

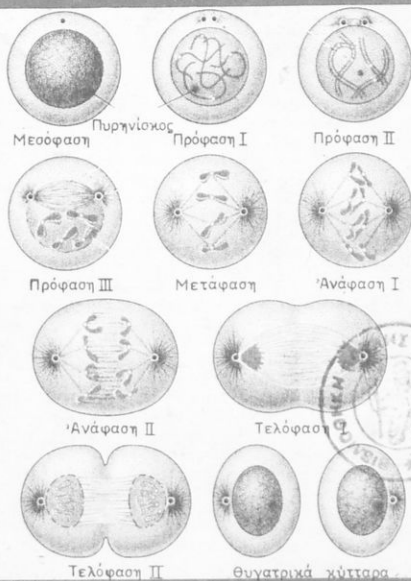


Α' Τεχνικού και Έπαγγελματικού Λυκείου

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ

Άγαθοκλή Ύφουλη

ΚΑΘΗΓΗΤΗ Κ.Α.Τ.Ε.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ



002  
ΚΛΣ  
ΣΤ2Β  
2126



ΒΛΓ

Ε 6<sup>Α</sup>

Χρυσός, Αγαθούδης



Α' ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ  
ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ

ΑΓΑΘΟΚΛΗ ΥΦΟΥΛΗ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗ Κ.Α.Τ.Ε.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ

ΑΘΗΝΑ  
1978



002  
KAE  
ET2B  
2126

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ  
ΕΔΩΡΗΣΑΤΟ  
*Πρωτα ειχρίδου*  
αριθ. από εισαγ. 1056 του έτους 1978

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ὁ ἰδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου», πολὺ νωρὶς πρόβλεψε καὶ σχημάτισε τὴν πεποίθησιν ὅτι ἡ ἀρτία κατάρτιση τῶν τεχνικῶν μας, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἐθνικὴ ἀγωγὴ, θά ἦταν ἀναγκαῖος καὶ ἀποφασιστικὸς παράγοντας τῆς προόδου τοῦ "Ἐθνους μας.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴ ὁ Εὐγενίδης ἐκδήλωσε μὲ τὴ γενναϊόφρονα πράξιν εὐεργεσίας, νά κληροδοτήσῃ σεβαστὸ ποσὸ γιὰ τὴ σύστασιν Ἰδρύματος ποῦ θά εἶχε σκοπὸ νά συμβάλλῃ ἐπὶ τὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση τῶν νέων τῆς Ἑλλάδος.

"Ἐτσι τὸ Φεβρουάριον τοῦ 1956 συστήθηκε τὸ «Ἰδρυμα Εὐγενίδου», τοῦ ὁποῦ τὴν διοίκησιν ἀνέλαβε ἡ ἀδελφὴ του κυρία Μαριάνθη Σίμου, σύμφωνα μὲ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτη.

Ἀπὸ τὸ 1956 μέχρι σήμερον ἡ συμβολὴ τοῦ Ἰδρύματος ἐπὶ τὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση πραγματοποιεῖται μὲ διάφορες δραστηριότητες. "Ὅμως ἀπ' αὐτὰς ἡ σημαντικότερη, ποῦ κρίθηκε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ὡς πρώτης ἀνάγκης, εἶναι ἡ ἐκδοσὴ βιβλίων γιὰ τοὺς μαθητὰς τῶν τεχνικῶν σχολῶν.

Μέχρι σήμερον ἐκδόθηκαν 150 τόμοι βιβλίων, ποῦ ἔχουν διατεθεῖ σὲ πολλὰ ἑκατομμύρια τεύχη, καὶ καλύπτουν ἀνάγκης τῶν Κατώτερων καὶ Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν τοῦ Ὑπ. Παιδείας, τῶν Σχολῶν τοῦ Ὁργανισμοῦ Ἀπασχολήσεως Ἐργατικῶν Δυναμικῶν (ΟΑΕΔ) καὶ τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ.

Μοναδικὴ φροντίδα τοῦ Ἰδρύματος σ' αὐτὴ τὴν ἐκδοτικὴν του προσπάθειαν ἦταν καὶ εἶναι ἡ ποιότητα τῶν βιβλίων, ἀπὸ ἀποψη ὅχι μόνον ἐπιστημονικῆ, παιδαγωγικῆ καὶ γλωσσικῆ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ ἀποψη ἐμφανίσεως, ὥστε τὸ βιβλίον νά ἀγαπηθεῖ ἀπὸ τοὺς νέους.

Γιὰ τὴν ἐπιστημονικὴν καὶ παιδαγωγικὴν ποιότητα τῶν βιβλίων, τὰ κείμενα ὑποβάλλονται σὲ πολλὰς ἐπεξεργασίας καὶ βελτιῶνονται πρὶν ἀπὸ κάθε νέα ἐκδοσιν. Ἰδιαιτέρη σημασία ἀπέδωσε τὸ Ἰδρυμα ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ἐπὶ τὴν ποιότητα τῶν βιβλίων ἀπὸ γλωσσικὴ ἀποψη, γιὰ τὴν πιστεύει ὅτι καὶ τὰ τεχνικὰ βιβλία, ὅταν εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα ἀρτια καὶ ὁμοιόμορφη ἀλλὰ καὶ κατάλληλη γιὰ τὴν στάθμην τῶν μαθητῶν, μποροῦν νά συμβάλλουν ἐπὶ τὴν γλωσσικὴν διαπαιδαγώγησιν τῶν μαθητῶν.

"Ἐτσι μὲ ἀπόφασιν ποῦ πάρθηκε ἤδη ἀπὸ τὸ 1956 ὅλα τὰ βιβλία τῆς Βιβλιοθηκῆς τοῦ Τεχνίτη, δηλαδὴ τὰ βιβλία γιὰ τίς Κατώτερες Τεχνικὰς Σχολὰς, ὅπως ἀργότερα καὶ γιὰ τίς Σχολὰς τοῦ ΟΑΕΔ, εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα δημοτικὴ μὲ βάση τὴν γραμματικὴν τοῦ Τριανταφυλλίδου, ἐνῶ ὅλα τὰ ἄλλα βιβλία εἶναι γραμμένα ἐπὶ τὴν ἀπλὴν καθαρεύουσαν. Ἡ γλωσσικὴ ἐπεξεργασία τῶν βιβλίων γίνεται ἀπὸ φιλόλογους τοῦ Ἰδρύματος καὶ ἔτσι ἐξασφαλίζεται ἡ ἐνιαία σύνταξιν καὶ ὀρολογία καθὲς κατηγορίας βιβλίων.

Ἡ ποιότητα τοῦ χαρτιοῦ, τὸ εἶδος τῶν τυπογραφικῶν στοιχείων, τὰ σωστά σχήματα καὶ ἡ καλαισθητὴ σελιδοποίηση, τὸ ἐξώφυλλο καὶ τὸ μέγεθος τοῦ βιβλίου περιλαμβάνονται καὶ αὐτὰ στίς φροντίδες τοῦ Ἰδρύματος.

Τὸ Ἰδρυμα θεώρησε ὅτι εἶναι ὑποχρέωσή του, σύμφωνα μὲ τὸ πνεῦμα τοῦ ἴδρυτή του, νὰ θέσει στήν διάθεση τοῦ Κράτους ὅλη αὐτὴ τὴν πείρα του τῶν 20 ἐτῶν, ἀναλαμβάνοντας τὴν ἐκδοση τῶν βιβλίων καὶ γιὰ τίς νέες Τεχνικές καὶ Ἐπαγγελματικές Σχολές καὶ τὰ νέα Τεχνικά καὶ Ἐπαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα μὲ τὰ Ἀναλυτικά Προγράμματα τοῦ Κ.Ε.Μ.Ε.

Τὰ χρονικά περιθώρια γι' αὐτὴ τὴν νέα ἐκδοτικὴ προσπάθεια ἦταν πολὺ περιορισμένα καὶ ἴσως γι' αὐτό, ἰδίως τὰ πρῶτα βιβλία αὐτῆς τῆς σειρᾶς, νὰ παρουσιάσουν ἀτέλειες στὴ συγγραφή ἢ στὴν ἐκτύπωση, πού θὰ διορθωθοῦν στὴ νέα τους ἐκδοση. Γι' αὐτό τὸ σκοπὸ ἐπικαλούμαστε τὴν βοήθεια ὄλων ὄσων θὰ χρησιμοποιήσουν τὰ βιβλία, ὥστε νὰ μᾶς γνωστοποιήσουν κάθε παρατήρησή τους γιὰ νὰ συμβάλλουν καὶ αὐτοὶ στὴ βελτίωση τῶν βιβλίων.

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Ἀλέξανδρος Ι. Παππᾶς**, Ὁμ. Καθηγητῆς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

**Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης**, Διπλ.-Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Διοικητῆς Ο.Τ.Ε., Ἀντιπρόεδρος.

**Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος**, Τακτικὸς Καθηγητῆς ΕΜΠ, Διοικητῆς ΔΕΗ.

**Παναγιώτης Χατζηγιάννου**, Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντῆς Ἐπαγ/κῆς Ἐκπ. Ὑπ. Παιδείας.

Ἐπιστῆμ. Σύμβουλος, **Γ. Ροῦσσος**, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος, **Κ. Α. Μανάφης**, Μόν. Ἐπικ. Καθηγητῆς Παν/μίου Ἀθηνῶν.

Γραμματεὺς, **Δ. Π. Μεγαρίτης**.

#### Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

**Γεώργιος Κακριδῆς †** (1955 - 1959) Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Ἄγγελος Καλογεράς †** (1957 - 1970) Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιαν** (1957 - 1965) Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Μιχαὴλ Σπετσιέρης** (1956 - 1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 - 1967) **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968 - 1976) Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

### Πρόλογος του Συγγραφέα

Ἡ Γενετική ἐπιστήμη ἔχει ὑπεισέλθει σέ πολλούς τομείς τῆς ἀνθρώπινης ζωῆς. Τόσο σέ τομείς ἐξειγενισμοῦ τοῦ ἴδιου τοῦ ἀνθρώπου, ὅσο καί σέ τομείς παραγωγικοῦς.

Ἡ Γεωπονική ἐπιστήμη στηρίζει τή διατροφή τοῦ συνεχῶς αὐξανόμενου ἀνθρώπινου πληθυσμοῦ στήν ὑπερπαραγωγή, πράγμα πού μπορεῖ νά ἐπιτευχθεῖ καί μέ τήν καλλιέργεια ἀποδοτικῶν φυτῶν καί τή διατροφή βελτιωμένων ζώων. Τή δημιουργία τέτοιων φυτῶν καί ζώων ἔχουν ἀναλάβει δύο κλάδοι τῆς ἐφαρμοσμένης Γενετικῆς, δηλαδή ἡ βελτίωση τῶν φυτῶν καί τῶν ζώων.

Οἱ μαθητές τοῦ τεχνικοῦ καί Ἐπαγγελματικοῦ Λυκείου θά βροῦν στό ἐγχειρίδιο αὐτό τίς βασικές ἔννοιες καί ἀρχές τῆς Γενετικῆς. Ἰδιáιτερη προσπάθεια πρέπει νά καταβληθεῖ γιά τήν κατανόηση δύο βασικῶν κεφαλαίων, δηλαδή τοῦ 1ου καί τοῦ 2ου. Τά ἄλλα κεφάλαια ἀποτελοῦν ἀνάπτυξη τοῦ Μενδελισμοῦ, συμπληρωμένη μέ τίς σύγχρονες γνώσεις.





## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 0.1 Γενικά.

Η ζωή στον πλανήτη μας εμφανίζεται πολύμορφη και αντιπροσωπεύεται από πολυάριθμα είδη φυτών και ζώων. Στο ζωικό μόνο βασίλειο γνωρίζουμε σήμερα περισσότερα από ένα εκατομμύριο είδη. Η πολυμορφία των οργανισμών παρατηρείται όχι μόνο μεταξύ ειδών, αλλά και μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους. Θά άναφέρομε, γιά παράδειγμα, τόν άνθρωπο πληθυσμό, στόν όποιο κάθε άτομο έχει έντελώς δικά του χαρακτηριστικά. Τέτοιες διαφορές, ή μέ άλλα λόγια, τέτοια **παρλλακτικότητα**, συμβαίνει κατά κανόνα σέ όλα τά φυτικά και ζωικά είδη. Ακόμη καί στά φυτά καλαμποκιού του ίδιου άγρου ή μπορούμε νά διαπιστώσουμε διαφορετικές ιδιότητες.

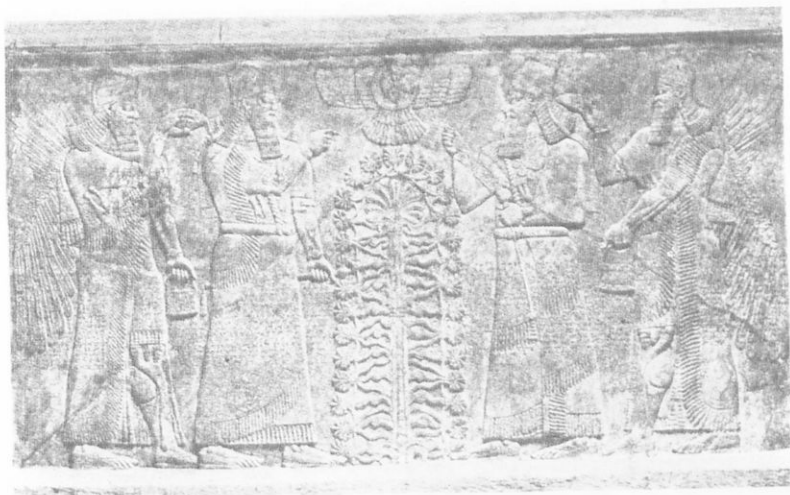
Τό έρώτημα πού προκύπτει από τά παραπάνω είναι: γιατί ή ζωή εμφανίζεται μέ τόσες πολλές μορφές; ή γιατί ή γή νά μήν κατοικείται από ένα μόνο είδος ζωής, στό όποιο όλα τά ότομα νά είναι όμοια; ή άπάντηση στό έρώτημα αυτό άποτελεί αντίκειμενο τής **Γενετικής**. "Ένα άλλο έρώτημα, στό όποιο καλείται ή Γενετική νά άπαντήσει, είναι τό έξης: γιατί τά παιδιά μοιάζουν μέ τούς γονείς; γιατί, δηλαδή, όταν σπείρομε ένα σπόρο σταριού, θά πάρουμε νέα φυτά σταριού; ή γιατί οι άπόγονοι τής γάτας γίνονται πάλι γάτες; όσο καί νά φαίνεται παράξενη ή έρώτηση, ή άπάντηση έντούτοις άποτελεί ένα δύσκολο πρόβλημα. Η όμοιότητα γονέων καί άπογόνων δέν περιορίζεται μόνο στό γεγονός ότι έχουν τά χαρακτηριστικά του είδους στό όποιο άνήκουν. Πολλές άτομικές ιδιορρυθμίες ή καί παραξενιές άκόμη τών γονέων επανεμφανίζονται στούς άπογόνους μέ μεγάλη σαφήνεια. Είναι έπίσης γνωστό ότι μερικές φορές τά παιδιά μοιάζουν, έκτός από τούς γονείς, καί στούς πολύ στενοούς συγγενείς.

### 0.2. Οι πρώτες πληροφορίες.

Η σύγχρονη Γενετική είναι νέα έπιστήμη, αλλά οι θεωρίες πού άναπτύχθηκαν γιά τήν έξήγηση τής κληρονομικότητας χρονολογούνται από τήν άρχή του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι θεωρίες αυτές βασίσθηκαν σέ παρατηρήσεις πού έγιναν στόν ίδιο τόν άνθρωπο, στά καλλιεργούμενα φυτά καί στήν προσπάθεια του ανθρώπου νά βελτιώσει τά ζώα του. Τό σχήμα 0.2α άπεικονίζει πολύ πιθανόν τήν προσπάθεια πού κατέβαλαν οι Χαλδαίοι έδώ καί 6000 χρόνια γιά τή βελτίωση του άλόγου.

Οι παραστάσεις πού υπάρχουν στίς οριζόντιες γραμμές του σχήματος παριστάουν τό γενεαλογικό δένδρο του άλόγου, ένώ τά κεφάλια τών οριζόντιων γραμ-





Σχ. 0.2β.

Στή μέση: θηλυκό φοινικόδενδρο που έπικονιάζεται με γύρη από άρσενικά δένδρα, που μεταφέρουν Άσσύριοι.



Σχ. 0.3α.

Rudolph Jacob Camerarius (1665 - 1721).



Σχ. 0.3β.

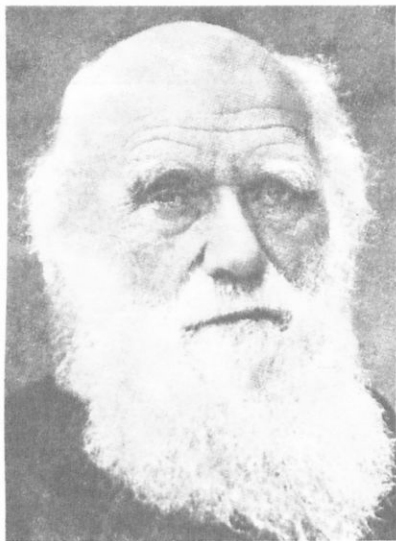
Joseph Gottlieb Kölreuter (1733 - 1806).

**ήμιονος**, λόγω προφανώς τής στειρότητάς του, όπως κατά κανόνα συμβαίνει στον πραγματικό ήμιονο. Ό ήμιονος, όπως είναι γνωστό, είναι ύβριδίο μεταξύ άλόγου καί γαιδάρου. Ό Kölreuter διαπίστωσε ότι μόνο τά συγγενικά είδη μπορούν να δώ-

σουν υβρίδια. Παρατήρησε επίσης ότι τα υβρίδια ήταν μεγαλύτερα και ισχυρότερα από τους γονείς. Μετά τη διαπίστωση αυτή υπέδειξε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του υβριδισμού. Χρειάστηκε όμως να περάσουν σχεδόν δύο αιώνες, για να γίνει αυτό πραγματικότητα.

#### 0.4 Οι δοξασίες του Δαρβίνου.

Ο Δαρβίνος, φημισμένος φυσιοδίφης (σχ. 0.4α) είχε επισκιάσει τους βιολόγους κατά το δεύτερο ήμισυ του 19ου αιώνα. Οι θεωρίες του είχαν επικρατήσει και είχαν θέσει σε δεύτερη μοίρα και αυτές ακόμα τις μοντέρνες τότε ιδέες του Μέντελ (σχ. 0.4β), για το οποίο ο ίδιος τη θεωρία θα μιλήσουμε παρακάτω. Ο Δαρβίνος δημοσίευσε την πρώτη του εργασία για την προέλευση των ειδών το 1859. Στην εργασία του αυτή ανέπτυξε με σαφήνεια ότι τα είδη δεν είναι σταθερά, αλλά μεταβλητά και ότι προήλθαν από άλλα είδη διαφορετικά από αυτά που ζουν σήμερα. Οι προγενέστεροι από το Δαρβίνο πίστευαν ότι τα είδη είναι σταθερά και όμοια, όπως αρχικά δημιουργήθηκαν.



Σχ. 0.4α.  
Charles Darwin (1809 - 1882).



Σχ. 0.4β.  
Gregor Johann Mendel (1822 - 1884).

Αναφορικά με τον τρόπο μεταβιβάσεως των γνωρισμάτων από τους γονείς στους απογόνους, ο Δαρβίνος πίστευε ότι κάθε σωματικό κύτταρο παράγει τα **στοιχεία** του ή τα **μικροσκοπικά αντίγραφα** του (gemmules). Τα στοιχεία αυτά, στην περίπτωση των ζώων, έχχύνονται με τη γονιμοποίηση στο αίμα. Με τον τρόπο

πο αυτόν τὰ αντίγραφα ὄλων τῶν μελῶν τοῦ σώματος συγκεντρῶνεται καί σχηματίζουν τοὺς **γαμέτες**. Ὅταν αὐτοὶ δίνουν γένεση σ' ἓνα καινούργιο ὄργανισμό, τὰ διάφορα «στοιχεῖα» δημιουργοῦν κύτταρα καί ὄργανα, ὅμοια μέ ἐκεῖνα ἀπὸ τὰ ὁποῖα προήλθαν. Παραδεχόμεθα δηλαδή ὁ Δαρβίνος ὅτι ἡ κληρονομικότητα ὀφείλεται στὴ μεταβίβαση τῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα ἀντιπροσωπεύουν διάφορα ὄργανα, τμήματα καί συστατικά τοῦ σώματος. Ἡ ὑπόθεση αὐτὴ τοῦ Δαρβίνου μοιάζει μέ τὴ θεωρία τοῦ Ἰπποκράτη (400 π.Χ.), κατὰ τὴν ὁποῖα ὁ ἀρσενικός καί ὁ θηλυκὸς **σπόρος** ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔκχυμα τῶν σωματικῶν κυττάρων. Τὸ ἔκχυμα αὐτὸ πίστευε ὅτι μεταβιβάζει τὰ χαρακτηριστικά τοῦ ἀτόμου, ἀπὸ τὸ ὁποῖο προέρχεται, στὸν νέο ὄργανισμό.

### 0.5 Κληρονόμηση τῶν ἐπικτήτων χαρακτήρων.

Οἱ βιολόγοι παρατήρησαν τὰ ἐξῆς δύο γεγονότα: 1) Οἱ ὄργανισμοὶ διαφοροποιοῦνται καί διαμορφῶνεται ἀπὸ τὸ περιβάλλον. Ἡ ὑπερβολικὴ χρῆση ἢ ἀσκηση ἑνὸς ὄργανου (π.χ. τῶν μυῶν τοῦ σώματος) δὴγεί στὴν ἰσχυροποίηση καί ἀνάπτυξη τοῦ ὄργανου αὐτοῦ. Ἀντίθετα, ἡ ἀχρηστία ἑνὸς ὄργανου ἔχει ὡς συνέπεια τὴν ἐξασθένησή του. 2) Οἱ ἀπόγονοι ἔχουν τὴν τάση νὰ μοιάζουν στοὺς γονεῖς τους. Συνδυάζοντας τίς δύο αὐτές παρατηρήσεις, κατέληξαν στὸ συμπέρασμα ὅτι οἱ τροποποιήσεις, πού προκλήθηκαν ἀπὸ τὸ περιβάλλον στοὺς γονεῖς, δηλαδή οἱ **ἐπικτήτοι χαρακτήρες**, μποροῦν νὰ μεταβιβαθοῦν ἢ νὰ κληρονομηθοῦν ἀπὸ τοὺς ἀπογόνους, ἔστω καί ἂν ἀπουσιάζει ἡ ἐπίδραση τοῦ περιβάλλοντος πού τίς προκάλεσε ἀρχικά.

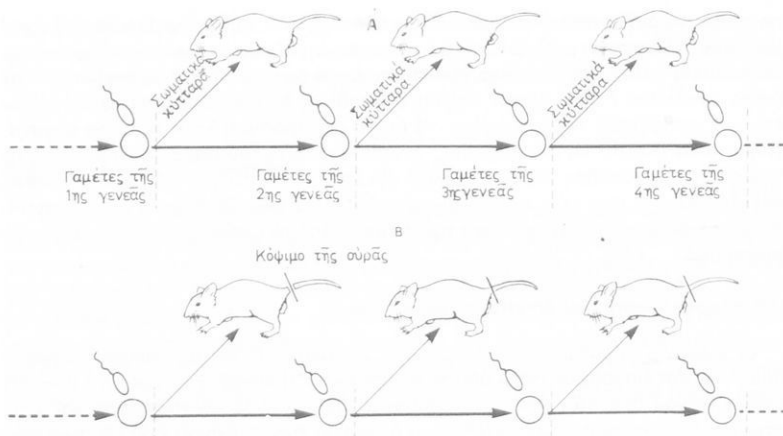
Ἡ κληρονόμηση τῶν ἐπικτήτων ἰδιοτήτων ἔγινε παραδεκτὴ ἀπὸ ὄλους σχεδὸν τοὺς βιολόγους τῆς ἐποχῆς ἐκείνης, συμπεριλαμβανόμενου καί τοῦ Δαρβίνου. Ὁ Γάλλος βιολόγος Lamarck (1744 - 1829), ὁ ἰδρυτὴς τῆς πρώτης θεωρίας περὶ βιολογικῆς ἐξελίξεως, θεώρησε τὴν κληρονόμηση τῶν ἐπικτήτων ἰδιοτήτων ὡς τὸ σπουδαιότερο, ἂν ὄχι τὸ μόνο, μηχανισμό γιὰ κάθε ἀλλαγὴ στὴν ἐξέλιξη. Κατὰ τὸν Lamarck, ὁλόκληρη ἡ παρατηρούμενη παραλλακτικότητα ἦταν ἐπικτήτη καί κληρονομήσιμη.

### 0.6 Ἡ ὑπόθεση τοῦ Βάισμαν.

Ὁ August Weismann (1834 - 1914) ἀντιτάχθηκε στὴ θεωρία τῆς κληρονομίσεως τῶν ἐπικτήτων χαρακτήρων. Γιὰ νὰ ἀποδείξει τὴ θέση του αὐτὴ πραγματοποιοῖσε σειρά ἀπὸ πειράματα μέ ποντίκια. Πρὶν ἀπὸ τὸ ζευγάρωμά τους ἀπέκοπτε τίς οὐρές τους. Τὸ ἴδιο ἔκανε ἐπὶ σειρά γενεῶν. Τὸ ἀποτέλεσμα ἦταν ὅτι ὄλοι οἱ ἀπόγονοι εἶχαν οὐρὰ μέ κανονικὸ μήκος (σχ. 0.6).

### 0.7 Ἡ θεωρία τοῦ Μέντελ.

Ὁ Gregor Johan Mendel, μοναχὸς σ' ἓνα μοναστήρι τοῦ σημερινοῦ Βῆνο τῆς Τσεχοσλοβακίας, ἔθεσε τίς ἀρχές τῆς Γενετικῆς καί ὑποστήριξε ὅτι ἡ κληρονομικὴ οὐσία δὲν εἶναι τὸ ἔκχυμα τῶν σωματικῶν κυττάρων, ἀλλὰ πολλὲς ἀνεξάρτητες καί σταθερές κληρονομικὲς μονάδες, πού μεταβιβάζονται ἀπὸ γενεὰ σὲ γενεὰ. Οἱ κληρονομικὲς αὐτές μονάδες ἀνασυνδυάζονται ἔτσι, ὥστε νὰ δημιουργοῦν μεγάλη



Σχ. 0.6.

Ἡ θεωρία καὶ τὰ πειράματα τοῦ Weismann: (A) γεννητικά κύτταρα σχηματίζουν μιά συνεχή γραμμή, πού συνδέει τή μιά γενιά μέ τήν ἄλλη· τὰ σωματικά κύτταρα δέν συνδέουν τή μιά γενιά μέ τήν ἄλλη. Ἐτσι, μεταβολές στά σωματικά κύτταρα (ἀποκοπή οὐράς) δέν ἐπιδρῶν στήν ἐπόμενη γενιά. (B) Ἡ ἀποκοπή τῆς οὐράς τῶν ποντικιῶν, πρὶν ἀπό τό ζευγάρωμά τους, ἐπί σειρά γενεῶν δέν ἐπηρεάζε τό μήκος τῆς οὐράς στοὺς ἀπόγονους. Ἡ οὐρά δέν πρόκειται νά ἐξαφανισθεῖ, ἐφόσον τὰ γεννητικά ὄχι τὰ σωματικά κύτταρα ἐφοδιάζουν μέ τίς γενετικές πληροφορίες τήν ἐπόμενη γενιά.

βιολογική παραλλακτικότητα.

Ὁ Μέντελ, ἐντούτοις, δέν ἔζησε γιά νά χαρεῖ τή νίκη τῆς θεωρίας του. Μάταια προσπάθησε νά κινήσει τό ἐνδιαφέρον τῶν συγχρόνων του ἐρευνητῶν. Τελικά ἐγκατέλειψε τό ἐπιστημονικό του ἔργο καί ἀσχολήθηκε μέ τὰ μοναχικά του καθήκοντα. Πέθανε τό 1884. Τό ἔργο του ἀναγνωρίσθηκε 16 χρόνια μετά τό θάνατό του. Τά εὐρήματά του ξαναανακαλύφθηκαν καί ἡ βιολογική ἔρευνα εἰσῆλθε σέ μιά νέα καί ἀποτελεσματική περίοδο. Δικαίως ὁ Μέντελ ἀποκλήθηκε ὁ πατέρας τῆς Γενετικής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

#### 1.1 Γενικά.

Ἡ μόνη φυσική σύνδεση μεταξύ γονέων καί ἀπογόνων εἶναι οἱ δύο **γαμετικοὶ πυρήνες**, οἱ ὁποῖοι ὄταν πρόκειται γιὰ ζῶα, περιέχονται στό σπερματοζωάριο καί τό ὠάριο. Μέσω τῶν πυρήνων τους μεταβιβάζονται ὅλες οἱ ιδιότητες ἀπό τή μιά γενεά στήν ἄλλη. Ὁ γενετιστής Μίλλερ ὑπολόγισε ὅτι τό σύνολο τῶν σπερματοζωαρίων, ἀπό τά ὁποῖα προῆλθε ὁλόκληρος ὁ πληθυσμός τῆς γῆς κατά τήν ἐποχή του, δέν ὑπερβαίνει τό μέγεθος ἑνός δισκίου ἀσπιρίνης. Στό ἴδιο μέγεθος ὑπολογίζεται καί τό σύνολο δυόμισυ περίπου δισεκατομμυρίων ὠαρίων! Δύο δισκία, λοιπόν, κληρονομικῆς οὐσίας καθορίζουν, σέ συνεργασία μέ τό περιβάλλον, τίς ιδιότητες τοῦ ἀνθρώπινου πληθυσμοῦ τῆς γῆς. Τό σῶμα ἑνός ὄριμου ἀνθρώπου ἔχει μάζα πενήντα δισεκατομμύρια μεγαλύτερη ἀπό τή μάζα ἑνός γονιμοποιημένου ὠαρίου, ἀπό τό ὁποῖο προῆλθε. Ἡ τεράστια αὐτή διαφορά τῆς μάζας ὀφείλεται στήν κατανάλωση τῆς τροφῆς ἀπό τόν ἀναπτυσσόμενο ὄργανισμό. Κάθε ὄργανισμός, δηλαδή, ἀποτελεῖται ἀπό μεταποιημένη τροφή. Ἀλλά, ὅμοια πρώτη ὕλη χρησιμοποιεῖται γιά νά κατασκευασθεῖ τό σῶμα διαφορετικῶν ὄργανισμῶν, ὅπως τοῦ ἀνθρώπου, τῆς γάτας κλπ. Τό εἶδος ὁμῶς τοῦ σώματος πού θά προκύψει ἐξαρτᾶται ὄχι μόνο ἀπό τήν τροφή, πού καταναλώνεται, ἀλλά κυρίως ἀπό τήν κληρονομική οὐσία πού φέρει ὁ ὄργανισμός.

Προκειμένου νά ἀναπτυχθεῖ ὁ ὄργανισμός, μεταφέρονται ἀπό τό περιβάλλον ὑλικά, τά ὁποῖα ἐνσωματώνονται στό ἀναπτυσσόμενο σῶμα. Γιά τά φυτά τά ὑλικά αὐτά ἀποτελοῦνται ἀπό νερό, ἀνόργανα ἄλατα τοῦ ἐδάφους, διοξειδίου τοῦ ἀνθρακικοῦ ἀπό τήν ἀτμόσφαιρα καί ἠλιακή ἐνέργεια. Γιά τούς ἄλλους ζωντανούς ὄργανισμούς, ἡ ἀνάπτυξη προκαλεῖται ἀπό τήν ἐνσωμάτωση τῶν ὄργανικῶν καί ἀνοργάνων τροφῶν, πού ἔχει ἀνάγκη ὁ ὄργανισμός. Κάθε ὄργανισμός ἀφομοιώνει τήν τροφή του μέ καθορισμένο τρόπο.

#### 1.2 Γενότυπος καί φαινότυπος (πειράματα τοῦ Johannsen).

Ἐφόσον ἕνας ὄργανισμός εἶναι ζωντανός, ἡ κληρονομική του σύνθεση σέ συνεργασία (ἀλληλεπίδραση) μέ τό περιβάλλον καθορίζει τή μορφή τοῦ ὄργανισμοῦ αὐτοῦ σέ κάθε στάδιο τῆς ζωῆς του. Σχετικά εἶναι τά πειράματα τοῦ Δανοῦ γενετιστή Johannsen, πού ἔκανε τό 1911 (σχ. 1.2α) γιά νά διακρίνει τό **γενότυπο** (ἡ γονότυπο) ἑνός ὄργανισμοῦ ἀπό τό **φαινότυπό** του. Εἶχε παρατηρήσει ὅτι τό μέγεθος



Σχ. 1.2α.  
Wilhelm Johannsen (1857 - 1927).

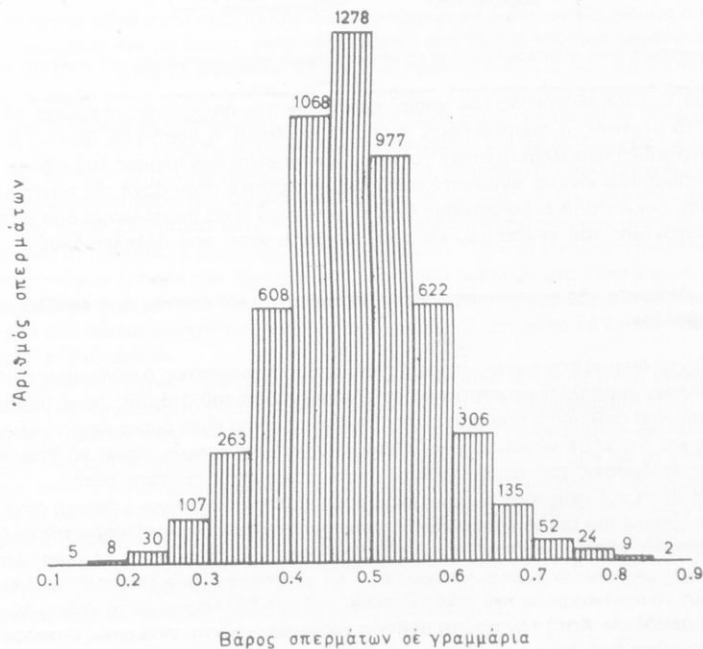
των φασολιών διέφερε όχι μόνο από ποικιλία σε ποικιλία, αλλά και από σπόρο σε σπόρο του ίδιου φυτού. Για να διαπιστώσει τα αίτια των διαφορών στο μέγεθος των σπερμάτων έκανε τό εξής πείραμα: από ένα έμπορικό δείγμα φασολιών πήρε στην τύχη 5.494 φασόλια και τά ζύγισε ένα - ένα. Άφου τά κατάταξε σε κατηγορίες ανάλογα μέ τό βάρος τους, παρουσίασε τίς συχνότητές τους γραφικά και προέκυψε ή εικόνα του σχήματος 1.2β, τό όποιο είναι γνωστό ως κανονική κατανομή. Παρατηρούμε ότι τά περισσότερα φασόλια είχαν βάρος γύρω από τό μέσο όρο του βάρους τους, πού ήταν περίπου μισό γραμμάριο. Έλάχιστα μόνο είχαν βάρος πολύ μικρό, πού έφθανε τό 0,1 γραμμάριο ή πολύ μεγάλο, ως 1 γραμμάριο.

Άπό τό ίδιο έμπορικό δείγμα πήρε στην τύχη 19 σπέρματα, τά όποια έσπειρε, για να μελετήσει τό μέγεθος των φασολιών πού έπρόκειτο να παραχθούν στά 19 φυτά. Παρατήρησε (σχ. 1.2γ) ότι οι μέσοι όροι του βάρους των σπερμάτων πού παρήχθησαν από τά 19 αυτά φυτά διέφεραν μεταξύ τους όσο και τά 19 σπέρματα, από τά όποια προήλθαν. Ό μέσος όρος του φυτού μέ τά μικρότερα σπέρματα ήταν 35,1 εκατοστά του γραμμαρίου, ενώ του φυτού μέ τά μεγαλύτερα σπέρματα ήταν 64, 26 εκατοστά του γραμμαρίου, διέφεραν δηλαδή μεταξύ τους περίπου 30 εκατοστά του γραμμαρίου, όση ήταν και ή διαφορά των σπερμάτων από τά όποια προήλθαν. Κατόπιν θέλησε να έλέγξει τό μέγεθος των άπογόνων πού προέρχονται από σπέρματα του ίδιου φυτού, αλλά μέ διαφορετικό βάρος. Για τό σκοπό αυτό, έσπερνε κάθε χρόνο σπέρματα δύο κατηγοριών πού προέρχονταν από τό ίδιο φυτό: πολύ μεγάλα σε μέγεθος και πολύ μικρά. Παρατήρησε ότι, ενώ οι διαφορές των



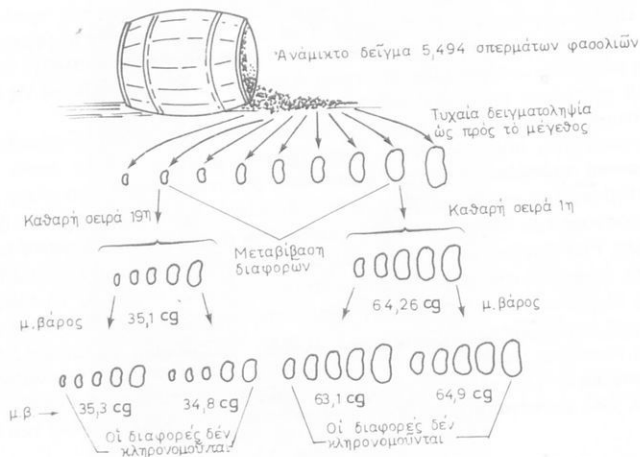
φασολιών με τὰ ὁποῖα ξεκινούσε ἦταν μεγάλες, τελικά τὰ φυτὰ πού προέκυπταν ἔδιναν τὸ ἴδιο μέγεθος φασολιών κατὰ μέσο ὄρο, ἀνεξάρτητα ἀν προέρχονταν ἀπὸ μεγάλα ἢ μικρὰ σπέρματα. Οἱ διαφορὲς στὸ μέγεθος τῶν φασολιών, στὴν περίπτωσή αὐτή, δὲν μεταβιβάστηκαν στοὺς ἀπογόνους, ὅπως συνέβη μετὶ τῶν διαφορῶν τῶν 19 φασολιών μετὰ τὰ ὁποῖα ξεκίνησε.

Τὰ πειραματικά αὐτὰ δεδομένα τοῦ Johansen δείχνουν ὅτι τὸ σύνολο τῆς παραλλακτικότητας, πού ἐμφάνισαν στὴν ἀρχὴ τὰ φασόλια, καί τὸ ὁποῖο καλοῦμε **φαινοτυπικὴ παραλλακτικότητα ἢ φαινότυπο**, ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μέρη: ἀπὸ ἓνα πού μεταβιβάζεται στοὺς ἀπογόνους, δηλαδή κληρονομεῖται, καί ἀπὸ ἓνα ἄλλο πού δὲν κληρονομεῖται. Τὸ μέρος πού κληρονομεῖται ὀνομάζουμε **γενοτυπικὴ παραλλακτικότητα**, πού ὀφείλεται στὴ γενετικὴ σύνθεση (γενότυπος) καί εἶναι αὐτὸ πού ἔδωσε τῶν διαφορῶν στὸ μέγεθος ἀνάμεσα στὶς ἀρχικὲς 19 σειρὲς. Τὸ ἄλλο μέρος, πού δὲν κληρονομεῖται, ὀνομάζουμε **παραλλακτικότητά τοῦ περιβάλλοντος** καί εἶναι ἐκεῖνο πού δημιούργησε τῶν διαφορῶν στὰ φασόλια τοῦ ἴδιου φυτοῦ καί πού ὀφείλεται σὲ ποικίλους παράγοντες τοῦ περιβάλλοντος. Μποροῦμε λοιπὸν νὰ ποῦμε ὅτι **γενότυπος** εἶναι ἡ γενετικὴ σύνθεση, πού κάθε ὄργανισμός παίρνει ἀπὸ τοὺς γονεῖς του, ἐνῶ **φαινότυπος** εἶναι ἡ ἐμφάνιση (ἀνάπτυξη, διαμόρφωση) τοῦ ὄργανι-



Σχ. 1.2β.

Κατάταξη τοῦ μεγέθους τῶν σπερμάτων φασολιών, σύμφωνα μετὰ τὰ πειράματα τοῦ Johansen. (Συνολικὴ φαινοτυπικὴ παραλλακτικότητα).



Σχ. 1.2γ.

Διαχωρισμός στην κληρονομήσιμη και μη κληρονομήσιμη παραλλακτικότητα του μεγέθους των φασιολιών.

σμοϋ, δηλαδή τό σύνολο τών χαρακτηριστικών του, όπως είναι: τό χρώμα, τό σχήμα, τό μέγεθος, ή συμπεριφορά, ή χημική σύνθεση, ή δομή κλπ. Φυσικά ό όρος φαινοτυπική παραλλακτικότητα νοείται πάντοτε μέσα στά πλαίσια του είδους. Από τά παραπάνω γίνεται άντιληπτό αυτό πού τονίσθηκε στην αρχή τής παραγράφου αυτής, ότι δηλαδή ό φαινότυπος ενός όργανισμου είναι άποτέλεσμα δύο βασικών παραγόντων: του γενότυπου καί του περιβάλλοντος, πού άλληλεπιδροϋν.

### 1.3 Διάκριση τής γενοτυπικής παραλλακτικότητας καί εκείνης πού όφείλεται στο περιβάλλον.

Συχνά διερωτῶται κανείς: ποίος άπό τούς δύο παράγοντες, ό γενότυπος ή τό περιβάλλον, συμβάλλει περισσότερο στή διαμόρφωση του άτόμου; Ίσως ύπάρχουν καί σήμερα άνθρωποι πού πιστεύουν ότι όλα τά νήπια είναι όμοια κατά τή γέννησή τους καί ότι κάθε νήπιο θά μπορούσε νά γίνει μεγαλοφυία, άρκεί νά γνωρίζαμε ποίες επίδράσεις του περιβάλλοντος δημιουργοϋν τήν ιδιότητα αυτή.

Ή θέση πού παίρνουν οι γενετιστές στο έρώτημα αυτό είναι ή βασική αρχή πού άναφέρθηκε πιο πάνω, ότι δηλαδή ό **φαινότυπος είναι τό άποτέλεσμα τής άλληλεπιδράσεως μεταξύ γενότυπου καί περιβάλλοντος**. Ή αρχή αυτή δέ διασαφηνίζει πιο στοιχειώ πάζει τό μεγαλύτερο ρόλο. Οι γενετιστές όμως μπορούν νά διευκρινίσουν τό σχετικό ρόλο του γενότυπου καί του περιβάλλοντος μέ τή χρήση δύο κυρίως μεθόδων. Κατά τήν πρώτη μέθοδο χρησιμοποιούνται γενετικώς διαφορετικά άτομα κάτω άπό όμοιες συνθήκες περιβάλλοντος. Είναι δυνατή π.χ. ή καλλιέργεια διαφορετικών ποικιλιών ενός είδους φυτού δίπλα - δίπλα στον ίδιο άγρό καί ή έξακριβωση τών γενετικών διαφορών τους. Κατά τή δεύτερη μέθοδο χρησιμοποιούνται όμοια γενετικώς άτομα κάτω άπό διαφορετικές συνθήκες περιβάλλον-

τος. Αυτό γίνεται εύκολα με τὰ φυτά, γιατί μπορούν νά πολλαπλασιασθούν *άγε-νωώς*. Παίρνομε δηλαδή τμήματα από τό ίδιο τό φυτό καί τὰ φυτεύομε, όποτε όλα τὰ νέα φυτά πού θά προκύψουν θά έχουν τόν ίδιο γενότυπο. Τά φυτά αυτά, πού απο-τελοῦν ἕνα *κλώνο*, μπορούν νά καλλιεργηθούν σέ διαφορετικό περιβάλλον, όπως π.χ. σέ σταθμούς έρεῦνης πού νά διαφέρουν ώς πρός τό ύψόμετρο, τή θερμοκρα-σία, τήν ὑγρασία, τήν ἠλιοφάνεια κλπ.

Σχετικά πειράματα ἔγιναν στήν Καλιφόρνια. Τά αποτελέσματα τους παρουσιάζονται στό σχήμα 1.3α. Σέ κάθε όριζόντια γραμμή περιλαμβάνονται φυτά διαφορε-τικής ποικιλίας πού προήλθαν από τό ίδιο φυτό πού κόπηκε σέ τρία τμήματα. Κάθε τμήμα φυτεύθηκε σέ διαφορετικό ύψόμετρο, δηλαδή στό επίπεδο τής θάλασσας περίπου, σέ ύψόμετρο 1.500 μέτρων καί σέ ύψόμετρο 3.300 μέτρων. Οι διαφο-ρές συνεπώς τών τριών φυτών τής ίδιας όριζόντιας γραμμής δείχνουν τή συμπερι-φορά τοῦ ίδιου φυτοῦ σέ διαφορετικό περιβάλλον.

