο για να διασφαλίσει ότι η ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας και ειδικότερα των ΓΤΟ, πραγματοποιείται με ασφάλεια. Στόχοι του πλαισίου είναι η υγεία των ανθρώπων, των ζώων και του περιβάλλοντος, εισάγοντας μια αξιολόγηση ασφάλειας των υψηλότερων δυνατών προτύπων σε επίπεδο ΕΕ, πριν από τη διάθεση ΓΤΟ στην αγορά. Ακόμη, η Θέσπιση εναρμονισμένων διαδικασιών για την εκτίμηση κινδύνου και την έγκριση, η σαφή επισήμανση των ΓΤΟ που διατίθενται στην αγορά προκειμένου να επιτρέψει στους καταναλωτές καθώς και στους επαγγελματίες να κάνουν μια ενημερωμένη επιλογή καθώς και η διασφάλιση της ιχνηλασιμότητας των ΓΤΟ που διατίθενται στην αγορά, αποτελούν σημαντικά θέματα στην ατζέντα της ΕΕ (European Commission; Waigmann et al., 2012). Τα συστήματα ελέγχου της ασφάλειας τροφίμων εξελίσσονται συνεχώς με αποτέλεσμα να επηρεάζουν την επιστήμη αλλά και την κοινωνία. Στην πρώτη περίπτωση, οι εξελίξεις αφορούν την καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων και οδηγούν σε νέες τεχνολογίες παραγωγής γεωργικών τροφίμων με στόχο την ασφάλεια. Οι εξελίξεις ή οι αλλαγές των κοινωνικών αξιών, μπορεί να οδηγήσουν σε κανονιστικές και θεσμικές αλλαγές για να προστατευτούν οι καταναλωτές και αυτό να επηρεάσει τελικά την εκτίμηση του κινδύνου. Για τη διαχείριση του κινδύνου απαιτείται η εφαρμογή του νομικού πλαισίου με στόχο την ελαχιστοποίηση ή την πρόληψη αυτού (König et al., 2004). Σύμφωνα με τους Hilbeck et al. (2020), η επιστημονική εκτίμηση κινδύνου είναι πολύ σημαντική και πρέπει να διεξαχθεί πριν επιτραπεί η απελευθέρωση ΓΤΟ στο περιβάλλον καθώς οι συνέπειες αυτών των απελευθερώσεων μπορεί να είναι μη αναστρέψιμες. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο δίνεται έμφαση στις αιτήσεις προς έγκριση και στη διαδικασία έγκρισης για την απελευθέρωση ΓΤΟ, καλλιεργειών και τροφίμων. Η έγκριση ενός ΓΤΟ είναι η βασική προϋπόθεση για να επιτραπεί η εισαγωγή του προϊόντος στην αγορά, τόσο για καλλιέργεια όσο και για κατανάλωση. Οι απαιτήσεις για έγκριση διαφέρουν πολύ από χώρα σε χώρα. Δύο είναι οι καίριες στάσεις. Η μία, της ΕΕ, εδράζεται στην *«αρχή της*

προφύλαξης» και ορίζει ότι κάθε προϊόν που παράγεται με ή προέρχεται από διαγονιδιακές καλλιέργειες υπόκειται σε συγκεκριμένους κανόνες, καθώς επίσης και στο «δικαίωμα γνώσης» του καταναλωτή. Η δεύτερη προσέγγιση των ΗΠΑ, για «ουσιαστική ισοδυναμία», εξαιρεί ουσιαστικά ισοδύναμα προϊόντα από συγκεκριμένες απαιτήσεις. Ανάμεσα σε αυτά τα δύο άκρα υπάρχουν βέβαια και άλλες προσεγγίσεις για την έγκριση (Hilbeck, Meyer, Wynne, & Millstone, 2020; Viganì & Olper, 2013).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 1997, δημοσίευσε κατευθυντήριες γραμμές για δεδομένα που πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στις αιτήσεις προς έγκριση των ενδιαφερόντων (European Commission, 1997). Περιληπτικά, ένας αιτούμενος έγκρισης ΓΤ καλλιέργειας, πρέπει να καταθέσει στην αρμόδια αρχή μια λεπτομερή έκθεση με πληροφορίες σχετικά με την διαδικασία και τις μεθόδους δημιουργίας του ανασυνδυασμένου οργανισμού, τα φυτικά είδη και τους ξενιστές που σχετίζονται με το καλλιεργούμενο φυτό κ.α. (Zimny et al., 2019). Ακόμη, πρέπει να συμπεριλάβει στην έκθεση πληροφορίες για πιθανούς κινδύνους ή τυχόν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου ή το περιβάλλον (Halford, 2019) και τελικά να αξιολογηθεί από την EFSA (Zimny et al., 2019) κι από επιτροπή εμπειρογνομόνων η οποία μπορεί να το αποδεχθεί αλλά ακόμα και να το απορρίψει με το σύστημα της πλειοψηφίας (Halford, 2019). Η σύνοψη του φακέλου της αίτησης εμπεριέχεται στον εκτελεστικό κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 503/2013. Πιο ενδελεχώς, θεσπίστηκε ο κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 503/2013 της επιτροπής, σχετικά με τις αιτήσεις έγκρισης γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών, σύμφωνα με τον κανονισμό με αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και την τροποποίηση των κανονισμών της Επιτροπής (ΕΚ) αριθ. 641/2004, για τις λεπτομέρειες εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1829/2003 σχετικά με την αίτηση για έγκριση νέων ΓΤ τροφίμων και ζωοτροφών και (ΕΚ) αριθ. 1981/2006, σχετικά με λεπτομερείς κανόνες για την εφαρμογή του άρθρου 32 του κανονισμού αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, σχετικά με το κοινοτικό εργαστήριο αναφοράς για τους ΓΤΟ. Οι κανόνες που όρισε ο κανονισμός 503/2013, κάλυπταν μόνο τις αιτήσεις για γενετικώς τροποποιημένα φυτά που χρησιμοποιούνται ή περιέχονται σε τρόφιμα ή ζωοτροφές και για τρόφιμα ή ζωοτροφές που παράγονται από αυτά τα φυτά.

Περιληπτικά σύμφωνα με τον παραπάνω κανονισμό, α) ο αιτών θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις επιστημονικές πληροφορίες που πρέπει να περιλαμβάνονται στην

αίτηση για έγκριση όσον αφορά την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού κινδύνου που παρουσιάζουν οι ΓΤΟ ή τα τρόφιμα και οι ζωοτροφές που περιέχουν ή αποτελούνται από ΓΤΟ σύμφωνα με την οδηγία 2001/18/ΕΚ, για τη σκόπιμη ελευθέρωση ΓΤΟ στο περιβάλλον καθώς και τις κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με το θέμα αυτό από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), β) επιπλέον, κρίνεται σκόπιμο να προβλεφθούν ειδικοί κανόνες προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι επιστημονικές πληροφορίες αποδεικνύουν επαρκώς, ότι τα ΓΤ τρόφιμα και ζωοτροφές ικανοποιούν τις απαιτήσεις που ορίζονται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1829/2003, γ) αυτοί οι κανόνες θα πρέπει να ορίζουν την εκπόνηση μιας σειράς μελετών, οι οποίες πρέπει να συμπεριλαμβάνονται σε όλες τις αιτήσεις καθώς και τις μεθόδους δοκιμών που πρέπει να εφαρμόζονται κατά την εκπόνηση των εν λόγω μελετών, ενώ παράλληλα να λαμβάνονται υπόψη τα σχετικά διεθνή πρότυπα όπως η κατευθυντήρια γραμμή του Κώδικα Τροφίμων, για την αξιολόγηση της ασφάλειας των τροφίμων που προέρχονται από φυτά με ανασυνδυασμένο DNA, δ) σύμφωνα με την εφαρμοστέα κατευθυντήρια γραμμή της EFSA, η αξιολόγηση της ασφάλειας ΓΤ τροφίμων ή ζωοτροφών θα πρέπει να περιλαμβάνει μελέτες για τα νέα συστατικά που προκύπτουν από τη γενετική τροποποίηση, τον μοριακό χαρακτηρισμό του ΓΤ φυτού και την ανάλυση της σύστασης και του φαινότυπού του, σε σύγκριση με το συμβατικό του αντίστοιχο. Η κατευθυντήρια γραμμή της EFSA αναφέρει σχετικά ότι, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του γενετικώς τροποποιημένου φυτού και τα πορίσματα της πρώτης σειράς μελετών, ενδέχεται να κριθεί αναγκαία η διεξαγωγή συμπληρωματικών μελετών κ.α. (European Commission, 2013).

Εν ολίγισ, η έγκριση χορηγείται μόνο υπό ορισμένες προϋποθέσεις, με τρόπο που εξασφαλίζει την ασφάλεια των ΓΤΟ, την ελευθερία επιλογής καταναλωτών και επαγγελματιών, την σήμανση των ΓΤΟ και την ανιχνευσιμότητα αυτών. Σύμφωνα με τον Παναγιωτόπουλο (2010), συμβάλλει στην ευημερία των πολιτών και στα κοινωνικά και οικονομικά συμφέροντά τους καθώς θεσπίζει κοινοτικές διαδικασίες για την εποπτεία των νέων οργανισμών. Τα παραπάνω προωθεί και ο κανονισμός αριθ. 2015/2283 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, σύμφωνα με τον οποίον, τα νέα τρόφιμα θα πρέπει να εγκρίνονται και να χρησιμοποιούνται μόνο εάν πληρούν τα κριτήρια του παρόντος κανονισμού και να συμπεριλαμβάνονται στον ενωσιακό κατάλογο νέων τροφίμων που επιτρέπεται να διατίθενται στην αγορά της Ένωσης. Σύμφωνα με τους

Vigani & Olper (2013), η έγκριση εξαρτάται από μια θετική και αναλυτική εκτίμηση κινδύνου (risk assessment) που εμπεριέχει τις πιθανές επιπτώσεις του νέου οργανισμού στους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον. Η αξιολόγηση της βιοασφάλειας πριν τεθεί ένα ΓΤ προϊόν στην αγορά, αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία καθώς είναι ο στόχος για τον καθορισμό μιας κοινής διεθνούς μεθοδολογίας.

2.2 Νομοθεσία στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρουσιάζει αρκετές εναλλαγές σχετικά με το κλίμα, το έδαφος και το γενικότερο περιβάλλον. Είναι προφανές το υψηλό επίπεδο βιοποικιλότητας και ενδημίας και διαφέρει από τις υπόλοιπες χώρες της μεσογείου στα επίπεδα βιοποικιλότητας (Legakis, Constantinidis, & Petrakis, 2018). Ο πλούτος και η ποικιλομορφία των οικοσυστημάτων προσθέτουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι αγροτικές τακτικές προσαρμόζονται στις γεωγραφικές, κλιματικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες της χώρας. Η Ελλάδα περιλαμβάνει σημαντικά φυσικά ενδιαιτήματα, όπως είναι οι βοσκότοποι αλλά και ομάδες καλλιέργειών όπως οι δενδροκαλλιέργειες και οι ορυζώνες που φιλοξενούν σημαντική βιοποικιλότητα. Η χώρα μας επίσης, χαρακτηρίζεται από ανεπτυγμένη αγροτική παραγωγή, η οποία συνεισφέρει σε σημαντικό βαθμό στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη αποτελώντας σημαντική διέξοδο απασχόλησης (Ζενάκος, 2018; ΥΠΑΑΤ, 2020). Για αυτό ακριβώς το λόγο η προστασία του περιβάλλοντος, των οικοσυστημάτων, των καλλιέργειών και των γεωργικών προϊόντων είναι απαραίτητη. Η Ελλάδα δεν διαθέτει τελείως αυτόνομη αειφόρο γεωργική στρατηγική. Ακολουθεί κανόνες σχετικά με τη διατήρηση της φύσης που ορίζονται στην κοινή γεωργική πολιτική της ΕΕ (ΕΡΑ, 2010). Το επίπεδο προστασίας που έχει επιλεγεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την υγεία ανθρώπων ή των ζώων καθώς και το επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος επιτρέπουν την ενιαία επιστημονική αξιολόγηση σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η Ελλάδα ακολουθεί διεθνές, κοινοτικό και εθνικό νομοθετικό πλαίσιο. Σύμφωνα με την οδηγία 2001/18/ΕΚ και τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1829/2003, υποστηρίζεται η διατήρηση και η ανάπτυξη γεωργικών πρακτικών που συνδυάζουν την παραγωγή με τη βιωσιμότητα του οικοσυστήματος, τη διατήρηση της τοπικής βιοποικιλότητας και

ορισμένων ειδικών λειτουργιών και υπηρεσιών οικοσυστημάτων. Η προστασία βέβαια της βιοποικιλότητας, δεν αποκλείει μελλοντικές συνεισφορές των βιοτεχνολογικών προϊόντων, αρκεί η βιοτεχνολογία να μην αποτελεί απειλή της βιοποικιλότητας (Jacobsen, Sørensen, Pedersen, & Weiner, 2013; ΥΠΑΑΤ; Ζενάκος, 2018). Καθώς τα βιοτεχνολογικά προϊόντα όπως ορισμένες ΓΤ καλλιέργειες παρουσιάζουν γονιδιακή ροή (βλ. κεφ. 1.6), είναι πιθανή η διαταραχή της βιοποικιλότητας (Klug et al., 2016). Τη συσχέτιση της βιοτεχνολογίας με τη βιοποικιλότητά επικύρωσε το Ελληνικό Κράτος με το νόμο ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3233, που αφορά «την Κύρωση του Πρωτόκολλου Καρθαγένης, για τη Βιοασφάλεια στη Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα». Σύμφωνα με το άρθρο 1 του νόμου, το πρωτόκολλο αποσκοπεί στην προστασία και ασφάλεια κατά τη διακίνηση, το χειρισμό και τη χρήση έμβιων τροποποιημένων οργανισμών που παράγονται με βάση τις αρχές της σύγχρονης βιοτεχνολογίας και ενδέχεται να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα αλλά και την ανθρώπινη υγεία (Εφημερίς της Κυβερνήσεως, 2004). Σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, έχει δημοσιευθεί λίστα με τις νομοθετικές πράξεις και τα μέτρα που αφορούν τη βιοποικιλότητα, τους φυτογενετικούς πόρους και τα προϊόντα βιοτεχνολογίας. Η Κυβερνητική Απόφαση με αριθ. 332657/2001(ΦΕΚ 176 Β/21.02.2001), καθορίζει τους όρους για την πιστοποίηση και τον έλεγχο κατά την εμπορία σπόρων σποράς συμβατικών ποικιλιών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών καθώς και τα όρια προσμίξεων με γενετικά τροποποιημένους σπόρους. Ενώ ο νόμος Ν. 3937/2011 (ΦΕΚ 60 Α/31-03-2011) για τη «Διατήρηση της Βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις», αφορά την αειφόρο διαχείριση και την αποτελεσματική διατήρηση της βιοποικιλότητας, ως πολύτιμο, αναντικατάστατο και σπουδαίας σημασίας εθνικό κεφάλαιο (ΥΠΑΑΤ).

Η διασφάλιση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της ελληνικής βιοποικιλότητας αποτελεί στρατηγικό στόχο της Υπουργικής Απόφασης ΥΑ 40332/8-9-2014 (Β' 2383) που αφορά την «Έγκριση Εθνικής Στρατηγικής για την Βιοποικιλότητα για τα έτη 2014-2029 και Σχεδίου Δράσης πενταετούς διάρκειας» (Εφημερίς της Κυβερνήσεως, 2014). Παρόλο που οι περιοχές οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως «τόποι Natura 2000» διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην επίτευξη της διατήρησης της βιοποικιλότητας μιας και περιλαμβάνουν τοποθεσίες ενδιαυγείας για τα είδη αλλά και σημαντικούς οικοτόπους, το ενωσιακό δίκαιο δεν προβλέπει απαγόρευση ΓΤ καλλιέργειας (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2018; Ζενάκος, 2018). Η Ελλάδα όμως, διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα και

σπουδαιότερα δίκτυα προστατευόμενων περιοχών natura 2000 σε όλη την Ευρώπη, με 42.955 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Για το λόγο αυτό με βάση την Αρχή της Προφύλαξης κρίνεται απαραίτητη η απαγόρευση ΓΤ καλλιιεργειών σε αυτές τις περιοχές, σύμφωνα με το κυβερνητικό Σχέδιο Νόμου (2015) «για την απαγόρευση της καλλιιεργειας ΓΤΟ και τη συμμόρφωση προς την οδηγία (ΕΕ) 2015/412». Ακόμη, στο άρθρο 12 της ΚΥΑ 262385/23-4-2010 (Β'509) «Εφαρμογή του καθεστώτος της πολλαπλής συμμόρφωσης και λοιπά συμπληρωματικά μέτρα», υπάρχει ρητή απαγόρευση ΓΤ καλλιιεργειας σε προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura 2000. Σύμφωνα με το ΥΠΑΑΤ, η Κυβερνητική Απόφαση με αριθ. 38639/2017/21-09-2005 (ΦΕΚ 1334 Β 2005) αφορά τον «Καθορισμό μέτρων και όρων για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/18 «για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και την κατάργηση της οδηγίας 90/220/ΕΟΚ» και διασφαλίζει την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Ακόμη, υπάρχουν διατάγματα και αποφάσεις που αφορούν τους ΓΤΟ και τους ΓΤ σπόρους σε εθνικό επίπεδο σύμφωνα με το ΥΠΑΑΤ και αναφέρονται ενδεικτικά:

- Π.Δ 80/1990 (ΦΕΚ 40 Α/22-03-1990) «περί προστασίας του φυτικού γενετικού υλικού της χώρας» με σκοπό την προστασία και διατήρηση του εγχώριου γενετικού υλικού των καλλιεργουμένων φυτικών ειδών και των άγριων προγόνων τους ή των συγγενών τους.
- ΚΥΑ αριθ. 332657/2001 (ΦΕΚ 176 Β/21-2-2001) «Τεχνικός Κανονισμός πιστοποίησης και ελέγχου κατά την εμπορία σπόρων προς σπορά συμβατικών ποικιλιών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών για την παρουσία προσμίξεων από γενετικά τροποποιημένους σπόρους».
- ΚΥΑ αριθ. 2775/128098/29-11-2017 (ΦΕΚ Β' 4287) «Καθορισμός μέτρων και όρων για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον» σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/18 για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και την κατάργηση της οδηγίας 90/220/ΕΟΚ (Β'1334/21.9.2005), σε συμμόρφωση προς την Οδηγία (ΕΕ) 2015/412 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για την τροποποίηση της οδηγίας 2001/18/ΕΚ όσον αφορά τη δυνατότητα που

παρέχεται στα κράτη μέλη να περιορίζουν ή να απαγορεύουν την καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στην επικράτειά τους.

- ΚΥΑ αριθ. 1371/99270/07-04-2019 (ΦΕΚ Β' 1865) «Καθορισμός μέτρων και όρων για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον» σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/18 για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και την κατάργηση της οδηγίας 90/220/ΕΟΚ (Β'1334), σε συμμόρφωση προς την οδηγία (ΕΕ) 2018/350 της Επιτροπής, για την τροποποίηση της οδηγίας 2001/18/ΕΚ όσον αφορά την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού κινδύνου από γενετικώς τροποποιημένους οργανισμούς.
- ΥΑ αριθ. 9769/121592/2013 (ΦΕΚ 2566 Β/11-10-2013) «Απαγόρευση εμπορίας στην ελληνική επικράτεια σπόρων προς σπορά υβριδίων αραβοσίτου που φέρουν τη γενετική τροποποίηση MON810.», αφορά όλα τα υβρίδια ΓΤ αραβοσίτου της σειράς MON810 που είναι εγγεγραμμένα στον «Κοινό Κατάλογο των Ποικιλιών των Ειδών των Γεωργικών Φυτών» της Ευρωπαϊκής Ένωσης, φέροντα τη σήμανση Νο 34 των πινάκων.

2.3 Διεθνής νομοθεσία και ρυθμιστικό πλαίσιο ανά τον κόσμο

Με το πέρασμα του χρόνου όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω, η γενετική μηχανική απασχολεί την επιστημονική κοινότητα ολοένα και περισσότερο καθώς τα προϊόντα αυτής γίνονται αποδεκτά και αυξάνεται η ανάγκη για νέες τεχνολογίες. Όσο περισσότερο υιοθετούνται οι ΓΤΟ και οι ΓΤ καλλιέργειες τόσο αυξάνονται από την άλλη πλευρά και οι ανησυχίες των καταναλωτών. Οι Διεθνείς Κανονισμοί και οι κατευθυντήριες γραμμές της επιτροπής Codex Alimentarius (CAC), που ιδρύθηκε το 1962 από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), ρυθμίζουν τις απαιτήσεις βιοασφάλειας των ΓΤ καλλιεργειών και ισορροπούν τα ηθικά ζητήματα που σχετίζονται με την κυκλοφορία και τη χρήση τους (Kamle & Ali, 2013; MacKenzie, 2000). Η διάσκεψη του ΟΗΕ (1992) τεκμηρίωσε την Ατζέντα-21, τονίζοντας τη φιλική διαχείριση της σύγχρονης βιοτεχνολογίας και δίνοντας έμφαση στη Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα (Convention on Biological Diversity, CBD). Το 1995, ο Παγκόσμιος Οργανισμός

Εμπορίου (Technical Barrier to Trade, WTO-TBT), καθόρισε οδηγίες για δοκιμές, διαδικασία πιστοποίησης, συσκευασία, σήμανση και υποχρεωτικές απαιτήσεις επισήμανσης (Alexandrova, Georgieva, & Atanassov, 2005; Kamle & Ali, 2013). Το 2000 εγκρίθηκε το πρωτόκολλο της Καρθαγένης (CPB) και τέθηκε σε ισχύ λίγο αργότερα. Πρόκειται για μια διεθνή συμφωνία, συμπληρωματική της Σύμβασης για τη Βιολογική Βιοποικιλότητα, που διαχειρίζεται τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις των ζώντων ΓΤ οργανισμών και προστατεύει τη βιοποικιλότητα και την ανθρώπινη υγεία. Επικεντρώνεται στις διασυνοριακές κινήσεις και είναι ζωτικής σημασίας για το διεθνές εμπόριο. Ακόμη, περιλαμβάνει διατάξεις για τη λήψη αποφάσεων, την αξιολόγηση και τη διαχείριση κινδύνων, την ανταλλαγή πληροφοριών, την τεκμηρίωση, την ανάπτυξη δυνατοτήτων, τη συμμόρφωση, την ευαισθητοποίηση και τη συμμετοχή του κοινού κ.α.. Μέχρι το 2018 είχε επικυρωθεί από 171 χώρες (Ishii, 2018; Kamle & Ali, 2013; Library of Congress (b), 2020; Sendashonga, Hill, & Petrini, 2005). Ακόμη, την ίδια χρονιά η επιτροπή Codex Alimentarius, δημοσίευσε τις κατευθυντήριες γραμμές Codex (2003) για την αξιολόγηση της ασφάλειας των ΓΤ τροφίμων και την αξιολόγηση τους (Kamle & Ali, 2013).

