



**ΕΘΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΒΙΟΗΘΙΚΗΣ**

## **ΕΚΘΕΣΗ**

**Δημιουργία Γενετικά Τροποποιημένων Οργανισμών (ΓΤΟ) με Χρήση  
Συμβατικών Γενετικών Τεχνολογιών και Νέων Τεχνολογιών  
Τροποποίησης του Γονιδιώματος:  
Ηθικά Ζητήματα για τον Άνθρωπο και το Περιβάλλον**

*Εισηγητές: Βασιλική Μολλάκη, Τάκης Βιδάλης*



**ΕΘΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΒΙΟΗΘΙΚΗΣ**

Νεοφύτου Βάμβα 6, Τ.Κ. 10674, Αθήνα, τηλ. 210- 88.47.700, φαξ 210- 88.47.701

E-mail: [secretariat@bioethics.gr](mailto:secretariat@bioethics.gr), url: [www.bioethics.gr](http://www.bioethics.gr)



## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή .....	4
2. Τα επιστημονικά δεδομένα .....	5
2.1 Ορισμοί και τεχνικές βελτίωσης και γενετικής τροποποίησης .....	5
2.1.1 Συμβατικές Μέθοδοι Καλλιέργειας και Αναπαραγωγής (Conventional Breeding Techniques - CBT) .....	6
2.1.2 Εδραιωμένες τεχνικές γενετικής τροποποίησης (Established Techniques of Genetic Modification - ETGM) .....	7
2.1.3 Νέες Τεχνολογίες Καλλιέργειας και Αναπαραγωγής (New Breeding Techniques - NBT).....	9
2.2 Εκτίμηση της ασφάλειας των ΓΤΟ από τις αρμόδιες Αρχές.....	10
2.2.1 Οι πιθανοί κίνδυνοι από την κατανάλωση των ΓΤΟ .....	11
2.2.2 Οι πιθανοί κίνδυνοι από την απελευθέρωση στο περιβάλλον	13
2.3 Τα πιθανά οφέλη των ΓΤΟ .....	14
3. Ηθικά ζητήματα .....	15
3.1. Ασφάλεια .....	15
3.2. Οικονομικά δικαιώματα .....	17
4. Το ισχύον δίκαιο .....	20
5. Προτάσεις .....	22
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	23

## 1. Εισαγωγή

Από τη στιγμή που ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί φυτά και να εκτρέφει ζώα, συνειδητοποίησε την ποικιλομορφία των χαρακτηριστικών των οργανισμών αυτών και επέλεξε τη χρήση και «διαίωνιση» εκείνων που εμφάνιζαν επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως καλύτερη παραγωγή και αντοχή σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Μέσω διασταυρώσεων, επιλογής και επαναδιασταυρώσεων, προέκυπταν οργανισμοί (φυτά ή ζώα) με βελτιωμένα χαρακτηριστικά.

Αν και αυτός ο τρόπος βελτίωσης των χαρακτηριστικών των οργανισμών χρησιμοποιείται έως και σήμερα, η εξέλιξη των βιολογικών επιστημών οδήγησε στη γενετική τροποποίησή τους, με στόχο τη δημιουργία νέων ή τη βελτίωση ήδη υπάρχοντων χαρακτηριστικών. Αφενός η ανακάλυψη των νόμων που διέπουν τη Γενετική και ειδικότερα την κληρονόμηση γενετικών χαρακτηριστικών, αφετέρου η χρήση μοριακών τεχνικών γενετικής μηχανικής ή τροποποίησης του γονιδιώματος, οδήγησαν στη δημιουργία οργανισμών με συγκεκριμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά που φέρουν εξωγενή τμήματα DNA. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις, ο γενετικά τροποποιημένος οργανισμός (ΓΤΟ) φέρει πέραν του ενός επιθυμητού χαρακτηριστικού.

Το ζήτημα των ΓΤΟ παραμένει σταθερά επίκαιρο τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας όσο και μεταξύ του κοινού. Στο επίκεντρο της συζήτησης βρίσκονται, κυρίως, οι επιπτώσεις της κατανάλωσης των ΓΤΟ στην ανθρώπινη υγεία και οι επιπτώσεις απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον.

Σκοπός της παρούσας Έκθεσης είναι η παρουσίαση των μεθόδων τροποποίησης γενετικών χαρακτηριστικών διαφόρων οργανισμών με έμφαση στα φυτά, η επισκόπηση της βιβλιογραφίας για την ασφάλεια κατανάλωσης των ΓΤΟ ή παραγώγων τους και της απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον, η ανάδειξη των ηθικών ζητημάτων που προκύπτουν από τη χρήση τους καθώς και το νομικό πλαίσιο που καλύπτει την καλλιέργεια, κατανάλωση και διάθεση στην αγορά των ΓΤΟ. Ειδική αναφορά γίνεται στην εφαρμογή των νέων τεχνολογιών τροποποίησης γονιδιώματος, που βασίζονται σε χρήση νέων εφαρμογών με νουκλεάσες.

## 2. Τα επιστημονικά δεδομένα

### 2.1 Ορισμοί και τεχνικές βελτίωσης και γενετικής τροποποίησης

Ως «γενετικά τροποποιημένοι» ορίζονται οι οργανισμοί (φυτά, ζώα, μικροοργανισμοί) των οποίων το γενετικό υλικό (DNA) έχει τροποποιηθεί κατά τρόπο που δε συμβαίνει φυσιολογικά με σύζευξη ή/και φυσιολογικό ανασυνδυασμό.<sup>1</sup> Η τεχνολογία δημιουργίας ΓΤΟ συχνά αναφέρεται ως «γενετική τεχνολογία», «γενετική μηχανική», ή «τεχνολογία ανασυνδυασμένου DNA». Ειδική κατηγορία ΓΤΟ είναι οι «διαγονιδιακοί οργανισμοί», στους οποίους έχει εισαχθεί ξένο γενετικό υλικό (ένα ή περισσότερα γονίδια) από άλλα είδη.

Στη φύση, το γονιδίωμα των οργανισμών μπορεί να αλλάξει κάθε φορά που αντιγράφεται το DNA των κυττάρων. Συνήθως, οι αλλαγές αυτές (λάθη κατά την αντιγραφή του DNA) επιδιορθώνονται από κυτταρικούς μηχανισμούς, ενώ σε αντίθετη περίπτωση, τα λάθη αυτά είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε παθολογική για τον οργανισμό κατάσταση. Αλλαγές στο γονιδίωμα μπορούν, επίσης, να προκαλέσουν ορισμένοι ιοί, όπως οι ρετροϊοί, και περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η ιοντίζουσα ακτινοβολία. Ωστόσο, οι παραπάνω μηχανισμοί, αν και προκαλούν αλλαγές στο γονιδίωμα των οργανισμών, δεν θεωρούνται γενετική τροποποίηση επειδή δεν προκαλούν στοχευμένες αλλαγές.

Στο αρχικό αυτό σημείο της Έκθεσης κρίνεται σκόπιμο να περιγραφούν σύντομα οι μέθοδοι βελτίωσης και γενετικής τροποποίησης των οργανισμών. Αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: α) Συμβατικές Μέθοδοι (Conventional Breeding Techniques - CBT), β) Συμβατικές Γενετικές Τεχνολογίες (Established

---

<sup>1</sup> [Οδηγία 2001/18/ΕΚ](#) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Μαρτίου 2001 για τη σκόπιμη ελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον και την κατάργηση της οδηγίας 90/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου.