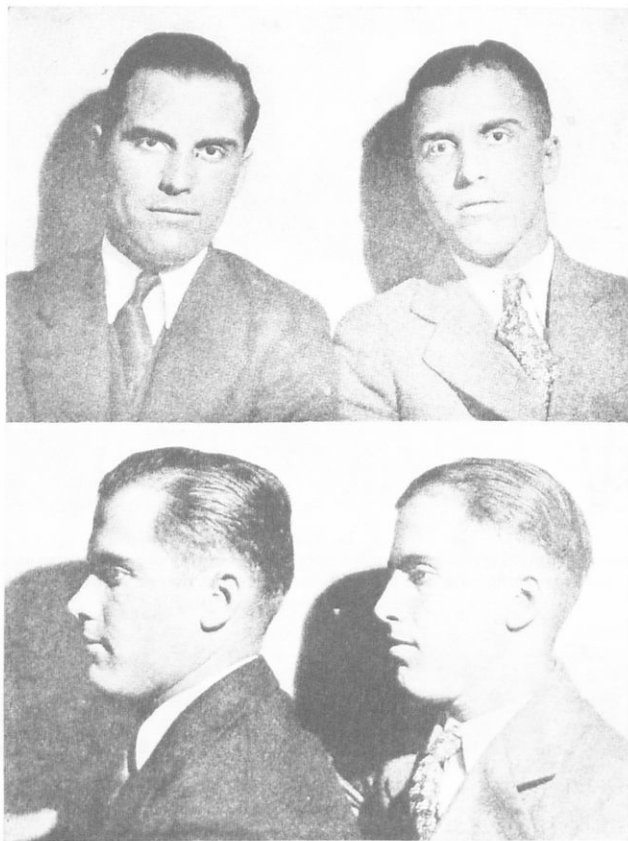
Σέ κάθε κάθετη στήλη, περιλαμβάνονται τρεῖς διαφορετικές ποικιλίες, πού ανα-πτύσσονται μαζί στόν ίδιο πειραματικό κήπο. Έπομένως οι διαφορές πού παρου-σιάζουν τὰ τρία αυτά φυτά οφείλονται στό γενότυπο.

Στόν άνθρωπο, γενετικώς όμοια άτομα, πού νά ἀνήκουν δηλαδή στόν ίδιο κλώ-νο, βρίσκονται μόνο στήν περίπτωση τών *μονοζυγώτων* διδύμων. Τά δίδυμα αυτά έχουν πανομοιότυπο γενότυπο, γιατί προέρχονται από τό ίδιο γονιμοποιημένο ώά-ριο, σέ αντίθεση πρός τὰ *διζύγωτα* δίδυμα πού προκύπτουν από δύο διαφορετικά ώάρια, τὰ όποια όμως γονιμοποιήθηκαν συγχρόνως. Συνεπώς από γενετική άποψη τά διζύγωτα δίδυμα δέν διαφέρουν από δύο αδέρφια πού γεννήθηκαν σέ διαφορε-τικό χρόνο. Μπορεί επίσης τὰ διζύγωτα αυτά νά ἀνήκουν καί σέ διαφορετικό φύλο, σέ αντίθεση πρός τὰ μονοζύγωτα δίδυμα, τὰ όποια είναι πάντοτε τοῦ ίδιου φύλου καί ἐμφανίζουν καταπληκτική όμοιότητα ώς πρός τὰ φυσικά καί πνευματικά γνωρί-σματα (σχ. 1.3β). Σέ σπανιότερες περιπτώσεις μπορούν νά προκύψουν περισσότερα από δύο άτομα από τό ίδιο γονιμοποιημένο ώάριο. Γνωστό είναι τό παράδειγμα τών πενταδύμων Dionne τοῦ Καναδά (σχ. 1.3γ), πού ἀνήκουν στόν ίδιο κλώνο καί έχουν τόν ίδιο γενότυπο. Σέ άλλες περιπτώσεις, στίς όποιες γεννιόυνται περισσό-τερα από δύο παιδιά συγχρόνως, ἐνδέχεται μερικά μόνο άπ' αυτά νά έχουν προέλ-θει από τό ίδιο ώάριο.

Ἡ έρευνα πού ἔγινε γύρω από τὰ μονοζύγωτα δίδυμα απέδειξε ότι ἡ γενετική σύνθεση τοῦ οργανισμού παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο στή διαμόρφωση τόσο τής έξωτερικῆς ἐμφάνισης τοῦ ατόμου όσο καί τών πνευματικῶν ιδιοτήτων, καθώς καί τής άντοχής στίς διάφορες άσθένειες. Αυτό ισχύει κατά μέσο όρο καί στίς περι-πτώσεις πού τὰ μονοζύγωτα δίδυμα άποχωρίστηκαν σέ μικρή ἡλικία καί ἀναπτύ-χθηκαν σέ διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος (σχ. 1.3δ). Συμβαίνει όμως μερι-κές φορές ἡ συμφωνία μεταξύ τών δύο διδύμων νά μήν είναι πλήρης. Παρατηρή-θηκε π.χ. ότι μπορεί νά άπουσιάζει ἕνα γνώρισμα από τό ἕνα μόνο δίδυμο, κυρίως από τὰ πνευματικά γνωρίσματα, γιατί αυτά ἐπηρεάζονται από τό περιβάλλον πε-ρισσότερο από ότι ἐπηρεάζονται τὰ φυσικά γνωρίσματα.

#### 1.4 Ἐπίδραση τοῦ περιβάλλοντος, στή διαμόρφωση τοῦ φαινότυπου.

Μάθαμε ότι ὁ γενότυπος καί τό περιβάλλον ἀλληλεπιδρώντας δημιουργοῦν τό φαινότυπο. Ἡ επίδραση τοῦ περιβάλλοντος στή διαμόρφωση αὐτή σέ άλλα γνωρί-



Σχ. 1.36.

Τά μονοζύγωτα δίδυμα τῆς εἰκόνας ἔχουν ἀναπτυχθεῖ σέ διαφορετικό περιβάλλον. Ὁ χωρισμός τους ἔγινε λίγο μετά τή γέννησή τους. Ἐτσι τό ἀριστερό δίδυμο ἔζησε στήν πόλη καί τό δεξιό στήν ὕπαιθρο. Σχετικά μέ τήν ἀνάπτυξη τοῦ σώματος καί τή νοημοσύνη τους τά δίδυμα ἔδειξαν μεγάλη ὁμοιότητα. Παρουσίασαν ὁμως ἐμφανεῖς διαφορές στήν πνευματική ἀνάπτυξη.

σματα εἶναι μηδαμινή ἤ ἐλάχιστη, ὅπως π.χ. στά ποιοτικά γνωρίσματα (χρῶμα ἀνθέων, χρῶμα σπόρων, παρουσία ἤ ἀπουσία τριχῶν κλπ), ἐνῶ σέ ἄλλα εἶναι σημαντική, ὅπως π.χ. στά ποσοτικά γνωρίσματα (ῦφος, βάρος, ἀπόδοση κλπ.). Κατά κανόνα κληρονομεῖται ὁ τρόπος ἀντιδράσεως τοῦ ὄργανισμοῦ στίς ἐπιδράσεις τοῦ περιβάλλοντος.

Ἡ βασική αὐτή ἀρχή γίνεται κατανοητή μέ τά ἑξῆς παραδείγματα: Ἐάν πάρουμε μιά ποικιλία μέ κόκκινα λουλούδια τοῦ φυτοῦ *Primula Sinensis* καί τήν καλλιεργή-

σομε μέσα σέ θερμοκήπιο, όπου ή θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 30° καί 35°C καί ή ύγρασία τής ατμόσφαιρας είναι ψηλή, θά παρατηρήσομε ότι τά νέα λουλούδια πού θά άνθίσουν είναι άσπρα. Ό φαινότυπος, συνεπώς, έχει αλλάξει. Ό γενότυπος όμως έχει μείνει αμετάβλητος. Αυτό γίνεται φανερό από τό γεγονός ότι, αν τό ίδιο φυτό επαναφερθεί σέ περιβάλλον μέ θερμοκρασία 15° ως 20°C, θά αρχίσει πάλι νά παράγει κόκκινα λουλούδια. Τό ότι ή κληρονομική σύνθεση των φυτών αυτών δέν έχει μεταβληθεί αποδεικνύεται καί από τό έξης γεγονός: "Αν σπειρώμε σπόρους από τά άσπρα καί από τά κόκκινα λουλούδια, τά φυτά πού θά προκύψουν θά παράγουν όλα κόκκινα λουλούδια, αν αναπτύσσονται σέ περιβάλλον μέ χαμηλές θερμοκρασίες, καί όλα άσπρα λουλούδια, αν αναπτύσσονται σέ περιβάλλον μέ ψηλές θερμοκρασίες. Έπομένως δέν κληρονομείται τό άσπρο ή τό κόκκινο χρώμα αυτό καθεαυτό, αλλά ό καθορισμένος τρόπος μέ τόν όποιο θά αντίδράσει τό φυτό στις έξωτερικές συνθήκες καί στήν περίπτωση μας στή θερμοκρασία.

Η παραπάνω παρατήρηση ισχύει καί γιά άλλους όργανισμούς. Δύο άγελάδες π.χ., πού φθάνουν τό ίδιο περίπου βάρος μέ όρισμένο σιτηρέσιο, μπορεί νά παρουσιάσουν διαφορά βάρους, αν τούς αύξησομε τό σιτηρέσιο, έπειδή ή μία από τίς δύο δέν θά έχει τήν ικανότητα νά αξιοποιήσει τήν επί πλέον τροφή όσο ή άλλη.

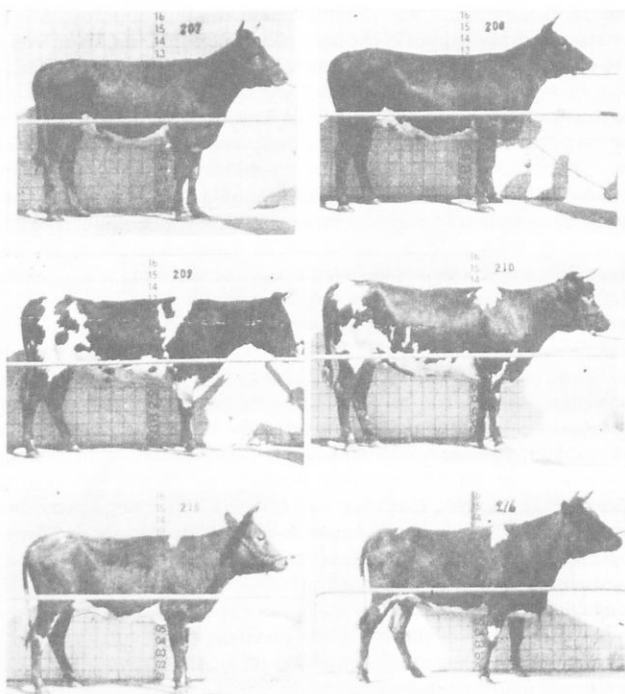
Σχετικά πειράματα έγιναν στό Wlad κοντά στή Στοκχόλμη, μέ τή χρήση μονοζυγώντων μοσχαριών, γιά νά διαπιστωθεί ό βαθμός επίδράσεως του γενότυπου καί του περιβάλλοντος πάνω στις ιδιότητες των ζώων. Οι εργασίες έγιναν από τόν G. Bonnier καί τούς συνεργάτες του, οι όποιοι απέδειξαν ότι διαφορετικά άτομα έχουν καί διαφορετικό βαθμό αξιοποίησης τής τροφής. Τό σχήμα 1.4α παρουσιάζει τρία ζεύγη μονοζυγώντων διδύμων μοσχαριών (207 - 208, 209 - 210 καί 215 - 216). Τό άριστερό ζώο τής φωτογραφίας κάθε ζευγαριού αναπτύχθηκε μέ μειωμένο σιτηρέσιο πού ήταν τό ίδιο καί γιά τρία ζώα, ενώ τό δεξιό μέ έπαρκές σιτηρέσιο τό ίδιο καί γιά τά τρία ζώα. Όλα τά ζώα στό δεξιό μέρος τής εικόνας είναι μεγαλύτερα από τά αντίστοιχα άριστερά: ή διαφορά όμως ανά ζεύγη δέν είναι ή ίδια, όπως δείχνουν οι αριθμητικοί δείκτες του σχήματος.

Στά κουνέλια υπάρχει μία φυλή, γνωστή μέ τό όνομα Ίμαλάιο (σχ. 1.4β), στήν όποία τά ρόζ μάτια, ό τύπος των μαύρων ποδιών, των αυτιών καί τής ουράς, καθώς καί τό άσπρο σώμα μεταβιβάζονται πιστά στους απογόνους. "Αν μαδήσομε τό τρίχωμα από τά άσπρα μέρη του σώματος ενός κουνελιού καί διατηρήσομε τό ζώο σέ ψυχρό περιβάλλον, τό νέο τρίχωμα πού θά έμφανισθεί δέν θά είναι άσπρο αλλά μάλλον μαύρο. "Αν μαδήσομε, επίσης τό τρίχωμα από τό μαύρο τμήμα του σώματος του καί διατηρήσομε τό τμήμα αυτό σέ θερμό περιβάλλον (μέ ένα έπίδεσμο π.χ.), τό νέο τρίχωμα πού θά φυτρώσει θά είναι μάλλον άσπρο καί όχι μαύρο. "Από τό παράδειγμα αυτό γίνεται φανερό ότι δέν κληρονομείται τό άσπρο ή μαύρο χρώμα, αλλά ή ικανότητα όρισμένων τμημάτων νά σχηματίζουν ή όχι χρωστική ούσια, ανάλογα μέ τή θερμοκρασία τους.

Γενικά μπορούμε νά πούμε ότι τό όποιοδήποτε γνώρισμα ενός όργανισμου είναι αποτέλεσμα καί των δύο παραγόντων, δηλαδή του γενότυπου καί του περιβάλλοντος.

## 1.5 Θέματα γιά συζήτηση

1. Οι προνύμφες τής Δροσόφιλας, πού διατρέφονται έπαρκώς σέ σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, έξελίσσονται σέ μεγαλύτερες μύγες από ό,τι όμοιες προνύμφες,



Σχ. 1.4α.

Τρία ζεύγη μονοζυγίων διδύμων μοσχαριών. Τα άριστερά ζώα τράφηκαν με μειωμένο, ενώ τα δεξιά με έπαρκές σιτηρέσιο.



Σχ. 1.4β.

Έπίδραση τής θερμοκρασίας στο χρώμα του τριχώματος στο ίμαλαιο κουνέλι. Το άσπρο τρίχωμα στο πίσω μέρος μαδήθηκε και το κουνέλι τοποθετήθηκε σε ψυχρό χώρο. Το νέο τρίχωμα που βγήκε ήταν μαύρο. Στην ίδια περιοχή του σώματος το τρίχωμα υπό θερμές συνθήκες είναι άσπρο.

πού διατρέφονται έλλειπῶς καί σέ ψηλές θερμοκρασίες. Οί μύγες τῆς Δροσόφιλας *D. Miranda* εἶναι μεγαλύτερες ἀπό ἐκεῖνες τῆς *D. Pseudoobscura*, ἐφόσον οἱ προνύμφες διατρέφονται ἐπαρκῶς καί στήν ἴδια θερμοκρασία. Ἀλλά, ἡ *D. Miranda*, ὅταν ἀναπτύσσεται σέ ψηλή θερμοκρασία καί μέ λίγη τροφή, σχηματίζει μικρότερο σωματικό μέγεθος ἀπό τήν *D. Pseudoobscura*, ὅταν ἡ τελευταία ἀναπτύσσεται σέ χαμηλότερη θερμοκρασία καί μέ ἐπαρκή τροφή.

Εἶναι τό σωματικό μέγεθος στίς μύγες αὐτές κληρονομικό;

2. Μερικές ποικιλίες ἑνός νεράγκαθου σχηματίζουν σπειροειδές στέλεχος, ὅταν ἀναπτύσσονται σέ πλούσιο ἔδαφος, ἐνῶ σέ πτωχό ἔδαφος τό στέλεχος γίνεται κανονικό ἴσιο. Σέ τί διαφέρει γενετυπικῶς ἕνα κανονικό φυτό τῆς ποικιλίας αὐτῆς ἀπό ἕνα κανονικό φυτό μιᾶς ἄλλης ποικιλίας, πού δέν ἐμφανίζει ποτέ στρίψιμο τοῦ στελέχους;

3. Μιά ἀσθένεια πού προσβάλλει τά καστανόδενδρα εἶχε μεταφερθεῖ ἀπό τήν Κίνα στίς Η.Π.Α. καί προκάλεσε καταστροφές. Ἡ ἀσθένεια ὁμοίως αὐτή δέν προσβάλλει τά καστανόδενδρα τῆς Κίνας. Μπορεῖτε νά ἐξηγήσετε τή διαφορά αὐτή μεταξύ τῶν κινεζικῶν καί ἀμερικανικῶν καστανοδένδρων;

4. Ἐχοντας ὑπόψη τά ἀποτελέσματα τῶν πειραμάτων τοῦ σχήματος 1.3α, νά σχεδιάσετε ἕνα πρόγραμμα γιά νά δημιουργήσετε μία ποικιλία ἑνός φυτοῦ, πού προορίζεται νά καλλιεργηθεῖ στήν ὄρεινή Ἑλλάδα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ MENDEL

#### 2.1 Γενικά.

Ο Mendel γεννήθηκε τό 1822 στό Ηγνσίσε τής Τσεχοσλοβακίας. Στήν άρχή παρακολούθησε Έκκλησιαστικό Σχολείο ύστερα φοίτησε στό Γυμνάσιο καί σπούδασε σέ Φιλοσοφικό Ίνστιτούτο. Τό 1843 είσήχθηκε στό μοναστήρι τών Αύγουστίνων του Βrno. Τά επόμενα τέσσερα χρόνια (1844 - 1848) σπούδασε Θεολογία. Στο μεταξύ, τό 1846 παρακολούθησε καί μαθήματα Γεωπονίας, στό φιλοσοφικό ίνστιτούτο του Βrno. Χειροτονήθηκε Ιερέας τό 1847 καί από τό 1851 ως τό 1853 σπούδασε φυσικές επιστήμες στό Πανεπιστήμιο τής Βιέννης. Τό 1854 διορίσθηκε Καθηγητής Φυσικών Έπιστημών στό γερμανικό άνωτερο γυμνάσιο του Βrno. Κατά τήν όκταετία 1856 - 1864 έκανε τά περίφημα πειράματά του στους κήπους του Μοναστηριού. Οί πειραματικές του έργασίες με τά άποτελέσματά τους δημοσιεύθηκαν τό 1866. Κανείς όμως δέν συγκινήθηκε από τήν εργασία του Mendel ως τό 1900, όποτε στα ίδια συμπεράσματα κατέληξαν ταυτόχρονα τρεις έρευνητές: ό De Vries στήν Όλλανδία, ό Correns στή Γερμανία καί ό Tschermak στήν Αυστρία. Πέθανε τήν 6η Ίανουαρίου του 1884 στό μοναστήρι του Βrno.

#### 2.2 Τό πειραματικό ύλικό του Mendel.

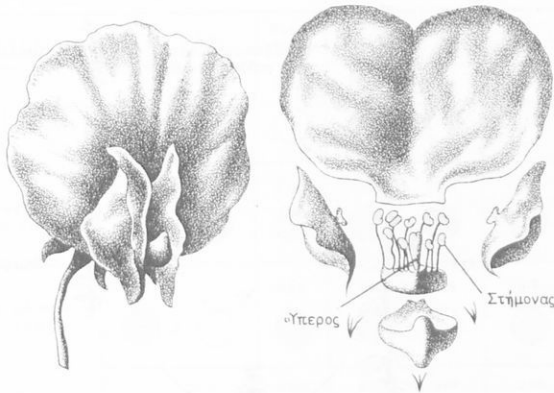
Ο Mendel διάλεξε γιά πειραματικό ύλικό τά μπιζέλια, γιατί είναι φυτό έτήσιο με εύκρινή καί καλά καθορισμένα χαρακτηριστικά. Η ανάπτυξη τών φυτών αυτών καί οί διασταυρώσεις μεταξύ τους γίνονται πολύ εύκολα. Τά άνθη τους είναι τέλεια (σχ. 2.2), περιέχουν δηλαδή τόσο τά άρσενικά όσο καί τά θηλυκά στοιχεία καί κατά κανόνα άυτογονιμοποιούνται.

Οί διάφορες ποικιλίες μπιζελιού πού χρησιμοποίησε ό Mendel ήταν καθαρές, δηλαδή μεταβίβαζαν πιστά τά χαρακτηριστικά τους από τους γονείς στους απογόνους, επειδή είχαν πολλαπλασιασθεί επί πολλές γενιές με φυσική άυτογονιμοποίηση. Ο Mendel είχε προνοήσει νά κάνει τίς διασταυρώσεις μεταξύ ποικιλιών, πού διέφεραν ως προς ένα μόνο χαρακτηριστικό. Συνολικά μελέτησε επτά χαρακτηριστικά, πού έπικονίζονται στό σχήμα 2.4α.

#### 2.3 Ο μηχανισμός τών διασταυρώσεων.

Οί διασταυρώσεις στα λουλούδια του μπιζελιού άπαιτούσαν μεγάλη προσοχή.





Σχ. 2.2.

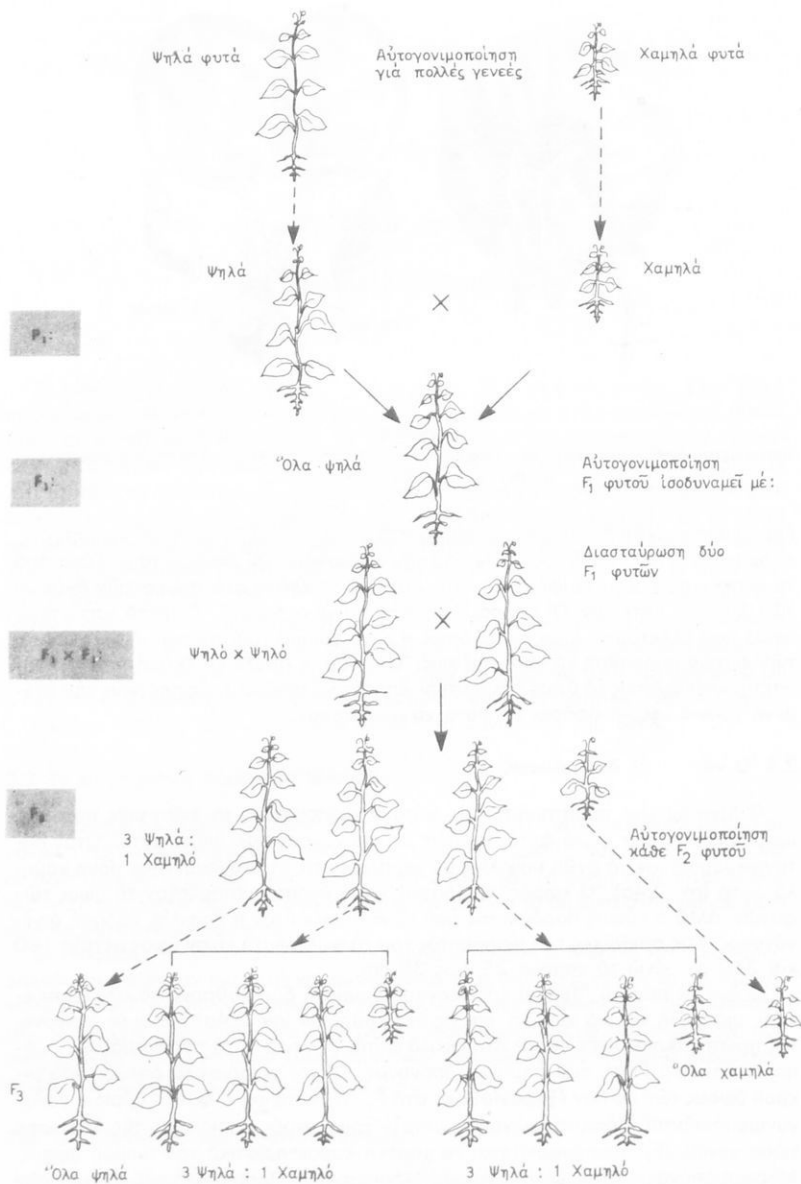
Διαγράμματα άνθους μπιζελιοῦ. Ἀριστερά ὁλόκληρο άνθος, δεξιά άνθος ἀπό τό ὄποιο ἔχουν ἀπομακρυνθεῖ τά ἀναπαραγωγικά μέρη του.



























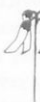



Γιά νά ἀποφευχθῆ ἡ αὐτογονιμοποίηση στά φυτά, πού εἶχαν ἐπιλεγεῖ ὡς μητέρες, ἀπομακρύνονταν οἱ ἀνήθρες πρῖν ἀπό τήν ὠρίμανση τῶν ὑπέρων τους. Γύρη ἀπό τά φυτά - πατέρες μεταφέρονταν τόν κατάλληλο χρόνο στό στίγμα τῶν ἀνθέων τῶν φυτῶν - μητέρων. Οἱ σπόροι ὠρίμαζαν πάνω στό φυτό. Ὅταν τό χαρακτηριστικό πού μελετοῦσε ἦταν ἀπλό, ὅπως π.χ. τό χρῶμα τοῦ σπόρου, ἡ ταξινόμηση τῶν φυτῶν μπορούσε νά γίνει ἀμέσως. Ὅταν ὁμως ἤθελε νά ἐκτιμῆσει ἄλλα χαρακτηριστικά, ὅπως τό ὕψος τῶν φυτῶν, ἔπρεπε νά σπείρει τούς σπόρους τήν ἐπόμενη χρονιά καί νά ἀφήσει τά φυτά νά ὠριμάσουν.

#### 2.4 Ὁ νόμος τῆς διασπάσεως.

Ὁ Mendel εἶχε παρατηρήσει ὅτι, αὐτογονιμοποιώντας τά ἀνθη μῆς ποικιλίας μπιζελιοῦ πού εἶχε ψηλά φυτά, ἔπαιρνε ὡς ἀπογόνους πάλι ψηλά φυτά. Ὅταν αὐτογονιμοποιῶσε τά ἀνθη ποικιλίας μέ χαμηλά φυτά, οἱ ἀπόγονοι ἦταν μόνο χαμηλά φυτά (σχ. 2.4α). Ὁ καιρός, τό ἔδαφος καί ἡ ὕγρασία ἐπηρέαζαν τό ὕψος τῶν φυτῶν, ἀλλά ὁ κύριος παράγοντας πού τό καθόριζε ἦταν ἡ ποικιλία, δηλαδή ὁ γενότυπος. Στίς συνθήκες τοῦ πειράματός του τά ψηλά φυτά εἶχαν ὕψος μεταξύ 180 καί 210 cm, ἐνῶ τά χαμηλά 25 ἕως 35 cm.

Σέ ἕνα πείραμα ὁ Mendel καλλιέργησε χωριστά δύο καθαρές ποικιλίες μπιζελιοῦ, μιά ψηλή καί μιά χαμηλή, καί τίς διασταύρωσε (σχ. 2.4α). Ὅλοι οἱ ἀπόγονοι τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιάς ἦταν ψηλά φυτά. Τή γενιά αὐτή τήν ὀνομάζουμε  $F_1$ , ἀπό τό λατινικό *Filial*, πού σημαίνει ἀπόγονος. Τό χαρακτηριστικό δηλαδή τοῦ μικροῦ ὕψους τῶν φυτῶν ἐξαφανίσθηκε στή  $F_1$ . Ὅταν τά ψηλά φυτά - ὑβρίδια αὐτογονιμοποιῶνται ἢ διασταυρώνονται μεταξύ τους, στοῦς ἀπογόνους τῆς δεύτερης τώρα γενιάς ( $F_2$ ) ξαναεμφανίζεται τό χαμένο χαρακτηριστικό τοῦ μικροῦ ὕψους. Μερικοί ἀπόγονοι ἦταν ψηλά φυτά καί ἄλλοι χαμηλά. Προσεκτική ταξινόμηση τῶν



Γνωρίσματα	Γονεΐς	Φυτά της F <sub>1</sub>	Φυτά της F <sub>2</sub>	Άναλογία
1. Επιφάνεια σπόρων (λεία-άνωμαλη)	 X 		 + 	2.96 : 1
2. Χρώμα κοτυληδόνας (κίτρινο-πράσινο)	 X 		 + 	3.01 : 1
3. Χρώμα φλοιού (μαφρέ-λευκό)	 X 		 + 	3.15 : 1
4. Σχήμα λοβών (άπλο-δακτυλωτό)	 X 		 + 	2.95 : 1
5. Χρώμα λοβών (πράσινο-κίτρινο)	 X 		 + 	2.82 : 1
6. Διάταξη λοβών (άξονικη-άκραιο)	 X 		 + 	3.14 : 1
7. Ύψος φυτών (ψηλά-νάνα)	ψηλά X νάνα	ψηλά	ψηλά + νάνα	2.84 : 1 ψηλά : νάνα

Σχ. 2.4β.

Τά έπτά γνωρίσματα πού μελέτησε ό Mendel και ανακάλυψε ότι διασπώνται στην άναλογία 3:1, γιατί έλέγχονται από κυρίαρχο και ύποτελής γονίδιο.

Σχ. 2.4α.

Διατήρηση δύο καθαρών ποικιλιών μπιζελιού, πού διαφέρουν μόνο στό ύψος και διασταύρωσή τους για γά πάρομε μόνο φυτά ψηλά στη F<sub>1</sub> και διάσπαση στην άναλογία 3 ψηλά πρός 1 χαμηλό στη F<sub>2</sub>. Στη F<sub>3</sub> τά μέν κοντά φυτά παράγουν μόνο κοντά φυτά, ενώ τά ψηλά φυτά αύτογονιμοποιούμενα παράγουν τή διάσπαση τής F<sub>2</sub> έτε 3:1.

φυτῶν, ἐφόσον ὁ ἀριθμὸς τους ἦταν ἐπαρκής, ἔδειξε ὅτι τὰ τρία τέταρτα περίπου ἦταν ψηλά καὶ τὸ ἕνα τέταρτο χαμηλά. Γιά τὴν ἀκρίβεια, ἀπὸ σύνολο 1064 τῆς γενιάς  $F_2$  φυτῶν, τὰ 787 ἦταν ψηλά καὶ τὰ 277 χαμηλά [σχ. 2.4β (7)]. Κατόπιν, αὐτογονιμοποίησε αὐτὰ τὰ φυτὰ τῆς  $F_2$  γενιάς καὶ διαπίστωσε ὅτι τὰ κοντὰ φυτὰ συνέχιζαν νὰ παράγουν μόνο κοντὰ φυτὰ (σχ. 2.4α). Τὰ ψηλά φυτὰ ἦταν δύο τύπων: ὁ ἕνας τύπος πού περιλάμβανε τὸ ἕνα τρίτο τῶν φυτῶν αὐτῶν ἔδινε μόνο ψηλά φυτὰ· ὁ ἄλλος τύπος, πού περιλάμβανε τὰ ὑπόλοιπα δύο τρίτα τῶν ψηλῶν φυτῶν παρήγε ψηλά καὶ κοντὰ φυτὰ στὴν ἀναλογία 3:1 (σχ. 2.4α). Αὐτὸς ὁ τύπος τῆς διασταυρώσεως μεταξύ γονέων, πού διαφέρουν ὡς πρὸς ἕνα μόνο γνώρισμα, εἶναι γνωστός ὡς **μονοϋβριδισμός**, τὰ δὲ ἄτομα τῆς  $F_1$  ὡς **μονοϋβρίδια**.

Ὁ Mendel μελέτησε μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν ἐπτά συνολικά γνωρίσματα καὶ πῆρε ἀναλογικά τὰ ἴδια ἀποτελέσματα, πού ἐμφανίζονται στὸ σχῆμα 2.4β. Ὅταν π.χ. διασταύρωσε φυτὰ μὲ κίτρινους σπόρους, μὲ φυτὰ πού εἶχαν πράσινους σπόρους, πῆρε φυτὰ πού εἶχαν μόνο κίτρινους σπόρους. Ἀπὸ σύνολο 8023 σπόρων  $F_2$ , πού εἶχε συλλέξει ἀπὸ 250 φυτὰ, οἱ 6022 ἦταν κίτρινοι καὶ οἱ 2001 πράσινοι, δηλαδή ἡ ἀναλογία πάλι 3:1 περίπου. Ὁ Mendel πρόβλεψε, τότε, τί ἀπογόνους θὰ ἔπαιρνε στὴν ἐπομένη γενιά ( $F_3$ ). Γιά ἐπιβεβαίωση ἔσπειρε τοὺς  $F_2$  σπόρους. Μὲ βάση τὴν ὑπόθεσή του, περίμενε ὅτι τὸ ἕνα τρίτο τῶν κίτρινων  $F_2$  σπόρων θὰ παρήγε μόνο κίτρινους σπόρους, ἐνῶ τὰ ἄλλα δύο τρίτα θὰ παρήγαν καὶ κίτρινους καὶ πράσινους σπόρους. Οἱ πράσινοι  $F_2$  σπόροι θὰ παρήγαν μόνο πράσινους. Πράγματι αὐτὸ καὶ ἐγένε. Ἐσπειρε 519 κίτρινους  $F_2$  σπόρους. Τὰ 353 ἀπὸ τὰ φυτὰ πού προέκυψαν ἔδωσαν κίτρινους καὶ πράσινους σπόρους στὴν ἀναλογία 3:1, τὰ δὲ ὑπόλοιπα 166 ἔδωσαν μόνο κίτρινους σπόρους. Οἱ  $F_2$  πράσινοι σπόροι ἔδιναν πραγματικά φυτὰ μὲ πράσινους μόνο σπόρους.

Παρατήρησε λοιπὸν ὁ Mendel ὅτι στὴν  $F_1$  γενιά ἐμφανίσθηκε μόνο τὸ κίτρινο χρῶμα τῶν σπόρων, ἐνῶ τὸ πράσινο εἶχε χαθεῖ. Τὸ ἴδιο συνέβη καὶ μὲ τὰ ψηλά φυτὰ σχετικὰ μὲ τὰ χαμηλά. Καὶ στὰ ὑπόλοιπα πέντε ζεύγη γνωρισμάτων τὸ ἕνα μόνο γνώρισμα ἐμφανίζονταν. Τὸ γνώρισμα πού ἐμφανίζονταν στὴν  $F_1$  ὀνομάσθηκε **κυρίαρχο** (Dominant), γιατί ἐπεσκίαζε τὸ ἄλλο, τὸ ὁποῖο καλεῖται **ὑποτελές** (Recessive). Στὴν  $F_2$  ὁμοῦ γενιά ἐπανεμφανίζονταν, ὅπως εἶδαμε, τὸ ὑποτελές γνώρισμα, δηλαδή εἶχαμε τὴ διάσπαση τῆς ὁμοιόμορφης  $F_1$  γενιάς στὰ δύο ἀρχικά γνωρίσματα. Ἡ διαπίστωση αὐτὴ ἀπετέλεσε τὴν **1η βασικὴ ἀρχή ἢ νόμο τοῦ Mendel**.

## 2.5 Ἡ ὑπόθεση τοῦ γονιδίου.

Τὰ πειραματικά ἀποτελέσματα ὡδήγησαν τὸν Mendel στὴν ἐξῆς ὑπόθεση: ἀντίστοιχοι χαρακτήρες, ὅπως π.χ. τὸ κίτρινο καὶ πράσινο χρῶμα τοῦ σπόρου τῶν μπιζελιῶν ἢ τὸ κόκκινο καὶ τὸ ἄσπρο χρῶμα τῶν λουλουδιῶν τους προσδιορίζονται ἀπὸ **κάτι** ἢ ἀπὸ κάποιον **παράγοντα**, πού μεταβιβάζεται ἀπὸ τοὺς γονεῖς στοὺς ἀπογόνους μέσω τῶν γαμετικῶν κυττάρων (γαμετῶν). Αὐτὸ τὸ **κάτι** ἢ αὐτὸς ὁ **παράγοντας** σήμερα καλεῖται **γονίδιο** (γόνος). Τὰ διάφορα γονίδια, ὅπως αὐτὰ πού προσδιορίζουν τὸ χρῶμα τοῦ ἄνθους ἢ τὸ χρῶμα τοῦ σπόρου ἢ τὸ ὕψος τοῦ φυτοῦ, δὲν ἀναμιγνύονται, οὔτε τὸ ἕνα ἐπηρεάζει τὸ ἄλλο, ἀν καὶ βρίσκονται μαζὺ στὸ ἴδιο ὑβρίδιο. Τὰ γονίδια αὐτὰ διασπῶνται καὶ ξεχωρίζουν ἀνέπαφα μεταφερόμενα στοὺς γαμέτες πού σχηματίζει τὸ ὑβρίδιο καὶ μέσω τῶν γαμετῶν αὐτῶν στοὺς ἀπογόνους τοῦ ὑβριδίου.

Ο Mendel χρησιμοποίησε γράμματα του αλφαβήτου για να συμβολίσει τούς παράγοντες (γονίδια) και να παραστήσει, πώς μεταβιβάζονται και διανέμονται στους απογόνους. Συμβατικώς, τὰ γονίδια, πού προσδιορίζουν κυρίαρχα χαρακτηριστικά, συμβολίζονται με κεφαλαία γράμματα, ενώ εκείνα πού προσδιορίζουν υποτελή χαρακτηριστικά με μικρά γράμματα. Στή διασταύρωση π.χ. μεταξύ κόκκινων και λευκών λουλουδιών πιζελιού, με τὸ γράμμα C συμβολίζομε τὸ γονίδιο πού εἶναι ὑπεύθυνο γιὰ τὸ κόκκινο χρῶμα τῶν λουλουδιῶν καί με τὸ c τὸ γονίδιο πού εἶναι ὑπεύθυνο γιὰ τὸ λευκὸ χρῶμα. Τὰ δύο ἀντίστοιχα C καί c καλοῦνται **ἀλληλόμορφα**.

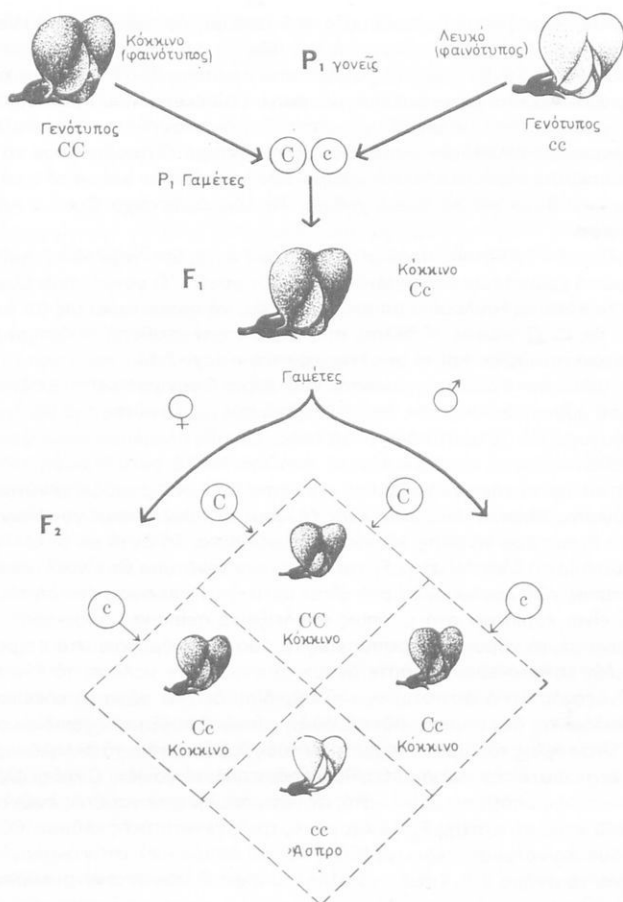
Δεδομένου ὅτι ἕνα ἄτομο προκύπτει ἀπὸ τὴν ἔνωση δύο γαμετῶν, λαμβάνει ἕνα γονίδιο γιὰ τὸ χρῶμα τῶν λουλουδιῶν ἀπὸ κάθε γονέα. Ὁ γονέας πού κληρονομεῖ σταθερὰ τὰ κόκκινα λουλούδια μπορεῖ, συνεπῶς, νὰ παρασταθεῖ ὡς CC καί οἱ γαμέτες του ὡς C. Ὁ γονέας, ἐξ ἄλλου, πού κληρονομεῖ σταθερὰ τὰ ἄσπρα λουλούδια περισταίνεται ὡς cc καί οἱ γαμέτες του ὡς c (σχ. 2.5).

Ὅταν τὰ δύο φυτὰ διασταυρώνονται, ἕνα ὠάριο C γονιμοποιεῖται με ἕναν ἀρσενικό γαμέτη c ἢ καί ἀντίστροφα, ὁπότε ὁ ὑβριδισμένος ζυγώτης του θά ἔχει τὴ γενετική σύσταση Cc. Ὅταν τὰ δύο μέλη ἑνὸς ζεύγους ἀλληλομόρφων γονιδίων σ' ἕνα ἄτομο εἶναι ὅμοια, τὸ ἄτομο λέγεται **ὁμοζύγωτο**. Τὰ φυτὰ δηλαδή πού κληρονομοῦν σταθερὰ τὸ κόκκινο χρῶμα με γενότυπο CC ἢ τὸ ἄσπρο με γενότυπο cc εἶναι ὁμοζύγωτα. Ὅταν τὰ δύο μέλη ἑνὸς ζεύγους ἀλληλομόρφων γονιδίων εἶναι ἀνόμοια, τὸ ἄτομο πού τὰ φέρει καλεῖται **ἑτεροζύγωτο**. Τὰ φυτὰ με τὰ κόκκινα λουλούδια πού πῆρε ὁ Mendel στὴν F<sub>1</sub> καί πού ἔχουν γενότυπο Cc εἶναι ἑτεροζύγωτα. Ὁ φαινότυπος τῶν λουλουδιῶν στὰ φυτὰ αὐτὰ ἦταν κόκκινος, ἐπειδὴ τὸ ἀλληλόμορφο C εἶναι κυρίαρχο στὸ c, ὅπως ἀπέδειξε τὸ πείραμα.

Σύμφωνα με τὸ νόμο τῆς διαπάσεως τὰ δύο ἀλληλόμορφα στὰ ἑτεροζύγωτα φυτὰ Cc δὲν σιγχωνεύονται, οὔτε ἀναμιγνύονται, οὔτε μολύνει τὸ ἕνα τὸ ἄλλο, παρά τὸ γεγονός ὅτι ὁ φαινότυπος τοῦ ὑβριδίου δείχνει μόνο τὸ κόκκινο χρῶμα στὰ λουλούδια καί δὲν παρέχει οὔτε ἔνδειξη γιὰ τὴν ὑπαρξὴ τοῦ γονιδίου c στὸ γενότυπο. Ὅταν ὁμως τὸ ὑβρίδιο σχηματίζει τούς γαμέτες του, τὰ ἀλληλόμορφα διασπῶνται ἔτσι, ὥστε οἱ μισοὶ γαμέτες θά φέρουν πάλι τὸ γονίδιο C καί οἱ ἄλλοι μισοὶ τὸ γονίδιο c. Ἄν ὑποθέσομε ὅτι κατὰ τὴ γονιμοποίηση οἱ γαμέτες ἐνώνονται τυχαία μεταξύ τους, τότε στὴν F<sub>2</sub> θά ἔχομε τῖς τρεῖς γενοτυπικές κλάσεις CC: 2C: cc καί τούς δύο φαινότυπους: κόκκινο (CC ἢ Cc) καί ἄσπρο (cc), στὴν ἀναλογία 3:1, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 2.5, ἐπειδὴ τὸ ἀλληλόμορφο C (κόκκινο) εἶναι κυρίαρχο στὸ c (ἄσπρο). Ὁ πρῶτος νόμος τοῦ Mendel, συνεπῶς μπορεῖ νὰ διατυπωθεῖ ὡς ἐξῆς: **Τὰ κληρονομούμενα χαρακτηριστικά καθορίζονται ἀπὸ εἰδικές μονάδες ἢ παράγοντες (γονίδια). Οἱ μονάδες αὐτές ἐμφανίζονται κατὰ ζεύγη στὸ ἄτομο, ἀλλὰ κατὰ τὸ σχηματισμὸ τῶν γαμετικῶν κυττάρων (ὠάριο καί σπερματοζῶάριο, προκειμένου γιὰ τὰ ζῶα καί τὸν ἄνθρωπο) διασπῶνται ἔτσι, ὥστε ἕνα μόνο μέλος τοῦ ζεύγους μεταβιβάζεται σ' ἕναν ἀπὸ τούς γαμέτες. Ὅταν ὁ ἀρσενικός καί θηλυκός γαμέτης ἐνώνονται, ὁ διπλὸς ἀριθμὸς τῶν γονιδίων ἀποκαθίσταται στοὺς ἀπογόνους.**

## 2.6 Ὁ νόμος τῆς ἀνεξάρτητης κληρονομήσεως (αὐτοτέλειαι τῶν γονιδίων).

Με τὰ μονοϋβρίδια ὁ Mendel διεπίστωσε τὴ συμπεριφορὰ ἑνὸς ζεύγους γονιδίων στοὺς ἀπογόνους. Θέλησε τώρα νὰ δεῖ, τί συμβαίνει ὅταν οἱ γονεῖς πού διε-



Σχ. 2.5.

Σχηματική παράσταση συμπεριφοράς των γονιδίων στη διασταύρωση μπιζελιών με κόκκινα και άσπρα λουλούδια. Φαίνονται: Οι γενότυποι και φαινότυποι των γονέων και της F<sub>1</sub>, οι γαμέτες που παράγουν και η τυχαία ένωσή τους για να σχηματισθούν οι τρεις γενότυποι και οι δύο φαινότυποι στη F<sub>2</sub>.

