

# Γενετική Ρύπανση.

Γράφει ο Κωνσταντίνος Παπανικολάου.



## Αντί Προλόγου (ορισμοί και όροι).

Στην τεκμηρίωση των πηγών που αναφέρομαι στις υποσημειώσεις, υπάρχει σε μερικές και η ένδειξη DOI ή doi.

Το Διεθνές Ίδρυμα DOI ορίζει το όνομα DOI ως ένα ψηφιακό αναγνωριστικό για κάθε αντικείμενο πνευματικής ιδιοκτησίας. Εξηγεί ότι το DOI χρησιμοποιείται για τον μόνιμο προσδιορισμό ενός κομματιού πνευματικής ιδιοκτησίας σε ψηφιακό δίκτυο και την σύνδεσή του με σχετικά τρέχοντα δεδομένα με συγκροτημένο επεκτάσιμο τρόπο. Το DOI είναι ένα καταχωρημένο εμπορικό σήμα της IDF (Intermediate Distribution Frame). Μια τυπική χρήση του DOI είναι να δοθεί σε ένα επιστημονικό έγγραφο ή άρθρο ένας μοναδικός αναγνωριστικός αριθμός που ο καθένας μπορεί να χρησιμοποιήσει για να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με τη θέση της δημοσίευσης σε ένα ψηφιακό δίκτυο.

## Εισαγωγή.

Η γενετική ρύπανση είναι ένας όρος για την ανεξέλεγκτη ροή γονιδίων <sup>(1)</sup> σε άγριους πληθυσμούς. Ορίζεται ως «η διασπορά μολυσμένων τροποποιημένων γονιδίων από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε φυσικούς οργανισμούς, ειδικά με διασταυρούμενη επικοινωνία», αλλά έχει καταλήξει να χρησιμοποιείται με κάποιους ευρύτερους τρόπους. Σχετίζεται με την έννοια της γενετικής του πληθυσμού της γονιδιακής ροής και της γενετικής διάσωσης, η οποία είναι γενετικό υλικό που εισάγεται σκόπιμα για να αυξήσει την καταλληλότητα ενός πληθυσμού. Ονομάζεται γενετική ρύπανση όταν επηρεάζει αρνητικά την καταλληλότητα ενός πληθυσμού, όπως μέσω της κατάθλιψης αναπαραγωγής (ασπερμίας) και της εισαγωγής ανεπιθύμητων φαινοτύπων που μπορούν να οδηγήσουν σε εξαφάνιση.

Οι βιολόγοι υπέρμαχοι της διατήρησης και οι οικολόγοι έχουν χρησιμοποιήσει τον όρο για να περιγράψουν τη ροή γονιδίων από οικιακά, άγρια και μη ιθαγενή είδη σε άγρια αυτόχθονα είδη, τα οποία θεωρούν ανεπιθύμητα. Προωθούν την ευαισθητοποίηση σχετικά με τις επιπτώσεις των εισαγόμενων χωροκατακτητικών ειδών που μπορεί να «υβριδοποιηθούν με αυτόχθονα είδη, προκαλώντας γενετική ρύπανση». Στους τομείς της γεωργίας, της αγροδασοκομίας και της κτηνοτροφίας, η γενετική ρύπανση χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις ροές γονιδίων μεταξύ

---

(1) Τα γονίδια είναι αλληλουχίες βάσεων του DNA που μεταγράφονται, στις οποίες περιέχονται πληροφορίες που καθορίζουν την σύνθεση ενός πολυπεπτιδίου ή ενός μορίου RNA. Το μόριο που προκύπτει ως προϊόν από τη γονιδιακή έκφραση είναι είτε πρωτεΐνη, μετά από μεταμεταφραστικές τροποποιήσεις πολυπεπτιδικών αλυσίδων, είτε RNA, και αναφέρεται ως γονιδιακό προϊόν. Τα γονίδια μέσω των γονιδιακών προϊόντων τους ελέγχουν κάθε κυτταρική δραστηριότητα και κατευθύνουν τη φυσική ανάπτυξη και συμπεριφορά του οργανισμού.

γενετικά τροποποιημένων ειδών και άγριων συγγενών. Η χρήση της λέξης «ρύπανση» έχει σκοπό να μεταφέρει την ιδέα ότι η ανάμειξη γενετικών πληροφοριών είναι κακή για το περιβάλλον, αλλά επειδή η ανάμειξη γενετικών πληροφοριών μπορεί να οδηγήσει σε ποικίλα αποτελέσματα, η «ρύπανση» μπορεί να μην είναι πάντα ο πιο ακριβής όρος περιγραφής.

### **Γονιδιακή ροή στον άγριο πληθυσμό.**

Ορισμένοι βιολόγοι υπέρμαχοι της διατήρησης και οικολόγοι έχουν χρησιμοποιήσει τη γενετική ρύπανση για αρκετά χρόνια ως όρο για να περιγράψουν τη ροή γονιδίων από ένα μη ιθαγενές, χωροκατακτητικό υποείδος, οικιακό ή γενετικά τροποποιημένο πληθυσμό, σε έναν άγριο ιθαγενή πληθυσμό.

