

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΛΟΕΙΔΩΝ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Απλοειδή και μονοπλοειδή φυτά

- Απλοειδή είναι τα άτομα που έχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων με τους γαμέτες, αλλά μπορεί να προέρχονται από διπλοειδή ή πολυπλοειδή άτομα.
- Μονοπλοειδή είναι τα απλοειδή άτομα που προέρχονται από διπλοειδή.
- Πολυαπλοειδή είναι τα απλοειδή που προέρχονται από πολυπλοειδή άτομα.

Τα μονοπλοειδή διακρίνονται σε

- Κανονικά λόγω εξελίξεως απλοειδή
- Αντικανονικά λόγω μιας μη ομαλής καταστάσεως απλοειδή

Κανονικά απλοειδή

Απαντώνται στα βακτήρια, φύκη, βρυόφυτα, και στα υμενόπτερα (μέλισσες, σφήκες, κλ.π.). Στα υμενόπτερα τα αρσενικά προέρχονται από παρθενογένεση και είναι απλοειδή.

Αντικανονικά απλοειδή

Είναι απλοειδή άτομα που παρουσιάζονται κατά καιρούς στη φύση ή και σε τεχνικές καλλιέργειες.

Προκύπτουν από την ανάπτυξη ωαρίων χωρίς να έχει προηγηθεί γονιμοποίηση (παρθενογένεση).

Στα ζώα τα απλοειδή σπάνια φθάνουν στο στάδιο της ωριμότητας

Αντίθετα στα φυτά είναι βιώσιμα και κάτω από ειδικές συνθήκες ανάπτυξης φθάνουν στο στάδιο ωριμότητας.

Συνήθως τα απλοειδή είναι νανώδη και πιο αδύνατα από τα διπλοειδή.

- Τα πρώτα απλοειδή παρατηρήθηκαν στη *Datura stramonium* από τους Belling και Blakeslee (1922,27): η συχνότητά τους αυξάνονταν όταν νεαροί οφθαλμοί εκθέτονταν στο κρύο.
- Ο Jorgenson (1928) βρήκε μονοπλοειδή στους απογόνους της διασταύρωσης *Solanum nigrum* x *S. luteum*: οι διασταυρώσεις μεταξύ των ειδών αυξάνουν τη συχνότητα των απλοειδών.
- Το ίδιο παρατήρησε και ο Smith (1946) στο σιτάρι: η φυσιολογική συχνότητα απλοειδών στο *Triticum monococcum* απ ο 1:2000 έγινε 1:50 μετά από γονιμοποίηση με γύρη άλλων ειδών και αυξήθηκε ακόμη περισσότερο όταν η γονιμοποίηση έγινε κάπως καθυστερημένα.

- Οι Kasha και Kao (1970) παρήγαγαν απλοειδή στο κριθάρι με διασταύρωση του *Hordem vulgare* x *H. bulbosum*: οι σπόροι αυξάνουν ταχύτατα τις πρώτες 10 ημέρες, στη συνέχεια όμως η ανάπτυξή τους καθυστερεί και επέρχεται ο θάνατος όλων των σπόρων.
- Οι σπόροι αυτοί μπορούν να δώσουν φυτά όταν τα έμβρυά τους διασωθούν και καλλιεργηθούν σε ειδικά θρεπτικά υποστρώματα.
- Ο κυτταρολογικός έλεγχος των φυτών αυτών αποκάλυψε ότι ήταν απλοειδή.
- Επιπλέον ένδειξη ότι οι σπόροι ήταν απλοειδείς προέκυψε από κυτταρολογικές παρατηρήσεις εμβρύων 4-7 ημερών μετά τη γονιμοποίηση, όπου τα περισσότερα έμβρυα είχαν επτά χρωμοσώματα.

- Σε έξι από τα 23 έμβρυα υπήρχε τουλάχιστον ένα κύτταρο με περισσότερα από επτά αλλά λιγότερα από 14 χρωμοσώματα.
- Συνεπώς η γονιμοποίηση γίνεται αλλά τα χρωμοσώματα του *H. Bulbosum* χάνονται μετά τις πρώτες μιτωτικές διαιρέσεις.
- Τα χρωμοσώματα που χάνονται ανήκουν στο *Hordem bulbosum* γιατί τα απλοειδή μοιάζουν με το *Hordem vulgare*

Τα απλοειδή στο σιτάρι (7, 14, 21) μελετήθηκαν από τον Krishnaswamy (1938)

Τα απλοειδή στο καλαμπόκι μελετήθηκαν από τον Chase (1949,1952): η γύρη κάποιων ποικιλιών προκαλούσε συχνότερη παρθενογενετική αύξηση ωαρίων άλλων ποικιλιών και ότι τα ωάρια κάποιων ποικιλιών παρήγαγαν πιο συχνά απλοειδή ανεξάρτητα από την προέλευση της γύρης. Ο Chase παρήγαγε ποικιλίες που έδιναν μονοπλοειδή σε αναλογία 1:1000 φυτά.

Ο ίδιος ερευνητής βρήκε ότι 1 από τα 80 μονοπλοειδή φυτά προέρχεται από τον πυρήνα της γύρης, φαινόμενο γνωστό ως **ανδρογενετικό ή πατρόκλινο**.