σταύρωσε διέφεραν ως προς δύο χαρακτηριστικά. Έτσι διασταύρωσε δύο φυτά, από τα οποία τό ένα είχε λείους - κίτρινους σπόρους και τό άλλο συρρικνωμένους - πράσινους. Μιά τέτοια διασταύρωση, στην οποία οι γονείς διαφέρουν ως προς τα δύο διαφορετικά κληρονομούμενα χαρακτηριστικά, καλείται **διυβριδική διασταύρωση**, τα δέ υβρίδια που προκύπτουν καλούνται **διυβρίδια**. Στην F<sub>1</sub> της παραπάνω

διασταυρώσεως ὁ Mendel πήρε μπιζέλια πού εἶχαν μόνο κίτρινους λείους σπόρους, ἀφοῦ τό κίτρινο χρώμα, ὅπως ἀποδείχθηκε, εἶναι κυρίαρχο στό πράσινο καί ἡ λεία ἐπιφάνεια κυρίαρχη στή συρρικνωμένη. Ὄταν διεσταύρωσε τά φυτά τῆς  $F_1$ , δηλαδή τά διυβρίδια, πού εἶναι τό ἴδιο ὅπως ἄν τά ἀφῆνε νά αὐτογονιμοποιηθοῦν, πήρε συνολικά 556 σπόρους τῆς  $F_2$ . Ὄταν κατέταξε τούς σπόρους αὐτούς ὡς πρός τό χρώμα, πήρε:

- σπόρους κίτρινους: 416, δηλαδή 74,82%
- σπόρους πράσινους: 140, δηλαδή 25,18%,

ἐνῶ ὅταν τούς κατέταξε ὡς πρός τό σχῆμα, πήρε:

- σπόρους λείους: 423, δηλαδή 76,08%
- σπόρους συρρικνωμένους: 133 δηλαδή 23,92%.

Ἡ σχέση συνειπῶς, 3 κυρίαρχο πρός 1 ὑποτελές (75% : 25%) ἐμφανίσθηκε πά-  
λι. Τό βασικό ἐρώτημα ὅμως εἶναι τό ἐξῆς: Εἶναι οἱ δύο χαρακτήρες, δηλαδή τό  
χρώμα καί τό σχῆμα τοῦ σπόρου, δεμένοι μαζί κατά κάποιο τρόπο ἢ ὁ καθένας  
κληρονομεῖται ἀνεξάρτητα ἀπό τόν ἄλλον; Ἀφοῦ οἱ ἀρχικές ποικιλίες (γονεῖς) εἶχαν  
ἢ μία κίτρινους - λείους σπόρους καί ἢ ἄλλη πράσινους - συρρικνωμένους, θά συ-  
νεχίσει τό κίτρινο χρώμα νά εἶναι μαζί μέ τή λεία ἐπιφάνεια καί τό πράσινο μέ τή  
συρρικνωμένη ἐπιφάνεια ἢ μήπως θά ἐμφανισθοῦν ὅλοι οἱ συνδυασμοί τῶν δύο  
χαρακτήρων;

Κατατάσσοντας ὁ Mendel τούς παραπάνω 556 σπόρους καί γιά τούς δύο χα-  
ρακτήρες συγχρόνως, πήρε τίς ἐξῆς κατηγορίες:

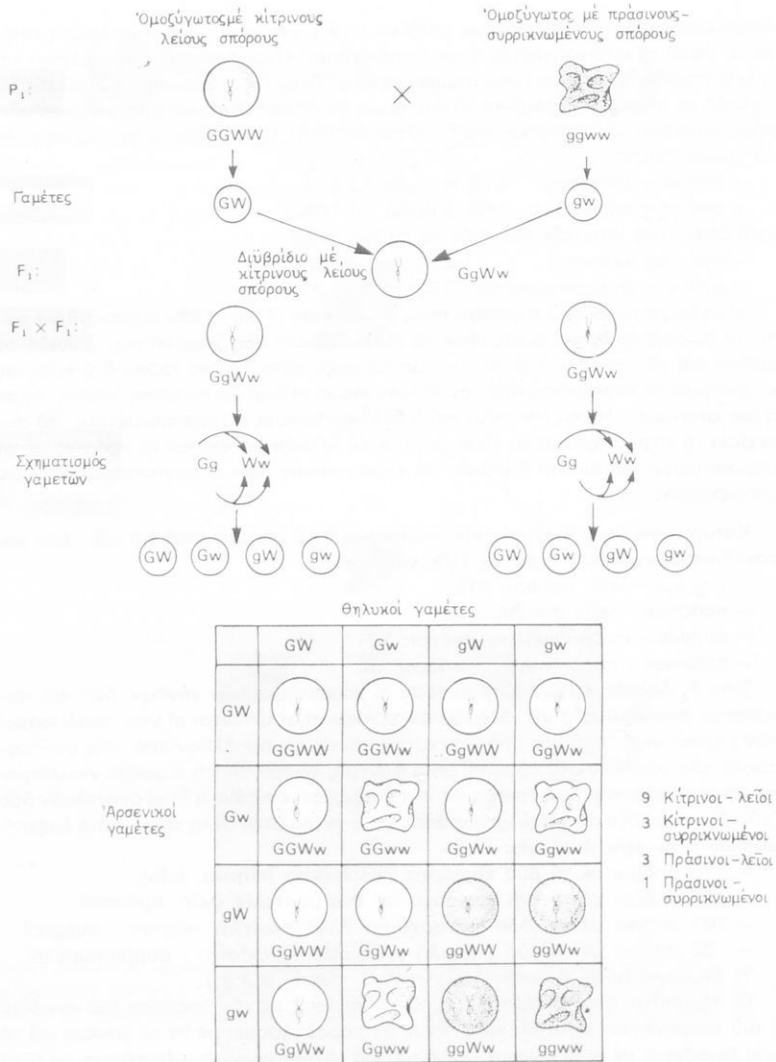
- κίτρινοι - λεῖοι σπόροι: 315
- πράσινοι - λεῖοι σπόροι: 108\*
- κίτρινοι - συρρικνωμένοι σπόροι: 101\*
- πράσινοι - συρρικνωμένοι σπόροι: 32

Στήν  $F_2$  δηλαδή ἐμφανίσθηκαν τόσο οἱ χαρακτήρες τῶν γονέων, ὅσο καί και-  
νούργιοι συνδυασμοί τους. Μέ τόν ἀστερίσκο σημειώνονται οἱ νέοι συνδυασμοί  
τῶν χαρακτήρων, πού δέν ὑπῆρχαν στούς γονεῖς καί προῆλθαν ἀπό τούς συνδυα-  
σμούς τῶν γονιδίων στό ὑβρίδιο. Εἶναι φανερό, λοιπόν, ὅτι τά τέσσερα γνωρίσμα-  
τα: κίτρινο, πράσινο, λεία ἐπιφάνεια, συρρικνωμένη ἐπιφάνεια (πού ἀποτελοῦν δύο  
ζεύγη) μεταβιβάζονται ἀνεξάρτητα ἀπό τή μία γενεά στήν ἄλλη καί γι' αὐτό ἐμφανί-  
σθηκαν στήν ἐξῆς ἀναλογία:

- 315 σπόροι μέ τά δύο κυρίαρχα γνωρίσματα (κίτρινο, λεῖο).
- 108 σπόροι μέ τό ἕνα κυρίαρχο καί ἕνα ὑποτελές (λεῖο, πράσινο).
- 101 σπόροι μέ τό ἄλλο κυρίαρχο καί ἄλλο ὑποτελές (κίτρινο - συρρικ.).
- 32 σπόροι μέ τά δύο ὑποτελή γνωρίσματα (πράσινο - συρρικνωμένο).

Ἡ ἀναλογία αὐτή, ἄν στρογγυλοποιηθεῖ, γίνεται 9:3:3:1.

Τά παραπάνω ἀποτελέσματα ἐξηγοῦνται πλήρως μέ τήν ὑπόθεση τοῦ γονιδίου  
ἢ τοῦ «παράγοντα» κατά Mendel. Ἐτσι, ἄν παραστήσομε: μέ W τό γονίδιο γιά τή  
λεία ἐπιφάνεια, μέ w τό ἀλληλόμορφο του γιά τή συρρικνωμένη ἐπιφάνεια, μέ G τό  
γονίδιο γιά τό κίτρινο χρώμα καί g γιά τό πράσινο χρώμα (σχ. 2.6), τότε: ὁ ὁμοζύ-  
γωτος γονεάς μέ τά δύο κυρίαρχα γνωρίσματα θά ἔχει τό γενότυπο GGWW, ἐνῶ ὁ  
ἄλλος ὁμοζύγωτος μέ τά ὑποτελή γονίδια τό γενότυπο ggww. Ὁ πρῶτος γονεάς  
παράγει τό γαμέτη GW καί ὁ δεῦτερος τόν gw. Τό διυβρίδιο θά ἔχει τό γενότυπο  
GgWw, ἀφοῦ προέρχεται ἀπό τήν ἔνωση τῶν δύο γαμετῶν. Τώρα τό πρόβλημα εἶ-



Σχ. 2.6.

Το διάγραμμα δείχνει την ανεξάρτητη κληρονομία δύο ζευγών χαρακτηριστικών στα μπιζέλια. Ο Ένας γονέας είναι όμοζυγώτος ως προς την κίτρινη και λεία έπιφάνεια του σπόρου, ενώ ο άλλος όμοζυγώτος ως προς την πράσινη και συρρικνωμένη έπιφάνεια. Έμφανίζονται οι γαμέτες, οι γενότυποι και οι φαινότυποι στή  $F_1$  και  $F_2$ .



ναι να βρούμε τα είδη των γαμετών, πού θα παραχθούν από το διυβρίδιο. "Αν θεωρήσουμε μόνο το χρώμα του σπόρου, τότε το μονοϋβρίδιο G παράγει δύο ειδών γαμέτες: οι μισοί θα φέρουν το γονίδιο G και οι άλλοι μισοί το γονίδιο g. Είναι όμως εύλογο ότι κάθε γαμέτης πρέπει να περιέχει όχι μόνο το γονίδιο για το χρώμα του σπόρου, αλλά και το γονίδιο για την επιφάνεια του σπόρου. Θα πρέπει δηλαδή οι μισοί από τους γαμέτες G να έχουν και το γονίδιο W και οι άλλοι μισοί το w. Τό ίδιο και για τους γαμέτες g, οι μισοί πάλι θα φέρουν και το W, ενώ οι άλλοι μισοί και το w. "Ετσι το διυβρίδιο της F<sub>1</sub>, παράγει τέσσερα είδη γαμετών σε ίση αναλογία:

GW, Gw, gW, gw.

Διασταυρώνοντας τώρα δύο φυτά της F<sub>1</sub>, δηλαδή δύο διυβρίδια, πού το καθένα παράγει τους παραπάνω τέσσερις γαμέτες, θα έχουμε 16 συνδυασμούς γαμετών, άφου θα έχουμε τέσσερα είδη γυρεοκόκκων και άλλα τέσσερα ωαρίων μιά και πρόκειται για φυτά. "Η ένωση των γαμετών ανά δύο γίνεται τυχαία και έτσι είναι δυνατόν να προκύψουν όλοι οι συνδυασμοί στήν ίδια αναλογία. "Από τους 16 συνδυασμούς (σχ. 2.6) οι 9 είναι κίτρινοι - λεϊοί (G - W-), οι 3 κίτρινοι - συρρικνωμένοι (G - ww), οι 3 πράσινοι - λεϊοί (gg W -) και 1 πράσινος - συρρικνωμένος (ggww).

Βασιζόμενος στα πειραματικά αυτά δεδομένα ο Mendel διετύπωσε το **2ο νόμο** του ή την αρχή της **ανεξάρτητης κληρονομίσεως**, ή όποια λέει ότι:  
**τά μέλη ενός ζεύγους «παραγόντων» (γονιδίων) διασπώνται ανεξάρτητα από τα μέλη άλλων ζευγών κατά το σχηματισμό των γαμετών (τό ζεύγος Gg π.χ. διασπώνται ανεξάρτητα από το ζεύγος Ww).**

## 2.7 Τριυβρίδια.

"Όταν διασταυρώνονται καθαρές ποικιλίες, πού διαφέρουν ως προς τρία ή περισσότερα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά, ισχύει πάλι ή αρχή της ανεξάρτητης κληρονομίσεως. "Ας διασταυρώσουμε π.χ. μιά ποικιλία μπιζελιών με κίτρινους - λείους σπόρους και κόκκινα λουλούδια με μιάν άλλη ποικιλία με πράσινους - συρρικνωμένους σπόρους και άσπρα λουλούδια. "Ας ορίσουμε τους εξής συμβολισμούς:

- Α για τό κίτρινο και α για τό πράσινο χρώμα.
- Β για τή λεία επιφάνεια και β για τή συρρικνωμένη και,
- Γ για τά κόκκινα άνθη και γ για τά άσπρα.

Οι γενότυποι των δύο γονέων θα είναι: ΑΑΒΒΓΓ και ααββγγ και οι γαμέτες τους ΑΒΓ και αβγ, όποτε τό τριυβρίδιο πού θα προκύψει θα έχει τό γενότυπο ΑαΒβΓγ. Λόγω της κυριαρχίας, τό τριυβρίδιο θα έχει σπόρους λείους - κίτρινους και λουλούδια κόκκινα. Δεδομένου ότι τά γονίδια κληρονομούνται ανεξάρτητα, τό τριυβρίδιο παράγει όκτώ είδη γαμετών, δηλαδή: ΑΒΓ, Αβγ, ΑβΓ, Αβγ, αΒΓ, αβγ, αβΓ, αβγ. Μέ τή τυχαία ένωση των 8 γαμετών θα προκύψουν στήν F<sub>2</sub> 64 δυνατοί συνδυασμοί, πού έμπίπτουν σε 8 φαινότυπους με τήν ακόλουθη συχνότητα:

- 27 μέ σπόρους λείους - κίτρινους και λουλούδια κόκκινα.
- 9 μέ σπόρους λείους - κίτρινους και λουλούδια άσπρα.
- 9 μέ σπόρους λείους - πράσινους και λουλούδια κόκκινα.
- 9 μέ σπόρους συρρικνωμένους - κίτρινους και λουλούδια κόκκινα.
- 3 μέ σπόρους λείους - πράσινους και λουλούδια άσπρα.
- 3 μέ σπόρους συρρικνωμένους - κίτρινους και λουλούδια άσπρα.



- 3 μέ σπόρους συρρικνωμένους - κιτρινούς και λουλούδια κόκκινα.
- 1 μέ σπόρους συρρικνωμένους - πράσινους και λουλούδια άσπρα.

Τά συμπεράσματα από τίς έργασίες του Mendel μπορούν, λοιπόν, νά συνοψισθούν στά έξής:

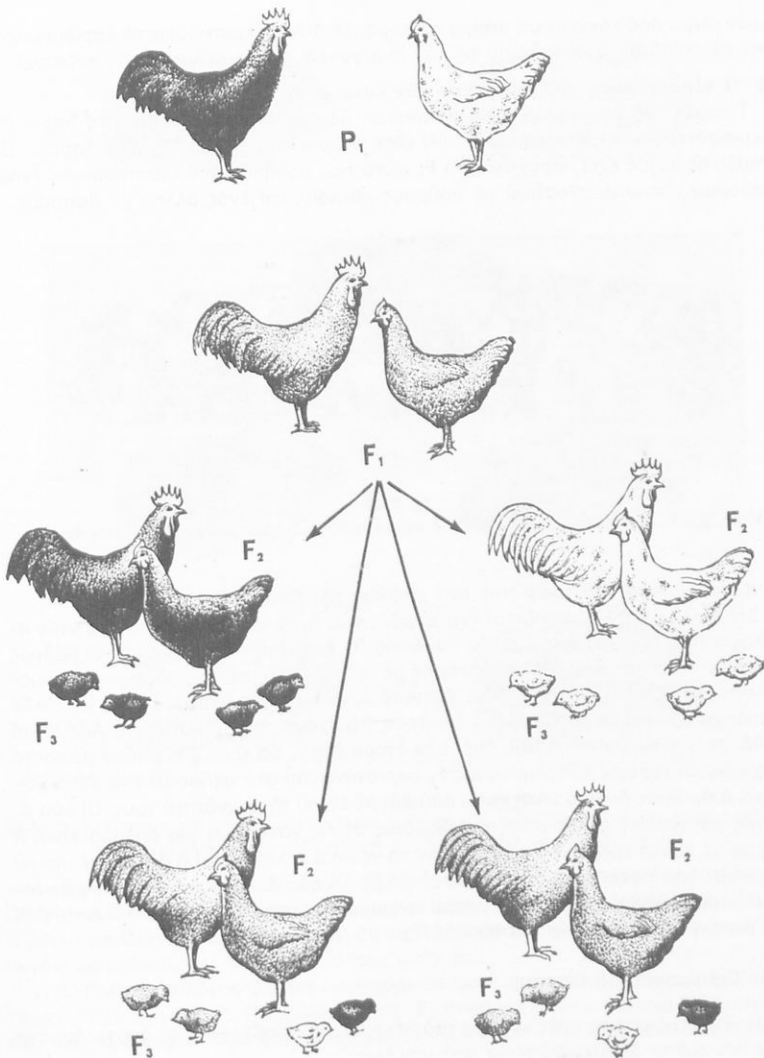
1. Κάθε γνώρισμα όφείλει τήν έκδήλωση του σέ ένα ζευγάρι κληρονομικών συντελεστών, πού καλοϋμε σήμερα **γονίδια** και πού προέρχονται τό ένα από τόν πατέρα και τό άλλο από τή μητέρα. Ύπάρχουν έπομένως τόσα ζευγάρια γονιδίων, όσα και γνωρίσματα.
2. Τά γονίδια έχουν τήν ικανότητα νά διπλασιάζονται πιστά και νά μεταβιβάζονται αναλλοίωτα από τή μία γενιά στήν άλλη.
3. Σέ κάθε ζευγάρι γονιδίων τά δύο μέλη μπορεί νά είναι έντελώς όμοια, όποτε τό άτομο πού τά έχει λέγεται **όμοζύγωτο** ή **καθαρό**, ή διαφορετικά, όποτε λέγεται **έτεροζύγωτο** ή **ύβρίδιο**.
4. Όπως τό γονίδιο ύπάρχει σέ δύο διαφορετικές μορφές, έτσι και τό έλεγχόμενο από τό γονίδιο γνώρισμα ύπάρχει σέ αντίστοιχες μορφές.
5. Στο μονοϋβρίδιο Αα, τό ζευγάρι τών γονιδίων διαχωρίζεται κατά τό σχηματισμό τών γαμετών, ώστε μισοί γαμέτες έχουν τό Α γονίδιο και μισοί τό α.
6. Μέ τήν ένωση δύο γαμετών για τή δημιουργία τής νέας γενεάς, τά γονίδια συνδυάζονται ξανά. Ό ανασυνδυασμός γίνεται έντελώς τυχαία, ώστε, όταν έχουμε πολλά ζευγάρια γονιδίων και πολλούς άπογόνους, προκύπτουν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί, ώσάν τά ζευγάρια νά κληρονομοϋνται τό ένα ανεξάρτητα από τό άλλο. Έτσι δημιουργείται μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα.

Σύμφωνα μέ τά προηγούμενα, άν και έκτιμοϋμε τήν ύπαρξη του γονιδίου από τό γνώρισμα πού έλέγχει, εκείνο πού μεταβιβάζεται στήν πραγματικότητα από γενιά σέ γενιά δέν είναι τό γνώρισμα αλλά τά γονίδια πού τό έλέγχουν. Τά γνωρίσματα είναι τό άποτέλεσμα τής δράσεως τών γονιδίων και ύπάρχει σαφής διάκριση άνάμεσα στον τρόπο μεταβίβασης τών γονιδίων και στον τρόπο δράσεως. Έτσι τά πειράματα του Mendel έδειξαν ότι ή συνέχεια τής ζωής εξασφαλίζεται μέ τήν πιστή διαιώνιση τών γονιδίων, τά όποια αποτελούν τούς ύλικούς φορείς τών κληρονομικών ιδιοτήτων, δηλαδή τό γενετικό ύλικό.

## 2.8 Έφαρμογές.

### α) *Η κληρονόμηση του χρώματος τών πουλερικών τής Άνδαλουσίας.*

Μετά τόν Mendel οι έρευνητές ανέκλυψαν αρκετά χαρακτηριστικά πού έμφανίζουν πλήρη κυριαρχία ή πρακτικώς πλήρη κυριαρχία. Σέ πολλές όμως περιπτώσεις ή κυριαρχία δέν έμφανίζεται και τά ύβρίδια δέν μοιάζουν ακριβώς μέ κανέναν από τούς δύο γονείς, αλλά βρίσκονται σέ μιάν ένδιάμεση περίπου κατάσταση. Μέ τόν τρόπον αυτόν κληρονομείται τό χρώμα του πτερώματος στα πουλερικά τής Άνδαλουσίας (σχ. 2.8α). Όταν διασταυρώθηκε μαύρος κόκκορας μέ άσπρη κότα, τά ύβρίδια είχαν στήν F<sub>1</sub> πτέρωμα μπλέ. Στήν F<sub>2</sub> ή διάσπαση ήταν 8χι 3:1 αλλά 1:2:1 δηλαδή: 1/4 μαύρα, 2/4 μπλέ και 1/4 άσπρα. Η περίπτωση αυτή θεωρείται ως παραλλαγή τής μεντελικής διασπάσεως και όφείλεται, όπως θά δοϋμε, στήν άλληλεπίδραση μεταξύ τών δύο άλληλομόρφων γονιδίων. Στίς αγελάδες φυλής Shorthorn, διασταυρώνοντας κόκκινες μέ άσπρες, παίρνομε παρδαλά ζώα, πού έ-



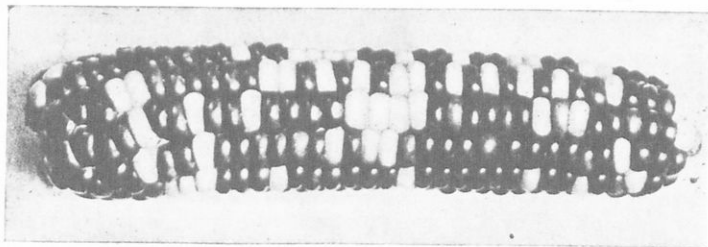
Σχ. 2.8α.

Κληρονομηση του χρώματος στο πτέρωμα των πουλερικών της 'Ανδαλουσίας. Διασταυρώσεις μεταξύ μαύρων και άσπρων δίνουν στη F<sub>1</sub> απογόνους μπλέ-καφέ. Διασταυρούμενα τα υβρίδια μεταξύ τους, δίνουν στη F<sub>2</sub>: α) ένα τέταρτο μαύρους, που δίνουν συνεχώς μαύρους απογόνους, β) ένα τέταρτο άσπρους, που δίνουν επίσης συνεχώς άσπρους απογόνους και γ) δύο τέταρτα μπλέ-καφέ απογόνους, που κληρονομούν όπως τα υβρίδια της F<sub>1</sub>.

χουν μίγμα από κόκκινο και άσπρο τρίχωμα. Σέ άλλες περιπτώσεις τά ύβρίδια μπορεί νά μοιάζουν περισσότερο μέ τόν ένα γονέα, όποτε έχομε άτελή κυρίαρχα.

**β) 'Η κληρονόμηση του χρώματος των κόκκων άραβοσίτου.**

Παράδειγμα μονοϋβριδικής διασπάσεως δείχνει τό σχήμα 2.8β, στό όποιο οι περισσότεροι κόκκοι (περίπου τά 3/4) είναι μαύροι καί μόνο τό 1/4 είναι άσπροι. 'Ο σπάδικας αυτός έχει παραχθεί από  $F_1$  φυτό πού προήλθε από διασταύρωση ενός καθαρού τύπου άραβοσίτου μέ μαύρους κόκκους καί ενός άλλου μέ άσπρους.



Σχ. 2.8β.

Μονοϋβριδική διάσπαση του χρώματος 3 μαύρα πρός ένα άσπρο σέ σπάδικα καλαμποκιού.

**γ) Κληρονόμηση του χρώματος στά χοιρίδια της Γουϊνέας.**

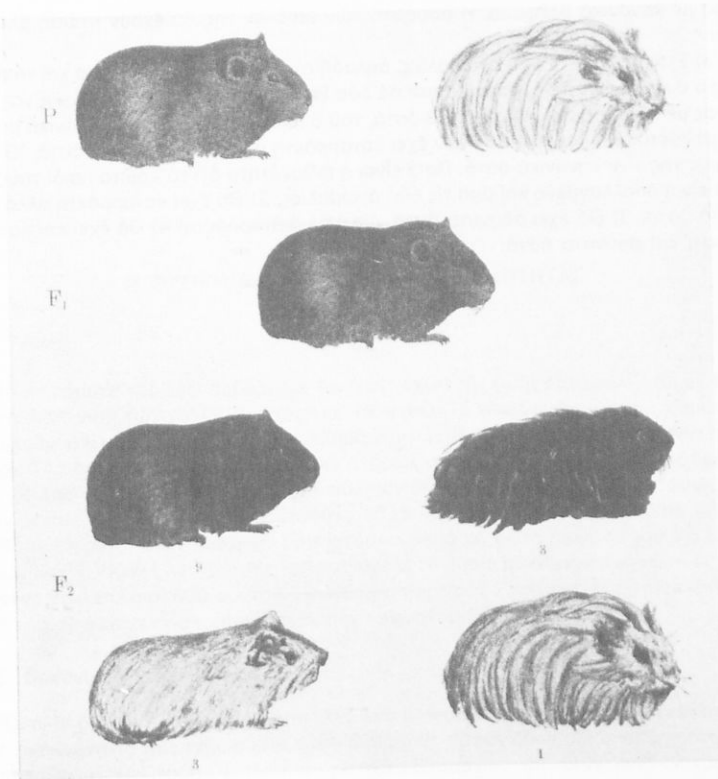
Στό σχήμα 2.8γ έμφανίζεται ένα παράδειγμα διυβριδικής διασπάσεως στην άναλογία 9:3:3:1, στά χοιρίδια της Γουϊνέας. 'Ο ένας από τούς γονείς είναι μαύρος μέ κοντό τρίχωμα, ενώ ό άλλος άσπρος μέ μακρύ τρίχωμα. Τό μαύρο χρώμα προκαλείται από ένα κυρίαρχο γονίδιο, έστω τό Α, ενώ τό κοντό τρίχωμα από ένα άλλο κυρίαρχο γονίδιο τό Β. Οι γονείς συνεπώς θά έχουν τούς γενότυπους ΑΑΒΒ καί ααββ, ενώ τό διυβρίδιο ΑαΒβ, όποτε τά άτομα της  $F_1$  θά είναι όλα μαύρα μέ κοντό τρίχωμα. Οι τέσσερις κατηγορίες της  $F_2$  παριστάνονται στό σχήμα μέ ένα μόνο χοιρίδιο, ό αριθμός δέ πού είναι κάτω από αυτό δείχνει τή συχνότητά τους. Οι δύο άπό τίς κατηγορίες αυτές μοιάζουν άκριβώς στους γονείς. 'Η μία δηλαδή είναι ή μαύρη μέ κοντό τρίχωμα (έπειδή έχουν τά γονίδια Α καί Β) καί ή άσπρη μέ μακρύ τρίχωμα (άφου έχει μόνο τά γονίδια α καί β). Οι δύο άλλες κατηγορίες είναι νεοσυνδυασμοί, δηλαδή: μαύρη μέ μακρύ τρίχωμα (Α έπειδή έχει τά γονίδια Α καί β,β) καί άσπρη μέ κοντό τρίχωμα (έπειδή έχει τά γονίδια α,α καί Β).

**2.9. Έφαρμογές για άσκηση.**

α) Έχοντας ύπόψη τούς νόμους του Mendel, νά προβλέψετε τά άποτελέσματα των παρακάτω διασταυρώσεων στά μπιζέλια:

- 1) Όμοζύγωτη ψηλή ποικιλία μέ όμοζύγωτη χαμηλή ποικιλία.
- 2) Αυτόγονιμοποίηση των προϊόντων της περιπτώσεως (1).
- 3) Προϊόντα της περιπτώσεως (1) μέ τόν άρχικό ψηλό γονέα.
- 4) Προϊόντα της περιπτώσεως (1) μέ τόν άρχικό χαμηλό γονέα.

β) 'Ο Mendel διεσταύρωσε φυτά μπιζελιού, πού είχαν λείους σπόρους μέ φυτά



Σχ. 2.8γ.

Διυβριδική διάσπαση στά χοιρίδια της Γουϊνέας. Ή  $F_2$  δίνει 4 φαινότυπους στην αναλογία 9:3:3:1. Κάθε φαινότυπος αντιπροσωπεύεται στη φωτογραφία με ένα μόνο άτομο.

πού είχαν συρρικνωμένους σπόρους. Από σύνολο 7324  $F_2$  σπόρων που πήρε, οι 5474 ήταν λείοι και οι 1850 συρρικνωμένοι. Χρησιμοποιώντας τά σύμβολα A και a για τά γονίδια, νά συμβολίσετε τούς γονείς, τούς γαμέτες που παράγουν τούς απογόνους στην  $F_1$  και τούς γενότυπους στην  $F_2$ .

γ) Ή Γάλλος βιολόγος Cuenot διεσταύρωσε φαιά με άσπρα ποντίκια. Στην πρώτη γενιά όλα ήταν καφέ. Προχώρησε στην  $F_2$  γενιά και πήρε συνολικά 270 ποντίκια, από τά όποια τά 198 ήταν καφέ και τά 72 άσπρα. Πώς εξηγείτε τά αποτελέσματα;

δ) Μιά γυναίκα έχει μία σπάνια άνωμαλία στά βλέφαρα, που καλείται πώση, ή όποια δέν επιτρέπει τό πλήρες άνοιγμα τών βλεφάρων. Ή πώση τών βλεφάρων όφείλεται στό κυρίαρχο γονίδιο (P). Ή πατέρας τής γυναίκας είχε πώση βλεφάρων, αλλά ή μητέρα της είχε κανονικά βλέφαρα. Νά βρήτε: Τούς πιθανούς γενότυπους τής γυναίκας και τών γονέων της. 2) Ή αν ή γυναίκα αυτή παντρευθεί έναν άν-

δρα μέ κανονικά βλέφαρα, τί ποσοστό τῶν παιδιῶν της θά ἔχουν πτώση βλεφάρων;

ε) Στόν ἄνθρωπο δύο ἀνωμαλίες, δηλαδή ὁ καταρράκτης στά μάτια καί τά ἀδύνατα ὀστά, φαίνεται ὅτι ὀφείλονται σέ δύο ξεχωριστά κυρίαρχα γονίδια. Ἐνας ἄνδρας μέ καταρράκτη καί κανονικά ὀστά, τοῦ ὁποίου ὁ πατέρας εἶχε κανονικά μάτια, νυμφεύεται μιά γυναίκα πού δέν ἔχει καταρράκτη ἀλλά ἔχει ἀδύνατα ὀστά. Ὁ πατέρας της εἶχε κανονικά ὀστά. Ποιά εἶναι ἡ πιθανότητα ὅτι τό πρῶτο παιδί τους; 1) Θά εἶναι ἀπαλλαγμένο καί ἀπό τίς δύο ἀνωμαλίες; 2) Θά ἔχει καταρράκτη ἀλλά δυνατά ὀστά; 3) Θά ἔχει ἀδύνατα ὀστά, ἀλλά ὄχι καταρράκτη; 4) Θά ἔχει καί καταρράκτη καί ἀδύνατα ὀστά;

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### Η ΦΥΣΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑΣ

#### 3.1 Γενικά.

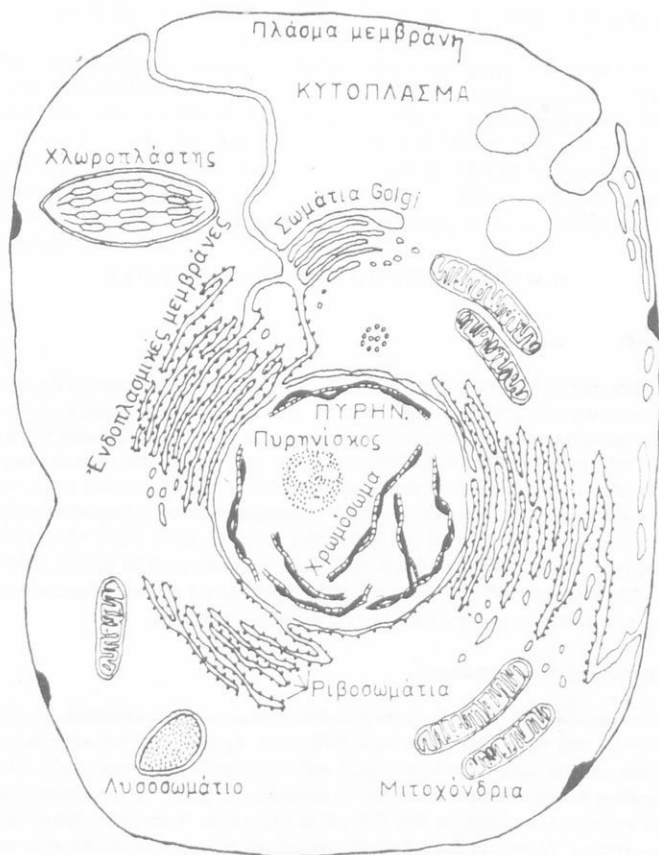
Τά πειράματα του Mendel έδειξαν ότι ή συνέχεια τής ζωής εξασφαλίζεται μέ τήν πιστή διαιώνιση τών γονιδίων από γενιά σέ γενιά. Τά γονίδια, όπως γνωρίζομε, αποτελοῦν τούς ὑλικούς φορείς τών κληρονομικῶν ιδιοτήτων, δηλαδή τό γενετικό ὑλικό. Τό πόρισμα αυτό επιβεβαιώθηκε πλήρως από τίσ μετέπειτα γενετικές έρευνες, οί όποίες απέδειξαν τήν ὑπαρξη τών γονιδίων. Πολλά γονίδια μαζί συγκροτοῦν μεγαλύτερες κληρονομικές μονάδες, τά **χρωμοσώματα**, (χρωματοσωμάτια) τά όποία βρίσκονται στόν πυρήνα του κυττάρου. Ἐπό τή θέση αυτή τά γονίδια ἐλέγχουν τίσ βιολογικές λειτουργίες του κυττάρου, τό όποιο μοιάζει μέ ἕνα καλά ὀργανωμένο έργοστάσιο. Μιά σύντομη, συνεπώς, περιγραφή του κυττάρου είναι ἀναγκαία γιά τήν κατανόηση τών ἀρχῶν τής κληρονομικότητας.

#### 3.2. Ὁργάνωση του κυττάρου.

Ἐλοι οί ὀργανισμοί αποτελοῦνται από ἕνα ή περισσότερα **κύτταρα**. Τά κύτταρα, είτε ἀνήκουν στά πρωτόζωα είτε στόν ἄνθρωπο, ἐμφανίζουν ἀρκετές ὁμοιότητες ἀναφορικά μέ τόν τρόπο διπλασιασμοῦ καί λειτουργίας του γενετικού ὑλικοῦ.

Θεωρεῖται ότι τό κύτταρο αποτελεί τή μονάδα τής ζωής. Τό συνηθισμένο μέγεθος τών κυττάρων κυμαίνεται από 0,5 μέχρι 20 μικρά. Ὑπάρχουν ὁμως καί μεγαλύτερα κύτταρα. Τό σχήμα 3.2α δείχνει σχηματικά τά κυριότερα στοιχεία του κυττάρου, ἐνώ τό σχήμα 3.2β παρουσιάζει ἠλεκτρονική μικρογραφία αὐτοῦ. Τό κύτταρο περιβάλλεται από τήν πλάσμα μεμβράνη. Ἡ μεμβράνη αὐτή είναι ἡμιδιαπερατή, δηλαδή ἐπιτρέπει τήν εἴσοδο σέ ὀρισμένα μόνο μόρια γιά νά ρυθμίζει τήν ὠσμωτική πίεση του κυττάρου. Ἡ πλάσμα μεμβράνη ἐμφανίζει ἐσωδιπλώσεις, πού διακλαδίζονται σέ ὄλο τόν ὄγκο του κυττάρου καί καλοῦνται **ἐνδοπλασμικές μεμβράνες**. Οί τελευταίες φαίνεται ότι αποτελοῦν ἕνα μεταγωγικό καί ἀποθηκευτικό σύστημα μέσα στό κύτταρο. Ἡ ἐπιφάνεια τών ἐνδοπλασμικῶν μεμβρανῶν μπορεῖ νά είναι λεία ή νά φέρει πολλά σωματίδια διαμέτρου 150 μικρῶν περίπου, τά όποία καλοῦνται **ριβοσωμάτια**.

Ἡ βασική οὐσία του κυττοπλάσματος περιλαμβάνει ὀρισμένα ὀργανίδια, πού ἔχουν εἰδική λειτουργική ἀποστολή. Τά ὀργανίδια αὐτά είναι: οί **χλωροπλάστες**, πού ἐμφανίζονται μόνο στά πράσινα φυτά, τά **μιτοχόνδρια**, τά **ριβοσωμάτια**, τά **λυσosomal**, τά **σωμάτια Golgi** καί ὁ **πυρήνας**.

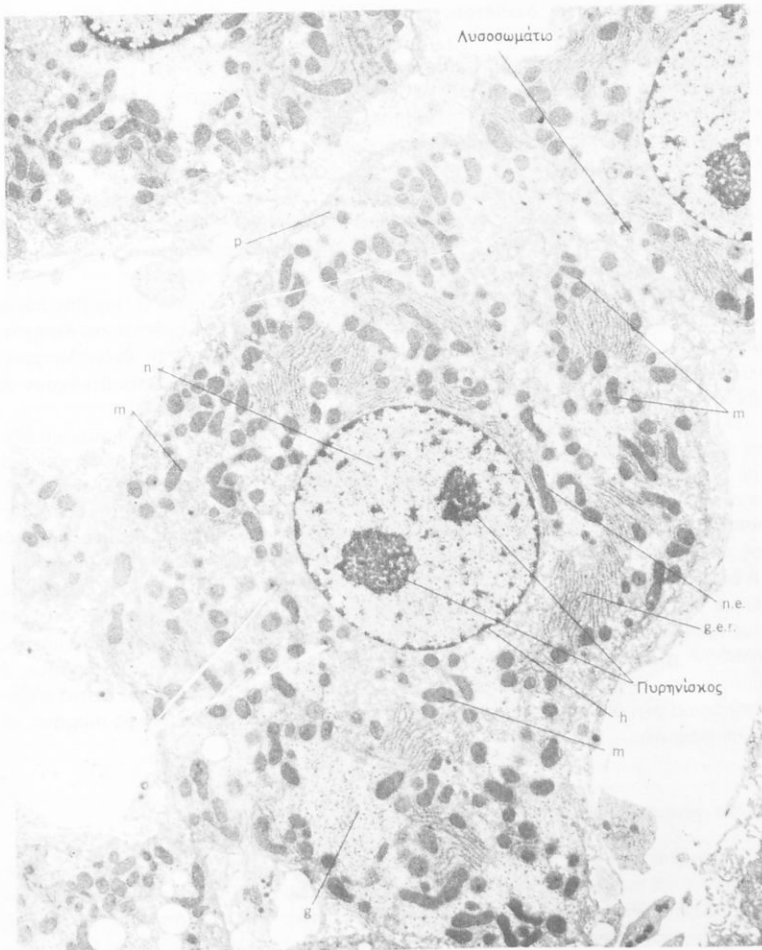


Σχ. 3.2α.

Διαγραμματική παράσταση των συστατικών του κυττάρου, όπως φαίνονται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Οι **χλωροπλάστες**, σωμάτια με πολύπλοκη έσωτερική όργάνωση έχουν ως αποστολή να δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και να τη μετατρέπουν σε χημική. Γιά τό λόγο αυτό μόνον τά πράσινα φυτά, έκτός από μερικούς μικροοργανισμούς, είναι σε θέση να δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και να τη μετατρέπουν σε χημική. Στην άρχη σχηματίζονται σάκχαρα και μετά μεγαλύτερα μόρια, όπως τό άμυλο και τά λίπη. Ή ενέργεια όμως πού είναι αποθηκευμένη στις ενώσεις αυτές δέν χρησιμοποιείται εύκολα από τό κύτταρο. Γι' αυτό ή ενέργεια αυτή μεταβιβάζεται σε άλλες ενώσεις, οι οποίες μπορούν να τήν προσφέρουν υπό μορφήν συμπυκνωμένη και πύ εύμετάδοτη. Ή σπουδαιότερη από τίς ενώσεις αυτές είναι ή τριφωσφορική ά-





Σχ. 3.2β.

Ήλεκτρονική φωτομικρογραφία ενός ήπατικού κυττάρου, όπου διακρίνονται τὰ κυριότερα ὄργανιδια: p, πλάσμα μεμβράνη· m, μιτοχόνδρια· n, πυρήνας· Nucleo πυρηνίοςκος· G.E.R., ἔνδοπλασματικό δίκτυο.

δεοσίνη, πού εἶναι γνωστή ὡς ATP. Ἡ μετατροπή αὐτή γίνεται στά **μιτοχόνδρια**, πού ἔχουν μέγεθος ἀπό 0,2 ἕως 3 μικρά. Ἐδῶ παράγεται ὅλη ἡ ἐνέργεια πού εἶναι ἀπαραίτητη γιά νά πραγματοποιηθοῦν οἱ λειτουργίες τοῦ κυττάρου. Τά μιτοχόνδρια, πού παρουσιάζουν μεγάλη ἑσωτερική ἐπιφάνεια λόγω τῶν διπλῶν μεμβρά-

νών με έσωδιπλώσεις, διαθέτουν πολλά ένζυμα για να όξειδώνουν τούς ύδατόν-θρακες, τίς πρωτείνες καί τά λίπη σέ διοξειδίο του άνθρακα καί νερό. Κατά τήν όξειδώση έλευθερώνεται ή βιολογική ένέργεια υπό μορφή ATP. Τά μιτοχόνδρια μετακινούνται στίς περιοχές του κυττάρου στίς όποίες παρατηρείται έντονη κυτταρική δραστηριότητα. Συμπερασματικά, οι χλωροπλάστες μετατρέπουν τήν ήλιακή ένέργεια σέ χημική καί τά μιτοχόνδρια τή χημική σέ μιάν άλλη μορφή πίο εύχρηστη καί πίο συμπυκνωμένη.

Τά **ριβωσωμάτια** είναι τά κέντρα συνθέσεως τών πρωτεϊνών. Βρίσκονται, όπως είδαμε, στήν έπιφάνεια τών ένδοπλασμικών μεμβρανών. Μπορούν επίσης νά άπαντηθούν έλεύθερα μέσα στή βασική ούσία του κυτταροπλάσματος. Άποτελούνται από 40% περίπου πρωτείνες καί 60% ριβονουλεϊκά όξέα.

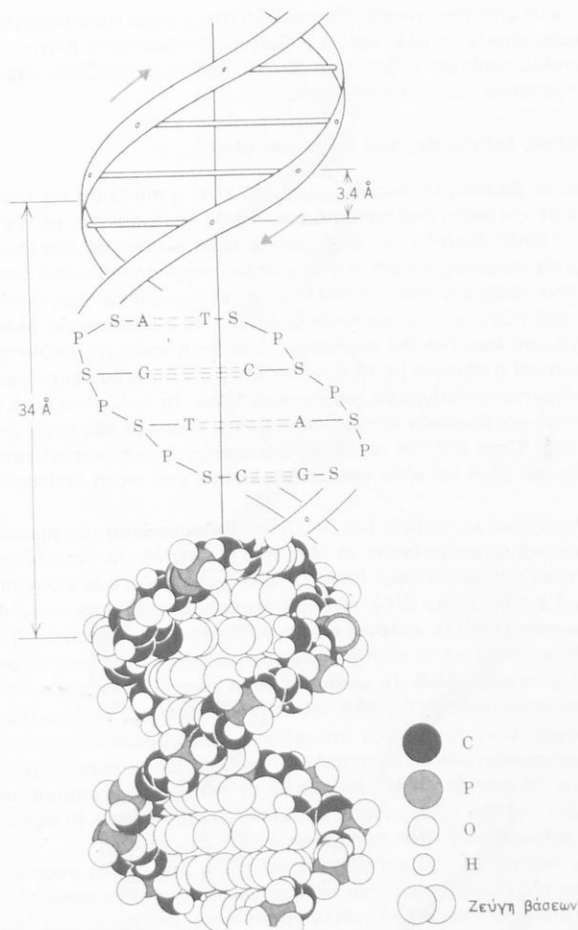
Τά **λυσωσωμάτια** είναι σφαιρικά μέ πολλά πεπιγόνά ένζυμα. Ό άκριβής λόγος τους δέν έχει άκόμη διαλευκανθεί. Τά **σωμάτια Golgi**, πού λέγονται καί **λιποχόνδρια**, άποτελούνται από λείες μεμβράνες πού έπικοινωνούν μέ τίς ένδοπλασμικές μεμβράνες. Ό ρόλος τους δέν έχει έξακριβωθεί πλήρως. Πιστεύεται ότι έχουν νά κάνουν μέ τήν έκκριση ούσιων.

Τέλος, ό πυρήνας είναι τό σπουδαιότερο όργανο του κυττάρου καί παρομοιάζεται ως τό διοικητικό του κέντρο. Έδώ έδρεύουν τά χρωμοσώματα μέ τά γονίδια, πού ρυθμίζουν όλες τίς δραστηριότητες του κυττάρου. Ό βασική ούσία του πυρήνα όνομάζεται **πυρηνόπλασμα**. Μέσα σ' αυτό βρίσκεται ένας ή περισσότεροι **πυρηνίσκοι**, καθώς καί τά **χρωμοσώματα**. Ό αριθμός τών χρωμοσωμάτων είναι όρισμένος για κάθε είδος. Τά κύτταρα του άνθρώπου π.χ. έχουν 46 χρωμοσώματα.