### **Η σημασία της γονιδιακής ροής.**

Η εισαγωγή γενετικού υλικού, με ανθρώπινη παρέμβαση, στη γονιδιακή δεξαμενή ενός πληθυσμού μπορεί να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στους πληθυσμούς. Όταν το γενετικό υλικό εισάγεται σκόπιμα για να αυξήσει την καταλληλότητα ενός πληθυσμού, αυτό ονομάζεται γενετική διάσωση. Όταν το γενετικό υλικό εισάγεται ακούσια σε έναν πληθυσμό, αυτό ονομάζεται γενετική ρύπανση και μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την καταλληλότητα ενός πληθυσμού (κυρίως μέσω της κατάθλιψης αναπαραγωγής), να εισαγάγει άλλους ανεπιθύμητους φαινότυπους ή θεωρητικά να οδηγήσει σε εξαφάνιση.

### **Εισαγόμενα είδη.**

Ένα εισαγόμενο είδος είναι αυτό που δεν είναι εγγενές σε έναν δεδομένο πληθυσμό που, είτε σκόπιμα είτε τυχαία, εισάγεται σε ένα δεδομένο οικοσύστημα. Οι επιπτώσεις της εισαγωγής είναι εξαιρετικά μεταβλητές, αλλά εάν ένα εισαγόμενο είδος έχει σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στο νέο του περιβάλλον, μπορεί να θεωρηθεί χωροκατακτητικό είδος. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η εισαγωγή του ασιατικού σκαθαριού Longhorned στη Βόρεια Αμερική, το οποίο εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1996 στο Brooklyn της Νέας Υόρκης. Πιστεύεται ότι αυτά τα σκαθάρια εισήχθησαν μέσω φορτίου σε εμπορικούς λιμένες. Τα σκαθάρια είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον και εκτιμάται ότι προκαλούν κίνδυνο στο 35% των αστικών δέντρων, εξαιρουμένων των φυσικών δασών. Αυτά τα σκαθάρια προκαλούν σοβαρή ζημιά στο ξύλο των δέντρων από τη χοάνη των προνυμφών. Η παρουσία τους στο οικοσύστημα αποσταθεροποιεί τη δομή της κοινότητας, έχοντας αρνητική επίδραση σε πολλά είδη του συστήματος.

Ωστόσο, τα εισαγόμενα είδη δεν διαταράσσουν πάντα το περιβάλλον. Ο Tomás Carlo και ο Jason Gleditch του Penn State University διαπίστωσαν ότι ο αριθμός των «επεμβατικών» φυτών αγιοκλήματος στην περιοχή συσχετίζεται με τον αριθμό και την ποικιλομορφία των πτηνών στην περιοχή Harry Valley της Pennsylvania, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα εισαγόμενα φυτά αγιοκλήματος και τα πουλιά σχημάτισαν μια αμοιβαία επωφελή σχέση. Η παρουσία εισαγόμενου αγιοκλήματος συνδέθηκε με μεγαλύτερη ποικιλομορφία των πληθυσμών των πτηνών στην περιοχή αυτή, αποδεικνύοντας ότι τα εισαγόμενα είδη δεν είναι πάντα επιζήμια για ένα δεδομένο περιβάλλον και εξαρτώνται πλήρως από το πλαίσιο.

### **Χωροκατακτητικά είδη.**

Οι βιολόγοι διατήρησης και οι οικολόγοι έχουν, εδώ και αρκετά χρόνια, χρησιμοποιήσει τον όρο για να περιγράψει τη ροή γονιδίων από οικιακά, άγρια και μη ιθαγενή είδη σε άγρια αυτόχθονα είδη, τα οποία θεωρούν ανεπιθύμητα. Για παράδειγμα, το **TRAFFIC (Trade Records Analysis of Flora and Fauna in Commerce)** είναι το διεθνές δίκτυο παρακολούθησης του εμπορίου άγριων ειδών που εργάζεται για τον περιορισμό του εμπορίου άγριων φυτών και ζώων, έτσι ώστε να μην αποτελεί απειλή για τους στόχους διατήρησης. Προωθούν την ευαισθητοποίηση σχετικά με τις επιπτώσεις των εισαγόμενων χωροκατακτητικών ειδών που μπορεί να «υβριδοποιηθούν με

αυτόχθονα είδη, προκαλώντας γενετική ρύπανση». Επιπλέον, η Κοινή Επιτροπή Διατήρησης της Φύσης (Joint Nature Conservation Committee), ο νόμιμος σύμβουλος της κυβέρνησης του Ηνωμένου Βασιλείου, δήλωσε ότι τα χωροκατακτητικά είδη «θα αλλάξουν τη γενετική δεξαμενή (μια διαδικασία που ονομάζεται γενετική ρύπανση), η οποία είναι μια μη αναστρέψιμη αλλαγή».

