

Τα πρώτα βήματα της βελτίωσης των φυτών

Τα άγρια φυτά συνήθως έχουν μικρούς, μη ελκυστικούς σπόρους που πολλές φορές διασκορπίζονται (τινάζονται) κατά την ωρίμανση με σκοπό τη διασπορά τους και συνεπώς τη φυσική διαιώνιση του είδους. Τέτοια φυτά χρειάζονται σημαντική βελτίωση για να μετατραπούν σε φυτά με οικονομική σημασία, δηλαδή σε φυτά με μεγάλους εδώδιμους σπόρους ή καρπούς που να διατηρούνται στο φυτό μετά την ωρίμανση.

Είναι βέβαιο ότι, τουλάχιστον για τα περισσότερα χαρακτηριστικά, γενετική παραλλακτικότητα υπήρχε στους άγριους πληθυσμούς. Το αν όμως ο άνθρωπος την αναγνώρισε και προχώρησε ενσυνείδητα στην επιλογή ή το αν η πρόοδος έγινε έμμεσα και ασυνείδητα δεν είναι ξεκάθαρο (Stoskopf et al. 1999).

Ο άνθρωπος χωρίς αμφιβολία άρχισε να συλλέγει την τροφή του από τα άγρια φυτά (άνθρωπος συλλέκτης). Είναι προφανές ότι μία τέτοια ενέργεια είχε τις περισσότερες φορές μικρή επίδραση στη βελτίωση. Υπήρχαν όμως και περιπτώσεις, που η εμπειρία της συλλεκτικής εποχής είχε σημαντική επίδραση στην επιλογή κάποιων γενοτύπων, κυρίως για αρνητικά χαρακτηριστικά, π.χ., απορριπτόταν η συλλογή καρπών ή σπόρων από φυτά με ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά (πικρό – γλυκό αμύγδαλο). Μία τέτοια εμπειρία επομένως μπορεί να αξιοποιήθηκε την περίοδο της συλλογής σπόρων για σπορά. Στο σημείο αυτό οι απόψεις δίστανται. Ο Arnold (1985) θεωρεί ότι όλες οι καλλιέργειες αναπτύχθηκαν από τον άνθρωπο ενσυνείδητα. Αντίθετα, ο Jenkins (1966) επιχειρηματολογεί ότι η ενσυνείδητη επιλογή, αν υπήρχε, ήταν πολύ μικρή.

Η βελτίωση των φυτών αρχίζει από τότε που ο άνθρωπος διαπιστώνει ότι οι σπόροι όταν τοποθετούνται στο έδαφος, υπό κατάλληλες συνθήκες, φυτρώνουν και δίνουν νέα φυτά. Τότε ακριβώς ο άνθρωπος πιθανόν να διερωτήθηκε ποιους σπόρους και από ποια φυτά θα μάζευε τους σπόρους που θα έσπερνε. Το πότε ακριβώς ο άνθρωπος έκανε αυτή τη διαπίστωση, το ότι δηλαδή οι σπόροι φυτρώνουν, και πέρασε έτσι από την εποχή του συλλέκτη στη γεωργική εποχή δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια. Όμως, η ελεγχόμενη γεωργική παραγωγή τροφίμων δεν πρέπει να θεωρηθεί ως ένα απλό βήμα ή ανακάλυψη, αλλά μάλλον σαν μια πορεία που άρχισε σε διάφορες

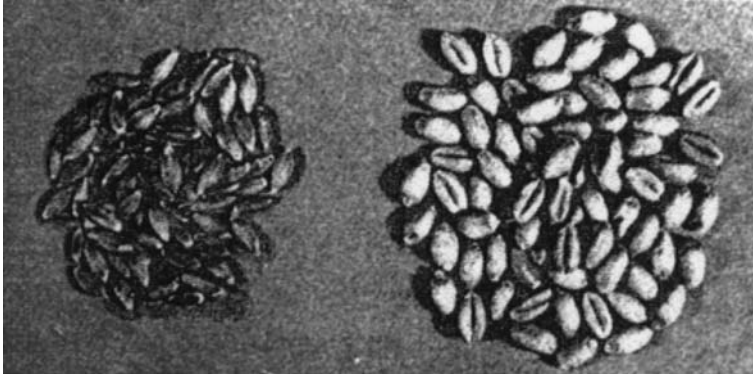
περιοχές (Harlan 1975) και διήρκεσε μια μακρά περίοδο. Η μετάβαση, π.χ., από τον τύπο φυτού που κατά την ωρίμανση διασκορπίζει τους σπόρους του (τινάζει) στον τύπο που δεν τινάζει ήταν και δύσκολη και μακροχρόνια διαδικασία. Το ίδιο πρέπει να ισχύει και για άλλα γεωργικά χαρακτηριστικά όπως ο λήθαργος των σπόρων κ.λπ.