Τα διεθνή πρωτόκολλα που αφορούν σήμερα τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, είναι το προαναφερθέν της Καρθαγένης και το συμπληρωματικό του, της Ναγκόγια-Κουάλα Λουμπόρ που εγκρίθηκε 2010. Τα δύο αυτά πρωτόκολλα σχετίζονται και με τη Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλομορφία (1993). Εφαρμόζονται αποκλειστικά σε διακρατικές δράσεις και όχι για χρήση ή διέλευση ΓΤΟ εντός χωρών (Kamle & Ali, 2013; Library of Congress (b), 2020). Το πρωτόκολλο Ναγκόγια-Κουάλα Λουμπόρ αφορά την ευθύνη και την αποκατάσταση της βιοασφάλειας. Εμπεριέχει κατ' ουσία κανόνες διεθνούς εμβέλειας για την ευθύνη και την αποκατάσταση ζημιών στη βιοποικιλότητα που προκύπτει από ζώντες τροποποιημένους οργανισμούς. Από τον Μάρτιο του 2013, μόνο έντεκα χώρες του Πρωτοκόλλου έχουν επικυρώσει το Συμπληρωματικό Πρωτόκολλο Ναγκόγια (Library of Congress (b), 2020).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής οι ΓΤΟ ρυθμίζονται σύμφωνα με το Συντονισμένο Πλαίσιο για τη Βιοτεχνολογία, που δημοσιεύθηκε το 1986 αλλά και σύμφωνα με προηγούμενη υφιστάμενη νομική αρχή που ρυθμίζει τα συμβατικά προϊόντα, με έμφαση στη φύση των προϊόντων και όχι στη διαδικασία με την οποία παράγονται (Εικ. 9) (Library of Congress (c), 2020). Το πρωτόκολλο της Καρθαγένης

που αναφέρθηκε παραπάνω, δεν έχει επικυρωθεί ακόμη στις ΗΠΑ. Οι ΓΤΟ και οι ΓΤ καλλιέργειες ρυθμίζονται από τους τρεις παρακάτω φορείς-ρυθμιστές: την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency, EPA), τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration, FDA) και το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ με την Υπηρεσία Επιθεώρησης Υγείας των Ζώων και Φυτών (Animal Plant Health Protection Inspection Service, USDA-APHIS) (Ishii, 2018).

Ο πρώτος φορέας, η EPA, είναι υπεύθυνη για την προστασία του περιβάλλοντος και ό,τι περιλαμβάνει αυτό καθώς και τον έλεγχο και μείωση της ρύπανσης αυτού. Πιο συγκεκριμένα, διεξάγει εκτιμήσεις για περιβαλλοντικές επιπτώσεις, προετοιμάζει νομοθετικές πολιτικές για την προστασία του περιβάλλοντος, δημοσιεύει κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και παρέχει στρατηγικές συμβουλές. Η EPA ρυθμίζει ότι έχει σχέση με φυτοφάρμακα και με τα γενετικά τροποποιημένα, σύμφωνα με τον ομοσπονδιακό νόμο για τα εντομοκτόνα, τα μυκητοκτόνα και τα τρωκτικοκτόνα (Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act, FIFRA). Η FIFRA διέπει τη διανομή, την πώληση και τη χρήση των φυτοφαρμάκων στις Ηνωμένες Πολιτείες και παρέχει τις νομικές απαιτήσεις για τη διαδικασία εγγραφής στην EPA, όλων των φυτοφαρμάκων. Η δικαιοδοσία της EPA βάσει του FIFRA, καλύπτει τη ρύθμιση οποιασδήποτε νέας ουσίας ή DNA σε ένα φυτό όταν αποτελεί φυτοφάρμακο για τη φύση. Η ουσία που παράγεται από ένα ΓΤ φυτό που έχει τροποποιηθεί για να αντιστέκεται σε ασθένειες υπάγεται στην αρμοδιότητα της FIFRA, ενώ η ουσία που παράγεται από ένα ΓΤ φυτό με χαρακτηριστικό αντοχής στην ξηρασία, δεν υπάγεται (Bergeson, 2000; Castellari, Soregaroli, Venus, & Wesseler, 2018; EPA (a)).

Ο δεύτερος φορέας FDA, ρυθμίζει την ασφάλεια όλων των προϊόντων ανθρώπινης και ζωικής τροφής στις ΗΠΑ (εκτός από κρέας, πουλερικά και αυγά), καθώς και φάρμακα και βιολογικά προϊόντα. Ακόμη διασφαλίζει αν μια καλλιέργεια είναι ασφαλής για ανθρώπινη κατανάλωση (Castellari et al., 2018; Library of Congress (c), 2020). Η πρωταρχική νομοθετική αρχή είναι ο ομοσπονδιακός νόμος για τα τρόφιμα, τα ναρκωτικά και τα καλλυντικά (Federal Food, Drug, and Cosmetic Act, FFDC), ο οποίος εξουσιοδοτεί τον οργανισμό να ρυθμίζει, μεταξύ άλλων, τα «νοθευμένα τρόφιμα» αυτά που «περιέχουν οποιαδήποτε δηλητηριώδη ή επιβλαβή ουσία που μπορεί να τα καταστήσουν επιβλαβή για την υγεία» και τα «πρόσθετα τροφίμων» που περιλαμβάνουν

«οποιαδήποτε ουσία που μπορεί να γίνει συστατικό ή να επηρεάσει με άλλο τρόπο τα χαρακτηριστικά οποιουδήποτε τροφίμου». Η FFDCΑ απαγορεύει την πώληση των νοθευμένων ή λανθασμένων τροφίμων. Επίσης, οι ουσίες που προστίθενται στα τρόφιμα ταξινομούνται είτε ως «πρόσθετα τροφίμων» και απαιτούν έγκριση από τον FDA πριν τη διάθεσή τους στην αγορά, είτε ως «γενικά αναγνωρισμένες ως ασφαλείς» (GRAS), όπου δεν απαιτείται προέγκριση. Ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) έχει δηλώσει στη Δήλωση Πολιτικής ότι «οι ανησυχίες για την ασφάλεια αφορούν τα χαρακτηριστικά του τροφίμου, παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται νέες μέθοδοι για την παραγωγή του» (FDA, 1992). Για τα ΓΤ τρόφιμα επίσης, πως «δεν συμπεραίνεται ότι διαφέρουν από άλλα τρόφιμα με οποιοδήποτε ουσιαστικό ή ομοιόμορφο τρόπο ή ότι τα τρόφιμα που αναπτύχθηκαν με τις νέες τεχνικές παρουσιάζουν οποιαδήποτε διαφορά ή μεγαλύτερη ανησυχία από τα τρόφιμα που παράγονται με παραδοσιακές μεθόδους». Ουσιαστικά τα προϊόντα ΓΤΟ που υπόκεινται σε κανονισμούς του FDA πρέπει να συμμορφώνονται στα ίδια πρότυπα ασφαλείας με αυτά των μη ΓΤΟ. Ακόμη, η θέση του Οργανισμού για την επισήμανση είναι, ότι τα ΓΤ τρόφιμα πρέπει να επισημαίνονται μόνο εάν διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα συμβατικά, με τρόπο που θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο τους καταναλωτές (Castellari et al., 2018). Σε αντίθεση με την προσέγγιση του FDA, η επισήμανση των ΓΤΟ χαιρεί ιδιαίτερης δημοσκοπικής υποστήριξης (Wohlers, 2016).

Τέλος, ο τρίτος φορέας USDA-APHIS, είναι υπεύθυνος για την από παράσιτα και ασθένειες προστασία της γεωργίας. Ο νόμος για την προστασία των φυτών ορίζει επίσης ότι έχει ρυθμιστική εποπτεία σε προϊόντα της σύγχρονης βιοτεχνολογίας που θα μπορούσαν να αποτελέσουν τέτοιο κίνδυνο. Έτσι, ρυθμίζει οργανισμούς και προϊόντα που είναι φυτικά παράσιτα ή επιβλαβείς οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που έχουν τροποποιηθεί ή παραχθεί μέσω γενετικής μηχανικής χρησιμοποιώντας τον ορισμό «Οποιοσδήποτε οργανισμός που έχει τροποποιηθεί ή παραχθεί μέσω γενετικής μηχανικής, εάν ο οργανισμός δότης, ο οργανισμός-δέκτης ή ο οργανισμός-φορέας πληροί τον ορισμό του φυτικού παράσιτου» (Ishii, 2018; USDA). Μέχρι το 2018, ο φορέας είχε λάβει 14 επιστολές σχετικά με φυτά που τροποποιήθηκαν με μεταλλαξιγένεση και γονιδιακή επεξεργασία και δεν είχαν ρυθμιστεί λόγω μη «φυτικού παρασίτου». Φυτά που παράγονται με χρήση γονιδιακής επεξεργασίας χωρίς DNA δεν αποτελούν επίσης ρυθμιζόμενο άρθρο. Ωστόσο, η ρυθμιστική αρχή δεν ρώτησε τους ερευνητές σχετικά με το εάν αναλύθηκαν ή όχι μεταλλάξεις εκτός στόχου (Ishii, 2018).

Από τις μεγαλύτερες χώρες σε παραγωγή ΓΤΟ στον κόσμο είναι ο Καναδάς με ΓΤ καλλιέργειες όπως Κάνολα, αραβόσιτο, σόγια και τεύτλα (Library of Congress (d), 2020). Στον Καναδά οι ΓΤΟ, τα ΓΤ τρόφιμα και όλα τα βιοτεχνολογικά προϊόντα αποτελούν μέρος του ρυθμιστικού πλαισίου «*νέα προϊόντα*» (novel foods), κατά το οποίο τονίζονται τα χαρακτηριστικά που εκφράζονται στα προϊόντα και όχι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή αυτών. Το ίδιο βέβαια ισχύει και στις ΗΠΑ (Smyth, 2017). Η χώρα του Καναδά παρέμεινε αφοσιωμένη στις επιστημονικές αρχές που καθόρισαν πριν 25 περίπου χρόνια το πλαίσιο για τα νέα χαρακτηριστικά (Plants with Novel Traits, PNT). Ο Καναδικός Οργανισμός Επιθεώρησης Τροφίμων (Canadian Food Inspection Agency, CFIA) λοιπόν, καθορίζει τους όρους για την περιβαλλοντική απελευθέρωση φυτών που αναπτύσσονται μέσω της βιοτεχνολογίας (φυτά με νέα χαρακτηριστικά). Επίσης, ρυθμίζει τα γενετικά τροποποιημένα φυτά και την έγκριση γενετικώς τροποποιημένων ζωοτροφών για ζώα καθώς επίσης και τα εισαγόμενα PNT βάσει του νόμου περί φυτοπροστασίας με σκοπό να ελέγχει τα παράσιτα στα φυτά. Σύμφωνα με αυτόν τον νόμο, ο Οργανισμός μπορεί και χορηγεί άδειες εισαγωγής (Library of Congress (d), 2020; OAG, 2004; Smyth, 2017). Η Health Canada αξιολογεί την ασφάλεια των τροφίμων για κατανάλωση από τον άνθρωπο, συμπεριλαμβανομένων των ΓΤΟ στα τρόφιμα και εγκρίνει ή όχι την πώλησή τους στον Καναδά. Η διαφήμιση ή η επισήμανση της παρουσίας ΓΤΟ σε συγκεκριμένα τρόφιμα είναι προαιρετική, εκτός εάν υπάρχει πρόβλημα υγείας ή ασφάλειας (Library of Congress (d), 2020).

Η Βραζιλία σήμερα είναι η δεύτερη χώρα σε παραγωγή ΓΤ τροφίμων στον κόσμο (ISAAA, 2017) με κύριες ΓΤ καλλιέργειες τον αραβόσιτο και τη σόγια και παράγωγα αυτών όπως αλεύρι αραβόσιτου και σογιέλαιο (Hakim, Zanetta, de Oliveira, & da Cunha, 2020). Στη Βραζιλία υπάρχουν δύο βασικά διοικητικά όργανα που ρυθμίζουν τη γεωργική βιοτεχνολογία. Το Εθνικό Συμβούλιο Βιοασφάλειας (National Biosafety Council, CNBS) που εμπίπτει στο Γραφείο του Προέδρου και ευθύνεται για τη διατύπωση και την εφαρμογή της εθνικής πολιτικής βιοασφάλειας και η Εθνική Επιτροπή Τεχνικής Βιοασφάλειας (Natural Technical Biosafety Commission, CTNBio) και εμπίπτει στο Υπουργείο Επιστημών και Τεχνολογίας. Όλα τα τεχνικά ζητήματα εγκρίνονται από το φορέα. Εισαγωγές οποιουδήποτε γεωργικού προϊόντος για ζωοτροφές ή για περαιτέρω επεξεργασία ή οποιαδήποτε έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα διατροφής και τροφές για κατοικίδια που περιέχουν βιοτεχνολογικά προϊόντα πρέπει να

εγκριθούν από το CTNBio (USDA, 2018).

Στη Βραζιλία οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί διέπονται από το νόμο αριθ. 11.105, ο οποίος ρυθμίζει τις αρχές που είναι θεσπισμένες από το Σύνταγμα, σχετικά με τη διατήρηση του περιβάλλοντος και τη γενετική κληρονομιά της χώρας. Η επιστημονική πρόοδος της βιοασφάλειας και της βιοτεχνολογίας, η προστασία της ζωής, ανθρώπων, ζώων και φυτών και η τήρηση της αρχής της προφύλαξης για την προστασία του περιβάλλοντος, χρησιμοποιήθηκαν ως κατευθυντήριες γραμμές για αυτό το νόμο, ο οποίος είχε ως συνέπεια τη δημιουργία κανόνων γενικού πλαισίου σχετικά με την βιοτεχνολογική έρευνα, την αναδιάρθρωση της εθνικής τεχνικής επιτροπής, η οποία είναι αρμόδια για όλες τις ρυθμίσεις του τομέα της βιοτεχνολογίας, τη δημιουργία ενός εθνικού συμβουλίου βιοασφάλειας και τη θέσπιση της εθνικής πολιτικής για την βιοασφάλεια. Ορίζει την έννοια του ΓΤΟ αλλά και κανόνες για τα εργαστήρια. Θεσπίζει διαδικασίες έγκρισης για έρευνα ΓΤΟ, κανόνες για την παραγωγή και εμπορία ΓΤΟ, περιορισμούς για την απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον, καθεστώτα καλλιέργειας, απαιτήσεις για την απελευθέρωσή τους, επιθεωρήσεις και παρακολούθηση των ερευνητικών δραστηριοτήτων, εκτελεστικές αρχές και διαδικασίες έγκρισης για την απελευθέρωσή τους και περιορισμούς στα τρόφιμα. Τέλος, προβλέπει την τιμωρία των διοικητικών παραβάσεων και των ποινικών αδικημάτων (Library of Congress, 2020 e). Επίσης, ο νόμος με αριθ. 9.985 αφορά το Σύστημα Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Άγριας Ζωής και έχει στόχο την προστασία της βιοποικιλότητας και των γενετικών πόρων καθώς και την ολοκληρωμένη διαχείριση των περιοχών αυτών. Τους δυο παραπάνω νόμους τροποποίησε σε σημεία ο νόμος 11.460 του 2007 με την προσθήκη διατάξεων που ρυθμίζουν την φύτευση ΓΤΟ και συγκεκριμένα, απαγορεύουν την φύτευση, την καλλιέργεια, την έρευνα και άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με τους ΓΤΟ, σε περιοχές προστατευόμενες και διατήρησης άγριας ζωής (FAO, 2000, 2007; USDA, 2018).

Λίγα χρόνια πριν και σύμφωνα με το διάταγμα της Βραζιλίας 4680 του 2003, προϊόντα τόσο συσκευασμένα ή χύδη που περιέχουν ή παράγονται από ΓΤΟ, πάνω από το όριο του 1%, θα πρέπει να επισημαίνονται και ο καταναλωτής να ενημερώνεται για την προέλευση του γονιδίου. Τα τρόφιμα και τα συστατικά που προέρχονται από ζώα τα οποία τρέφονται με αντίστοιχα τρόφιμα που περιέχουν ΓΤ συστατικά, είναι απαραίτητο επίσης να επισημαίνονται. Οι προτάσεις «*μπορεί να περιέχουν ΓΤ σόγια*» και «*μπορεί να*

περιέχουν συστατικό που παράγεται από ΓΤ σόγια» είναι υποχρεωτικό να αναγράφονται στην ετικέτα, ανεξάρτητα από το ποσοστό της ΓΤ σόγιας (Hakim et al., 2020; Library of Congress (e), 2020). Το διάταγμα με αριθ. 2658 του 2003, αναφέρει ότι όλα τα ΓΤ τρόφιμα πρέπει να φέρουν κίτρινο τριγωνικό σύμβολο «T» στην ετικέτα τους που να βρίσκεται σε κύριο πλαίσιο και με χρωματική αντίθεση τέτοια που να εξασφαλίζεται η ορατότητα. Νέο σχέδιο νόμου (PL 4148/2008) επιδίωξε να αλλάξει τους κανόνες επισήμανσης των τροφίμων που περιέχουν ΓΤ συστατικά. Στόχευε στο να διατηρήσει μεν την υποχρεωτική επισήμανση αλλά να εξαλείψει τη χρήση του συγκεκριμένου συμβόλου στις ετικέτες των προϊόντων και την ένδειξη του είδους του οργανισμού-δότη. Παρόλο που οι πολιτικοί συζητούν για την ανάγκη κατάργησης του συμβόλου, το σχέδιο νόμου δεν έχει εγκριθεί (Hakim et al., 2020).

Τρίτη μεγαλύτερη χώρα σε παραγωγή ΓΤΟ είναι η Αργεντινή μετά τις ΗΠΑ και την Βραζιλία (Library of Congress (f), 2020). Το κανονιστικό πλαίσιο της χώρας για τη γεωργική βιοτεχνολογία τέθηκε σε εφαρμογή το 2012. Η αξιολόγηση των νέων γεγονότων πραγματοποιείται κατά περίπτωση λαμβάνοντας κάθε περίπτωση χωριστά όπου ενδέχεται να είναι επιζήμιες για το περιβάλλον, τα ζώα ή τον άνθρωπο εφαρμόζοντας επιστημονικά και τεχνικά κριτήρια. Το κανονιστικό πλαίσιο και σε αυτή την περίπτωση βασίζεται στα χαρακτηριστικά και τις συμπεριφορές των ΓΤΟ, όπως για παράδειγμα και στις ΗΠΑ (Εικ. 9). Όμως, λαμβάνονται υπόψη και οι διαδικασίες παραγωγής των ΓΤΟ για την ασφάλεια του οικοσυστήματος αλλά και των ζώων και των ανθρώπων. Το κεντρικό γραφείο του Υπουργείου Γεωργίας της Αργεντινής συγκεντρώνει όλες τις δραστηριότητες και τις πληροφορίες της βιοτεχνολογίας και συντονίζει τρεις τεχνικούς τομείς: τη βιοασφάλεια, την πολιτική ανάλυση και τη διατύπωση, και το ρυθμιστικό σχεδιασμό. Η διαδικασία έγκρισης για την εμπορευματοποίηση των ΓΤ σπόρων γίνεται από τους ακόλουθους φορείς του Υπουργείου, α) την Εθνική Συμβουλευτική Επιτροπή Γεωργικής Βιοτεχνολογίας (National Advisory Committee on Agricultural Biotechnology, CONABIA), β) την Εθνική Υπηρεσία Γεωργίας και Τροφίμων Υγείας και Ποιότητας (National Service of Agricultural and Food Health and Quality, SENASA), γ) την Εθνική κατεύθυνση των αγορών γεωργικών τροφίμων (National Direction of Agricultural Food Markets, DNMA) και δ) το Εθνικό Ινστιτούτο Σπόρων (National Seed Institute, INASE) (USDA, 2019). Στην Αργεντινή οι ΓΤΟ ρυθμίζονται βάσει του νόμου για τους σπόρους και των

φυτογενετικών πόρων και του νόμου για την προώθηση της ανάπτυξης και της παραγωγής της σύγχρονης βιοτεχνολογίας αλλά και στη βάση διοικητικών κανονισμών που εκδίδονται από τον Υπουργό Γεωργίας, Κτηνοτροφίας, Αλιείας και Τροφίμων. Να σημειωθεί πως και η Αργεντινή δεν έχει επικυρώσει το πρωτόκολλο της Καρθαγένης για τη βιοασφάλεια (Library of Congress (f), 2020).

Η Ινδία έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο στην έρευνα, την αξιολόγηση και την παρακολούθηση των ΓΤ καλλιεργειών τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Το ρυθμιστικό της σύστημα όμως λόγω έλλειψης συντονισμού και σύμπνοιας των διαφόρων κυβερνήσεων για τις τεχνολογίες της γενετικής μηχανικής, έχει φέρει εμπόδια στην ανάπτυξη της. Οι ΓΤ καλλιέργειες εξετάζονται συνεχώς και τις τελευταίες δύο δεκαετίες σχετικές έρευνες βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης σε διάφορα ινστιτούτα της χώρας (FAO, 2014; Shukla, Al-Busaidi, Trivedi, & Tiwari, 2018). Παρόλα αυτά η Ινδία ήταν από τις πρώτες χώρες που ανέπτυξαν ρυθμιστικό σύστημα βιοασφάλειας για τους ΓΤΟ, ήδη από το 1989. Όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τους ΓΤΟ ρυθμίζονται βάσει του Νόμου της προστασίας του Περιβάλλοντος (Νόμος 1986), ο οποίος θεσπίστηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Δασών και Κλιματικής Αλλαγής (Ministry of Environment, Forest and Climate Change, MoEFCC) για να παρέχει προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος (Ahuja, 2018). Το Υπουργείο Υγείας στη συνέχεια εν έτη 1989, συνέταξε και κοινοποίησε «τους κανόνες για την κατασκευή, τη χρήση, την εισαγωγή, την εξαγωγή και την αποθήκευση επικίνδυνων μικροοργανισμών, γενετικά τροποποιημένων οργανισμών ή κυττάρων» που αναφέρονται ως Κανόνες EPA 1989 και ανήκουν στην κατηγορία «επικίνδυνες ουσίες» (Shukla et al., 2018).