Τα χωροκατακτητικά είδη μπορούν να εισβάλουν τόσο σε μεγάλους όσο και σε μικρούς αυτόχθονες πληθυσμούς και να έχουν βαθιά επίδραση. Κατά την εισβολή, τα χωροκατακτητικά είδη διασταυρώνονται με αυτόχθονα είδη για να σχηματίσουν στείρα ή πιο εξελικτικά κατάλληλα υβρίδια <sup>(1)</sup> που μπορούν να ξεπεράσουν τους αυτόχθονες πληθυσμούς. Τα χωροκατακτητικά είδη μπορούν να προκαλέσουν εξαφάνιση μικρών πληθυσμών σε νησιά που είναι ιδιαίτερα ευάλωτα λόγω των μικρότερων ποσοτήτων γενετικής ποικιλότητάς τους. Σε αυτούς τους πληθυσμούς, οι τοπικές προσαρμογές μπορούν να διαταραχθούν από την εισαγωγή νέων γονιδίων που μπορεί να μην είναι τόσο κατάλληλα για τα μικρά νησιωτικά περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, το φυτό *Cercocarpus traskiae* του νησιού Catalina στα ανοικτά των ακτών της Καλιφόρνιας έχει αντιμετωπίσει σχεδόν εξαφάνιση με μόνο έναν πληθυσμό να παραμένει λόγω του υβριδισμού των απογόνων του με το δενδρίλιο *Cercocarpus betuloides*.

### Εγγώριοι πληθυσμοί.

Η αυξημένη επαφή μεταξύ άγριων και εξημερωμένων πληθυσμών οργανισμών μπορεί να οδηγήσει σε αναπαραγωγικές αλληλεπιδράσεις που είναι επιζήμιες για την ικανότητα επιβίωσης του άγριου πληθυσμού. Ένας άγριος πληθυσμός είναι αυτός που ζει σε φυσικές περιοχές και δεν φροντίζεται τακτικά από τον άνθρωπο. Αυτός έρχεται σε αντίθεση με τους εξημερωμένους πληθυσμούς που ζουν σε ελεγχόμενες από τον άνθρωπο περιοχές και έρχονται τακτικά, και ιστορικά, σε επαφή με τους ανθρώπους. Γονίδια από εξημερωμένους πληθυσμούς προστίθενται σε άγριους πληθυσμούς ως αποτέλεσμα της αναπαραγωγής. Σε πολλούς πληθυσμούς καλλιέργειών αυτό μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της γύρης που ταξιδεύει από τις καλλιεργούμενες καλλιέργειες σε γειτονικά άγρια φυτά του ίδιου είδους. Για τα εκτρεφόμενα ζώα, αυτή η αναπαραγωγή μπορεί να συμβεί ως αποτέλεσμα ζώων που έχουν δραπετεύσει ή απελευθερωθεί.

Ένα δημοφιλές παράδειγμα αυτού του φαινομένου είναι η ροή γονιδίων μεταξύ λύκων και εξημερωμένων σκύλων. Οι *New York Times* παραθέτουν, από τα λόγια του βιολόγου Dr Luigi Boitani, «Αν και οι λύκοι και τα σκυλιά ζούσαν πάντα σε στενή επαφή στην Ιταλία και πιθανώς ζευγάρωσαν στο παρελθόν, το πρόσφατα ανησυχητικό στοιχείο είναι η αυξανόμενη ανισότητα στους αριθμούς, γεγονός που υποδηλώνει ότι η διασταύρωση θα γίνει αρκετά συνηθισμένη. Ως αποτέλεσμα, η γενετική ρύπανση της γονιδιακής δεξαμενής του λύκου μπορεί να φτάσει σε μη αναστρέψιμα επίπεδα. Με τον υβριδισμό, τα σκυλιά μπορούν εύκολα να απορροφήσουν τα γονίδια του λύκου και να καταστρέψουν τον λύκο, όπως είναι. Ο λύκος θα μπορούσε να επιβιώσει ως ένα πιο σκυλίσιο ζώο, καλύτερα προσαρμοσμένο να ζει κοντά στους ανθρώπους, είπε, αλλά δεν θα ήταν πλέον, αυτό που σήμερα ονομάζουμε λύκο» <sup>(2)</sup>.

### Υδατοκαλλιέργεια.

Υδατοκαλλιέργεια είναι η πρακτική της εκτροφής υδρόβιων ζώων ή φυτών με σκοπό την

---

(1) Υβρίδιο είναι το αποτέλεσμα της διασταύρωσης δύο γενετικά ανόμοιων ατόμων, τα οποία όμως εκφράζουν κάποιο κοινό χαρακτηριστικό με διαφορετικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, αφορά την ανάμιξη μέσω εγγενούς αναπαραγωγής, δύο ζώων ή φυτών από διαφορετικές ράτσες, ποικιλίες, είδη ή γένη. Στις αγροτικές καλλιέργειες, αγρότες και γεωπόνοι χρησιμοποιούν τον όρο για τις διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου είδους (π.χ. καλαμπόκι) που συνήθως έχουν δημιουργηθεί με τεχνητό τρόπο για να παραγάγουν μεγαλύτερες ποσότητες ή πιο ανθεκτικά φυτά, υπάρχουν ωστόσο παραδείγματα υβριδίων που έχουν δημιουργηθεί με φυσικό τρόπο..