Εάν παρατηρήσομε μέ τό μικροσκόπιο τόν πυρήνα ενός κυττάρου πού δέν βρίσκεται στή διαδικασία τής διαιρέσεως, μπορούμε νά διακρίνομε τόν πυρηνίσκο ή τούς πυρηνίσκους, αλλά όχι καί τά χρωμοσώματα. Ό ούσία τών χρωμοσωμάτων, δηλαδή ή **χρωματίνη**, φαίνεται νά συγκροτεί ένα πολύπλοκο δίκτυο. Όταν όμως, ό πυρήνας προετοιμάζεται για διαίρεση, ή χρωματίνη διαμορφώνεται σέ λεπτά νήματα τά όποια στή συνέχεια συμπυκνώνονται σέ εύδιάκριτα ραβδόμορφα σώματα, τά χρωμοσώματα.

### 3.3 Τό γενετικό ύλικό.

Τά **χρωμοσώματα** στούς άνώτερους οργανισμούς άποτελούνται από νουκλεοπρωτείνες. Οι πρωτείνες είναι πρωταμίνες ή ιστόνες, τά δέ νουκλεϊκά όξέα είναι ριβονουκλεϊκά (RNA) καί δεοξυριβονουκλεϊκά (DNA). Τό DNA άποτελεί τή χημική ούσία τών γονιδίων. Τό μόριο του DNA είναι μακρύ, πολυμερές χωρίς διακλαδώσεις. Παρομοιάζεται μέ δύο έλικοειδή κομπολόγια, πού τό ένα συμπληρώνει τό άλλο καί πού ένώνονται στο ύψος κάθε χάνδρας (σχ. 3.3). Μέ χάνδρα παριστάνεται τό νουκλεοτίδιο, τό όποιο άποτελείται από φωσφορικό όξύ, δεοξυριβόζη καί μία άζωτοϋχο βάση. Ό βάση είναι τεσσάρων ειδών, δηλαδή θυμίνη, άδενίνη, κυτοσίνη καί γουανίνη. Έτσι καί τά νουκλεοτίδια είναι τεσσάρων ειδών, δηλαδή: τό δεοξυθυμιδικό (Θ ή διεθνώς T), τό τό δεοξυαδενιλικό (Α), τό δεοξυκυτοσιλικό (Κ ή C) καί τό δεοξυγουανιλικό (Γ ή G). Ό τρόπος διαδοχής τών τεσσάρων νουκλεοτιδίων στήν κατακόρυφη σύνδεση ποικίλλει από τό ένα είδος DNA σέ άλλο. Για τήν όριζόντια σύνδεση ισχύει για όλα τά DNA ή έξής άρχή: τό νουκλεοτίδιο Α ένώνεται



Σχ. 3.3.

Τό πρότυπο των Watson και Crick για τό DNA. Άνω ή σχηματική παράσταση τής έλικοειδούς δομής του DNA· στή μέση διακρίνεται ή διαδοχή των βάσεων και των νουκλεοτιδίων· κάτω ή δομή του DNA στό χώρο. Τά σύμβολα είναι αυτά πού χρησιμοποιούνται στή χημεία, καθώς και έκείνα πού αναφέρονται στό κείμενο για τά νουκλεοτίδια (S = σάκχαρο, P = φωσφορικό όξύ).

πάντοτε μέ τό Θ (T) και τό Γ (G) μέ τό Κ (C). Άφοϋ όλα τά γονίδια αποτελούνται άπό DNA, οι διαφορές άπό γονίδιο σέ γονίδιο συνίσταται στό διαφορετικό τρόπο διαδοχής των τεσσάρων νουκλεοτιδίων στήν κατακόρυφη σύνδεση. Ό τρόπος διαδο-

χής των νουκλεοτιδίων συνεπώς εξασφαλίζει στα γονίδια την Ικανότητα να μεταβιβάζουν διαφορετικές εντολές και να ρυθμίζουν διαφορετικές βιοχημικές λειτουργίες. Οι εντολές αυτές μεταβιβάζονται με τό σχηματισμό του DNA, πού αποτελεί τό δεύτερο συστατικό των χρωμοσωμάτων.

### 3.4 Οι βασικές λειτουργίες του γενετικού υλικού.

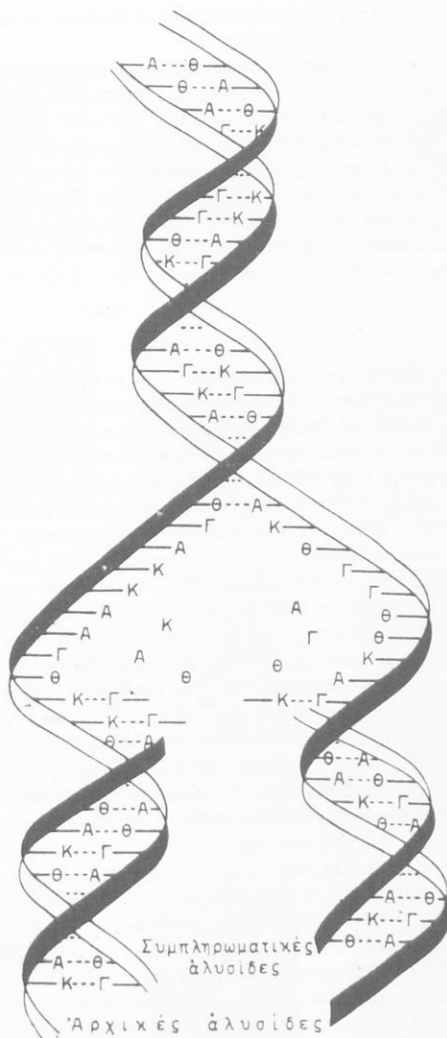
Μία από τίς βασικές λειτουργίες του DNA είναι ή συνέχιση τής ζωής, πού εξασφαλίζεται με τόν πιστό διπλασιασμό του. Αύτός επίτυγχάνεται με τόν εξής τρόπο (σχ. 3.4). 'Η διπλή άλυσίδα του DNA χωρίζεται στήν άρχή σε δύο άπλές. Σε κάθε μιάν άπ' αυτές σχηματίζεται μιά νέα συμπληρωματική άλυσίδα άπό δεοξυριβονουκλεοτιδία πού υπάρχουν στό περιβάλλον. Τό ζευγάρι των νουκλεοτιδίων κατά τό σχηματισμό των συμπληρωματικών άλυσίδων δέ γίνεται τυχαία, αλλά σύμφωνα με τήν άρχή πού έχει έκτεθει παραπάνω, δηλαδή ή γουανίνη ένώνεται πάντα με τήν κυτοσίνη και ή άδενίνη με τή θυμίνη. Έτσι, οι δύο νεοσχηματιζόμενες διπλές άλυσίδες είναι πιστά αντίγραφα του άρχικού DNA. Τά δεδομένα αυτά άπό τή μοριακή γενετική μās βοηθούν να κατανοήσομε τόν τρόπο με τόν όποιο διπλασιάζονται τά γονίδια. "Όταν δηλαδή τό κύτταρο έτοιμάζεται να διαιρεθεί, προηγείται διπλασιασμός του DNA και κάθε γονίδιο δημιουργεί ένα πιστό αντίγραφο του έαυτού του.

Μιά άλλη βασική λειτουργία του DNA είναι ή **βιοσύνθεση** των πρωτεϊνών, στήν όποία σημαντική σημασία έχουν τά εξής τρία είδη RNA: τό έντολοδόχο RNA, τό μεταγωγό RNA και ριβοσωμικό RNA. Τό DNA χρησιμεύει σαν καλούπι για τή δημιουργία του έντολοδόχου RNA, τό όποιο κατόπιν μεταφέρεται στα ριβοσωμάτια, όπου χρησιμεύει σαν νέο καλούπι για τή σύνθεση των πρωτεϊνών. Τά άμινοξέα, πού είναι άπαραίτητα για τή σύνθεση των πρωτεϊνών, μεταφέρονται στα ριβοσωμάτια με τό μεταγωγό RNA. Τό μεταγωγό RNA είναι εξειδικευμένο και μεταφέρει ένα συγκεκριμένο άμινοξύ, δηλαδή κάθε άμινοξύ έχει και τό δικό του μεταγωγό RNA. Μεταφερόμενο τό άμινοξύ στα-ριβοσωμάτια παραδίνεται στο έντολοδόχο RNA, πού χρησιμεύει σαν καλούπι στη θέση πού καθορίζεται άπό τήν είδική σειρά των βάσεων. Τά άμινοξέα τέλος ένώνονται με πεπτιδικούς δεσμούς και σχηματίζουν τό μόριο τής πρωτεΐνης, όποτε και έλευθερώνονται άπό τά ριβοσωμάτια. 'Ο ρόλος του ριβοσωμικού RNA παραμένει άκόμη άγνωστος.

'Από τήν περιγραφή του κυττάρου καταλήγομε στο γενικό συμπέρασμα ότι ή φυσική βάση τής κληρονομικότητας είναι τά γονίδια πού αποτελούν τό γενετικό υλικό των οργανισμών και ότι τά γονίδια συντίθενται άπό νουκλεϊκά όξέα και μάλιστα DNA. Πολλά μάζυ γονίδια συγκροτούν μεγαλύτερες κληρονομικές μονάδες, τά χρωμοσώματα, πού βρίσκονται στον πυρήνα του κυττάρου. Οι γενετικές πληροφορίες είναι άποθηκευμένες στο DNA των χρωμοσωμάτων, άπό όπου μεταβιβάζονται, υπό μορφή έντολοδόχου RNA και κατόπιν ένζύμων, στα διάφορα όργανα του κυττάρου, για να κατευθύνουν τίς βιολογικές λειτουργίες.

### 3.5 'Η διαίρεση του κυττάρου.

Με τή διαίρεση του κυττάρου εξασφαλίζεται ή άναπαραγωγή και άνάπτυξη των οργανισμών. Κάθε νέο κύτταρο πού προκύπτει είναι πλήρες παρά τό μικρό του μέ-



Σχ. 3.4.

Διπλασιασμός του DNA: Καθώς η διπλή αλυσίδα του αρχικού DNA ξετυλίγεται, οι διαχωρισμένες αλυσίδες χρησιμεύουν σαν καλούπια για το σχηματισμό των συμπληρωματικών αλυσίδων από δεοξυριβονουκλεϊδία, που υπάρχουν στο περιβάλλον.

γεθος. Μέ τήν ταχεία όμως ανάπτυξη του αποκτά σύντομα τό μέγεθος του άρχικου κυττάρου.

Η ανάπτυξη στους άνωτερους οργανισμούς πραγματοποιείται μέ τήν κυτταροδιαίρεση, τήν αύξηση του μεγέθους των νέων κυττάρων καί τήν διαφοροποίησή τους. Ο άνθρωπινος οργανισμός π.χ. έχει τήν άφετηρία σ' ένα καί μόνο γονιμοποιημένο κύτταρο, τό **ζυγώτη**, ό όποίος δίνει τό ώριμο άτομο καί έχει περισσότερα από ένα εκατομμύριο δισεκατομμύριων κυττάρων. Η κυτταροδιαίρεση είναι βασική λειτουργία στή διαδικασία αύξησης όλων σχεδόν των άνωτέρων οργανισμών.

Ο μηχανισμός, μέ τόν όποίο διαιρούνται τά κύτταρα, έχει διαλευκανθεί κατά τό τέλος του 19ου αιώνα κυρίως από τόν Walther Flemming (1843 - 1915) στά ζωϊκά κύτταρα καί από τόν Edward Strasburger (1844 - 1912) στά φυτικά κύτταρα.

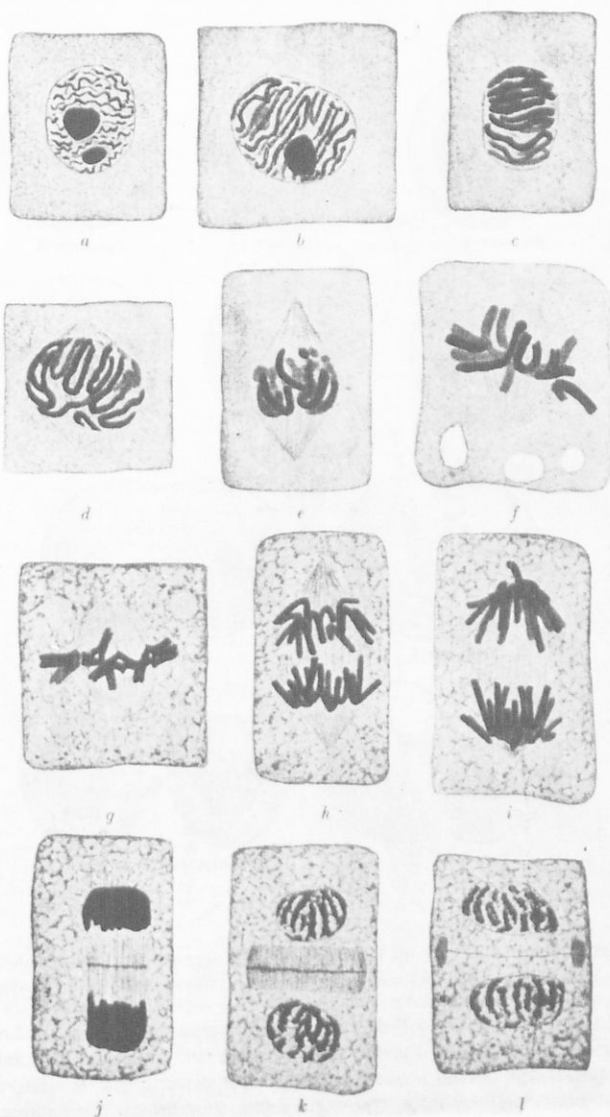
### α) Η μίτωση.

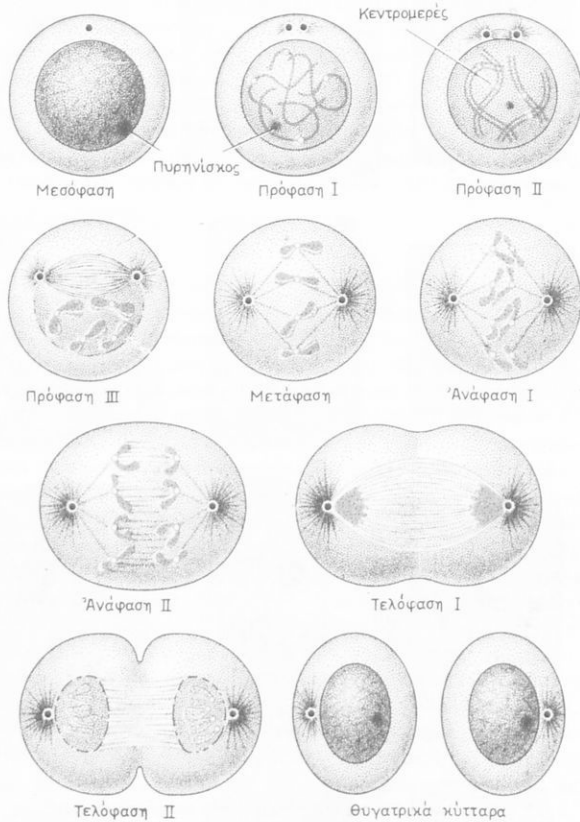
Μίτωση είναι ή κυτταροδιαίρεση πού εξασφαλίζει τή δημιουργία δύο όμοίων άδελφικών κυττάρων, διατηρώντας τή γενετική σταθερότητα μέ τόν πιστό διπλασιασμό του DNA. Γιαυτό, τό βασικότερο μέρος τής κυτταροδιαίρεσης είναι ό διπλασιασμός του DNA. Η μίτωση πραγματοποιείται σε διάφορα στάδια. Τά στάδια αυτά είναι: ή **πρόφαση**, ή **μετάφαση**, ή **ανάφαση** καί ή **τελόφαση**. Τό ενδιάμεσο στάδιο πού παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαιρέσεων λέγεται **μεσόφαση**. Κατά τή μεσόφαση διακρίνεται ό πυρήνας, ό πυρηνίσκος καί ή πυρηνική μεμβράνη, ενώ τά χρωμοσώματα συγκρατούν ένα οργανωμένο σύνολο. Πρίν άρχίσει τό κύτταρο νά διαιρείται, διπλασιάζεται τό DNA καί μετά σχηματίζονται τά χρωμοσώματα, τά όποια στήν άρχή είναι λεπτά καί μακριά, γιά νά γίνουν μετά παχύτερα καί βραχύτερα. Προοδευτικά εξαφανίζονται ή πυρηνική μεμβράνη καί ό πυρηνίσκος, ενώ δημιουργείται ή πυρηνική άτρακτος. Τό στάδιο ως έδώ άποτελεί τήν **πρόφαση**. Στή συνέχεια τά χρωμοσώματα διατάσσονται στήν ίσημερινή πλάκα μέ τά κεντρομερή πάνω στήν πλάκα καί τούς βραχιόνες πρós τά έξω. Τό στάδιο αυτό καλεϊται **μετάφαση**. Στή φάση αυτή τό κάθε χρωμόσωμα άποτελείται από δύο άδελφικά χρωματίδια. Τά χρωματίδια αυτά άποχωρίζονται καί όδεύουν πρós τούς δύο πόλους μέ τή βοήθεια των νημάτων τής άτράκτου. Τό στάδιο αυτό καλεϊται **ανάφαση**. Τήν άνάφαση ακολουθεί ή **τελόφαση**, κατά τήν όποια τά χρωμοσώματα γίνονται δυσδιάκριτα, επανεμφανίζεται ή πυρηνική μεμβράνη καί δημιουργείται ή διαχωριστική μεμβράνη πού χωρίζει τά δύο νέα καί όμοια θυγατρικά κύτταρα. Τό σχήμα 3.5α παρουσιάζει τά διάφορα στάδια τής μίτωσης σε κύτταρο κερμυδιού.

Η μίτωση στα ζωϊκά κύτταρα είναι περίπου ή ίδια μέ τή μίτωση τά φυτικά κύτταρα, όπως περιγράφηκε δηλαδή παραπάνω, μέ δύο όμως βασικές διαφορές: κατά τό στάδιο τής μεσοφάσεως έμφανίζονται έξω από τόν πυρήνα δύο οργανίδια πού είναι γνωστά ως **κεντροσωμάτια**. Αυτά μεταναστεύουν στους δύο πόλους καί συμμετέχουν στό σχηματισμό τής άτράκτου. Η άλλη διαφορά έγκειται στό ότι, στήν ίσημερινή πλάκα των ζωϊκών κυττάρων δημιουργείται, αντί γιά τή μεμβράνη, μία

Σχ. 3.5α.

Στάδια μίτωσης σε κύτταρο του άκρορίζιου ενός κερμυδιού. α, πυρήνας αναπαυόμενος· β - ε, πρόφαση· τά στρογγυλά μαύρα σωματίδια στό α καί β είναι πυρηνίσκοι· f, g, μετάφαση· h, i, ανάφαση· j - l, σχηματισμός δύο πυρήνων καί κυττάρων.





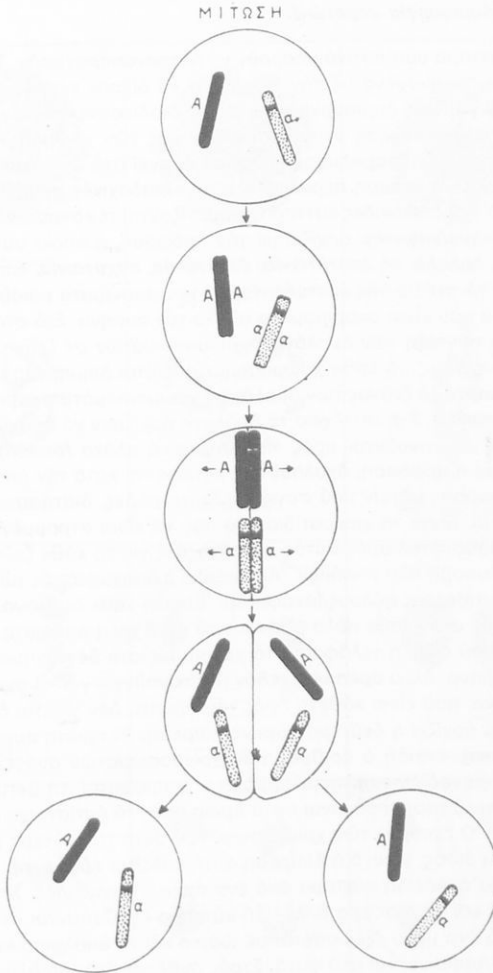
Σχ. 3.5β.

Διαγραμματική εμφάνιση της μίτωσης σε ζωϊκό κύτταρο με 4 χρωμοσώματα.

περίσφιγξη πού προοδευτικά άποχωρίζει τά δύο άδελφικά κύτταρα. Στο σχήμα 3.5β έμφανίζεται σχηματικά ή μίτωση ενός ζωϊκού κυττάρου με 4 χρωμοσώματα.

Άπό τήν περιγραφή τής μίτωσης καθίσταται φανερό ότι τό είδος αυτό τής κυτταροδιαίρέσεως έξασφαλίζει τήν πιστή διαιώνιση τών συνδυασμών τών γονιδίων καί κατά συνέπεια τήν πλήρη γενετική όμοιομορφία καί σταθερότητα. Τό γε-





Σχ. 3.5γ.

Διαγραμματική παρουσίαση τής πορείας ενός ζεύγους γονιδίων σ' ένα ζεύγος χρωμοσωμάτων κατά τή μίτωση. Μέ τόν πιστό διπλασιασμό του DNA εξασφαλίζεται ο πιστός διπλασιασμός τών γονιδίων καί μ' αυτόν ή γενετική σταθερότητα.

γονός γίνεται περισσότερο κατανοητό, αν παρακολουθήσομε διαγραμματικά τή πορεία ενός ζεύγους χρωμοσωμάτων μέ ένα επίσης ζεύγος γονιδίων κατά τή διαδικασία τής μίτωσης (σχ. 3.5γ).

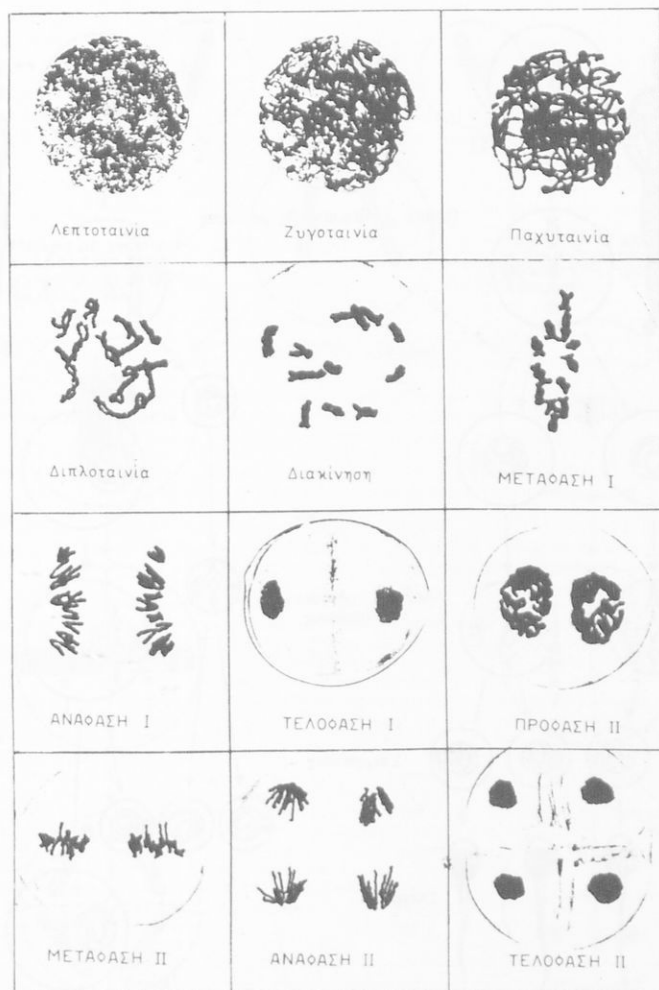
## β) Μείωση (δημιουργία γαμετών).

“Όλα τὰ κύτταρα ούσιαστικά μπορούν νά αὐτοαναπαραχθοῦν. Τά γαμετικά δῆμως κύτταρα εἶναι προικισμένα μέ τήν ἱκανότητα νά δίνουν γένεση σέ δόλοκληρο τόν ὄργανισμό. Οἱ γαμέτες δημιουργοῦνται μέ μιὰ διαδικασία πού λέγεται **γαμετογένεση**. Κατά τή γαμετογένεση μειώνεται ὁ ἀριθμός τῶν χρωμοσωμάτων στό μισό, γιαυτό τό εἶδος τῆς κυτταροδιαίρεσεως πού ὁδηγεῖ στό σχηματισμό τῶν γαμετῶν καλεῖται **μείωση**. Ἡ μείωση περιλαμβάνει δύο διαδοχικές πυρηνοδιαίρεσεις, κατά τίς ὁποῖες ἀπό ἓνα διπλοειδές κύτταρο σχηματίζονται τέσσερα **ἀπλοειδή** (σχ. 3.5δ).

**Πρῶτη πυρηνοδιαίρεση:** ἀρχίζει μέ τήν πρόφαση, ἡ ὁποία συντελεῖται σέ διάφορα στάδια, δηλαδή: τή **λεπτοταινία**, **ζυγοταινία**, **παχυταινία**, **διπλοταινία** καί **διακίνηση**. Κατά τό στάδιο τῆς **λεπτοταινίας** τὰ χρωμοσώματα μοιάζουν μέ λεπτά καί μακριά νήματα πού εἶναι σκορπισμένα σ’ ὄλο τόν πυρήνα. Στό στάδιο τῆς **ζυγοταινίας** γίνεται ἡ σύνταξη τῶν ὁμολόγων χρωμοσωμάτων σέ ζεύγη. Μέ τή συμπλήρωση τῆς συνάψεως, τό κάθε χρωμόσωμα φαίνεται διηρημένο σέ δύο ἀδελφικά χρωματίδια, ὁπότε τό ζεῦγος τῶν ὁμολόγων χρωμοσωμάτων περιλαμβάνει 4 χρωματίδια (**παχυταινία**). Στή συνέχεια τὰ ὁμόλογα ἀρχίζουν νά ἀποχωρίζονται (**διπλοταινία**) καί νά μετακινοῦνται πρὸς τήν ἰσημερινή πλάκα (**διακίνηση**). Ἀφοῦ ἔτσι συμπληρώθηκε ἡ πρόφαση, ἀκολουθεῖ ἡ μετάφαση, κατά τήν ὁποία τὰ ζεύγη τῶν ὁμολόγων χρωμοσωμάτων πού συγκροτοῦν τετράδες, διατάσσονται στήν ἰσημερινή πλάκα ἔτσι, ὥστε τὰ χρωματίδια ἀνά δύο νά εἶναι στραμμένα πρὸς τοὺς δύο πόλους. Ὁ προσανατολισμός αὐτὸς εἶναι τυχαῖος γιὰ τό κάθε ζεῦγος καί συντελεῖ στόν ἀνασυνδυασμό τῶν γονιδίων. Ἀκολουθεῖ ὁ ἀποχωρισμός τῶν ὁμολόγων πού ὀδεύουν σέ ἀντίθετους πόλους (ἀνάφαση). Ἐπειδὴ κάθε ὁμόλογο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο χρωματίδια, στόν κάθε πόλο φθάνουν τὰ μισὰ χρωμοσώματα. Τέλος στό ἐπόμενο στάδιο, πού εἶναι ἡ τελόφαση, τὰ χρωμοσώματα δέν σχηματίζουν συνήθως τόν τυπικὸ πυρήνα, ἀλλὰ ἀμέσως σχεδόν μετακινοῦνται γιὰ νά σχηματίσουν νέα ἰσημερινή πλάκα, πού εἶναι κάθετη πρὸς τήν πρώτη. Δέν γίνεται δηλαδή κυτταροδιαίρεση, ἀλλὰ ἀρχίζει ἡ δευτέρα πυρηνοδιαίρεση. Ἡ πρώτη πυρηνοδιαίρεση καλεῖται **ἀναγωγική**, ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς τῶν χρωμοσωμάτων ἀνάγεται στό μισό.

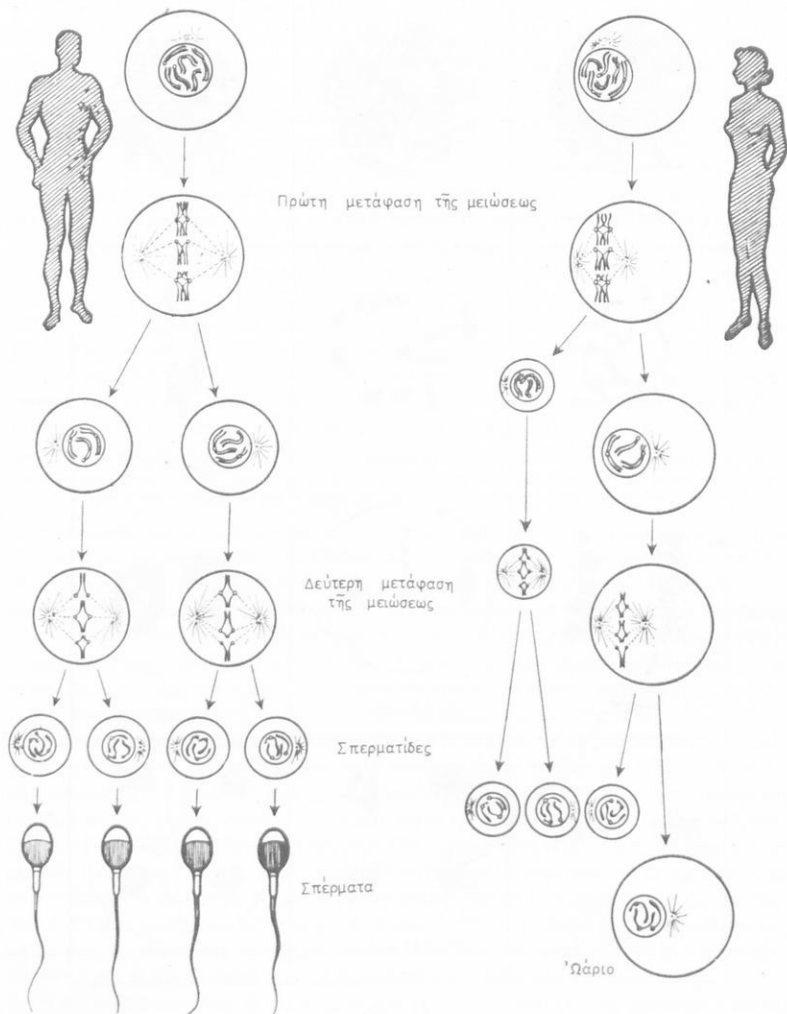
**Δεύτερη πυρηνοδιαίρεση:** περιλαμβάνει τήν πρόφαση, τή μετάφαση, τήν ἀνάφαση καί τήν τελόφαση, πού εἶναι πολὺ ὅμοια πρὸς τὰ ἀντίστοιχα στάδια τῆς τυπικῆς μίτωσης. Ὁ ἀριθμὸς τῶν χρωμοσωμάτων μετὰ τῆ δευτέρου πυρηνοδιαίρεση παραμένει πάλι μισός, γιαυτό ἡ διαίρεση αὐτὴ καλεῖται **ἐξισωτική**. Τελικὰ σχηματίζονται τέσσερα ἀπλοειδή κύτταρα ἀπὸ ἓνα ἀρχικὸ διπλοειδές. Στὰ ἀρσενικά ζῶα καί τὸν ἄνδρα, καί τὰ τέσσερα ἀπλοειδή κύτταρα ἐξελίσσονται σέ σπέρματα, ἐνῶ στὰ θηλυκὰ τό ἓνα μόνο ἐξελίσσεται σέ ὠάριο καί τὰ ὑπόλοιπα ἐκφυλίζονται (σχ. 3.5ε). Τό ἴδιο συμβαίνει καί στὰ φυτὰ. Στούς ἀνθῆρες δηλαδή ὅλα τὰ προϊόντα τῆς μείωσης ἐξελίσσονται σέ γυρεόκοκκους, ἐνῶ στή σπερμοβλάση τό ἓνα μόνο ἐξελίσσεται σέ ἐμβρυόσασκο καί τὰ ὑπόλοιπα ἐκφυλίζονται.

Ἡ συμπεριφορὰ ἑνὸς ζεύγους χρωμοσωμάτων μέ ἓνα ζεῦγος γονιδίων κατά τῆ διεργασία τῆς μείωσης ἐμφανίζεται διαγραμματικά στό σχῆμα 3.5στ.



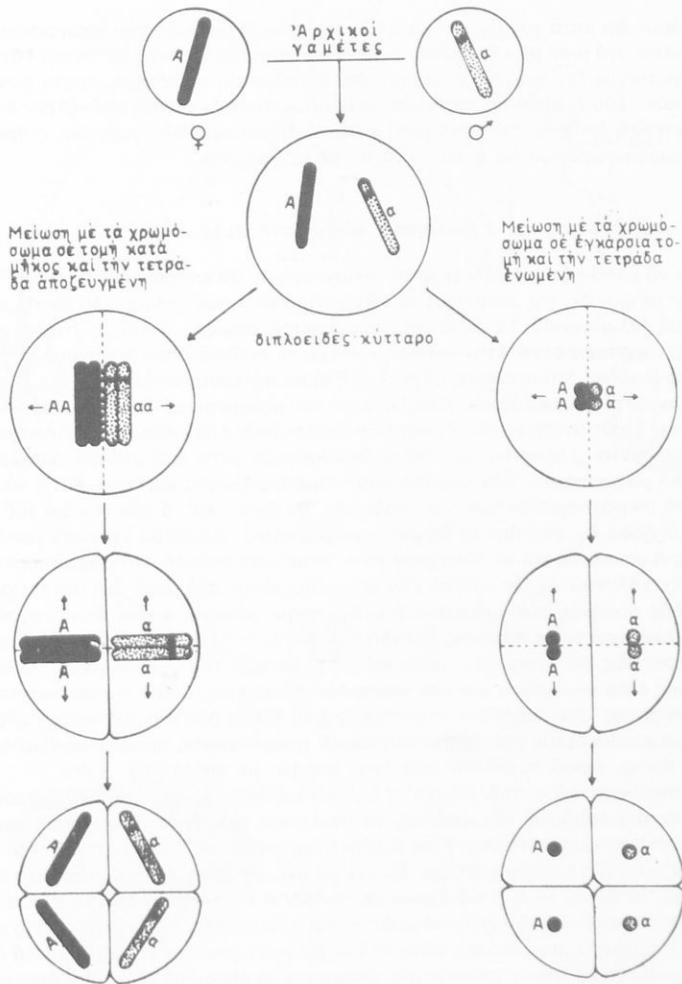
Σχ. 3.56.

Τά διάφορα στάδια τής μείωσης.



Σχ. 3.5ε.

Σχηματισμός σπερματοζωαρίων (σπερματογένεση) και ὠαρίων (ὠογένεση) στὰ ζῶα καὶ στὸν ἄνθρωπο.



Σχ. 3.5στ.

Ἡ γαμετογένεση γίνεται μὲ τὴ μείωση, κατὰ τὴν ὁποία ἓνα ζεῦγος γονιδίων ἀποχωρίζεται καὶ τὸ ἓνα γονίδιο περιλαμβάνεται στοὺς μισοὺς γαμέτες, τὸ δὲ ἄλλο στοὺς ἄλλους μισοὺς. Ἀπὸ τὸ ἀρχικὸ διπλοειδές κύτταρο ἔχουν παραχθεῖ τέσσερις ἀπλοειδεῖς γαμέτες.

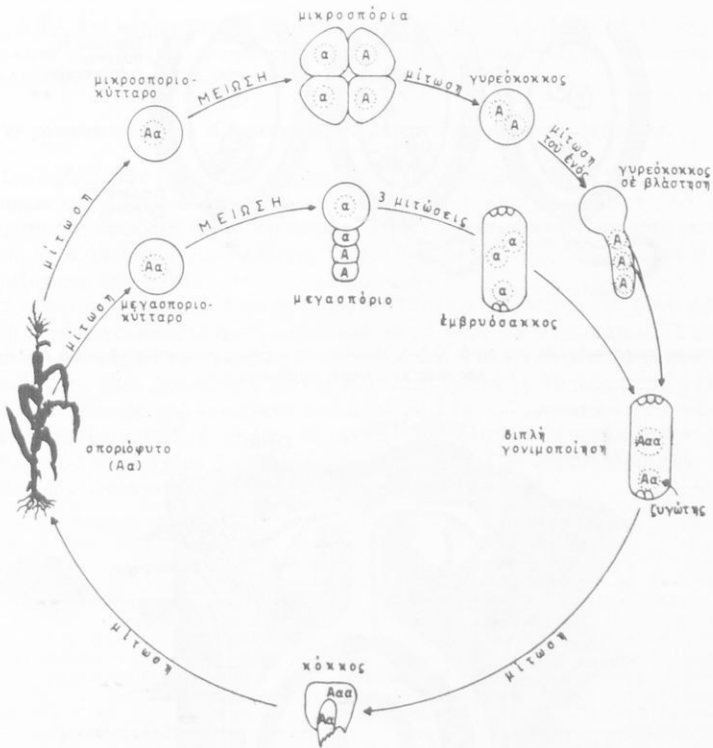
### 3.6 Ἡ γονιμοποίηση.

Είδαμε ὅτι κατὰ τὸν σχηματισμὸ τῶν γαμετῶν ὁ ἀριθμὸς τῶν χρωμοσωμάτων μειώνεται στὸ μισό μὲ τὴ μείωση. Ἡ ἀναγκαιότητα αὐτὴ γίνεται κατανοητὴ ὅταν ἀναλογισθοῦμε ὅτι κατὰ τὴ γονιμοποίηση ἀθροίζονται τὰ χρωμοσώματα τῶν δύο γαμετῶν. Ἐάν ἡ ἀθροιση αὐτὴ τῶν χρωμοσωμάτων δέν ἀντισταθμιζόταν ἀπὸ τὴ μείωση τοῦ ἀριθμοῦ τους στὸ μισό κατὰ τὴ δημιουργία τῶν γαμετῶν, ὁ ἀριθμὸς τῶν χρωμοσωμάτων θά διπλασιαζόταν σὲ κάθε γενιά.

#### *α) Ἡ γονιμοποίηση καὶ ὁ βιολογικὸς κύκλος στὰ φυτὰ.*

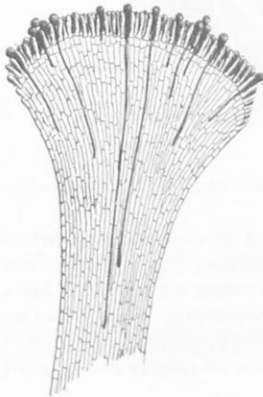
Γιὰ νὰ κατανοήσουμε καλύτερα τὰ προηγούμενα, θά παρακολουθήσουμε τὴ δράση τῆς μιτώσεως, τῆς μείωσης καὶ τῆς γονιμοποιήσεως στὸν κύκλο ἀναπαραγωγῆς τοῦ καλαμποκιοῦ. Τὸ φυτὸ τοῦ καλαμποκιοῦ, ὅπως τὸ βλέπομε στὸν ἀγρό, ὀνομάζεται **σποριόφυτο**. Στὴν κορυφὴ του ἔχει τὴ φούντα, ὅπου ὑπάρχουν τὰ ἀρσενικά λουλούδια. Στὸ στέλεχος φέρει ἓνα ἢ περισσότερους σπάδικες στοὺς ὁποίους βρίσκονται τὰ θηλυκὰ λουλούδια. Τὸ φυτὸ τοῦ καλαμποκιοῦ δηλαδή εἶναι μόνοικο δικλινές. Στοὺς ἀνθῆρες τῶν ἀρσενικῶν λουλουδιῶν ὀρισμένα διπλοειδῆ κύτταρα, πού καλοῦνται μικροσποριοκύτταρα, δημιουργοῦν μετὰ ἀπὸ μείωση τέσσερα ἀπλοειδῆ μικροσπόρια. Ἐάν παρακολουθήσουμε ἓνα ζεύγος γονιδίων, ἔστω τὸ A, a, τότε τὰ μικροσποριοκύτταρα, ὡς διπλοειδῆ, θά ἔχουν καὶ τὰ δύο γονίδια τοῦ ζεύγους, δηλαδή Aa, ἐνῶ ἀπὸ τὰ ἀπλοειδῆ μικροσπόρια τὰ μισὰ θά ἔχουν τὸ γονίδιο A (γόνος ἢ γονύλλιο) καὶ τὰ ἄλλα μισὰ τὸ a. Ἡ μείωση δηλαδή στὰ μικροσποριοκύτταρα ἔχει ἐλαττώσει τὸν ἀριθμὸ τῶν χρωμοσωμάτων στὸ μισό. Στὴ συνέχεια ὁ ἀπλοειδῆς πυρήνας τοῦ μικροσπορίου ὑφίσταται μίτωση, ὅποτε δημιουργοῦνται δύο ὅμοιοι γενετικῶς πυρήνες, δηλαδή ἢ A, A ἢ a, a. Ὁ ἓνας ἀπὸ τοὺς πυρήνες εἶναι βλαστικός καὶ χρησιμεύει μόνο γιὰ τὴ βλάστηση τοῦ γυρεοκόκκου. Ὁ ἄλλος πυρήνας εἶναι γεννητικός καὶ εἴτε παραμένει ἀδιαίρετος, ὅποτε ὁ γυρεόκοκκος εἶναι διπύρηνος, εἴτε διαιρεῖται μιτωτικῶς, γιὰ νὰ δώσει δύο σπερματικούς πυρήνες, ὅποτε ὁ γυρεόκοκκος γίνεται τριπύρηνος. Οἱ τρεῖς πυρήνες, προφανῶς, εἶναι γενετικῶς ὅμοιοι, ἀφοῦ προῆλθαν ἀπὸ ἓναν πυρήνα μὲ μίτωση (σχ. 3.6α).

Ὁ σπάδικας τοῦ φυτοῦ, δηλαδή ἡ θηλυκὴ ταξιανθία, φέρει πολλοὺς ὑπέρους· ὁ καθένας περιλαμβάνει τὴν ὠοθήκη, τὸ σῦλο καὶ τὸ στίγμα. Τὰ μετὰξινά νήματα στὸν σπάδικα εἶναι οἱ σῦλοι. Στὴν ὠοθήκη ὀρισμένα διπλοειδῆ κύτταρα (Aa), πού ὀνομάζονται μεγασποριοκύτταρα, δίνουν μὲ μείωση τέσσερα ἀπλοειδῆ μεγασπόρια, ἀπὸ τὰ ὁποῖα τὰ δύο θά ἔχουν τὸ γονίδιο A καὶ τὰ ἄλλα δύο τὸ a. Καὶ ἐδῶ μειώθηκε ὁ ἀριθμὸς τῶν χρωμοσωμάτων καὶ συνεπῶς καὶ τῶν γονιδίων στὸ μισό. Ἀπὸ τὰ τέσσερα μεγασπόρια, μόνο τὸ ἓνα θά συνεχίσει τὴν ἐξέλιξη, ἐνῶ τὰ ἄλλα θά ἐκφυλισθοῦν. Μισὲς πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐξελιχθεῖ τὸ μεγασπόριο μὲ τὸ A γονίδιο καὶ ἄλλες τόσες τὸ ἄλλο μὲ τὸ γονίδιο a. Ὁ πυρήνας τοῦ μεγασπορίου, πού δέν ἐκφυλίζεται, διαιρεῖται μὲ τρεῖς ἀλληπάλληλες μιτώσεις καὶ δημιουργοῦνται ἔτσι ὅκτω ἀπλοειδεῖς πυρήνες πού συγκροτοῦν ὄλοι μαζί τὸν ἐμβρυόσακκο. Ἀπὸ τοὺς ὀκτῶ πυρήνες, ὁ ἓνας ἀποτελεῖ τὸ ὠό (στὴν ἄκρη τοῦ ἐμβρυόσακκου), δύο πού βρίσκονται στὴ μέση ἀποτελοῦν τοὺς πολικούς πυρήνες, ἐνῶ οἱ ὑπόλοιποι ἐκφυλίζονται.



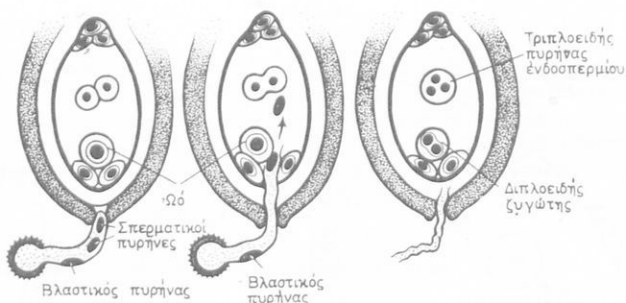
Σχ. 3.6α.

Ο κύκλος αναπαραγωγής του καλαμποκιού, όπου φαίνεται και η πορεία ενός ζεύγους γονιδίων.