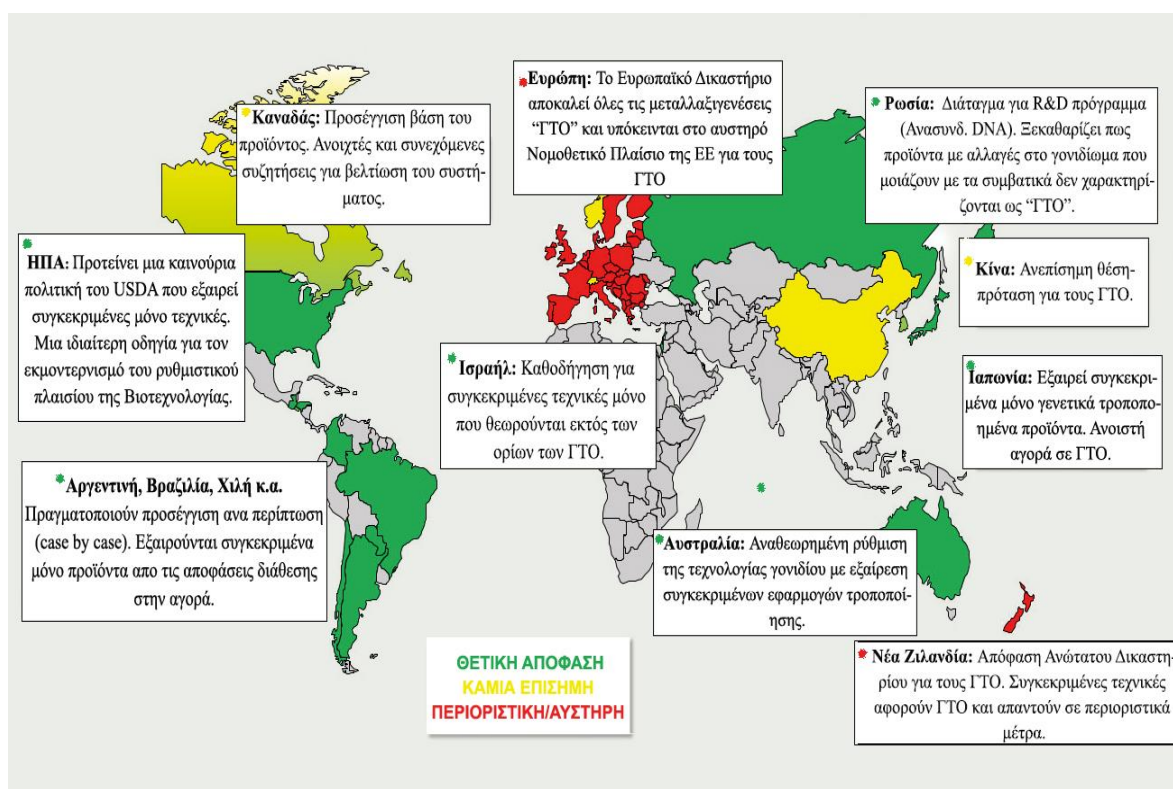
Το ρυθμιστικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της βιοασφάλειας των ΓΤ καλλιεργειών, λειτουργεί στο πλαίσιο του Υπουργείου Επιστήμης και Τεχνολογίας (Department of Biotechnology of Ministry of Science and Technology, DBT) και οι αρμόδιες αρχές είναι α) η Συμβουλευτική Επιτροπή Ανασυνδυασμένου DNA (The Recombinant DNA Advisory Committee, RDAC), η οποία έχει συμβουλευτική φύση και παρέχει συστάσεις για κανονισμούς ασφαλείας στην έρευνα και στις εφαρμογές ΓΤΟ και των προϊόντων αυτών, β) η Κριτική Επιτροπή Γενετικής Χειραγώγησης (The Review Committee on Genetic Manipulation, RCGM) που λειτουργεί ως φορέας στο πλαίσιο του DBT για την παρακολούθηση των ερευνητικών έργων που αφορούν ΓΤ οργανισμούς/επικίνδυνους μικροοργανισμούς, δ) η Επιτροπή Αξιολόγησης Γενετικής

Μηχανικής (The Genetic Engineering Appraisal Committee, GEAC) που είναι υπεύθυνη για την έγκριση δραστηριοτήτων χρήσης επικίνδυνων μικροοργανισμών και ανασυνδυασμένων προϊόντων στην έρευνα και τη βιομηχανική παραγωγή, ε) οι Θεσμικές Επιτροπές Βιοασφάλειας (Institutional Bio-safety Committees, IBSC) που διεξάγουν ερευνητικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν γενετικό χειρισμό μικροοργανισμών, φυτών ή ζώων, στ) οι Επιτροπές Συντονισμού Κρατικής Βιοτεχνολογίας (Institutional Bio-safety Committees, SBCC) που συγκροτείται σε κάθε πολιτεία όπου διεξάγονται έρευνες και εφαρμογές ΓΤΟ και ζ) οι επιτροπές περιφερειακού επιπέδου (State Biotechnology Coordination Committees, SBCC and District Level Committees, DLC) που συγκροτούνται σε περιοχές, όπου απαιτείται παρακολούθηση των κανονισμών ασφαλείας σε εγκαταστάσεις που γίνεται χρήση ΓΤΟ/επικίνδυνων μικροοργανισμών και εφαρμογών στο περιβάλλον (Ahuja, 2018; Shukla et al., 2018). Τέλος η Ινδία έχει υπογράψει το πρωτόκολλο της Καρθαγένης για τη βιοασφάλεια και ίδρυσε το Biosafety Clearing House (BCH) (Ahuja, 2018).

Πίνακας 2. Οργανισμοί νομοθεσίας και ρύθμισης των ΓΤΟ ανά τον κόσμο (Kamle & Ali, 2013; Library of Congress (a), 2020; Library of Congress (b), 2020; Library of Congress (c), 2020; Library of Congress (d), 2020; Library of Congress (e), 2020; Library of Congress (f), 2020; Shukla et al., 2018; USDA, 2019).

ΧΩΡΕΣ	Ρυθμιστικοί Οργανισμοί για τους ΓΤΟ
ΗΠΑ	<ul style="list-style-type: none"> • Υπουργείο Γεωργίας, Υπηρεσία Επιθεώρησης Υγείας των Ζώων και των Φυτών (USDA, APHIS) • Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) • Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA)
Καναδάς	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Καναδικός Οργανισμός Επιθεώρησης Τροφίμων (CFIA) ▪ Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας Καναδά (PHAC)
Βραζιλία	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Εθνικό Συμβούλιο Βιοασφάλειας (CNBS) ❖ Εθνική Επιτροπή Εθνικής Βιοασφάλειας (CTNBio)
Αργεντινή	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Εθνική Συμβουλευτική Επιτροπή Γεωργικής Βιοτεχνολογίας (CONABIA) ✓ Εθνική Υπηρεσία Γεωργίας και Τροφίμων Υγείας και Ποιότητας (SENASA) ✓ Εθνική Κατεύθυνση των Αγορών Γεωργικών Προϊόντων (DNMA) ✓ Εθνικό Ινστιτούτο Σπόρων (INASE)

<p>Ινδία</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Υπουργείο Περιβάλλοντος, Δασών και Κλιματικής Αλλαγής (MoEF&CC) ▪ Τμήμα Βιοτεχνολογίας του Υπουργείου Επιστήμης και Τεχνολογίας (DBT) ▪ Συμβουλευτική Επιτροπή Ανασυνδυασμένου DNA (RDAC) ▪ Κριτική Επιτροπή Γενετικής Χειραγώγησης (RCGM) ▪ Επιτροπή Αξιολόγησης Γενετικής Μηχανικής (GEAC) ▪ Θεσμικές Επιτροπές (IBSC) ▪ Επιτροπές Συντονισμού Κρατικής Βιοτεχνολογίας (SBCC) and Επιτροπές Περιφερειακού Επιπέδου (DLC)
<p>Ευρωπαϊκή Ένωση</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ευρωπαϊκή Επιτροπή. 28 ΕΕ μέλη κάτω από τον κανονισμό (ΕΚ) 1830/2003 και την οδηγία (ΕΕ) 2001/18 • Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA)



Εικόνα 9. Παγκόσμια επισκόπηση των ρυθμιστικών προσεγγίσεων για τους ΓΤΟ. Με πράσινο οι περιοχές που έχουν δεχτεί θετικά τους ΓΤΟ και τα ρυθμιστικά πλαίσια είναι χαλαρά. Με κίτρινο οι περιοχές που δεν έχουν πάρει επίσημες θέσεις αλλά ερευνούν τις νέες τεχνολογίες και με κόκκινο χρώμα, οι περιοχές που έχουν αυστηρό ρυθμιστικό πλαίσιο, μεταφρασμένη (European Biotechnology, 2019).

2.4 Η επισήμανση και η σημασία της για την ελευθερία επιλογής του καταναλωτή

Η συζήτηση γύρω από τους ΓΤΟ και τις ΓΤ καλλιέργειες καθώς και οι αντιθετικές απόψεις των καταναλωτών αλλά και των διάφορων φορέων, καθιστούν την επισήμανση ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα (ISAAA, 2004; Kamle & Ali, 2013). Οι διεθνείς αρχές θεσπίζουν τις κατευθυντήριες γραμμές για την επισήμανση των ΓΤ καλλιεργειών και των προϊόντων τους οι οποίες αποτελούν σύστημα διατήρησης της ταυτότητας τους. Οι καταναλωτές θα πρέπει να έχουν ελευθερία επιλογής αλλά και να γνωρίζουν ότι το προϊόν έχει κηρυχθεί ασφαλές από τις κατάλληλες αρχές. Επίσης, η επισήμανση βοηθά στην ενίσχυση της παρακολούθησης και της ανίχνευσης ΓΤΟ και ΓΤ τροφίμων (Kalme & Ali, 2013) και καλύπτει ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών των τροφίμων. Σε ορισμένες περιοχές η ετικέτες σήμανσης είναι υποχρεωτικές ενώ πάλι σε άλλες προαιρετικές και οι παραγωγοί τροφίμων, οι μεταποιητές και οι λιανοπωλητές, τις χρησιμοποιούν για τη διαφοροποίηση των προϊόντων. Να σημειωθεί όμως πως η χρήση ετικετών είναι δαπανηρή και έχει επιπτώσεις στο κόστος στην αλυσίδα τροφίμων (McCluskey, Wesseler, & Winfree, 2018). Η ΕΕ καθώς ακολουθεί πιο αυστηρή πολιτική, έχει καθιερώσει την υποχρεωτική επισήμανση ενώ οι ΗΠΑ ψήφισαν νόμο το 2016 με τίτλο «Εθνικό πρότυπο γνωστοποίησης βιομηχανικών τροφίμων» (PL 114-216) που θα τεθεί σε ισχύ στο εγγύς μέλλον. Εν συντομία, ο νόμος απαιτεί από τους κατασκευαστές τροφίμων να τοποθετούν σε περίοπτη θέση στην ετικέτα, την παρουσία βιολογικών συστατικών συμπεριλαμβανομένων των ΓΤΟ. Για παράδειγμα, αναφορά για «γενετικό υλικό που έχει τροποποιηθεί μέσω *in vitro* ανασυνδυασμένου DNA ή που έχει τροποποιηθεί με οποιονδήποτε άλλον τρόπο πέρα της συμβατικής αναπαραγωγής» (GPO, 2016; USDA, 2018). Τα πρότυπα πάντως δεν είναι ομοιογενή μεταξύ των χωρών και των προϊόντων διατροφής και μπορεί να προκαλέσουν διαταραχές στις εθνικές και διεθνείς αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων. Η στάση του οργανισμού FDA όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, θέλει τις ΓΤ καλλιέργειες καθώς και τις μη ΓΤ να είναι ουσιαστικά ισοδύναμες καθιστώντας την επισήμανση εθελοντική (Kalme & Ali, 2013).

Η υποχρεωτική επισήμανση των ΓΤΟ δεν υποστηρίζεται από την επιστήμη καθώς μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη της γεωργικής βιοτεχνολογίας και να εντείνει την λανθασμένη αντίληψη των καταναλωτών. Πάντως ως αμφιλεγόμενο θέμα η επισήμανση, οδήγησε τις ΗΠΑ σε διερεύνηση του ρυθμιστικού συστήματος για τους ΓΤΟ και του

κόστους τους. Οι αναγκαίες αναθεωρήσεις του ρυθμιστικού συστήματος και οι επιστημονικές εξελίξεις αφορούν βέβαια όλες τις χώρες που είναι υπεύθυνες για τον παγκόσμιο εφοδιασμό τροφίμων (Yang & Chen, 2016). Μια τέτοια περίπτωση είναι και η Βραζιλία δεδομένου του ρόλου της στην παραγωγή και εξαγωγή τροφίμων. Το Εθνικό Κογκρέσο της Βραζιλίας πρωτασχολήθηκε με την επισήμανση το 2008 και παρόλες τις αντιγνώμεις, το ζήτημα της επισήμανσης τίθεται μόνο στο πλαίσιο της διαχείρισης κινδύνου. Εάν δηλαδή, η αξιολόγηση κινδύνου δεν εντοπίσει σημαντικό κίνδυνο, δεν απαιτείται και επισήμανση. Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη, μόνο εάν υπάρχει κίνδυνος και παρόλα αυτά εγκριθεί το προϊόν (Borges, Arantes, Fernandes, Broach, & Fernandes, 2018; Yang & Chen, 2016).

Επίσης, το Σύνταγμα της Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Βραζιλίας είναι ο ανώτατος νόμος στη Βραζιλία, αλλά δεν περιέχει τίποτα συγκεκριμένο σχετικά με την επισήμανση των τροφίμων (Borges et al., 2018). Από την άλλη πλευρά, έχει αποδειχθεί πως η επισήμανση είναι ένας από τους βασικούς τρόπους να δοθεί ελευθερία επιλογής στους καταναλωτές αλλά και τρόπος έκφρασης των ανησυχιών τους σχετικά με τις εφαρμογές και τις επιπτώσεις της γεωργικής βιοτεχνολογίας. Η εφαρμογή ετικετών και η σωστή ενημέρωση φέρουν ιδεολογικές ρίζες και αποτελούν κλειδί για τους φόβους αλλά και τις ρυθμιστικές-νομικές επιθυμίες. Τέλος, γεφυρώνεται έτσι το χάσμα μεταξύ των δημόσιων απαιτήσεων και των κυβερνητικών απαντήσεων καθώς και η λεπτή γραμμή μεταξύ καινοτομίας, επιστήμης και δημόσιας ασφάλειας (Herrick, 2005).

3 ΈΡΕΥΝΑ & ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

“It is important to get results from experiments but the most important is the process in getting those results.”

Dr Nik Ahmad Nizam

Η έρευνα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της επιστήμης και είναι αναγκαίο εργαλείο για την εξέλιξή της. Η κοινωνική επιστημονική έρευνα αποτελείται από τεχνικές, διαδικασίες και εργαλεία για την κατανόηση μιας παρούσας συνθήκης. Ένα εργαλείο της είναι και η μελέτη περίπτωσης που αφορά την ανάλυση και παρουσίαση ενός θέματος (Wheeldon & Ahlberg, 2012). Μελέτες περιπτώσεων καλούνται να σκιαγραφήσουν, αιτιολογήσουν ή διερευνήσουν γεγονότα και φαινόμενα στα καθημερινά περιβάλλοντα μέσα στα οποία συμβαίνουν. Σε αντίθεση με τα πειραματικά σχέδια που χρησιμοποιούνται στις επιστήμες και τα οποία επιδιώκουν να δοκιμάσουν μια συγκεκριμένη υπόθεση μέσω σκόπιμου χειρισμού του περιβάλλοντος, οι μελέτες περίπτωσης προσφέρονται για τη συλλογή πληροφοριών και απαντούν λεπτομερώς στις ερωτήσεις «πώς», «τι» και «γιατί» (Crowe et al., 2011). Μελέτες, πειράματα καθώς και μελέτες περίπτωσης για τους ΓΤΟ έχουν αναφερθεί παραπάνω αλλά θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

3.1 Υπόθεση *Golden Rice* και μελέτες περίπτωσης στην *Ασία*.

Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα γενετικά τροποποιημένου φυτού αποτελεί το «Χρυσό Ρύζι» (*Golden Rice*, GR) και αφορά μια ποικιλία ρυζιού που σχεδιάστηκε για να συνθέτει στο ενδοσπέρμιο των σπόρων του, β-καροτένιο την πρόδρομη ένωση της βιταμίνης A (Klug et al., 2016). Το εγχείρημα αυτό παρόλο που στοχεύει στη βελτίωση της διατροφικής κατάστασης των υποσιτισμένων λαών με ανεπάρκεια της βιταμίνης A (vitamin A deficiency, VAD), βρίσκεται ακόμη υπό έρευνα και ανάπτυξη στο Διεθνές Ινστιτούτο Έρευνας Ρυζιού (IRRI) από το 2001, χωρίς να έχει υπάρξει εμπορική απελευθέρωση στους αγρότες. Παρόλα αυτά μια ενδεχόμενη έγκριση, θα φέρει πρώτους

τους Φιλιππινέζους αγρότες με την καλλιέργεια του (Glover, Kim, & Stone, 2020). Η έλλειψη βιταμίνης Α αποτελεί σοβαρό πρόβλημα υγείας σε πάνω από 60 χώρες της Ασίας και της Αφρικής. Παγκοσμίως χιλιάδες παιδιά χάνουν την όρασή τους λόγω της έλλειψης και οδηγούνται στη συνέχεια στο θάνατο. Η βιταμίνη Α στον οργανισμό είναι απαραίτητη για την σωστή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και την πρόληψη σοβαρών λοιμώξεων και διάφορων άλλων παθολογικών καταστάσεων. Συναντάται φυσιολογικά σε γαλακτοκομικά προϊόντα, φρούτα και λαχανικά όμως στις φτωχές χώρες οι άνθρωποι τρέφονται κυρίως με αμυλούχες τροφές και κυρίως το ρύζι που είναι φτωχό σε περιεκτικότητα (Klug et al., 2016).

Η ιδέα της ενίσχυσης ποικιλίας ρυζιού με β-καροτένιο ξεκίνησε τη δεκαετία του '90 με πρωτοπόρους τους Ingo Potrykus και Peter Beyer. Από τότε μέχρι σήμερα διερευνάται συνεχώς η ασφάλεια του GR για ανθρώπινη κατανάλωση (Baranski, 2013; Dawe & Unnevehr, 2007). Το Διεθνές Ινστιτούτο Έρευνας IRRI σε δημοσίευσή το 2018, ανακοίνωσε ότι το GR2E Golden Rice, ποικιλία ρυζιού προβιταμίνης-Α βιολογικά ενισχυμένη, έχει δεχθεί επίσημα τρεις θετικές αξιολογήσεις για την ασφάλεια του ως τρόφιμο από την Υπηρεσία των ΗΠΑ, FDA (Μάιο 2018), την Υπηρεσία της Αυστραλίας, FSANZ (Φεβρουάριο, 2018) και την Health Canada (Μάρτιο, 2018). Ουσιαστικά, υπήρξε συμφωνία της FDA με την αξιολόγηση της IRRI για την διατροφική αξία του προϊόντος και την ασφάλεια, η οποία διευκρίνιζε πως το GR «βρέθηκε να είναι εξίσου ασφαλές με το συμβατικό ρύζι» και άρα ασφαλές για χρήση ως τρόφιμο ή ζωοτροφή (IRRI, 2018). Μεταξύ άλλων η IRRI ενημέρωσε την FDA πως παρόλο που το συγκεκριμένο προϊόν δεν προορίζεται επί του παρόντος για καλλιέργεια ή εμπορία στις ΗΠΑ, είναι πιθανό προϊόντα διατροφής για ανθρώπους και ζώα που προέρχονται από ρύζι GR2E να εισέλθουν στην αλυσίδα τροφίμων στις ΗΠΑ εξαιτίας των εισαγωγών από χώρες παραγωγής (FDA, 2018; IRRI, 2018).

Σύμφωνα με τους Zimmerman & Quaim (2004), έρευνες του Ινστιτούτο Ερευνών Τροφίμων και Διατροφής στις Φιλιππίνες (FNRI) έδειξαν πως η τυπική Φιλιππινέζικη διατροφή περιλαμβάνει ρύζι, βραστά ψάρια ή κρέας και λίγα λαχανικά. Οι ευάλωτες ομάδες, όπως παιδιά προσχολικής ηλικίας, έγκυες και θηλάζουσες γυναίκες συνήθως καλύπτουν μέχρι και το 70% των ενεργειακών τους αναγκών με αυτή τη διατροφή. Παρόλα αυτά υπάρχουν ελλείψεις μικροθρεπτικών στοιχείων όπως και έλλειψη βιταμίνης Α (VAD) και θεωρούνται σημαντικό πρόβλημα το οποίο αφορά ένα μεγάλο

ποσοστό του πληθυσμού. Από το 1990 η κυβέρνηση των Φιλιππίνων ενθάρρυνε διάφορες παρεμβάσεις όπως τη διανομή κάψουλας βιταμίνης Α, τον εμπλουτισμό της μαργαρίνης κ.α. με θετικά αποτελέσματα μεν, όχι όμως πλήρη κάλυψη των διατροφικών αναγκών. Η μελέτη αυτή, αποτέλεσε σημαντικό εύρημα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το GR θα μπορούσε να αποτρέψει μεγάλο αριθμό απωλειών ζωής. Το υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας αφορούσε τα παιδιά. Από την άλλη πλευρά, η χρήση του GR δεν φάνηκε να εξαλείφει τελείως τα προβλήματα της VAD αλλά θεωρήθηκε ως σημαντικό συμπλήρωμα διατροφής και βιταμίνης Α. Η χρήση του GR από τη μια μπορεί να αμβλύνει το πρόβλημα της έλλειψης αλλά και να διαφημίσει τη λειτουργία της τεχνολογίας δημιουργίας του προϊόντος. Αν και αυτό σημειώνεται ως σημαντικό κέρδος, το GR δεν θα εξαλείψει από μόνο του την απουσία βιταμίνης Α και το αντίστοιχο κόστος στην υγεία. Οι ελλείψεις μικροθρεπτικών συστατικών προκλείονται από ένα πολυσύνθετο μωσαϊκό οικονομικών, κοινωνικών και πολιτιστικών παραγόντων, και κατά συνέπεια δεν μπορεί μια τεχνολογική προσέγγιση να θεωρηθεί ως μαγικό ραβδί (Zimmermann & Qaim, 2004).

