

Επιγενετική vs Γενετική: Ξετυλίγοντας το κουβάρι πέρα από την αυτοκρατορία των γονιδίων...

Δρ Ευαγγελία Αβραμίδου, Ερευνήτρια Δ'
Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων

Η ανακάλυψη του DNA πραγματοποιήθηκε το 1953 από τους Watson & Crick ενώ η κληρονομιά του είχε πρωτίστως μελετηθεί από τον Αυστριακό μοναχό Mendel στις αρχές 20^{ου} αιώνα (δύο δεκαετίες μετά τον θάνατό του). Οι Watson & Crick καθόρισαν τον 20^ο αιώνα ως την εποχή του DNA και της λειτουργικής αντίληψης του τρόπου αλληλεπίδρασης μεταξύ της γενετικής και της εξέλιξης. Οι απαρχές της γενετικής άρχισαν από εκείνη τη στιγμή να μελετούνται για όλους τους έμβιους οργανισμούς. Αλλά στον 21^ο αιώνα, ο νέος επιστημονικός τομέας της επιγενετικής είναι αυτός που ξετυλίγει το κουβάρι δεδομένων που αντιμετωπίζαμε ως δόγμα και το ανακατασκευάζει με ένα απείρως πιο σύνθετο, ποικιλόμορφο και απaráμιλλο τρόπο.

Τι είναι όμως η επιγενετική;

Με τη χρήση του συνθετικού «επι» που προέρχεται από την ελληνική γλώσσα (με τη σημασία πάνω, κοντά σε), αναφερόμαστε σε διεργασίες που επηρεάζουν την έκφραση των γονιδίων χωρίς όμως να αλλάζουν την αλληλουχία του DNA. Ουσιαστικά αναφερόμαστε στη μεθυλίωση του DNA, σε τροποποιήσεις των ιστονών, σε αλλαγές στη δομή των χρωματινών, και σε επιλεγμένα μη κωδικοποιημένα μικρά RNA. Πιο συγκεκριμένα εστιάζουμε στη μεθυλίωση του DNA, όπου ένα μεθύλιο (CH₃) προσκολλάται σε κυτοσίνη, σιωπώντας ή υπερεκφράζοντας γονίδια χωρίς να αλλάζει την υπάρχουσα αλληλουχία του γονιδίου. Ωστόσο αυτές οι επιγενετικές αλλαγές αποδείχτηκε ότι κληρονομούνται και έχουν άμεσο αντίκτυπο στον φαινότυπο σε όλους τους έμβιους οργανισμούς.

Πρωτοπόροι της έρευνας ο νευρολόγος Δρ Michael Meaney και ο γενετιστής Δρ Moshe Szyf που απέδειξαν, αρχικά σε αρουραίους και πιο πρόσφατα σε ανθρώπους, τις δραματικές συνέπειες που έχει το στρες και η ψυχολογική πίεση στη μεθυλίωση των γονιδίων που σχετίζονται με το άγχος. Ακολούθησαν και άλλες μεταγενέστερες έρευνες που επιβεβαίωσαν τις αρνητικές επιγενετικές επιδράσεις του στρες.

Έως σήμερα πρόσφατες έρευνες αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα της επιγενετικής σε πλήθος ασθενειών, συμπεριφορών σε ανθρώπους, σε ζώα και φυτά. Για παράδειγμα, η Αμερικανική Εταιρεία για την έρευνα του καρκίνου (American Association for Cancer Research) έχει δημοσιεύσει πολλές στατιστικές έρευνες που δείχνουν σαφώς ότι πάνω από το 60% των διαγνωσμένων νεοπλασιών δεν οφείλεται σε γενετικούς παράγοντες αλλά σε επιγενετικούς, δηλαδή στον τρόπο ζωής των ασθενών.

