



Τράπεζα Γενετικού Υλικού: Διατήρηση και αξιοποίηση της γενετικής ποικιλότητας

Δρ Φωτεινή Μυλωνά, Αναπληρώτρια Ερευνήτρια
Υπεύθυνη Τράπεζας Γενετικού Υλικού
Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων

Στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων, Ευρώπης, Ασίας και Αφρικής, και κοντά στο Ευρωασιατικό κέντρο καταγωγής και εξημέρωσης των καλλιεργούμενων ειδών, η Ελλάδα αποτέλεσε κέντρο αρχικής διασποράς και εξάπλωσης πολλών σημαντικών καλλιεργειών και σημαντικό σημείο βιοποικιλότητας, γνωστό διεθνώς ως biodiversity hotspot. Η χώρα μας διαθέτει μια πλούσια βιοποικιλότητα φυτικών ειδών, δηλαδή πλήθος διαφορετικών φυτών, συμπεριλαμβανομένων των καλλιεργούμενων, των τοπικών ή ντόπιων παραδοσιακών ποικιλιών, των αγρίων συγγενών των καλλιεργούμενων ειδών καθώς και πολλά αυτοφυή είδη, όπου συγκαταλέγονται άγρια βρώσιμα χόρτα, αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά κ.ά. Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο της χώρας, η ποικιλία των μικρο-κλιματικών συνθηκών, οι ήπιες ανθρώπινες παρεμβάσεις και ο κατακερματισμένος κλήρος, συνέβαλαν εξελικτικά στην ενίσχυση της φυτικής βιοποικιλότητας. Επιπρόσθετα, η χώρα μας διαθέτει ένα υψηλό ποσοστό ενδημικών φυτών, δηλαδή φυτικά είδη που απαντώνται μόνο εδώ. Η Ελλάδα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κέντρα ενδημισμού της Ευρώπης και της Μεσογείου με 1.278 ενδημικά είδη, ποσοστό 22,2% του συνολικού αριθμού των φυτικών ειδών. Συνεπώς, η χώρα μας διαθέτει ένα πλούτο φυτογενετικών πόρων, μια κληρονομιά που αναμένει τη συστηματική και αειφόρο αξιοποίησή της.

Τι είναι όμως φυτογενετικοί πόροι;

Οι φυτογενετικοί πόροι περιλαμβάνουν το σύνολο των καλλιεργούμενων φυτών και τα άγρια συγγενικά τους είδη, που συχνά έχουν σημαντικά πολύτιμα χαρακτηριστικά. Ως φυτογενετικοί πόροι νοούνται οι τοπικές παραδοσιακές ποικιλίες, γνωστές και ως γηγενείς ή αυτόχθονες, τα άγρια συγγενή είδη των καλλιεργούμενων φυτών, οι παλιές ξεχασμένες ποικιλίες, οι βελτιωμέ-

νες ποικιλίες και κλώνοι καθώς και οι σύγχρονες ποικιλίες. Αυτή η ποικιλότητα ειδών και γενοτύπων, που έχουν συλλεχθεί από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και χρονικές περιόδους, περιέχει πληθώρα χαρακτηριστικών που είναι πολύτιμα για τη βελτίωση των φυτών.

Ένα μεγάλο μέρος αυτής της βιοποικιλότητας διατηρείται στην Τράπεζα Διατήρησης Γενετικού Υλικού (ΤΓΥ). Η Τράπεζα Διατήρησης Γενετικού Υλικού αποτελεί το συντονιστικό εκτελεστικό



Παραδοσιακή ποικιλία λαθουρίου

όργανο για την προστασία και διατήρηση των φυτογενετικών πόρων της χώρας μας. Ο ρόλος της επικεντρώνεται στη συλλογή, διατήρηση, χαρακτηρισμό και αξιοποίηση των φυτογενετικών πόρων για τη γεωργία και τη διατροφή. Η προστασία των φυτογενετικών πόρων είναι σήμερα ιδιαίτερης σημασίας, ενόψει

των κλιματικών αλλαγών και της αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού, για τη διασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας και την ενίσχυση της γεωργίας σε παγκόσμια κλίμακα. Συνεπώς, ξέχωρα σημαντικός είναι και ο ρόλος των Τραπεζών Γενετικού Υλικού, όπου διατηρούνται εκτός τόπου οι φυτογενετικοί πόροι, δηλαδή μακριά από τον τόπο συλλογής τους, ως δείγματα με τη μορφή σπερμάτων για είδη που διαθέτουν “ορθόδοξους” (orthodox) σπόρους. Ο όρος “ορθόδοξοι σπόροι” περιγράφει αυτούς τους σπόρους που μπορεί να επιβιώσουν μετά από αποξήρανση (αφυδάτωση) και ψύξη σε θερμοκρασίες μικρότερες των +8°C. Έτσι, οι ορθόδοξοι σπόροι μπορούν να αποξηραθούν ως ένα χαμηλό ποσοστό υγρασίας μικρότερο από 12% και συνήθως στο 2-6% της νωπής μάζας τους, χωρίς να χάνουν τη βιωσιμότητά τους και να καταστρέφονται. Η ανοχή στην αποξήρανση των ορθοδόξων σπόρων είναι γενετικά προγραμματισμένη και συγχρονίζεται πριν ή με την έναρξη της ωρίμασης και της φυσιολογικής αποξήρανσης του σπόρου.