- Οι Nitsch και Nitsch (1969) ανέπτυξαν μια μέθοδο παραγωγής μεγάλου αριθμού ανδρογενετικών απλοειδών στον καπνό, καλλιεργώντας γυρεόκοκκους σε ειδικά θρεπτικά υποστρώματα.
- Έως το 1963 είχαν βρεθεί απλοειδή αγγειόσπερμα σε 71 είδη που προέρχονταν από 39 γένη 16 οικογενειών (Kimber και Riley 1963). Τα περισσότερα από αυτά ήταν είδη οικονομικού ενδιαφέροντος (κριθάρι, σιτάρι, καπνός, τομάτα, πιπεριές, αραβόσιτος κλ. π.)

Η χρησιμοποίηση των απλοειδών στη βελτίωση των φυτών

Η δημιουργία καθαρών σειρών έχει μεγάλη σημασία για τις περισσότερες καλλιέργειες.

Στα αυτογονιμοποιούμενα φυτά είναι καθοριστική γιατί οι καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι καθαρές σειρές. Στα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά έχει ίση σημασία, γιατί οι καθαρές σειρές χρησιμοποιούνται στην παραγωγή εμπορικών υβριδίων.

Η δημιουργία όμως των καθαρών σειρών με τη μέθοδο της αυτογονιμοποίησης είναι απαιτητική τόσο σε χρόνο όσο και σε χρήμα. Για το σιτάρι (μαλακό ή σκληρό) για παράδειγμα απαιτούνται περίπου δέκα χρόνια στον πειραματικό αγρό για να δημιουργηθεί μια ποικιλία.

Για τους παραπάνω λόγους έχουν προταθεί και εφαρμοσθεί διάφορες βιοτεχνολογικές τεχνικές, με σκοπό την επιτάχυνση των διαδικασιών εκείνων που οδηγούν στην ομοζυγωτία.

Μια προσέγγιση του είδους αυτού είναι η χρησιμοποίηση απλοειδών φυτών, με την οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί γρήγορη παραγωγή καθαρών σειρών, μετά από διπλασιασμό του χρωμοσωματικού αριθμού των απλοειδών αυτών φυτών.

Οι τρόποι για να αποκτηθούν απλοειδή φυτά είναι:

(α) μέσω της *in-vitro* καλλιέργειας ανθέρων και μικροσπορίων,

(β) χρησιμοποιώντας θηλυκούς γαμέτες και

(γ) μέσω διγενικών ή διειδικών διασταυρώσεων, όπως π. χ. σιτάρι Χ καλαμπόκι (τεχνική του καλαμποκιού).

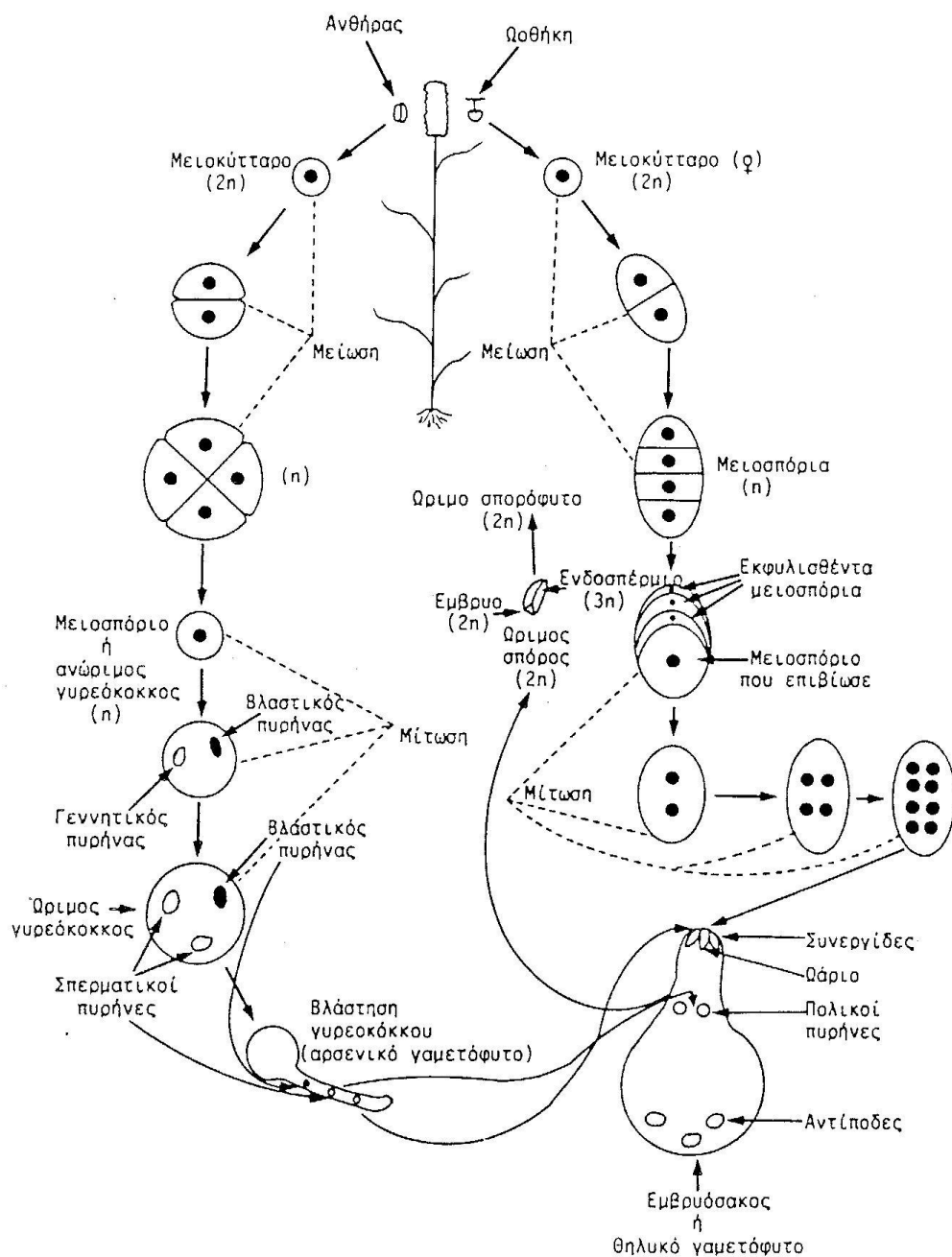
Από τους τρόπους αυτούς ιδιαίτερα αποτελεσματικοί είναι ο πρώτος και ο τρίτος. Αντίθετα, ο δεύτερος τρόπος είναι μικρής αποτελεσματικότητας και επομένως μικρού ενδιαφέροντος και γι' αυτό δεν θα γίνει καμία επιπλέον αναφορά.