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και στη μελέτη των Swamy et al. (2019) κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις σε δείγματα κόκκων ρυζιού, αχύρου και πίτουρου που προήλθαν από διαγονιδιακό χρυσό ρύζι (GR2E) και σχεδόν-ισογονικό ρύζι (PSBRc82), δηλαδή, σχεδόν πανομοιότυπο γενετικά με άγρια ποικιλία αλλά διαφορετικό σε ένα χαρακτηριστικό. Τα δείγματα καλλιεργήθηκαν σε τέσσερις τοποθεσίες στις Φιλιππίνες στο μεσοδιάστημα 2015-2016. Τα δείγματα κόκκων αναλύθηκαν για βασικά θρεπτικά συστατικά. Πιο αναλυτικά, ίνες, πολυσακχαρίτες, λιπαρά οξέα, αμινοξέα, ανόργανα συστατικά, βιταμίνες, θρεπτικές ουσίες και μέταλλα. Σε όλα τα παραπάνω φάνηκε να μην υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων σύγκρισης, είτε βρίσκονταν σε ίδιο επίπεδο είτε δεν ανιχνεύονταν σε όλες τις περιπτώσεις. Η μοναδική και κύρια διαφορά μεταξύ των κόκκων του GR2E και του PSBRc82, ήταν στα επίπεδα β-καροτενίου και άλλων καροτενοειδών. Εκτός από αυτό το στοιχείο, όλοι οι άλλοι παράμετροι σύστασης του ρυζιού GR2E ήταν εντός του εύρους της φυσικής μεταβλητότητας αυτών των συστατικών όπως και στις συμβατικές ποικιλίες ρυζιού για ασφαλή κατανάλωση. Τέλος, προκύπτει πως οι μέσες συγκεντρώσεις προβιταμίνης Α στο αλεσμένο ρύζι GR2E, μπορούν να συνεισφέρουν έως και 89–113% και 57–99% της εκτιμώμενης μέσης απαίτησης σε βιταμίνη, για παιδιά προσχολικής ηλικίας στο

Μπαγκλαντές και τις Φιλιππίνες αντίστοιχα. Απαιτούνται όμως πρόσθετες δοκιμές και μελέτες για την βιολογική του αποτελεσματικότητα και μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο μετά την κανονιστική έγκριση του GR2E (Swamy et al., 2019).

Μόλις το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Δασών και Κλιματικής Αλλαγής του Μπαγκλαντές ολοκληρώσει την αναθεώρησή του για το GR και εγκριθεί από έναν οργανισμό πιστοποίησης σπόρων του Υπουργείου Γεωργίας, η υιοθέτηση του προϊόντος είναι βέβαιη από τους αγρότες στο Μπαγκλαντές αλλά και σε άλλες Ασιατικές περιοχές. Οι ΓΤ σπόροι ρυζιού μπορούν να είναι διαθέσιμοι το 2021 εφόσον όλα κυλήσουν ομαλά (Stokstad, 2019).

3.2 Μελέτες και πειράματα για τους ΓΤΟ. Επιδράσεις στο περιβάλλον, τα ζώα και τον άνθρωπο

Η ριζόσφαιρα αποτελεί ένα πολύ σημαντικό περιβάλλον όπου αλληλεπιδράσεις φυτών-μικροβίων καθορίζουν τη μικροβιακή ανάπτυξη. Οι μικροοργανισμοί συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυτών μέσω διάφορων δραστηριοτήτων όπως η κινητοποίηση θρεπτικών ουσιών, ο έλεγχος των φυτοπαθογόνων και η παραγωγή ή διαμόρφωση φυτοορμονών. Τα φυτά με τη σειρά τους, μπορούν να ρυθμίσουν τη δομή, τη δραστηριότητα και την ποικιλομορφία των μικροοργανισμών του εδάφους (Bhattacharyya & Jha, 2012; Corneo, Suenaga, Kertesz, & Dijkstra, 2016). Παρακάτω παρουσιάζονται μελέτες που αφορούν την επίδραση των ΓΤ ποικιλιών στη ριζόσφαιρα και τους μικροοργανισμούς (πίνακας 3).

A) Οι Breura & Rakshit (2013), διεξήγαγαν μελέτη για να εκτιμηθεί ο πιθανός κίνδυνος των διαγονιδίων στο εδαφικό οικοσύστημα. Πιο συγκεκριμένα, για να εκτιμηθεί η επιρροή ΓΤ ποικιλίας βαμβακιού στην ενζυματική δραστηριότητα των διάφορων τύπων εδαφών, διεργασίες όπως η δραστηριότητα της φωσφατάσης (phosphatase), της αφυδρογονάσης (Dehydrogenase) και η αναπνοή (respiration). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου του 2010 (Ιούλιος-Δεκέμβριος) στο Ινστιτούτο Γεωργικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Hindu Banaras, σε τρεις κατηγορίες εδάφους. Η συγκεκριμένη μελέτη αφορούσε ένα πείραμα με έναν πλήρως τυχαίο σχεδιασμό τριών επαναλήψεων όπου το ΓΤ βαμβάκι Bt και η μη διαγονιδιακή ποικιλία αναπτύχθηκαν μέχρι την ωρίμανση τους σε περιοχές της Ινδίας.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος διατηρήθηκε και πειραματικό τεμάχιο χωρίς καλλιέργεια και για τις τρεις κατηγορίες εδάφους. Τα δείγματα που πάρθηκαν ήταν όλα από περιοχή με δείκτη ελλείματος υγρασίας (Soil Moisture Deficit Index, SMDI) μεταξύ 20-40 % σε εδαφικό βάθος δειγμάτων 0-18 εκ. (Ο SMDI χρησιμοποιείται ως δείκτης ξηρασίας και είναι το αποτέλεσμα της διαφοράς της ποσότητας του νερού που υπάρχει στο έδαφος και της ποσότητας νερού που αυτό μπορεί να κρατήσει (AMS, 2012)). Τέλος, το χώμα που χρησιμοποιήθηκε ξηράνθηκε στον αέρα, αλέσθηκε, κοσκινίστηκε και κατόπιν αποθηκεύτηκε σε πλαστικές σακούλες και στη συνέχεια ακολούθησε ο προσδιορισμός του pH, της μηχανικής σύστασης, της ικανότητας συγκράτησης υγρασίας και της περιεκτικότητας σε στοιχεία όπως C, N, P, K, Zn. Τα δεδομένα που ελήφθησαν από την παρατήρηση αναλύθηκαν στατιστικά. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν έδειξαν σημαντική διαφορά στην ενζυμική δραστηριότητα του εδάφους μεταξύ της ΓΤ ποικιλίας και της μη ΓΤ. Το δείγμα εδάφους στο οποίο καλλιεργήθηκε ΓΤ καλλιέργεια βαμβακιού είχε σημαντικά υψηλότερη δραστηριότητα φωσφατάσης από ότι το δείγμα από συμβατική καλλιέργεια ή το δείγμα χωρίς καλλιέργεια, σε τρία στάδια ανάπτυξης. Το συμπέρασμα ήταν σύμφωνο και με τους Sun et al. (2007). Η επίδραση της ΓΤ καλλιέργειας φάνηκε να είναι σημαντική καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Η τιμή της δραστηριότητας της αλκαλικής φωσφατάσης μειώθηκε καθώς προχώρησε η ανάπτυξη της καλλιέργειας. Η αλκαλική φωσφατάση συνδέεται με το pH του εδάφους και τους μικροοργανισμούς (Beura & Rakshit, 2013; Sun, Chen, Wu, Zhou, & Shimizu, 2007).

Από την άλλη πλευρά, βάση των αποτελεσμάτων υπήρξε σημαντική μείωση (9,4%) της δραστηριότητας της αφυδρογονάσης στη ριζόσφαιρα του δείγματος με Bt καλλιέργεια βαμβακιού συγκριτικά με τη συμβατικής. Αυτό το αποτέλεσμα σύμφωνα με τους συγγραφείς έρχεται σε ταύτιση με το αποτέλεσμα των Sarkar et al. (2008) που έδειξε τη μείωση της δραστηριότητας της αφυδρογονάσης σε Bt-διαγονιδιακές καλλιέργειες ρυζιού στην Κίνα. Η αφυδρογονάση αποτελεί δείκτη γενικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών του εδάφους και της βιολογικής αξιολόγησης των βιοχημικών διεργασιών του εδάφους. Προσδίδει την οξειδωτική δράση ή την ένταση του μεταβολισμού της μικροχλωρίδας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης μικροβιακής δραστηριότητας των εδαφικών πληθυσμών. Η μειωμένη δραστηριότητα αφυδρογονάσης, δείχνει την πιθανή αποχή οργανισμών από τις μεταβολικές

δραστηριότητες του εδάφους. Αυτό μπορεί να προκύπτει από δυσμενείς συνθήκες στη ριζόσφαιρα του εδάφους με Bt καλλιέργεια βαμβακιού ή λόγω της αρνητικής επίδρασης των Bt-τοξινών σε ορισμένες μικροβιακές ομάδες, οι οποίες μπορεί να καθυστερούν τις μεταβολικές δραστηριότητες (Ebhin Masto, Chhonkar, Singh, & Patra, 2006). Τέλος, τα αποτελέσματα της μελέτης των Beura & Rakshit (2013), έδειξαν και μείωση στην αναπνοή του εδάφους (5%) στη ριζόσφαιρα στα δείγματα με καλλιέργεια Bt Βαμβακιού έναντι της συμβατικής. Αυτό προέκυψε είτε εξαιτίας του λόγου C:N είτε της αναλογίας λιγνίνης/N και του ολικού οργανικού C των δειγμάτων με ΓΤ βαμβάκι. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η καλλιέργεια Bt βαμβακιού περιόρισε τη διαθεσιμότητα του N στο έδαφος αλλά ενίσχυσε τη διαθεσιμότητα του P στα συγκεκριμένα εδαφικά δείγματα (Beura & Rakshit, 2013; Ebhin Masto et al., 2006; Sarkar, Patra, & Purakayastha, 2008).

B) Οι μικροοργανισμοί του εδάφους παίζουν σημαντικό ρόλο σε ένα οικοσύστημα. Η μελέτη των Ibarra et al., (2020) αφορούσε τη διερεύνηση της ποικιλομορφίας της βακτηριακής κοινότητας του εδάφους γύρω από τη ρίζα ΓΤ ποικιλίας καλαμποκιού ανθεκτική στην ξηρασία, που έφερε το γονίδιο που κωδικοποιεί τον παράγοντα μεταγραφής Hahb-4 του ηλίανθου (*Helianthus annuus* L.). Αναλύθηκε η ποικιλομορφία των βακτηρίων με προσδιορισμό αλληλουχίας με αμπλικόνιο του γονιδίου 16S Rna, σε ένα πείραμα υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Το χώμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν από δύο γεωργικές περιοχές στην Αργεντινή (Río Cuarto και Inés Indart), με διαφορετικές κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες και δύο καθεστώτα άρδευσης (30% και 100% της χωρητικότητας του εδάφους). Και οι δύο περιπτώσεις δειγμάτων αφορούσαν καλλιέργεια καλαμποκιού. Στη μια περίπτωση ΓΤ ποικιλία καλαμποκιού με χαρακτηριστικό ανθεκτικότητας στην ξηρασία και στην άλλη, ποικιλία καλαμποκιού άγριου τύπου. Οι σπόροι καλαμποκιού που χρησιμοποιήθηκαν απολυμάνθηκαν επιφανειακά και στη συνέχεια προ-βλάστησαν ώστε να ληφθεί μια ομοιογενής παρτίδα φυτών. Ομοιογενοποιημένο έδαφος 1500g (ξηρό βάρος) και βάθους 0-20 cm, τοποθετήθηκε σε γλάστρες χωρητικότητας 3L και παρασκευάστηκαν τρία δοχεία (αντίγραφα) για κάθε περίπτωση καθώς το πείραμα διεξήχθη σε θάλαμο ανάπτυξης (15 ώρες φως / 9 ώρες σκοτάδι, 25-30 ° C) για 60 ημέρες, προτού τα φυτά φτάσουν στο αναπαραγωγικό στάδιο. Στο τέλος κατά τη συλλογή δεδομένων, τα φυτά αποτεφρώθηκαν. Την εξηκοστή μέρα από την έναρξη του πειράματος, το έδαφος που συσχετίστηκε με τις ρίζες συλλέχθηκε

για εκχύλιση DNA. Επίσης, συλλέχθηκαν ρίζες καλαμποκιού από κάθε γλάστρα για την εκτίμηση της μυκορριζικής κατάστασης των φυτών, συγκεκριμένα για την αξιολόγηση της παρουσίας και της έντασης του αποικισμού των ενδότροφων μυκκώριζων (Arbuscular Mycorrhiza, AM). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως τα εδάφη στην ημί-υγρή περιοχή Rio Cuarto (RC) είχαν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες και έλαβαν χαμηλότερες βροχοπτώσεις σε αντίθεση με τα δείγματα από τα εδάφη στην υγρή κλιματικά περιοχή Ines Indart (II). Ακόμη, η χωρητικότητα εδάφους (Soil Field Capacity, SFC) και των δύο εδαφών παρουσιάστηκε κάπως διαφορετική ($32 \pm 1\%$ w/w για τα RC και $35 \pm 2\%$ w/w για τα II). Και στις δυο περιπτώσεις καλλιέργειας (ΓΤ και άγριου τύπου), σε κάθε δείγμα εδάφους στο θάλαμο καλλιέργειας υπό ελεγχόμενες συνθήκες, φάνηκαν σημαντικές διαφορές στη συνολική βιομάζα. Τα φυτά άγριου τύπου ύστερα από καταπόνηση εξαιτίας της ξηρασίας, παρουσίασαν σημαντική μείωση της βιομάζας και στα δύο εδάφη (RC & II) σε σχέση με τα ΓΤ. Δεν ήταν ίδια τα αποτελέσματα όμως για τα δείγματα στις γλάστρες με έδαφος II, υποδεικνύοντας ότι τα ΓΤ φυτά στο τελευταίο είδος εδάφους είχαν καλή ανάπτυξη παρά την καταπόνηση από την ξηρασία (Ibarra, Colombo, Godeas, & López, 2020).

Επιπλέον, ο αποικισμός μυκήτων AM αναλύθηκε στις ρίζες των ΓΤ και άγριου τύπου φυτών που αναπτύχθηκαν και στα δύο εδάφη. Οι ρίζες των ΓΤ δειγμάτων περιείχαν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των δομών σε σύγκριση με τις ρίζες των άγριου τύπου δειγμάτων, κάτι που σύμφωνα με τους συγγραφείς υποστηρίζεται και από τους Colombo et al., (2017). Η συχνότητα αποικισμού ήταν επίσης σημαντική σε κάθε περίπτωση και οι τιμές έντασης ήταν μεγαλύτερες στα εδάφη II. Ακόμη, και στα δύο εδάφη η ικανότητα των κοινοτήτων να δημιουργούν μυκορριζική συμβίωση δεν επηρεάστηκε από τα ΓΤ φυτά ή από την κατάσταση ξηρασίας και αυτό θεωρείται ως δείκτης καλής φυσιολογικής κατάστασης των φυτών. Ακόμη διαπιστώθηκε πως τα περισσότερα γένη βακτηρίων επηρεάστηκαν από το επίπεδο υγρασίας στα εδάφη RC παρά στα εδάφη II. Συμπερασματικά, υπό τις παραπάνω συνθήκες, η ΓΤ περίπτωση αραβοσίτου που μελετήθηκε δεν επηρέασε την βακτηριακή ποικιλομορφία στα διάφορα καθεστώτα άρδευσης, σε σύγκριση πάντα με την άγριου τύπου καλλιέργεια καλαμποκιού. Οι επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν είχαν μικρότερη επίδραση στη βακτηριακή κοινότητα των εδαφών II από εκείνες των εδαφών RC. Συμπερασματικά στα αποτελέσματα φάνηκε ότι η ΓΤ ποικιλία αραβόσιτου με ανθεκτικότητα στην ξηρασία

που αξιολογήθηκε και παρουσιάστηκε παραπάνω, έχει μικρό ή καθόλου αρνητικό αντίκτυπο στη σχετιζόμενη με τη ρίζα βακτηριακή κοινότητα (Colombo et al., 2017).

Καθώς πολλοί μικροοργανισμοί του εδάφους αποτελούν βασικό μέρος του οικοσυστήματος όπως οι AM που είναι βασικοί συμβιωτικοί μικροοργανισμοί και συμβάλουν στη διατροφή των φυτών, μέλημα των επιστημών αποτελεί η διατήρησή τους στα επιθυμητά επίπεδα και η αξιολόγηση των αιτιών διαταραχής των κοινοτήτων. Σημαντική αιτία-απειλή διαταραχής βιότοπων, μυκοριζικών συμβιώσεων και ευεργετικών μικροοργανισμών αποτελούν τα υπολείμματα των φυτοφαρμάκων (Rivera-Becerril et al., 2017). Παρόλο που αποτελεί σημαντικό εργαλείο στη γεωργία και σε άλλες βιομηχανίες, τα φυτοφάρμακα συνδέονται συχνά με κινδύνους για την υγεία του εδάφους, τη λειτουργία του οικοσυστήματος και την ανθρώπινη ασφάλεια καθώς έχουν την ικανότητα να ξεφεύγουν από τις καθορισμένες περιοχές χρήσης τους και να επιμολύνουν το ευρύτερο περιβάλλον (Bergmann, 2019). Η σύγχρονη τεχνολογία της γενετικής μηχανικής μπορεί να αποτελέσει λύση στα παραπάνω προβλήματα και αυτό φαίνεται παρακάτω στα αποτελέσματα μακροχρόνιων μελετών που διήρκεσαν 20 χρόνια. Οι μελέτες επικεντρώθηκαν στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση ΓΤ καλλιεργειών που συνδέονται με τις αλλαγές στη χρήση φυτοφαρμάκων αλλά και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Brookes & Barfoot, 2018).

Γ) Σύμφωνα με τους Brookes & Barfoot (2018), πραγματοποιήθηκαν μελέτες για τις επιπτώσεις των ΓΤ καλλιεργειών στο περιβάλλον από το 1996 έως το 2016. Τα αποτελέσματα αφορούσαν τη χρήση σκευασμάτων, τις αλλαγές στην ποσότητα εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν στις γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες σε σχέση με τις συμβατικές αλλά και τη συμβολή των ΓΤ καλλιεργειών στη μείωση των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas, GHG). Η μεθοδολογία και η προσέγγιση στην μελέτη που παρουσιάστηκε εν έτη 2018 ήταν ίδια και αμετάβλητη με τη μεθοδολογία και προσέγγιση του θέματος των προηγούμενων μελετών των συγγραφέων, όλα τα προηγούμενα έτη έτσι ώστε να επιτρέπει άμεση σύγκριση των νέων δεδομένων με τα προηγούμενα. Ο στόχος των πολύχρονων αυτών μελετών ήταν κυρίως η ακριβής ενημέρωση για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Έτσι, ο βασικός αντίκτυπος των ΓΤ καλλιεργειών ανθεκτικών σε ζιζανιοκτόνο (Herbicide Tolerance, HT), κυρίως γλυφοσάτη, ήταν η αλλαγή του προφίλ των ζιζανιοκτόνων που

εφαρμόζονταν μέχρι τότε. Ένα ευρύ φάσμα εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων (στόχος τους συγκεκριμένα είδη) αντικαταστάθηκαν με ένα ή δύο ζιζανιοκτόνα ευρέος φάσματος (στόχος πολλά είδη) που χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό ή όχι, με άλλα συμπληρωματικά ζιζανιοκτόνα. Ως αποτέλεσμα, η συνολική μείωση του όγκου των χρησιμοποιούμενων ζιζανιοκτόνων και των σχετικών τιμών του δείκτη μέτρησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των φυτοφαρμάκων (Environment Impact Quotient, EIQ) (Kovach, Petzoldt, Degnil, & Tette, 1992) σε σύγκριση με τη χρήση μη ΓΤ καλλιεργειών.

Σε ορισμένες χώρες όμως, η μέση ποσότητα δραστικού συστατικού ζιζανιοκτόνου που εφαρμόστηκε σε ΓΤ ΗΤ καλλιέργειες φαίνεται να αυξήθηκε παρόλο που το περιβαλλοντικό προφίλ των ΓΤ καλλιεργειών ήταν καλύτερο από εκείνο των συμβατικών. Ακόμη, σε περιοχές που αναπτύχθηκαν οι ΓΤ ΗΤ καλλιέργειες με ανοχή στη γλυφosatη, παρατηρήθηκαν περιστατικά ζιζανίων ανθεκτικών στην γλυφosatη επειδή το συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο χρησιμοποιήθηκε ως μοναδική μέθοδος με αποτέλεσμα την εξέλιξη ανθεκτικών ατόμων σε πληθυσμούς ζιζανίων. Για αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια γίνεται αλλαγή στη χρήση του συγκεκριμένου ζιζανιοκτόνου ή εφαρμόζεται λιγότερο ή σε συνδυασμό με άλλα ζιζανιοκτόνα ή γεωργικές πρακτικές (π.χ. όργωμα). Η αλλαγή στη χρήση των ζιζανιοκτόνων σε καλλιέργειες ΓΤ ΗΤ σόγιας, κατέδειξε μια ελάχιστη καθαρή αύξηση της ποσότητας του δραστικού συστατικού του ζιζανιοκτόνου (+ 0,4%), που ισοδυναμεί με περίπου 13 εκατ. kg περισσότερο δραστικού συστατικού που εφαρμόστηκε σε αυτές τις καλλιέργειες, συγκριτικά με τις συμβατικές. Ωστόσο, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως μετρήθηκαν από τον δείκτη EIQ, βελτιώθηκαν κατά 13,4% λόγω της αυξημένης χρήσης πιο φιλικών για το περιβάλλον ζιζανιοκτόνων.