(2) **Boffey PM** (December 13, 1983). "Italy's Wild Dogs Winning Darwinian Battle". *The New York Times*.

κατανάλωση. Αυτή η πρακτική γίνεται όλο και πιο κοινή για την παραγωγή σολομού και συγκεκριμένα, ονομάζεται υδατοκαλλιέργεια σαλμονοειδών. Ένας από τους κινδύνους αυτής της πρακτικής είναι η πιθανότητα ο εξημερωμένος σολομός να απελευθερωθεί από τον περιορισμό του. Η εμφάνιση περιστατικών διαφυγής γίνεται όλο και πιο συχνή, καθώς η υδατοκαλλιέργεια κερδίζει δημοτικότητα και αναπτύσσεται συνεχώς. Οι γεωργικές δομές φαίνεται να είναι αναποτελεσματικές στη συγκράτηση του τεράστιου αριθμού ταχέως αναπτυσσόμενων ζώων που φιλοξενούν. Οι φυσικές καταστροφές, οι παλίρροιας και άλλα περιβαλλοντικά φαινόμενα μπορούν επίσης να προκαλέσουν διαφυγές υδρόβιων ζώων. Ο λόγος που αυτές οι αποδράσεις θεωρούνται κίνδυνοι είναι ο αντίκτυπος που έχουν για τον άγριο πληθυσμό με τον οποίο θα αναπαραχθούν μετά τη διαφυγή. Σε πολλές περιπτώσεις, ο άγριος πληθυσμός βιώνει μειωμένη πιθανότητα επιβίωσης μετά την αναπαραγωγή με εξημερωμένους πληθυσμούς σολομού.

Το Τμήμα Ψαριών και Άγριας Ζωής της Ουάσιγκτον (Washington Department of Fish and Wildlife) αναφέρει ότι «οι ανησυχίες που εκφράζονται συνήθως γύρω από τον σολομό του Ατλαντικού περιλαμβάνουν τον ανταγωνισμό με τον ντόπιο σολομό, τη θήρευση, τη μεταφορά ασθενειών, τον υβριδισμό και τον αποικισμό». Ωστόσο, μια έκθεση που έγινε από αυτόν τον οργανισμό το 1999 δεν διαπίστωσε ότι ο σολομός που δραπετεύσε αποτελούσε σημαντικό κίνδυνο για τους άγριους πληθυσμούς <sup>(1)</sup>.

### Καλλιέργειες – σπαρτά.

Οι καλλιέργειες αναφέρονται σε ομάδες φυτών που καλλιεργούνται για κατανάλωση. Παρά την εξημέρωσή τους για πολλά χρόνια, αυτά τα φυτά δεν είναι τόσο μακριά από τους άγριους συγγενείς τους που δεν θα μπορούσαν να αναπαραχθούν αν ενωθούν. Πολλές καλλιέργειες εξακολουθούν να καλλιεργούνται στις περιοχές από τις οποίες προήλθαν, και η ροή γονιδίων μεταξύ καλλιεργειών και άγριων συγγενών επηρεάζει την εξέλιξη των άγριων πληθυσμών <sup>(2)</sup>. Οι αγρότες μπορούν να αποφύγουν την αναπαραγωγή μεταξύ των διαφόρων πληθυσμών χρονομετρώντας τη φύτευση των καλλιεργειών τους έτσι ώστε οι καλλιέργειες να μην ανθίζουν όταν ανθίζουν οι άγριοι συγγενείς. Οι εξημερωμένες καλλιέργειες έχουν αλλάξει μέσω τεχνητής επιλογής και γενετικής μηχανικής. Η γενετική σύνθεση πολλών καλλιεργειών είναι διαφορετική από εκείνη των άγριων συγγενών τους, <sup>(3)</sup> αλλά όσο μεγαλώνουν πιο κοντά μεταξύ τους, τόσο πιο πιθανό είναι να μοιράζονται γονίδια μέσω της γύρης. Η γονιδιακή ροή παραμένει μεταξύ των καλλιεργειών και των άγριων ομολόγων.

### Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί.

Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί τροποποιούνται γενετικά σε εργαστήριο και επομένως διαφέρουν από εκείνους που εκτράφηκαν μέσω τεχνητής επιλογής. Στους τομείς της Γεωργίας, της Αγροδοσκομίας και της Κτηνοτροφίας, η γενετική ρύπανση χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις ροές γονιδίων μεταξύ των γενετικά τροποποιημένων ειδών και των άγριων συγγενών. Μια πρώιμη χρήση του όρου «γενετική ρύπανση» με αυτή τη μεταγενέστερη έννοια, εμφανίζεται σε μια ευρεία ανασκόπηση των πιθανών οικολογικών επιπτώσεων της γενετικής μηχανικής στο περιοδικό *The Ecologist* τον Ιούλιο του 1989.