Δημιουργία ποικιλιών μέσω της *in-vitro* καλλιέργειας ανθέρων

Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε σε διάφορα είδη του γένους *Triticum* με γεωργικό ενδιαφέρον για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Από τότε η τεχνική βελτιώθηκε αρκετά, κυρίως μετά την αποσαφήνιση του ρόλου που διαδραματίζουν ορισμένοι παράγοντες στην *in-vitro* καλλιέργεια ανθέρων.

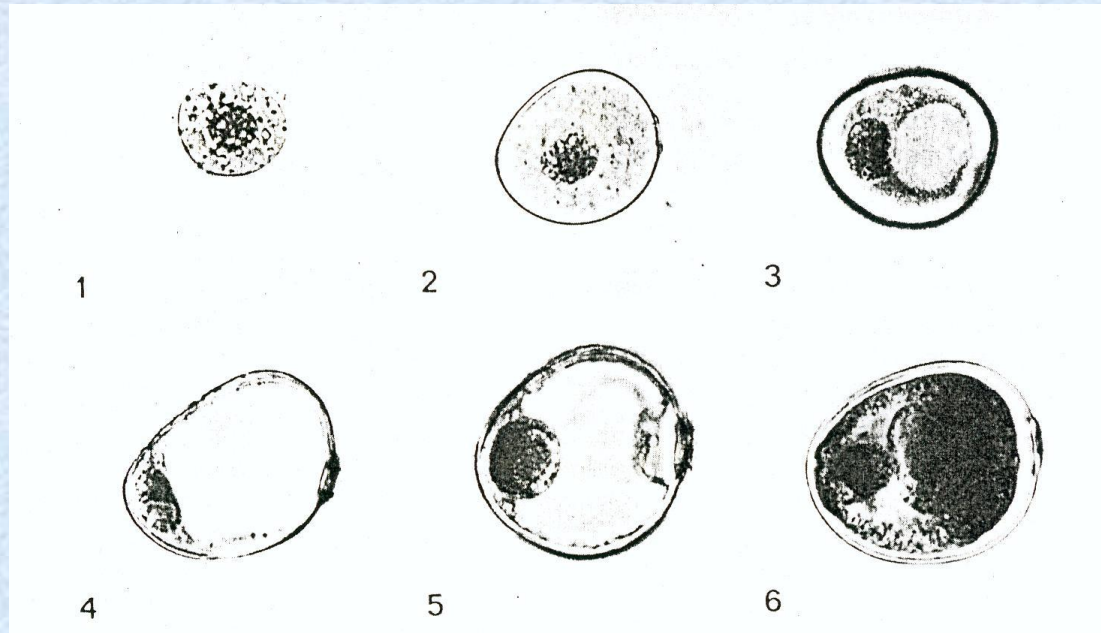
Οι παράγοντες αυτοί είναι το θρεπτικό υπόστρωμα, το στάδιο της ανάπτυξης των γυρεοκόκκων και οι μεταχειρίσεις τις οποίες δέχθηκαν τα στάχυα πριν από την αφαίρεση των ανθών.

Σπουδαίο επίσης ρόλο βρέθηκε να παίζουν οι συνθήκες στις οποίες καλλιεργήθηκαν τα φυτά που χρησιμοποιούνται ως δότες ανθών, καθώς και η γενεά βελτίωσης στην οποία ευρίσκονται τα φυτά-δότες.