Οι σπόροι των φυτών που δεν φύτευαν λόγω ληθάργου θα έπρεπε να τροποποιηθούν πριν γίνουν αποδεκτοί για γεωργική εκμετάλλευση. Αυτό είναι κατανοητό, αφού πολλοί από τους σπόρους με λήθαργο δεν φυτρώνουν τη χρονιά που σπέρνονται. Άλλοι πάλι δεν φυτρώνουν αν δεν βρεθούν στο κατάλληλο περιβάλλον, όπως είναι το βάθος σποράς και η κατάλληλη θερμοκρασία και υγρασία. Έτσι η επιλογή φαίνεται ότι συνεχίστηκε από τον άνθρωπο, αλλά όχι ως αποτέλεσμα ενσυνείδητης δράσης.

Υπάρχουν όμως και χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος του σπόρου, όπου ο άνθρωπος ίσως άσκησε ενσυνείδητη επιλογή. Οι μεγάλοι σπόροι πλεονεκτούν έναντι των μικρών και οι άνθρωποι ίσως να επέλεξαν για σπορά τους μεγάλους σπόρους. Εάν το μέγεθος του σπόρου ελεγχόταν γενετικά, τότε θα προέκυπτε ένας πληθυσμός με μεγάλους σπόρους (Εικ. 1.1).

Η γνώση μας σχετικά με το πότε και πού έλαβαν χώρα τα πρώτα βήματα της βελτίωσης των φυτών βασίζεται σε αρχαιολογικά ευρήματα. Οι πρώτες προσπάθειες καλλιέργειας άγριων φυτών ίσως να έγιναν στη Ν.Α. Ασία 13.000 χρόνια π.Χ. (Solheim 1972). Στα 10.000 χρόνια π.Χ. υπήρχε προχωρημένη γνώση όσον αφορά την καλλιέργεια του ρυζιού (*Oryza sativa*), διαφόρων ψυχανθών όπως το μπιζέλι (*Pisum ssp.*), το φασόλι (*Phaseolus spp.*), τα κουκιά (*Vicia spp.*) και πιθανότατα της σόγιας (*Glycine spp.*) (Stoskopf et al. 1999).

Ο Braidwood (1960) πρότεινε ότι το πρώτο πετυχημένο πείραμα στην παραγωγή τροφίμων στην Ευρασία πρέπει να έλαβε χώρα στις ελεύθερες δασών περιοχές κατά μήκος των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη. Στην περιοχή δηλαδή του σημερινού Ιράκ που επεκτείνεται μέσα στο Ιράν και στη Ν.Α. Τουρκία προς Βορρά, και προς νότο στο Λίβανο, Ισραήλ και στα νότια υψώματα της Ιορδανίας. Αυτή η πεταλοειδούς σχήματος περιοχή είναι γνωστή ως Γόνιμο Μισοφέγγαρο και είναι η περιοχή που έχει πλούσια γενετική παραλλακτικότητα στα δημητριακά και ψυχανθή. Αποτυπώματα σε πήλινα δοχεία δείχνουν ότι το σιτάρι, κριθάρι, σίκαλη, βρώμη και κεχρί παράγονταν μεταξύ 9000 και 7000 χρόνια π.Χ.



Εικόνα 1.1 Σπόροι σιταριού. Οι πρώτοι γεωργοί μπορεί ενσυνείδητα να επέλεγαν μεγάλους σπόρους από ένα μείγμα σπόρων. Αν το μέγεθος ήταν γενετικά ελεγχόμενο, τότε μπορούσε να λάβει χώρα πρόοδος με την επιλογή.

Οι μικροί σπόροι σιταριού στα αριστερά είναι σπόροι του einkorn (*Triticum monococcum*), ένα από τα τρία είδη σιταριού που αρχικά εξημερώθηκαν στη σημερινή νοτιοανατολική Τουρκία. Πηγή: Stoskopf et al.1999.

Η τρίτη περιοχή όπου αναπτύχθηκε ανεξάρτητα η γεωργία και η βελτίωση των φυτών είναι το Νοτιοκεντρικό Μεξικό μεταξύ 6700 και 5000 π.Χ. Τα φυτά που εξημερώθηκαν πρώτα σε αυτή την περιοχή πρέπει να ήταν το κολοκύθι και το αβοκάντο (MacNeish 1964) και, με το πέρασμα του χρόνου, πολλά άλλα είδη με κυρίαρχη θέση στον αραβόσιτο (*Zea mays*).

Οι ενδείξεις για την ανεξάρτητη εξημέρωση των διαφόρων καλλιεργειών σε τρεις διαφορετικές περιοχές μαρτυρούν ότι η πρόοδος στη βελτίωση των φυτών δεν ήταν σειρά από τυχαία γεγονότα, και ότι η πρόοδος αυτή δεν έγινε χωρίς καμία ενσυνείδητη προσπάθεια του ανθρώπου. Η εξημέρωση που έλαβε χώρα στη Μέση Ανατολή και στην Κίνα περιλαμβάνει τα αυτογονιμοποιούμενα φυτά (δημητριακά και ψυχανθή). Αυτά τα είδη έχουν σχετικά μικρά και δυσδιάκριτα αναπαραγωγικά όργανα, και επομένως είναι αμφίβολο αν ο άνθρωπος στην πορεία της εξημέρωσης άσκησε τον υβριδισμό. Είναι γνωστό ότι η αυτογονιμοποίηση οδηγεί σε ομοζύγωτα φυτά και συνεπώς σε πληθυσμούς που είναι μείγματα καθαρών σειρών. Επομένως, η επιλογή ασκήθηκε μάλλον στους ετερογενείς πληθυσμούς που προέκυπταν από φυσικό υβριδισμό και αυτόματες τυχαίες μεταλλάξεις.