Techniques Of Genetic Modification - ETGM), και γ) Νέες Τεχνολογίες (New Breeding Techniques - NBT).<sup>2</sup>

### 2.1.1 Συμβατικές Μέθοδοι Καλλιέργειας και Αναπαραγωγής (Conventional Breeding Techniques - CBT)

Από τη στιγμή που ξεκίνησε τις γεωργικές καλλιέργειες και την εκτροφή ζώων, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τις κλασικές ή συμβατικές μεθόδους παραγωγής φυτών και ζώων με επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως π.χ. παραγωγικότητα και αντοχή σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά αποτελούν μέρος του φαινοτύπου του οργανισμού, ο οποίος είναι αποτέλεσμα του γονότυπου σε συνδυασμό με τις επιδράσεις περιβαλλοντικών παραγόντων. Στην περίπτωση αυτή η επιλογή πραγματοποιείται βάσει του φαινοτύπου, αλλά οδηγεί στην αύξηση της συχνότητας του αντίστοιχου γονότυπου στις επόμενες γενιές. Οι συμβατικές μέθοδοι περιλαμβάνουν, κυρίως:

- α) Την απλή επιλογή οργανισμών (φυτών ή ζώων) με επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως π.χ. την επιλογή συγκεκριμένων σπόρων για σπορά και καλλιέργεια στην επόμενη γεωργική περίοδο.
- β) Τη διασταύρωση οργανισμών με επιθυμητά χαρακτηριστικά, την μετέπειτα επιλογή τους και επαναδιασταύρωσή τους. Στην περίπτωση αυτή, οι οργανισμοί πρέπει να ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικό αλλά συγγενές είδος, με την προϋπόθεση ότι τα δύο είδη είναι συμβατά και μπορούν να αναπαραχθούν με διασταύρωση.
- γ) Τη δημιουργία υβριδίων με διασταύρωση, και την μετέπειτα επιλογή των υβριδίων που παρουσιάζουν πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους δύο γονείς -φαινόμενο που αναφέρεται ως *ετέρωση*.

---

<sup>2</sup> Για περισσότερες λεπτομέρειες οι αναγνώστες/ριες παραπέμπονται στο εξηγηματικό σημείωμα (explanatory note) «New techniques in Agricultural Biotechnology» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, που περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των μεθόδων, παραδείγματα εφαρμογής τους σε φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς για την παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, καθώς επίσης και σύγκριση των διαφόρων τεχνικών. [New techniques in Agricultural Biotechnology](#). High Level Group of Scientific Advisors. Explanatory Note 02. General for Research and Innovation, Unit RTD.01 – Scientific Advice Mechanism (SAM). European Commission 2017.

Στην εκτροφή ζώων εφαρμόζονται επιπλέον τεχνικές για την απόκτηση απογόνων με επιθυμητά χαρακτηριστικά, οι οποίες περιλαμβάνουν, κυρίως, την τεχνητή σπερματέγχυση, που χρησιμοποιείται εκτενώς στα βοοειδή, και την εμβρυομεταφορά.

Τέλος, στις συμβατικές μεθόδους βελτίωσης θα μπορούσε κανείς να συμπεριλάβει την αναπαραγωγική κλωνοποίηση, με στόχο την απόκτηση πανομοιότυπων απογόνων που φέρουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται η μέθοδος της πυρηνικής μεταφοράς σωματικού κυττάρου (Somatic Cell Nuclear Transfer, SCNT).<sup>3</sup> Ωστόσο, η αναπαραγωγική κλωνοποίηση απαιτεί πολύ πιο σύνθετες διαδικασίες και εξειδικευμένο εξοπλισμό συγκριτικά με τις προαναφερθείσες συμβατικές μεθόδους.

Οι συμβατικές μέθοδοι που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποσκοπούν στη βελτίωση των χαρακτηριστικών των οργανισμών χωρίς όμως στοχευμένη γενετική παρέμβαση στο γονιδίωμά τους.

### 2.1.2 Εδραιωμένες τεχνικές γενετικής τροποποίησης (*Established Techniques of Genetic Modification - ETGM*)

Η πρόκληση στοχευμένων αλλαγών στο γονιδίωμα των οργανισμών κατέστη δυνατή με την ανάπτυξη της γενετικής μηχανικής και της βιοτεχνολογίας από τη δεκαετία του '70 κι έπειτα. Στην περίπτωση αυτή, στόχος της γενετικής τροποποίησης είναι η δημιουργία μεταλλάξεων (αλλαγών στην αλληλουχία του DNA) που προκαλούν βελτίωση των ήδη υπάρχοντων χαρακτηριστικών ή την εισαγωγή εξωγενούς DNA/γονιδίου ακόμη και από άλλο, μη-συγγενές είδος, για την απόκτηση νέων επιθυμητών γνωρισμάτων.

Οι βασικότερες τεχνικές εισαγωγής γενετικού υλικού σε κύτταρα είναι:

- α) Ο βομβαρδισμός με μικροσφαιρίδια (Microprojectile Bombardment). Τα μικροσφαιρίδια μεταφέρουν το γενετικό υλικό και εκτοξεύονται με τη

---

<sup>3</sup> βλ. Μανωλάκου Κ., Βιδάλης Τ. (2003). [Αναπαραγωγική κλωνοποίηση του ανθρώπου](#). Έκθεση για την Εθνική Επιτροπή Βιοηθικής.



βοήθεια ενός πιστολιού σε φυτικά κύτταρα που θα τροποποιηθούν, τα οποία στη συνέχεια καλλιεργούνται.

β) Η ηλεκτροδιάτρηση (Electroporation). Με τη μέθοδο της ηλεκτροδιάτρησης τα κύτταρα μεταφέρονται σε διάλυμα που περιέχει ελεύθερο DNA και μετά από ένα σύντομο ηλεκτρικό παλμό, δημιουργούνται οπές στην εξωτερική τους μεμβράνη, οπότε το DNA εισέρχεται στο κυτταρόπλασμα και στον πυρήνα, αν πρόκειται για ευκαρυωτικά κύτταρα.

γ) Η μικροέγχυση (microinjection). Κατά τη μικροέγχυση, το DNA ενίεται και μεταφέρεται κατευθείαν στον πυρήνα των ζωικών κυττάρων μέσω βελονών.

δ) Η χρήση μικροβιακών και ιϊκών φορέων, που εφαρμόζονται τόσο σε φυτικά όσο και σε ζωικά κύτταρα. Σε αυτή την περίπτωση, η μεταφορά γενετικού υλικού πραγματοποιείται με τη χρήση πλασμιδίων. Για το μετασχηματισμό ζωικών κυττάρων χρησιμοποιούνται μη λυτικοί ιοί (ρετροϊοί, αδενϊοί και αδενο-σχετιζόμενοι ιοί). Οι ιϊκοί φορείς κατασκευάζονται αφαιρώντας τα περισσότερα από τα γονίδια του ιού και εισάγοντας στη θέση τους τα γονίδια που ενδιαφέρουν. Στη συνέχεια, το μετασχηματισμένο ιϊκό γενετικό υλικό ενσωματώνεται στο γονιδίωμα του ξενιστή, όπως θα συνέβαινε σε κάθε περίπτωση μόλυνσης του κυττάρου από τον ιό.

Η πιο δημοφιλής μέθοδος μεταφοράς DNA σε πολλά είδη φυτών βασίζεται στη χρήση του *Agrobacterium tumefaciens*, ενός βακτηρίου που μολύνει τα φυτά και προκαλεί σε αυτά τη δημιουργία όγκων (crown galls). Ο παράγοντας του *Agrobacterium* που επάγει τον όγκο είναι το πλασμίδιο Ti, το οποίο ενσωματώνει μέρος του DNA του στο χρωμόσωμα των φυτικών κυττάρων-ξενιστών του.

ε) Η χρήση μεταθετών στοιχείων (Transposons/Transposable Elements), τα οποία είναι γενετικά στοιχεία (τρανσποζόνια και ρετροτρανσποζόνια) ικανά να κατευθύνουν τα ίδια τη μετάθεσή τους μέσα στο γονιδίωμα. Το ξένο γονίδιο εισάγεται στην αλληλουχία του μεταθετού στοιχείου, και κατά τη μετάθεση και έκφραση των γονιδίων του εκφράζονται και τα ξένα γονίδια.