Διαδόθηκε επίσης από τον περιβαλλοντολόγο Jeremy Rifkin στο βιβλίο του 1998 «*The Biotech Century*». Ενώ η σκόπιμη διασταύρωση μεταξύ δύο γενετικά διακριτών ποικιλιών

- 
- (1) **Appleby, Kevin H. Amos** and **Andrew**. "Atlantic Salmon in Washington State: A Fish Management Perspective - WDFW Publications | Washington Department of Fish & Wildlife". [wdfw.wa.gov](http://wdfw.wa.gov). Retrieved 2018-05-01.
- (2) **Ellstrand, Norman C, Prentice, Honor C, Hancock, James F.** (1999). "Gene Flow and Introgression from Domesticated Plants into Their Wild Relatives". *Annual Review of Ecology and Systematics*. 30 (1): 539–563. doi:10.1146/annurev.ecolsys.30.1.539.
- (3) **Carroll, Sean B.** (2010-05-24). "Tracking the Ancestry of Corn Back 9,000 Years". *The New York Times*. ISSN 0362-4331. Retrieved 2018-05-01.

περιγράφεται ως υβριδισμός με την επακόλουθη διείσδυση γονιδίων, ο Rifkin, ο οποίος είχε διαδραματίσει ηγετικό ρόλο στην ηθική συζήτηση για πάνω από μια δεκαετία πριν, χρησιμοποίησε τη γενετική ρύπανση για να περιγράψει αυτό που θεωρούσε ότι ήταν προβλήματα που θα μπορούσαν να προκύψουν λόγω της ακούσιας διαδικασίας των (σύγχρονα) γενετικά τροποποιημένων οργανισμών **GMOs (Genetically Modified Organisms)** που διασκορπίζουν τα γονίδια τους στο φυσικό περιβάλλον με αναπαραγωγή με άγρια φυτά ή ζώα.

Οι ανησυχίες σχετικά με τις αρνητικές συνέπειες από τη ροή γονιδίων μεταξύ γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και άγριων πληθυσμών είναι βάσιμες. Οι περισσότερες καλλιέργειες καλαμποκιού και σόγιας που καλλιεργούνται στις μεσοδυτικές Η.Π.Α. είναι γενετικά τροποποιημένες. Υπάρχουν ποικιλίες καλαμποκιού και σόγιας που είναι ανθεκτικές στα ζιζανιοκτόνα όπως το glyphosate <sup>(1)</sup> και το καλαμπόκι που παράγει νεονικοτινοειδή φυτοφάρμακα σε όλους τους ιστούς του. Αυτές οι γενετικές τροποποιήσεις αποσκοπούν στην αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών, αλλά υπάρχουν λίγες ενδείξεις ότι οι αποδόσεις αυξάνονται πραγματικά. Ενώ οι επιστήμονες ανησυχούν ότι οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στις γύρω φυτικές και ζωικές κοινότητες, ο κίνδυνος ροής γονιδίων μεταξύ γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και άγριων πληθυσμών είναι μια ακόμη ανησυχία. Πολλές εκτρεφόμενες καλλιέργειες μπορεί να είναι ανθεκτικές στα ζιζάνια και να αναπαράγονται με άγριους συγγενείς. Απαιτείται περισσότερη έρευνα για να προσδιοριστεί πόση ροή γονιδίων μεταξύ γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών και άγριων πληθυσμών συμβαίνει καθώς και οι επιπτώσεις της γενετικής ανάμειξης.

### **Μεταλλαγμένοι οργανισμοί.**

Οι μεταλλάξεις εντός των οργανισμών μπορούν να εκτελεστούν μέσω της διαδικασίας έκθεσης του οργανισμού σε χημικές ουσίες ή ακτινοβολία προκειμένου να δημιουργηθούν μεταλλάξεις. Αυτό έχει γίνει σε φυτά προκειμένου να δημιουργηθούν μεταλλάξεις που έχουν ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό. Αυτές οι μεταλλάξεις μπορούν στη συνέχεια να εκτραφούν με άλλες μεταλλάξεις ή άτομα που δεν έχουν μεταλλαχθεί προκειμένου να διατηρηθεί το μεταλλαγμένο χαρακτηριστικό. Ωστόσο, παρόμοια με τους κινδύνους που συνδέονται με την εισαγωγή ατόμων σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, η παραλλαγή που δημιουργείται από μεταλλαγμένα άτομα θα μπορούσε να έχει αρνητικό αντίκτυπο και στους αυτόχθονες πληθυσμούς.

### **Προληπτικά μέτρα.**

Από το 2005 υπάρχει ένα Μητρώο Γενετικά Τροποποιημένης Μόλυνσης (**GURTs – Genetic Use Restriction Technologies**), το οποίο ξεκίνησε για το GeneWatch UK και την Greenpeace International και καταγράφει όλα τα περιστατικά σκόπιμης ή τυχαίας <sup>(2)</sup> απελευθέρωσης γενετικά τροποποιημένων οργανισμών χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές.