Αντίθετα, ο αραβόσιτος είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό και η εξημέρωσή του βρισκόταν σε πολύ προχωρημένο στάδιο όταν οι Ευρωπαίοι έφτασαν στην Αμερική. Καλά προσαρμοσμένες ποικιλίες εκτείνονταν από τα

νοτιότερα μέρη της Ν. Αμερικής μέχρι τον ποταμό St. Lawrence στα βόρεια, και από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι 3.355 μ. υψόμετρο. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία όσον αφορά την ικανότητα των Ινδιάνων της Αμερικής στη βελτίωση των φυτών, αφού χρειάστηκε να αναπτυχθούν τα διπλά και απλά υβρίδια της σημερινής γεωργίας για να ξεπεράσουν σε απόδοση τις ποικιλίες των Ινδιάνων. Δίκαια επομένως θεωρείται ότι ο αραβόσιτος είναι το μεγαλύτερο δώρο των Ινδιάνων προς τον υπόλοιπο κόσμο. Το πώς ακριβώς οι Ινδιάνοι της Αμερικής κατόρθωσαν να μετατρέψουν ένα αρχέγονο και πιθανώς μη παραγωγικό αγρωστώδες σε μία κύρια καλλιέργεια παραμένει ένα μυστήριο. Ο Weatherwax (1954) θεωρεί ότι αυτό επιτεύχθηκε χωρίς να γίνει αντιληπτό τι γινόταν, και επομένως ποτέ δεν έγινε κατανοητό το πώς αυτό κατορθώθηκε. Η αξία αυτής της άποψης ενισχύεται και από το γεγονός ότι η τροποποίηση αυτή έλαβε χώρα σε μία περίοδο που διήρκεσε πάνω από 4.000 χρόνια. Φαίνεται ότι σε αυτό βοήθησε η εξουδετέρωση της φυσικής επιλογής από τον άνθρωπο, όταν έθεσε το φυτό του αραβοσίτου υπό την προστασία του, με το να το καλλιεργεί στην αυλή του, πιθανόν σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις, και επιλέγοντας με βάση το φαινότυπο τα καλύτερα ατομικά φυτά.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η εξημέρωση ενός είδους είναι τελείως διαφορετική από την καλλιέργεια ενός άγριου είδους. Η εξημέρωση προστατεύει ένα είδος από την επίδραση της φυσικής επιλογής, η οποία ευνοεί την επικράτηση ατόμων με μεγάλη ανταγωνιστική ικανότητα σε μεικτούς ετερογενείς πληθυσμούς. Επιπλέον, συνεπάγεται γενετικές αλλαγές που κάνουν το φυτό να ταιριάζει περισσότερο στις ανάγκες του ανθρώπου και στο γεωργικό περιβάλλον. Η εξημέρωση δηλαδή αποτελεί μία εξελικτική διαδικασία ελεγχόμενη από τον άνθρωπο, ενώ η καλλιέργεια αναφέρεται μόνο στην προσπάθεια του ανθρώπου να φροντίζει τα φυτά του: τα άγρια είδη μπορούν να καλλιεργηθούν χωρίς να εξημερωθούν.

Βελτίωση φυτών μετά από υβριδισμό πριν το 1900

Ο υβριδισμός, που αποσκοπεί στη δημιουργία γενετικής παραλλακτικότητας, αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο στη βελτίωση των φυτών. Η γνώση των πρώτων βοτανολόγων για το φύλο των φυτών φαίνεται να είναι πολύ περιορισμένη. Χωρίς τη γνώση της γενετικής, δεν θα μπορούσε να γίνει αντιληπτό ότι ο γυρεόκοκκος είναι ο φορέας των κληρονομικών χαρακτηριστικών του πατρικού γονέα. Επομένως, η αναγνώριση του ρόλου του φύλου και ο υβριδισμός είναι συνυφασμένα με τη σύγχρονη εποχή.

Παρόλα αυτά, η επικονίαση εφαρμοζόταν σε κάποιες καλλιέργειες και από τον αρχαίο κόσμο, ως εμπειρική διαδικασία μάλλον και όχι με σκοπό τη γονιμοποίηση, χωρίς ίσως να γίνει αντιληπτό ότι χαρακτηριστικά των γονέων μεταβιβάζονται στους απογόνους (Stoskopf et al. 1999). Την αρχαία εποχή, οι Ασύριοι και οι Βαβυλώνιοι, για παράδειγμα, αναγνώριζαν την ύπαρξη δύο ειδών δένδρων χουρμαδιάς, τα θηλυκά και τα αρσενικά. Οι αρχαίοι Άραβες θεωρούσαν τη χουρμαδιά ως ένα φυτό με συμπεριφορά «ζώου» αφού, όπως τα ζώα, τα θηλυκά φυτά χρειάζονταν την επικονίαση με γύρη από τα αρσενικά για να κάνουν καρπούς (Zirkle 1935). Παρόλα αυτά φαίνεται ότι οι αρχαίοι Άραβες δεν είχαν αναγνωρίσει την ύπαρξη φύλου σε άλλα φυτά.