### 2.1.3 Νέες Τεχνολογίες Καλλιέργειας και Αναπαραγωγής (New Breeding Techniques - NBT)

Οι νέες τεχνολογίες (New Breeding Techniques - NBT), αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για γενετική τροποποίηση. Η κατευθυνόμενη μεταλλαξιγένεση μέσω ολιγονουκλεοτιδίου (Oligonucleotide Directed Mutagenesis) αποτελεί μια τεχνική που καθιστά δυνατή την παρέμβαση σε μία ή λίγες βάσεις (αντικατάσταση, διαγραφή ή εισαγωγή) και χρησιμοποιείται συχνά για μεταλλαξιγένεση.

Ωστόσο, οι νέες τεχνολογίες τροποποίησης γονιδιώματος που βασίζονται σε νουκλεάσες, είναι αυτές που έχουν αυξήσει εκθετικά τις δυνατότητες γενετικής τροποποίησης, χάρη στην αποτελεσματικότητα, την απλότητα και το σχετικά χαμηλό τους κόστος. Οι νέες τεχνολογίες τροποποίησης γονιδιώματος βασίζονται στη χρήση ειδικών ενζύμων, των νουκλεασών και περιλαμβάνουν τις νουκλεάσες δακτύλων ψευδαργύρου (ZFNs, Zinc Finger Nucleases), τις νουκλεάσες τύπου TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases) και τις νουκλεάσες του συστήματος CRISPR/Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/associated protein-9 nuclease).<sup>4</sup>

Η ιδιαιτερότητα των νέων τεχνολογιών τροποποίησης γονιδιώματος έγκειται στο γεγονός ότι μπορούν να προκαλέσουν μεταλλάξεις σε μία ή περισσότερες βάσεις του DNA, όμοιες με αυτές που προκαλούνται από φυσική μεταλλαξιγένεση και χωρίς την εισαγωγή ξένου γονιδίου/DNA. Επομένως οι μεταλλάξεις αυτές μπορούν να μην είναι ανιχνεύσιμες ως «γενετικές τροποποιήσεις». Οι εν λόγω μέθοδοι καθιστούν επίσης δυνατή την τροποποίηση της έκφρασης των γονιδίων, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται συγκεκριμένες ιδιότητες των οργανισμών χωρίς να προκαλούνται αλλαγές στα ίδια τα γονίδια. Επιπρόσθετα, οι νουκλεάσες αυτές λειτουργούν αναγνωρίζοντας συμπληρωματικές αλληλουχίες και, για το λόγο αυτό, είναι δυνατόν να δημιουργήσουν μεταλλάξεις σε έκτοπες θέσεις, π.χ. στο επιθυμητό γονίδιο-στόχο, αλλά ταυτόχρονα και σε άλλα γονίδια, τα οποία

<sup>4</sup> Για περισσότερες λεπτομέρειες οι αναγνώστες/ριες παραπέμπονται στην Έκθεση «Γενετική επεξεργασία του γονιδιώματος» για την Εθνική Επιτροπή Βιοηθικής. Μολλάκη Β. και Βιδάλης Τ. 2016, [Γενετική επεξεργασία του γονιδιώματος](#). Έκθεση για την Εθνική Επιτροπή Βιοηθικής.

παρουσιάζουν ομόλογες (αλληλουχίες (off target effects)).<sup>5,6</sup> Οι παραπάνω ιδιαιτερότητες των νέων τεχνολογιών τροποποίησης γονιδιώματος έχουν προκαλέσει έντονη συζήτηση και προβληματισμό τα τελευταία οκτώ περίπου χρόνια.

Οι νέες τεχνολογίες καλλιέργειας και αναπαραγωγής έχουν ήδη εφαρμοστεί σε πληθώρα μικροοργανισμών, φυτών και ζώων,<sup>4</sup> ενώ είναι εφικτή η ταυτόχρονη τροποποίηση σε περισσότερα από ένα γονίδια. Για παράδειγμα, μελέτη έδειξε την επιτυχημένη ταυτόχρονη τροποποίηση δεκατεσσάρων γενετικών τόπων στο φυτό *Arabidopsis thaliana* με την τεχνολογία CRISPR/Cas9, χωρίς να εμφανίζονται μη-επιθυμητές αλλαγές εκτός στόχων,<sup>7</sup> ενώ παρόμοια μελέτη στο ρύζι, τροποποίησε ταυτόχρονα 46 γενετικούς τόπους.<sup>8</sup>

## 2.2 Εκτίμηση της ασφάλειας των ΓΤΟ από τις αρμόδιες Αρχές

Οι ΓΤΟ που δεν έχουν δημιουργηθεί με τις συμβατικές μεθόδους αλλά με τις νέες τεχνολογίες καλλιέργειας και αναπαραγωγής, μπορεί να αναπτύξουν νέα ή τροποποιημένα χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Για το λόγο αυτόν, η ασφάλεια των ΓΤΟ που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο ή από ζώα (ως ζωοτροφές) ή για απελευθέρωση στο περιβάλλον, αξιολογείται με συγκεκριμένες διαδικασίες από αρμόδιες αρχές. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής οι ΓΤΟ ελέγχονται από τον Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency, EPA), τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration, FDA) και το Υπουργείο Γεωργίας (U.S. Department of Agriculture,

<sup>5</sup> Fu Y, Foden JA, Khayter C, Maeder ML, Reyon D, Joung JK, Sander JD. High-frequency off-target mutagenesis induced by CRISPR-Cas nucleases in human cells. *Nat Biotechnol.* 2013 Sep;31(9):822-6.

<sup>6</sup> Hsu PD, Scott DA, Weinstein JA, Ran FA, Konermann S, Agarwala V, Li Y, Fine EJ, Wu X, Shalem O, Cradick TJ, Marraffini LA, Bao G, Zhang F. DNA targeting specificity of RNA-guided Cas9 nucleases. *Nat Biotechnol.* 2013 Sep;31(9):827-32.

<sup>7</sup> Peterson BA, Haak DC, Nishimura MT, Teixeira PJ, James SR, Dangl JL, Nimchuk ZL. Genome-Wide Assessment of Efficiency and Specificity in CRISPR/Cas9 Mediated Multiple Site Targeting in *Arabidopsis*. *PLoS One.* 2016 Sep 13;11(9):e0162169.

<sup>8</sup> Ma X, Zhang Q, Zhu Q, Liu W, Chen Y, Qiu R, Wang B, Yang Z, Li H, Lin Y, Xie Y, Shen R, Chen S, Wang Z, Chen Y, Guo J, Chen L, Zhao X, Dong Z, Liu YG. A Robust CRISPR/Cas9 System for Convenient, High-Efficiency Multiplex Genome Editing in Monocot and Dicot Plants. *Mol Plant.* 2015 Aug;8(8):1274-84.

USDA), ενώ σε ευρωπαϊκό επίπεδο αρμόδια είναι η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (European Food Safety Authority, EFSA).

Οι αρμόδιες Αρχές εκτιμούν την ασφάλεια των ΓΤΟ καλλιεργειών σε σχέση με τις συμβατικές καλλιέργειες με μοριακές μεθόδους, κάνοντας συγκριτική μελέτη της σύστασης των προϊόντων, με φαινοτυπικές και γεωπονικές αναλύσεις. Η εκτίμηση της ασφάλειας επικεντρώνεται στα νέα χαρακτηριστικά και τις νέες ιδιότητες που αποκτά ο οργανισμός, στην πιθανή τοξικότητα, στην πιθανότητα να προκαλεί αλλεργία καθώς και στην πιθανή ύπαρξη μη-επιθυμητών επιπτώσεων (είτε στον ίδιο τον τροποποιημένο οργανισμό είτε στις αλληλεπιδράσεις του με άλλους οργανισμούς στο περιβάλλον).