Γιατί όμως είναι σημαντικό οι σπόροι να έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύονται απουσία υγρασίας, μετά από αποξήρανση και σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών;

Απουσία υγρασίας ο σπόρος δε βλαστάνει και άρα μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Επίσης, αν αποθηκευτεί σε χαμηλές θερμοκρασίες ψύξης, επιμηκύνεται ακόμη περισσότερο η βιωσιμότητά του. Αυτός είναι και ο λόγος που σε Τράπεζες Διατήρησης Γενετικού Υλικού η διατήρηση των σπόρων, δηλαδή του γενετικού υλικού των φυτικών ειδών, ολοκληρώνεται με την αποθήκευσή τους σε ψυκτικούς θαλάμους. Οι θερμοκρασίες αποθήκευσης στους ψυκτικούς θαλάμους κυμαίνεται από 0 ως +4°C για μέση διάρκεια διατήρησης και από -20 ως -22°C για μακρά διατήρηση. Έτσι οι σπόροι μπορεί να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα διατηρώντας και τη βιωσιμότητά τους, δηλαδή τη φυτρωτική ικανότητά τους για την ανάπτυξη του νέου οργανισμού, του φυτού. Ο εμπειρικός κανόνας υποδεικνύει ότι η βιωσιμότητα, δηλαδή η διάρκεια ζωής του σπόρου σε αποθήκευση, σχεδόν διπλασιάζεται για κάθε 5 βαθμούς μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Τοιούτοτρόπως είναι εφικτό να διατηρηθούν αρκετές χιλιάδες δείγματα σπόρων για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ελαχιστοποιώντας το κόστος ανα-πολλαπλασιασμού των συλλογών και την απειλή της γενετικής διάβρωσης.

Όλα τα φυτικά είδη παράγουν ορθόδοξους σπόρους;

Υπάρχουν είδη, όπως η καστανιά, η βελανιδιά, το αλμυρίκι και άλλα, των οποίων οι σπόροι δεν μπορούν να αντέξουν την αποξήρανση ή και τις θερμοκρασίες χαμηλότερες των +10°C. Αυτοί οι ευαίσθητοι σπόροι καλούνται «ανορθόδοξοι-αιρετικοί», γνωστοί διεθνώς ως “recalcitrant”. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι ανορθόδοξοι σπόροι διατηρούν την περιεχόμενη υγρασία, «υδατο-περιεκτικότητα», γνωστό διεθνώς ως Relative Humidity (eRH), σε υψηλά επίπεδα με ενεργό το μεταβολισμό τους και ταυτόχρονα είναι ευαίσθητοι στην αποξήρανση, ενώ η αφυδάτωσή τους κάτω από ένα κρίσιμο σημείο «υδατο-περιεκτικότητας» επιφέρει την απώλεια της φυτρωτικής τους ικανότητας. Πρόσφατα ερευνητικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι οι ανορθόδοξοι σπόροι δεν αντέχουν την αποξήρανση και τις χαμηλές θερμοκρασίες γιατί η απώλεια νερού που υλοποιείται σε αυτές τις διαδικασίες οδηγεί γρήγορα σε μειωμένη σφριγηλότητα και βιωσιμότητα, με ακόλουθο τον θάνατο των σπόρων. Αυτό οφείλεται κυρίως στη συνεχή μεταβολική δραστηριότητα του σπόρου με ελάχιστη ή καθόλου ενδοκυτταρική διαφοροποίηση, εκθέτοντας έτσι τις κυτταρικές μεμβράνες και τα ενδοκυτταρικά συστήματα στις



Συσκευασία δειγμάτων προς αποθήκευση

βλαβερές συνέπειες της αφυδάτωσης. Συγχρόνως και οι δύο προαναφερόμενες αβιοτικές συνθήκες (αφυδάτωση και χαμηλές θερμοκρασίες) εντείνουν την οξειδωτική καταπόνηση και συσσωρευση ενεργών ριζών οξυγόνου, συμβάλλοντας ενεργά στην καταστρατήγηση της βιωσιμότητας του σπόρου.