Σε ορισμένες χώρες βέβαια φάνηκε να μειώνεται η καθαρή ποσότητα δραστικής ουσίας και να βελτιώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις βάσει του δείκτη EIQ. Ακόμη, η υιοθέτηση ΓΤ ΗΤ αραβοσίτου είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του όγκου της χρήσης δραστικών συστατικών ζιζανιοκτόνων (-239 εκατομμύρια kg) και βελτίωση των σχετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, μεταξύ 1996 και 2016. Καθαρή μείωση στη χρήση δραστικών συστατικών ζιζανιοκτόνων έδειξε και η υιοθέτηση ΓΤ ΗΤ ποικιλίας βαμβακιού (περίπου 29,1 εκατ. kg) κατά την περίοδο 1996-2016. Αυτό αποτέλεσε μείωση κατά 8,2% στη χρήση αλλά και μια καθαρή περιβαλλοντική βελτίωση κατά

16,6%. Επίσης η καλλιέργεια ΓΤ ΗΤ ποικιλίας Κάνολας αλλά και ζαχαρότευτλων φαίνεται να συνέβαλαν στην καθαρή μείωση της ποσότητας του δραστικού συστατικού ζιζανιοκτόνου αλλά στη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ο κύριος όμως τρόπος με τον οποίο οι τεχνολογίες της γενετικής μηχανικής επηρέασαν το περιβάλλον, ήταν μέσω των ΓΤ ποικιλιών με ανθεκτικότητα σε έντομα (Insect Resistant, IR) και της μείωσης της χρήσης εντομοκτόνων. Με την εφαρμογή ΓΤ IR ποικιλιών αντικαταστάθηκε η χρήση επιβλαβών εντομοκτόνων. Ένα σημαντικό παράδειγμα αποτελεί το βαμβάκι που παραδοσιακά απαιτούσε εντατικές επεμβάσεις εντομοκτόνων για τον έλεγχο των παρασίτων. Στον αραβόσιτο από την άλλη, η εξοικονόμηση εντομοκτόνων ουσιών ήταν μικρότερη. Η παγκόσμια εξοικονόμηση εντομοκτόνων από τη χρήση ΓΤ IR αραβοσίτου και βαμβακιού το 2016 ήταν 8,7 εκατομμύρια kg για τον αραβόσιτο και 18,9 εκατομμύρια kg για το βαμβάκι, βελτιώνοντας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις βάσει του δείκτη EIQ. Αθροιστικά από το 1996, η μείωση δραστικών συστατικών εντομοκτόνων ανήλθε στα 92,1 εκατ. kg για τον αραβόσιτο και 288 εκατ. κιλά για το βαμβάκι.

Τέλος, η εφαρμογή λιγότερων ψεκασμών εντομοκτόνων σε καλλιέργειες ΓΤ αραβόσιτου και βαμβακιού, οδήγησε στην εξοικονόμηση καυσίμου και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Το 2016, αυτό ισοδυναμούσε με εξοικονόμηση 2.945 εκατ. kg διοξειδίου του άνθρακα, που προέκυψε από τη μειωμένη χρήση καυσίμου 1,3 εκατ. λίτρα. Κάτι που ισοδυναμούσε με 1,8 εκατ. αυτοκινήτων εκτός δρόμου για ένα χρόνο. Βέβαια να σημειωθεί πως οι μεγαλύτερες μειώσεις σε CO₂ οφείλονταν στη χρήση της ΓΤ ΗΤ σόγιας και στις μειωμένες καλλιεργητικές πρακτικές (65% εξοικονόμησης το 1996-2016 στη Ν. Αφρική).

Δ) Σύμφωνα με τους Zhang et al. (2019), πραγματοποιήθηκε μελέτη για να συγκρίνει την απόδοση της ανάπτυξης, την πέψη και τις θρεπτικές ουσίες καθώς και την ποιότητα του κρέατος ζώων παραγωγής που τράφηκαν με ΓΤΟ και μη ΓΤΟ τροφές. Συνολικά 840 κοτόπουλα με αρχικό σωματικό βάρος 43,03g ανά νεοσσό, κατανεμήθηκαν τυχαία σε 1 από τις 2 ακόλουθες διατροφικές επεμβάσεις/δίαιτες για 32 ημέρες. Η πρώτη διαίτα Trt 1 με τροφή που είχε ως βάση ΓΤ σόγια και αραβόσιτο και η δεύτερη Trt 2, διαίτα με βάση μη ΓΤ σόγια και αραβόσιτο. Πραγματοποιήθηκε ποιοτική ανάλυση ΓΤ, εγγύς ανάλυση (για την περιεκτικότητα σε πτητικές ύλες, υγρασία, τέφρα

κ.α.) (Fletcher, 2017) και ανάλυση αμινοξέων των δειγμάτων. Δείγματα ΓΤ αραβόσιτου και σόγιας εστάλησαν σε ανεξάρτητο εργαστήριο (Kogenebiotech Co., LTD) για ανάλυση. Η ποιοτική ανάλυση του ΓΤ αραβόσιτου και της ΓΤ σόγιας, πραγματοποιήθηκε με αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR). Η απόδοση ανάπτυξης μετρήθηκε τις ημέρες 0, 7, 17 και 32 καθώς και όλα τα άλλα κριτήρια απόκρισης μετρήθηκαν την ημέρα 32. Όλα τα δείγματα χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της αύξησης του σωματικού βάρους και του δείκτη μετατροπής αναλογίας τροφής (Feed Conversion Ratio, FCR). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι συνολικά η Λυσίνη (Lys), η Μεθειονίνη (Met) και η Θρεονίνη (Thr) των μη ΓΤ σπόρων ήταν χαμηλότερες από εκείνες των ΓΤ σπόρων και στις δύο περιπτώσεις (σόγια και αραβόσιτο). Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη της ΓΤ σόγιας ήταν υψηλότερη από εκείνη της μη ΓΤ σόγιας, ενώ στον αραβόσιτο το αντίθετο, ήταν υψηλότερη κατά 1,7% στην μη ΓΤ ποικιλία. Οι δείκτες πρόσληψης τροφής (Feed Intake, FI) και μετατροπής αναλογίας τροφής (Feed Conversion Ratio, FCR) αντίστοιχα, ήταν μεγαλύτεροι στα κοτόπουλα που τράφηκαν χωρίς ΓΤ δίαιτα από εκείνα που τράφηκαν με ΓΤ, από την 17η έως την 32η ημέρα. Μία μείωση της FCR παρατηρήθηκε όταν τα πουλιά τράφηκαν με τη ΓΤ δίαιτα καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Τέλος, δεν βρέθηκαν σημαντικές επιπτώσεις στο προφίλ του αίματος, στην ποιότητα του κρέατος και στην απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου, όπως και ο μεταβολισμός των πρωτεϊνών και των αμινοξέων δεν έδειξε να επηρεάστηκε. Η δίαιτα χωρίς ΓΤ τροφή είχε αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των ζωντανών. Όχι όμως στην απορρόφηση θρεπτικών ουσιών, στο προφίλ αίματος, στο βάρος του σφαγίου και στην ποιότητα του κρέατος (S. Zhang et al., 2019).

Ε) Οι Krueger et al. (2014), παρουσίασαν μελέτη για τα υπολείμματα της γλυφοσάτης σε ούρα και σε διάφορα όργανα αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, σε ούρα λαγών, κουνελιών και ανθρώπων που είχαν εκτεθεί σε ΓΤ καλλιέργειες καθώς επίσης και σε όργανα σφαγμένων βοοειδών. Τα δείγματα ιστών αλέστηκαν σε μικρά κομμάτια και αραιώθηκαν με αποσταγμένο νερό για τη συσχέτιση με την ικανότητα συγκράτησης νερού. Τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 100° C για 10 λεπτά, ομογενοποιήθηκαν και καταψύχθηκαν στους -80° C για 8 ώρες. Αποψύχθηκαν προσεκτικά στους 40° C και φυγοκεντρήθηκαν. Περάστηκαν από φίλτρο και στη συνέχεια αφαιρέθηκαν πρωτεΐνες και πεπτίδια. Τα διηθήματα φυγοκεντρήθηκαν και δοκιμάστηκαν στη γλυφοσάτη

χρησιμοποιώντας την ELISA σύμφωνα με το πρωτόκολλο του παρασκευαστή σε συνδυασμό με την αέρια χρωματογραφία-φασματοσκοπία μάζας (GC-MS). Ως αποτέλεσμα, οι συντελεστές μεταξύ ELISA και GC-MS ήταν 0,96, 0,87, 0,97 και 0,96 για τα ούρα και τα όργανα βοοειδών, ανθρώπων και κουνελιών, αντίστοιχα. Το ποσοστό ανάκτησης της γλυφοσάτης σε εμπλουτισμένο κρέας βάση ELISA ήταν 91%. Η απέκκριση της δραστικής ουσίας σε γερμανικές αγελάδες γαλακτοπαραγωγής ήταν αξιοσημείωτα λιγότερες από τις αγελάδες Δανίας. Οι αγελάδες που αναπτύχθηκαν σε περιοχή ελεύθερη από ΓΤ καλλιέργειες είχαν σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις γλυφοσάτης στα ούρα. Επίσης, η ουσία ανιχνεύτηκε σε διαφορετικά όργανα σφαγμένων αγελάδων όπως έντερο, συκώτι, μύες, σπλήνα και νεφρά, χωρίς να υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα υπολείμματα δραστικής ουσίας. Τα κουνέλια πάχυνσης παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερα υπολείμματα γλυφοσάτης στα ούρα από τους λαγούς. Επιπλέον, η δραστική ουσία ήταν σημαντικά υψηλότερη στα ούρα ανθρώπων με συμβατική σίτιση (ΓΤ τροφές ή με ΓΤΟ συστατικά αλλά και άλλες μη ΓΤ) από τα ούρα αυτών που τράφηκαν καθαρά με οργανική τροφή χωρίς ΓΤΟ. Επιπροσθέτως, οι χρόνια άρρωστοι άνθρωποι εμφάνισαν κατά πολύ υψηλότερα υπολείμματα γλυφοσάτης στα ούρα από ό,τι ο υγιής πληθυσμός. Η παρουσία υπολειμμάτων γλυφοσάτης τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα θα μπορούσε να κρύβει πολλούς κινδύνους για την υγεία τους και είναι δικαιολογημένη η παγκόσμια ανασφάλεια (Kruenger et al., 2014). Σύμφωνα με τους Szekacs & Darvas (2012), τα υπολείμματα γλυφοσάτης δεν αφαιρούνται με το πλύσιμο ή το μαγείρεμα και μπορούν να παραμείνουν σταθερά στα τρόφιμα για ένα ή παραπάνω έτη.

Συνοπτικά μελέτες:

ΣΤ) Οι Frank et al. (2012), εφάρμοσαν μια προσέγγιση metabolomics που βασίζεται στη χρωματογραφία αερίου - φασματομετρία μάζας (GC-MS) και εφαρμόστηκε για να ερευνηθεί το προφίλ μεταβολιτών των ΓΤ ποικιλιών, Bt-αραβοσίτου και Roundup Ready-αραβοσίτου. Για τη συγκριτική διερεύνηση της επίδρασης της ΓΤ ποικιλίας έναντι της περιβαλλοντικής επίδρασης στα προφίλ μεταβολιτών, ο ΓΤ αραβόσιτος καλλιεργήθηκε μαζί με μη ΓΤ ποικιλία σε διαφορετικές και ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως διάφορες τοποθεσίες και εποχές καλλιέργειας στη Γερμανία και τη Νότια Αφρική. Το κύριο συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι οι αρνητικές

επιπτώσεις στο περιβάλλον από τις μη ΓΤ καλλιέργειες, ήταν πολύ υψηλότερες σε σχέση με τις επιπτώσεις που προκάλεσαν οι ΓΤ καλλιέργειες. Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) έδειξε τον παράγοντα «γενότυπο» να παίζει ρόλο στις διαφοροποιήσεις συγκριτικά με τις μη ΓΤ καλλιέργειες αλλά ο παράγοντας «περιβάλλον» έδειξε μεγαλύτερο αριθμό διαφορών μεταξύ του ΓΤ και του μη ΓΤ αραβόσιτου. Τέλος, η πολυπαραγοντική εκτίμηση έδειξε ότι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως οι τοποθεσίες και οι εποχές καλλιέργειας, ήταν κυρίαρχες παράμετροι που οδήγησαν στη μεταβλητότητα των προφίλ μεταβολιτών αραβοσίτου (Frank, Röhlig, Davies, Barros, & Engel, 2012).

Z) Οι Rosi-Marshall et al. (2007), πραγματοποίησαν μελέτη που περιλάμβανε ποσοτικές μετρήσεις των εισροών των υποπροϊόντων ΓΤ Bt καλαμποκιού, σε ρέματα καθώς και τις αποστάσεις μεταφοράς. Εξετάστηκαν οι επιπτώσεις στα υδρόβια έντομα καθώς αποτελούν μέρος του οικοσυστήματος και η μελέτη επικεντρώθηκε στα ρυάκια λόγω της κυριαρχίας τους στο αγροτικό τοπίο και στο χερσαίο οικοσύστημα. Οι μετρήσεις έγιναν σε 12 τυπικά ρυάκια σε έντονα καλλιεργούμενη περιοχή της Ιντιάνας το 2005 και το 2006 και πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές μελέτες σίτισης για να εξεταστούν οι επιπτώσεις σε επιλεγμένη τάξη των υδρόβιων εντόμων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα υποπροϊόντα καλαμποκιού όπως η γύρη κ.α., εισέρχονται στα ύδατα, αποθηκεύονται και στη συνέχεια καταναλώνονται από τα υδρόβια. Οι δοκιμές σίτισης έδειξαν ότι η κατανάλωση υποπροϊόντων ΓΤ Bt καλαμποκιού μείωσε την ανάπτυξη και αύξησε τη θνησιμότητα εντόμων μη-στόχων. Χρησιμοποιώντας κολλητικές παγίδες γύρης τοποθετημένες σε κανάλια κοντά στην επιφάνεια του νερού, φάνηκε ότι η γύρη καλαμποκιού τοποθετήθηκε στα ρυάκια με τον αέρα και οι ετήσιες εισοδοί σε αυτά κυμαίνονταν από 0,1 έως 1,0 g/m². Το είδος *Lepidostoma liba* της τάξης Τριχόπτερα που μελετήθηκε, είχε 50% χαμηλότερη ανάπτυξη όταν τράφηκε με απορρίμματα καλαμποκιού Bt σε σύγκριση με αυτά του μη ΓΤ καλαμποκιού. Επίσης τα ποσοστά θνησιμότητας του *Helicopsyche borealis* της ίδιας τάξης έδειξαν πως δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ τροφής υπολειμμάτων ΓΤ Bt και μη ΓΤ καλαμποκιού. Όταν όμως η συγκέντρωση γύρης έφτανε τα 2,75 g/m² (2,3 υψηλότερη από τη μέγιστη εναέρια ταχύτητα), η θνησιμότητα ήταν υψηλότερη κατά την τροφοδότηση με Bt (43%) από ό,τι χωρίς Bt (18%). Η Bt ενδοτοξίνη Cry1Ab, σε υψηλές συγκεντρώσεις και σε συνάρτηση με το είδος *Lepidostoma liba*, έδειξε να είναι επιβλαβής. Η συνεχής και εκτεταμένη ΓΤ

καλλιέργεια αραβόσιτου φάνηκε να έχει συνέπειες στο υδρόβιο οικοσύστημα (Rosi-Marshall et al., 2007).

Η) Οι Giaquinto et al. (2017), πραγματοποίησαν μελέτη για τις επιπτώσεις των ζιζανιοκτόνων με βάση τη γλυφοσάτη στη διατροφή των ψαριών καθώς χρησιμοποιούνται ευρέως στα γεωργικά συστήματα και δη στις ΓΤ καλλιέργειες. Συνήθως οι οργανισμοί στόχοι είναι φυτικοί οργανισμοί και φαίνεται να υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις σε υδρόβια ζώα, όπως αναστολή της ακετυλοχολινεστεράσης, επιδράσεις στα νεφρά, στο ήπαρ και στα βράγχια. Η συγκεκριμένη μελέτη, ανέλυσε τις συνέπειες της εμπορικής εντατικοποίησης της χρήσης της γλυφοσάτης στη σίτιση και τη συμπεριφορά του είδους Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Τα ψάρια εκτέθηκαν σε τρεις συγκεντρώσεις γλυφοσάτης (0,2, 0,6 και 1,8 ppm) για δύο εβδομάδες. Σε συγκεντρώσεις 0,2 και 0,6 ppm, η πρόσληψη τροφής μειώθηκε την δέκατη τρίτη ημέρα και επέστρεψε στο φυσιολογικό την δέκατη πέμπτη μέρα. Στην μεγαλύτερη συγκέντρωση δραστικής ουσίας (1,8 ppm), η κατανάλωση τροφής μειώθηκε δραματικά και δεν ανέκαμψε ποτέ. Έδειξε λοιπόν η μελέτη πως ζιζανιοκτόνα με βάση τη γλυφοσάτη σε ψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να επηρεάσει την πρόσληψη τροφής στο pacu και συνεπώς αναστέλλει την ανάπτυξή του.

Θ) Οι Motta et al., (2018), απέδειξαν ότι η έκθεση μελισσών σε δραστική ουσία γλυφοσάτη, επηρέασε δυνητικά την υγεία των μελισσών και την αποτελεσματικότητά τους ως επικοντιστές. Πιο συγκεκριμένα, επηρέασε την ισορροπία των μικροβίων του εντέρου προκαλώντας ευπάθεια σε ευκαιριακό παθογόνο (*Serratia marcescens*) και αύξηση της θνησιμότητας των μελισσών. Επηρεάζοντας. Εκατοντάδες ενήλικες εργαζόμενες μέλισσες συλλέχθηκαν από μια μεμονωμένη κυψέλη, υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με γλυφοσάτη για 5 ημέρες και επέστρεψαν στην αρχική τους κυψέλη. Οι συγκεντρώσεις της γλυφοσάτης επιλέχθηκαν για να μιμηθούν τα περιβαλλοντικά επίπεδα, τα οποία κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 1,4 έως 7,6 mg/L. Διαπιστώθηκε ότι οι επιπλοκές ήταν εντονότερες την 3^η μέρα. Καθώς επίσης ότι η γλυφοσάτη είναι μια σταθερή, υδατοδιαλυτή χημική ουσία που μπορεί να παραμείνει στο περιβάλλον για μεγάλες περιόδους και να επηρεάσει τους ζωντανούς οργανισμούς.

Ι) Σύμφωνα με τους Santos-Vigil et al., (2018), η τοξίνη Cry1Ac που εκφράζεται σε γενετικά τροποποιημένα φυτά Bt, είναι ικανή να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις.

Το αλλεργιογόνο δυναμικό της Cry1Ac μελετήθηκε και εκτιμήθηκε σε θηλυκά ποντίκια ευαίσθητα σε αλλεργίες, έπειτα από ενδο-γαστρική και ενδοφλέβια χορήγηση της τοξίνης. Το πείραμα έδειξε ήπιες αλλεργικές αντιδράσεις, αύξηση της ανοσοσφαιρίνης IgE και της αναλογίας IgE-λεμφοκυττάρων, αύξηση των ηωσινόφιλων και των κοκκιοκυττάρων στο έντερο, λεμφοειδής εντερική υπερπλασία καθώς και αναφυλαξία. Στη συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται πως είναι πιθανό τα παραπάνω ευρήματα να προκύψουν και στον ανθρώπινο οργανισμό.

Πίνακας 3. Συνοπτική παρουσίαση μελετών επίδρασης ΓΤΟ στον άνθρωπο, τα ζώα και το περιβάλλον.