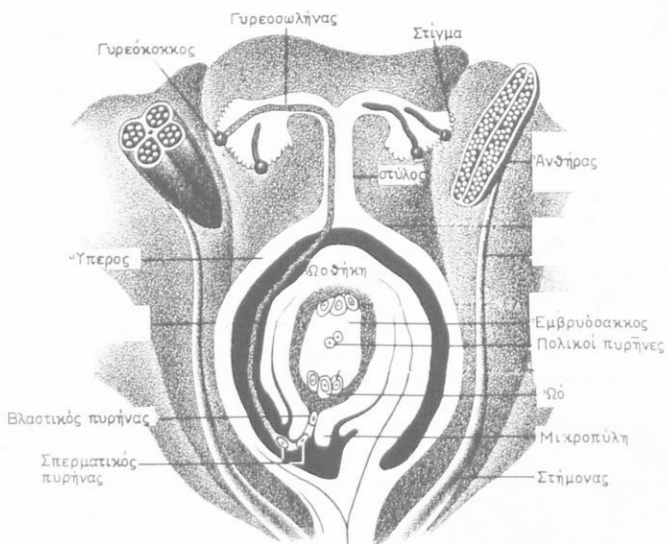
Σχ. 3.6β.

Κατά μήκος τομή του επάνω τμήματος στύλου ενός άνθους. Φαίνονται οι γυρεόκοκκοι που βλάστησαν και έδωσαν γυρεοσωληνες διαφόρου μήκους.



Σχ. 3.6γ.

Διάγραμμα γονιμοποίησης στά φυτά. Ὁ ἓνας σπερματικός πυρήνας γονιμοποιεῖ τὸ ὠάριο, ἐνῶ ὁ ἄλλος τοὺς κεντρικούς πυρήνες.



Σχ. 3.6δ.

Διαγραμματική κατά μήκος τομή ενός πλήρους ἄνθους κατά τὸ χρόνο τῆς γονιμοποίησης.

Ὅταν τώρα ὁ ὄριμος γυρεόκοκκος πέσει πάνω σ' ἓνα στίγμα, βλαστάνει δίνοντας μιά προβολή πού διασχίζει τὸ στύλο γιὰ νά φθάσει στὸν ἔμβρυοσάκκο (σχ. 3.6β). Στὸ γυρεοσωλήνα προηγεῖται ὁ βλαστικός πυρήνας καί ἔπονται οἱ δύο γενετικοί ἢ σπερματικοί πυρήνες. Ὁ ἓνας ἀπ' αὐτοὺς ἐνώνεται μέ τὸ ὠό γιὰ νά σχηματίσει τὸ ζυγῶτη, ἐνῶ ὁ ἄλλος σπερματικός πυρήνας ἐνώνεται μέ τοὺς δύο πολικούς πυρήνες τοῦ ἔμβρυοσάκκου, γιὰ νά σχηματίσει τὸ τριπλοειδές ένδοσπερμίου

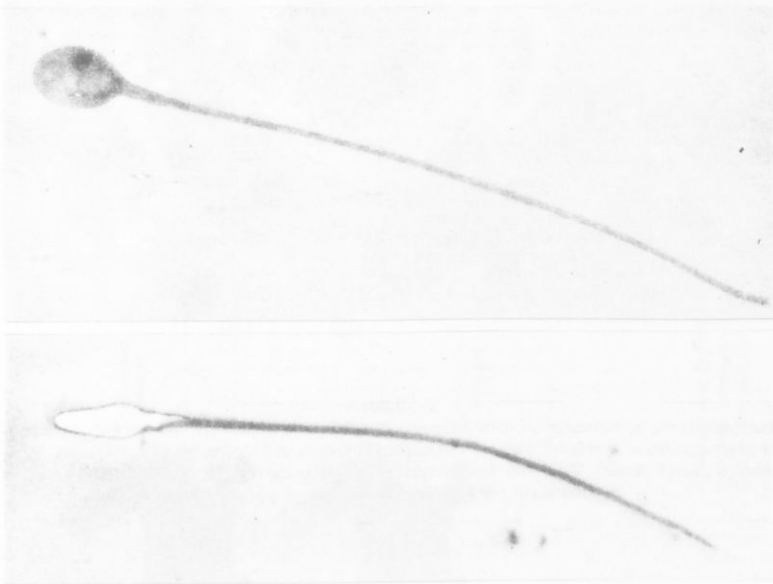


(σχ. 3.6γ). Στο σχήμα 3.6δ έξ άλλου φαίνεται ένα δλόκληρο άνθος με όλα τά μέλη του κατά τό χρόνο τής γονιμοποιήσεως. 'Ο ζυγώτης, στή συνέχεια, υφίσταται άλλεπάλληλες μιτωτικές διαιρέσεις καί εξέλίσσεται σέ έμβρυο.

### **β) 'Η γονιμοποίηση καί ό βιολογικός κύκλος στά ζώα καί τόν άνθρωπο.**

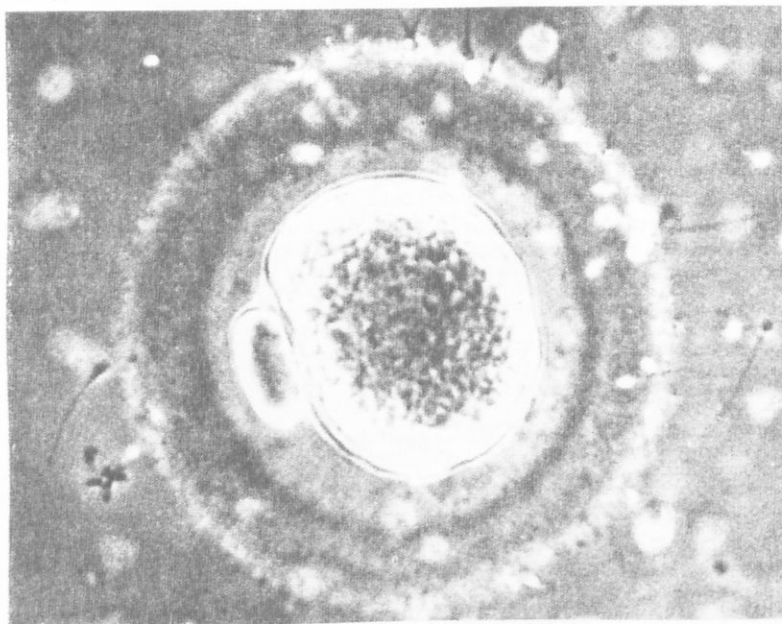
Στό σχήμα 3.5ε εξηγεΐται ό σχηματισμός τών γαμετών, δηλαδή τών σπερματοζωαρίων στά άρσενικά καί τών ώαρίων στά θηλυκά. Οι σπερματοχύτες, πού βρίσκονται στά άρσενικά γεννητικά όργανα, δίνουν με μείωση τέσσερα σπερματίδια με τό μισό αριθμό χρωμοσωμάτων. Τά σπερματίδια μετασχηματίζονται σέ σπερματοζωάρια (σχ. 3.6ε).

Στά θηλυκά γεννητικά όργανα, οι ώοχύτες δίνουν με μείωση ένα μόνο ώάριο, κατά αντίστοιχία πρós τά φυτά, με μισό επίσης αριθμό χρωμοσωμάτων. Τό ώάριο περιέχει καί κάποια ποσότητα θρεπτικών ουσιών, ή όποία είναι πολύ μεγάλη στά πτηνά, όπού είναι άπαραΐτητη γιά τήν έμβρυακή ανάπτυξη. Τό ώάριο τοϋ άνθρώπου έχει διάμετρο πού κυμαίνεται από 0,13 ως 0,14 τοϋ χιλιοστομέτρου, γιατί τό έμβρυο τρέφεται από τή μητέρα. Τό σχήμα 3.6στ δείχνει τήν γονιμοποίηση στον άνθρωπο, ενώ τό σχήμα 3.6ζ δείχνει τήν πορεία ενός ζεύγους άλληλομόρφων γονιδίων στο βιολογικό κύκλο ενός ζώου.



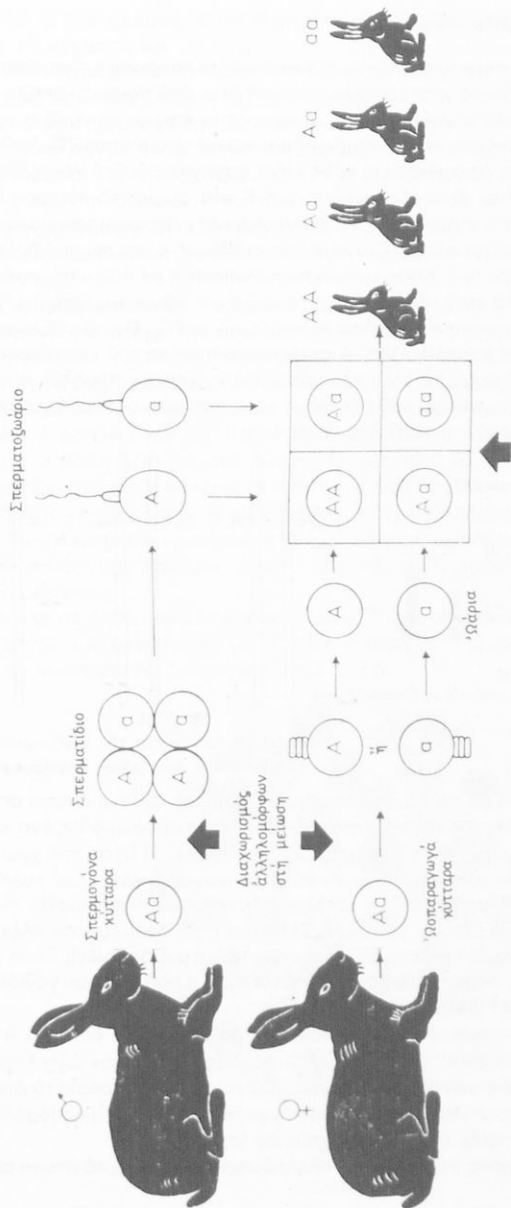
**Σχ. 3.6ε.**

Φωτογραφία ζωντανού ανθρώπινου σπέρματος σέ μεγέθυνση 1 πρós 2500. 'Η κεφαλή του σπέρματος περιέχει τήν κληρονομική ούσία από τόν πατέρα, καί έχει φωτογραφηθεΐ από πάνω (α) καί από τό πλάγια (β).



**Σχ. 3.6στ.**

Φωτογραφία της γονιμοποίησης στον άνθρωπο. Ένα ζωντανό ώαριο περιβάλλεται από μία στεφάνη προστατευτικών κυττάρων. Άρκετά σπέρματα επίθηνται στο ώαριο. Μερικά σπέρματα, δεξιά, πέτυχαν μερική είσοδο. Άριστερά διακρίνεται ένα πολικό σωμάτιο. (Τό ώαριο αναμίχθηκε με τά σπέρματα καί τοποθετήθηκε κάτω από τό μικροσκόπιο).



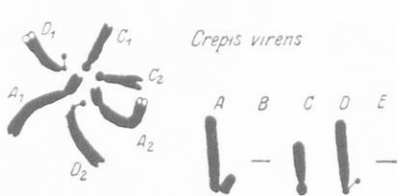
Τα αλληλόμορφα άνασυνδύζονται κατά τη γονιμοποίηση και σχηματίζουν τρεις διαφορετικούς ζυγώτες

Σχ. 3.65.

Η πορεία ενός ζεύγους αλληλομόρφων γονιδίων στο βιολογικό κύκλο ενός ζώου. Κατά τη γαιετογένεση στο άρσενικό άτομο ή μείωση διαχωρίζει τα αλληλόμορφα και σχηματίζει τέσσερα σπερματοζώαρια. Στο θηλυκό άτομο από τά τέσσερα προϊόντα τής μείωσης τά τρία έκφυλίζονται και τό ένα άναπτύσσεται σε ώάριο.

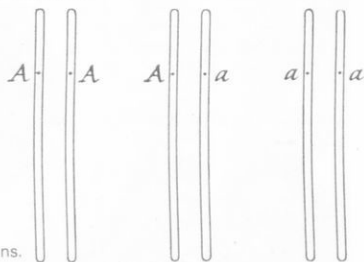
### 3.7 Τά γονίδια καί τά χρωμοσώματα.

Από τά προηγούμενα έγινε φανερό ότι οι γενετικές πληροφορίες εἶναι ἀποθηκευμένες στό DNA καί ότι τό χρωμόσωμα συγκροτεῖται ἀπό νουκλεϊκά ὀξέα καί πρωτεΐνες. Οἱ κληρονομικές μονάδες τῶν χρωμοσωμάτων καλοῦνται γονίδια καί ἐλέγχουν συγκεκριμένες βιολογικές λειτουργίες καί τελικά γνωρίσματα. Ὁ ἀριθμός τῶν χρωμοσωμάτων εἶναι ὀρισμένος γιά κάθε εἶδος ὄργανισμοῦ. Στό γένος *Crepis* π.χ. τά χρωμοσώματα εἶναι 3 στούς γαμέτες καί 6 στά σωματικά κύτταρα (σχ. 3.7α). Στό δεξιό τμήμα τοῦ σχήματος 3.7α φαίνονται οἱ τρεῖς τύποι χρωμοσωμάτων, ἐνῶ στό ἔριστερό τμήμα τά τρία ζεύγη σ' ἕνα σωματικό κύτταρο, πού βρίσκεται στό στάδιο τῆς μεταφάσεως. Κάθε χρωμόσωμα διαιρεῖται σέ δύο μισά, πού ἀντιστοιχοῦν στά χρωματίδια, πού εἶναι αὐδιάκριτα στά ἄκρα τῶν χρωμοσωμάτων  $A_2$  καί  $D_1$ . Τά τρία ζεύγη χρωμοσωμάτων εἶναι  $A_1$  καί  $A_2$ ,  $C_1$  καί  $C_2$ ,  $D_1$  -  $D_2$ . Ἐνα χρωμόσωμα ἀπό κάθε ζεύγος προῆλθε ἀπό τό σπερματικό πυρῆνα τοῦ γυρεόκοκκου, πού γονιμοποίησε τό ὠάριο καί τό ἄλλο χρωμόσωμα τῶν ζευγῶν προῆλθε ἀπό τό ὠάριο. Δηλαδή, γιά τό σχηματισμό κάθε ζεύγους χρωμοσωμάτων συμβάλλει κατὰ ἕνα χρωμόσωμα ὁ πατέρας καί κατὰ ἕνα ἡ μητέρα.



Σχ. 3.7α.

Τά τρία ζεύγη χρωμοσωμάτων στό εἶδος *Crepis Virens*.



Σχ. 3.7β.

Διάγραμμα πού δείχνει τήν ὁμοζυγωτία καί ἑτεροζυγωτία σ' ἕνα ζεύγος ἀλληλομόρφων.

Κάθε χρωμόσωμα περιέχει πολλά διαφορετικά γονίδια, τό καθένα ἀπό τά ὁποῖα κατέχει ὀρισμένη θέση. Μποροῦμε νά φαντασθοῦμε νά χρωμόσωμα ὡς ἕνα κομπολόγι, τοῦ ὁποῖου οἱ χάνδρες ἀντιπροσωπεύουν τά γονίδια. Ἡ θέση τοῦ χρωμοσώματος στήν ὁποία εἶναι τοποθετημένο τό γονίδιο, (γόνος ἢ γονύλλιο) καλεῖται διεθνῶς Locus. Τήν ἴδια θέση μπορεῖ νά καταλάβει, σέ πολλές περιπτώσεις, ἕνα ἢ ἄλλο γονίδιο ἀπό μιά σειρά ὁμοίων γονιδίων. Τέτοια γονίδια ὀνομάζονται **ἀλληλόμορφα**. Συνήθως δύο μόνο ἀλληλόμορφα εἶναι γνωστά γιά μιά ὀρισμένη θέση τοῦ χρωμοσώματος. Σέ ἄλλες περιπτώσεις ὑπάρχει ὀλόκληρη σειρά τέτοιων γονιδίων, ὅποτε καλοῦνται **πολλαπλά ἀλληλόμορφα**.

Θεωροῦμε τήν περίπτωση πού δύο ἀλληλόμορφα εἶναι γνωστά, ἔστω τά A καί a. Ἐνα ὀρισμένο χρωμόσωμα μπορεῖ νά εἶναι ὁ φορέας ἑνός μόνον ἀλληλομόρφου, εἴτε δηλαδή τοῦ A εἴτε τοῦ a. Στά ἀνώτερα ζῶα καί φυτά, στά ὁποῖα τά ἄτομα εἶναι **διπλοειδή**, περιέχουν δηλαδή δύο χρωμοσώματα ἀπό κάθε εἶδος (ὁμόλογα χρωμοσώματα), εἶναι δυνατές οἱ ἐξῆς περιπτώσεις (σχ. 3.7β):

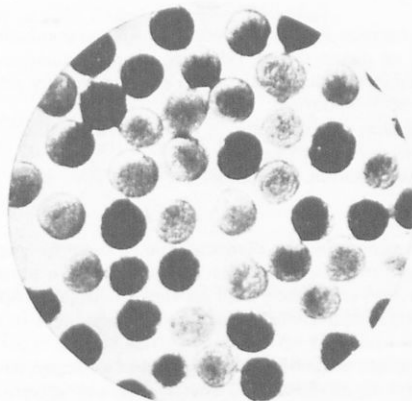
1η. Καί τά δύο χρωμοσώματα περιέχουν τό ἀλληλόμορφο A, ὅποτε τά ἄτομα αὐτά ἔχουν τή σύνθεση AA.

2η. Καί τά δύο χρωμοσώματα περιέχουν τό ἀλληλόμορφο α, ὁπότε τά ἄτομα θά ἔχουν τή σύνθεση αα.

3η. Τό ἕνα χρωμόσωμα περιέχει τό ἀλληλόμορφο Α καί τό ἄλλο τό ἀλληλόμορφο α, ὁπότε τά ἄτομα θά εἶναι τῆς συνθέσεως Αα. Ἐνα τέτοιο ἄτομο καλεῖται **ἕτεροζύγωτο**, ἐνῶ τά ἄτομα πού ἔχουν σύνθεση ΑΑ εἶτε αα καλοῦνται **ὁμοζύγωτα**. Οἱ λέξεις εἶναι σύνθετες, μέ πρῶτο συνθετικό τό «ὄμο» ἢ «ἕτερο» πού σημαίνει «ἴσο» ἢ «ἄνισο» καί δεύτερο συνθετικό τή λέξη «ζυγώτης» δηλαδή γονιμοποιημένο ὄριο. Ὁμοζύγωτο, λοιπόν, εἶναι τό ἄτομο πού προήλθε ἀπό ζυγώτη, στόν ὁποῖο οἱ ἀντίστοιχες θέσεις, δηλαδή τά ἀλληλόμορφα γονίδια εἶναι ταυτόσημα, ἐνῶ ἕτεροζύγωτο εἶναι τό ἄτομο, πού ἀναπτύχθηκε ἀπό ζυγώτη μέ διαφορετικά ἀλληλόμορφα γονίδια.

Τά ὁμοζύγωτα ἄτομα παράγουν γαμέτες ἐνός μόνον εἴδους. Στό προηγούμενο παράδειγμα τά ἄτομα τῆς συνθέσεως ΑΑ παράγουν γαμέτες Α, ἐνῶ τῆς συνθέσεως αα μόνον γαμέτες α. Τά ἕτεροζύγωτα, ὅμως ἄτομα (Αα) παράγουν δύο εἰδῶν γαμέτες σέ ἴση συχνότητα, δηλαδή μισούς Α καί μισούς α. Αὐτό συμβαίνει, γιατί κατά τή μείωση τά δύο ὁμόλογα χρωμοσώματα χωρίζονται καί τό μέν ἕνα μέ τό γονίδιο Α ὁδεύει στόν ἕνα πόλο, τό δέ ἄλλο μέ τό γονίδιο α στόν ἄλλο πόλο, ὁδεύουν δηλαδή ἀνά ἕνα στά θυγατρικά κύτταρα. Τό ὅτι τό ἕτεροζύγωτο ἄτομο σχηματίζει καθαρούς γαμέτες (Α ἢ α π.χ.) καί σέ ἴση ἀναλογία ἀποδεικνύεται καί ἀπό τό ἐξῆς γεγονός: στόν ἀραβόσιτο ἕνα ζεῦγος ἀλληλομόρφων γονιδίων, τό Ww, ἐκδηλώνεται καί στό γυρεόκοκκο ἀκόμη. Τό κυρίαρχο ἀλληλόμορφο W δημιουργεῖ ἄμυλο στούς γυρεόκοκκους, ἐνῶ τό ὑποτελές ἀλληλόμορφο w ὁδηγεῖ στό σχηματισμό δεξτρίνης.

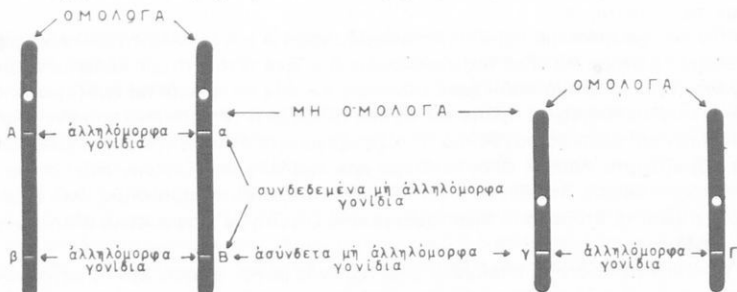
Τό ἄμυλο σέ διάλυμα ἰωδίου γίνεται μπλέ. Ὄταν οἱ γυρεόκοκκοι ἐνός ἕτεροζύγωτου φυτοῦ ἐπεξεργάστηκαν μέ διάλυμα ἰωδίου, τότε οἱ μισοί, ὅσοι δηλαδή περιεῖχαν τό κυρίαρχο W, ἔγιναν μπλέ (σχ. 3.7γ).



Σχ. 3.7γ.

Γυρεόκοκκοι ὑβριδίου ἀραβόσιτου πού ὑπέστησαν τήν ἐπίδραση διαλύματος ἰωδίου. Οἱ μισοί χρωματίστηκαν μπλέ.

Στό σχήμα 3.76 περιγράφονται τά είδη χρωμοσωμάτων καί γονιδίων.



Σχ. 3.76.

Είδη χρωμοσωμάτων καί γονιδίων. Όμόλογα είναι δύο χρωμοσώματα όταν υπάρχει πλήρης αντίστοιχία μεταξύ των θέσεων, οι οποίες κατέχονται από μορφές του ίδιου γονιδίου, που καλούμε άλληλόμορφα. Στά μη όμόλογα χρωμοσώματα δέν υπάρχουν άλληλόμορφα γονίδια, ενώ στά όμόλογα υπάρχουν σέ αντίστοιχες θέσεις ίδια ή διαφορετικά άλληλόμορφα γονίδια, καί σέ διαφορετικές θέσεις μη άλληλόμορφα γονίδια. Τά μη άλληλόμορφα γονίδια, όταν βρίσκονται στό ίδιο χρωμόσωμα, λέγονται συνδεδεμένα καί όταν βρίσκονται σέ μη όμόλογα χρωμοσώματα λέγονται άσύνδετα.

#### Έρωτήσεις γιά άσκηση.

1. Σημειώστε μέ + τίς όρθές καί μέ - τίς έσφαλμένες προτάσεις: α) Τά κύτταρα του δέρματος καί οι γαμέτες του ίδιου ζώου περιέχουν τόν ίδιο άριθμό χρωμοσωμάτων; β) Όποιοδήποτε χρωμόσωμα μπορεί νά ζευγαρώσει μέ οποιοδήποτε άλλο του ίδιου κυττάρου στή μείωση; γ) Οι γαμέτες ενός ζώου έχουν περισσότερα μητρικά χρωμοσώματα από όσα έχουν τά κύτταρα του σώματος; δ) Από τά 10 χρωμοσώματα σ' ένα ώριμο σπερματοζώαριο τά πέντε είναι πάντα από τή μητέρα;
2. Σέ κάθε σωματικό κύτταρο ενός ζώου υπάρχουν 46 χρωμοσώματα. Πόσα χρωμοσώματα θά υπάρχουν σέ ώριμο ώάριο; Πόσα σέ σπερματοζώαριο;
3. Σέ μία κανονική σπερματογένεση, όπου όλα τά κύτταρα έπιζούν, πόσα σπερματοζώαρια θά υπάρχουν από 50 σπερματίδια;
4. Σέ τί διαφέρει ή μίτωση στά ζώα από τή μίτωση στά φυτά;
5. Σέ τί διαφέρει ή μίτωση από τή μείωση;
6. Τί είναι ή διπλή γονιμοποίηση στά φυτά;

#### Έφαρμογές γιά άσκηση.

1. Στόν άνθρωπο ένας τύπος μωλπίας εξαρτάται από τό κυρίαρχο γονίδιο Μ. Νά παραστήσετε γραφικά μέ χρήση χρωμοσωμάτων μία διασταύρωση μεταξύ μιάς γυναίκας μέ μωυπία σέ έτεροζύγωτη κατάσταση (Μμ) καί ενός κανονικού άνδρα (μμ). Νά δείξετε τά είδη των γαμετών που παράγει κάθε άτομο καί νά αναφέρετε τό αποτέλεσμα τής διασταύρωσης.
2. Στόν άνθρωπο, ένα είδος πολύποδα εξαρτάται από τό κυρίαρχο γονίδιο Α καί μία νευρική άδίαθεση, γνωστή ως σύνδρομο του Χάντινγκτον, καθορίζεται από τό κυρίαρχο γονίδιο Η. Ένας άνδρας μέ γενότυπο ΑαΗη νυμφεύεται μία γυναίκα μέ γενότυπο ααΗη. Υποθέστε ότι τά γονίδια Α καί Η βρίσκονται σέ μη όμόλογα χρωμοσώματα. Νά παραστήσετε μέ διάγραμμα τή διασταύρωση καί νά δείξετε τήν άναλογία των παιδιών που άναμένεται νά έχουν τή μία ή τήν άλλη άνωμαλία ή καί τίς δύο ή καμιά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΓΟΝΙΔΙΩΝ

#### 4.1 Γενικά

“Έγινε κατανοητό από τὰ προηγούμενα ὅτι δέν κληρονομοῦνται τὰ γνωρίσματα «αὐτὰ καθ’ ἑαυτὰ» ὅπως τὰ βλέπομε στὰ διάφορα ἄτομα, ἀλλὰ οἱ κληρονομικὲς μονάδες (γονίδια) εἶναι ἐκεῖνες, πού μεταβιβάζονται ἀπὸ γενιὰ σὲ γενιὰ καὶ πού ἐλέγχουν τὰ γνωρίσματα. Εἶδαμε, ἐπίσης, ὅτι τὰ γονίδια ἀλληλεπιδροῦν μὲ τὸ περιβάλλον, ἀλλὰ καὶ μεταξύ τους. Στὴν ἐκδήλωση, λοιπόν, ὄλων τῶν γνωρισμάτων (φαινοτύπου) συμμετέχει καὶ ἡ ἀλληλεπίδραση μεταξύ τῶν γονιδίων. Διακρίνομε δύο εἶδη τέτοιων ἀλληλεπιδράσεων: τὴν ἀλληλεπίδραση μεταξύ *ἀλληλομόρφων γονιδίων* καὶ τὴν ἀλληλεπίδραση μεταξύ *μὴ ἀλληλομόρφων γονιδίων*.

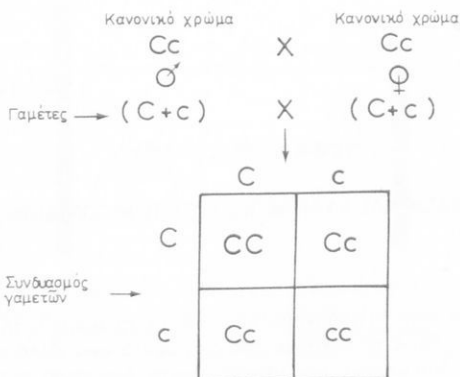
#### 4.2 Ἀλληλεπίδραση μεταξύ ἀλληλομόρφων γονιδίων.

“Ἄς πάρουμε ἓνα ζευγάρι ἀλληλομόρφων γονιδίων, ἔστω τὸ Αα. Ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 3.7β, ἓνα ἄτομο μπορεῖ νὰ ἔχει ἓναν ἀπὸ τοὺς τρεῖς συνδυασμούς: ΑΑ, Αα ἢ αα. Κάθε συνδυασμὸς ἐλέγχει καὶ μιὰ χωριστὴ μορφή τοῦ γνωρίσματος. Ἡ μορφή πού θὰ πάρει τὸ γνῶρισμα τελικὰ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν τρόπο πού ἀλληλεπιδροῦν τὰ δύο ἀλληλομόρφα γονίδια Α καὶ α. Στὴν προκειμένη περίπτωση ὑπάρχουν οἱ παρακάτω τρεῖς τρόποι:

##### *α) Πλήρης κυριαρχία.*

Ἡ δράση τοῦ γονιδίου Α νὰ ἐπισκιάζει τὴ δράση τοῦ γονιδίου α, ὁπότε τὸ Α εἶναι κυρίαρχο καὶ τὸ α ὑποτελές (Α>α). Ὁ τρόπος αὐτὸς ἀλληλεπιδράσεως καλεῖται *πλήρης κυριαρχία*. Ὡς παράδειγμα ἀναφέρομε τὴν κληρονόμηση τοῦ *ἀλβινισμοῦ* στὸν ἄνθρωπο (σχ. 4.2α). “Ἐνα κυρίαρχο γονίδιο C εἶναι υπεύθυνο γιὰ τὴν ἐκδήλωση τοῦ χρώματος, ἐνῶ τὸ ὑποτελές c γιὰ τὴν ἐκδήλωση τοῦ ἀλβινισμοῦ. Ἀπὸ τοὺς τρεῖς δυνατοὺς γενότυπους CC, Cc, cc, οἱ δύο πρῶτοι θὰ παρουσιάσουν κανονικὸ χρωματισμὸ καὶ ὁ τελευταῖος ἀλβινισμὸ. Παραδεχόμεστε δηλαδή ὅτι τὸ γονίδιο C παράγει τὴν ἴδια ποσότητα χρωμογόνου εἴτε σὲ ἀπλή δόση (C) εἴτε σὲ διπλή (CC). Τὰ ἑτεροζύγωτα ἄτομα Cc συνεπῶς θὰ ἔχουν τὸν ἴδιο χρωματισμὸ μὲ τὰ

ομοζύγωτα άτομα Cc. "Αν διασταυρώσουμε δύο έτεροζύγωτα άτομα Cc κατά τό παρακάτω σχήμα:



θά έχουμε τέσσερις γενότυπους: CC, Cc, Cc, cc, πού δίνουν δύο μόνο φαινότυπους στην αναλογία 3 κανονικού χρώματος πρός 1 άλβινό άτομο, έπειδή:

CC → δίνει κανονικό χρώμα	}	3
Cc → δίνει κανονικό χρώμα		
Cc → δίνει κανονικό χρώμα		
cc → δίνει άλβινισμό		1

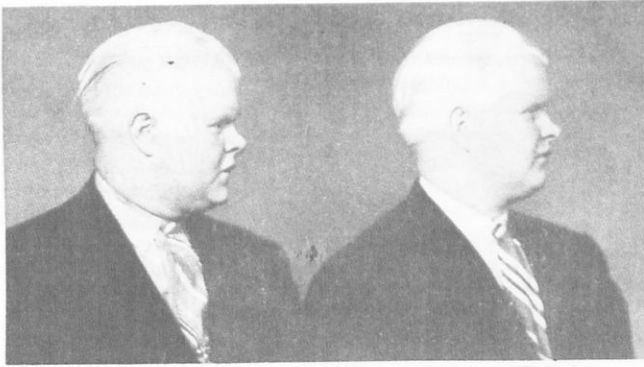
Στήν περίπτωση λοιπόν τής πλήρους κυριαρχίας ή διάσπαση δύο έτεροζυγώντων ατόμων δίνει τήν αναλογία 3:1, δηλαδή τά 3/4 τών άπογόνων θά έχουν τό κυρίαρχο γνώρισμα καί τό 1/4 τό ύποτελές.

#### **Ύποτελή θανατηφόρα γονίδια.**

Μερικά γονίδια έχουν τόσο σοβαρή επίδραση στόν οργανισμό πού τά φέρει, ώσπε προκαλοϋν τό θάνατο. Τά γονίδια αυτά όνομάζονται **θανατηφόρα**. "Αν ένα θανατηφόρο γονίδιο είναι κυρίαρχο, συνήθως έκδηλώνεται άμέσως, όποτε τό άτομο-φορέας πεθαίνει καί τό γονίδιο άπομακρύνεται από τόν πληθυσμό. "Αν όμως τό θανατηφόρο γονίδιο είναι ύποτελές, είναι δυνατόν νά διατηρηθεί σέ έτεροζύγωτη κατάσταση χωρίς νά μπορεί νά έκδηλωθει, όποτε τό έτεροζύγωτο άτομο είναι φορέας του. "Όταν τώρα διασταυρωθούν δύο φορείς, τό ένα τέταρτο τών άπογόνων θά φέρει τό γονίδιο αυτό σέ ομοζύγωτη κατάσταση καί τότε μπορεί νά προκαλέσει τό θάνατο.

Ύποτελή θανατηφόρα γονίδια είναι γνωστό ότι υπάρχουν τουλάχιστον 27 στίς άγελάδες. Μερικά άπ' αυτά έχουν διαδοθεί άρκετά μέ τήν τεχνητή σπερματέγχυση. Οι 13 άνωμαλίες άπό τίς 27 αναφέρονται στό σχηματισμό τών όστών. Στίς περισσότερες περιπτώσεις τά όστά έμφανίζουν έλαττωματική ανάπτυξη. Τά μοσχάρια «μπουλντώκ» (σχ. 4.2β) είναι ή πιο γνωστή άνωμαλία πού όφείλεται σέ θανατηφόρα γονίδια στίς άγελάδες. Περιγράφηκαν γιά πρώτη φορά στή Γερμανία





Σχ. 4.2α.

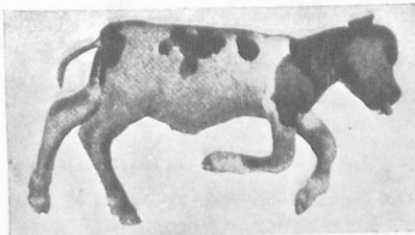
Μονοζύγωτα δίδυμα με άλβινισμό που όφειλεται σε ύποτελές γονίδιο.

τό 1869. Άλλο παράδειγμα ύποτελοϋς θανατηφόρου γονιδίου είναι ή εκ γενετῆς ἔλλειψη τριχώματος, ὅπως φαίνεται στό σχῆμα 4.2γ.



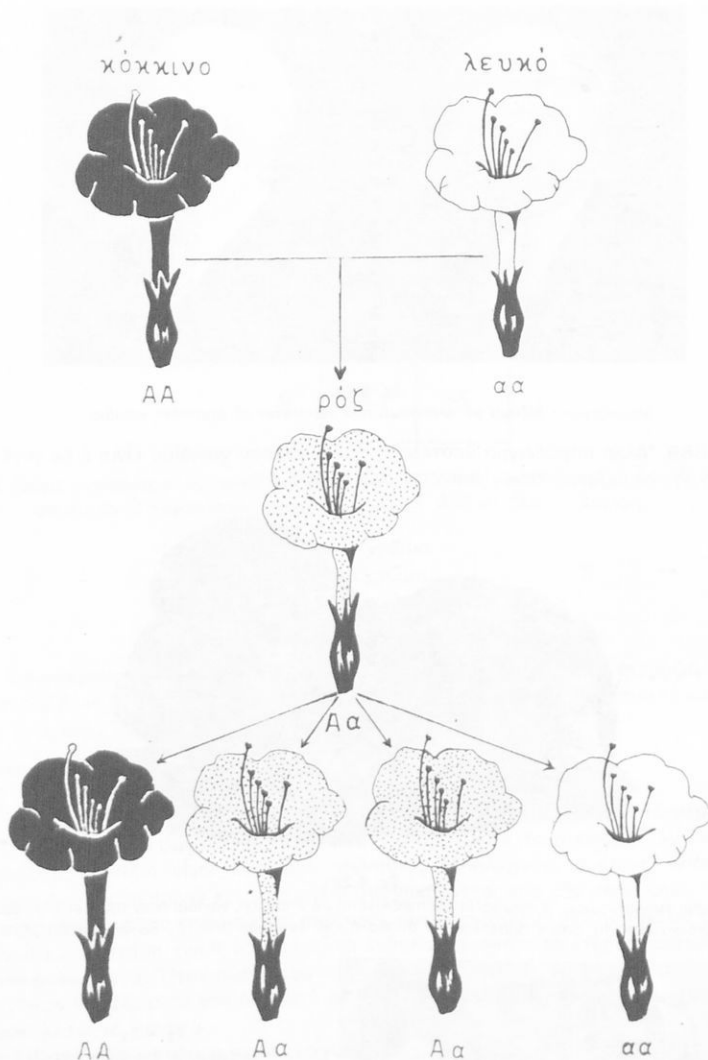
Σχ. 4.2β.

Μοσχάρι «μπουλντῶκ». Ἡ ἀνωμαλία αὐτή όφειλεται σε ύποτελές γονίδιο όταν βρίσκεται σε ὁμοζύγωτη κατάσταση, ὅποτε προκαλεῖ τήν ἀποβολή τοϋ ἔμβρύου ἀπό τόν 6ο ὡς τόν 8ο μήνα.



Σχ. 4.2γ

Ἐλλειψη τριχώματος στά μοσχάρια. Ἡ ἀνωμαλία όφειλεται σε ύποτελές γονίδιο καί ἐπιφέρει τό θάνατο.



Σχ. 4.26.

Τό χρώμα τών λουλουδιών στό φυτό *Mirabilis jalapa* κληρονομείται από δύο αλληλόμορφα γονίδια, πού δρούν άθροιστικά, έκδηλώνουν δηλαδή μερική κυριαρχία ή ήμικυριαρχία.

### β) Ήμικυριαρχία ή μερική κυριαρχία.

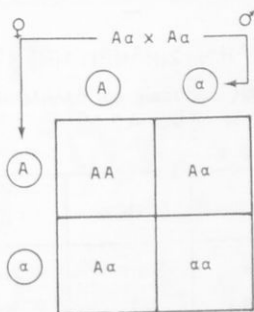
Ο δεύτερος τρόπος αλληλεπίδρασης δύο αλληλομόρφων γονιδίων (A, a) είναι η περίπτωση κατά την οποία η δράση του ενός γονιδίου A προστίθεται στη δράση του άλλου γονιδίου a, δηλαδή τα δύο γονίδια δροῦν άθροιστικά. Τά γονίδια τότε λέγονται **μερικῶς κυρίαρχα** ή **ήμικυρίαρχα** και συμβολίζονται ὡς (A + a). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ή κληρονόμηση του χρώματος τῶν λουλουδιῶν στο φυτό *Mirabilis Jalapa* (σχ. 4.2δ). Παραδεχόμεστε ότι τό αλληλόμορφο a δέν συμβάλλει καθόλου στο χρωματισμό του λουλουδιού, ὅποτε λέμε ότι ή συμβολή του είναι μηδέν, δηλαδή  $a = 0$ . Τό αλληλόμορφο A δεχόμεστε ότι συμβάλλει στο χρωματισμό κατά δύο τόνους, ὅποτε  $A = 2$ . Οι τρεῖς γενότυποι συνεπῶς θά λάβουν τῖς ἑξῆς τιμές, τόνους κόκκινου χρώματος:

$$\begin{aligned} aa &= 0 + 0 = 0 \text{ (δηλαδή χωρίς χρώμα, ἄρα ἄσπρο)} \\ Aa &= 2 + 0 = 2 \text{ (πού δίνει τό ρόζ χρώμα)} \\ AA &= 2 + 2 = 4 \text{ (πού δίνει τό κόκκινο χρώμα)} \end{aligned}$$

Όταν διασταυρώνομε λοιπόν ένα φυτό μέ κόκκινα λουλούδια μέ ένα άλλο φυτό, πού φέρει λεκά λουλούδια ( $AA \times aa$ ), στην πρώτη γενιά θά πάρομε μονοϋβρίδια, Aa, ὅλα ρόζ. Διασταυρώνοντας τώρα δύο ρόζ λουλούδια, ἔχομε:

- 1 AA, φυτό μέ κόκκινα λουλούδια
- 2 Aa, φυτά μέ ρόζ λουλούδια
- 1 aa, φυτό μέ λεκά λουλούδια

Δηλαδή αναλογία διασπάσεως 1:2:1, ὅπως προκύπτει καί από τό σχῆμα 4.2ε.



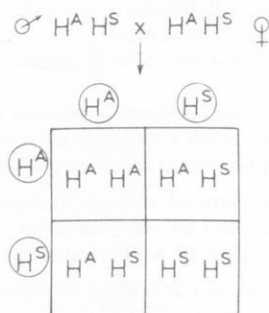
Σχ. 4.2ε.

### γ) Συγκυριαρχία.

Ο τρίτος τρόπος, πού αλληλεπιδροῦν τά δύο αλληλόμορφα γονίδια A, a, είναι ὁ ἑξῆς: τό καθένα αλληλόμορφο δρᾷ ανεξάρτητα από τό άλλο καί παράγει διαφορετικό προϊόν (ένζυμο), ὅποτε, όταν δροῦν καί τά δύο μαζί, παράγουν καί τά δύο προϊ-

όντα τους. Τότε λέμε ότι τα γονίδια είναι **συγκυρίαρχα** και τα συμβολίζουμε ως ( $A \neq a$ ). Παράδειγμα συγκυριαρχίας ή κληρονομηση της **δρεπανοκυτταρικής αναιμίας** στον άνθρωπο (σχ. 4.2στ). Η κατάσταση αυτή ελέγχεται από τα δύο αλληλόμορφα  $H^A$  και  $H^S$ . Το γονίδιο  $H^A$  παράγει κανονική αιμογλοβίνη, που είναι γνωστή ως A, το δέ  $H^S$  παράγει την αιμογλοβίνη S, που προκαλεί τη δρεπανοκυτταρική αναιμία. Τα άτομα που υποφέρουν από την άρρώστια αυτή πεθαίνουν σε νεαρή ηλικία. Όσα άτομα έχουν γενότυπο  $H^A H^A$  έχουν όλα τα αιμοσφαίριά τους με την κανονική αιμογλοβίνη S, ενώ τα ετεροζύγωτα άτομα με γενότυπο  $H^A H^S$  έχουν τόσο την αιμογλοβίνη A, όσο και την S. Τα δύο δηλαδή γονίδια έδρασαν χωριστά τό ένα από τό άλλο και σχημάτισαν δύο διαφορετικά προϊόντα, δηλαδή έδρασαν ως συγκυρίαρχα. Τα άτομα αυτά με τίς δύο αιμογλοβίνες εμφανίζουν την άρρώστια σε ένδιάμεση μορφή, αλλά έπιζούν.

Όταν διασταυρωθούν δύο ετεροζύγωτα άτομα, παίρνομε την έξής διάσπαση:

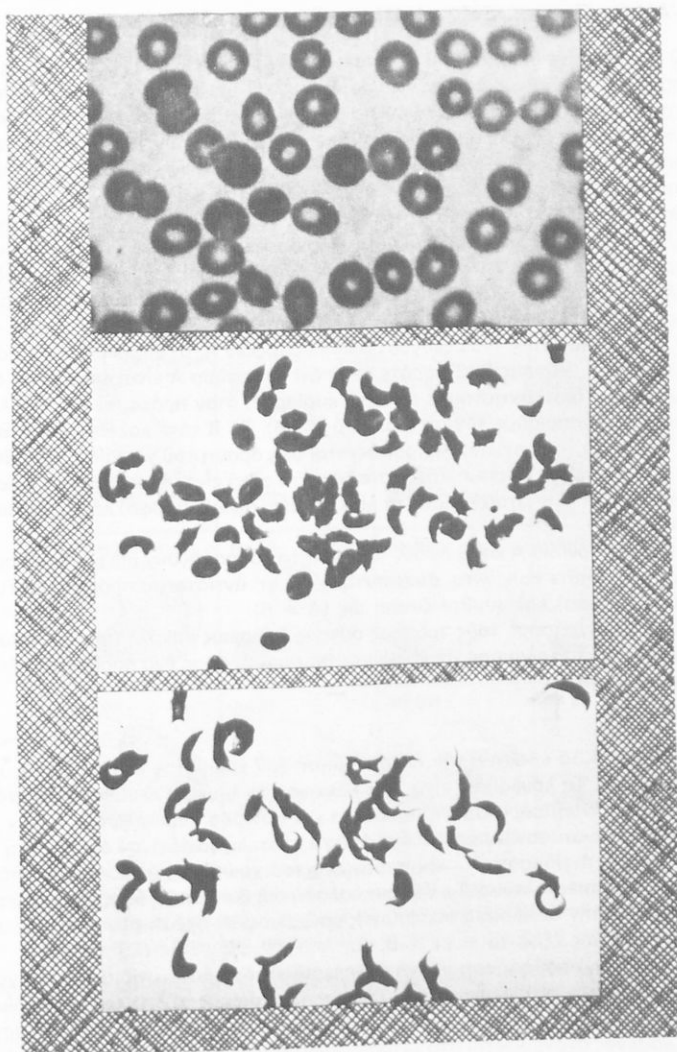


Δηλαδή την αναλογία:

$$1(H^A H^A) : 2(H^A H^S) : 1(H^S H^S)$$

Συνοψίζοντας τούς τρόπους δράσεως και αλληλεπιδράσεως δύο αλληλομόρφων γονιδίων, παραθέτομε τόν πίνακα 4.2.1.

Άλληλεπιδραση	Συμβολισμός	Διάσπαση	Τρόπος δράσεως
Κυριαρχία	$A > a$	3:1	Τό ένα έπισκιάζει τό άλλο
Ήμικυριαρχία	$A \dagger a$	1:2:1	Οί δράσεις προσθέτονται
Συγκυριαρχία	$A \neq a$	1:2:1	Δροῦν χωριστά



Σχ. 4.2στ.