Αντίθετα, στους ορθόδοξους σπόρους η διαφοροποίηση και οι μηχανισμοί που επάγονται κατά την ωρίμαση του σπόρου περιορίζουν ή και διορθώνουν τις ζημιές που προκαλούνται από τις αβιοτικές συνθήκες, συμπεριλαμβανόμενου της οξειδωτικής καταπόνησης, διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα του σπόρου. Βέβαια, οι διαφορές μεταξύ των ορθόδοξων και ανορθόδοξων σπόρων δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητές σε επίπεδο μοριακών μηχανισμών, ώστε οι ερευνητές να αναπτύξουν νέες μεθόδους αποθήκευσης για ανορθόδοξους σπόρους. Αξίζει να αναφερθεί ότι ανάμεσα στις δύο αυτές κατηγορίες ορθόδοξων και ανορθόδοξων σπόρων υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία, εκείνη των “ενδιάμεσων” (intermediate) σπόρων. Οι τελευταίοι έχουν την ικανότητα να εκτελούν μερικές από τις σημαντικές διαδικασίες που διέπουν την ανοχή στην αποξήρανση. Ωστόσο, η βιωσιμότητα στην αφυδατωμένη κατάσταση περιορίζεται ιδιαίτερα παρουσία ψυχρών θερμοκρασιών για ορισμένα είδη.

Εναλλακτικά, οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν δώσει τη δυνατότητα ανάπτυξης νέων μεθόδων αποθήκευσης, όπως η κρυοσυντήρηση (cryopreservation), δηλαδή σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, -196°C, που είναι εφικτές με την παρουσία υγρού αζώτου. Η κρυοσυντήρηση προσφέρει τη δυνατότητα διατήρησης τόσο για ανορθόδοξους σπόρους όσο και για είδη που πολλαπλασιάζονται αγενώς, όπως το αμπέλι, ποικίλα δενδρώδη είδη και πολλά τροπικά είδη. Έτσι η μέθοδος αποτελεί μια επίκαιρη επιτομή της σύγχρονης τεχνολογίας και έρευνας καθώς παρέχει τη δυνατότητα διατήρησης ειδών, που παρουσιάζουν δυσκολίες με τις συμβατές μεθόδους και ταυτόχρονα επιμηκύνει τη βραχεία διάρκεια βιωσιμότητας ορθοδόξων σπόρων. Παράλληλα, περιστελλεί και το κόστος διατήρησης των ζωντανών συλλογών στον αγρό, όπως είναι οι συλλογές δενδρωδών και θαμνωδών ειδών.



Καλλιέργεια παραδοσιακής ποικιλίας χαμομηλιού

Η αποθήκευση των σπόρων αποτελεί αρχέγονη συνήθεια των πρώτων γεωργών, που ξεκινά 13.000 χιλιάδες χρόνια πριν, με την εξημέρωση των πρώτων καλλιεργούμενων ειδών και την αρχή της γεωργίας στην περιοχή της εύφορης ημισελήνου (fertile crescent), όπου σήμερα βρίσκονται το Ιράν, το Ιράκ και η Συρία. Ιστορικά, η αποθήκευση των σπόρων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη γεωργία. Η Ελλάδα, ως γεωργική χώρα, διαθέτει μια πλούσια παράδοση και ιστορία πρακτικών, που οι καλοί γεωργοί επιλέγουν και διατηρούν τους σπόρους για την επόμενη σπορά. Αυτή η κληρονομιά αιώνων έχει συνεισφέρει στην ποικιλότητα των παραδοσιακών ντόπιων, γηγενών ποικιλιών που χαρακτηρίζουν τη χώρα μας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο σπόρος είναι ταυτόχρονα αποθήκη θρεπτικών συστατικών και συνάμα ο φορέας της γενετικής πληροφορίας σε επίπεδο ατόμου καθώς συνιστά τη μονάδα πολλαπλασιασμού και διαιώνισης του είδους και της γενετικής παραλλακτικότητας σε επίπεδο πληθυσμού. Εξελικτικά ο σπόρος αποτελεί την επιτομή της φυτικής ζωής στον πλανήτη, μια ζωντανή αποθήκη διατήρησης της πληροφορίας και της ποικιλομορφίας του γενετικού υλικού. Αυτή η γενετική δυνατότητα του σπόρου απαρτίζει τη θεμέλιο λίθο της αειφόρου ανάπτυξης της γεωργίας και του πολιτισμού.