A/A	Θέμα μελέτης	Συμπεράσματα μελέτης	Βιβλιογραφική αναφορά
1	Επιρροή διαγονιδίων (Bt ποικιλίας βαμβακιού) στο εδαφικό οικοσύστημα	-υψηλότερα επίπεδα εδαφικής αλκαλικής φωσφοτάσης -μείωση της εδαφικής αφιδρογονάσης -μικρή μείωση της εδαφικής αναπνοής -Μείωση των μικροοργανισμών και των μεταβολικών δραστηριοτήτων	(Beura & Rakshit, 2013)
2	Ανάλυση της ποικιλόμορφιας της εδαφικής βακτηριακής κοινότητας ΓΤ ποικιλίας αραβόσιτου ανθεκτικής στην ξηρασία.	-το είδος του εδάφους και η περιοχή επηρέασε τη συγκέντρωση οργανικών υλών -οι ρίζες του ΓΤ αραβόσιτου περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό ΑΜ μυκήτων σε σύγκριση με την ποικιλία άργιου τύπου -Τα ΓΤ φυτά σε ένα από τα δύο εδαφικά δείγματα είχαν καλύτερη ανάπτυξη παρά την πίεση της ξηρασίας σε σύγκριση με του άργιου τύπου	(Ibarra et al., 2020)
3	Επιπτώσεις διάφορων ΓΤ καλλιεργειών στο περιβάλλον από το 1996-2016	-αλλαγή προφίλ ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων (πιο φιλικά προς το περιβάλλον) -μείωση των συγκεντρώσεων των δραστικών ουσιών ζιζανιοκτόνων ή μικρή αύξηση αλλά και στις 2 περιπτώσεις αύξηση του περιβαλλοντικού προφίλ βάση του δείκτη EIQ. -αύξηση ανθεκτικότητας ζιζανίων στη γλυφοσάτη -μείωση εντομοκτόνων δραστικών ουσιών με μεγαλύτερη εξοικονόμηση από την ποικιλία ΓΤ IR βαμβακιού -μείωση καυσίμων και εκπομπών CO ₂	(Brookes & Barfoot, 2018)
		-οι μη ΓΤ ποικιλίες φάνηκε να έχουν περισσότερο αρνητικές επιπτώσεις από	

4	Προφίλ μεταβολίτη των πυρήνων του αραβόσιτου- ΓΤ ποικιλίες έναντι περιβαλλοντικών επιπτώσεων	της ΓΤ. -ο γενότυπος και το περιβάλλον έπαιξαν ρόλο στις διαφορές μεταξύ ΓΤ και μη ΓΤ ποικιλιών καθώς επίσης και στη μεταβλητότητα των προφίλ μεταβολίτη	(Frank et al., 2012)
5	Τοξίνες σε υποπροϊόντα ΓΤ ποικιλιών μπορεί να επηρεάσουν υδρόβια οικοσυστήματα	-ΓΤ υποπροϊόντα εισέρχονται με τη βοήθεια του αέρα σε ρυάκια και υδάτινα ρεύματα και καταναλώνονται από τα υδρόβια σώματα -μείωση της ανάπτυξης και αύξηση της θνησιμότητας μη-στόχου εντόμων -Πιο ευαίσθητο το <i>L. liba</i> και λιγότερο το <i>H. borealis</i> και τα δύο της τάξης Τριχόπτερα -η Cry1Ab ενδοτοξίνη σε υψηλές συγκεντρώσεις φάνηκε επιβλαβής για τα Τριχόπτερα	(Rosi-Marshall et al., 2007)
6	Επιδράσεις της διαίτας μη ΓΤ και ΓΤ οργανισμών (αραβόσιτος-σόγια), στην ανάπτυξη, στην πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών, στο βάρος του σφαγίου και στην ποιότητα του κρέατος σε κοτόπουλα	-χαμηλότερες τιμές σε Lys, Met, Thr στους μη ΓΤ σπόρους (σόγιας + αραβόσιτου) -Η ΓΤ σόγια έδωσε υψηλότερη ακατέργαστη πρωτεΐνη ενώ ο ΓΤ αραβόσιτος χαμηλότερη σε σύγκριση με τις μη ΓΤ -οι δείκτες FI και FCR ήταν μεγαλύτεροι στα κοτόπουλα που δέχτηκαν μη ΓΤ διαίτα -μείωση της FCR παρατηρήθηκε όταν τα ζώα τράφηκαν με ΓΤ διαίτα -δεν υπήρξαν επιπτώσεις στο αίμα, στην ποιότητα κρέατος και στην απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών -η διατροφή με μη ΓΤ διαίτα έδειξε να υστερεί μόνο στην ανάπτυξη των πουλερικών	(S. Zhang et al., 2019)
7	Έλεγχος υπολειμμάτων γλυφοσάτης σε ούρα αγελάδων, λαγών, κουνελιών και ανθρώπων εκτεθειμένων σε ΓΤΟ ή μη ΓΤΟ συνθήκες	-αγελάδες σε περιοχή ελεύθερη από ΓΤ καλλιέργειες βρέθηκαν με χαμηλές συγκεντρώσεις γλυφοσάτης στα ούρα -Οι γερμανικές αγελάδες είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση από αυτές της Δανίας -ανίχνευση γλυφοσάτης σε έντερο, συκώτι, μύες, σπλήνα, νεφρά -στα κουνέλια μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από ότι στους λαγούς -στα ανθρώπινα ούρα όσων τράφηκαν με «συμβατική» διατροφή που περιέχει και ΓΤ τροφές αλλά και ΓΤ συστατικά, βρέθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις γλυφοσάτης από τα ούρα όσων τράφηκαν αποκλειστικά με οργανική-	(Krueger et al., 2014)

		<p>bio διατροφή.</p> <ul style="list-style-type: none"> -οι χρόνια άρρωστοι άνθρωποι είχαν περισσότερο γλυφοσάτη στα ούρα τους από τους υγιείς 	
8	<p>Επιπτώσεις ζιζανιοκτόνων με βάση τη γλυφοσάτη σε είδος ψαριών</p>	<ul style="list-style-type: none"> -σε χαμηλές συγκέντρωσης δραστικής ουσίας ζιζανιοκτόνου την 13^η μέρα, μειώθηκε η πρόσληψη τροφής ενώ την 15^η επανήλθε -σε υψηλότερες όμως συγκεντρώσεις μειώθηκε η κατανάλωση τροφής και δεν ανέκαμψε την 15^η μέρα -διαπιστώθηκε αναστολή της ανάπτυξης του ψαριού Pacu 	(Giaquinto et al., 2017)
9	<p>Επιρροή της γλυφοσάτης στη μικροβιακή κοινότητα του εντέρου των μελισσών</p>	<ul style="list-style-type: none"> -η μικροβιακή κοινότητα επηρεάστηκε από την έκθεση σε γλυφοσάτη -η έκθεση στη δραστική ουσία αύξησε τη θνησιμότητα των μελισσών καθώς εκτέθηκαν σε ευκαιριακό παθογόνο -τα βακτήρια του εντέρου των μελισσών διαφέρουν ως προς την ευαισθησία στη γλυφοσάτη -τα συμπτώματα της έκθεσης ήταν πιο εμφανή την 3η μέρα του πειράματος 	(Motta, et al., 2018)
10	<p>Μελέτη του αλλεργιογόνου δυναμικού της τοξίνης Cry1Ac, του <i>Bacillus thuringiensis</i> μετά από ενδογαστρική χορήγηση σε μοντέλο αλλεργικών ποντικών</p>	<ul style="list-style-type: none"> -ήπιες αλλεργικές αντιδράσεις -αύξηση της απόκρισης ανοσοσφαιρίνης IgE και αναλογία IgE-λεμφοκυττάρων -αύξηση των ηωσινοφίλων και των κοκκιοκυττάρων στο έντερο -πρόκληση λεμφοειδούς εντερικής υπερπλασίας -αναφυλαξία μετά από ενδοφλέβια πρόκληση 	(Santos-Vigil et al., (2018)

4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα πρώτα βήματα της επιστήμης της Βιοτεχνολογίας το 1953, με την ανακάλυψη της διπλής ελικοειδούς δομής του DNA, μέχρι σήμερα, η ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας είναι συνεχής. Οι πιο σημαντικές εφαρμογές αφορούν τον κλάδο της γεωργίας αλλά και της φαρμακευτικής. Όλα αυτά τα χρόνια όμως, δεν έχει σταματήσει η αμφισβήτηση του κλάδου. Η γενετική μηχανική και τα προϊόντα αυτής, έχουν στοχοποιηθεί και προκαλέσει παγκόσμια διαμάχη. Παρόλο που ορισμένες βιοτεχνολογικές εφαρμογές φαντάζουν υπερβολικές όπως αναφέρει και ο Hobbelink (1991), οι δυνατότητες της επιστήμης αυτής είναι φαντασμαγορικές και πολλά υποσχόμενες. Αυτός είναι και ο λόγος της τεράστιας χρηματοδότησης σε αντίστοιχες έρευνες παγκοσμίως. Ιδιαίτερα σήμερα, που πρέπει να βρεθούν λύσεις για την επίτευξη της παγκόσμιας επισιτιστικής ασφάλειας. Βιοτεχνολογικά προϊόντα όπως γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, καλλιέργειες και υποπροϊόντα αυτών, αποτελούν ένα δυναμικό ερευνητικό πεδίο για τους επιστήμονες και αναμένεται παρα πέρα ανάπτυξη στο μέλλον. Ήδη το 2018 όπως αναφέρεται στο κεφ. 1, δεκαοκτώ χώρες από αυτές που ανέπτυξαν βιοτεχνολογικά προϊόντα (ΓΤ καλλιέργειες), αναγνωρίστηκαν ως χώρες μεγάλης βιοτεχνολογικής εφαρμογής (biotech mega countries) με ΓΤ καλλιέργειες πάνω από 50.000 εκτάρια η κάθε μια. Αυτό και μόνο, αποδεικνύει ότι παρόλη την αμφισβήτηση η ανάγκη για υιοθέτηση καινοτόμων, αποδοτικότερων και έξυπνων βιοτεχνολογικών εφαρμογών είναι μεγάλη. Η αιτία που ενίσχυσε την ανάγκη αυτή είναι η παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια λόγω υπερπληθυσμού.

Καθώς η γενετική τροποποίηση έχει εισέλθει έντονα στον αγροτικό τομέα και στον τομέα τροφίμων, η αξιολόγηση κινδύνου από τη χρήση και κατανάλωση των προϊόντων της είναι σημαντική. Παρουσιάζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΓΤΟ, διαπιστώθηκε για άλλη μια φορά πόσο άρρηκτα συνδεδεμένος είναι άνθρωπος με το περιβάλλον αλλά και το αντίστροφο. Οι ΓΤΟ αποτελούν αμφιλεγόμενο ζήτημα εδώ και πολλά χρόνια με αποτέλεσμα την κωλυσιεργία εργασιών, τη στασιμότητα επιστημονικών εφαρμογών και την ανησυχία της κοινής γνώμης. Για παράδειγμα στο υποκεφάλαιο 1.5,

αναφέρεται πως η χρήση ΓΤ καλλιεργειών οδήγησε στην αποτελεσματικότερη διαχείριση ζιζανίων (Romeis et al., 2019), χρησιμοποιώντας ποικιλίες ανθεκτικές σε συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα. Η αποτελεσματικότερη διαχείριση σημαίνει καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών και κατ' επέκταση μεγαλύτερες αποδόσεις. Ακόμη, εξοικονόμηση εργασιών και μείωση των καλλιεργητικών πρακτικών που μακροχρόνια οδηγούν σε προβλήματα εδάφους. Από την άλλη πλευρά στο υποκεφάλαιο 1.6, αναφέρεται πως η καλλιέργεια ΓΤ ποικιλιών ανθεκτικών σε ζιζανιοκτόνο και η χρήση ενός μόνο ζιζανιοκτόνου ευρέως φάσματος, αυξάνει την ανθεκτικότητα των ζιζανίων σε αυτό και δημιουργούνται «σούπερ» ζιζάνια (super weeds) (Tsatsakis et al., 2017).

Σε συνέχεια, καθώς οι περισσότερες ΓΤ ποικιλίες έχουν αντοχή στη γλυφοσάτη, ολοένα και αυξάνονται οι ποσότητες εφαρμογής της δραστικής ουσίας. Τα υπολείμματα της γλυφοσάτης περνούν στα τρόφιμα και παραμένουν σταθερά ακόμη και μετά από το μαγείρεμα ή την κατάψυξή τους για ένα ή παραπάνω έτη (Szeckas & Darvas, 2012). Σύμφωνα με τους Samsel & Seneff (2013), η γλυφοσάτη έχει συσχετισθεί με αυτοάνοσα νοσήματα όπως είναι η κοιλιοκάκη, ο καρκίνος των νεφρών και ο διαβήτης (Swanson et al., 2014) αλλά και με αρνητικές επιδράσεις στο υδάτινο περιβάλλον (Giaquinto et al., 2017). Από τα σημαντικότερα όμως μειονεκτήματα των ΓΤΟ είναι η γονιδιακή ροή στο περιβάλλον που μπορεί να προκαλέσει διαταραχή της βιοποικιλότητας σε σημαντικό βαθμό. Επίσης οι τοξικότητες σε ανθρώπους είναι ένας σημαντικός λόγος ανησυχίας για τους καταναλωτές.

Σε αντίθεση πάλι με τα παραπάνω ενδεχόμενα κινδύνου της χρήσης και κατανάλωσης ΓΤΟ, έρχεται η προσφορά της γενετικής μηχανικής στη φαρμακευτική με εργαλεία και προϊόντα έτοιμα να δώσουν θεραπευτικές λύσεις σε σημαντικές ασθένειες. Ακόμη, η δημιουργία λειτουργικών τροφίμων όπως το «Χρυσό Ρύζι» εμπλουτισμένο με βιταμίνη Α, η μοριακή καλλιέργεια φυτών για την παραγωγή βρώσιμων εμβολίων, οι συνεισφορά στην εξοικονόμηση εκπομπών αερίου στο περιβάλλον κ.λπ. αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα. Στο κεφάλαιο 2, παρουσιάστηκαν οι νομοθετικές εφαρμογές και τα ρυθμιστικά πλαίσια σε διάφορες χώρες αλλά και την ΕΕ. Και σε επίπεδο νομοθεσίας, οι αντιθέσεις είναι ποικίλες. Η ελευθεριακή νομοθετική πολιτική που ακολουθούν ΗΠΑ, Βραζιλία και Αργεντινή έρχεται σε αντίθεση με το αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο της ΕΕ αλλά και της Ν. Ζιλανδίας όπως φαίνεται και στην εικ. 10. Είναι αλήθεια πως γεννιούνται απορίες και ερωτηματικά για τις στάσεις αυτές και στις

δύο περιπτώσεις (ΗΠΑ-ΕΕ).

Είναι γεγονός, πως οι περιορισμοί της ΕΕ δε βοηθούν στην εξέλιξη της βιώσιμης αγροτικής ανάπτυξης, στην παγκόσμια διάθεση προϊόντων και στην εφαρμογή νέων βιοτεχνολογιών στον τομέα. Από την άλλη μεριά, η ΕΕ αποτελείται από 26 κράτη-μέλη τα οποία φαίνεται να συμφωνούν και να συμμορφώνονται σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) 1830/2003 και την οδηγία (ΕΕ) 2001/18, χωρίς ιδιαίτερες παρεκκλίσεις πλην της Πορτογαλίας και της Ισπανίας που καλλιεργούν ΓΤ αραβόσιτο. Με το πέρασμα του χρόνου όμως, η ΕΕ αντί να ανοίγεται στα βιοτεχνολογικά προϊόντα, αυστηροποιεί περισσότερο τα μέτρα για τους ΓΤΟ ενώ οι ΗΠΑ υιοθετούν ΓΤ καλλιέργειες ολοένα και περισσότερο μεγαλώνοντας το χάσμα μεταξύ των δύο «ακραίων» τάσεων. Επιπρόσθετα, οι μελέτες που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 3 για την επίδραση των ΓΤΟ σε περιβάλλον, ζώα και ανθρώπους, έδωσαν εξίσου θετικά και αρνητικά αποτελέσματα με κάθε μελέτη να αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση και σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Κλείνοντας, η Γενετική Μηχανική αποτελεί σημαντικό εργαλείο στα χέρια των επιστημόνων. Κρύβει πολλές και ενδιαφέρουσες δυνατότητες με πρώτη την εξέλιξη της ζωής. Στις μέρες μας πια, δεν αμφισβητείται η επιστήμη αλλά ορισμένα αποτελέσματα των εφαρμογών της. Συγκεκριμένα για τη γενετική τροποποίηση, είναι σημαντικό να απαντηθεί το ποιος την χρησιμοποιεί, με τι σκοπό και ποιοι θα είναι οι τελικοί αποδέκτες του προσδοκώμενου οφέλους. Τελικά, μόνο αν η επιστήμη σεβαστεί το περιβάλλον μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μέλλον για το Περιβάλλον, τον Άνθρωπο και την Επιστήμη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbas, M. S. T. (2018). Genetically engineered (modified) crops (*Bacillus thuringiensis* crops) and the world controversy on their safety. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 52. doi:10.1186/s41938-018-0051-2
- Abraham, J., Benhotons, G. S., Krampah, I., Tagba, J., Amissah, C., & Abraham, J. D. (2018). Commercially formulated glyphosate can kill non-target pollinator bees under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166(8), 695-702. doi:https://doi.org/10.1111/eea.12694
- Acker, R. V., Rahman, M., & Cici, S. Z. H. (2017). Pros and Cons of GMO Crop Farming. In: Oxford University Press.
- Ahmed, F. E. (2002). Detection of genetically modified organisms in foods. *Trends Biotechnol*, 20(5), 215-223. doi:10.1016/s0167-7799(01)01920-5
- Ahuja, V. (2018). Regulation of emerging gene technologies in India. *BMC Proceedings*, 12(8), 14. doi:10.1186/s12919-018-0106-0
- Alexandrova, N., Georgieva, K., & Atanassov, A. (2005). Biosafety Regulations of GMOS: National and International Aspects and Regional Cooperation. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 19(sup3), 153-172. doi:10.1080/13102818.2005.10817294
- AMS. (2012, 26/01/2012). Soil Moisture deficit. Retrieved from https://glossary.ametsoc.org/wiki/Soil_moisture_deficit
- Andreassen, A. K., Brandtzæg, P., Finne, M., Holck, A., Junttila, O., Konestabo, H., . . . Opsahl-Sorteberg, H.-G. (2020). Food/Feed and Environmental Risk Assessment of Insect-resistant and Herbicide-tolerant Genetically Modified Maize Bt11 x MIR604 in the European Union under Regulation (EC) No 1829/2003 (EFSA/GMO/UK/2007/50). *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 15-19. doi:10.9734/ejnfs/2020/v12i330201
- Argentina.gob.ar. (2020). El MINCYT, CONICET y Universidad Nacional del Litoral anunciaron la aprobación del trigo HB4® en Argentina. Retrieved from <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-mincyt-conicet-y-universidad-nacional-del-litoral-anunciaron-la-aprobacion-del-trigo>
- Arntzen, C. (2015). Plant-made pharmaceuticals: from 'Edible Vaccines' to Ebola therapeutics. *Plant biotechnology journal*, 13(8), 1013-1016. doi:10.1111/pbi.12460
- Bai, S. H., & Ogbourne, S. M. (2016). Glyphosate: environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via food contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(19), 18988-19001. doi:10.1007/s11356-016-7425-3
- Baranski, M. (2013, 17/09/2013). Golden Rice. *Embryo Project Encyclopedia*. Retrieved from file:///C:/Users/USER/Downloads/the_embryo_project_encyclopedia_-_golden_rice_-_2019-01-09.pdf
- Bawa, A. S., & Anilakumar, K. R. (2013). Genetically modified foods: safety, risks and public concerns-a review. *Journal of food science and technology*, 50(6), 1035-1046. doi:10.1007/s13197-012-0899-1

- Belhaj, K., Chaparro-Garcia, A., Kamoun, S., Patron, N. J., & Nekrasov, V. (2015). Editing plant genomes with CRISPR/Cas9. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 76-84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.007>
- Bennett, A. B., Chi-Ham, C., Barrows, G., Sexton, S., & Zilberman, D. (2013). Agricultural Biotechnology: Economics, Environment, Ethics, and the Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 38(1), 249-279. doi:10.1146/annurev-environ-050912-124612
- Bergeson, L. L. (2000). *FIFRA Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act*. USA: ABA
- Bergmann, G. E. (2019). Impacts of Pesticide Pollution on Soil Microbial Communities, Ecosystem Function and Human Health. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*: Elsevier.
- Beura, K., & Rakshit, A. (2013). Bt cotton influencing enzymatic activities under varied soils. *Open Journal of Ecology*, Vol.03No.08, 5. doi:10.4236/oje.2013.38059
- Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1327-1350. doi:10.1007/s11274-011-0979-9
- Boccia, F., Covino, D., & Sarnacchiaro, P. (2018). Genetically modified food versus knowledge and fear: A Noumenic approach for consumer behaviour. *Food Research International*, 111. doi:10.1016/j.foodres.2018.06.013
- Bøhn, T., Cuhra, M., Traavik, T., Sanden, M., Fagan, J., & Primicerio, R. (2014). Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. *Food Chemistry*, 153, 207-215. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.054>
- Bøhn, T., & Millstone, E. (2019). The Introduction of Thousands of Tonnes of Glyphosate in the food Chain—An Evaluation of Glyphosate Tolerant Soybeans. *Foods*, 8(12), 669.
- Borges, B. J. P., Arantes, O. M. N., Fernandes, A. A. R., Broach, J. R., & Fernandes, P. M. B. (2018). Genetically Modified Labeling Policies: Moving Forward or Backward? *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6(181). doi:10.3389/fbioe.2018.00181
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2012). Global impact of biotech crops. *GM Crops & Food*, 3(2), 129-137. doi:10.4161/gmcr.20061
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2014). Economic impact of GM crops. *GM Crops & Food*, 5(1), 65-75. doi:10.4161/gmcr.28098
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2017). Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2015: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops & Food*, 8(2), 117-147. doi:10.1080/21645698.2017.1309490
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2018). Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2016: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops & Food*, 9(3), 109-139. doi:10.1080/21645698.2018.1476792
- Bucchini, L., & Goldman, L. (2002). Starlink Corn: A Risk Analysis. *Environmental health perspectives*, 110, 5-13. doi:10.1289/ehp.021105
- Carter, M., & Shieh, J. C. (2010). Chapter 9 - Molecular Cloning and Recombinant DNA Technology. In M. Carter & J. C. Shieh (Eds.), *Guide to Research Techniques in Neuroscience* (pp. 207-227). New York: Academic Press.
- Castellari, E., Soregaroli, C., Venus, T. J., & Wesseler, J. (2018). Food processor and retailer non-GMO standards in the US and EU and the driving role of regulations.