#### *2.2.1 Οι πιθανοί κίνδυνοι από την κατανάλωση των ΓΤΟ*

Οι αρμόδιες Αρχές εκτιμούν την ασφάλεια των ΓΤΟ καλλιεργειών προκειμένου να εξασφαλίσουν ότι ελαχιστοποιούνται ή εξαλείφονται οι κίνδυνοι για την υγεία των καταναλωτών. Οι πιθανοί αυτοί κίνδυνοι είναι δυνατόν να οφείλονται:<sup>9,10</sup>

- Στις πιθανές αλληλεπιδράσεις με άλλα γονίδια, αλληλεπιδράσεις που δεν μπορούν να προβλεφθούν εξ αρχής και είναι δυνατόν να προκαλέσουν τοξικότητα ή να επηρεάσουν το μεταβολισμό του οργανισμού που τα καταναλώνει.
- Στα αυξημένα επίπεδα κατάλοιπων φυτοφαρμάκων (π.χ. γλυφοσάτη), που έχουν συσχετιστεί με την ανάπτυξη καρκίνου και, συγκεκριμένα, λεμφώματος. Ωστόσο, η καρκινική δράση στην περίπτωση αυτή δεν οφείλεται στο γενετικά τροποποιημένο προϊόν καθεαυτό, αλλά στα υπολείμματα φυτοφαρμάκων που μπορεί να περιέχει.

<sup>9</sup> Hug K. Genetically modified organisms: do the benefits outweigh the risks? *Medicina (Kaunas)*. 2008;44(2):87-99.

<sup>10</sup> Tsatsakis AM, Nawaz MA, Tutelyan VA, Golokhvast KS, Kalantzi OI, Chung DH, Kang SJ, Coleman MD, Tyshko N, Yang SH, Chung G. Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food Chem Toxicol*. 2017 Sep;107(Pt A):108-121.

- Στις νέες πρωτεΐνες που παράγονται στους ΓΤΟ ή από τις αλληλεπιδράσεις των νέων πρωτεϊνών με υπάρχουσες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν αλλεργίες (αλλεργιογένεση).
- Στην οριζόντια μεταφορά γονιδίων, μέσω της οποίας το γενετικά τροποποιημένο γονίδιο μπορεί να μεταφερθεί στα κύτταρα του οργανισμού που το καταναλώνει, ακόμη και αν πρόκειται για οργανισμό άλλου είδους.
- Στην ανάπτυξη αντοχής σε αντιβιοτικά. Τα γονίδια που προσδίδουν αντοχή/αντίσταση σε αντιβιοτικά και συχνά φέρουν οι ΓΤΟ, είναι δυνατόν να μεταφερθούν στα βακτήρια του εντέρου του οργανισμού που τα καταναλώνει.

Έως σήμερα, ερευνητικές ομάδες έχουν εκπονήσει μελέτες για τη διερεύνηση της ασφάλειας της κατανάλωσης των ΓΤΟ και τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των οργανισμών που τα καταναλώνουν. Διάφορα ΓΤ προϊόντα όπως ντομάτα, ρύζι, καλαμπόκι, σόγια και σιτάρι έχουν δοκιμαστεί σε ποικίλα ζωικά πρότυπα, όπως αρουραίους, ποντίκια, βοοειδή και κοτόπουλα.<sup>10,11,12</sup> Αν και υπάρχουν επιστημονικές έρευνες που κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση ΓΤΟ ενέχει πιθανούς κινδύνους για την υγεία, στις περισσότερες των περιπτώσεων οι μελέτες αυτές αμφισβητήθηκαν ως προς τον πειραματικό σχεδιασμό ή ως προς το ζωικό πρότυπο που επιλέχθηκε, ή ακολουθήθηκαν από παρόμοιες μελέτες με αντικρουόμενα αποτελέσματα και συμπεράσματα.<sup>10,11,12</sup>

Παρόλο που οι νέες τεχνολογίες καλλιέργειας και αναπαραγωγής, όπως το CRISPR/Cas9, προκαλούν μεταλλαξιγένεση χωρίς την εισαγωγή ξένου γονιδίου, η πιθανή δημιουργία έκτοπων ρηγμάτων σε μη-επιθυμητούς στόχους στο γονιδίωμα, αποτελεί τη βάση της αμφισβήτησης της ασφάλειας των νέων τεχνολογιών καλλιέργειας και αναπαραγωγής για τροποποιημένους οργανισμούς που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα πιθανά σημεία έκτοπων ρηγμάτων στο γονιδίωμα μπορούν να προβλεφθούν και να

---

<sup>11</sup> Bawa AS, Anilakumar KR. Genetically modified foods: safety, risks and public concerns-a review. *J Food Sci Technol*. 2013 Dec;50(6):1035-46.

<sup>12</sup> Buiatti M, Christou P, Pastore G. The application of GMOs in agriculture and in food production for a better nutrition: two different scientific points of view. *Genes Nutr*. 2013 May;8(3):255-70.



ανιχνευτούν,<sup>13</sup> ωστόσο ο εντοπισμός όλων των έκτοπων ρηγμάτων στον τροποποιημένο οργανισμό ενδέχεται να μην είναι δυνατός με τις διαθέσιμες τεχνικές. Οποσδήποτε, η δημιουργία ρηγμάτων σε έκτοπες θέσεις στο γονιδίωμα με τη χρήση του συστήματος CRISPR/Cas9 αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας, με σκοπό τη βελτίωση των πρωτοκόλλων και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων εκτός στόχου.

Το 2012 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή απεύθυνε ερώτημα στην Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων και συγκεκριμένα στην ομάδα (πάνελ) για τους ΓΤΟ, σχετικά με την εκτίμηση της ασφάλειας των φυτών που προκύπτουν από την τεχνολογία ZFN ή παρόμοιες νουκλεάσες που χρησιμοποιούνται για στοχευμένη μεταλλαξιγένεση. Η επιστημονική ομάδα της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι διαθέσιμες διαδικασίες και οδηγίες του EFSA για την εκτίμηση της ασφάλειας των ΓΤΟ που προορίζονται για τροφές (κατανάλωση από τον άνθρωπο) ή ζωοτροφές καθώς και οι οδηγίες για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κινδύνου επαρκούν και ισχύουν και για τις νέες αυτές τεχνολογίες.<sup>14</sup>

### *2.2.2 Οι πιθανοί κίνδυνοι από την απελευθέρωση στο περιβάλλον*

Τα ζητήματα που προκαλούν ανησυχία από την απελευθέρωση των ΓΤΟ στο περιβάλλον περιλαμβάνουν: την πιθανότητα το τροποποιημένο γονίδιο να εισαχθεί στους οργανισμούς αγρίου τύπου (συμβατικές καλλιέργειες), την αλληλεπίδραση του τροποποιημένου γονιδίου με άλλα γονίδια, την αλληλεπίδραση άλλων οργανισμών (π.χ. εντόμων) με το προϊόν του τροποποιημένου γονιδίου, τη σταθερότητα του τροποποιημένου γονιδίου, την απώλεια της βιοποικιλότητας και την αυξημένη χρήση φυτοφαρμάκων.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Hsu PD, Scott DA, Weinstein JA, Ran FA, Konermann S, Agarwala V, Li Y, Fine EJ, Wu X, Shalem O, Cradick TJ, Marraffini LA, Bao G, Zhang F. DNA targeting specificity of RNA-guided Cas9 nucleases. Nat Biotechnol. 2013 Sep;31(9):827-32.

<sup>14</sup> Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed using Zinc Finger Nuclease 3 and other Site-Directed Nucleases with similar function. EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO). European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy EFSA Journal 2012;10(10):2943.

### 2.3 Τα πιθανά οφέλη των ΓΤΟ

Η παραγωγή ΓΤΟ στοχεύει σε τρεις κύριους τομείς της Βιοτεχνολογίας, προσδοκώντας πολλαπλά οφέλη σε κάθε τομέα:

α) Στην αγροτική παραγωγή.<sup>15</sup> Η γενετική τροποποίηση φυτών υπόσχεται και έχει καταφέρει να αναπτύξει καλλιέργειες οι οποίες:

- παρουσιάζουν βελτιωμένη διατροφική ποιότητα και είναι εμπλουτισμένες σε βιταμίνες και ιχνοστοιχεία (π.χ. ρύζι),
- είναι ανθεκτικές στα ζιζανιοκτόνα και σε ασθένειες (π.χ. καλαμπόκι),
- παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες όπως η ξηρασία και υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος (π.χ. ντομάτα),
- παράγουν φρούτα με καθυστερημένη ωρίμανση (π.χ. ντομάτα, φράουλα).