Εύλογο λοιπόν το ερώτημα πόσοι σπόροι πρέπει να συλλεχθούν για να αντιπροσωπεύεται επαρκώς η φυσική παραλλακτικότητα του είδους σε κάθε δείγμα;

Σύμφωνα με τις διεθνείς οδηγίες, η συλλογή σπόρων από φυσικούς πληθυσμούς δεν πρέπει να ξεπερνά το 20% των διαθέσιμων σπόρων του φυσικού πληθυσμού για να διασφαλίζεται και η διατήρηση του πληθυσμού στο οικοσύστημα. Έτσι η συλλογή συχνά μπορεί να επαναληφθεί για να συμπεριλάβει τη μέγιστη δυνατή παραλλακτικότητα του είδους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η συλλογή είναι αρκετή, όταν περιλαμβάνει ένα αντίγραφο από το 95% των αλληλομόρφων που εμπεριέχονται στο γένωμα του πληθυσμού με συχνότητα εμφάνισης μεγαλύτερη >0.05 . Έτσι ένα δείγμα από 59 τυχαίους, άσχετους γαμέτες είναι επαρκές για την εκπλήρωση της προαναφερόμενης συνθήκης. Αυτό ισοδυναμεί με συλλογή σπόρων από 30 ανεξάρτητα φυτά/άτομα για είδη που είναι σταυρο-γονιμοποιούμενα (π.χ. καλαμπόκι, κρεμμύδι, κουκιά κ.λπ.). Για τα αυτο-γονιμοποιούμενα είδη (π.χ. σιτηρά) συνιστάται η συλλογή να γίνεται από 60 ανεξάρτητα φυτά/άτομα.

Με δεδομένο τα παραπάνω, μπορεί κάποιος να φανταστεί το

μέγεθος του γενετικού δυναμικού που εμπεριέχεται στις τοπικές, γηγενείς αβελτίωτες ποικιλίες. Οι αβελτίωτες ποικιλίες αποτελούν πληθυσμούς που δεν έχουν υποστεί συστηματική βελτίωση. Άρα, απαρτίζουν θησαυροφυλάκια πολύτιμων αγρονομικών χαρακτήρων και γονιδίων. Έχοντας προσαρμοστεί εξελικτικά στις περιοχές καταγωγής και καλλιέργειάς τους από τη φυσική επιλογή και έχοντας επιπλέον σμιλευτεί με την οξυδερκή επιλογή των καλλίτερων φυτών από τους γεωργούς πολλών περασμένων αιώνων, έχουν συσσωρεύσει πληθώρα γονιδίων που προσδίδουν προσαρμοστικότητα και αντοχή στις περιβαλλοντικές καταπονήσεις, όπως η ξηρασία, οι χαμηλές εισροές, οι ακραίες θερμοκρασίες κ.λπ. Για τον λόγο αυτό είναι επιτακτική η συλλογή, διατήρηση και διάσωση των ποικιλιών αυτών με προοπτική αξιοποίησής τους ως πηγή πολύτιμων γονιδίων και χαρακτήρων στη σύγχρονη γεωργία. Έτσι είναι ιδιαίτερα επίκαιρη και πολύτιμη η αξιολόγησή τους κυρίως για χαρακτηριστικά που προσδίδουν ανοχή (resilience) στις κλιματικές αλλαγές. Με τη χρήση των νέων τεχνολογιών της μοριακής βιολογίας, της βιοτεχνολογίας και των -ομικών λεγόμενων τεχνολογιών (γονιδιωματική, πρωτεομική, μεταβολομική), η «εξόρυξη», η εύρεση γονιδίων και αλληλομόρφων καθώς και μοριακών μηχανισμών, αποτελούν την κινητήρια δύναμη της σύγχρονης βελτίωσης. Συμπερασματικά λοιπόν, πολύτιμος και επίκαιρος όσο ποτέ άλλοτε είναι ο ρόλος της Τράπεζας Διατήρησης Γενετικού Υλικού για τη διάσωση και την ολοκληρωμένη αξιολόγηση και αξιοποίηση του γενετικού πλούτου που μας κληροδότησαν οι περασμένες γενιές και η πλούσια βιοποικιλότητα της πατρίδας μας. Η αξιοποίηση του γενετικού πλούτου αποτελεί και τον μοχλό ανάπτυξης για τη γεωργία και την οικονομία, παρέχοντας εφόδια και ανεκτίμητα εργαλεία για αειφόρο ανάπτυξη και διασφάλιση της επισιτιστικής κρίσης. Εν κατακλείδι, παρέχεται η δυνατότητα να σταθούμε αντάξιοι της κληρονομιάς και της ιστορίας μας. Παραμένει να αποδείξουμε ότι μπορούμε να το πραγματοποιήσουμε με συνεργασία της επιστημονικής κοινότητας και της πολιτείας, κάνοντας ο καθένας από το δικό του μετερίζι το χρέος του.



Πληροφορίες: Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων, 570 01 Θέρμη Θεσσαλονίκης, τηλ.: 2310 471 544, e-mail: phmylona@nagref.gr