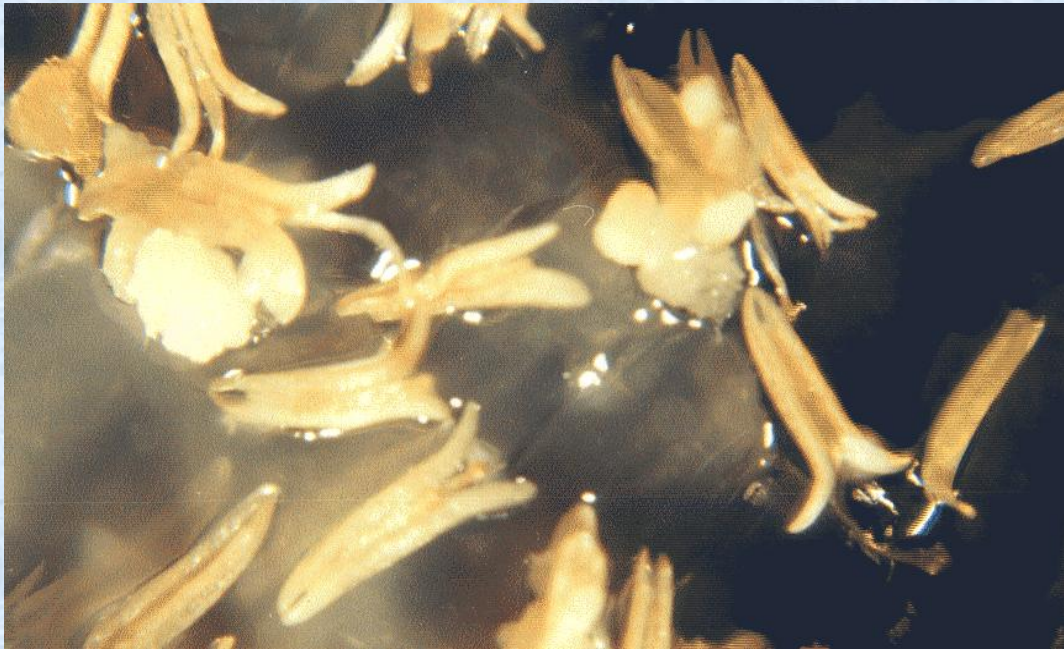
Η γαμετογένεση στο σιτάρι.

Η τεχνική της καλλιέργειας ανθέρων περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα.



(α) ελέγχεται το στάδιο ανάπτυξης των γυρεοκόκκων και επιλέγονται εκείνα τα στάδια στα οποία οι ανώριμοι γυρεόκοκκοι βρίσκονται στο στάδιο του ενός πυρήνα (μέσο έως τελευταίο μονοπύρρηνο στάδιο). Μορφολογικά τα στάδια συνήθως βρίσκονται στο στάδιο αυτό με την εμφάνιση του φύλλου σημαία.

Η τεχνική της καλλιέργειας ανθέρων περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα.



(β) αφού απολυμανθούν τα στάχυα, αρχίζει η αφαίρεση και μεταφορά των ανθέρων σε ειδικό για το σκοπό αυτό θρεπτικό υπόστρωμα, που ονομάζεται υπόστρωμα εκκίνησης, όπου παραμένουν για ένα περίπου μήνα.

Η τεχνική της καλλιέργειας ανθέρων περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα.



(γ) στους ανθήρες που αντιδρούν εμφανίζονται κάποιες εμβρυοειδείς δομές. Οι εμβρυοειδείς αυτές δομές μεταφέρονται σε ειδικό για το σκοπό αυτό υπόστρωμα, που ονομάζεται υπόστρωμα αναγέννησης, σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού.

Η τεχνική της καλλιέργειας ανθέρων περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα.



(δ) Τα εμβρυοειδή που αντιδρούν μεταφέρονται σε υπόστρωμα ριζοβολίας και τοποθετούνται σε θάλαμο ανάπτυξης, σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού και



Τα άλατα, που αποτελούν τα συστατικά του υποστρώματος MS

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



Τα συστατικά του υποστρώματος σε υγρή μορφή αποθήκευσης.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



Αποστειρωμένα στάχρα σε τράπεζα οριζόντιας νηματικής ροής.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



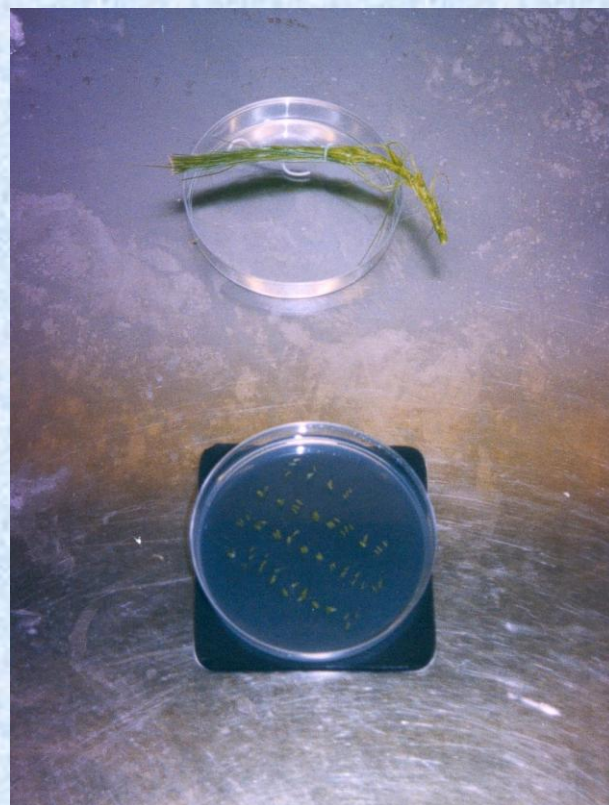
Αποστειρωμένα σκεύη και κλίβανος αποστείρωσης.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