Μονοετείς καλλιέργειες –Δενδρώδεις καλλιέργειες οπωροφόρων δέντρων

Η αραβίδοψη, το φυτό μοντέλο, έχει μελετηθεί ως τώρα για αρκετά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη μεθυλίωση και έχει ήδη αποδειχτεί ότι μειωμένα ποσοστά μεθυλίωσης οδήγησαν σε φαινοτυπικές και αυξητικές ανωμαλίες (π.χ. μείωση μεγέθους φυλλώδους ιστού). Σε άλλα μονοετή φυτά, όπως στην τομάτα έχει αποδειχτεί ότι η ιστοκαλλιέργεια προκαλεί νέες μεθυλιωμένες θέσεις, για παράδειγμα διαφορές βρέθηκαν στα επίπεδα μεθυλίωσης ανάμεσα στο φύλλο και στον σχηματισμό του κάλου του ίδιου φυτού. Πρόσφατα στο ρύζι, επιγενετικοί χάρτες δημιουργήθηκαν με σκοπό την κατανόηση των μηχανισμών της μεθυλίωσης σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης. Στο κολοκύθι επίσης, σημαντικές αλλαγές στα επίπεδα μεθυλίωσης που συσχετί-

στηκαν με φαινοτυπικές διαφορές βρέθηκαν στα εμβολιασμένα φυτά.

Σε δενδρώδεις καλλιέργειες, πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι η δημιουργία καφετιών κηλίδων στην επιδερμίδα των μίσλων που είναι η κύρια συνέπεια της ψυχρής διατήρησής τους, σχετίζεται άμεσα με τα επίπεδα μεθυλίωσης.

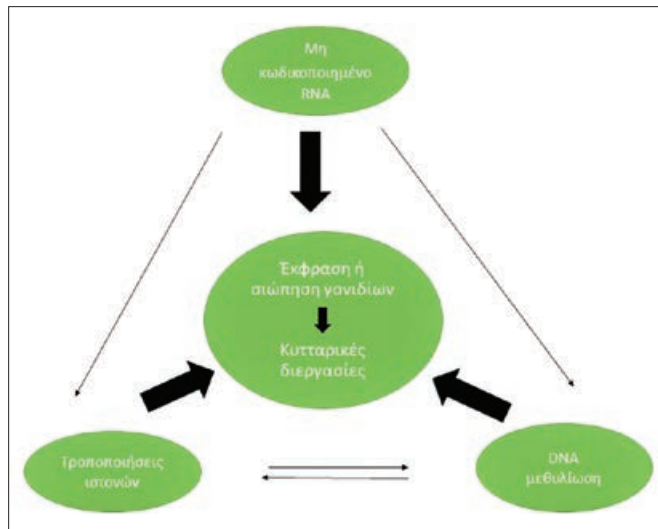
Φυσικοί πληθυσμοί

Για τους φυσικούς πληθυσμούς και ιδιαίτερως για τα δασικά είδη, οι πρώτες μελέτες σε οικογένειες πρώτης (F1) γενιάς με κληρονομούμενους μοριακούς δείκτες τυχαίου πολλαπλασιασμένου DNA (RAPDs) έγιναν στην *Pseudotsuga menziesii* και στην *Picea glauca* από τους Carlson και συνεργάτες (1991). Στη συνέχεια η ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας σε επίπεδο μοριακών δεικτών ήταν ραγδαία καθώς ένα πλήθος από πληροφοριακούς μοριακούς δείκτες σε επίπεδο DNA (AFLP, SSR, ESTPs, SNPs, NGS τεχνολογία) χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ακόμα στη δασική γενετική. Οι εφαρμογές και τα πλεονεκτήματα είναι ποικίλα και περιλαμβάνουν: κατασκευή γενετικών χαρτών για προσδιορισμό γνωρισμάτων υψηλής οικονομικής σημασίας (π.χ. ύψος δέντρων, αντοχή σε ασθένειες, διάμετρος), υπολογισμό γενετικών παραμέτρων όπως γενετική ποικιλότητα, ετεροζυγωτία, ομομιξία, φυλογενετικές αναλύσεις μεταξύ ειδών, ταυτοποίηση γενετικού υλικού ως γενετικό αποτύπωμα αρίστων φαινοτύπων κ.ά.

Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα μπήκαν τα θεμέλια της γενετικής στους φυσικούς πληθυσμούς, τι γίνεται όμως με τα επίκτητα χαρακτηριστικά του Λαμάρκ, που το 1802 υποστήριξε τη θεωρία του; Κατά τον Λαμάρκ το περιβάλλον μπορεί να έχει άμεση επίδραση στον φαινότυπο και η επίδραση αυτή να κληρονομείται.

Περιβάλλον και επιγενετική

Η νέο- δαρβινική θεωρία της εξέλιξης υποστηρίζει ότι ο κύριος ρόλος του περιβάλλοντος σε σχέση με την εξέλιξη είναι να μεσολαβεί για τη διαδικασία της φυσικής επιλογής. Σε αντίθεση ο Λαμαρκ πρότεινε ότι το περιβάλλον ασκεί επιλεκτική πίεση στη φυσική επιλογή αλλάζοντας απευθείας τους φαινοτύπους. Ωστόσο εάν υπήρχε μηχανισμός που μπορούσε να αναδείξει την ικανότητα του περιβάλλοντος να μεταβάλει τη γενετική και τη φαινοτυπική ποικιλότητα, «ουσιαστικά δηλαδή μια νέο-λαμαρκιστική θεώρηση» η θεωρία της εξέλιξης θα ήταν ευκολότερο να εξηγηθεί.



Μηχανισμοί μεθυλίωσης

Η προσρόφηση ή έλλειψη θρεπτικών ουσιών, οι απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας και η έκθεση σε τοξικές ουσίες, αποτελούν, σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες, τους τρεις κυριότερους παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην κληρονομία μεταξύ διαφόρων γενεών της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας.

Παραδείγματα επιγενετικής και γενετικής ποικιλότητας σε φυσικούς πληθυσμούς:

- Μελέτη κληρονομίας της μεθυλίωσης σε μια οικογένεια πρώτης γενιάς κυπαρισσιού (*Cupressus sempervirens* L.) ανέδειξαν την κληρονομισιμότητα και τη μεγαλύτερη μητρική επίδραση στους απογόνους έναντι της πατρικής, καθώς και την ύπαρξη νέας μεθυλίωσης στους απογόνους. Σημαντικό αποτέλεσμα της έρευνας αποτελεί και η θετική συσχέτιση της μεθυλίωσης με το ύψος και τη διάμετρο.
- Σε φυσικούς πληθυσμούς αγριοκερασιάς (*Prunus avium* L.) που μελετήθηκαν, βρέθηκε μικρή χαμηλή επιγενετική ποικιλομορφία και αδύνατη επιγενετική δομή, σε αντίθεση με την υψηλή γενετική ποικιλότητα. Τα αποτελέσματα συζητήθηκαν υπό το πρίσμα της πιθανής συμβολής τους στη βελτίωση.

Νέες προοπτικές για την έρευνα: Ένα νέο μονοπάτι εξερεύνησης....

Τα τελευταία χρόνια, η συνεισφορά της κληρονομισιμης επιγενετικής ποικιλότητας στη φαινοτυπική προσαρμοστικότητα αποδεικνύεται ότι παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο με τη γενετική ποικιλότητα στην παραλλακτικότητα των φαινοτύπων. Ενισχύοντας και ερευνώντας το σημαντικό σημείο αλληλεπίδρασης επιγενετικής-γενετικής ποικιλότητας για τους φυσικούς πληθυσμούς, για τις δενδρώδεις καλλιέργειες, για τις καλλιέργειες σημαντικών μονοετών φυτών ίσως μπορέσουμε να εξηγήσουμε περαιτέρω την τόσο ποικιλόμορφη φαινοτυπική δυναμική των φυτών και την προσαρμοστική τους ικανότητα στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες.

Πληροφορίες: Ινστιτούτο Μεσογειακών, Δασικών Οικοσυστημάτων, Τέρμα Αλκμάνος, 115 28 Ιλίσια-Αθήνα, τηλ.: 210 7784850, e-mail: avramidou@fria.gr