Οι τεχνολογίες περιορισμού της γενετικής χρήσης (GURTs) αναπτύχθηκαν με σκοπό την προστασία της ιδιοκτησίας, αλλά θα μπορούσαν να είναι επωφελείς για την πρόληψη της διασποράς των διαγονιδίων. Οι τεχνολογίες GeneSafe εισήγαγαν μια μέθοδο που έγινε γνωστή ως "Terminator". Αυτή η μέθοδος βασίζεται σε σπόρους που παράγουν στείρα φυτά. Αυτό, δυνητικά, θα εμπόδιζε τη μετακίνηση διαγονιδίων σε άγριους πληθυσμούς, καθώς ο υβριδισμός δεν θα ήταν

(1) Η γλυφοσάτη (χημική ονομασία IUPAC: N(φωσφονομεθυλο) γλυκίνη) είναι ένα ευρέως φάσματος συστηματικό ζιζανιοκτόνο και ξηραντικό καλλιεργειών. Χρησιμοποιείται για να εξοντώσει τα ζιζάνια, ειδικά τα ζιζάνια των μονοετών πλατύφυλλων και των αγρωστωδών που ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες. Η ζιζανιοκτόνα δράση ανακαλύφθηκε από τον χημικό της Monsanto Τζον Ε.Φρανζ το 1970. Το 1974 διατέθηκε στην αγορά για γεωργική χρήση με την εμπορική ονομασία Roundup.

(2) "Illegal Genetically Engineered Corn from Monsanto Detected in Argentina". GM Contamination Register. Archived from the original on 2011-06-22. Retrieved 2010-07-08.

δυνατός. Ωστόσο, αυτή η τεχνολογία δεν έχει αναπτυχθεί ποτέ, καθώς επηρεάζει δυσανάλογα αρνητικά τους αγρότες στις αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίοι αποθηκεύουν σπόρους για χρήση κάθε χρόνο, ενώ στις ανεπτυγμένες χώρες, οι αγρότες αγοράζουν γενικά σπόρους από εταιρείες παραγωγής σπόρων <sup>(1)</sup>.

Ο φυσικός περιορισμός έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για να αποτρέψει τη διαφυγή των διαγονιδίων. Ο φυσικός περιορισμός περιλαμβάνει εμπόδια όπως φίλτρα σε εργαστήρια, οθόνες (πετάσματα) σε θερμοκήπια και αποστάσεις απομόνωσης στο χωράφι. Οι αποστάσεις απομόνωσης δεν ήταν πάντα επιτυχείς, όπως η διαγονιδιακή διαφυγή στη φύση από ένα απομονωμένο χωράφι του ανθεκτικού στα ζιζανιοκτόνα χειμερινού ερπυστικού χορταριού *Agrostis stolonifera*.

Μια άλλη προτεινόμενη μέθοδος που εφαρμόζεται ειδικά στα χαρακτηριστικά προστασίας (π.χ. ανοχή σε παθογόνα) είναι ο μετριασμός. Ο μετριασμός περιλαμβάνει τη σύνδεση του θετικού χαρακτηριστικού, δηλ. του ευεργετικού για τη φυσική κατάσταση, με ένα χαρακτηριστικό που είναι αρνητικό, δηλ. επιβλαβές για τη φυσική κατάσταση, σε άγρια αλλά όχι εξημερωμένα άτομα. Σε αυτή την περίπτωση, εάν το χαρακτηριστικό προστασίας εισήχθη σε ένα ζιζάνιο, το αρνητικό χαρακτηριστικό θα εισαχθεί επίσης προκειμένου να μειωθεί η συνολική καταλληλότητα του ζιζανίου και να μειωθεί η πιθανότητα αναπαραγωγής του ατόμου και επομένως η διάδοση του διαγονιδίου.

### **Κινδύνοι.**

Δεν προκαλούν όλοι οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί γενετική ρύπανση. Η γενετική μηχανική έχει ποικίλες χρήσεις και ορίζεται συγκεκριμένα ως άμεσος χειρισμός του γονιδιώματος ενός οργανισμού. Η γενετική ρύπανση μπορεί να συμβεί ως απάντηση στην εισαγωγή ενός είδους που δεν είναι εγγενές σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί είναι παραδείγματα ατόμων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν γενετική ρύπανση μετά την εισαγωγή. Λόγω αυτών των κινδύνων, έχουν γίνει μελέτες προκειμένου να εκτιμηθούν οι κίνδυνοι γενετικής ρύπανσης που σχετίζονται με οργανισμούς που έχουν τροποποιηθεί γενετικά:

**1.** Γενετική. Σε μια 10ετή μελέτη τεσσάρων διαφορετικών καλλιεργειών, κανένα από τα γενετικά τροποποιημένα φυτά δεν βρέθηκε να είναι πιο επεμβατικό ή πιο ανθεκτικό από τα συμβατικά αντίστοιχά τους. Ένα συχνά αναφερόμενο ισχυριζόμενο παράδειγμα γενετικής ρύπανσης είναι η φημισμένη ανακάλυψη των διαγονιδίων από τον γενετικά τροποποιημένο αραβόσιτο στις ντόπιες φυλές του αραβοσίτου στην Οαχάκα του Μεξικού. Η έκθεση των Quiist και Chapela, έχει έκτοτε απαξιωθεί για μεθοδολογικούς λόγους. Το επιστημονικό περιοδικό που δημοσίευσε αρχικά τη μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι «τα διαθέσιμα στοιχεία δεν επαρκούν για να δικαιολογήσουν τη δημοσίευση της αρχικής εργασίας». Πιο πρόσφατες προσπάθειες για την αναπαραγωγή των αρχικών μελετών έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το γενετικά τροποποιημένο καλαμπόκι απουσιάζει από το νότιο Μεξικό το 2003 και το 2004.

**2.** Μια μελέτη του 2009 επαλήθευσε τα αρχικά ευρήματα της αμφιλεγόμενης μελέτης του 2001, βρίσκοντας διαγονίδια σε περίπου 1% των 2000 δειγμάτων άγριου αραβοσίτου στην Οαχάκα του Μεξικού, παρά το γεγονός ότι το Nature απέσυρε τη μελέτη του 2001 και μια δεύτερη μελέτη απέτυχε να υποστηρίξει τα ευρήματα της αρχικής μελέτης. Η μελέτη διαπίστωσε ότι τα διαγονίδια είναι κοινά σε ορισμένους τομείς, αλλά ανύπαρκτα σε άλλους, εξηγώντας έτσι γιατί μια προηγούμενη μελέτη απέτυχε να τα βρει. Επιπλέον, δεν κατάφεραν όλες οι εργαστηριακές μέθοδοι να βρουν τα διαγονίδια.

**3.** Μια μελέτη του 2004 που πραγματοποιήθηκε κοντά σε μια δοκιμή πεδίου του

(1) Sang Yi, Millwood, Reginald J., Neal Stewart Jr, C. (2013-06-04). "Gene use restriction technologies for transgenic plant bioconfinement". *Plant Biotechnology Journal*. 11 (6): 649–658. doi:10.1111/pbi.12084. ISSN 1467-7644. PMID 23730743.

Όρεγκον για μια γενετικά τροποποιημένη ποικιλία ερπυσμού του φυτού bentgrass (*Agrostis stolonifera*) αποκάλυψε ότι το διαγονίδιο και το σχετικό χαρακτηριστικό του (αντοχή στο ζιζανιοκτόνο glyphosate) θα μπορούσαν να μεταδοθούν με επικονίαση ανέμου σε φυτά που κατοικούν διαφορετικά είδη *Agrostis*, έως και 14 χιλιόμετρα (8,7 μίλια) από το πεδίο δοκιμής <sup>(1)</sup>. Το 2007, η εταιρεία Scotts, παραγωγός του γενετικά τροποποιημένου bentgrass, συμφώνησε να πληρώσει αστική ποινή 500.000 δολαρίων στο Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA). Το USDA ισχυρίστηκε ότι η εταιρεία Scotts «απέτυχε να διεξαγάγει μια δοκιμή πεδίου στο Όρεγκον το 2003 με τρόπο που να διασφαλίζει ότι ούτε το ανθεκτικό στη γλυφοσάτη ερπυστικό bentgrass ούτε οι απόγονοί του θα παραμείνουν στο περιβάλλον».

Όχι μόνο υπάρχουν κίνδυνοι όσον αφορά τη γενετική μηχανική, αλλά υπάρχουν κίνδυνοι που προκύπτουν από τον υβριδισμό των ειδών. Στην Τσεχοσλοβακία, οι αίγαγροι εισήχθησαν από την Τουρκία και το Σινά για να βοηθήσουν εκεί στην προώθηση του πληθυσμού των αγριοκάτσικων, γεγονός που προκάλεσε υβρίδια που παρήγαγαν απογόνους πολύ νωρίς, γεγονός που προκάλεσε την πλήρη εξαφάνιση του συνολικού πληθυσμού <sup>(2)</sup>. Τα γονίδια κάθε πληθυσμού του αίγαγρου στην Τουρκία και το Σινά προσαρμόστηκαν τοπικά στο περιβάλλον τους, έτσι ώστε όταν τοποθετήθηκαν σε ένα νέο περιβαλλοντικό πλαίσιο δεν πολλαπλασιάστηκαν. Επιπλέον, το περιβαλλοντικό τίμημα που μπορεί να προκύψει από την εισαγωγή ενός νέου είδους μπορεί να είναι τόσο ενοχλητικό ώστε το οικοσύστημα να μην είναι πλέον σε θέση να διατηρήσει ορισμένους πληθυσμούς.