Αιώνες αργότερα, Έλληνες και Ρωμαίοι συγγραφείς, όπως ο Αριστοτέλης (384-323 π.Χ.), Ηρόδοτος (484-425 π.Χ.), Πλίνιος (23-79 μ.Χ.) και Θεόφραστος (371-285 π.Χ.), αναφέρονται στην υποτιθέμενη ύπαρξη φύλου σε φυτά όπως η χουρμαδιά και η συκιά (Zirkle 1935). Ατυχώς, πολλά από τα βοτανικά συγγράμματα του Αριστοτέλη και του Θεοφράστου έχουν χαθεί. Είναι πολύ πιθανόν ότι οι μεγάλοι αυτοί φιλόσοφοι και βοτανολόγοι της αρχαίας εποχής δεν αναγνώρισαν ότι μία απλή ωθήκη αναπτυσσόταν όταν γονιμοποιούνταν από έναν γυρεόκοκκο. Η γύρη θεωρούσαν ότι επιδρά μαζικά, όσο δηλαδή περισσότερη τόσο καλύτερα. Κατά τη ρωμαϊκή εποχή, αν και αναφέρεται η επιλογή υπέρτερων σπόρων και φυτών (Jenkins 1966), δεν υπάρχει πειστική απόδειξη ότι εφαρμοζόταν ο υβριδισμός για βελτιωτικούς σκοπούς.

Βασική μαρτυρία για άσκηση ενσυνείδητης βελτίωσης των φυτών στην Κίνα δίνεται από τον φιλόσοφο Shunce (300-225 π.Χ.), ο οποίος αναφέρεται να λέγει: «Μάλλον από το να αφήνονται τα πράγματα να αναπαράγονται τυχαία, κάποιος πρέπει να ασκεί την επιδεξιότητά του στο να τα αλλάξει» (Braks 1984, αναφερόμενος από Stoskopf et al. 1999). Ενώ οι αιώνες περνούσαν, η βελτίωση των φυτών παρέμεινε στην πρωτόγονη μορφή της. Ακόμη και τον 17ο αιώνα η ενσυνείδητη βελτίωση των φυτών ήταν πολύ σπάνια, παρόλο που η επιλογή ενός φυτού ρυζιού από τον Αυτοκράτορα Khang-Hi (1662-1723) έγραψε ιστορία (Reed 1942). Ο αυτοκράτορας παρατήρησε ότι στο χωράφι ενός χωρικού που καλλιεργούσε ρύζι υπήρχε ένα φυτό που είχε ωριμάσει πολύ πιο γρήγορα από τα υπόλοιπα και συγχρόνως είχε καλή ποιότητα. Το συγκεκριμένο φυτό συγκομίστηκε χωριστά, αναπαράχθηκε και οι απόγονοί του αποτέλεσαν μία ποικιλία ρυζιού που ονομάστηκε Imperial. Αξίζει να σημειωθεί ότι την εποχή εκείνη ήταν η μόνη ποικιλία που μπορούσε να καλλιεργηθεί και να ωριμάσει σε περιοχές βόρεια του Μεγάλου Τείχους (Great Wall). Επιπλέον, σε νοτιότερες περιοχές μπορούσαν να παραχθούν δύο σοδιές ανά έτος. Το παράδειγμα αυτό δείχνει πολύ ξεκάθαρα την πρόο-

δο που μπορεί να επιτευχθεί με την επιλογή.

Παρόλα αυτά, ο υβριδισμός των φυτών με σκοπό τη βελτίωση σπάνια χρησιμοποιούνταν μέχρι το 1900. Αντίθετα, οι γεωπόνοι της εποχής εκείνης είχαν αναγνωρίσει το ότι η διασταύρωση υπέρτερων ζώων ήταν η βάση για τη βελτίωση των ζώων. Όσον αφορά τα φυτά, ο Camerarius (1665-1721) (αναφερόμενος από Stoskopf et al. 1999) φαίνεται να είναι ο πρώτος βοτανολόγος που ανακάλυψε μετά από πειραματισμό ότι η γύρη που παράγεται στα αρσενικά λουλούδια είναι απαραίτητη για τη γονιμοποίηση και την παραγωγή σπόρων στα θηλυκά φυτά. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι ο Camerarius πειραματίστηκε με δύοικα φυτά όπως η κάνναβη και το σπανάκι.