- Food Policy*, 78, 26-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.02.010>
- Choudhuri, S. (2014). Chapter 2 - Fundamentals of Molecular Evolution**The opinions expressed in this chapter are the author's own and they do not necessarily reflect the opinions of the FDA, the DHHS, or the Federal Government. In S. Choudhuri (Ed.), *Bioinformatics for Beginners* (pp. 27-53). Oxford: Academic Press.
- Christoforou, T. (2004). The regulation of genetically modified organisms in the European Union: The interplay of science, law and politics. *Common Market Law Review, CMLRev*, 647-709.
- Clifford, H. (2014). AquAdvantage® Salmon - a pioneering application of biotechnology in aquaculture. *BMC Proceedings*, 8(4), O31. doi:10.1186/1753-6561-8-S4-O31
- Colombo, R. P., Ibarra, J. G., Bidondo, L. F., Silvani, V. A., Bompadre, M. J., Pergola, M., . . . Godeas, A. M. (2017). Arbuscular Mycorrhizal Fungal Association in Genetically Modified Drought-Tolerant Corn. *Journal of Environmental Quality*, 46(1), 227-231. doi:<https://doi.org/10.2134/jeq2016.04.0125>
- Corneo, P. E., Suenaga, H., Kertesz, M. A., & Dijkstra, F. A. (2016). Effect of twenty four wheat genotypes on soil biochemical and microbial properties. *Plant and Soil*, 404(1), 141-155. doi:10.1007/s11104-016-2833-1
- Costa-Font, M., & Gil, J. M. (2009). Structural equation modelling of consumer acceptance of genetically modified (GM) food in the Mediterranean Europe: A cross country study. *Food Quality and Preference*, 20(6), 399-409. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.02.011>
- Crowe, S., Cresswell, K., Robertson, A., Huby, G., Avery, A., & Sheikh, A. (2011). The case study approach. *BMC Medical Research Methodology*, 11(1), 100. doi:10.1186/1471-2288-11-100
- Cuhra, M. (2015). Review of GMO safety assessment studies: glyphosate residues in Roundup Ready crops is an ignored issue. *Environmental Sciences Europe*, 27(1), 20. doi:10.1186/s12302-015-0052-7
- Cuhra, M., & Bøhn, T. (2017). A Silent Spring for academic dialogue: biotech industry leaves critique unopposed. *Journal of Biological Physics and Chemistry*, 17. doi:10.4024/13CU17L.jbpc.17.04
- Cuhra, M., Traavik, T., & Bøhn, T. (2013). Clone- and age-dependent toxicity of a glyphosate commercial formulation and its active ingredient in *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*, 22(2), 251-262. doi:10.1007/s10646-012-1021-1
- Dawe, D., & Unnevehr, L. (2007). Crop Case Study: GMO Golden Rice in Asia with Enhanced Vitamin A Benefits for Consumers. *AgBioForum*, 10(3), 154-160.
- de Vos, C. J., & Swanenburg, M. (2018). Health effects of feeding genetically modified (GM) crops to livestock animals: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 117, 3-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.08.031>
- Di Sabatino, A., Vanoli, A., Giuffrida, P., Luinetti, O., Solcia, E., & Corazza, G. R. (2012). The function of tissue transglutaminase in celiac disease. *Autoimmunity Reviews*, 11(10), 746-753. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autrev.2012.01.007>
- Dunn, S. E., Vicini, J. L., Glenn, K. C., Fleischer, D. M., & Greenhawt, M. J. (2017). The allergenicity of genetically modified foods from genetically engineered crops: A narrative and systematic review. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 119(3), 214-222.e213. doi:10.1016/j.anai.2017.07.010
- Ebhin Masto, R., Chhonkar, P. K., Singh, D., & Patra, A. K. (2006). Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-

- tropical inceptisol. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(7), 1577-1582. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.11.012>
- EFSA. (2019). Review of the existing maximum residue levels for glyphosate according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 - revised version to take into account omitted data. *Efsa j*, 17(10), e05862. doi:10.2903/j.efsa.2019.5862
- EFSA, P. o. G. M. O. (2010). Statistical considerations for the safety evaluation of GMOs. *EFSA Journal*, 8(2), 1250. doi:<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1250>
- Elder, L., Greene, S., & Lizotte, M. K. (2018). The gender gap on public opinion towards genetically modified foods. *The Social Science Journal*, 55(4), 500-509. doi:10.1016/j.soscij.2018.02.015
- EPA. (2010). Nature protection and biodiversity - National Responses (Greece). Retrieved 11/5/2020, from US Environmental Protection Agency <https://www.eea.europa.eu/soer/2010/countries/gr/nature-protection-and-biodiversity-national>
- EPA (a). Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA) and Federal Facilities (Enforcement). from US Environmental Protection Agency <https://www.epa.gov/enforcement/federal-insecticide-fungicide-and-rodenticide-act-fifra-and-federal-facilities>
- Eriksson, D., Custers, R., Edvardsson Björnberg, K., Hansson, S. O., Purnhagen, K., Qaim, M., . . . Visser, R. G. F. (2020). Options to Reform the European Union Legislation on GMOs: Risk Governance. *Trends Biotechnol*, 38(4), 349-351. doi:10.1016/j.tibtech.2019.12.016
- European Biotechnology. (2019). Council presses EC to decide on genome editing. *European Biotechnology. Life Sciency and Industry*. Retrieved from <https://european-biotechnology.com/up-to-date/backgrounds-stories/story/council-presses-ec-to-decide-on-genome-editing.html>
- European Commission. *Genetically Modified Organisms. GMO Legislation*. Retrieved from https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/legislation_en.
- 97/618/EC: Commission Recommendation of 29 July 1997 concerning the scientific aspects and the presentation of information necessary to support applications for the placing on the market of novel foods and novel food ingredients and the preparation of initial assessment reports under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council (Text with EEA relevance). (1997).
- European Commission. (2003). *Question and Answers on the regulation of GMOs in the EU*. (MEMO/03/196). Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_03_196.
- European Commission. (2004). *Question and Answers on the regulation of GMOs in the EU. What are GMOs and GMMs?* (MEMO/04/102). Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_04_102.
- European Commission. (2011). *Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020* Brussels Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0244&from=EN>.
- No 503/2013: Commission Implementing Regulation (EU) No 503/2013 of 3 April 2013 on applications for authorisation of genetically modified food and feed in accordance with Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council and amending Commission Regulations (EC) No 641/2004 and (EC) No 1981/2006 Text with EEA relevance., 32013R0503 C.F.R. (2013).

- European Commission. (2017). Genetically Modified Organisms. GMO Register. In H. a. F. Safety (Ed.): European Commission.
- Ewen, S. W. B., & Pusztai, A. (1999). Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet*, 354(9187), 1353-1354. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)05860-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)05860-7)
- FAO. (2000). Brazil. Law No. 9.985 establishing the National System of Protected Areas Management - SNUC. (legislation). from Food and Agriculture Organization <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC024591>
- FAO. (2004). *Biotechnology applications in food processing: Can developing countries benefit?* Paper presented at the CONFERENCE 11. <http://www.fao.org/biotech/C11doc.htm>
- FAO. (2007). Brazil. Law No. 11.460 regulating the planting of Genetically Modified Organisms within conservation areas. (Legislation). <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC125952>
- FAO. (2011). AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGIES IN DEVELOPING COUNTRIES: OPTIONS AND OPPORTUNITIES IN CROPS, FORESTRY, LIVESTOCK, FISHERIES AND AGRO-INDUSTRY TO FACE THE CHALLENGES OF FOOD INSECURITY AND CLIMATE CHANGE (ABDC-10) REPORT In C. O. G. R. F. F. A. AGRICULTURE (Ed.), (pp. 1-53).
- FAO. (2014). *Report of the Regional Workshop on Strengthening Regional Cooperation and National Capacity Building on Biosafety in Asia*. Retrieved from Thailand: <http://www.fao.org/3/a-i3902e.pdf>
- FDA. (1992). *Statement of Policy - Foods Derived from New Plant Varieties*. fda.gov. Retrieved from <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/statement-policy-foods-derived-new-plant-varieties>.
- FDA. (2015). *AquaAdvantage Salmon Fact Sheet*. Food and Drug Administration Retrieved from <https://www.fda.gov/media/93823/download>.
- FDA. (2018). Biotechnology Notification File No. BNF 000158 1-2. Retrieved from <https://www.fda.gov/media/113719/download>
- Felline, S., Del Coco, L., Kaleb, S., Guarnieri, G., Frascchetti, S., Terlizzi, A., . . . Falace, A. (2019). The response of the algae *Fucus virsoides* (Fucales, Ochrophyta) to Roundup® solution exposure: A metabolomics approach. *Environmental Pollution*, 254, 112977. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.112977>
- Fisher, M. (2014). *Lack of Chinese Approval for Import of U.S. Agricultural Products Containing Agrisure Viptera™ MIR 162: A Case Study on Economic Impacts in Marketing Year 2013/14*. NGFA Retrieved from <http://www.ngfa.org/wp-content/uploads/Agrisure-Viptera-MIR-162-Case-Study-An-Economic-Impact-Analysis.pdf>.
- Fletcher, T. H. (2017). 6 - Gasification fundamentals. In T. Wang & G. Stiegel (Eds.), *Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) Technologies* (pp. 223-256): Woodhead Publishing.
- FR, & EPA. (1999). *AgrEvo USA Company; Cry9C Plant-Pesticides; Notice of Filing of Pesticide Petition*. (99-8260). National Archives Retrieved from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1999-04-07/pdf/99-8260.pdf>.
- Fragoso, G., Hernández, M., Cervantes-Torres, J., Ramírez-Aquino, R., Chapula, H., Villalobos, N., . . . Sciutto, E. (2017). Transgenic papaya: a useful platform for oral vaccines. *Planta*, 245(5), 1037-1048. doi:10.1007/s00425-017-2658-z
- Frank, T., Röhlig, R. M., Davies, H. V., Barros, E., & Engel, K.-H. (2012). Metabolite

- Profiling of Maize Kernels—Genetic Modification versus Environmental Influence. *J Agric Food Chem*, 60(12), 3005-3012. doi:10.1021/jf204167t
- Gaskell, G., Stares, S., Allansdottir, A., Allum, N., Castro, P., Yilmaz Esmer, . . . Wagner, W. (2010). Europeans and biotechnology in 2010. *Wings of change? Research*eu*, 6-15.
- Gearing, E. M. (2015). Good as Gold: Can Golden Rice and Other Biofortified Crops Prevent Malnutrition? Retrieved from <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/good-as-gold-can-golden-rice-and-other-biofortified-crops-prevent-malnutrition/>
- Giaquinto, P. C., de Sá, M. B., Sugihara, V. S., Gonçalves, B. B., Delicio, H. C., & Barki, A. (2017). Effects of Glyphosate-Based Herbicide Sub-Lethal Concentrations on Fish Feeding Behavior. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98(4), 460-464. doi:10.1007/s00128-017-2037-2
- Glover, D., Kim, S. K., & Stone, G. D. (2020). Golden Rice and technology adoption theory: A study of seed choice dynamics among rice growers in the Philippines. *Technology in Society*, 60, 101227. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101227>
- PUBLIC LAW 114–216. National Bioengineered Food Disclosure Standard., (2016).
- Hakim, M. P., Zanetta, L. D. A., de Oliveira, J. M., & da Cunha, D. T. (2020). The mandatory labeling of genetically modified foods in Brazil: Consumer's knowledge, trust, and risk perception. *Food Research International*, 132, 109053. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109053>
- Halford, N. G. (2019). Legislation governing genetically modified and genome-edited crops in Europe: the need for change. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 8-12. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.9227>
- Hallman, W. K., Hebden, W. C., Aquino, H. L., Cuite, C. L., & Lang, J. T. (2003). *PUBLIC PERCEPTIONS OF GENETICALLY MODIFIED FOODS: A NATIONAL STUDY OF AMERICAN KNOWLEDGE AND OPINION*. Retrieved from <http://ageconsearch.umn.edu/record/18174/files/rr030004.pdf>
- Hamad, M. I. K., Daoud, S., Petrova, P., Rabaya, O., Jbara, A., Melliti, N., . . . Förster, E. (2020). Biolistic transfection and expression analysis of acute cortical slices. *Journal of Neuroscience Methods*, 337, 108666. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2020.108666>
- Health., N. R. C. C. o. I. a. A. U. E. o. G. E. F. o. H. (2004). Safety of Genetically Engineered Foods.
- Approaches to Assessing Unintended Health Effects. In N. A. o. Science (Ed.), (pp. 23-35). Washington: National Academy Press (US).
- Heap, I. (2014). Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*, 70(9), 1306-1315. doi:<https://doi.org/10.1002/ps.3696>
- Hefferon, K. L. (2015). Nutritionally Enhanced Food Crops; Progress and Perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(2). doi:10.3390/ijms16023895
- Herd, W., Robert (2006). Biotechnology in Agriculture. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 265-295. doi:<https://10.1146/annurev.energy.31.031405.091314>
- Herman, R. A., Zhuang, M., Storer, N. P., Cnudde, F., & Delaney, B. (2019). Risk-Only Assessment of Genetically Engineered Crops Is Risky. *Trends in Plant Science*, 24(1), 58-68. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.10.001>
- Herrera-Estrella, L., & Alvarez-Morales, A. (2001). Genetically modified crops: hope for

- developing countries? The current GM debate widely ignores the specific problems of farmers and consumers in the developing world. *EMBO reports*, 2(4), 256-258. doi:10.1093/embo-reports/kve075
- Herrick, C. B. (2005). 'Cultures of GM': discourses of risk and labelling of GMOs in the UK and EU. *Area*, 37(3), 286-294. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2005.00632.x>
- Hershko, C., & Patz, J. (2009). Ironing out the mechanism of anemia in celiac disease. *Haematologica*, 93, 1761-1765. doi:10.3324/haematol.2008.000828
- Hilbeck, A., Meyer, H., Wynne, B., & Millstone, E. (2020). GMO regulations and their interpretation: how EFSA's guidance on risk assessments of GMOs is bound to fail. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 54. doi:10.1186/s12302-020-00325-6
- Hilder, V. A., & Boulter, D. (1999). Genetic engineering of crop plants for insect resistance – a critical review. *Crop Protection*, 18(3), 177-191. doi:[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(99\)00028-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(99)00028-9)
- Hwang, H.-H., Yu, M., & Lai, E.-M. (2017). <i>Agrobacterium</i>-Mediated Plant Transformation: Biology and Applications. *The Arabidopsis Book*, 2017(15).
- Ibarra, J. G., Colombo, R. P., Godeas, A. M., & López, N. I. (2020). Analysis of soil bacterial communities associated with genetically modified drought-tolerant corn. *Applied Soil Ecology*, 146, 103375. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103375>
- IRRI. (2018). Golden Rice meets food safety standards in three global leading regulatory agencies. Retrieved from <https://www.irri.org/news-and-events/news/golden-rice-meets-food-safety-standards-three-global-leading-regulatory-0>
- ISAAA. (2004, 09/2004). Pocket K No. 7: Labeling GM Foods. *Pocket K*. Retrieved from <https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/7/default.asp>
- ISAAA. (2012). Event Name: Huang No. 1. Athurizations. (data). from ISAAA <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=229>
- ISAAA. (2017). ISAAA Brief 53-2017: Executive Summary. Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. In *ISAAA Briefs*. NY: ISAAA.
- ISAAA. (2018). Biotech Crop Highlights in 2018. *Pocket K NO. 16*. Retrieved from [https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/foldable/Pocket%20K16%20\(English\)%202019.pdf](https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/foldable/Pocket%20K16%20(English)%202019.pdf)
- Ishii, T. (2018). Crop Gene-Editing: Should We Bypass or Apply Existing GMO Policy? *Trends in Plant Science*, 23(11), 947-950. doi:10.1016/j.tplants.2018.09.001
- Izaguirre, J. H., Roque, R. V., Mendoza, A. L., & Bernal, F. S. (2015). Trade and the environment biological diversity conservation in North America: NAFTA and the implications of the CEC's transgenic maize report. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 48(142), 123-147. doi:<https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2015.142.4917>
- Jacobsen, S.-E., Sørensen, M., Pedersen, S. M., & Weiner, J. (2013). Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 651-662. doi:10.1007/s13593-013-0138-9
- Jaganathan, D., Ramasamy, K., Sellamuthu, G., Jayabalan, S., & Venkataraman, G. (2018). CRISPR for Crop Improvement: An Update Review. *Frontiers in Plant Science*, 9(985). doi:10.3389/fpls.2018.00985
- James, C. (2014). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. In isaaa

- (Ed.), *ISAAA Briefs* (pp. 259): ISAAA.
- Jayasumana, C., Gunatilake, S., & Senanayake, P. (2014). Glyphosate, Hard Water and Nephrotoxic Metals: Are They the Culprits Behind the Epidemic of Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology in Sri Lanka? *Int J Environ Res Public Health*, *11*(2), 2125-2147.
- Jayasumana, C., Gunatilake, S., & Siribaddana, S. (2015). Simultaneous exposure to multiple heavy metals and glyphosate may contribute to Sri Lankan agricultural nephropathy. *BMC Nephrology*, *16*(1), 103. doi:10.1186/s12882-015-0109-2
- Jiang, Y., Marang, L., Tamis, J., van Loosdrecht, M. C. M., Dijkman, H., & Kleerebezem, R. (2012). Waste to resource: Converting paper mill wastewater to bioplastic. *Water Research*, *46*(17), 5517-5530. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.07.028>
- Kamle, S., & Ali, S. (2013). Genetically modified crops: Detection strategies and biosafety issues. *Gene*, *522*(2), 123-132. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gene.2013.03.107>
- Kangmennaang, J., Osei, L., Armah, F. A., & Luginaah, I. (2016). Genetically modified organisms and the age of (Un) reason? A critical examination of the rhetoric in the GMO public policy debates in Ghana. *Futures*, *83*, 37-49. doi:<https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.03.002>
- Key, S., Ma, J. K. C., & Drake, P. M. (2008). Genetically modified plants and human health. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *101*(6), 290-298. doi:10.1258/jrsm.2008.070372
- Khan, S., Ullah, M. W., Siddique, R., Nabi, G., Manan, S., Yousaf, M., & Hou, H. (2016). Role of Recombinant DNA Technology to Improve Life. *Int J Genomics*, *2016*, 2405954. doi:10.1155/2016/2405954
- Klug, W. S., Cumming, M. R., Spencer, C. A., Palladino, M. A., & Killan, D. (2016). Σύγχρονη Γενετική In *Βασικές Αρχές Γενετικής* (11 ed., pp. 907-920). Αλεξανδρούπολη: Ι. Μπάσδρα & ΣΙΑ Ο.Ε.
- König, A., Cockburn, A., Crevel, R. W. R., Debruyne, E., Grafstroem, R., Hammerling, U., . . . Wal, J. M. (2004). Assessment of the safety of foods derived from genetically modified (GM) crops. *Food and Chemical Toxicology*, *42*(7), 1047-1088. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2004.02.019>
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degnil, J., & Tette, J. (1992). A METHOD TO MEASURE THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF PESTICIDES. *New York's Food and Life Science Bulletin*, 2-3.
- Krueger, M., Schledorn, P., Schrödl, W., Hoppe, H.-W., Lutz, W., & Shehata, A. (2014). Detection of glyphosate residues in animals and humans. *Environmental & analytical toxicology*, *4*. doi:10.4172/2161-0525.1000210
- Ladics, G. S. (2019). Assessment of the potential allergenicity of genetically-engineered food crops. *Journal of Immunotoxicology*, *16*(1), 43-53. doi:10.1080/1547691X.2018.1533904
- Larsen, K., Najle, R., Lifschitz, A., Maté, M. L., Lanusse, C., & Virkel, G. L. (2014). Effects of Sublethal Exposure to a Glyphosate-Based Herbicide Formulation on Metabolic Activities of Different Xenobiotic-Metabolizing Enzymes in Rats. *International Journal of Toxicology*, *33*(4), 307-318. doi:10.1177/1091581814540481
- Lazebnik, J., Dicke, M., ter Braak, C. J. F., & van Loon, J. J. A. (2017). Biodiversity analyses for risk assessment of genetically modified potato. *Agriculture*,

- Ecosystems & Environment*, 249, 196-205.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.017>
- Legakis, A., Constantinidis, T., & Petrakis, P. V. (2018). Biodiversity in Greece: Selected Countries in Europe. In (pp. 71-113).
- Leino, L., Tall, T., Helander, M., Saloniemi, I., Saikkonen, K., Ruuskanen, S., & Puigbò, P. (2020). Classification of the glyphosate target enzyme (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase) for assessing sensitivity of organisms to the herbicide. *Journal of Hazardous Materials*, 124556. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124556>
- Lerner, A., & Matthias, T. (2015). Possible association between celiac disease and bacterial transglutaminase in food processing: a hypothesis. *Nutr Rev*, 73(8), 544-552. doi:10.1093/nutrit/nuv011
- Liang, P., Xu, Y., Zhang, X., Ding, C., Huang, R., Zhang, Z., . . . Huang, J. (2015). CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes. *Protein & Cell*, 6(5), 363-372. doi:10.1007/s13238-015-0153-5
- Library of Congress. (24/04/2020). Restrictions on Genetically Modified Organisms. Retrieved from <https://www.loc.gov/law/help/restrictions-on-gmos/index.php>
- Library of Congress (a). (2020, 24/07/2020). Restrictions on Genetically Modified Organisms: European Union. Retrieved from <https://www.loc.gov/law/help/restrictions-on-gmos/eu.php>
- Library of Congress (b). (2020, 24/07/2020). Restrictions on Genetically Modified Organisms: International Protocols. Retrieved from <https://www.loc.gov/law/help/restrictions-on-gmos/international-protocols.php>
- Library of Congress (c). (2020, 24/07/2020). Restrictions on Genetically Modified Organisms: United States. Retrieved from <https://www.loc.gov/law/help/restrictions-on-gmos/usa.php>
- Library of Congress (d). (2020, 24/07/2020). Restrictions on Genetically Modified Organisms: Canada. Retrieved from <https://www.loc.gov/law/help/restrictions-on-gmos/canada.php>
- Library of Congress (e). (2020, 24/07/2020). Restrictions on Genetically Modified Organisms: Brazil. Retrieved from <https://www.loc.gov/law/help/restrictions-on-gmos/brazil.php>
- Library of Congress (f). (2020, 24/07/2020). Restrictions on Genetically Modified Organisms: Argentina. Retrieved from <https://www.loc.gov/law/help/restrictions-on-gmos/argentina.php>
- Liu, X., Wu, S., Xu, J., Sui, C., & Wei, J. (2017). Application of CRISPR/Cas9 in plant biology. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 7(3), 292-302. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsb.2017.01.002>
- Lu, Y., Wu, K., Jiang, Y., Guo, Y., & Desneux, N. (2012). Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. *Nature*, 487(7407), 362-365. doi:10.1038/nature11153
- Lyons, J. J., Milner, J. D., & Rosenzweig, S. D. (2015). Glycans Instructing Immunity: The Emerging Role of Altered Glycosylation in Clinical Immunology. *Frontiers in Pediatrics*, 3(54). doi:10.3389/fped.2015.00054
- MacKenzie, A. A. (2000). The process of developing labeling standards for GM foods in the Codex Alimentarius. 3, 203-208.
- Mahfouz, M. M., Cardi, T., & Neal Stewart, C. (2016). Next-generation precision genome engineering and plant biotechnology. *Plant cell reports*, 35(7), 1397-1399.