Όργανα για την αποστείρωση των εργαλείων που χρησιμοποιούνται στην ιστοκαλλιέργεια.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



Τράπεζα οριζόντιας νηματικής ροής και ανθήρες σε υπόστρωμα εκκίνησης.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



Ανθήρες σε θάλαμο ανάπτυξης, στο σκοτάδι.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



Ανθήρες που αντέδρασαν σε θάλαμο ανάπτυξης, στο φως.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών

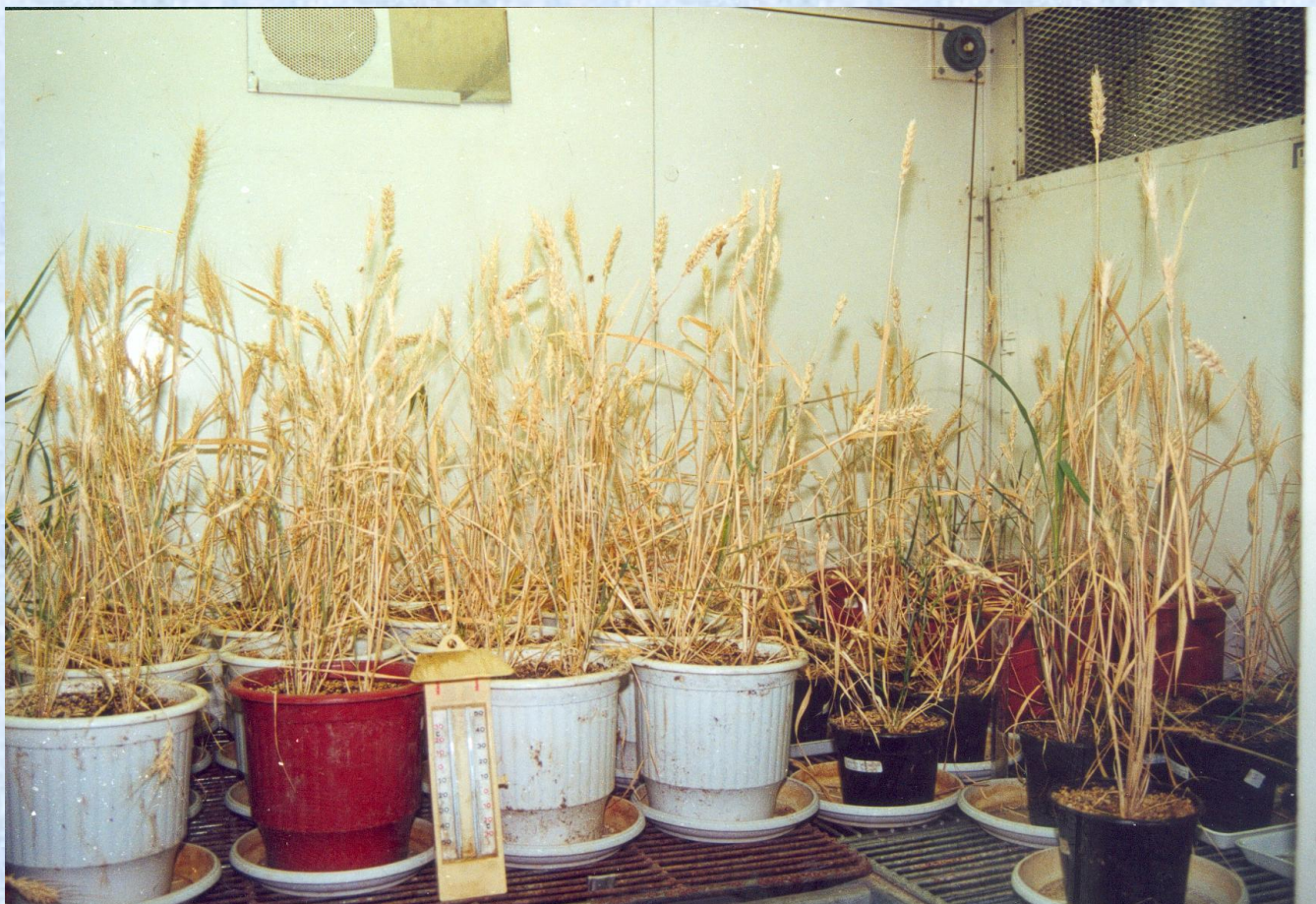
Η τεχνική της καλλιέργειας ανθέρων περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα.



(ε) Μόλις το ριζικό σύστημα των φυτών που θα αποκτηθούν αναπτυχθεί κανονικά, γίνεται η μεταφορά τους σε μικρές γλάστρες, οι οποίες τοποθετούνται στο θάλαμο ανάπτυξης υπό κάλυψη, για να βοηθηθεί η προσαρμογή των φυτών.



Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών



Διαπλοειδή φυτά σε θάλαμο ανάπτυξης.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών

Τα φυτά που αποκτώνται μετά από την εφαρμογή της τεχνικής αυτής είναι απλοειδή και συνεπώς στείρα. Ο χρωμοσωματικός τους όμως αριθμός πολλές φορές αυτοδιπλασιάζεται, χωρίς τη χρησιμοποίηση χημικών ουσιών και έτσι τα φυτά γίνονται γόνιμα.

Επειδή δε έχουν προέλθει από χρωμοσωμικό διπλασιασμό είναι 100% ομοζύγωτα, δηλαδή καθαρές σειρές και ονομάζονται διαπλοειδή.

Όσα από τα παραπάνω φυτά είναι ομοζύγωτα ως προς κάποιο/α θανατηφόρο υποτελές γονίδιο δεν μπορούν να επιβιώσουν. Τα φυτά που επιβιώνουν πολλαπλασιάζονται και αξιολογούνται ως προς διάφορα αγρονομικά γνωρίσματα.

Το κύριο πλεονέκτημα της καλλιέργειας ανθέρων είναι η επιτάχυνση της διαδικασίας με την οποία δημιουργείται μια 100% καθαρή σειρά.

Ένα δεύτερο και πολύ σπουδαίο πλεονέκτημα είναι ο γρήγορος εντοπισμός και απομάκρυνση όλων των μειονεκτικών ή προβληματικών φυτών.

Το σχετικά υψηλό κόστος εφαρμογής της, η αναγκαιότητα κατάλληλα εκπαιδευμένου προσωπικού και κυρίως οι μικρότερες ευκαιρίες γενετικού ανασυνδυασμού που έχουν οι γενότυποι είναι ίσως τα κυριότερα μειονεκτήματά της.

Φαίνεται όμως ότι τα μειονεκτήματα αυτά δεν είναι μάλλον τόσο αποφασιστικά. Έτσι, η τεχνική αυτή έχει γίνει σχεδόν ρουτίνα σε κάποιες καλλιέργειες όπως είναι το μαλακό σιτάρι, το κριθάρι και το ρύζι, ενώ σε κάποιες άλλες όπως είναι η σιταρόβριζα χρησιμοποιείται με αρκετή επιτυχία.

Ιδιαίτερα στο μαλακό σιτάρι ήδη κυκλοφορούν, τόσο στην Ευρώπη (τέσσερις ποικιλίες μόνο στην Ουγγαρία), όσο και στην Αμερική και Ασία (περισσότερες από είκοσι στην Κίνα) πολλές ποικιλίες που έχουν δημιουργηθεί με καλλιέργεια των ανθρώπων.

Με μικρότερη επιτυχία έχει χρησιμοποιηθεί στη βρίζα, που γενικά θεωρείται ως μια αρκετά δύστροπη καλλιέργεια για παρόμοιους χειρισμούς.

Τέλος, σε ορισμένα άλλα φυτικά είδη με ιδιαίτερη οικονομική σημασία για την Ελλάδα, όπως το σκληρό σιτάρι και το καλαμπόκι, τα αποτελέσματα της εφαρμογής της τεχνικής αυτής ήταν έως τώρα απογοητευτικά.

Ο μεγάλος αριθμός αλβίνων φυτών (φυτών δηλαδή που δεν έχουν χλωροφύλλη και συνεπώς δεν φωτοσυνθέτουν) είναι το πιο σοβαρό εμπόδιο όσον αφορά την καλλιέργεια ανθέρων στο σκληρό σιτάρι.

Στο καλαμπόκι ενώ αποκτώνται απλοειδή φυτά με την τεχνική αυτή, ο χρωμοσωματικός τους διπλασιασμός για να γίνουν γόνιμα, είναι ο κύριος απαγορευτικός παράγοντας.

Δημιουργία ποικιλιών με την τεχνική διγενικών ή διειδικών διασταυρώσεων (Τεχνική του καλαμποκιού).

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, η εφαρμογή της τεχνικής της καλλιέργειας ανθέρων στην επιτάχυνση της δημιουργίας νέων ποικιλιών έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στο μαλακό σιτάρι.

Εξ' ίσου ικανοποιητικά ήταν τα αποτελέσματα της εφαρμογής της τεχνικής αυτής στο κριθάρι και το ρύζι.

Σε άλλα όμως φυτά, μεγάλης οικονομικής σημασίας για τη χώρα μας, όπως είναι το σκληρό σιτάρι η καλλιέργεια ανθέρων δεν έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους έχει αποτύχει η εφαρμογή της τεχνικής αυτής είναι η δυστροπία του φυτού αυτού να ανταποκριθεί στην καλλιέργεια ανθέρων και ο μεγάλος αριθμός αλβινών φυτών που προκύπτουν (95% των φυτών είναι αλβινά).

Όμως, ακόμα και στο μαλακό σιτάρι, όπου η τεχνική της *in-vitro* καλλιέργειας ανθέρων θεωρείται ως τεχνική ρουτίνας, ένας μεγάλος αριθμός γενοτύπων δεν αντιδρά ικανοποιητικά, ενώ και στο μαλακό σιτάρι το πρόβλημα της παραγωγής αλβινών φυτών είναι αρκετά σοβαρό.

Για τους λόγους αυτούς αναζητήθηκαν άλλοι τρόποι για τη δημιουργία απλοειδών φυτών.