Στα χρόνια που ακολούθησαν, έγιναν αρκετές εργασίες σχετικά με τον υβριδισμό αλλά η έμφαση δόθηκε στον διειδικό υβριδισμό. Έτσι, οι επιστήμονες ήλθαν αντιμέτωποι με τα πολλά προβλήματα που παρουσιάζει ο διειδικός υβριδισμός (βλέπε Κεφ. 11). Παρά την πρόοδο που επιτεύχθηκε την περίοδο αυτή όσον αφορά τις τεχνικές υβριδισμού στα φυτά, η πρόοδος στη βελτίωση των φυτών εξαρτιόταν από την ικανότητα του βελτιωτή να χειριστεί τους απογόνους του υβριδισμού. Κεντρικό πρόβλημα στην κατεύθυνση αυτή ήταν το ότι όλα τα F_1 φυτά ήταν όμοια μεταξύ τους και οι βελτιωτές δεν αναγνώριζαν την αξία της διάσπασης που παρατηρούνταν στην F_2 γενεά. Παρόλα αυτά, ο Thomas Knight, στην Αγγλία, κατόρθωσε να επιλέξει υπέρτερες ποικιλίες οπωροφόρων δένδρων και λαχανικών από διασταυρώσεις που έκανε τα έτη 1811-1838.

Ο Knight ανακάλυψε ότι διασταυρώσεις μεταξύ φυτών που είχαν κόκκινα και λευκά σταφύλια παρήγαγαν περισσότερα φυτά που είχαν κόκκινο χρώμα σταφυλιών, δείχνοντας την κυριαρχία του κόκκινου χρώματος (Roberts 1929). Ατυχώς, δεν μελέτησε την F_2 γενεά κάθε φυτού χωριστά και έτσι δεν μπόρεσε να ανακαλύψει τους νόμους της κληρονομικότητας, κάτι που τελικά έγινε από τον Mendel το 1865.

Ο Mendel επέτυχε στην εργασία του γιατί είχε συλλάβει μια υπόθεση που μπορούσε να προσεγγιστεί πειραματικά και επειδή αρκέστηκε σε χαρακτηριστικά του φυτού που ήταν ειδικά, απλά και δρούσαν ως χωριστές μονάδες. Επιπλέον, παρακολούθησε συστηματικά τις διασπάσεις στις γενεές που ακολουθούσαν τον υβριδισμό, κράτησε ακριβή αριθμητικά δεδομένα στους απογόνους διασταυρώσεων προσεκτικά επιλεγμένων γονέων με έντονα διαφοροποιούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά, και παρουσίασε τα αποτελέσματά του με ακριβή αριθμητικό τρόπο. Καμιά προηγούμενη συμβολή στη βιολογική γνώση δεν είχε μεγαλύτερη επίδραση στην ανάπτυξη της βελτίωσης των φυτών από τη δουλειά του Mendel. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ερευνητικά

αποτελέσματα του Mendel παρέμειναν στην αφάνεια μέχρι την επαναανακάλυψη των νόμων της κληρονομικότητας το 1900 από τους Correns, De Vries και Tschermak (Stoskopf et al. 1999). Με την επαναανακάλυψη των νόμων του Mendel η εποχή της βελτίωσης των φυτών ως τέχνη κλείνει και αντικαθίσταται από επιστημονικές αρχές που βασίζονται στη γενετική. Η συμβολή του Mendel επεκτείνεται πέρα από την ανακάλυψη των βασικών αρχών της γενετικής. Η προσέγγισή του στην έρευνα σηματοδοτεί τη μεταβίβαση από την εμπειρική παρατήρηση σε υποθέσεις που βασίζονται σε επαγωγικό και αναγωγικό συλλογισμό.

Στην πορεία της βελτίωσης των φυτών μέχρι το 1900 μ.Χ. αξίζει να σημειωθεί η συμβολή του Patrick Shirreff, που το 1819 (αναφερόμενος από Stoskopf et al. 1999) άρχισε να εργάζεται με το σιτάρι και τη βρώμη. Ο ερευνητής αυτός ακολούθησε τον υβριδισμό και την επιλογή μέσα σε κάθε είδος και επέλεξε υπέρτερες ποικιλίες. Ο Shirreff ήταν μεταξύ των πρώτων βελτιωτών δημητριακών και ανέπτυξε τη μέθοδο επιλογής καθαρών σειρών (inbred lines): μία μέθοδο που από μόνη της ήταν σημαντικό βήμα στη βελτίωση των φυτών. Έτσι, επέλεγε υπέρτερα ατομικά φυτά τα οποία στη συνέχεια τα διατηρούσε χωριστά το καθένα ως σειρές. Περισσότερο ασχολήθηκε με την επιλογή ατομικών φυτών από πληθυσμούς που ήταν μείγματα καθαρών σειρών. Επιπλέον, ήταν ο πρώτος ερευνητής που στα πειράματά του περιελάμβανε κάποιον μάρτυρα. Έτσι, καλλιέργησε τις διαλογές του ανάμεσα σε έναν αριθμό γνωστών ποικιλιών με σκοπό τη συγκριτική μελέτη των νέων του διαλογών ως προς το ύψος, πρωιμότητα και άλλα αγρονομικά χαρακτηριστικά. Ο Shirreff αναγνώρισε ότι νέες ποικιλίες δημητριακών μπορούν να αποκτηθούν από τρεις πηγές: υβριδισμό, φυσικές μεταλλάξεις και εισαγωγή ποικιλιών. Επιπλέον, τόνισε την ανάγκη προσεκτικής επιλογής των γονέων σε μία διασταύρωση. Μη καταλαβαίνοντας όμως τη διάσπαση που ακολουθεί μία διασταύρωση, επέλεγε άτομα υποθέτοντας ότι αυτά θα αναπαράγονται σταθερά στις γενεές που ακολουθούν τον υβριδισμό.