- doi:10.1007/s00299-016-2009-8
- Mandal, A., Sarkar, B., Owens, G., Thakur, J. K., Manna, M. C., Niazi, N. K., . . . Patra, A. K. (2020). Impact of genetically modified crops on rhizosphere microorganisms and processes: A review focusing on Bt cotton. *Applied Soil Ecology, 148*, 103492. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103492>
- Mason, H. S., Lam, D. M., & Arntzen, C. J. (1992). Expression of hepatitis B surface antigen in transgenic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 89*(24), 11745-11749. doi:10.1073/pnas.89.24.11745
- McCluskey, J. J., Wesseler, J., & Winfree, J. A. (2018). The economics and politics GM food labeling: An introduction to the special issue. *Food Policy, 78*, 1-5. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.02.012>
- McKee, M. M., McAllister, W., & Schofield, M. (1982). *Study study document*. EPA. US EPA Library. Retrieved from <https://archive.epa.gov/pesticides/chemicalsearch/chemical/foia/web/pdf/103601/103601-1985-09-09f.pdf>
- Mertens, M., Höss, S., Neumann, G., Afzal, J., & Reichenbecher, W. (2018). Glyphosate, a chelating agent—relevant for ecological risk assessment? *Environmental Science and Pollution Research, 25*(6), 5298-5317. doi:10.1007/s11356-017-1080-1
- Mesnage, R., & Antoniou, M. N. (2017). Facts and Fallacies in the Debate on Glyphosate Toxicity. *Frontiers in Public Health, 5*(316). doi:10.3389/fpubh.2017.00316
- Motta, E. V. S., Raymann, K., & Moran, N. A. (2018). Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 115*(41), 10305-10310. doi:10.1073/pnas.1803880115
- Mugode, L., Ha, B., Kaunda, A., Sikombe, T., Phiri, S., Mutale, R., . . . De Moura, F. F. (2014). Carotenoid retention of biofortified provitamin A maize (*Zea mays* L.) after Zambian traditional methods of milling, cooking and storage. *J Agric Food Chem, 62*(27), 6317-6325. doi:10.1021/jf501233f
- Nambisan, P. (2017). Chapter 4 - Recombinant DNA Technology and Genetically Modified Organisms. In P. Nambisan (Ed.), *An Introduction to Ethical, Safety and Intellectual Property Rights Issues in Biotechnology* (pp. 83-126): Academic Press.
- Nordlee, J. A., Taylor, S. L., Townsend, J. A., Thomas, L. A., & Bush, R. K. (1996). Identification of a Brazil-Nut Allergen in Transgenic Soybeans. *New England Journal of Medicine, 334*(11), 688-692. doi:10.1056/nejm199603143341103
- OAG. (2004). *Report of the Auditor General of Canada to the House of Commons. Canadian Food Inspection Agency-Regulation of Plants with Novel Traits.*: OAG Retrieved from <https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/20040304ce.pdf>.
- Obembe, O. O., Popoola, J. O., Leelavathi, S., & Reddy, S. (2011). Advances in plant molecular farming. *Biotechnology Advances, 29*(2), 210-222. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.11.004>
- Opabode, J. (2006). Agrobacterium-mediated transformation of plants: Emerging factors that influence efficiency. *Biotechnol. Mol. Biol. Rev., 1*(1).
- Palma, L., Muñoz, D., Berry, C., Murillo, J., & Caballero, P. (2014). Bacillus thuringiensis toxins: an overview of their biocidal activity. *Toxins, 6*(12), 3296-3325. doi:10.3390/toxins6123296
- Paparini, A., & Romano-Spica, V. (2004). Public health issues related with the consumption of food obtained from genetically modified organisms. In

- Biotechnology Annual Review* (Vol. 10, pp. 85-122): Elsevier.
- Phipps, R. H., & Park, J. R. (2002). Environmental benefits of genetically modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *11*(1), 1-18. doi:10.22358/jafs/67788/2002
- Potrykus, I. (2001). The 'Golden rice' tale. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, *37*(2), 93-100. doi:10.1007/s11627-001-0019-9
- Predajňa, L., Nagyová, A., & Subr, Z. (2010). Simple and efficient biolistic procedure for the plant transfection with cDNA clones of RNA viruses. *Acta Virol*, *54*(4), 303-306. doi:10.4149/av_2010_04_303
- Pu, Y., Yang, J., Chang, L., Qu, Y., Wang, S., Zhang, K., . . . Hashimoto, K. (2020). Maternal glyphosate exposure causes autism-like behaviors in offspring through increased expression of soluble epoxide hydrolase. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *117*(21), 11753-11759. doi:10.1073/pnas.1922287117
- Qaim, M. (2009). The Economics of Genetically Modified Crops. *Annual Review of Resource Economics*, *1*(1), 665-694. doi:10.1146/annurev.resource.050708.144203
- Raman, R. (2017). The impact of Genetically Modified (GM) crops in modern agriculture: A review. *GM Crops & Food*, *8*(4), 195-208. doi:10.1080/21645698.2017.1413522
- Ramaswami, B., Pray, C. E., & Lalitha, N. (2012). The Spread of Illegal Transgenic Cotton Varieties in India: Biosafety Regulation, Monopoly, and Enforcement. *World Development*, *40*(1), 177-188. doi:<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.04.007>
- Rangel, G. (2015). From Corgis to Corn: A Brief Look at the Long History of GMO Technology. Retrieved from SITN website: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/from-corgis-to-corn-a-brief-look-at-the-long-history-of-gmo-technology/>
- Raybourne, R. B., Williams, K. M., Vogt, R., Reissman, D. B., Winterton, B. S., & Rubin, C. (2003). Development and Use of an ELISA Test to Detect IgE Antibody to Cry9c following Possible Exposure to Bioengineered Corn. *International Archives of Allergy and Immunology*, *132*(4), 322-328. doi:10.1159/000074899
- Renaud, S. J., & Soares, M. J. (2011). Chapter 77 - Strategies for investigating hemochorial placentation. In R. C. Gupta (Ed.), *Reproductive and Developmental Toxicology* (pp. 1029-1038). San Diego: Academic Press.
- Ricroch, A., Clairand, P., & Harwood, W. (2017). Use of CRISPR systems in plant genome editing: toward new opportunities in agriculture. *Emerging Topics in Life Sciences*, *1*(2), 169-182. doi:10.1042/etls20170085
- Rigano, M. M., De Guzman, G., Walmsley, A. M., Frusciante, L., & Barone, A. (2013). Production of Pharmaceutical Proteins in Solanaceae Food Crops. *International Journal of Molecular Sciences*, *14*(2), 2753-2773.
- Rivera-Becerril, F., van Tuinen, D., Chatagnier, O., Rouard, N., Béguet, J., Kuszala, C., . . . Martin-Laurent, F. (2017). Impact of a pesticide cocktail (fenhexamid, folpel, deltamethrin) on the abundance of Glomeromycota in two agricultural soils. *Science of The Total Environment*, *577*, 84-93. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.098>
- Romeis, J., Naranjo, S. E., Meissle, M., & Shelton, A. M. (2019). Genetically engineered crops help support conservation biological control. *Biological Control*, *130*, 136-154. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.10.001>

- Rosenberg, E. (2017). Chapter 10 - Genetic Engineering. In E. Rosenberg (Ed.), *It's in Your DNA* (pp. 81-93): Academic Press.
- Rosi-Marshall, E. J., Tank, J. L., Royer, T. V., Whiles, M. R., Evans-White, M., Chambers, C., . . . Stephen, M. L. (2007). Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(41), 16204-16208. doi:10.1073/pnas.0707177104
- Rueda-Ruzafa, L., Cruz, F., Roman, P., & Cardona, D. (2019). Gut microbiota and neurological effects of glyphosate. *NeuroToxicology*, *75*, 1-8. doi:https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.08.006
- Samsel, A., & Seneff, S. (2013). Glyphosate's Suppression of Cytochrome P450 Enzymes and Amino Acid Biosynthesis by the Gut Microbiome: Pathways to Modern Diseases. *Entropy*, *15*(4), 1416-1463.
- Samsel, A., & Seneff, S. (2015). Glyphosate, pathways to modern diseases III: Manganese, neurological diseases, and associated pathologies. *Surg Neurol Int*, *6*, 45. doi:10.4103/2152-7806.153876
- Samsel, A., & Seneff, S. (2017). Glyphosate pathways to modern diseases VI: Prions, amyloidoses and autoimmune neurological diseases. *Journal of Biological Physics and Chemistry*, *17*, 8-32. doi:10.4024/25SA16A.jbpc.17.01
- Sands, B., & Brent, R. (2016). Overview of Post Cohen-Boyer Methods for Single Segment Cloning and for Multisegment DNA Assembly. *Current Protocols in Molecular Biology*, *113*(1), 3.26.21-23.26.20. doi:https://doi.org/10.1002/0471142727.mb0326s113
- Sanford, J. C. (1990). Biolistic plant transformation. *Physiologia Plantarum*, *79*(1), 206-209. doi:https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05888.x
- Santos-Vigil, K. I., Ilhuicatz-Alvarado, D., García-Hernández, A. L., Herrera-García, J. S., & Moreno-Fierros, L. (2018). Study of the allergenic potential of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac toxin following intra-gastric administration in a murine model of food-allergy. *International Immunopharmacology*, *61*, 185-196. doi:https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.05.029
- Sarkar, B., Patra, A. K., & Purakayastha, T. J. (2008). Transgenic Bt-Cotton Affects Enzyme Activity and Nutrient Availability in a Sub-Tropical Inceptisol. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *194*(4), 289-296. doi:https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00312.x
- Schinasi, L., & Leon, M. E. (2014). Non-Hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*, *11*(4), 4449-4527. doi:10.3390/ijerph110404449
- Schouten, H. J., Krens, F. A., & Jacobsen, E. (2006). Cisgenic plants are similar to traditionally bred plants. *EMBO reports*, *7*(8), 750-753. doi:https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400769
- Selb, R., Wal, J. M., Moreno, F. J., Lovik, M., Mills, C., Hoffmann-Sommergruber, K., & Fernandez, A. (2017). Assessment of endogenous allergenicity of genetically modified plants exemplified by soybean – Where do we stand? *Food and Chemical Toxicology*, *101*, 139-148. doi:https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.01.014
- Senapati, T., Mukerjee, A. K., & Ghosh, A. R. (2009). Observations on the effect of glyphosate based herbicide on ultra structure (SEM) and enzymatic activity in different regions of alimentary canal and gill of *Channa punctatus* (Bloch).

- Journal of Crop and Weed*, 5(1), 236-245.
- Sendashonga, C., Hill, R., & Petrini, A. (2005). The Cartagena Protocol on Biosafety: Interaction between the Convention on Biological Diversity and the World Organisation for Animal Health. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 24, 19-30.
- Shukla, M., Al-Busaidi, K. T., Trivedi, M., & Tiwari, R. K. (2018). Status of research, regulations and challenges for genetically modified crops in India. *GM Crops & Food*, 9(4), 173-188. doi:10.1080/21645698.2018.1529518
- Skevas, T., Kikulwe, E. M., Papadopoulou, H., Skevas, I., & Wesseler, J. (2012). Do European Union Farmers Reject Genetically Modified Maize? Farmer Preferences for Genetically Modified Maize in Greece. In (Vol. 15, pp. 242-256). AgBioForum.
- Smith, M. J. (2013). Are Genetically Modified Foods a Gut-Wrenching Combination?, 1-5. Retrieved from Intitute for Responsible Technology website: <https://www.responsibletechnology.org/for-review/glutenintroduction/>
- Smyth, S. J. (2017). Canadian regulatory perspectives on genome engineered crops. *GM Crops & Food*, 8(1), 35-43. doi:10.1080/21645698.2016.1257468
- Stokstad, E. (2019). After 20 years, golden rice nears approval. *Science*, 366(6468), 934. doi:10.1126/science.366.6468.934
- Sun, C. X., Chen, L. J., Wu, Z. J., Zhou, L. K., & Shimizu, H. (2007). Soil persistence of *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin from transgenic Bt cotton tissues and its effect on soil enzyme activities. *Biology and Fertility of Soils*, 43(5), 617-620. doi:10.1007/s00374-006-0158-6
- Swamy, B. P. M., Samia, M., Boncodin, R., Marundan, S., Rebong, D. B., Ordonio, R. L., . . . MacKenzie, D. J. (2019). Compositional Analysis of Genetically Engineered GR2E “Golden Rice” in Comparison to That of Conventional Rice. *J Agric Food Chem*, 67(28), 7986-7994. doi:10.1021/acs.jafc.9b01524
- Swanson, N., Leu, A., Abrahamson, J., & Wallet, B. (2014). Genetically engineered crops, glyphosate and the deterioration of health in the United States of America. *Jornal of Organic Systems*, 9, 6-37.
- Tagliabue, G. (2017). The EU legislation on “GMOs” between nonsense and protectionism: An ongoing Schumpeterian chain of public choices. *GM Crops & Food*, 8(1), 57-73. doi:10.1080/21645698.2016.1270488
- Tilocca, M. G., Serratrice, G., Oggiano, M. A., Mancuso, M. R., Mascia, I., Marongiu, E., & Vodret, B. (2014). Monitoring the presence of genetically modified potato EH92-527-1 (BPS-25271-9) in commercial processed food. *Italian Journal of Food Safety*, 3(1). doi:10.4081/ijfs.2014.1628
- Tolin, S. A., & Vidaver, A. K. (2019). Genetically Modified Organisms: Guidelines and Regulations for Research☆. In T. M. Schmidt (Ed.), *Encyclopedia of Microbiology (Fourth Edition)* (pp. 378-389). Oxford: Academic Press.
- Tsatsakis (b), A. M., Nawaz, M. A., Kouretas, D., Balias, G., Savolainen, K., Tutelyan, V. A., . . . Chung, G. (2017). Environmental impacts of genetically modified plants: A review. *Environmental Research*, 156, 818-833. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.011>
- Tsatsakis, A. M., Nawaz, M. A., Tutelyan, V. A., Golokhvast, K. S., Kalantzi, O.-I., Chung, D. H., . . . Chung, G. (2017). Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 108-121. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.033>

- Ufaz, S., & Galili, G. (2008). Improving the content of essential amino acids in crop plants: goals and opportunities. *Plant physiology*, 147(3), 954-961. doi:10.1104/pp.108.118091
- Upton, H. F., & Cowan, T. (2014). *Genetically Engineered Salmon*.
- US EPA. (2001). *A Set of Scientific Issues Being Considered by the Environmental Protection Agency Regarding: Assessment of Additional Scientific Information Concerning StarLink™ Corn*. (2001-09). epa.gov Retrieved from <https://archive.epa.gov/scipoly/sap/meetings/web/pdf/julyfinal.pdf>.
- USDA. Regulation of Biotech Plants. How the Federal Government Regulates Biotech Plants. from U.S. Department of Agriculture <https://www.usda.gov/topics/biotechnology/how-federal-government-regulates-biotech-plants>
- USDA. (2018). *Establishing the National Bioengineered Food Disclosure Standard*. (No. 0278.18). usda.gov Retrieved from <https://www.usda.gov/media/press-releases/2018/12/20/establishing-national-bioengineered-food-disclosure-standard>.
- USDA. (2019). *Argentina-Agricultural Biotechnology Annual*. Retrieved from [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Agricultural%20Biotechnology%20Annual Buenos%20Aires Argentina 2-15-2019.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Agricultural%20Biotechnology%20Annual%20Buenos%20Aires%20Argentina%202-15-2019.pdf).
- USDA APHIS. (2013). *USDA Announces Close and Findings of Investigation into the Detection of Genetically Engineered Wheat in Oregon in 2013 Opens New Investigation Into Separate Detection of GE Wheat in Montana in 2014*. aphis.usda.gov Retrieved from https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/biotechnology/brs-news-and-information/2014_brs_news/oregon_wheat_close.
- USDA APHIS. (2019). *APHIS Provides Update on Detection of Genetically Engineered (GE) Wheat*. aphis.usda.gov Retrieved from https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa_by_date/2019/sa-07/ge-wheat.
- Vigani, M., & Olper, A. (2013). GMO standards, endogenous policy and the market for information. *Food Policy*, 43, 32-43. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.08.001>
- Waigmann, E., Paoletti, C., Davies, H., Perry, J., Kärenlampi, S., & Kuiper, H. (2012). Risk assessment of Genetically Modified Organisms (GMOs). *EFSA Journal*, 10(10), s1008. doi:<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.s1008>
- Watson, D. J., Caudy, A. A., Myers, M. R., & Witkowski, A. J. (2007). Βασικά εργαλεία της τεχνολογίας του ανασυνσυσταμένου DNA. In *Ανασυνδρασμένο DNA. Γονίδια και γονιδιώματα. Μια συνοπτική παρουσίαση*. (1 ed., pp. 100-102). Αλεξανδρούπολη Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Wellmann, H., Kaltschmidt, B., & Kaltschmidt, C. (1999). Optimized protocol for biolistic transfection of brain slices and dissociated cultured neurons with a hand-held gene gun. *Journal of Neuroscience Methods*, 92(1), 55-64. doi:[https://doi.org/10.1016/S0165-0270\(99\)00094-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0270(99)00094-1)
- Wheeldon, J., & Ahlberg, M. K. (2012). *Visualizing Social Science Research. Maps, Methods, Meaning*. USA: SAGE
- WHO, & FAO. (2006). *Safety evaluation of certain contaminants in food*. US: FAO/WHO.
- Widholm, J. M. (2001). 27 - Plant Genetic Modification Technologies. In G. C. Nelson

- (Ed.), *Genetically Modified Organisms in Agriculture* (pp. 275-282). London: Academic Press.
- Wieckzorek, A. (2003). Use of Biotechnology in Agriculture-Benefits and Risks. *Biotechnology, BIO-3*, 1-6. Retrieved from Scholaspase website: <http://hdl.handle.net/10125/3349>
- Williams, G. M., Kroes, R., & Munro, I. C. (2000). Safety Evaluation and Risk Assessment of the Herbicide Roundup and Its Active Ingredient, Glyphosate, for Humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 31(2), 117-165. doi:<https://doi.org/10.1006/rtph.1999.1371>
- Wohlers, A. E. (2016). Labeling of genetically modified food: Closer to reality in the United States? *Politics and the Life Sciences*, 32(1), 73-84. doi:10.2990/32_1_73
- Wong, A. Y.-T., & Chan, A. W.-K. (2016). Genetically modified foods in China and the United States: A primer of regulation and intellectual property protection. *Food Science and Human Wellness*, 5(3), 124-140. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.03.002>
- Wu, Z., Mo, C., Zhang, S., & Li, H. (2018). Characterization of Papaya ringspot virus isolates infecting transgenic papaya 'Huanong No.1' in South China. *Scientific Reports*, 8(1), 8206. doi:10.1038/s41598-018-26596-x
- Wunderlich, S., & Gatto, K. A. (2015). Consumer Perception of Genetically Modified Organisms and Sources of Information. *Advances in Nutrition*, 6(6), 842-851. doi:10.3945/an.115.008870
- Xu, C. (2015). Nothing to Sneeze at: the Allergenicity of GMOs. Retrieved from <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/allergies-and-gmos/>
- Yang, Y. T., & Chen, B. (2016). Governing GMOs in the USA: science, law and public health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(6), 1851-1855. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.7523>
- Yao, J., Weng, Y., Dickey, A., & Wang, K., Y. (2015). Plants as Factories for Human Pharmaceuticals: Applications and Challenges. *International Journal of Molecular Science*, 16(12), 1-17. doi:<https://doi.org/10.3390/ijms161226122>
- Yun, J.-Y., Kim, S.-T., Kim, S.-G., & Kim, J.-S. (2019). A zero-background CRISPR binary vector system for construction of sgRNA libraries in plant functional genomics applications. *Plant Biotechnology Reports*, 13(5), 543-551. doi:10.1007/s11816-019-00567-8
- ΥΠΑΑΤ. (24/09/2020). Νομοθεσία Φυτογενετικών Πόρων και Προϊόντων Βιοτεχνολογίας. Retrieved from <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/polylikomenu/555-nomothesia-%20polyliko/nomothesia-fitogenetikon-polyliko/2784-nomothesia-fyto-poron>
- Zhang, C., Wohlhueter, R., & Zhang, H. (2016). Genetically modified foods: A critical review of their promise and problems. *Food Science and Human Wellness*, 5(3), 116-123. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.002>
- Zhang, S., Ao, X., & Kim, I. H. (2019). Effects of non-genetically and genetically modified organism (maize-soybean) diet on growth performance, nutrient digestibility, carcass weight, and meat quality of broiler chicken. *Asian-Australas J Anim Sci*, 32(6), 849-855. doi:10.5713/ajas.18.0723
- Zimmermann, R., & Qaim, M. (2004). Potential health benefits of Golden Rice: a Philippine case study. *Food Policy*, 29(2), 147-168. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.03.001>
- Zimny, T., Sowa, S., Tyczewska, A., & Twardowski, T. (2019). Certain new plant

- breeding techniques and their marketability in the context of EU GMO legislation – recent developments. *New Biotechnology*, 51, 49-56. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nbt.2019.02.003>
- Αποστολίδη, Ε., & Βασιλείου, Σ. (2015). Η στάση των καταναλωτών απέναντι στα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. In (pp. 50-106). ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2018). Η γεωργία στο δίκτυο Natura 2000. In Ε. Επιτροπή (Ed.), (pp. 8-130).
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2016). Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 6ης Οκτωβρίου 2016 σχετικά με το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής που αφορά την ανανέωση της άδειας για τη διάθεση στην αγορά προς καλλιέργεια σπόρων γενετικώς τροποποιημένου αραβοσίτου της σειράς MON 810 (MON-ØØ81Ø-6) (D046170/00 – 2016/2921(RSP)). In. Βρυξέλλες.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2018). Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 3ης Μαΐου 2018 σχετικά με το σχέδιο εκτελεστικής απόφασης της Επιτροπής για ανανέωση της έγκρισης της διάθεσης στην αγορά τροφίμων και ζωοτροφών που παράγονται από γενετικώς τροποποιημένα ζαχαρότευτλα H7-1 (KM-ØØØH71-4), σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα και ζωοτροφές (D055630–01 – 2018/2651(RSP). In *B8-0220/2018*. Βρυξέλλες ΕΚ.
- Αριθμ. 40332. Έγκριση Εθνικής Στρατηγικής για τη Βιοποικιλότητα για τα έτη 2014–2029 και Σχεδίου Δράσης πενταετούς διάρκειας., 40332 C.F.R. (2014).
- Ζενάκος, Δ. (2018). Γενετικώς Τροποποιημένοι Οργανισμοί. Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία. Δυνατότητα μονομερούς απαγόρευσης. In (pp. 4-53).
- Παναγιωτόπουλος, Π. (2010). Γενετικά Τροποποιημένοι Οργανισμοί και Γενετική Ρύπανση. In (pp. 5-10). Καλαμάτα: ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Σταυρίδου, Ε. (2012). ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΣΟΜΑΣΑΣ (S. lycopersicum L.) ΜΕ ΤΟ ΓΟΝΙΔΙΟ gmgstu4 ΤΗΣ ΣΟΓΙΑΣ (G. max) ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΗΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΓΟΝΙΔΙΑΚΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ. In (pp. 115). Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ Γεωπονική Σχολή.
- Τσαυτάρης, Α. (1998). *Βιοτεχνολογία: Επιτεύγματα, Προοπτικές, Προβληματισμοί* (ΕΙΕ Ed.). Αθήνα: Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, ΕΙΕ.
- ΥΠΑΑΤ. (2020). Η Παγκόσμια Ημέρα Βιοποικιλότητας και η συμβολή του ΥΠΑΑΤ [Press release]. Retrieved from <http://www.minagric.gr/index.php/el/the-ministry-2/grafeiotypou/deltiatypou/9856-dt220520>
- Φανουράκης, Ν. (2002). *Γενετική Βελτίωση Φυτών. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ* (ΙΩΝ Ed.). Αθήνα: ΙΩΝ.
- Φουρτίνη, Α. Γ. (2005). Βιοτεχνολογία και Γενετικά Τροποποιημένοι Οργανισμοί. In *Οι πρόσφατες εξελίξεις σχετικά με τους ΓΤΟ και η αντιμετώπισή τους απο την ΕΕ.:* Πανεπιστήμιο Πειραιώς