Φωτογραφία ανθρώπινων έρυθρών αιμοσφαιρίων. Πάνω, κανονικά κύτταρα από άτομο με γενότυπο  $H^A H^A$ . Στη μέση, κύτταρα από έτεροζύγωτο άτομο  $H^A H^S$ , στο οποίο άλλα είναι κανονικά και άλλα παραμορφωμένα. Κάτω, κύτταρα από τό όμοζύγωτο  $H^S H^S$ , όλα παραμορφωμένα.

### 4.3 Άλληλεπίδραση μεταξύ μη άλληλομόρφων γονιδίων.

Ο Mendel είχε διαπιστώσει τις βασικές αρχές της γενετικής βασιζόμενος στους τρόπους μεταβιβάσεως άπλων γνωρισμάτων του μπιζελιού. Τά γνωρίσματα αυτά έλέγχονται από άλληλομόρφα γονίδια μέ σχέση κυριαρχίας. Μεταγενέστεροι έρευνήτες άνέφεραν τρόπους κληρονομήσεως γνωρισμάτων, πού φαίνονται ότι δέν άκολουθοΰσαν τούς νόμους του Mendel. Αυτό συνέβαινε γιά δύο κυρίως λόγους: Πρώτα, γιατί υπάρχουν καί συνδεδεμένα γονίδια, τά όποια κληρονομοΰνται ως επί τό πλείστον μαζί καί όχι άνεξάρτητα· ύστερα, γιατί υπάρχουν γνωρίσματα γιά τήν εκδήλωση τών όποίων συνεργάζονται περισσότερο από ένα ζεύγη γονιδίων. Τά συνεργαζόμενα ζεύγη άλληλεπιδροΰν έτσι, ώστε τό ένα ζεύγος νά έπηρεάζει τήν εκδήλωση του άλλου. Δύο ζεύγη δηλαδή έχουν, όπως καί τά άλληλόμορφα, τρείς τρόπους άλληλεπηρεασμού:

1) Τό γονίδιο A π.χ. (του ζεύγους άλληλομόρφων A, α) μπορεί νά έπισκιάζει τό γονίδιο B (του ζεύγους B, β), όποτε λέμε ότι τό γονίδιο A είναι **έπιστατικό** έπάνω στό γονίδιο B (κατ' άντιστοιχία προς τό κυρίαρχο, όταν πρόκειται γιά άλληλόμορφα) καί χρησιμοποιούμε τόν συμβολισμό (A>B). Τό B τότε καλεΐται **ύποστατικό**.

2) Η δράση του γονιδίου A προσθέτεται στη δράση του γονιδίου B, τά δύο δηλαδή γονίδια δροΰν άθροιστικά, όποτε λέμε ότι αυτά είναι **ήμιεπιστατικά** ή **μερικώς έπιστατικά** (κατ' άντιστοιχία προς τά ήμικυρίαρχα άλληλόμορφα) καί συμβολίζονται ως (A + B).

3) Τά δύο γονίδια A καί B δροΰν άνεξάρτητα καί παράγουν διαφορετικά προϊόντα (ένζυμα), όποτε καλοΰνται **συνεπιστατικά** (κατ' άντιστοιχία προς τά συγκυρίαρχα άλληλόμορφα) καί συμβολίζονται ως (A ≠ B).

Γιά νά κατανοήσομε τούς τρόπους αυτούς δράσεως καί άλληλεπιδράσεως τών άσυνδέτων μη άλληλομόρφων γονιδίων, θά παραθέσομε ένα παράδειγμα από κάθε περίπτωση.

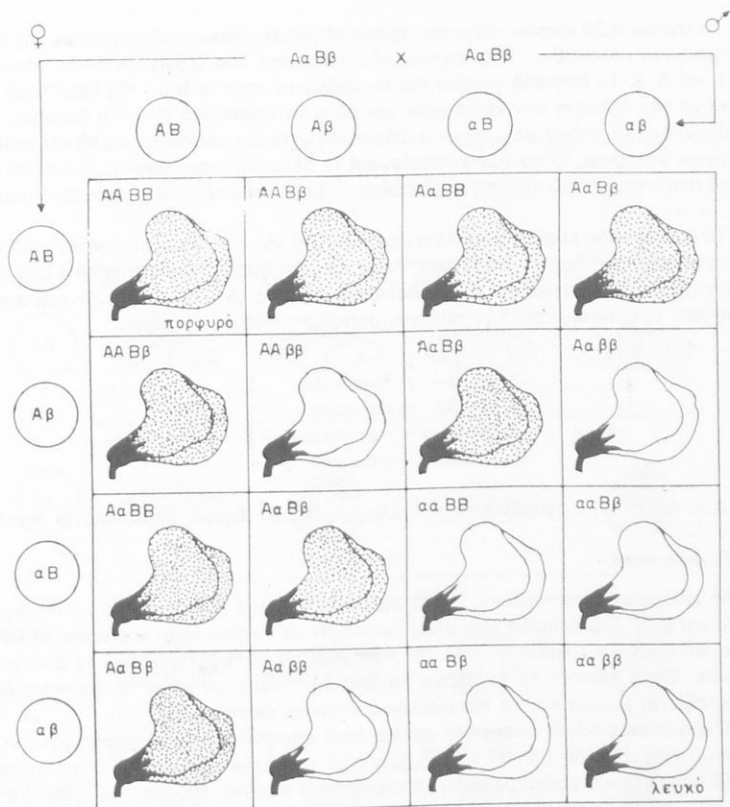
#### α) Έπίσταση.

Τό σχήμα 4.3α έπεξηγεΐ τήν κληρονομηση του χρώματος τών λουλουδιών στά μοσχομπίζελα. Τά λουλούδια είναι είτε κόκκινα είτε λευκά. Γιά νά παραχθει τό κόκκινο χρώμα, είναι άπαραίτητη ή παρουσία καί τών δύο κυρίαρχων γονιδίων A καί B. Σέ όποιο γενότυπο έμφανιστεί ένα από τά ύποτελή γονίδια, σέ όμοζύγωτη όμως κατάσταση, ή αντίδραση γιά τήν παραγωγή του χρώματος διακόπτεται, όποτε τό λουλούδι παραμένει λευκό. Τό γονίδιο δηλαδή α ή β σέ διπλή δόση δρα έπιστατικά καί διακόπτει τήν αντίδραση παραγωγής χρώματος. Η σχέση τών γονιδίων αυτών συμβολίζεται ως εξής: (α = β) > B, A.

Άπαραίτητη προϋπόθεση γιά νά άλληλεπιδράσουν δύο γονίδια είναι τά γονίδια αυτά νά έλέγχουν τό ίδιο γνώρισμα. Στο παράδειγμά μας τά δύο ζεύγη γονιδίων δίνουν μέ τήν αυτογονιμοποίηση ενός διϋβριδίου 16 γενοτυπικούς συνδυασμούς, πού ό καθένας αναγράφεται στό τετραγωνίδιο του σχήματος. Οι συνδυασμοί αυτοί συνοψίζονται ως εξής:

9	A—B—	→ πορφυρό χρώμα}	9
3	A—ββ	→ λευκό χρώμα	}
3	ααB—	→ λευκό χρώμα	
1	ααββ	→ λευκό χρώμα	

Έπιστατικά ( $a=\beta$ ) > B, A 9:7



Σχ. 4.3α.

Κληρονόμηση του χρώματος των λουλουδιών στα μωσχόμπιζελα. Το κόκκινο (πορφυρό) χρώμα απαιτεί την παρουσία και των δύο κυρίαρχων γονιδίων A, B. Ένα ύποτελές όμως γονίδιο σε δμοζυγωτία διακόπτει την παραγωγή του χρώματος και κάνει τα λουλούδια λευκά.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι η αναμενόμενη αναλογία 9:3:3:1 έχει μετατραπεί στην αναλογία 9:7 λόγω της επίστασεως του οποιοδήποτε δμοζύγωτου ύποτελους πάνω σ' ένα από τα κυρίαρχα. Άνάλογα μέ τον τρόπο πού δρούν έπιστατικά τά γονίδια, οι αναλογίες πού βρέθηκαν σε διάφορες περιπτώσεις ήταν οι έξης: 9:3:4, 12:3:1, 13:3 και 15:1. Ήταν αυτές οι διασπάσεις πού έκαναν τούς έρευνητές στην άρχή νά άμφιβάλλουν γιά τήν παγκοσμιότητα τών νόμων τού Mendel. Είδαμε όμως ότι οι γενοτυπικοί συνδυασμοί άκολουθούν τς βασικές άρχές τού Mendel και παραλάσσουν οι φαινοτυπικές μόνο αναλογίες λόγω τής έπιστάσεως.

### β) Ήμιεπίσταση.

Τό σχήμα 4.3β παρουσιάζει τόν τρόπο κληρονομήσεως τοῦ μεγέθους τῆς διαμέτρου στά κολοκύθια. Ἡ διάμετρος ἐλέγχεται ἀπό δύο ζεύγη γονιδίων, ἔστω τὰ Α, α καί Β, β. Τά ὑποτελή γονίδια δέν συμβάλλουν στήν αὔξηση τῆς διαμέτρου, ὁπότε μέ τήν ἔλλειψη τῶν κυρίαρχων γονιδίων τὰ κολοκύθια γίνονται ἐπίμηκη. Ἄν ὑπάρχει ἕνα κυρίαρχο, μεγαλώνει ἡ διάμετρος κατά μιὰ ποσότητα καί τὰ κολοκύθια γίνονται σφαιρικά. Ὄταν τώρα ὑπάρξει καί τό ἄλλο κυρίαρχο γονίδιο, συντελεῖ καί αὐτό στήν περαιτέρω αὔξηση τῆς διαμέτρου, ὁπότε τὰ κολοκύθια γίνονται δισκοειδή.

Τά δύο δηλαδή κυρίαρχα γονίδια παράγουν τό ἴδιο προϊόν καί ἡ δράση τοῦ ἑνός προσθέεται στή δράση τοῦ ἄλλου. Λέμε τότε ὅτι δροῦν ἡμιεπιστατικά ἢ μερικῶς ἐπιστατικά ἢ ἀθροιστικά καί τὰ συμβολίζομε ὡς ἐξῆς: (Α + Β). Οἱ φαινότυποι συνεπῶς τῶν προϊόντων ἀπό τήν αὐτογονιμοποίηση διῦβριδίου εἶναι:

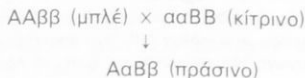
9	Α—Β—	→ δισκοειδή	}	9
3	Α—ββ	→ σφαιρικά	}	6
3	ααΒ—	→ σφαιρικά		
1	ααββ	→ ἐπίμηκες		

Ἄντί λοιπόν τῆς ἀναμενόμενης ἀναλογίας 9:3:31 ἔχομε τήν ἀναλογία 9:6:1.

### γ) Συνεπίσταση.

Τό χρῶμα στά παπαγαλάκια (σχ. 4.3γ) ἐλέγχεται ἀπό δύο ζευγάρια γονιδίων, τό Α, α, καί Β, β. Στό ἐπίπεδο τῶν ἀλληλομόρφων τὰ γονίδια εἶναι κυρίαρχα, δηλαδή Α>α καί Β>β. Τό γονίδιο Α δίνει στά παπαγαλάκια μπλέ χρῶμα, ἐνῶ τό Β κίτρινο χρῶμα. Ὄταν λείπουν τὰ κυρίαρχα γονίδια καί ὑπάρχουν μόνο τὰ ὑποτελή, δέν σχηματίζεται χρῶμα καί τὰ παπαγαλάκια γίνονται ἄσπρα.

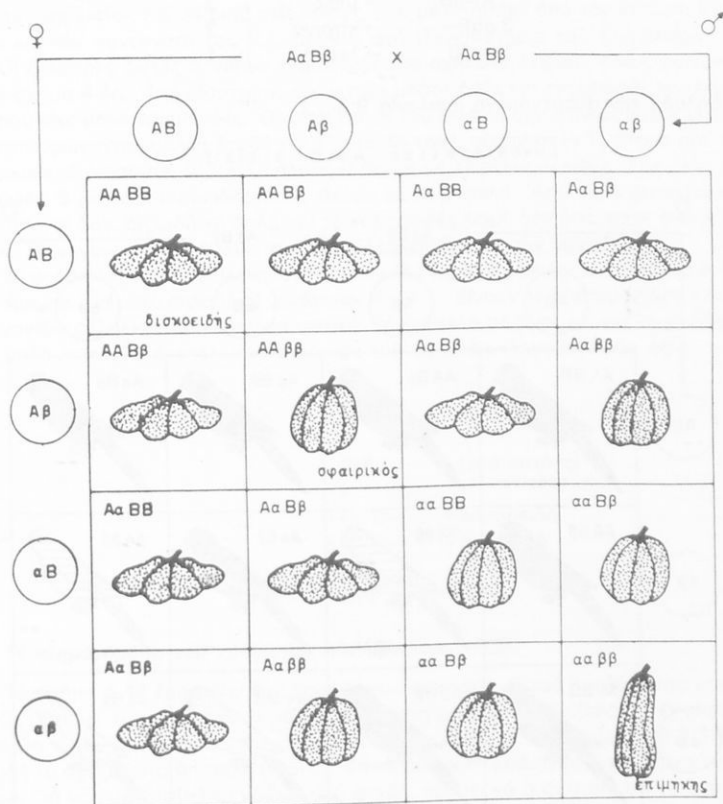
Ὁ γενότυπος ΑΑββ δίνει μπλέ χρῶμα, πού σημαίνει ὅτι τό κυρίαρχο γονίδιο Α παράγει ἐνζυμο, πού ὀδηγεῖ στό σχηματισμό τοῦ μπλέ χρώματος. Ὁ γενότυπος ααΒΒ δίνει κίτρινο χρῶμα, ἐπειδή τό κυρίαρχο Β παράγει ἐνζυμο, πού ὀδηγεῖ στό σχηματισμό τοῦ κίτρινου χρώματος. Διασταυρώνοντας τούς δύο αὐτούς γενότυπους:



παίρνομε στήν F<sub>1</sub> παπαγαλάκια μέ πράσινο χρῶμα. Ὄταν δηλαδή ὑπάρχουν καί τὰ δύο κυρίαρχα γονίδια Α — Β —, τό ἀποτέλεσμα εἶναι πράσινο χρῶμα πού προκύπτει ἀπό τό ἀνάκਾτωμα τοῦ μπλέ καί τοῦ κίτρινου χρώματος. Αὐτό σημαίνει ὅτι τὰ διαφορετικά προϊόντα τῶν δύο γονιδίων συνυπάρχουν καί δίνουν συνδυασμό τῶν δύο χρωμάτων, ὁπότε λέμε ὅτι δροῦν συνεπιστατικά καί τὰ συμβολίζομε ὡς Α ≠ Β. Τό τελικό προϊόν τοῦ κάθε γονιδίου συνδυάζεται μέ τό προϊόν τοῦ ἄλλου γονιδίου καί ἔτσι καί τὰ δύο προϊόντα μαζί δίνουν διαφορετικό ἀποτέλεσμα ἀπό ὅ,τι καθένα χωριστά, χωρίς βέβαια τό ἕνα γονίδιο νά ἐξουδετερώνει τή δράση τοῦ ἄλλου.



Μερικῶς ἐπιτοατικά ἢ ἡμιεπιτοατικά A+B 9:6:1



Σχ. 4.3β.

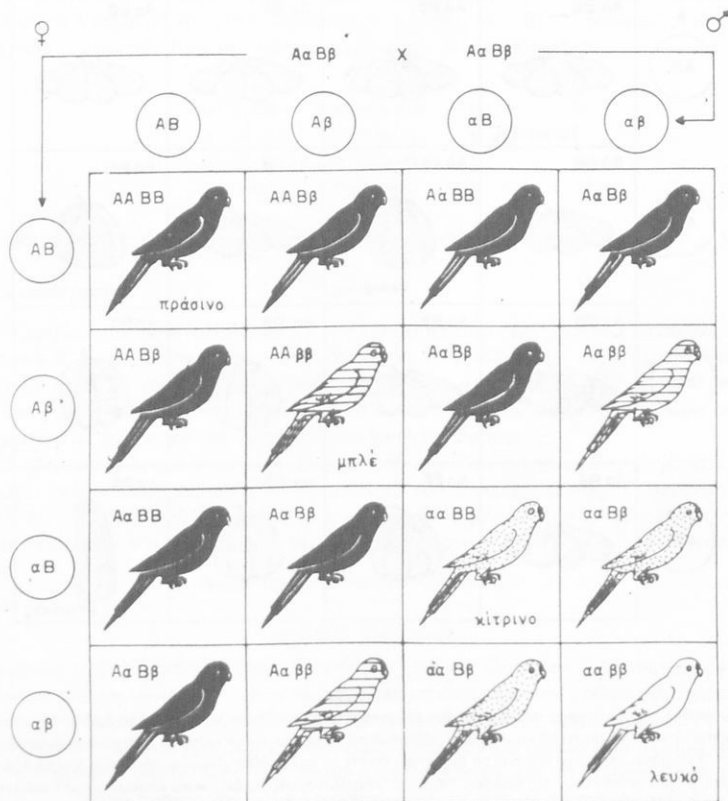
Τό μέγεθος τῆς διαμέτρου στά κολοκύθια ἐλέγχεται ἀπό δύο ζεύγη γονιδίων πού δροῦν ἀθροιστικά (ἡμιεπιτοατικά). Τά ὑποτελή γονίδια δέν αὐξάνουν τή διάμετρο καί γι' αὐτό τά κολοκύθια γίνονται ἐπιμήκη. Ἐνα μόνο κυρίαρχο αὐξάνει τή διάμετρο, ὅποτε τά κολοκύθια γίνονται σφαιρικά. Καί τά δύο κυρίαρχα μαζί προσθέτουν τίς δράσεις τους καί μεγαλώνοντας τή διάμετρο κάνουν τά κολοκύθια δισκοειδή.

Όταν, τώρα διασταυρώνουμε δύο πράσινα παπαγάλια της προηγούμενης F1 (σχ. 4.3γ), παίρνουμε την έξης διάσπαση:

9 A—B—	→ πράσινα	}	9
3 A—ββ	→ μπλέ	}	3
3 ααB—	→ κίτρινα	}	3
1 ααββ	→ λευκό	}	1

Δηλαδή την άναμενόμενη αναλογία 9:3:3:1.

Συνεπιστατικά  $A \neq B$  9:3:3:1



Σχ. 4.3γ.

Κληρονομηση του χρώματος στα παπαγάλια. Το κυρίαρχο γονίδιο A δίνει μπλέ χρώμα, τό B κίτρινο χρώμα, ενώ και τά δύο μαζί πράσινο, γιατί τά γονίδια A και B δρουν συνεπιστατικά.

#### 4.4 Έφαρμογές.

##### α) Η κληρονόμηση του λειριού στις όρνιθες.

Ένα κλασικό παράδειγμα αλληλεπιδράσεως των γονιδίων είναι η κληρονόμηση του σχήματος του λειριού στις κόττες, που μελετήθηκε από τον William Bateson και τον συνεργάτη του R.C. Punnett στο Πανεπιστήμιο του Cambridge.

Οι διάφορες φυλές όρνιθων έχουν διάφορα σχήματα λειριού, όπως φαίνονται στο σχήμα 4.4α. Από διασταύρωση μεταξύ ροδοειδούς και πισοειδούς προέκυψε  $F_1$  που είχε μόνο καρυοειδές. Ο τύπος αυτός του λειριού δεν υπήρχε στους γονείς. Διασταυρώνοντας πολλά άτομα της  $F_1$  μεταξύ τους, πήραν στην  $F_2$  άτομα που εμφάνισαν τη διάσπαση 9:3:3:1 δηλαδή 9 άτομα με λειρί καρυοειδές, 3 με λειρί ροδοειδές, 3 με λειρί πισοειδές, και 1 άτομο με λειρί άπλό. Από τις 4 φαινοτυπικές κλάσεις οι δύο, δηλαδή τό άπλό και τό καρυοειδές λειρί, δεν υπάρχουν στους γονείς. Τό γεγονός αυτό όφείλεται στην αλληλεπίδραση των γονιδίων.

Τό ροδοειδές λειρί όφείλεται στό γονίδιο R, ενώ τό πισοειδές στό γονίδιο P. Καί τά δύο γονίδια μαζί, δηλαδή οι γενότυποι  $R - P -$ , δίνουν λειρί καρυοειδές, επειδή τά γονίδια αλληλεπιδρούν συνεπιστατικά. Τά ύποτελή σε όμοζυγωτία ( $rrpp$ ) δίνουν τό άπλό λειρί. Τά άποτελέσματα λοιπόν του Bateson εξηγούνται ως εξής:

RRpp (ροδοειδές)	×	rrPP	(πισοειδές)
↓			
RrPp			(καρυοειδές)
↓			
9 R—P—	→		καρυοειδή
3 R—pp	→		ροδοειδή
3 rrP—	→		πισοειδή
1 rrPP	→		άπλό.

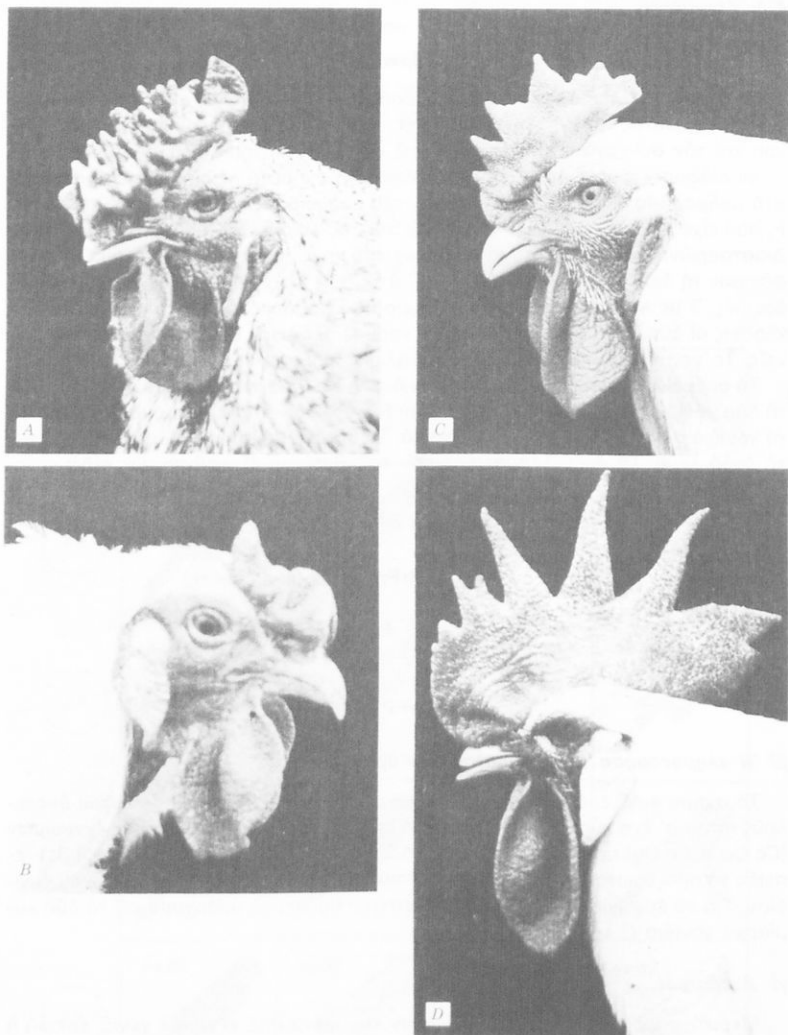
##### β) Η κληρονόμηση του χρώματος των όρνιθων.

Τό σχήμα 4.4β εμφάνίζει ένα παράδειγμα έπιστάσεως του όμοζύγωτου ύποτελοϋς πάνω σ' ένα κυρίαρχο. Από διασταύρωση μεταξύ δύο διϋβριδίων έγχρώμων ( $Cc Oo \times Cc Oo$ ) παίρνομε την αναλογία 9:7 αντί για την αναμενόμενη 9:3:3:1, επειδή τά όμοζύγωτα ύποτελή ( $cc$  ή  $oo$ ) έπισκιαίζουν τή δράση ενός κυρίαρχου γονιδίου. Για νά εμφανισθεϊ τό χρώμα στά φτερά, πρέπει νά υπάρχουν και τά δύο κυρίαρχα γονίδια C και O.

##### γ) Άταβισμός.

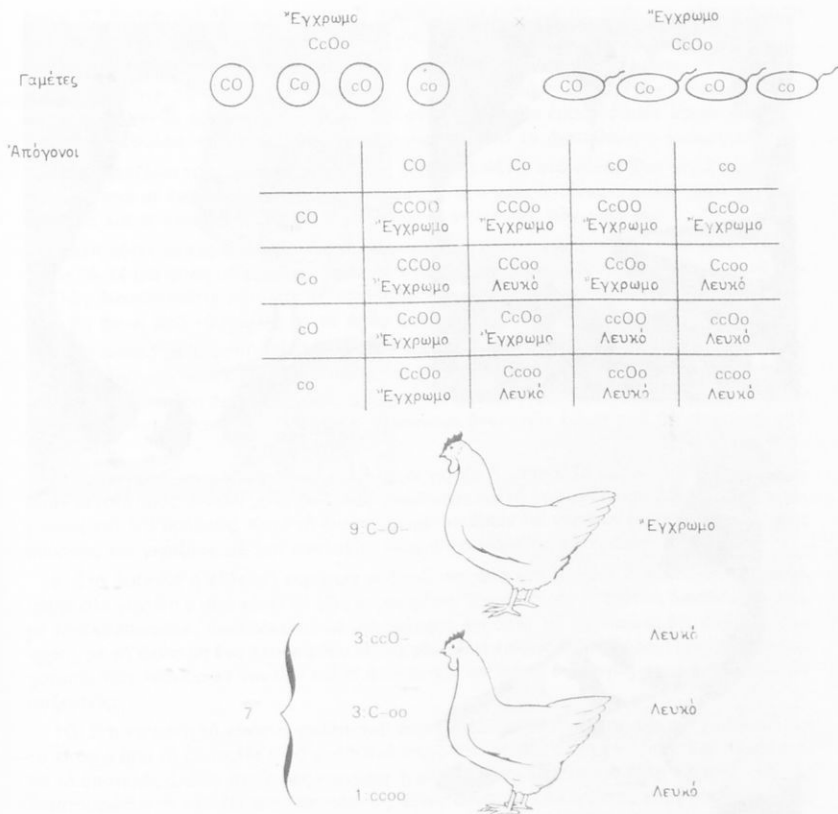
Μερικά γνωρίσματα μπορεί νά μένουν κρυμμένα από γενιά σε γενιά, επειδή η εμφάνιση τους έμποδίζεται από τό φαινόμενο της έπιστάσεως των γονιδίων η από άλλου είδους αλληλεπιδράσεις. Έξαφνα, όμως ένδέχεται νά εμφανισθεϊ ένα γνώρισμα των προγόνων σε μία βελτιωμένη φυλή ζώου η ποικιλία φυτού. Τό φαινόμενο αυτό καλοϋμε **άταβισμό**.

Στό σχήμα 4.4γ παρουσιάζεται μία περίπτωση άταβισμού στα περιστέρια. Τά περιστέρια A και B άντιπροσωπεϋουν δύο βελτιωμένες φυλές, που χρησιμο-



Σχ. 4.4α.

Τύποι λειριού στις κόττες: (Α) ροδοειδές· (Β) πισοειδές· (C) καρυοειδές, πού είναι υβρίδιο μεταξύ του Α και Β· (D) άπλό.



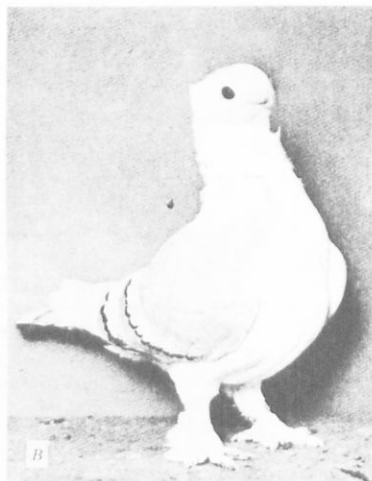
Σχ. 4.4β.

Γιά να εμφανισθεί τό χρώμα στά φτερά νά υπάρχουν καί τά δύο κυρίαρχα γονίδια, γιατί ένα όποιοδή-ποτε όμοζύγωτο όποτελής είναι έπιστατικό σ' ένα από τά κυρίαρχα.

ποιοούνται γιά έπίδειξεις. Διασταυρώνοντας τίς δύο αυτές φυλές παίρνομε μερικές φορές περιστέρια πού μοιάζουν τά άγριοπερίστερα (C). Φαίνεται ότι ένας τυχαίος άνασυνδυασμός του γονιδίου μέ τίς διασταυρώσεις άπομακρύνει τήν έπίδραση των έπιστατικών γονιδίων, πού μέχρι τώρα καταπίεζαν τά προγονικά γνωρίσματα.

#### 4.5 Έφαρμογές γιά άσκήσεις.

1) Ένας έρασιτέχνης περιστεράς είχε μία φυλή περιστεριών πού κληρονομούσε σταθερά ώς πρós τό μήκος του φτερού, πού ήταν 20 cm. Όταν πραγματοποιήσε διασταυρώσεις μέ μίαν άλλη φυλή μέ μήκος φτερών 16 cm, πού τό κληρονομούσε σταθερά, προέκυψαν άπόγονοι μέ μήκος 18 cm. Διασταυρώσεις άνάμεσα σέ περιστέρια μέ 18 cm, έδωσαν άπο- γόνους μέ τά τρία μήκη. Πώς κληρονομείται τό μήκος των φτερών στά περιστέρια;



Σχ. 4.4γ.

2) Στις κόττες διασταυρώσεις που πραγματοποιήθηκαν ανάμεσα σε άτομα με κανονικά και κοντά πόδια έδωσαν τα εξής αποτελέσματα:

	Άπόγονοι με κοντά πόδια	Άπόγονοι με κανονικά πόδια
Κανονικά πόδια x κοντά	48	51
Κοντά πόδια x κοντά	55	28

Πώς κληρονομείται τό μήκος τῶν ποδιῶν;

3) Δύο μαύρα θηλυκά ποντίκια διασταυρώνονται με ένα καστανό. Σε διάφορες γέννες τό ένα από τά δύο θηλυκά έδωσε 9 μαύρους και 8 καστανούς απογόνους, ενώ τό άλλο έ-

δωσε 57 απογόνους δλους μαύρους. Τί συμπέρασμα βγάζομε ώς πρός τήν κληρονόμηση του μαύρου και του καστανού χρώματος στα ποντίκια;

4) Τά φύλλα από τά κουνουπίδια έχουν συνήθως σκούρο πράσινο χρώμα. Ένα ύποτελής γονίδιο κάνει τό φύλλωμα γυαλιστερό, πράγμα ανεπιθύμητο, γιατί τά γυαλιστερά φύλλα προσβάλλονται εύκολα από έντομα. Άν σε ένα σπορείο έμφανισθούν κουνουπίδια μέ γυαλιστερά φύλλα, πώς μπορούμε νά εξαλείψομε αυτό τό ανεπιθύμητο γνώρισμα;

5) Στα μπιζέλια τό ψηλό άνάστημα είναι κυρίαρχο πάνω στο νάνο. Ένα ψηλό φυτό διασταυρώνεται μέ ένα νάνο και παράγει απογόνους, από τούς όποιους οι μισοί έχουν ψηλό άνάστημα και οι μισοί είναι νάνοι. Ποιοί είναι οι γενότυποι τών γονέων;

6) Στίς κότες τό κυρίαρχο γονίδιο R κάνει τό λειρί ροδόμορφο, ένw τό ύποτελής r τό κάνει άπλό. Σε μία φυλή μέ ροδόμορφο λειρί, κάπου κάπου έμφανίζονται πουλιά μέ άπλό λειρί. Πώς δικαιολογείται αυτό και μέ ποιους τρόπους οι έκτροφείς είναι δυνατό νά απαλλάξουν τή φυλή από τά πουλιά μέ τό άπλό λειρί;

7) Τό άσπρο χρώμα του τριχώματος στα πρόβατα όφείλεται σε ένα κυρίαρχο γονίδιο W και τό μαύρο στο ύποτελής w. Μία άσπρη προβατίνα διασταυρώνεται μέ ένα άσπρο κριάρι και γεννά ένα μαύρο άρνι. Έάν από τά δύο αυτά ζώα γεννηθεί ένα δεύτερο άρνι, θά μπορούσε νά είναι άσπρο; Νά γραφοΰν οι γενότυποι όλων τών ζώων που άναφέρονται στο πρόβλημα.

8) Τά ρουμάνικα πρόβατα Τσουρκάνα είναι γκριζα ή μαύρα. Τά μαύρα όταν διασταυρωθούν μεταξύ τους, δίνουν μόνο μαύρους απογόνους και τά γκριζα δίνουν 2/3 γκριζους απογόνους και 1/3 μαύρους. Κατά τή διασταύρωση μαύρων και γκριζων παίρνομε απογόνους μαύρους και γκριζους σε ίση αναλογία. Πώς κληρονομείται τό χρώμα;

9) Στα βοοειδή ή έλλειψη κεράτων καθορίζεται από ένα γονίδιο P που είναι κυρίαρχο πάνω στο γονίδιο p που κάνει τά ζώα κερασφόρα. Ένας άκέρατος ταύρος διασταυρώνεται μέ δύο κερασφόρες άγελάδες και μέ μία άκέρατη και δίνει: μέ τήν πρώτη ένα άκέρατο μοσχάρι, μέ τή δεύτερη ένα κερασφόρο και μέ τήν τρίτη έπίσης κερασφόρο. Ποιοί είναι οι γενότυποι τών τεσσάρων γονέων και τί απογόνους και ποιές αναλογίες περιμένομε από τίς συζεύξεις;

10) Στη ντομάτα τό κόκκινο χρώμα του καρπού έλέγχεται από τό κυρίαρχο γονίδιο R και τό κίτρινο από τό ύποτελής r. Τό ψηλό άνάστημα από τό κυρίαρχο γονίδιο D και τό νάνο από τό ύποτελής d. Δύο σταθερές ποικιλίες, ή μία κίτρινη - ψηλή και ή άλλη κόκκινη - νάνος, διασταυρώθηκαν και έδωσαν απογόνους. Είναι δυνατόν έπιλέγοντας τούς απογόνους νά δημιουργήσομε δύο νέες σταθερές ποικιλίες, μία κόκκινη - ψηλή και μία κίτρινη - νάνο; Ποιά από τίς δύο ποικιλίες δημιουργείται πιο εύκολα;

11) Στα καρπούζια τό χρώμα μπορεί νά είναι πράσινο ή ραβδωτό και τό σχήμα σφαιρικό ή έπίμηκες. Ένα φυτό όμοζύγωτο μέ έπίμηκες και πράσινους καρπούς διασταυρώνεται μέ ένα όμοζύγωτο μέ καρπούς σφαιρικούς και ραβδωτούς. Τά φυτά τής  $F_1$  είχαν όλα καρπούς σφαιρικούς και πράσινους. Τά φυτά τής  $F_2$  ήταν τεσσάρων τύπων ως προς τό σχήμα και τό χρώμα τών καρπών και οι αναλογίες ήταν: 9 σφαιρικά - πράσινα προς 3 σφαιρικά - ραβδωτά προς 3 έπίμηκη - πράσινα προς 1 έπίμηκες - ραβδωτό. Πόσα ζεύγη γονιδίων ύπείσρχονται στην κληρονόμηση τών παραπάνω χαρακτηριστικών και ποιά γονίδια είναι κυρίαρχα; Τί άποτελέσματα άναμένονται στην  $F_1$  και  $F_2$ , εάν διασταυρώσομε όμοζύγωτα σφαιρικά - πράσινα μέ όμοζύγωτα έπίμηκη - πράσινα;

12) Στίς κότες τό μαύρο χρώμα έπηρεάζεται από τό κυρίαρχο γονίδιο E και τό κόκκινο από τό ύποτελής e. Η ύπαρξη λειριού όφείλεται στο κυρίαρχο γονίδιο C, ένw ή έλλειψη στο ύποτελής c. Ένας πετεινός κόκκινος μέ λειρί, διασταυρώνεται μέ μία κότα μαύρη και χωρίς λειρί. Άποκοΰν πολλούς απογόνους, οι μισοί από τούς όποιους είναι μαύροι μέ λειρί και οι

μισοί κόκκινοι μέ λειρί. Ποιοί είναι οι γενότυποι τῶν γονέων;

13) Στά κουνέλια τό μαῦρο χρώμα όφείλεται στό κυρίαρχο γονίδιο Β καί τό καστανό στό ύποτελές b. Τό κοντό τρίχωμα όφείλεται στό κυρίαρχο γονίδιο L καί τό μακρύ στό ύποτελές l. Δύο ζῶα όμοζύγωτα τό ένα μέ μαῦρο - κοντό τρίχωμα καί τό άλλο μέ καστανό - μακρύ διασταυρώθηκαν καί έδωσαν άπογόνους. Οι άπόγονοι διασταυρώθηκαν μεταξύ τους καί έδωσαν τήν F<sub>2</sub> γενιά. Ποιοί είναι οι γενότυποι καί οι φαινότυποι τῆς F<sub>1</sub> καί F<sub>2</sub> γενιάς; "Αν τά δύο όμοζύγωτα ζῶα ήταν τό ένα μέ μαῦρο - μακρύ τρίχωμα καί τό άλλο μέ καστανό - κοντό τρίχωμα, ποιά θά ήταν τά άποτελέσματα στήν F<sub>1</sub> καί F<sub>2</sub> γενιάς;

14) Στά άλογα τό μαῦρο χρώμα όφείλεται στό κυρίαρχο γονίδιο Β καί τό καστανό στό ύποτελές b. Τό βάδισμα ύπό μορφή καλπασμοῦ όφείλεται στό κυρίαρχο γονίδιο Ρ καί τό κανονικό στό ύποτελές ρ. "Ένα μαῦρο άλογο μέ κανονικό βάδισμα διασταυρώνεται μέ ένα καστανό, πού καλπάζει καί γεννοῦν ένα πουλάρι καστανό μέ κανονικό βηματισμό. Ποιοί είναι οι γενότυποι τῶν γονέων καί τοῦ πουλαριοῦ;

15) Στόν άνθρωπο τά καστανά μάτια όφείλονται στό κυρίαρχο γονίδιο Β καί τά γαλανά στό ύποτελές b. "Ένα άλλο κυρίαρχο γονίδιο R κάνει τά μαλλιά μαῦρα καί τό ύποτελές r κόκκινα. "Ένας άνδρας μέ καστανά μάτια καί κόκκινα μαλλιά νυμφεύεται μία γυναίκα μέ γαλανά μάτια καί μαῦρα μαλλιά. "Αποκτοῦν ένα παιδί μέ καστανά μάτια καί κόκκινα μαλλιά καί ένα μέ γαλανά μάτια καί μαῦρα μαλλιά. Ποιοί είναι οι γενότυποι τῶν γονέων καί τῶν παιδιῶν;

16) Στά σκυλιά τό κυρίαρχο γονίδιο Β είναι ύπεύθυνο γιά τό μαῦρο χρώμα καί τό ύποτελές b γιά τό καστανό. "Ένα άλλο κυρίαρχο γονίδιο l έμποδίζει τήν έκδήλωση τοῦ χρώματος σέ τρόπο ώστε παρουσία του τά ζῶα νά είναι λευκά. Χρώμα έκδηλώνεται μόνον όταν ύπάρχει τό ύποτελές γονίδιο. Δύο ζῶα μέ τό γενότυπο Bb ll διασταυρώνονται. Νά βρεθοῦν οι φαινοτυπικές άναλογίες τῶν άπογόνων.

17) Στίς κότες όταν διασταυρώθηκαν δύο φυλές ή μία μέ φτερά στίς κνήμες καί ή άλλη χωρίς φτερά, έδωσαν στήν F<sub>1</sub> όλους τούς άπογόνους μέ φτερά καί στήν F<sub>2</sub> 336 άπογόνους μέ φτερά καί 24 χωρίς φτερά. Πώς κληρονομεῖται τό γνώρισμα;



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΩΝ

#### 5.1 Τά ποιοτικά καί τά ποσοτικά γνωρίσματα.

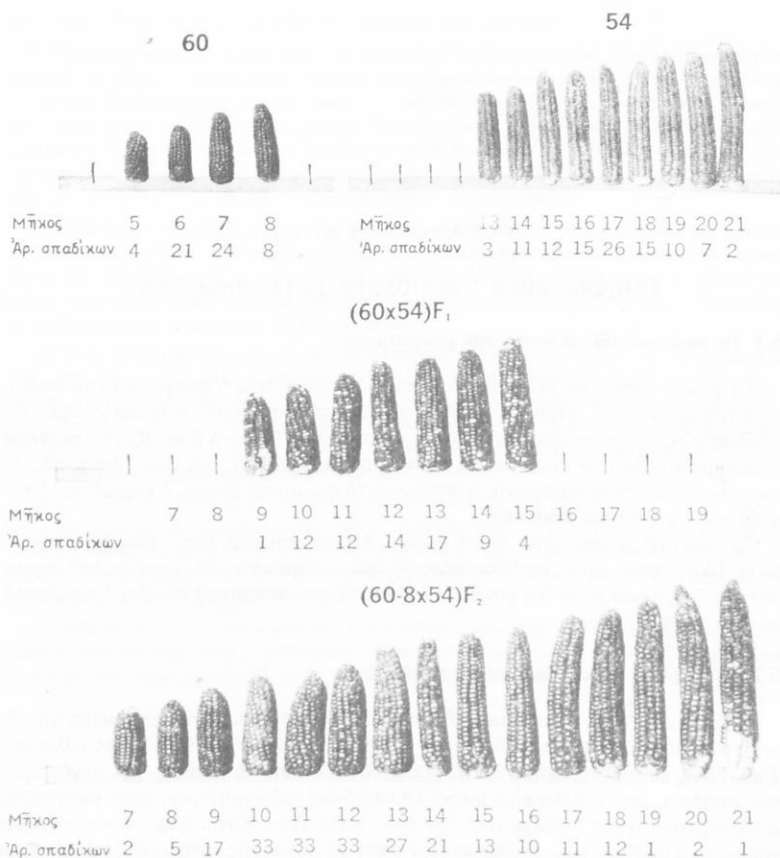
Τά γνωρίσματα πού μελέτησε ὁ Mendel, ὅπως ἡ λέια ἢ συρρικνωμένη ἐπιφάνεια τοῦ σπόρου, τό κίτρινο ἢ πράσινο χρώμα του, τό κόκκινο ἢ λευκό χρώμα τῶν λουλουδιῶν, ἔχουν ποιοτικές διαφορές μεταξύ τους. Γι' αὐτό ὀνομάζονται **ποιοτικά** γνωρίσματα. Ἐνῶ τά γνωρίσματα ἐκεῖνα πού ἐμφανίζονται ποσοτικές διαφορές, ὅπως εἶναι ἡ γαλακτοπαραγωγή, ἡ ἀπόδοση, τό σωματικό βάρος, ἡ εὐρωστία, ἡ εὐφύια κλπ., καλοῦνται **ποσοτικά**.

Τά ποιοτικά γνωρίσματα, ὅπως εἶδαμε, ἐλέγχονται ἀπό ἓνα ἢ δύο ζεύγη γονιδίων. Τά ποσοτικά ὁμῶς γονίδια, ὅπως θά δοῦμε παρακάτω, ἐλέγχονται ἀπό περισσότερα ζεύγη γονιδίων. Τά γονίδια αὐτά καλοῦνται **πολυμερῆ** γονίδια ἢ **πολλαπλά** γονίδια ἢ **πολυγονίδια**.

#### 5.2 Τά πειράματα τοῦ East μέ τό καλαμπόκι.

Ὁ East μελέτησε στήν Ἀμερική τόν τρόπο μέ τόν ὁποῖο κληρονομεῖται τό μήκος τοῦ σπάδικα στό καλαμπόκι, πρὸς τοῦτο διεσταύρωσε δύο ποικιλίες καλαμποκιοῦ, ὅπως δείχνει τό σχῆμα 5.2α. Ἡ μία ποικιλία, ἀπό τό Μεξικό, εἶχε μεγάλο μήκος σπάδικα, ἐνῶ ἡ ἄλλη εἶχε μικρό. Οἱ σπάδικες ταξινομήθηκαν κατὰ κατηγορίες (κλάσεις) πού ἡ μία διέφερε ἀπό τήν ἄλλη κατὰ 1cm. Κάτω ἀπό κάθε κατηγορία γράφεται ὁ ἀριθμός τῶν σπαδικῶν πού εἶχαν τό μήκος τῆς κατηγορίας αὐτῆς. Ἔτσι π.χ., στόν πρῶτο γονέα βλέπομε ὅτι βρέθηκαν 4 σπάδικες μέ μήκος 5 cm, 21 σπάδικες μέ μήκος 6 cm κ.ο.κ. Κάθε μία ἀπό τίς δύο αὐτές ποικιλίες παρουσιάζει κάποια παραλλακτικότητα στό μήκος τοῦ σπάδικα. Τό μέσο μήκος τοῦ σπάδικα ἦταν στή μέν μία ποικιλία 6,6 cm στή δέ ἄλλη 16,8 cm.