Παράλληλα, στον Ν. Κόσμο, αναγνωρίστηκε η ύπαρξη δύο φύλων στον αραβόσιτο και το φαινόμενο της σταυρογονιμοποίησης (Εικ. 1.2) αναφέρθηκε ανεξάρτητα από τρεις παρατηρητές στις αρχές του 18ου αιώνα. Τα περισσότερα βήματα που οδήγησαν στη βελτίωση του αραβόσιτου συνέβησαν μάλλον τυχαία. Παρόλα αυτά, υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι κάποιες διασταυρώσεις έγιναν με κάποιο σκοπό (Lorain 1814, αναφερόμενος από Stoskopf et al. 1999). Ο Lorain δεν ανέπτυξε μόνο μεθόδους βελτίωσης, αλλά και παρήγαγε υψηλοαποδοτικές ποικιλίες αραβόσιτου με ευρεία προσαρμοστικότητα που επηρέασαν τη γεωργική παραγωγή μέχρι την εισαγωγή των

υβριδίων στην παραγωγή γύρω στα 1930 (Hardeman 1981).

Παρά την πρόοδο που επιτεύχθηκε με την προσπάθεια που έκανε ο Loraín, η μεγαλύτερη διάκριση για τη βελτίωση του αραβοσίτου αποδόθηκε στον Robert Reid από το Illinois των ΗΠΑ (αναφερόμενος από Stoskopf et al. 1999), για την ποικιλία που δημιούργησε και είναι γνωστή με το όνομα Yellow Dent. Το 1846, ο Reid πήρε μία ποικιλία αραβοσίτου γνωστή με το όνομα Gordon Hopkins Red από το Ohio και την έσπειρε στο Illinois. Πολλοί από τους σπόρους που έσπειρε δεν φύτρωσαν και στις κενές θέσεις έσπειρε μια πρώτη ποικιλία γνωστή με το όνομα Yellow Flint. Από τον σπόρο που συγκομίστηκε από τον πειραματικό αυτό, ο οποίος ήταν προϊόν τυχαίας διασταύρωσης μεταξύ φυτών των δύο ποικιλιών, προέκυψε μία εξαιρετική ποικιλία.



Εικόνα 1.2 Πολύχρωμοι σπάδικες. Όταν γραμμές που σπέρνονται με έγχρωμους σπόρους αραβοσίτου εναλλάσσονται με γραμμές που σπέρνονται με κίτρινους σπόρους, θα λάβει χώρα σταυρογονιμοποίηση λόγω της μεταφοράς γύρης με τον άνεμο από τη μία γραμμή στην άλλη. Το αποτέλεσμα της σταυρογονιμοποίησης εκδηλώνεται με την παραγωγή απογόνων που παράγουν πολύχρωμους σπάδικες, όπως φαίνεται στη φωτογραφία. Αυτή η παρατήρηση οδήγησε τους ερευνητές στις αρχές του 18ου αιώνα στο συμπέρασμα ότι στον αραβόσιτο υπάρχουν δύο φύλα και ότι λαμβάνει χώρα σταυρογονιμοποίηση. Πηγή: Stoskopf et al. 1999.

Όσον αφορά τα αυτογονιμοποιούμενα φυτά η πρόοδος με την επιλογή ήταν γενικά πολύ μικρή. Περιστασιακά όμως, παρατηρήθηκε σημαντική πρόοδος αλλά οφειλόταν περισσότερο στην τύχη παρά στον τρόπο διαχείρισης του υλικού. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της ποικιλίας σιταριού Red Fife που επιλέχθηκε το 1842 στο Ontario του Καναδά από τον γεωργό David Fife. Ο David Fife, θέλοντας να βελτιώσει την ποιότητα του καναδικού σιταριού, ζήτησε και έλαβε από έναν φίλο του μερικά δείγματα σπόρων από ένα πλοίο της Βαλτικής που είχε προσεγγίσει στη Γλασκώβη της Σκωτίας. Οι σπόροι σπάρθηκαν την άνοιξη του 1841 και μόνο ένα φυτό έφτασε στο αναπαραγωγικό στάδιο. Οι απόγονοι του φυτού αυτού συγκομίστηκαν και μετά από αξιολόγηση βρέθηκε ότι ήταν υπέρτεροι από κάθε άλλη ποικιλία που καλλιεργούνταν τότε στον Καναδά. Η ανθεκτική στις σκωριάσεις ποικιλία σιταριού Red Fife καλλιεργήθηκε στις Δυτικές Πολιτείες του Καναδά και για 50 χρόνια ήταν η καλύτερη ποικιλία. Η Red Fife διατηρήθηκε στην παραγωγή μέχρι τότε που διασταυρώθηκε με μία άλλη ποικιλία σιταριού, και από τη διασταύρωση αυτή προέκυψε η πρώτη ποικιλία που είναι γνωστή με το όνομα Marquis και έγινε η βασική ποικιλία που καλλιεργήθηκε στη Β. Αμερική (Stoskopf et al. 1999).