β) Στην παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων.<sup>15,16</sup> Μέσω της γενετικής τροποποίησης ζώων και φυτών είναι δυνατή η παραγωγή διαφόρων φαρμακευτικών ουσιών, που περιλαμβάνουν:

- Αντιγόνα διαφόρων μολυσματικών παραγόντων για την παραγωγή εμβολίων (π.χ. ανασυνδυασμένο αντιγόνο της ηπατίτιδας Β (HBsAg) σε φυτά καπνού ή μαρουλιού, εμβόλια μέσω του γάλακτος των ζώων).
- Αντισώματα με χαμηλότερο κόστος παραγωγής σε σχέση με τη χρήση βακτηρίων (π.χ. σε φύλλα καπνού).
- Ορμόνες (π.χ. ινσουλίνη σε ηλιοτρόπιο).

γ) Σε περιβαλλοντικές εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές εστιάζουν κυρίως στη γενετική τροποποίηση βακτηρίων, κυρίως ως βιοαντιδραστήρες για παραγωγή προϊόντων (π.χ. αντιβιοτικά και βιταμίνες), για την παραγωγή πολυμερών, τη βιοαποικοδόμηση και αποκατάσταση του περιβάλλοντος (π.χ. για τη διάσπαση

<sup>15</sup> Ahmad P, Ashraf M, Younis M, Hu X, Kumar A, Akram NA, Al-Qurainy F. Role of transgenic plants in agriculture and biopharming. *Biotechnol Adv.* 2012 May-Jun;30(3):524-40.

<sup>16</sup> Goldstein DA, Thomas JA. Biopharmaceuticals derived from genetically modified plants. *QJM.* 2004 Nov;97(11):705-16.



πετρελαιοκηλίδων) και την παραγωγή βιοκαυσίμων (π.χ. βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, βιοαέριο κτλ).

### **3. Ηθικά ζητήματα**

Η χρήση ΓΤΟ στην αγροτική παραγωγή, με σκοπό την παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, παρουσιάζει ηθικοκοινωνικά ζητήματα που θα μπορούσαν να καταταχθούν σε δύο τομείς: τον τομέα της ασφάλειας για την υγεία και το περιβάλλον και τον τομέα των δικαιωμάτων που συνδέονται με την οικονομική δραστηριότητα.

#### *3.1. Ασφάλεια*

Το ζήτημα της ασφάλειας ως προς τη χρήση εφαρμογών της γενετικής μηχανικής, γενικά, προκύπτει από την αβεβαιότητα που διατηρείται σε μεγάλη έκταση όσον αφορά τις λειτουργίες των γονιδίων ενός οργανισμού στη μεταξύ τους αλληλεπίδραση και στην αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Παρά τις σημαντικές προόδους της Γενετικής και τα αποφασιστικά βήματα που σηματοδότησαν οι χαρτογραφήσεις των γονιδιωμάτων πολλών ειδών, η γνώση μας ως προς τα θέματα αυτά παραμένουν σχετικά περιορισμένες. Επομένως, επεμβάσεις στη γενετική σύσταση ενός οργανισμού είναι πιθανόν, μαζί με επιθυμητά αποτελέσματα που θα εμφανισθούν στο επίπεδο της φαινοτυπικής έκφρασης, να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες παρενέργειες, κατ' αρχήν απρόβλεπτες λόγω της περιορισμένης γνώσης μας.

Το ενδεχόμενο των ανεπιθύμητων παρενεργειών στην περίπτωση της εφαρμογής γενετικής μηχανικής σε προϊόντα που χρησιμεύουν στη διατροφή, μπορεί να επηρεάσει είτε άμεσα την ανθρώπινη υγεία, λόγω της κατανάλωσης τέτοιων προϊόντων, είτε το φυσικό περιβάλλον, λόγω επιμολύνσεων φυσικών ειδών από ανθεκτικότερα ΓΤ είδη, εις βάρος της διατήρησης της βιοποικιλότητας. Ύστερα από την διεθνή εμπειρία τριών δεκαετιών καλλιεργειών και κατανάλωσης ΓΤ φυτών, δεν έχουν αναφερθεί άμεσοι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία από γενικά

παραδεκτές επιστημονικές μελέτες, αντίθετα υπάρχει αρκετή τεκμηρίωση για συγκεκριμένους κινδύνους όσον αφορά τη βιοποικιλότητα και το περιβάλλον.<sup>17</sup>

Το ηθικό ζήτημα που τίθεται εν προκειμένω είναι αν, εν όψει του πιθανού οφέλους για την αγροτική παραγωγή αλλά και για την κατανάλωση, που μπορεί να συνεπάγεται η χρήση ΓΤ προϊόντων, είναι θεμιτό να αναλαμβάνεται ο κίνδυνος ως προς πιθανές (αλλά ακόμη αβέβαιες) αρνητικές επιπτώσεις αυτής της χρήσης. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να προσδιορίσουμε ένα αποδεκτό επίπεδο ασφάλειας, πέρα από το οποίο δικαιολογείται ηθικοκοινωνικά η χρήση ΓΤ προϊόντων ή, αντίστροφα, δεν δικαιολογείται ο αποκλεισμός τους. Θα πρέπει, εδώ, να ληφθούν υπ' όψη δύο στοιχεία.

Αφ' ενός, κάθε τεχνολογική εφαρμογή συνδέεται αναπόφευκτα με ένα ποσοστό αβεβαιότητας ως προς τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει. Αυτό ισχύει, π.χ., για τα νέα φάρμακα, στην περίπτωση των οποίων η επιτυχής ολοκλήρωση των αντίστοιχων κλινικών δοκιμών εγγυάται απλώς ένα αποδεκτό επίπεδο ασφάλειας και όχι απόλυτη ασφάλεια. Για τον λόγο αυτόν, η δράση του φαρμάκου εξακολουθεί να παρακολουθείται μακροπρόθεσμα, με τη διενέργεια μη παρεμβατικών μελετών («φαρμακοεπαγρύπνηση»). Επομένως, το επίπεδο ασφάλειας προκύπτει όχι μόνον από μετρήσεις, αλλά και από μια αξιολόγηση «αποδεκτού» ποσοστού κινδύνου, άρα από μια ηθική κρίση.

Αφ' ετέρου, η συμβατική παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών εφαρμόζει από δεκαετίες τεχνολογίες εντατικοποίησης και προστασίας της παραγωγής, ιδίως με την ευρύτατη χρήση χημικών βελτιωτικών και εντομοκτόνων, οι παρενέργειες των οποίων –πέρα από το ότι συχνά εντοπίζονται, αλλά θεωρούνται «αποδεκτές»-, συνδέονται επίσης με ένα περιθώριο αβεβαιότητας. Η διαφορά που παρατηρείται σε σχέση με την γενετική τροποποίηση, ως προς τούτο, είναι περισσότερο ποσοτικού χαρακτήρα, καθώς γνωρίζουμε «λιγότερα» για τη συμπεριφορά του τροποποιημένου γονιδιώματος του νέου οργανισμού, απ' ό,τι γνωρίζουμε για τη συμπεριφορά χημικά ενισχυμένων οργανισμών. Το ζήτημα ωστόσο προφανώς

---

<sup>17</sup> Price, B, Cotter, J. "The GM Contamination Register: a review of recorded contamination incidents associated with genetically modified organisms (GMOs), 1997–2013." *International Journal of Food Contamination*. Dec 2014, 1:5.

διαφοροποιείται, αν υποθεθεί ότι η πρόοδος της Γενετικής εμπλουτίσει σε σημαντικό βαθμό τις γνώσεις μας για τη συμπεριφορά ενός ΓΤ οργανισμού σε σχέση με την υγεία και το περιβάλλον. Και πάλι, βέβαια, η επιδίωξη της απόλυτης ασφάλειας, είναι άτοπη: η αβεβαιότητα παραμένει, και το ερώτημα είναι, ως ποιο σημείο μπορεί να γίνει αποδεκτή.