Ένας από αυτούς ήταν η χρησιμοποίηση διγενικών ή διειδικών διασταυρώσεων.

Η τεχνική της παραγωγής απλοειδών φυτών μετά από επικονίαση με ξένη γύρη πρωτοεφαρμόστηκε στο κριθάρι που επικονιάσθηκε με γύρη από το *Hordeum bulbosum*.

Αν και η τεχνική αυτή προσαρμόστηκε στο μαλακό σιτάρι, βρέθηκε να είναι μη αποτελεσματική σε γενότυπους σιταριού που περιέχουν κάποια από τα γονίδια που ελέγχουν την ικανότητα του σιταριού για διασταύρωση (*Kr* αλληλόμορφα).

Τα γονίδια αυτά είναι ευρέως διαδεδομένα στο μαλακό σιτάρι, ενώ είναι λιγότερο διαδεδομένα στο σκληρό σιτάρι.

Το 1986 παρατηρήθηκε ότι σε διασταυρώσεις μεταξύ σιταριού (ως θηλυκός γονέας) και καλαμποκιού (ως αρσενικός γονέας) λαμβάνει χώρα γονιμοποίηση και γρήγορη απομάκρυνση του γονιδιώματος του αρσενικού γονέα.

Έτσι γίνεται δυνατή η ανάπτυξη απλοειδών εμβρύων σιταριού κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

Τα γονίδια *Kr 1* και *Kr 2* μειώνουν δραστικά τη συχνότητα γονιμοποίησης σε διασταυρώσεις μεταξύ του σιταριού και της βρίζας (*Secale cereale*) ή του *Hordeum bulbosum*.

Τα δυο αυτά γονίδια δρουν αναστέλλοντας τη βλάστηση ξένης γύρης στη βάση του στύλου και στην περιοχή μεταβίβασης του ωαρίου του σιταριού.

Οι ζυγώτες που προκύπτουν από διασταυρώσεις του τύπου σιτάρι Χ καλαμπόκι περιέχουν ένα πλήρες απλοειδές χρωμοσωματικό σύνολο από καθένα από τα πατρικά φυτά.

Τα χρωμοσώματα όμως του καλαμποκιού χάνονται κατά τη διάρκεια των πρώτων κυτταροδιαιρέσεων και με τον τρόπο αυτό παράγονται απλοειδή φυτά σιταριού.

Οι πρώτες προσπάθειες να διασταυρωθεί το σκληρό σιτάρι με το καλαμπόκι είχαν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό εμβρύων, όχι όμως και απλοειδών φυτών.

Αργότερα όμως, με τη βελτίωση των χειρισμών των φυτών του σιταριού μετά τη γονιμοποίηση με γύρη καλαμποκιού, έγινε εφικτό να παραχθούν πράσινα απλοειδή φυτά.

Τα χρωμοσώματα των φυτών αυτών στη συνέχεια διπλασιάζονται τεχνητά και αποκτώνται με τον τρόπο αυτό πράσινα κανονικά φυτά σιταριού.

Τα κύρια σημεία στα οποία αναμένεται να βοηθήσει η τεχνική των μακρινών διασταυρώσεων σε δυο από τις πιο σπουδαίες καλλιέργειες για την Ελλάδα, είναι:

A. Μαλακό σιτάρι.

Η εφαρμογή της "τεχνικής του καλαμποκιού" για την παραγωγή απλοειδών φυτών μαλακού σιταριού μπορεί να συμβάλλει στην επιτάχυνση της παραγωγής νέων καθαρών σειρών, μειώνοντας έτσι το κόστος δημιουργίας νέων ποικιλιών.

Η παραγωγή αυτή, σε αντίθεση με την αντίστοιχη της καλλιέργειας ανθέρων, φαίνεται ότι δεν εξαρτάται από τον γενότυπο.

Επίσης με την μέθοδο του καλαμποκιού παρακάμπτεται το πρόβλημα της δημιουργίας αλβινών φυτών, που παρατηρούνται κατά την καλλιέργεια ανθέρων.

Οι καθαρές αυτές σειρές θα μπορούσαν στη συνέχεια να αξιολογηθούν διατοπικά και διαχρονικά, να συγκριθούν με τις αντίστοιχες καθαρές σειρές που δημιουργούνται με την καλλιέργεια ανθέρων ή με τον κλασικό τρόπο και τελικά να χρησιμοποιηθούν στη γεωργική παραγωγή.

Επίσης, η απλή δισωμική κληρονόμηση που χαρακτηρίζει τα διαπλοειδή φυτά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της βελτιωτικής διαδικασίας (ενσωμάτωση γονιδίων ανθεκτικότητας σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες), μετά από σειρά διασταυρώσεων.

B. Σκληρό σιτάρι.

Για το σκληρό σιτάρι η μέθοδος του καλαμποκιού είναι ίσως ο μοναδικός τρόπος απόκτησης απλοειδών και στη συνέχεια διαπλοειδών φυτών.