Βελτίωση φυτών την εκατονταετία του 1900

Η επανανακάλυψη των νόμων του Mendel το 1900 προκάλεσε έντονο ενδιαφέρον για τη βελτίωση των φυτών. Η επιτυχής όμως έκβαση αυτού του ενδιαφέροντος προϋπόθετε την ανάπτυξη μεθόδων αποτελεσματικής μεταχείρισης των διασπώμενων πληθυσμών. Στη Σουηδία, στο τέλος του 19ου αιώνα, ο W.H. Nilsson ήταν, πιθανότατα, ο πρώτος που αντιλήφθηκε ότι μια καθαρή σειρά (inbred line) είναι ένας πληθυσμός που προέρχεται μετά από αυτογονιμοποίηση ενός ομοζύγωτου φυτού. Παραδείγματα πετυχημένης επιλογής ατομικών φυτών είχαν αναφερθεί και πριν από τον Nilsson, ο λόγος όμως της επιτυχίας δεν ήταν καθαρά κατανοητός.

Το πρώτο βήμα για έναν συστηματικό τρόπο μεταχείρισης των διασπώμενων πληθυσμών ήταν η ανάπτυξη της μεθόδου centgener από τον Willet M. Hays στον Πειραματικό Γεωργικό Σταθμό της Μινεσότα των ΗΠΑ (Stoskopf et al. 1999). Η μέθοδος centgener βασιζόταν στην επιλογή ατομικών φυτών από έναν διασπώμενο πληθυσμό αυτογονιμοποιούμενου είδους. Στη συνέχεια, οι σπόροι που συγκομίζονταν από κάθε φυτό σπέρνονταν σε

πειραματικά τεμάχια. Το όνομα δόθηκε από το γεγονός ότι από κάθε επιλεγόμενο φυτό σπέρνονταν 100 σπόροι. Από τα 100 F₃ φυτά επιλέγονταν τα 10. Η επιλογή βασιζόταν στον φαινότυπο μετά από προσεκτική παρατήρηση και μετρήσεις. Τα επιλεγόμενα φυτά αλωνίζονταν και ζυγίζονταν χωριστά και ο σπόρος από τα καλύτερα πέντε αναμειγνυόταν και χρησιμοποιούνταν για τη σπορά ενός πειραματικού τεμαχίου την επόμενη χρονιά. Στο υλικό αυτό ακολουθούσε επιλογή των καλύτερων φυτών και στη συνέχεια γινόταν αξιολόγηση 100 απογόνων από κάθε επιλεγόμενο φυτό. Η διαδικασία συνεχιζόταν μέχρι να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός ομοιομορφίας δηλαδή ομοζυγωτίας. Το κριτήριο για τη μέτρηση της απόδοσης ήταν ο αριθμός των σπόρων που συλλέγονταν από κάθε σπόρο που σπερνόταν και όχι το συνολικό βάρος ανά φυτό. Αυτός ο τρόπος εκτίμησης της απόδοσης ήταν ένα κεντρικό συστατικό της μεθόδου, όπου 100 φυτά σπερνόταν σε ίσες αποστάσεις σε ένα τετράγωνο συγκεκριμένου μεγέθους (Stoskopf et al. 1999). Θα μπορούσε να λεχθεί ότι η μέθοδος centgener ήταν πρόδρομος της γενεαλογικής επιλογής.

Η δημιουργία καθαρών σειρών που χαρακτηρίζονταν από ομοιομορφία στην εμφάνιση, συμπεριφορά και αξιοπιστία ήταν ένα τεράστιο βήμα προς τα εμπρός, γιατί αποκάλυψε ένα μεγάλο μειονέκτημα της βελτίωσης των φυτών, της δυσκολίας δηλαδή να αναγνωριστούν οι υπέρτεροι γενότυποι. Στη συνέχεια, για τη μέτρηση της απόδοσης, ο αριθμός των σπόρων που παράγονταν ανά σπόρο που σπερνόταν αντικαταστάθηκε από την απόδοση ανά μονάδα επιφανείας. Το σύστημα σποράς centgener εξελίχθηκε σε σύστημα σποράς πειραματικών τεμαχίων μεγέθους 40 περίπου τ.μ. τα οποία συγκομιζόνταν μηχανικά και αλωνίζονταν, τα δε αποτελέσματα μιας πενταετίας χρησιμοποιούνταν για να δίδονται οι κατάλληλες συστάσεις στους παραγωγούς. Αυτό όμως αποδείχθηκε πολύ δύσκολο στην εφαρμογή, αφού ο αριθμός των πειραματικών τεμαχίων έφτασε να είναι πολύ μεγάλος. Έτσι, ωρίμασε η ανάγκη για την ανάπτυξη στατιστικών μεθόδων και σύντομα προέκυψαν τα μικρά πειραματικά τεμάχια με επαναλήψεις.