### 3.2. Οικονομικά δικαιώματα

Η καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων φυτών και η εμπορία προϊόντων τους συνδέεται, επίσης, με πλευρές οικονομικών δικαιωμάτων.

Το πρώτο ζήτημα που τίθεται, σχετικά, αφορά τα δικαιώματα των καλλιεργητών ΓΤΟ. Έχει επισημανθεί, ειδικότερα, η αθέμιτη εξάρτηση των τελευταίων από μια μονοπωλιακή κατάσταση που ήδη έχει διαμορφωθεί στην αγορά.<sup>18</sup> Η κατάσταση αυτή επιβάλλει τόσο τη διαρκή προμήθεια σπόρων, για κάθε νέα εσοδεία, όσο και την χρήση ειδικών βελτιωτικών προϊόντων για την παραγωγή ΓΤ φυτών, από τον ίδιο προμηθευτή. Η προμήθεια σπόρων, έχει στην πράξη καταργήσει το λεγόμενο «γεωργικό προνόμιο», δηλαδή την αξιοποίηση του αναπαραγωγικού υλικού της προηγούμενης εσοδείας από τον παραγωγό.<sup>19</sup> Αυτή η πρακτική, ωστόσο, στις σημερινές συνθήκες των εντατικών γεωργικών εκμεταλλεύσεων, έχει περιορισθεί ακόμη και στις συμβατικές καλλιέργειες. Το πρόβλημα των βελτιωτικών παραμένει, πάντως, καθώς η μετάβαση σε καλλιέργεια ΓΤ φυτών εμφανίζεται να μην έχει «επιστροφή», δηλαδή να μην είναι σε θέση ο γεωργός να επιστρέψει σε συμβατικές καλλιέργειες, κυρίως λόγω του βαθμού ανθεκτικότητας των ΓΤ φυτών έναντι των συμβατικών. Αν, μάλιστα, παρατηρηθούν επιμολύνσεις συμβατικών καλλιεργειών και οι γεωργοί που έχουν θιγεί αναγκασθούν να στραφούν σε ΓΤ καλλιέργειες, ο βαθμός εξάρτησής τους από την παραγωγό εταιρεία καταλήγει να είναι απόλυτος, καθώς δεν υπάρχει άλλη επιλογή

<sup>18</sup> A. Plakias, *Thinking Through Food. A Philosophical Introduction*, Broadview Press, Peterborough 2019, 112- 113.

<sup>19</sup> P.W.B. Philips, *Farmers' Privilege and Patented Seeds*, σε: P.W.B. Philips, Chika B. Onwuekwe, *Accessing and Sharing the Benefits of the Genomics Revolution*, Springer, Dordrecht 2007, σ. 49 επ. και M. Lee, *EU Regulation of GMOs. Law and Decision Making for a New Technology*, Elgar Publ., Cheltenham UK, Northampton MA, 2009, σ. 179 επ.

εναλλακτικής παραγωγικής δραστηριότητας. Αυτό σημαίνει ότι η οικονομική ελευθερία του γεωργού περιορίζεται ασφυκτικά –αν δεν αναιρείται- από τις συνθήκες της συγκεκριμένης αγοράς, σε συνδυασμό με την ιδιόμορφη φύση των ΓΤ φυτών.

Θα μπορούσε κανείς να επιχειρηματολογήσει εδώ, θεωρώντας ότι το καθεστώς της μονοπωλιακής εκμετάλλευσης δεν είναι κατ' ανάγκη μόνιμο, αλλά εξαρτάται από τη δραστηριοποίηση και άλλων εταιρειών στον συγκεκριμένο τομέα, ώστε να διαμορφωθούν συνθήκες ανταγωνισμού, προς όφελος του καλλιεργητή, που θα μπορούσε να επανακτήσει έτσι τα περιθώρια των επιλογών που έχει χάσει. Ιδίως αν θεωρηθεί ότι η λήξη της ευρεσιτεχνίας των συγκεκριμένων ΓΤ φυτών, επιτρέπει στο μέλλον σε περισσότερους να αξιοποιήσουν τη σχετική τεχνολογία, η αντίρρηση φαίνεται βάσιμη. Δεν πρέπει, ωστόσο, να παραβλέπεται ότι, αφ' ενός, η ταχύτητα με την οποία εξελίσσεται η τεχνολογία της γενετικής μηχανικής, ουσιαστικά επιτρέπει νέες καινοτομίες πριν εκπνεύσει ο χρόνος της προηγούμενης ευρεσιτεχνίας, καθιστώντας άχρηστη την εκμετάλλευση της εφαρμογής που καλύπτει η τελευταία, μετά τη λήξη της. Αφ' ετέρου, ακόμη και με την υπόθεση της αποκατάστασης μιας ανταγωνιστικής αγοράς στην παραγωγή ΓΤ πολλαπλασιαστικού υλικού, δεν είναι βέβαιη η απεξάρτηση του γεωργού από την εταιρεία που θα επιλέξει. Και τούτο, λόγω των αποκλειστικών βελτιωτικών που υποστηρίζουν το δικό της μόνο προϊόν και, πιθανόν, λόγω της συνεχιζόμενης αδυναμίας του γεωργού να αλλάξει την καλλιέργειά του με άλλο ΓΤ πολλαπλασιαστικό υλικό, ανάλογα με ό,τι επισημάναμε για την περίπτωση «επιστροφής» σε συμβατικές καλλιέργειες.

Συμπερασματικά, το ερώτημα που τίθεται εδώ είναι, αν ο γεωργός ΓΤ φυτών διατηρεί την οικονομική του ελευθερία.

Το δεύτερο ζήτημα, σε σχέση με την κατοχύρωση οικονομικών δικαιωμάτων, αφορά τόσο τους παραγωγούς όσο και τους εμπόρους προϊόντων διατροφής και ζωοτροφών που περιέχουν ΓΤΟ και συνδέεται με την προστασία του καταναλωτή. Η αβεβαιότητα που διατηρείται ως προς τις επιπτώσεις των ΓΤΟ, έχει οδηγήσει στην υιοθέτηση της πολιτικής της «επισήμανσης» των προϊόντων αυτών (labeling), στην

ΕΕ.<sup>20</sup> Σύμφωνα με τη νομοθεσία, πέρα από ένα ορισμένο όριο ανίχνευσης ΓΤΟ σε ένα προϊόν (0,9%), επιβάλλεται η παροχή της πληροφορίας αυτής στους καταναλωτές, στο πλαίσιο της ενημέρωσής τους για τα συστατικά του προϊόντος. Η συγκεκριμένη ρύθμιση αφορά φυσικά ΓΤΟ που κυκλοφορούν νόμιμα στην αγορά, έχοντας ελεγχθεί από τις αρμόδιες αρχές.

Με αυτό το τελευταίο δεδομένο, το ερώτημα που έχει τεθεί είναι αν η υποχρέωση της «επισήμανσης» ουσιαστικά «στιγματίζει» ένα κατά τεκμήριο «ασφαλές» προϊόν, αποτρέποντας τον καταναλωτή να το προτιμήσει και, με τον τρόπο αυτόν, θίγει την οικονομική ελευθερία του παραγωγού και του εμπόρου αυτών των προϊόντων. Το αντεπιχείρημα, εν προκειμένω, τονίζει τη σημασία της πληροφόρησης του καταναλωτή, ιδίως για συστατικά των οποίων οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία θεωρούνται ακόμη αβέβαιες. Ο ίδιος ο καταναλωτής θα πρέπει, επομένως, να σταθμίζει ελεύθερα τη σημασία αυτής της πληροφορίας, αναλαμβάνοντας κατά κάποιον τρόπο και την ευθύνη της κατανάλωσης. Η ίδια προβληματική ισχύει, ασφαλώς, και ως προς συμβατικά συστατικά πολλών προϊόντων που αποδεδειγμένα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία (συμπεριλαμβανομένων φυσικών συστατικών, όπως τα κορεσμένα λιπαρά, το αλκοόλ κ.λπ.), καθώς και εκεί ο καταναλωτής αναλαμβάνει την τελική ευθύνη της επιλογής του. Η διαφορά, ωστόσο, έγκειται ακριβώς στο ότι, ως προς αυτά τα τελευταία, οι κίνδυνοι έχουν εντοπισθεί συγκεκριμένα και δεν υπάρχει η αβεβαιότητα που συναντάμε στην περίπτωση των συστατικών ΓΤΟ.