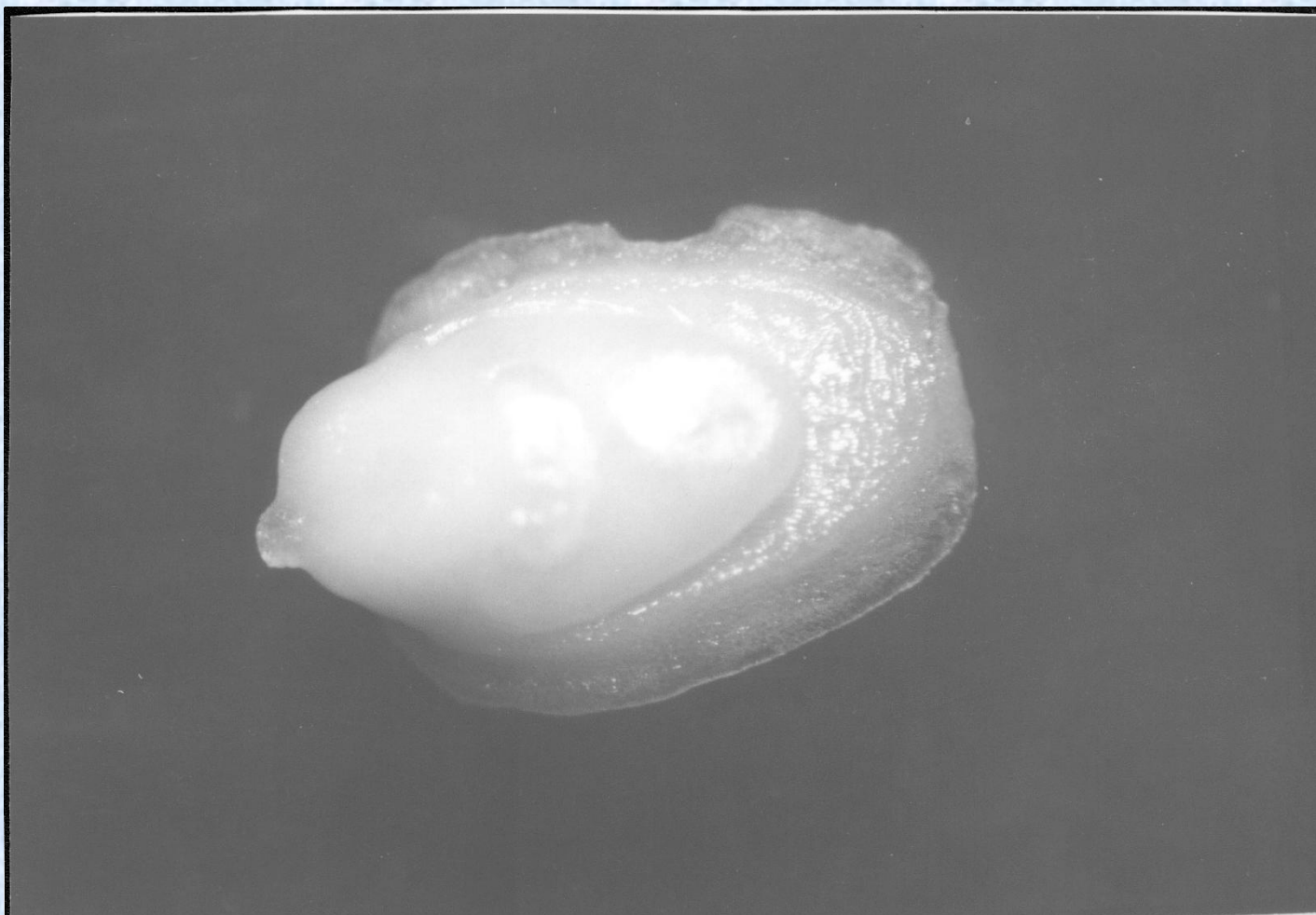
Αυτό συμβαίνει γιατί το σκληρό σιτάρι ανταποκρίνεται ελάχιστα στην *in-vitro* καλλιέργεια ανθέρων, ενώ τα περισσότερα φυτά που προκύπτουν με την μέθοδο αυτή (>95%) είναι αλβινά.



Αριστερά απεικονίζεται ένας ανθήρας σκληρού σιταριού που αντέδρασε στην *in-vitro* καλλιέργεια ανθέρων, ενώ επάνω-δεξιά απεικονίζεται ένας αντίστοιχος ανθήρας μαλακού σιταριού. Όπως όμως φαίνεται από τις εικόνες αυτές, η ποιότητα των εμβρυοειδών δομών που αποκτώνται στο σκληρό σιτάρι δεν είναι καλή (τα εμβρυοειδή είναι διαφανή και κακοσχηματισμένα) και για το λόγο αυτό δεν είναι εύκολο να αποκτηθούν φυτά από παρόμοιες εμβρυοειδείς δομές.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών

Επιπλέον, το 95% των φυτών που αποκτώνται μετά από καλλιέργεια ανθήρων είναι αβίνα και έτσι η μέθοδος του καλαμποκιού αποτελεί την πιο ελπιδοφόρο προσέγγιση για την απόκτηση απλοειδών και στη συνέχεια διαπλοειδών φυτών στο σκληρό σιτάρι.



Κανονικό έμβρυο σκληρού σιταριού.



Επικονίαση σκληρού σιταριού με γύρη καλαμποκιού.

Ιωάννης Ν. Ξυνιάς: Τα απλοειδή στη βελτίωση των φυτών