### **Αμφισβήτηση και Περιβαλλοντολογικές Προοπτικές.**

Η χρήση της λέξης «ρύπανση» στον όρο γενετική ρύπανση έχει σκόπιμα αρνητική χροιά και έχει ως στόχο να μεταφέρει την ιδέα ότι η ανάμιξη γενετικών πληροφοριών είναι κακή για το περιβάλλον. Ωστόσο, επειδή η ανάμιξη γενετικών πληροφοριών μπορεί να οδηγήσει σε ποικίλα αποτελέσματα, η «ρύπανση» μπορεί να μην είναι ο πιο ακριβής περιγραφικός όρος. Η ροή γονιδίων είναι ανεπιθύμητη σύμφωνα με ορισμένους περιβαλλοντολόγους και οικολόγους, συμπεριλαμβανομένων και ομάδων όπως η Greenpeace, η TRAFFIC και η GeneWatch UK.

Τα χωροκατακτητικά είδη αποτελούν σημαντική αιτία εξαφάνισης σε όλο τον κόσμο τα τελευταία εκατό χρόνια. Μερικά από αυτά λυμαίνονται την αυτόχθονη άγρια ζωή, ανταγωνίζονται μαζί της για πόρους ή εξαπλώνουν ασθένειες, ενώ άλλα μπορεί να υβριδιστούν με αυτόχθονα είδη, προκαλώντας γενετική ρύπανση. Με αυτούς τους τρόπους, τα χωροκατακτητικά είδη αποτελούν τόσο μεγάλη απειλή για την ισορροπία της φύσης όσο και η άμεση υπερεκμετάλλευση ορισμένων ειδών από τον άνθρωπο <sup>(3)</sup>.

Μπορεί επίσης να θεωρηθεί ανεπιθύμητη εάν οδηγεί σε απώλεια φυσικής κατάστασης στους άγριους πληθυσμούς. Ο όρος μπορεί να συσχετιστεί με τη ροή γονιδίων από μια μετάλλαξη που εκτρέφεται, συνθετικός οργανισμός ή γενετικά τροποποιημένος οργανισμός σε έναν μη γενετικά τροποποιημένο οργανισμό, από εκείνους που θεωρούν τέτοια γονιδιακή ροή επιζήμια. Αυτές οι περιβαλλοντολογικές ομάδες βρίσκονται σε πλήρη αντίθεση με την ανάπτυξη και την παραγωγή γενετικά τροποποιημένων οργανισμών.

### **Κυβερνητικός ορισμός του Ο.Η.Ε.**

Από κυβερνητική άποψη, η γενετική ρύπανση ορίζεται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ως η ανεξέλεγκτη εξάπλωση γενετικών πληροφοριών (που συχνά αναφέρονται σε διαγονίδια) στα

(1) <https://www.usda.gov/wps/portal/usdahome?contentidonly=true&contentid=2007/11/0350.xml>

(2) **Waller, Donald M.** (June 2015). "Genetic rescue: a safe or risky bet?". *Molecular Ecology*. 24 (11): 2595–2597. doi:10.1111/mec.13220. ISSN 1365-294X. PMID 26013990. S2CID 11573077.

(3) **Rhymer JM, Simberloff D** (1996). "Extinction by Hybridization and Introgression". *Annual Review of Ecology and Systematics*. 27: 83–109. doi:10.1146/annurev.ecolsys.27.1.83

γονιδιώματα οργανισμών στους οποίους τέτοια γονίδια δεν υπάρχουν στη φύση.

**Επιστημονικές προοπτικές.**

Η χρήση του όρου «γενετική ρύπανση» και παρόμοιες φράσεις όπως γενετική υποβάθμιση, γενετικός βάλτος, γενετική εξαγορά και γενετική επιθετικότητα, συζητούνται από τους επιστήμονες, καθώς πολλοί δεν το βρίσκουν επιστημονικά κατάλληλο. Οι Rhymer και Simberloff <sup>(1)</sup> υποστηρίζουν ότι αυτοί οι τύποι όρων «... υπονοούν είτε ότι τα υβρίδια είναι λιγότερο κατάλληλα από τα γονικά, κάτι που δεν χρειάζεται να συμβαίνει, είτε ότι υπάρχει εγγενής αξία στις «καθαρές» δεξαμενές γονιδίων. Συνιστούν ότι η ροή γονιδίων από χωροκατακτητικά είδη πρέπει να ονομάζεται γενετική ανάμειξη αφού, η «ανάμειξη» δεν χρειάζεται να είναι φορτωμένη με αξία και τη χρησιμοποιούμε για να υποδηλώσουμε την ανάμειξη γονιδιακών δεξαμενών είτε συνδέονται είτε όχι με μείωση της φυσικής κατάστασης.

**17 Σεπ. 2015**

**Τελευταία Ενημέρωση-Συμπλήρωση: 12 Μαΐ 2018**

**Κωνσταντίνος Παπανικολάου.**

---

(1) Rhymer JM, Simberloff D (1996). "Extinction by Hybridization and Introgression". Annual Review of Ecology and Systematics. 27: 83–109. doi:10.1146/annurev.ecolsys.27.1.83.