Μόνη λύση στο παραπάνω πρόβλημα φαίνεται να είναι η επιμονή στην επιστημονική μελέτη των ΓΤΟ, ώστε η κατάσταση της αβεβαιότητας κάποτε να ξεπερασθεί και οι πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία και το περιβάλλον να συγκεκριμενοποιηθούν. Η προοπτική αυτή συνδέεται, κατ' εξοχήν, με δημόσιες πολιτικές έρευνας που είναι σε θέση να εγγυηθούν την ανεξαρτησία και την αξιοπιστία των σχετικών πορισμάτων.

---

<sup>20</sup> P. Markie, Mandatory Genetic Engineering Labels and Consumer Autonomy, σε: P. Weirich, Labeling Genetically Modified Food. The Philosophical and Legal Debate, Oxford U.P., Oxford 2007, σ. 88 επ.



#### 4. Το ισχύον δίκαιο

Το βασικό νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση ΓΤΟ είχε τεθεί ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 στο επίπεδο του κοινοτικού δικαίου. Το στοιχείο που διέπει αυτή τη νομοθεσία είναι η «αρχή της προφύλαξης» (precautionary principle), σύμφωνα με την οποία μια κατάσταση αβεβαιότητας ως προς την εμφάνιση κινδύνων από τεχνολογικές εφαρμογές, δικαιολογεί τη λήψη εύλογων μέτρων προφύλαξης για την προστασία του περιβάλλοντος. Η αρχή της προφύλαξης διέπει ούτως ή άλλως, σήμερα, το διεθνές περιβαλλοντικό δίκαιο, με βάση τη Διακήρυξη του Rio de Janeiro για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη και, πιο ειδικά, το Πρωτόκολλο για τη Βιοασφάλεια (Πρωτόκολλο Καρθαγένης) στη Σύμβαση του ΟΗΕ για τη Βιοποικιλότητα (Συνθήκη του Rio de Janeiro), που αναφέρεται στη διακίνηση ΓΤΟ.<sup>21</sup>

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 διαμορφώθηκε το ισχύον σήμερα νομοθετικό πλαίσιο της ΕΕ, που περιλαμβάνει κυρίως:

- Την Οδηγία 2001/18 για τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς (που αναμορφώθηκε κυρίως με την Οδηγία 2015/412, όσον αφορά τη δυνατότητα εθνικού veto στην περίπτωση των καλλιεργειών).
- Τον Κανονισμό 1829/2003 για γενετικά τροποποιημένα προϊόντα διατροφής (τρόφιμα και ζωοτροφές).
- Τον Κανονισμό 1830/2003 για την ανίχνευση γενετικής τροποποίησης και την επισήμανση τέτοιων προϊόντων.
- Τον Κανονισμό 1946/2003, για τη διασυνοριακή διακίνηση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (σε συμμόρφωση με το Πρωτόκολλο της Καρθαγένης).

Συμπληρωματικά, ο Κανονισμός 178/2002, που αφορά γενικά την ασφάλεια των τροφίμων, βρίσκει επίσης εφαρμογή, ιδίως όσον αφορά την αξιολόγηση κινδύνων.

Με το νομοθετικό αυτό πλαίσιο οργανώνεται ένα σύστημα ελεγχόμενης χρήσης ΓΤΟ είτε για την καλλιέργεια ΓΤ φυτών είτε για την εμπορία προϊόντων με ΓΤ

---

<sup>21</sup> Βλ. Τ. Κ. Βιδάλη, Βιοδίκαιο. Τ. 2. (Από τη Βιοποικιλότητα στις έξυπνες μηχανές), εκδ. Σάκκουλα, Αθήνα – Θεσσαλονίκη 2017, σ. 97 επ, 105 επ.



συστατικά, θεωρώντας δεδομένη τη σχετική αβεβαιότητα ως προς πιθανούς κινδύνους για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία (άρα την ανάγκη εφαρμογής της αρχής της προφύλαξης). Αξίζει να υπογραμμίσουμε τα βασικά στοιχεία αυτής της νομοθεσίας, που είναι:

- Ο προληπτικός έλεγχος και η αναγκαία αδειοδότηση ΓΤΟ είτε για καλλιέργειες είτε για διάθεση στην αγορά, από αρμόδια όργανα της ΕΕ και κάθε κράτους-μέλους.
- Η ανάγκη συγκεκριμένης ενημέρωσης των καταναλωτών, ακόμη και για τη διάθεση εγκεκριμένων ΓΤΟ, η οποία επιδιώκεται με την υποχρεωτική επισήμανση των προϊόντων με ΓΤ συστατικά, πέρα από ένα όριο.
- Ο συνυπολογισμός και άλλων, πέραν των επιστημονικών, δεδομένων για την έγκριση ΓΤΟ, ιδίως όσον αφορά τις καλλιέργειες, που μπορεί να αντανακλούν γενικότερους προβληματισμούς μη ειδικών και της κοινής γνώμης. Στο πλαίσιο αυτό προβλέπεται ρητά και η συμμετοχή πολιτών στις διαδικασίες διαβούλευσης για την έγκριση ΓΤΟ.<sup>22</sup>

Τα τρία αυτά δεδομένα της νομοθεσίας αναλύονται λεπτομερειακά με τις επιμέρους διατάξεις της. Η εμπειρία της εφαρμογής δείχνει σημαντικές διαφοροποιήσεις στις εθνικές πολιτικές των κρατών-μελών της ΕΕ. Υπερέχουν πάντως οι πολιτικές απαγόρευσης, ιδίως στο πεδίο των καλλιεργειών.

Συνοπτικά, όσον αφορά την εμπορία προϊόντων με ΓΤ συστατικά, η διαδικασία έγκρισης προβλέπει πρώτα αίτηση με πλήρη φάκελο του ενδιαφερομένου στην αρμόδια εθνική αρχή του κράτους-μέλους, στη συνέχεια διαβίβασή της στην EFSA (συμβουλευτικό επιστημονικό όργανο της ΕΕ για την ασφάλεια των τροφίμων), ενημέρωση όλων των αντίστοιχων εθνικών αρχών σε κάθε κράτος-μέλος, γνωμοδότηση της EFSA και απόφαση για έγκριση ή μη από την Ε. Επιτροπή. Η απόφαση είναι δεσμευτική για όλη την ΕΕ. Ύστερα από νέα γνώμη της EFSA, πάντως, μια απόφαση περί έγκρισης μπορεί και να ανακληθεί από την Ε. Επιτροπή. Όσον αφορά τις καλλιέργειες ΓΤ φυτών, η διαδικασία είναι αντίστοιχη, με τη

---

<sup>22</sup> Τ. Νικολόπουλου, Η συμμετοχή των πολιτών στη διαχείριση των αβέβαιων τεχνολογικών κινδύνων. Η περίπτωση των ΓΤΟ, στον τόμο: Γενετικά Τροποποιημένοι Οργανισμοί και Βιώσιμη Ανάπτυξη, Νόμος και Φύση, Αντ. Ν. Σάκκουλας, Αθήνα – Κομοτηνή 2004, σ. 163-164.

σημαντική διαφορά ότι κάθε κράτος-μέλος διατηρεί το δικαίωμα να αποκλείσει την καλλιέργεια εγκεκριμένων σε επίπεδο ΕΕ φυτών, για δικούς του λόγους που μπορεί να μην αφορούν επιστημονικές επιφυλάξεις (κοινωνικούς, πολιτικούς ή άλλους). Επομένως, το βάρος της τελικής απόφασης στην περίπτωση της εμπορίας αναλαμβάνεται κυρίως από τα όργανα της ΕΕ, ενώ στην περίπτωση των καλλιεργειών, από τα κράτη-μέλη σε εθνικό επίπεδο.