Αν και η αύξηση της απόδοσης ήταν το κυρίαρχο γνώρισμα για βελτίωση μέσω των βελτιωτικών προγραμμάτων την εποχή εκείνη, η ποιότητα προσεγγίστηκε στον Καναδά το 1892 από τον William Saunders. Ο ερευνητής αυτός, όπως αναφέρεται από τους Stoskopf et al. (1999), διασταύρωσε την ποικιλία Red Fife με την ποικιλία Hard Red Calcutta με κύριο σκοπό να δημιουργήσει μία πρωιμότερη ποικιλία με καλή αρτοποιητική ικανότητα. Το 1903, ο γιος του, ο Charles Saunders, αξιολόγησε συστηματικά τους απογόνους της διασταύρωσης ως προς την ποιότητα, γευόμενος (μασώντας) δείγ-

ματα σπόρων (γευσιγνωσία), και το 1909 έδωσε για καλλιέργεια την ποικιλία Marquis, η οποία στη συνέχεια αποτέλεσε και τη βάση ελέγχου της ποιότητας κατά τη δημιουργία νέων ποικιλιών. Τέλος, ο R.H. Biffen, που θεωρείται μετά-μενδελικός γενετιστής και βελτιωτής σιταριού, ήταν ο πρώτος που περιέγραψε τεχνικές αποστημόνωσης και επικονίασης στο κριθάρι (Biffen 1907).

Όσον αφορά τη βελτίωση του αραβοσίτου, φυτό σταυρογονιμοποιούμενο, προσπάθειες με σκοπό τον έλεγχο της επικονίασης και συνεπώς της αυτογονιμοποίησης διαφόρων ποικιλιών έγιναν από τον G.H. Shull στο Cold Spring Harbor και από τον E.M. East στον Πειραματικό Γεωργικό Σταθμό του Connecticut των ΗΠΑ (Stoskopf et al. 1999). Οι ερευνητές αυτοί άρχισαν την αυτογονιμοποίηση ποικιλιών αραβοσίτου το 1904 και οδηγήθηκαν στην παραγωγή ομοζύγωτων καθαρών σειρών τις οποίες στη συνέχεια διασταύρωσαν και παρήγαγαν F₁ υβρίδια. Τα πλεονεκτήματα της υβριδικής ευρωστίας έγιναν γνωστά και στη συνέχεια αξιοποιήθηκαν στη γεωργία, λαχανοκομία, σε δασικά δένδρα και σε άλλες καλλιέργειες.

Η πρόοδος που παρατηρήθηκε στη βελτίωση των φυτών την εποχή εκείνη οδήγησε σε μία σειρά αρχών, μεθόδων βελτίωσης και αξιολόγησης, αλλά και διαδικασίας διάδοσης ποικιλιών. Στην πορεία προστέθηκαν νέες μέθοδοι και προσεγγίσεις που τελικά οδήγησαν στην ανάπτυξη μιας σύγχρονης και δυναμικής επιστήμης, της βελτίωσης των φυτών, που είναι ικανή στο διάβα του χρόνου να ενσωματώνει αποτελεσματικά κάθε νέα επιστημονική γνώση και τεχνολογία που μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία νέων ποικιλιών.

Βιβλιογραφία

- Arnold, M.H. (1985). Sugar Beet. *Outlook on Agriculture*, 14: 109-114.
- Biffen, R.H. (1907). The Hybridization of Barleys. *Journal of Agricultural Science*, 2: 183-206.
- Braidwood, R.J. (1960). The Agricultural Revolution. *Scientific American*, 203 (3): 130-138, 143-148.
- Hardeman, N.P. (1981). *Shucks, Shocks and Hominy Blocks: Corn as a Way of Life in Pioneer America*. Louisiana State University Press, Baton Rouge, 271 σσ.
- Harlan, J.R. (1975). *Crops and Man*. American Society of Agronomy Publication, Madison, Wisconsin, 295 σσ.
- Jenkins, J.A. (1966). The Origin of Cultivated wheat. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 8: 220-232.

- MacNeish, R.S. (1964). The Origins of New World Civilization. *Scientific American*, 211(2): 29-37.
- Reed, H.S. (1942). *A Short History of the Plant sciences*. Ronald Press Company, New York, 320 σσ.
- Roberts, H.F. (1929). *Plant Hybridization Before Mendel*. Princeton University Press, Princeton, 374 σσ.
- Solheim, W.G. II (1972). An Earlier Agricultural Revolution. *Scientific American*, 226 (4): 34-41.
- Stoskopf, N.C., Tomes, D.T. and Christie, B.R. (1999). *Plant Breeding-Theory and Practice*. Scientific Publishers (India), 531 σσ.
- Weatherwax, P. (1954). *Indian Corn in Old America*. Macmillan Company, New York, 253 σσ.
- Zirkle, C. (1935). *The Beginnings of Plant Hybridization*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 231 σσ.