Τά φυτά τῆς  $F_1$  γενιάς εἶχαν σπάδικες μέ μήκος ἐνδιάμεσο, τό ὁποῖο κυμαίνονταν μεταξύ τῶν τιμῶν τῶν δύο γονέων, ὅπως δηλαδή συνέβαινε καί στά ποιοτικά γνωρίσματα μέ ἔλλειψη κυριαρχίας. Στά φυτά τῆς  $F_2$  θά περιμέναμε ἕστερα ἀπ' αὐτό οἱ σπάδικες νά ἐμφανίσουν διάσπαση στήν ἀναλογία 1: 2:1. Δέν ἔδωσαν ὁμῶς εὐδιάκριτες κατηγορίες μήκους, ἀλλά μία συνεχῆ παραλλακτικότητα μέ μέσο ὄρο ἴσο μέ τό μέσο ὄρο τῆς  $F_1$ . Τό εὖρος ὁμῶς στήν  $F_2$  ἦταν πολύ μεγαλύτερο ἀπό ἐκεῖνο τῆς  $F_1$ . Παρατηρήθηκαν δηλαδή φυτά, πού εἶχαν τόσο κοντούς σπάδικες, ὅσο καί ὁ κοντότερος ἀρχικός γονέας, καί φυτά πού εἶχαν τόσο μακρεῖς σπάδικες, ὅσο καί ὁ γονέας μέ τούς μακρεῖς σπάδικες. Ὑπῆρχαν ἐπίσης φυτά μέ μήκος σπά-



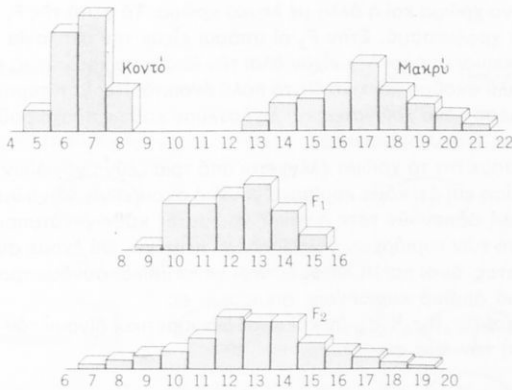
Σχ. 5.2α

Ἡ κληρονόμηση τοῦ μήκους τοῦ σπάδικα στό καλαμπόκι, Διασταυρώθηκαν δύο ποικιλίες μέ διαφορετικό μήκος σπάδικα. Ἐπάνω φαίνεται τό εὖρος τοῦ μήκους στοῦς δύο γονεῖς, στή μέση τό εὖρος τῆς F<sub>1</sub>, καί κάτω τό εὖρος σπάδικα στά φυτά τῆς F<sub>2</sub>.

δিকা πού μπορούσε νά ἀνήκει σ' ὄλες τίς ἐνδιάμεσες κατηγορίες. Οἱ συχνότητες κάθε κλάσεως παρουσιάζονται γραφικά στό σχῆμα 5.2β.

### 5.3 Διαφορές στήν κληρονόμηση ποιοτικοῦ καί ποσοτικοῦ γνωρίσματος.

Συγκρίνοντας τήν κληρονόμηση τοῦ μήκους τοῦ σπάδικα, πού εἶναι ποσοτικό γνώρισμα, μέ τόν τρόπο κληρονομήσεως τοῦ χρώματος τοῦ ἄνθους στό φυτό *Mirabilis Jalapa*, πού εἶναι ποιοτικό γνώρισμα, παρατηροῦμε ὅτι:



Σχ. 5.2β

Γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων του East με το μήκος σπάδικα στο καλαμπόκι.

α) Το χρώμα των λουλουδιών στο φυτό αυτό ήταν στον μόνον ένα γονέα κόκκινο, στο δεύτερο γονέα λευκό, δηλαδή πλήρως καθορισμένο. Στο καλαμπόκι όμως το μήκος του σπάδικα ήταν κατά μέσο όρο 6,6 cm στον ένα γονέα, αλλά με εύρος από 5 έως 8 cm, στον άλλο γονέα 16,8 cm αλλά με τιμές που κυμαίνονταν από 13 έως 21 cm.

β) Στην F<sub>2</sub> έχουμε διάσπαση του χρώματος σε τρεις σαφείς φαινοτυπικές κλάσεις δηλαδή: 1 κόκκινο: 2 ρόζ: 1 λευκό. Στους σπάδικες το μήκος κυμαίνονταν από 7 έως 21 cm. Οι συχνότητες σε κάθε κατηγορία (κλάσεις) μήκους ακολουθούν κανονική κατανομή (σχ. 5.2β).

γ) Το χρώμα των λουλουδιών κληρονομείται, όπως αναφέραμε σε άλλο κεφάλαιο, από ένα ζεύγος αλληλομόρφων γονιδίων, που δρούν άθροιστικά (ήμικυριαρχικά) και εμφανίζει τρεις σαφείς φαινοτυπικές κλάσεις στην F<sub>2</sub>. Στο καλαμπόκι το μήκος του σπάδικα εμφανίζει στην F<sub>2</sub> πολλές μικρές φαινοτυπικές κλάσεις για τη δημιουργία των οποίων παραδεχόμαστε την ύπαρξη περισσότερων ζευγών γονιδίων. Το καθένα από αυτά συμβάλλει στην αύξηση του μήκους του σπάδικα κατά μία ορισμένη ποσότητα. Η δράση του ενός ζεύγους προσθέεται στη δράση του άλλου, δηλαδή δρούν άθροιστικά, και έτσι όσα περισσότερα γονίδια συγκεντρώνονται στο γενότυπο, τόσο μεγαλύτερο μήκος θα έχει ο σπάδικας.

δ) Οι κλάσεις του μήκους πλησιάζουν περισσότερο ή μία την άλλη, όσα περισσότερα ζεύγη γονιδίων (πολυγονιδίων) ελέγχουν το γνώρισμα. Έρχεται και το περιβάλλον, εν τών μεταξύ, που δημιουργεί πρόσθετη παραλλακτικότητα και συγχέει έτσι τις κλάσεις, ώστε στην F<sub>2</sub> παρουσιάζεται συνεχής ή κατανομή της συχνότητας των κλάσεων δίνοντας την κανονική καμπύλη.

#### 5.4 Τά πειράματα του Nilsson – Ehle με το σιτάρι.

Ο Nilsson-Ehle μελέτησε την κληρονομία του χρώματος των κόκκων στο σιτάρι. Διασταύρωσε δύο ποικιλίες σιταριού, από τις οποίες η μία είχε κόκκους με

σκοῦρο κόκκινο χρώμα καί ἡ ἄλλη μέ λευκό χρώμα. Τά φυτά τῆς  $F_1$  εἶχαν σπόρους μέ ἐνδιάμεσο χρωματισμό. Στήν  $F_2$  οἱ σπόροι εἶχαν τήν ἀναλογία 64 κόκκινοι: 1 λευκός. Οἱ κόκκινοι σπόροι δέν εἶχαν ὅλοι τόν ἴδιο τόνο χρώματος, ἀλλά κυμαίνονταν ἀπό τό πολύ σκοῦρο κόκκινο ὡς τό πολύ ἀνοικτό. Περισσότεροι ἦταν οἱ κόκκοι μέ τόν ἐνδιάμεσο τόνο χρώματος καί λιγότευαν καθῶς προχωροῦσαν πρὸς τοὺς πολύ σκοῦρους ἢ πολύ ἀνοικτούς.

Ἄν ὑποθέσουμε ὅτι τὸ χρώμα ἐλέγχεται ἀπὸ τρία ζεύγη γονιδίων (σχ. 5.4) μέ ἀθροιστική δράση καί ὅτι κάθε κυρίαρχο γονίδιο σκουραίνει τὸ χρώμα κατὰ 1 τόνο, ἐνῶ τὰ ὑποτελή ἀδρανοῦν τότε ὁ τόνος χρώματος κάθε γενότυπου θά ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν κυριάρχων γονιδίων πού περιέχει. Θά ἔχομε συνεπῶς τόσους τόνους χρώματος, ὅσοι καί οἱ διαφορετικοὶ γενοτυπικοὶ συνδυασμοί. Δύο γενότυποι μέ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ κυριάρχων, ὅπως π.χ. οἱ:

$R_1R_1R_2R_2r_3r_3$  καί  $R_1r_1R_2r_2R_3R_3$ , ἂν καί εἶναι διαφορετικοὶ δίνουν τὸν ἴδιο τόνο χρώματος, δηλαδή τὸν ἴδιο φαινότυπο.

### 5.5 Κληρονόμηση τοῦ χρώματος τῆς ἐπιδερμίδας στὸν ἄνθρωπο.

Τὸ χρώμα τῆς ἐπιδερμίδας τοῦ ἀνθρώπου ποικίλλει ἀπὸ τοὺς λευκοὺς Καυκάσιους μέχρι τοὺς μαύρους τῆς Ἀφρικής. Ὅλες οἱ ἐρευνες δείχνουν ὅτι ἡ ιδιότητα αὕτη εἶναι χαρακτηριστικὸ ποσοτικὸ, πού κληρονομεῖται μέ 3-4 ζεύγη γονιδίων. Γιὰ ἀπλοῦστευση, θά παραδεχθοῦμε ὅτι δύο ζεύγη ἀλληλομόρφων γονιδίων εἶναι ὑπεύθυνα γιὰ τὸ χρώμα τῆς ἐπιδερμίδας (σχ. 5.5) ἕνα ἐξαιρετικὰ λευκὸ ἄτομο δέν ἔχει γονίδιο πού νά προσδίδει χρωστική, ἐνῶ ἕνα ἐξαιρετικὰ μαῦρο ἄτομο θά ἔχει καί τὰ 4 γονίδια, πού τὸ καθένα παράγει χρωστική κατὰ μιά καθορισμένη ποσότητα. Τὰ ὑπόλοιπα ἄτομα θά ἔχουν ἐνδιάμεσους χρωματισμούς. Ἡ ἐπίδραση τοῦ περιβάλλοντος βέβαια τείνει νά ἐξαφανίσει τίς διαφορὲς τοῦ χρώματος στίς διάφορες κλάσεις, μέ ἀποτέλεσμα νά παρατηροῦμε μιά συνεχόμενη μεταβολή στὸν τόνο τοῦ χρώματος.

### 5.6 Συμπέρασμα.

Τὰ γνωρίσματα πού κληρονομοῦνται διακρίνονται σέ δύο κατηγορίες: τὰ **ποιοτικά** καί τὰ **ποσοτικά**. Τὰ πρῶτα ἐλέγχονται ἀπὸ λίγα ζεύγη γονιδίων, πού καλοῦνται **μακρογονίδια** ἢ **μεγαλογονίδια**. Τὰ ποσοτικά ἐλέγχονται ἀπὸ πολλὰ ζεύγη γονιδίων μέ ἀθροιστικὴ δράση καί καλοῦνται **πολυγονίδια**. Ἡ δράση τῶν πολυγονιδίων ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὸ περιβάλλον, ἐνῶ τῶν μεγαλογονιδίων δέν ἐπηρεάζεται. Τὸ περιβάλλον δημιουργεῖ τυχαία παραλλακτικότητα πού τείνει νά ἐξαφανίσει τίς διαφορὲς μεταξύ τῶν φαινοτυπικῶν κλάσεων καί ἀκολουθεῖ κανονικὴ κατανομή.

#### Σχ. 5.4

Ποσοτικὴ κληρονόμηση τοῦ χρώματος στοὺς κόκκους τοῦ σιταριοῦ. Τὸ χρώμα ἐλέγχεται ἀπὸ τρία ζεύγη γονιδίων. Κάθε κυρίαρχο γονίδιο ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) προσθέτει ἴση δόση χρώματος. Τὰ ὑποτελή ἀλληλομόρφα τους ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ) δὲ συμβάλλουν στὸ χρωματισμό. Τὸ τριυβρίδιο δίνει ἐνδιάμεσο χρώμα, γιατί ἔχει τρία ἐνεργὰ γονίδια. Ἐπειδὴ τὸ τριυβρίδιο δίνει γαμέτες ὅκτω εἰδῶν, στήν  $F_2$  ἔχομε 64 συνδυασμούς, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ὁ ἕνας ἔχει καί τὰ 6 κυρίαρχα, ἀρα παίρνει 6 βαθμοὺς χρώματος, καί ἄλλος ἕνας τὰ ὑποτελή, ἀρα παίρνει μηδέν βαθμοὺς χρώματος. Ὅλοι οἱ ἄλλοι γενότυποι ἔχουν τόνους χρώματος μεταξύ τῶν δύο ἀκραίων κλάσεων. Οἱ ἀριθμοὶ στὰ τετραγωνίδια δίνουν τὸν ἀριθμὸ τῶν κυριάρχων γονιδίων καί συνεπῶς τὸν τόνο τοῦ χρώματος.

$P_1$ : Μὲ κόκκινους σπόρους

Μὲ λευκοὺς σπόρους

Γαμέτες

$R_1R_1R_2R_2R_3R_3$

×

$r_1r_1r_2r_2r_3r_3$

$R_1R_2R_3$

$r_1r_2r_3$

$F_1$ :

$R_1r_1R_2r_2R_3r_3$  — Ἐνδιάμεσο κόκκινο

Γαμέτες τῆς  $F_1$

$R_1R_2R_3$ ,  $R_1r_2R_3$ ,  $r_1R_2R_3$ ,  $r_1r_2R_3$ ,

$R_1R_2r_3$ ,  $R_1r_2r_3$ ,  $r_1R_2r_3$ ,  $r_1r_2r_3$

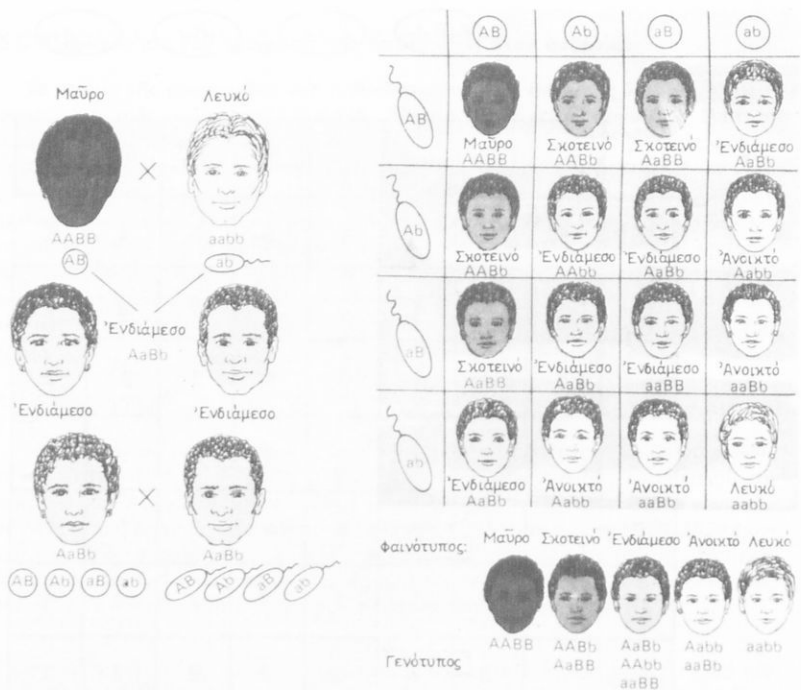
$F_1 \times F_1$ :

	$R_1R_2R_3$	$R_1r_2R_3$	$r_1R_2R_3$	$r_1r_2R_3$	$R_1R_2r_3$	$R_1r_2r_3$	$r_1R_2r_3$	$r_1r_2r_3$
$R_1R_2R_3$	6	5	5	4	5	4	4	3
$R_1r_2R_3$	5	4	4	3	4	3	3	2
$r_1R_2R_3$	5	4	4	3	4	3	3	2
$r_1r_2R_3$	4	3	3	2	3	2	2	1
$R_1R_2r_3$	5	4	4	3	4	3	3	2
$R_1r_2r_3$	4	3	3	2	3	2	2	1
$r_1R_2r_3$	4	3	3	2	3	2	2	1
$r_1r_2r_3$	3	2	2	1	2	1	1	0

## 5.7 Έφαρμογές για άσκηση.

1. Εάν άνδρες με διάφορους τόνους χρώματος νυμφευθούν γυναίκες με γενότυπο  $aabb$ , δηλαδή λευκές, μπορούν να έχουν μαύρα παιδιά; πώς εξηγείται;
2. Κάνετε το διάγραμμα της διασταυρώσεως μεταξύ μίας ποικιλίας σιταριού με κόκκινους σπόρους ( $AABB$ ) και μίας ποικιλίας με λευκούς σπόρους ( $aabb$ ). Παραδεχόμεστε ότι το χρώμα ελέγχεται από δύο ζεύγη γονιδίων που δρουν άθροιστικά. Ταξινομείτε τους απογόνους στην  $F_2$  στις εξής φαινοτυπικές κλάσεις: κόκκινοι σπόροι, σκούροι, ανοιχτοί και λευκοί.
3. Τρία ανεξάρτητα ζεύγη γονιδίων ( $Aa$ ,  $Bb$  και  $Cc$ ) ελέγχουν το ύψος ενός φυτού. Κάθε κυρίαρχο γονίδιο αυξάνει το βασικό ύψος κατά 10cm. Ποιά θα είναι το ύψος των φυτών που θα προκύψουν από την διασταύρωση:

$$AABBGG (100cm) \times aabbcc (40cm).$$



Σχ. 5.5

Κληρονομία του χρώματος της επιδερμίδας στον άνθρωπο. Διασταύρωση μεταξύ μαύρου και λευκού προσώπου δίνει ενδιάμεσους απογόνους. Διασταύρωση δύο ενδιάμεσων τύπων δίνει απογόνους με χρώμα από μαύρο ως άσπρο, με όλα τα ενδιάμεσα στάδια. Κατά πάσα πιθανότητα, ύπαισέρχονται 3-4 ζεύγη αλληλομόρφων γονιδίων, αλλά για απλοποίηση χρησιμοποιούμε δύο μόνο ζεύγη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### ΤΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΓΟΝΙΔΙΑ

#### 6.1 Γενικά.

Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων που έχει κάθε είδος είναι ορισμένος. Στόν άνθρωπο π.χ. είναι 23 ζεύγη ομόλογων, στο καλαμπόκι 10 και στο κριθάρι 7 ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Τά γονίδια, από τήν άλλη μεριά, είναι πολύ περισσότερα: στο καλαμπόκι π.χ. έχουν έπισημανθει 500 περίπου γονίδια, τά όποια είναι κατανεμημένα στά 10 χρωμοσώματα (σχ. 6.1). Καθώς τά χρωμοσώματα κατανέμονται στους γαμέτες, τά γονίδια, πού βρίσκονται στό ίδιο χρωμόσωμα, μεταβιβάζονται ως μιά ομάδα στους άπογόνους. Η τάση αυτή των γονιδίων, πού βρίσκονται στό ίδιο χρωμόσωμα, νά κληρονομοῦνται μαζί ως ομάδες είναι γνωστή ως **σύνδεση** καί η ομάδα των γονιδίων ενός χρωμοσώματος ως **ομάδα συνδέσεως**. Οί ομάδες συνδέσεως σέ κάθε είδος είναι τόσες, όσα τά ζεύγη των χρωμοσωμάτων.

#### 6.2 Συμβολισμός των συνδεδεμένων γονιδίων.

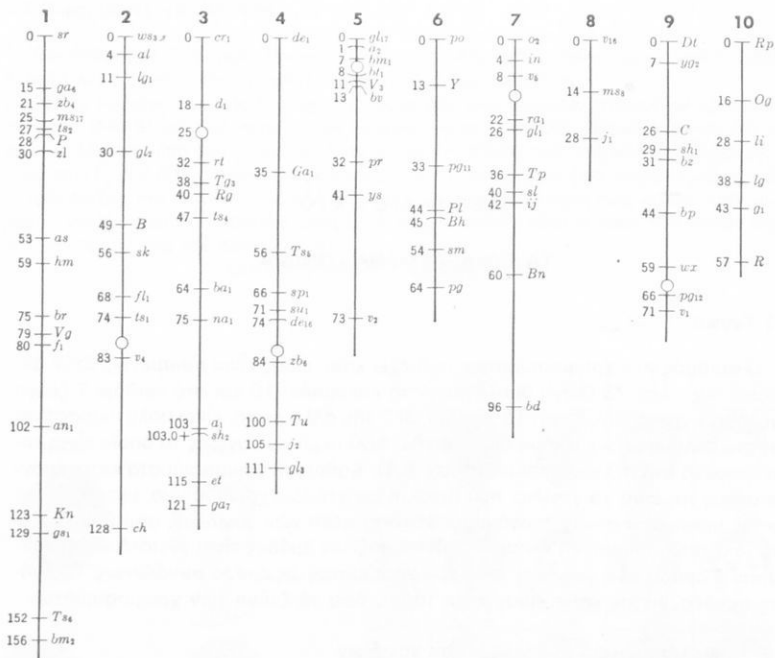
Έχομε π.χ. τά δύο ζεύγη γονιδίων Aa καί Bb. Όταν είναι άσύνδετα, βρίσκονται δηλαδή σέ διαφορετικά χρωμοσώματα, τά συμβολίζομε ως AaBb. Όταν όμως είναι συνδεδεμένα τά παριστάνομε μέ ένα κλάσμα ως έξης:

$$\frac{A \quad B}{a \quad b} \quad \eta \quad \frac{A \quad b}{a \quad B}$$

Η κάθε γραμμή συμβολίζει ένα όμόλογο χρωμόσωμα. Η πρώτη διάταξη, στήν όποία τά δύο κυρίαρχα γονίδια είναι τοποθετημένα στό ένα όμόλογο καί τά δύο ύποτελή στό άλλο όμόλογο, καλείται **όμόπλευρη**. Στή δεύτερη περίπτωση, όπου στό κάθε όμόλογο χρωμόσωμα βρίσκεται ένα κυρίαρχο καί ένα ύποτελές, λέμε ότι έχομε **διάταξη έτερόπλευρη**.

#### 6.3 Πρακτική σημασία των συνδεδεμένων γονιδίων.

Έάν υποθέσομε ότι τό γονίδιο A δίνει στό φυτό του καλαμποκιού άντοχή σέ μιά άρρώστεια, π.χ. τόν άνθρακα, καί τό γονίδιο B καλή ποιότητα τής πρωτεΐνης του κόκκου, τότε, όταν ό βελτιωτής επιλέγει ένα φυτό άνθεκτικό στόν άνθρακα, είναι σίγουρος ότι τό φυτό αυτό θά δίνει συγχρόνως καί καλή πρωτεΐνη. Αυτό συμβαίνει γιατί τά δύο γονίδια A καί B κληρονομοῦνται μαζί. Όταν, τώρα, θέλει νά επιλέξει φυτά, πού νά είναι άνθεκτικά στόν άνθρακα, αλλά δέν ύπάρχει προσβολή τής άρ-



Σχ. 6.1.

Χρωμοσωματικός χάρτης του καλαμποκιού.

ρώστειας, για να διαπιστωθεί η άνθεκτικότητα, αρκεί να βρει τα φυτά που έχουν καλή πρωτεΐνη. Άφου, δηλαδή, το φυτό έχει το γονίδιο B, θα έχει και το A, γιατί τα δύο κληρονομούνται μαζί. Το γονίδιο B, με άλλα λόγια, χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης για την ύπαρξη του γονιδίου A.

Πιθανόν όμως από τα δύο συνδεδεμένα γονίδια τό ένα μόνο να είναι επιθυμητό και τό άλλο ανεπιθύμητο, επειδή δίνει στό φυτό λόγου χάρη ευπάθεια σέ μία άλλη άσθένεια. Στην περίπτωση αυτή ή σύνδεση τών δύο γονιδίων άποτελεί έμπόδιο για τό βελτιωτή.

Ευτυχώς για τή δεύτερη περίπτωση καί δυστυχώς για τήν πρώτη, δύο συνδεδεμένα γονίδια δέν μένουν πάντα συνδεδεμένα, αλλά κατά ένα ποσοστό άποχωρίζονται μέ τό φαινόμενο τής άνταλλαγής.

#### 6.4 Άνταλλαγή τών συνδεδεμένων γονιδίων.

Έστω ότι αυτόγονιμοποιούμε ένα άτομο που έχει τό γενότυπο:

$$\frac{A \quad B}{a \quad b}$$



Όταν τὰ ὁμόλογα χωρισθοῦν στή μείωση γιά νά δώσουν τούς γαμέτες, τότε τό ἕνα ὁμόλογο  $A B$  θά πάει στόν ἕνα γαμέτη, καί τό ἄλλο  $a b$  στόν ἄλλο γαμέτη. Θά σχηματισθοῦν δηλαδή δύο μόνον εἶδη γαμετῶν ἀντί 4 πού περιμένομε, ἂν τὰ γονίδια ἦταν ἀσύνδετα. Αὐτό ὅμως δέν συμβαίνει ἀπόλυτα, γιατί κατά τή μείωση γίνεται ἀνταλλαγὴ χρωμοσωματικῶν τμημάτων (σχ. 6.4), ὁπότε ἔχομε πάλι τό σχηματισμό 4 γαμετῶν. Σέ ὅσα κύτταρα δέ γίνει ἀνταλλαγὴ, καί αὐτὰ εἶναι συνήθως τὰ περισσότερα, θά σχηματισθοῦν δύο μόνο γαμέτες, ὅπως φαίνεται στό ἄριστερό μέρος τοῦ σχήματος 6.4. Στά κύτταρα ὅμως, στά ὁποῖα θά συμβεῖ ἀνταλλαγὴ, ὅπως ἐξηγεῖται στό δεξιό τμήμα τοῦ ἴδιου σχήματος, θά σχηματισθοῦν 4 γαμέτες. Ἡ ἀνταλλαγὴ γίνεται στό στάδιο τῆς τετράδας. Ὅταν δηλαδή τὰ ὁμόλογα διπλασιάζονται καί συζεύγγονται, τὰ μὴ ἀδελφικά χρωματίδια ἀνταλλάσσουν τμήματα. Στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος ἐγίνε ἀνταλλαγὴ τοῦ τμήματοςματος, πού περιέχει τό ζεύγος Ββ, ὁπότε τὰ γονίδια Β καί β ἔχουν ἀνταλλάξει θέσεις. Ἐτσι, οἱ γαμέτες πού σχηματίζονται εἶναι οἱ ἑξῆς:



Ἡ ἀνταλλαγὴ, ὅπως γίνεται κατανοητό ἀπὸ τό σχῆμα 6.4, περιορίζεται σ' ἕνα ὁρισμένο μόνο ποσοστό. Ἄν π.χ. συμβεῖ ἀνταλλαγὴ στά μισὰ κύτταρα, τό ποσοστό τῶν νέων συνδυασμῶν θά εἶναι 25%, δηλαδή 2 στοὺς 8 συνολικά, ὁπότε οἱ 6 θά μοιάζουν τούς πατρικούς συνδυασμούς. Τό ποσοστό τῆς ἀνταλλαγῆς δέν μπορεῖ νά ξεπεράσει τό 50% τῶν κυττάρων. Ὅσο τὰ συνδεδεμένα γονίδια βρίσκονται πολὺ κοντὰ τό ἕνα στό ἄλλο πάνω στό χρωμόσωμα, τόσο σπάνια εἶναι ἡ ἀνταλλαγὴ τους. Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἀπόστασή τους, τόσο μεγαλύτερο εἶναι καί τό ποσοστό ἀνταλλαγῆς. Στὴ συσχέτιση αὐτὴ μεταξύ ποσοστοῦ ἀνταλλαγῆς καί ἀποστάσεως τῶν γονιδίων στηρίζεται ἡ κατασκευή τῶν χρωμοσωμικῶν χαρτῶν.

Ἄν βρεθεῖ ὅτι τό ποσοστό ἀνταλλαγῆς ἀνάμεσα σέ δύο συνδεδεμένα γονίδια εἶναι π.χ. 28%, αὐτό σημαίνει ὅτι καί τό ποσοστό τῶν γαμετῶν μέ τούς νεοσυνδυασμούς εἶναι 28%, ὁπότε 14% ἀπαντᾶται ὁ ἕνας καί 14% ὁ ἄλλος καινούργιος συνδυασμός. Στά ὑπόλοιπα 72% θά μοιρασθοῦν ἐξ ἴσου οἱ συνδυασμοὶ τῶν γονέων.

### 6.5 Ἡ πρακτικὴ σημασία τῆς ἀνταλλαγῆς τῶν συνδεδεμένων γονιδίων.

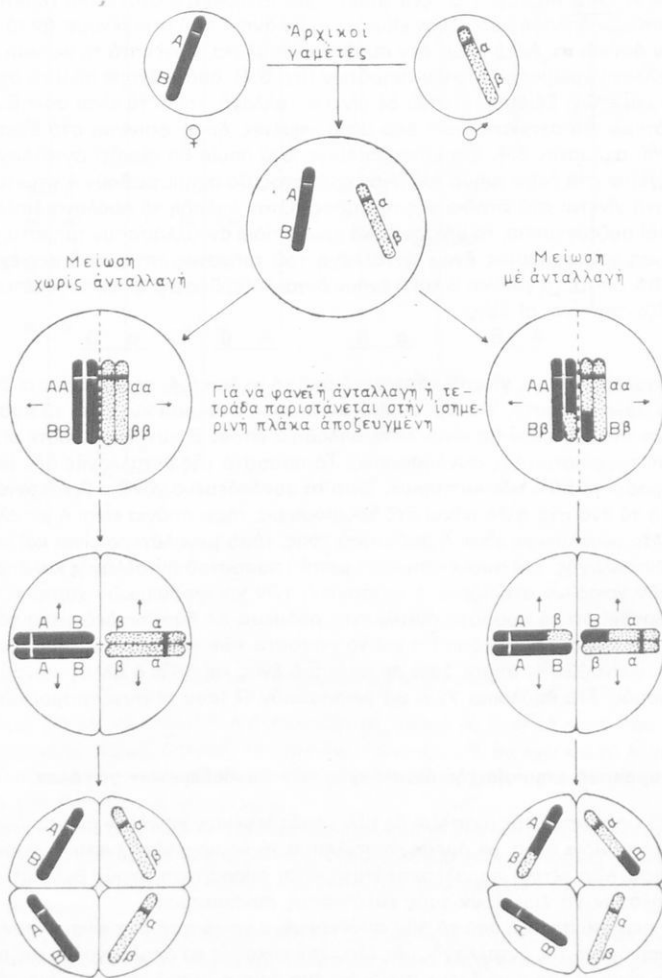
Μέ τό μηχανισμό τῆς ἀνταλλαγῆς τῶν συνδεδεμένων γονιδίων ἀνασυνδυάζονται καί τὰ γονίδια αὐτὰ, μέ ἄμεσο ἀποτέλεσμα τὴ δημιουργία γενετικῆς παραλλακτικότητας. Μιά τέτοια παραλλακτικότητα εἶναι ἀπαραίτητη στοὺς βελτιωτές, γιά νά μπορέσουν νά ἐπιλέξουν τούς καλύτερους συνδυασμούς.

Στὴν περίπτωση πού ἀπὸ τὰ δύο συνδεδεμένα γονίδια τό ἕνα εἶναι ἀνεπιθύμητο, τό φαινόμενο τῆς ἀνταλλαγῆς μᾶς δίνει τὴν εὐκαιρίαν νά ἀπαλλαγοῦμε ἀπ' αὐτό.

Ὅταν εἶναι χρήσιμο νά ἔχομε συνδεδεμένα ὀρισμένα πολύτιμα γονίδια, τότε ἐπιθυμοῦμε τὰ γονίδια αὐτὰ νά εἶναι στενά συνδεδεμένα, δηλαδή νά βρίσκονται πολὺ κοντὰ πάνω στό χρωμόσωμα, γιά νά μὴ ἀποχωρίζονται εὐκολα μέ τὴν ἀνταλλαγὴ.

### 6.6 Ἐρωτήσεις γιά ἐξάσκηση.

1. Ποιά γονίδια εἶναι ἀσύνδετα καί ποιά συνδεδεμένα;



Σχ. 6.4.

Η συμπεριφορά δύο συνδεδεμένων ζευγών γονιδίων κατά τη μείωση. Όταν η μείωση γίνεται χωρίς ανταλλαγή (άριστερά), δημιουργούνται δύο μόνο γαμέτες, όμοιοι με τους γονείς. Όταν όμως γίνεται ανταλλαγή (δεξιά), προκύπτουν 4 γαμέτες. Από αυτούς οι 2 μοιάζουν στους γονείς και οι 2 είναι νέοι συνδυασμοί.

2. Μέ ποιά γονίδια δημιουργείται μεγαλύτερη γενετική παραλλακτικότητα, με τά ασύνδετα ή με τά συνδεδεμένα;
3. Πότε έχουμε όμοπλευρη και πότε έτερόπλευρη σύνδεση δύο γονιδίων;
4. Πότε επιθυμούμε δύο γονίδια να είναι συνδεδεμένα;
5. Πότε θέλομε να μη γίνει ανταλλαγή σέ δύο συνδεδεμένα γονίδια;
6. Άν τό ποσοστό ανταλλαγής ανάμεσα στά ζεύγη γονιδίων Αα και Ββ είναι 8%, νά βρῆτε:
  - α) Πόσοι και ποιοί γαμέτες θά σχηματισθοῦν; β) Ποιοί τό ποσοστό τοῦ κάθε γαμέτη;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### Η ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΛΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΦΥΛΟΣΥΝΔΕΤΑ ΓΟΝΙΔΙΑ

#### 7.1 Γενικά.

Είδαμε ότι με τη γονιμοποίηση συγκεντρώνονται στο νέο οργανισμό γονίδια από τούς δύο γονείς, δηλαδή από δύο διαφορετικές πηγές. Έτσι τα γονίδια ανασυνδυάζονται και δίνουν νέους γενότυπους, οπότε λέμε ότι δημιουργείται **γενετική παραλλακτικότητα**. Η παραλλακτικότητα αυτή είναι αναγκαία στα άτομα, για να μπορούν να αντιδρούν και να προσαρμόζονται στις συνθήκες του περιβάλλοντος, που συνεχώς μεταβάλλονται. Όσο μεγαλύτερη γενετική παραλλακτικότητα διαθέτει ένα είδος οργανισμού, τόσο ευκολότερα επιβιώνει κάτω από αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος.

Η φύση έχει προνοήσει και δημιούργησε μηχανισμούς, με τούς οποίους προκαλείται η απαραίτητη γενετική παραλλακτικότητα. Ένας από τούς μηχανισμούς αυτούς είναι και η ύπαρξη δύο ξεχωριστών φύλων, του άρσενικου και του θηλυκού, οπότε αναγκαστικά συμβαίνει ο ανασυνδυασμός των γονιδίων με τη μείωση (κατά τη δημιουργία των γαμετών) και τη γονιμοποίηση, δηλαδή την ένωση των δύο γαμετών.

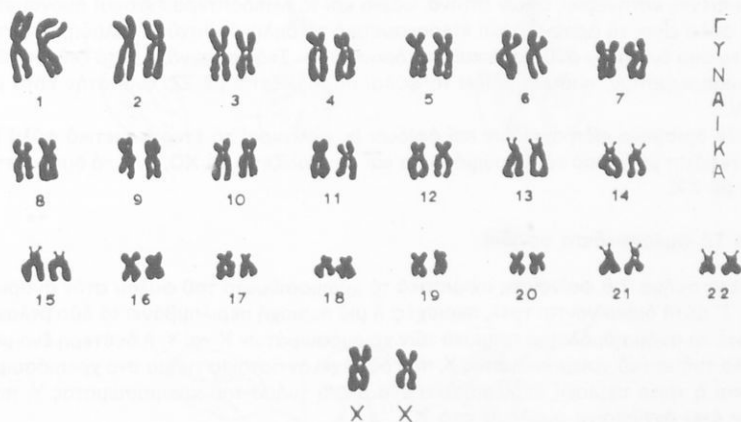
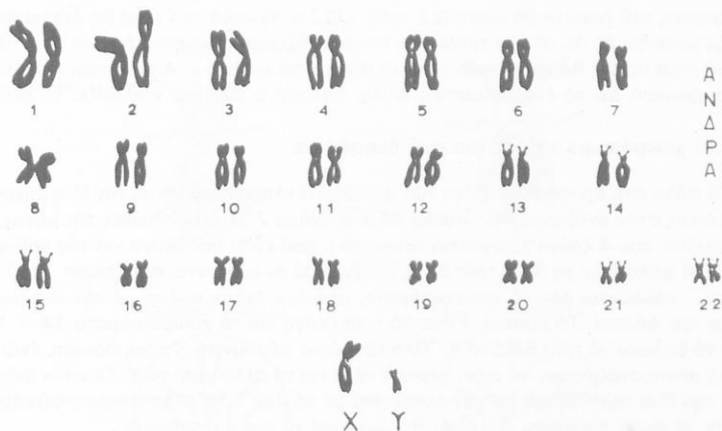
#### 7.2 Τό χρωμόσωμο του φύλου στον άνθρωπο.

Στό σχήμα 7.2 φαίνονται τα 23 ζεύγη χρωμοσωμάτων του ανθρώπου, χωριστά στον άνδρα και στη γυναίκα. Παρατηρούμε ότι, ενώ τα 22 ζεύγη είναι ίδια και στα δύο φύλα, το 23ο ζεύγος χρωμοσωμάτων είναι διαφορετικό στον άνδρα από ό,τι στη γυναίκα. Στη μέν γυναίκα αποτελείται από δύο ίδια χρωμοσώματα, που τα συμβολίζουμε με δύο X (δηλαδή XX), στον δέ άνδρα από δύο διαφορετικά, δηλαδή ένα X και ένα Y. Έτσι ο γενότυπος των δύο φύλων, καθώς και τό είδος των γαμετών τους, μπορεί να συμβολισθεί ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{τού άνδρα: } 44 + XY & \xrightarrow{\text{σπερματοζώαρια}} \begin{cases} 22+X \text{ (50\%)} \\ 22+Y \text{ (50\%)} \end{cases} \\ \text{της γυναίκας: } 44 + X\overset{\text{ωάρια}}{X} & \rightarrow 22 + X \text{ (100\%)} \end{aligned}$$

Έπειδή ο άνδρας παράγει δύο είδη γαμετών, καλείται **έτερογαμετικό** φύλο, ενώ η γυναίκα που παράγει ενός μόνον τύπου αποτελεί τό **όμογαμετικό** φύλο.

Κατά τη γονιμοποίηση του ωαρίου, υπάρχει ή ίδια πιθανότητα αυτή να γίνει με



Σχ. 7.2.

Στό πάνω τμήμα φαίνονται τά χρωμοσώματα του άνδρα καί στό κάτω τής γυναίκας. Τό 23ο ζεύγος χρωμοσωμάτων, δηλαδή αυτό πού καθορίζει τό φύλο, στή μέν γυναίκα αποτελείται από δύο X χρωμοσώματα, στόν δέ άνδρα από ένα X καί ένα Y.

Ένα από τά δύο είδη του σπερματοζωαρίου: άν γίνει μέ τόν τύπο  $22 + X$ , ό ζυγώτης πού θά προκύψει θά έχει τό γενότυπο  $(22 + X) + (22 + X) = 44 + XX$ , όποτε θά έξειλιχθεϊ σέ κορίτσι.

Άν όμως ή γονιμοποίηση γίνει μέ σπερματοζωάριο του τύπου  $(22 + Y)$ , τότε ό

γενότυπος του ζυγώτη θά είναι:  $(2Z + X) + (2Z + Y) = 44 + XY$  και θά δώσει αγόρι. Δεδομένου, δέ ότι οι δύο τύποι των σπερματοζωαρίων έχουν την ίδια συχνότητα, τὰ μισὰ παιδιά θά είναι αγόρια και τὰ άλλα μισὰ κορίτσια. Από τὰ παραπάνω γίνεται φανερό ότι τό έτερογαμετικό φύλο, δηλαδή ό άνδρας, καθορίζει τό φύλο.

### 7.3 Τό χρωμόσωμα του φύλου στη δροσόφιλα.

Τό φύλο στη δροσόφιλα (μύγα των φρούτων) κληρονομείται μέ τόν ίδιο μηχανισμό όπως στον άνθρωπο και εικονίζεται στο σχήμα 7.3. Ό γενότυπος της μύγας αποτελείται από 4 ζεύγη χρωμοσωμάτων: τό I, πού είναι υπεύθυνο για τόν καθορισμό του φύλου και τὰ άλλα τρία (II, III, και IV) πού ονομάζονται **αυτόσωμα** (αυτόσωμα καλοῦνται όλα τὰ χρωμοσώματα, πού δέν έχουν σχέση μέ τήν κληρονομήση του φύλου). Τό αρσενικό έχει τὰ τρία ζεύγη και τὰ χρωμοσώματα  $1X + 1Y$ , ενώ τό θηλυκό τὰ τρία και δύο X. Όλα τὰ ώάρια φέρουν τό X χρωμόσωμα, ενώ από τὰ σπερματοζώαρια, τὰ μισὰ φέρουν τό X και τὰ άλλα μισὰ τό Y. Τό κάθε ώαριο έχει τήν ίδια πιθανότητα νά γονιμοποιηθεί μέ τό ένα ή τό άλλο σπερματοζώαριο, όποτε οι μισοί απόγονοι θά είναι θηλυκοί και οι μισοί αρσενικοί.

### 7.4 Τό χρωμόσωμα του φύλου στους άλλους οργανισμούς.

Ό παραπάνω μηχανισμός για τόν καθορισμό του φύλου δέν είναι καθολικός. Σέ όρισμένες κατηγορίες ζώων (πηνά, ψάρια και τὰ λεπιδόπτερα έντομα) όμογαμετικό φύλο είναι τό αρσενικό και έτερογαμετικό τό θηλυκό. Ίσχυει, δηλαδή, τό αντίθετο από ό,τι στον άνθρωπο και στη δροσόφιλα. Στόν πετεινό, π.χ. τό ζεύγος των χρωμοσωμάτων, πού καθορίζει τό φύλο, συμβολίζεται μέ ZZ, ενώ στην κότα μέ ZW.

Σέ όρισμένα είδη άκρίδων και άφίδων (κ. μελίγκρα) τό έτερογαμετικό φύλο αποτελείται μόνο από τό X χρωμόσωμα και συμβολίζεται μέ XO, ενώ τό όμογαμετικό μέ XX.

### 7.5 Τά φυλοσύνδετα γονίδια.

Στό σχήμα 7.5 φαίνονται σχηματικά τὰ χρωμοσώματα του φύλου στον άνθρωπο. Σ' αυτά διακρίνονται τρεις περιοχές: ή μιá περιοχή περιλαμβάνει τὰ δύο μελανά κατά τό σχήμα(όμόλογο) τμήματα των χρωμοσωμάτων X και Y, ή δεύτερη ένα μεγάλο τμήμα του χρωμοσώματος X, πού δέν έχει αντίστοιχο τμήμα στο χρωμόσωμα Y και ή τρίτη περιοχή περιλαμβάνει ένα μικρό τμήμα του χρωμοσώματος Y, πού δέν έχει αντίστοιχο όμόλογο στο X.

Όσα γονίδια βρίσκονται στην πρώτη περιοχή, δηλαδή στα δύο όμόλογα τμήματα του ζεύγους, ονομάζονται **μερικώς φυλοσύνδετα**. Όσα βρίσκονται στο μή όμό-

Σχ. 7.3.

→  
 "Η κληρονομήση του φύλου στην μύγα των φρούτων. Α\* τὰ σωματικά κύτταρα περιέχουν 3 ζεύγη χρωμοσωμάτων όμοια και ένα διαφορετικό. Τά ώάρια είναι ενός είδους, ενώ τὰ σπερματοζώαρια δύο ειδών. Β\* τὰ ώάρια γονιμοποιούνται σέ ίση αναλογία μέ τό κάθε είδος σπερματοζωαρίων, παρέχοντας έτσι μισά αρσενικά και μισά θηλυκά.

A

Άρσενικό



Θηλυκό



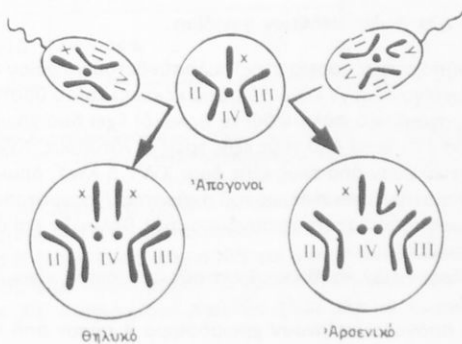
Σωματικά κύτταρα



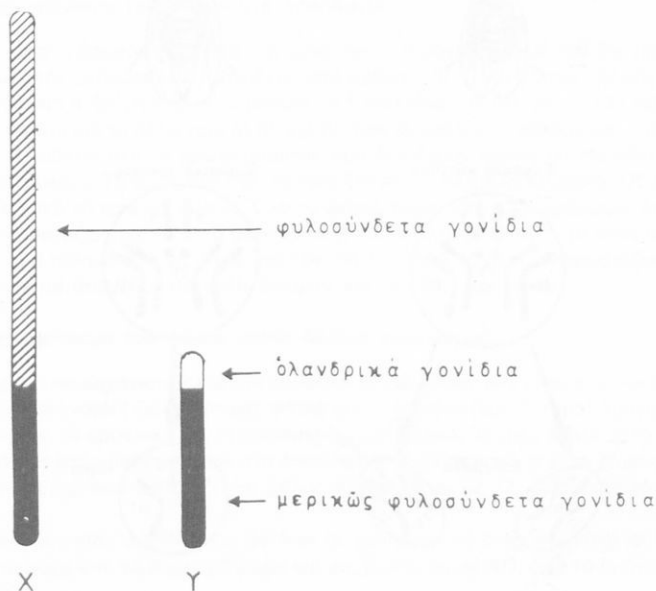
Σωματικά κύτταρα



B



λογο τμήμα του Χ χρωμοσώματος καλούνται **φυλοσύνδετα** γονίδια, ενώ εκείνα που βρίσκονται στο μή όμολογο τμήμα του Υ χρωμοσώματος καλούνται **όλανδρικά**. Έχουν βρεθεί στον άνθρωπο τουλάχιστο 60 γονίδια φυλοσύνδετα και στη δροσόφιλα περί τά 150.