Στο πεδίο των νέων τεχνολογιών τροποποίησης του γονιδιώματος (genome editing – μεταλλαξιγένεση), σημειώθηκε ήδη μια σημαντική εξέλιξη σε επίπεδο δικαίου της ΕΕ, καθώς με την απόφαση C-528/16 που αφορούσε προδικαστικό ερώτημα για την εφαρμογή της νομοθεσίας της ΕΕ του γαλλικού Conseil d'Etat, το Δικαστήριο της ΕΕ δέχθηκε ότι η ισχύουσα νομοθεσία για τους ΓΤΟ καταλαμβάνει και τις συγκεκριμένες τεχνολογίες, επομένως οι απαιτούμενοι έλεγχοι σε επίπεδο Ένωσης και κρατών-μελών πρέπει να εφαρμόζονται και εδώ. Η απόφαση συναντά ισχυρή αμφισβήτηση, κυρίως με βάση το επιχείρημα ότι οι νέες τεχνολογίες δεν αφορούν την εισαγωγή ξένων γονιδίων σε φυσικά γονιδιώματα, προς το παρόν πάντως αποτελεί την πρώτη θεσμική αντίδραση του δικαίου της ΕΕ για το θέμα.

## 5. Προτάσεις

Με βάση τα παραπάνω, θα πρέπει:

- Να διαχωρίζεται η εξέταση των ζητημάτων ασφάλειας από τα οικονομικά ζητήματα που αναδεικνύει η εισαγωγή ΓΤΟ στη διατροφή του ανθρώπου και των ζώων. Τα ζητήματα ασφάλειας πρέπει να αξιολογούνται από ανεξάρτητα όργανα, με τη συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων, ιδίως στο εθνικό επίπεδο. Οι επιπτώσεις της εισαγωγής ΓΤΟ στην αγροτική οικονομία σημαίνουν αναγκαστικά ανακατάταξη των οικονομικών συμφερόντων, η ομαλή διεύθυνση των οποίων πρέπει να αποτελεί αντικείμενο σχεδιασμού ιδιαίτερης δημόσιας πολιτικής και να μην θεωρείται αποκλειστικό πεδίο των νόμων της αγοράς.
- Είναι ανάγκη να ενταθεί η έρευνα ως προς τις νέες τεχνολογίες γενετικής τροποποίησης, με στόχο να διευκρινισθούν ενδεχόμενοι κίνδυνοι από την

εφαρμογή τους σε σχέση με τη συμβατική τεχνολογία γενετικής τροποποίησης. Εφ' όσον εντοπισθούν με ακρίβεια πιθανοί κίνδυνοι και τρόποι αποφυγής τους, οι νέες τεχνολογίες θα πρέπει να ενθαρρυνθούν, ώστε να αντιμετωπισθούν συγκεκριμένα προβλήματα της συμβατικής αγροτικής παραγωγής.

- Ως γενική προσέγγιση, η Πολιτεία πρέπει να υιοθετεί σε κάθε σχετική της απόφαση, κατά το δυνατόν θέσεις θεμελιωμένες αποκλειστικά σε ανεξάρτητη επιστημονική αξιολόγηση από αρμόδια εθνικά όργανα. Η ίδια η επιστημονική κοινότητα είναι ανάγκη να αναλάβει συγκεκριμένες πρωτοβουλίες εν προκειμένω. Σε κάθε περίπτωση, η «αναμονή» αποφάσεων από την ΕΕ ή άλλες χώρες ή διεθνείς οργανισμούς δεν αποτελεί υπεύθυνη εθνική πολιτική στο θέμα. Το ίδιο ισχύει και με την άκριτη αποδοχή απόψεων που δεν έχουν ακριβή και ανεξάρτητη επιστημονική τεκμηρίωση.

#### ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μανωλάκου, Κ., Διαφορετικές επιστημονικές εκτιμήσεις για τις επιπτώσεις των ΓΤΟ στο περιβάλλον και την υγεία των καταναλωτών, στον τόμο: *Γενετικά Τροποποιημένοι Οργανισμοί και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Νόμος και Φύση, Αντ. Ν. Σάκκουλας, Αθήνα – Κομοτηνή 2004, σ. 29 επ.

Μολλάκη Β. και Βιδάλης Τ. 2016, *Γενετική επεξεργασία του γονιδιώματος. Έκθεση για την Εθνική Επιτροπή Βιοηθικής*.

Μπάλιας, Γ., *Η Ρύθμιση των Γενετικά Τροποποιημένων Οργανισμών (GMOs). Δίκαιο και Διακυβέρνηση για μια νέα τεχνολογία*, Νομική Βιβλιοθήκη, Αθήνα 2011.

American Medical Association House of Delegates, *Labeling of bioengineered foods. Council on Science and Public Health Report 2*, 2012. Διαθέσιμο στο [https://www.ama-assn.org/sites/ama-assn.org/files/corp/media-browser/public/hod/a12-csaph-reports\\_0.pdf](https://www.ama-assn.org/sites/ama-assn.org/files/corp/media-browser/public/hod/a12-csaph-reports_0.pdf)

*Andorno, R., The Precautionary Principle: A New Legal Standard for a Technological Age, Journal of International Biotechnology Law 1, 2004, σ. 11 επ.*

*Davison, J., GM plants: Science, politics and EC regulations, Plant Science. 178 (2): 94–98.*

*Domingo J.L, Bordonaba J.G. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants, Environ Int. 37, 2011, σ. 734 επ.*

European Commission, Fact Sheet: Questions and Answers on EU's policies on GMOs Press release Database, 22 April 2015.

*Hermann, A., Coexistence of transgenic crops and GMO-free agriculture - Legal aspects, ELNI R. 1, 2004, σ. 37 επ.*

*Hilbeck, A., Binimelis, R., Defarge, N., Steinbrecher, R., Székács, A., Wickson, F., Antoniou, M., Bereano, Ph. L., Clark, E. A., Hansen, M., Novotny, E., Heinemann, J., Meyer, H., Shiva, V., Wynne, B., No scientific consensus on GMO safety, Environmental Sciences Europe 27, 2015. Διαθέσιμο στο: <http://www.enveurope.com/content/pdf/s12302-014-0034-1.pdf>*

Hug K. Genetically modified organisms: do the benefits outweigh the risks? *Medicina (Kaunas)*. 2008;44(2):87-99.

*Kloor K, Greens on the runing debate over genetically modified food, Bloomberg 2013, 7 January.*

*Lee, M., EU Regulation of GMOs. Law and Decision Making for a New Technology, Elgar Publ., Cheltenham UK, Northampton MA, 2009.*

*Markie, P., Mandatory Genetic Engineering Labels and Consumer Autonomy, σε: P. Weirich, Labeling Genetically Modified Food. The Philosophical and Legal Debate, Oxford U.P., Oxford 2007, σ. 88 επ.*

*New techniques in Agricultural Biotechnology. High Level Group of Scientific Advisors. Explanatory Note 02. General for Research and Innovation, Unit RTD.01 – Scientific Advice Mechanism (SAM). European Commission 2017.*

*Tsatsakis AM, Nawaz MA, Tutelyan VA, Golokhvast KS, Kalantzi OI, Chung DH, Kang SJ, Coleman MD, Tyshko N, Yang SH, Chung G.* Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food Chem Toxicol.* 2017 Sep;107(Pt A):108-121.

*Victor, M.,* Precaution or protectionism? The precautionary principle, genetically modified organisms, and allowing unfounded fear to undermine free trade, *Transnational Lawyer* 14, 2001, σ. 295 επ.

*Watson, J.D., Caudy, A.A., Myers, R.M., Witkowski J., Ανασυνδυσμαμένο DNA: γονίδια και γονιδιώματα – Μία συνοπτική παρουσίαση, Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, Αθήνα, 2007.*