Σχ. 7.5.

Τά χρωμοσώματα του φύλου στον άνθρωπο. Καθορίζονται οι περιοχές που βρίσκονται τά διάφορα είδη γονιδίων.

### 7.6 Κληρονομία των φυλοσυνδέτων γονιδίων.

Θά παρακολουθήσομε τήν πορεία ενός φυλοσύνδετου γονιδίου στή δροσόφιλα (σχ. 7.6). Τό κυρίαρχο γονίδιο W κάνει τά μάτια κόκκινα και τό ύποτελές w τά κάνει λευκά. Άφοῦ τό όμογαμετικό φύλο (έδῶ τό θηλυκό) έχει δύο χρωμοσώματα Χ, ή μέν θηλυκή μύγα θά έχει έναν από τούς έξής τρεῖς γενότυπους: ΧW ΧW, ΧW Χw ή Χw Χw, ή δέ άρσενική έναν από τούς έξής δύο: ΧWY ή ΧwY, όπως φαίνεται στήν κάθετη και όριζόντια στήλη αντίστοιχως του σχήματος. Πραγματοποιώντας τῖς διασταυρώσεις μέ όλους τούς δυνατούς συνδυασμούς θηλυκῶν και άρσενικῶν άτόμων, παρατηρούμε τά έξής:

α) Η άναλογία άρσενικῶν και θηλυκῶν στους άπογόνους είναι, όπως άναμενόταν, 50% και 50%.

β) Οι άρσενικοί άπόγονοι παίρνουν χρωμόσωμα Χ μόνον από τή μητέρα τους



\begin{matrix}         \text{Άρσενικά} \\         \text{Θυληκά}         \end{matrix}	$X_W Y$ 		$X_w Y$ 	
	$X_W X_W$	 WW	 W	 Ww
$X_W X_w$	 WW	 W	 Ww	 W
		 Ww	 w	 ww
$X_w X_w$	 Ww	 w	 ww	 w
\begin{matrix}         \text{Αναλογία} \\         \text{50\%}         \end{matrix}	50%	50%	50%	50%

Σχ. 7.6.

Πώς κληρονομείται ένα φυλοσύνδετο γονίδιο στη δροσόφyla. Τό κυρίαρχο γονίδιο W κάνει τά μάτια κόκκινα, ενώ τό ύποτελές w τά κάνει λευκά.

καί συνεπώς φυλοσύνδετα γονίδια μόνον από τή μητέρα. Γι' αυτό τά άρσενικά, πού έχουν μητέρα  $X_W X_W$  (ώρια μόνο  $X_W$ ), θά έχουν όλα κόκκινα μάτια, ενώ όσα έχουν μητέρα  $X_W X_w$  (μισά ώρια  $X_W$  καί μισά  $X_w$ ) θά είναι κατά 50% μέ κόκκινα μάτια καί 50% μέ λευκά μάτια. Τά άρσενικά, τέλος, πού ή μητέρα τους έχει τό γενότυπο  $X_w X_w$  (ώρια μόνο  $X_w$ ), θά είναι όλα μέ λευκά μάτια.

γ) Οι Θηλυκοί απόγονοι παίρνουν ένα Χ χρωμόσωμα από τη μητέρα και τό άλλο Χ από τόν πατέρα. Κληρονομούν, δηλαδή, φυλοσύνδετα γονίδια και από τούς δύο γονείς.

δ) Τά άρσενικά άτομα, πού έχουν γενότυπο ΧΥ, θά έχουν κόκκινα μάτια, ένw εκείνα μέ γενότυπο ΧwΥ λευκά μάτια. Τό ύποτελές, συνεπώς, γονίδιο, έφόσον είναι φυλοσύνδετο, εκδηλώνεται και στην άπλή του δόση, δηλαδή σέ *ήμιζύγωτη* κατάσταση. Αυτό σημαίνει ότι ένα ύποτελές φυλοσύνδετο γονίδιο εκδηλώνεται συχνότερα στους άνδρες από ό,τι στις γυναίκες.

### 7.7 Κληρονόμηση τών θλανδρικων και μερικως φυλοσυνδέτων γονιδίων.

Έπειδή τά θλανδρικά γονίδια βρίσκονται μόνο στό μή όμόλογο τμήμα του χρωμοσώματος Υ και άφου τό χρωμόσωμα αυτό βρίσκεται μόνο στους άνδρες, τά γονίδια αυτά μεταβιβάζονται από τόν πατέρα στά άγόρια και πωτέ στά κορίτσια. Παράδειγμα θλανδρικού γονιδίου είναι εκείνο πού δημιουργεί τά «τριχωτά αυτιά» στους άνδρες μερικων φυλών.

Τά μερικως φυλοσύνδετα γονίδια, άφου βρίσκονται στό όμόλογο τμήμα και τών δύο χρωμοσωμάτων Χ και Υ, κληρονομούνται μέ τόν ίδιο τρόπο, όπως και όλα τά γονίδια στά αυτόσωμα χρωμοσώματα.

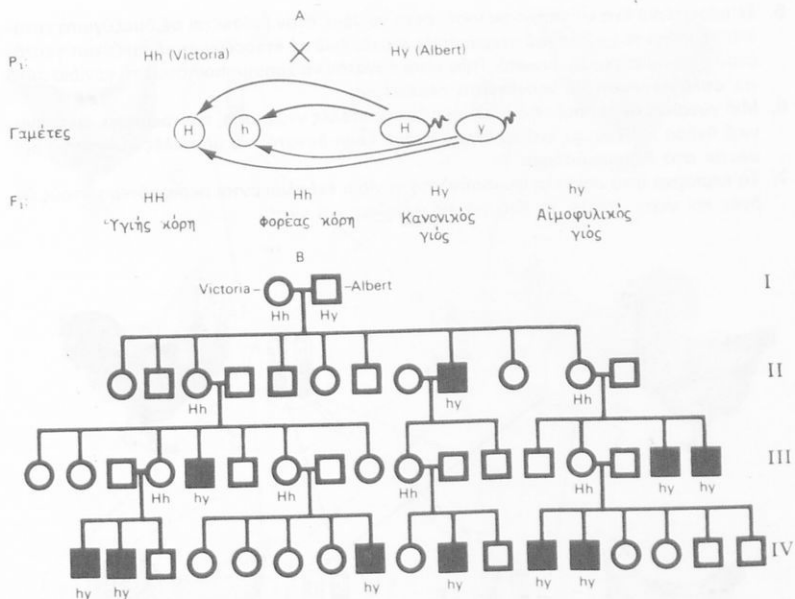
### 7.8 Έφαρμογές.

#### α) Η κληρονόμηση τής αιμοφιλίας στον άνθρωπο.

Η αιμοφιλία είναι άσθένεια πού έμποδίζει τήν πήξη του αίματος. Έμφανίσθηκε σέ άτομα τών βασιλικων οικογενειών τής Εύρώπης κατά τή βασιλεία τής Βικτωρίας στην Άγγλία. Η άρρώστεια όφείλεται σ' ένα ύποτελές φυλοσύνδετο γονίδιο h, πού προέκυψε κατά πάσα πιθανότητα μέ μετάλλαξη από τό κανονικό κυρίαρχο Η, είτε στό ώάριο τής μητέρας τής Βικτωρίας, είτε στό σπερματοζώαριο του πατέρα τής. Η Βικτωρία θά πρέπει νά ήταν, συνεπώς, έτεροζύγωτη ως προς τό ζεύγος Ηh, δηλαδή θά είχε τό γενότυπο ΧΗ Χh. Στο σχήμα 7.8α παριστάνεται μιά γενεαλογία, στην όποία φαίνεται ή κληρονόμηση του ύποτελους φυλοσύνδετου γονιδίου h. Οι άνδρες μέ τό γενότυπο ΧΗΥ είναι ύγιεις, ένw οι άνδρες μέ τό γενότυπο ΧhΥ πάσχουν από αιμοφιλία. Οι γυναίκες ΧΗΧΗ είναι όπωσδήποτε ύγιεις, ένw οι ΧΗΧh δέν εκδηλώνουν τήν άσθένεια, γιατί τό h είναι ύποτελές, αλλά είναι φορείς του γονιδίου h, τό όποιο μεταβιβάζουν στα μισά άγόρια.

#### β) Η κληρονόμηση του ραβδωτου πτερώματος των πουλερικων.

Τό ραβδωτό πτέρωμα των πουλερικων όφείλεται σ' ένα κυρίαρχο γονίδιο Β, ένw τό μή ραβδωτό κόκκινο ή μαύρο στό ύποτελές γονίδιο b. Τό γονίδιο αυτό είναι φυλοσύνδετο και ό μέν πετεινός μπορεί νά έχει και τά δύο γονίδια, άφου είναι τό όμογαμετικό φύλο, ή δέ κότα πού είναι έτερογαμετικό, μόνο ένα από τά δύο γονίδια. Έτσι, όταν διασταυρώνομε μιά ραβδωτή κότα μέ ένα μή ραβδωτό πετεινό (σχ. 7.8β), στην F<sub>1</sub> όλοι οι πετεινοί θά είναι ραβδωτοί, έπειδή παίρνει τό κυρίαρχο φυλοσύνδετο από τήν κότα, και όλες οι κότες μή ραβδωτές, άφου παίρνει φυλοσύνδετο γονίδιο μόνο από τόν πετεινό (συμβαίνει τό αντίθετο δηλαδή από ό,τι στον άνθρωπο). Στην F<sub>2</sub>, όμως, έχουμε μισές κότες και μισούς πετεινούς ραβδωτούς.



Σχ. 7.8α.

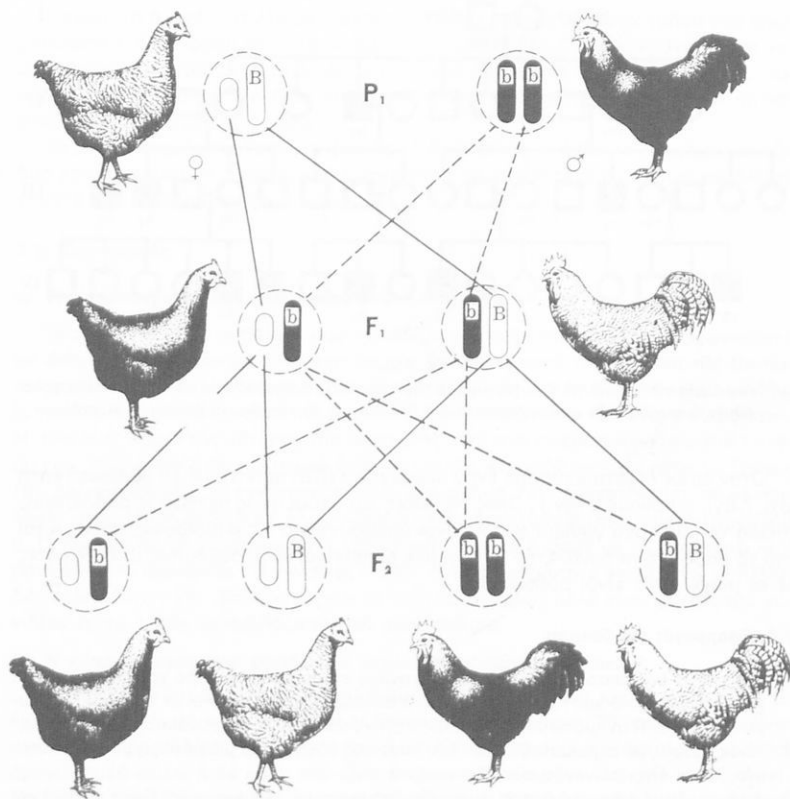
Στή γενεολογία αυτή εξηγείται η κληρονομηση τής αιμοφιλίας, που οφείλεται σε ένα υποτελές φυλοσύνδετο γονίδιο. (Οι κύκλοι παριστάνουν θηλυκά και τὰ τετράγωνα αρσενικά άτομα).

Όταν όμως διασταυρώσουμε έναν ομοζύγωτο (BB) πετεινό με τή ραβδωτή κότα (σχ. 7.8γ), παίρνομε στήν F<sub>1</sub> όλες τίσ κότες και όλους τούς πετεινούς ραβδωτούς, επειδή τό κυρίαρχο γονίδιο B που είναι υπεύθυνο γιά τίσ ραβδώσεις, προέρχεται από τό ραβδωτό πετεινό. Στήν F<sub>2</sub> όλοι μέν οι πετεινοί είναι ραβδωτοί, από τίσ κότες δέ οι μισές μόνο είναι ραβδωτές.

### 7.9 Έφαρμογές γιά άσκηση.

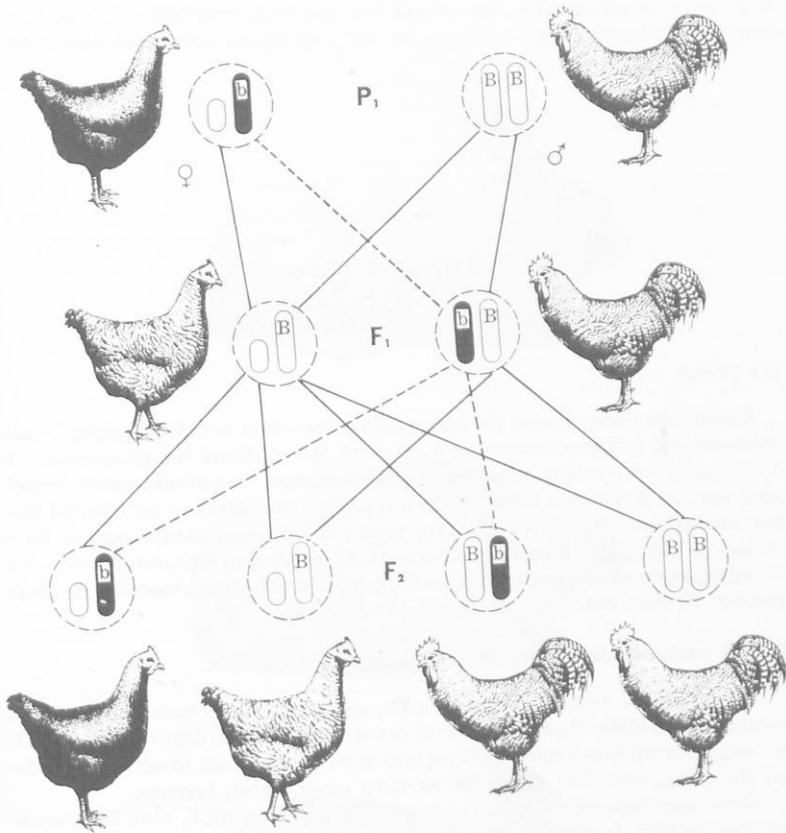
1. Στά πτηνά ένα υποτελές φυλοσύνδετο γονίδιο s προσδίδει άργυρό χρώμα στα φτερά και τό κυρίαρχο S καστανό. Ένα καστανό θηλυκό διασταυρώνεται με ένα άργυρόχρωμο άρσενικό. Τί σχηματισμούς θά έχομε στήν F<sub>1</sub> και στήν F<sub>2</sub> σε συνδυασμό με τό φύλο;
2. Ένας άνδρας με άχρωματοψία έχει ένα κανονικό άδελφό και μία άδελφή με άχρωματοψία. Ποιοί είναι οι γενότυποι τών γονέων;
3. Δυό γονείς με κανονική δράση άποκτούν ένα άγόρι με άχρωματοψία. Ποιοί είναι οι γενότυποι τών γονέων; Ποιές είναι οι πιθανότητες τό επόμενο παιδί νά είναι κόρη με άχρωματοψία;
4. Στά ποντίκια τό κυρίαρχο και φυλοσύνδετο γονίδιο B, κάνει τήν ουρά κοντή και γυριστή. Ένα κανονικό θηλυκό διασταυρώθηκε με ένα άρσενικό, που είχε κοντή και γυριστή ουρά. Ποιά φαινοτυπική άναλογία θά προκύψει στήν F<sub>1</sub>;

- Σε περισσότερα ένα κυρίαρχο φυλοσύνδετο γονίδιο, όταν βρίσκεται σε ομοζύγωση κατάσταση, κάνει το χρώμα του πτερώματος λευκό, ενώ σε έτεροζύγωση ή ημιζύγωση κατάσταση το κάνει γκριζο άνοικτο. Πώς είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε το γονίδιο αυτό για φυλοδιάγνωση σε νεογέννητα περιστέρια;
- Μία γυναίκα, στην οποία έκδηλώθηκε ένα ύποτελές γνώρισμα, παντρεύθηκε ένα κανονικό άνδρα και έκαναν ένα κανονικό αγόρι. Είναι δυνατόν το ύποτελές γονίδιο να βρίσκεται στο Χ χρωμόσωμα;
- Τα κυρίαρχα ή τα ύποτελή φυλοσύνδετα γονίδια έκδηλώνονται περισσότερο στους άνδρες και γιατί; Ίσχυει το ίδιο για τις γυναίκες και γιατί;



Σχ. 7.8β.

Διασταύρωση μίας ραβδωτής κότας με ομοζύγωτο μη ραβδωτό πετεινό. Το κυρίαρχο γονίδιο B που κάνει τις ραβδώσεις είναι φυλοσύνδετο.



Σχ. 7.8γ.

Διασταύρωση μεταξύ ενός ομοζύγωτου ραβδωτού πετεινού ( $BB$ ) με μη ραβδωτή κότα. Δεξιά οι πετεινοί και άριστερά οι κότες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΑΛΛΗΛΟΜΟΡΦΑ ΓΟΝΙΔΙΑ

#### 8.1 Γενικά.

Είδαμε στά προηγούμενα ότι κάθε γονίδιο άπαντάται υπό δύο μορφές. Ή μία βρίσκειται στό ένα χρωμόσωμο καί ή άλλη στό άλλο όμόλογό του χρωμόσωμο. Οί δύο μορφές του γονιδίου όνομάσθηκαν **άλληλόμορφα**. "Ένα άλληλόμορφο μπορεί, κατά τόν ένα ή τόν άλλο τρόπο, όπως π.χ. μέ τίς μεταλλάξεις, νά μεταβληθεί έλαφρά καί νά άποτελέσει έτσι μιá τρίτη μορφή του άρχικοϋ άλληλομόρφου. Αυτό μπορεί νά συνεχισθεί έτσι, ώστε νά προκύψει καί τέταρτη ή πέμπτη μορφή κ.ο.κ. Οί διάφορες αυτές μορφές, υπό τίς όποιες έμφανίζεται ένα άλληλόμορφο καί υπερβαίνουν τίς δύο, καλούνται **πολλαπλά άλληλόμορφα**.

#### 8.2 Τά πολλαπλά άλληλόμορφα στό χρώμα τών κουνελιών.

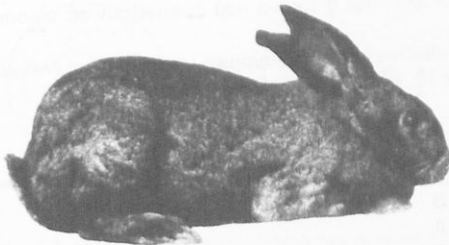
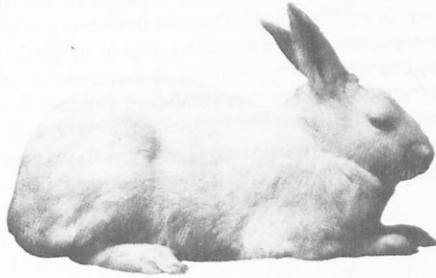
Στό σχήμα 8.2 διακρίνομε τρείς μορφές χρωματισμών: τό πρώτο κουνέλι είναι τελείως λευκό (άλβινό) μέ ρόζ μάτια: τό δεύτερο έχει ίμαλαίο άλβινισμό, δηλαδή έχει ρόζ μάτια καί λευκό τρίχωμα έκτός από τά πόδια, τήν ούρά, τά αυτιά καί τήν άκρη τής μύτης, πού είναι μαύρα καί τό τρίτο κουνέλι είναι έγχρωμο.

"Όταν διασταυρωθεί τό πρώτο μέ τό τρίτο, οί άπόγονοι τής  $F_1$  είναι όλοι έγχρωμοι, ενώ στήν  $F_2$  διασπώνται στήν άναλογία 3 έγχρωμοι πρós 1 λευκό. Τό χρώμα λοιπόν πού έλέγχεται από τό γονίδιο C είναι κυρίαρχο στόν άλβινισμό πού έλέγχεται από τό γονίδιο  $c_1$ . Τά γονίδια συνεπώς C καί  $c_1$  άποτελοϋν ένα ζεύγος άλληλομόρφων.

"Αν διασταυρώσομε τό δεύτερο, δηλαδή τό ίμαλαίο κουνέλι, μέ τό τρίτο (έγχρωμο), τά κουνέλια τής  $F_1$  είναι όλα έγχρωμα, ενώ στήν  $F_2$  παίρνομε τή διάσπαση 3 έγχρωμα πρós 1 ίμαλαίο. Αυτό σημαίνει πώς ύπάρχει καί ένα άλλο τρίτο γονίδιο πού δίνει τόν ίμαλαίο άλβινισμό καί είναι ύποτελέσ στό C, πού δίνει τό χρώμα. Τό τρίτο αυτό γονίδιο, πού τό συμβολίζομε μέ  $a_2$ , άποτελεί μέ τό C ένα άλλο ζεύγος άλληλομόρφων τό  $C > a_2$ .

"Έκείνο πού μένει τώρα είναι νά δοϋμε τί σχέση ύπάρχει ανάμεσα στά δύο γονίδια  $a_1$  καί  $a_2$ . Από τή διασταύρωση μεταξύ άλβινοϋ καί ίμαλαίου παίρνομε στήν  $F_1$  μόνον ίμαλαία καί στήν  $F_2$  τρία ίμαλαία πρós 1 άλβινό. Τά δύο γονίδια  $a_1$  καί  $a_2$  δέν βρίσκονται ποτέ στόν ίδιο γαμέτη. Τό έγχρωμο κουνέλι έχει τό γονίδιο C ή μέ τό

$a_1$  ή μέ τό  $a_2$ , αλλά ποτέ μέ τά δύο μαζί. Συμπεραίνομε λοιπόν ότι τό  $a_1$  καί  $a_2$  εἶναι ἀλληλόμορφα τόσο μεταξύ τους ὅσο καί μέ τό C. Τά τρία συνεπῶς ἀλληλόμορ-



Σχ. 8.2.

Τρία ἀλληλόμορφα ἑνός γονιδίου πού ρυθμίζουν τό χρῶμα τῶν κουνελιῶν. Ἄνω,  $a_1a_2$  πού δίνουν πλήρη ἀλβινισμό· στό μέσον,  $a_2a_2$  πού δίνουν ἱμαλαῖο ἀλβινισμό· κάτω, CC πού εἶναι ἐγχρωμα κουνέλια. Ἡ σχέση κυριαρχίας εἶναι  $C > a_2 > a_1$ .

φα: C,  $a_1$  καί  $a_2$  εἶναι τρεῖς μορφές τοῦ ἴδιου γονιδίου καί ἀποτελοῦν μιά σειρά πολλαπλῶν ἀλληλομόρφων μέ σχέση κυριαρχίας:  $C > a_2 > a_1$ .

### 8.3 Τά πολλαπλά αλληλόμορφα στις ομάδες αίματος του ανθρώπου.

Όλα τα άτομα ταξινομούνται σε τέσσερις ομάδες αίματος: την Α, όταν έχουν στο αίμα τους το αντιγόνο Α, την Β, με το αντιγόνο Β, την ΑΒ, όταν έχουν και τα δύο αντιγόνα Α και Β, και την ομάδα Ο χωρίς αντιγόνο στο αίμα. Το αίμα της ομάδας Α δεν έχει αντισώματα, για να προκαλεῖ συγκόλληση των ερυθροκυττάρων Α, αλλά έχει αντισώματα για να αντιμετωπίσει τα Β ερυθροκύτταρα. Το αίμα της ομάδας Β δεν έχει αντισώματα για να συγκολλάει τα κύτταρα Β, αλλά έχει για τα κύτταρα Α. Τα άτομα της ομάδας ΑΒ δεν έχουν αντισώματα, ενώ της ομάδας Ο έχουν και από τους δύο τύπους αντισωμάτων. Όταν γίνεται μετάγγιση αίματος, η αντίδραση των κυττάρων των διαφόρων ομάδων γίνεται σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα 8.3.1

**Πίνακας 8.3.1.**

Όμάδα αίματος	Προκαλεῖ συγκόλληση στα αιμοσφαίρια της ομάδας	Τά αιμοσφαίρια συγκολλούνται από τον όρρο του αίματος της παρακάτω ομάδας
ΑΒ Α Β Ο	σε καμιά ομάδα Β, ΑΒ Α, ΑΒ Α, Β, ΑΒ	Ο, Α, Β Ο, Β Ο, Α από καμιά ομάδα

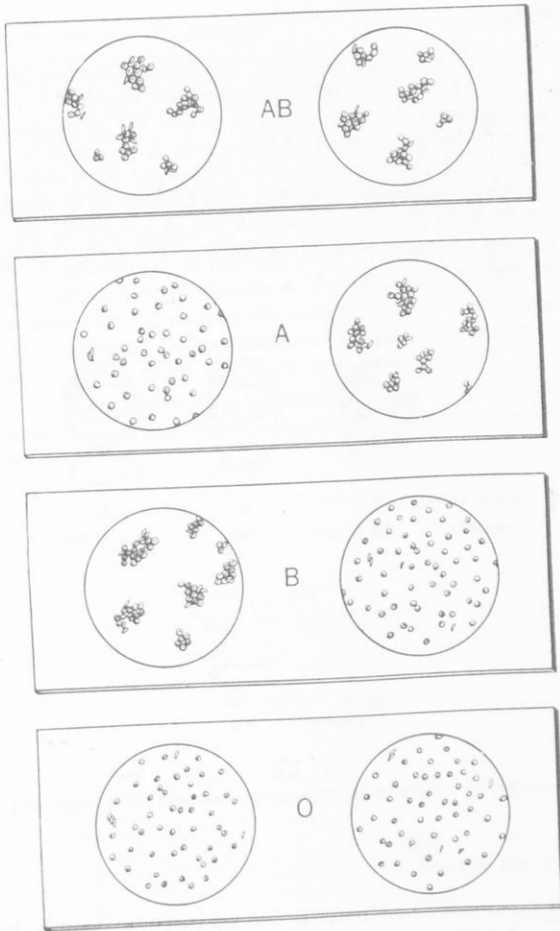
Στό σχήμα 8.3 φαίνεται η εικόνα που εμφανίζουν τά αιμοσφαίρια κατά τή μετάγγιση.

Ό τύπος του αίματος είναι κληρονομικό γνώρισμα και ελέγχεται από τρία αλληλόμορφα γονίδια:  $I^A$ ,  $I^B$  και  $i$ , κατά τόν εξής τρόπο:

Όμάδα αίματος	γενότυπος
ΑΒ	$I^A I^B$
Β	$I^B I^B$ ή $I^B i$
Α	$I^A I^A$ ή $I^A i$
Ο	$i i$

Τό γονίδιο  $I^A$  είναι υπεύθυνο για τήν παρουσία του αντιγόνου Α, τό  $I^B$  για τό αντιγόνο Β και τό  $i$  για τή μη παραγωγή αντιγόνου. Τόσο τό γονίδιο  $I^A$  όσο και τό  $I^B$  είναι κυρίαρχα πάνω στό  $i$ , ενώ τά  $I^A$  και  $I^B$  είναι μεταξύ τους συγκυρίαρχα, αφού τά προϊόντά τους είναι διαφορετικά και συνυπάρχουν στόν τύπο ΑΒ. Τά τρίτα λοιπόν αλληλόμορφα συμβολίζονται ως εξής:  $I^A \neq I^B > i$ .





Σχ. 8.3.

Επίδραση τῶν ὄρρων Α καὶ Β πάνω στά αιμοσφαίρια ἀτόμων πού ἀνήκουν στις 4 ομάδες αἵματος ΑΒ, Α, Β καὶ Ο.

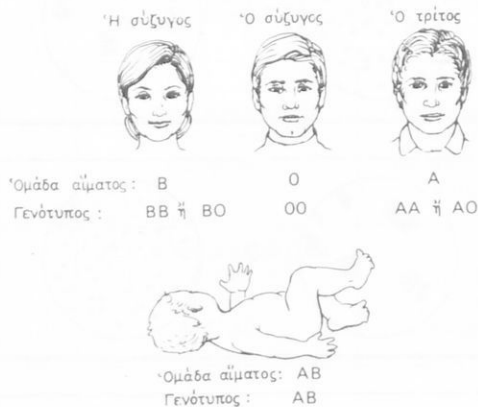
#### 8.4 Τά πολλαπλά ἀλληλόμορφα σέ ἄλλα γνωρίσματα.

Καί ἄλλα σπουδαῖα φυσιολογικά γνωρίσματα τοῦ ἀνθρώπου, ὅπως τό *Rhesus* τοῦ αἵματος, κληρονομοῦνται μέ πολλαπλά ἀλληλόμορφα γονίδια.

Παράδειγμα ἀπό τό φυτικό βασίλειο ἀποτελεῖ ὁ ἔλεγχος τοῦ ἀσυμβιβάστου στά ἀνώτερα φυτά ἀπό τή σειρά  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$  πολλαπλῶν ἀλληλομόρφων.

## 8.5 Έφαρμογές.

Η γνώση του τρόπου κληρονομήσεως των ομάδων αίματος χρησιμοποιείται πολλές φορές για τη διαπίστωση της πατρότητας ενός παιδιού. Άς υποθέσουμε ότι ένας πατέρας άμφισβητεί την πατρότητα του παιδιού και υποπεύεται έναν τρίτο. Ο ίδιος ανήκει στην ομάδα αίματος O, ο άλλος στην A, η γυναίκα του δέ στη B και το παιδί στην AB (σχ. 8.5). Πράγματι, ο σύζυγος δέν μπορεί να είναι ο πατέρας του παιδιού, επειδή είναι της ομάδας O και δέν είναι δυνατόν να συνεισφέρει ούτε τό γονίδιο A, ούτε τό B. Τό παιδί έχει πάρει τό B από τή μητέρα του και τό A πιθανόν από τόν τρίτο, γιατί υπάρχουν και άλλοι μέ τόν τύπο A ή AB πού μπορούσαν να είχαν δώσει τό γονίδιο A.



Σχ. 8.5.

Η κληρονομηση των ομάδων αίματος στην υπηρεσία της επιστήμης για τη διαπίστωση της πατρότητας.

## 8.6 Έφαρμογές για άσκηση.

1) Στά κουνέλια τό χρώμα καθορίζεται από μία σειρά πολλαπλών άλληλομόρφων C, c<sup>h</sup> c<sup>h</sup>, c τό όποια σε όμοζύγωτη κατάσταση δίνουν αντίστοιχα τούς έξηξ χρωματισμούς: φαιό, άργυρόφαιο, ίμαλάιο και λευκό. Η σχέση κυριαρχίας ανάμεσα στά άλληλόμορφα είναι C > c<sup>h</sup> > c, δηλαδή κάθε άλληλόμορφο κυριαρχεί σε όλα τά υπόλοιπα πού βρίσκονται δεξιά του.

Άπό έπτά κουνέλια, όλα της ίδιας γέννας τά τέσσερα έχουν φαιό χρωματισμό, τά δύο είναι άργυρόφαια και τό ένα λευκό. Ποιοί είναι οι γενότυποι των γονέων;

2) Στο δικαστήριο μία γυναίκα μέ ομάδα αίματος O, παρουσίασε ένα παιδί της ομάδας O, τό όποιο υποστήριξε πως απέκτησε μέ έναν άνδρα της ομάδας AB τόν όποιο και έμήνυσε. Τί έπιπτώσεις μπορεί να έχει ό τύπος του αίματος στη λήψη δικαιης άποφάσεως;

3) Στόν άνθρωπο τὰ ἀλληλόμορφα  $I^A$ ,  $I^B$  καί  $I^O$ , πού γιά ἀπλούστευση παριστάνομε μόνο μέ τούς δείκτες A, B καί O καθορίζουν τούς τέσσερις τύπους τοῦ αἵματος A, B, AB καί O. Τά A καί B ἀλληλόμορφα εἶναι μεταξύ τους συγκυρίαρχα, ἐνῶ εἶναι κυρίαρχα πάνω στό O. Νά βρεθοῦν: α) Ποιοί γενότυποι ἀντιστοιχοῦν στίς τέσσερις ομάδες αἵματος. β) Ἐάν ἕνα παιδί ἀνήκει στήν ομάδα A καί ἡ μητέρα του στήν O, σέ ποιά ομάδα ἢ ομάδες θά ἀνήκει ὁ πατέρας; γ) Ἐάν ἕνας πατέρας τῆς ομάδας A καί μία μητέρα τῆς ομάδας B ἀποκτήσουν ἕνα παιδί τῆς ομάδας O, σέ ποιές ἄλλες ομάδες μπορεῖ νά ἀνήκουν τὰ ὑπόλοιπα παιδιά τους; δ) Ἐάν ὁ πατέρας εἶναι τῆς ομάδας B καί ἡ μητέρα τῆς O καί γεννήσουν τό πρῶτο παιδί τῆς ομάδας O, ποιές εἶναι οἱ πιθανότητες τό δεύτερο παιδί νά ἀνήκει σέ μία ἀπό τίς ομάδες O, B, A καί AB; ε) Δύο γονεῖς τῆς ομάδας A, πού τό μωρό τους ἀνήκει στήν ομάδα O, διαμαρτυρήθηκαν ὅτι στό νοσοκομεῖο τούς ἔλλαξαν τό παιδί. Ἐχουν λόγους νά διαμαρτύρονται; στ) Ἐάν τό προηγούμενο παιδί ἀνῆκε στήν ομάδα B, τί ἐνδείξεις προσφέρει αὐτό σχετικά μέ τή συγγένεια γονέων καί παιδιοῦ;

4) Ἐάν ἕνας γονέας ἀνήκει στήν ομάδα αἵματος AB καί ὁ ἄλλος στήν O, πόσες φορές σέ οἰκογένειες μέ τρία παιδιά περιμένομε ἕνα παιδί τῆς ομάδας A καί δύο παιδιά τῆς ομάδας B;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### ΜΕΤΑΛΛΑΞΕΙΣ

#### 9.1 Γενικά.

Λέγοντας **μετάλλαξη** ή **μεταλλαγή** έννοούμε μία απότομη αλλαγή στην κληρονομική ουσία, που δέν έχει ως αίτιο τόν ανασυνδυασμό τών γονιδίων. Τέτοιες μεταβολές έχουν παρατηρηθεί πριν από έκασοντάδες χρόνια. Κατά τό τέλος του 18ου αιώνα π.χ. έμφανίσθηκε ένα πρόβατο μέ πολύ κοντά πόδια, που όδήγησε στή δημιουργία της φυλής Ancon τής Νέας Άγγλίας (σχ. 9.1α).

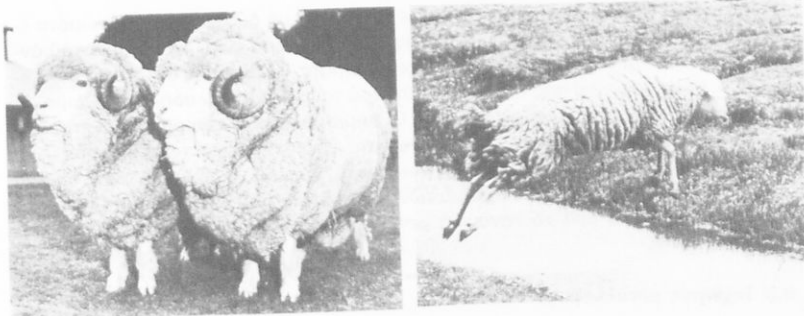
Ό πρώτος γενετιστής που άσχολήθηκε σοβαρά μέ τίς μεταλλάξεις ήταν ό Hugo de Vries περί τό 1880. Τό ύλικό, μέ τό όποιο έργάσθηκε, ήταν τό φυτό *Oenothera lamarckiana*, στο όποιο διεπίστωσε τόσες μεταβολές, ώστε πίστεψε ότι τό φυτό αυτό βρίσκονταν σε περίοδο μεταλλάξεων. Μιά μετάλλαξη του φυτού αυτού, γνωστή ως **γίγας** (σχ. 9.1β), προήλθε μάλλον από τό διπλασιασμό τών χρωμοσωμάτων. Είχε δηλαδή 28 αντί 14 χρωμοσώματα. Σε άλλη μετάλλαξη του ίδιου φυτού βρέθηκαν 15 αντί 14 χρωμοσώματα, δηλαδή τό ένα ζεύγος είχε 3 αντί για 2. Άλλες μεταλλαγές του φυτού αυτού όφείλονταν στή ανταλλαγή τμημάτων μεταξύ τών χρωμοσωμάτων του.

Άποτέλεσμα τών παραπάνω μεταρρυθμίσεων στά χρωμοσώματα τής *Oenothera* ήταν ή έμφάνιση ατόμων μέ διαφορετικά έξωτερικά γνωρίσματα.

#### 9.2 Ή φύση τής μεταλλάξεως.

Σήμερα περιοριζόμαστε νά παραδεχθοΰμε ότι ή μετάλλαξη σημαίνει αλλαγή μέσα στήν κληρονομική μονάδα, δηλαδή μέσα στο γονίδιο, τό όποιο είναι πολύ μεγάλο καί σύνθετο μόριο. Μιά τυπική μετάλλαξη ύποτίθεται ότι είναι συνέπεια κάποιας αλλαγής μέσα στο μόριο αυτό. Μπορεί π.χ. νά είναι μία άπώλεια ή άνακατάταξη όρισμένων ατόμων. Τέτοιες μικρές αλλαγές στο μεγάλο μόριο του γονιδίου μπορούν νά συμβούν χωρίς νά έλαττώσουν τή βιοσιμότητα του ατόμου, που φέρει τήν αλλαγή. Οι μικρές αλλαγές στά άτομα όδηγούν παρ' όλα αυτά στή μεταβολή τών έξωτερικών γνωρισμάτων, όπως π.χ. τό χρώμα στα μάτια τής δροσόφιλας μπορεί αντί για κόκκινο νά πάρει τήν άπόχρωση του βερύκοκκου.

Μετάλλαξη δυνατόν νά συμβεί, εκτός από τό γονίδιο, καί στή βάση του χρωμοσώματος ή του **γενώματος**. Ένα τμήμα κάποιου χρωμοσώματος μπορεί νά σπάσει καί ή νά χαθεί ή νά ανασυγκολληθεί. Οι χρωμοσωμικές μεταλλάξεις άναφέρονται, συνήθως, ως έλλείμματα, διπλασιασμοί, αναστροφές καί μετατοπίσεις.



Σχ. 9.1α.

Ἡ φυλή Άνσοπ προβάτου πού δημιουργήθηκε μέ μετάλλαξη. Ἀριστερά βραχύποδα πρόβατα. Δεξιά πρόβατο μέ κανονικά πόδια.



Σχ. 9.1β.

Ἄνθοφόροι κλάδοι τοῦ *Oenothera Lamarckiana*. (α) τό κανονικό φυτό καί (β) ὁ γίγας, πού προήλθε ἀπό μετάλλαξη.

Τό **γένωμα** είναι ή ομάδα πού αποτελείται από τά μή όμόλογα χρωμοσώματα ένός παλιού είδους, από τό όποιο προέκυψαν τά νεώτερα είδη. Τό γένωμα του άνθρώπου π.χ. είναι τά 23 μή όμόλογα χρωμοσώματα. Ό αριθμός αυτός συμβολίζεται με Χ. Οι όργανισμοί πού έχουν στά κύτταρά τους ένα Χ, δηλαδή ένα γένωμα, όνομάζονται **άπλοειδείς** ή **μονοπλοειδείς**. Οι περισσότεροι άνωτεροι όργανισμοί είναι **δipλοειδείς**, έχουν δηλαδή δύο γενώματα στά σωματικά τους κύτταρα. Στά γεννητικά τους όμως κύτταρα (ώάρια, σπέρματα, γυρεόκοκκοί) έχουν τό ένα μόνο γένωμα. Κάθε μεταβολή στόν αριθμό των γενωμάτων, πού έχει ως άποτέλεσμα νά έχουμε περισσότερα από τό κανονικό γενώματα, καλεΐται **μετάλλαξη** στό επίπεδο του γενώματος.

### 9.3 Τεχνητές μεταλλάξεις.

Άνεκαθεν οι έρευνητές προσπαθούν νά δημιουργήσουν κληρονομικές μεταβολές με διάφορα έξωτερικά μέσα. Ό Pasteur, π.χ. επέδειξε νά διαταράξει τήν κληρονομική δομή με όργανο πού προκαλούσε δονήσεις. Άλλοι επέδρασαν με διάφορα χημικά μέσα ή με άπότομες αλλαγές τής θερμοκρασίας καί πήραν διάφορους τύπους του όργανισμού.

Ή έρευνα γύρω από τίς μεταλλάξεις συστηματοποιήθηκε από τον Η.Ι. Müller τό 1927, όποτε πέτυχε μεταλλάξεις σε μεγάλη συχνότητα χρησιμοποιώντας άκτινοβολία με άκτίνες Χ. Για τήν άνακάλυψή του αυτή ό Müller πήρε τό βραβείο Nobel τό 1946.

Ό Müller καί οι συνεργάτες του άνέπτυξαν μεθόδους, πού τούς επέτρεψαν νά δημιουργούν μεταλλάξεις με τίς άκτίνες Χ καί νά μετρούν, επίσης, τή συχνότητα πού συμβαίνουν οι αυτόματες μεταλλάξεις στή φύση. Διεπίστωσαν, έξ άλλου, ότι είναι μάλλον άδύνατο νά επιφέρουμε μιά επιθυμητή αλλαγή πάνω σε όρισμένο γονίδιο με τόν τρόπο τής μεταλλάξεως. Παράλληλα με τόν Müller ό Άμερικανός L.Ι. Stadler δημιούργησε μεταλλάξεις με άκτίνες Χ στό καλαμπόκι καί τό κριθάρι.

Μετά τίς άκτίνες Χ καί άλλες άκτινοβολίες, όπως ή γ-άκτινοβολία από τό ραδιενεργό κοβάλτιο, χρησιμοποιήθηκαν στή γενετική γιά τή δημιουργία μεταλλάξεων.

### 9.4 Έρωτήσεις.

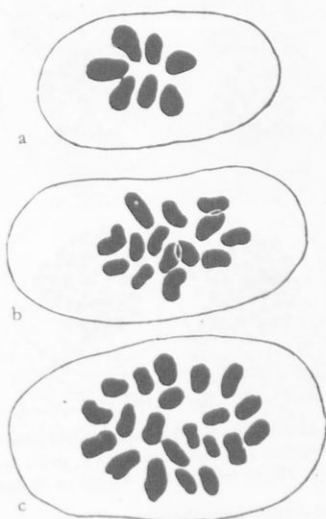
1. Τι είναι ή μετάλλαξη; άναφέρατε ένα παράδειγμα από τό φυτικό καί ένα από τό ζωικό βασίλειο.
2. Ποιά είναι ή φυσική βάση τής μεταλλάξεως;
3. Τι άκριβώς συμβαίνει στό γονίδιο, τό χρωμόσωμο ή τό γένωμα, όταν ύφίσταται μιά μετάλλαξη;
4. Ποιός είναι ό θεμελιωτής τής έρευνας πάνω στίς μεταλλάξεις καί ποίο μέσο χρησιμοποίησε γιά νά τίς δημιουργήσει;
5. Ποιά είναι ή χρησιμότητα των τεχνητών μεταλλάξεων;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### Η ΠΟΛΥΠΛΟΕΙΔΙΑ

#### 10.1 Γενικά.

Γνωρίζομε ότι, κατά κανόνα, κάθε είδος έχει ορισμένο αριθμό χρωμοσωμάτων. Μερικά είδη σιταριού π.χ. έχουν 14 χρωμοσώματα, ενώ άλλα έχουν 28 και άλλα 42. Ο αριθμός αυτός αναφέρεται στα σωματικά κύτταρα. Στα γεννητικά όμως κύτταρα ο αριθμός των χρωμοσωμάτων είναι ο μισός, δηλαδή 7, 14 και 21 αντίστοιχα (σχ. 10.1α). Οι αριθμοί αυτοί είναι πολλαπλάσια του 7 ( $1 \times 7$ ,  $2 \times 7$ ,  $3 \times 7$ ). Ο αριθμός 7 είναι βασικός αριθμός του γένους. Σέ άλλα γένη ο βασικός αριθμός των χρωμοσωμάτων είναι διαφορετικός. Στο χρυσάνθεμο π.χ. ο βασικός αριθμός είναι ο 9 και υπάρχουν είδη χρυσανθέμων μέ όλα τὰ πολλαπλάσια του 9, από τό 18 ως



Σχ. 10.1α

\*Η πολυπλοειδής σειρά 7, 14, 21 κατά τή μείωση σέ τρία είδη σιταριού: (a) *Triticum Aegilopoides* ( $n = 7$ ). (b) *Triticum Dicotum* ( $n = 14$ ) και (c) *Triticum Aestivum* ( $n = 21$ ).

τό 90 (σχ. 10.1β). Στόν καπνό ο βασικός αριθμός χρωμοσωμάτων είναι 12 καί υπάρχουν είδη μέ 24, 48 καί 72 χρωμοσώματα κ.ο.κ. Ἡ ἐμφάνιση μιᾶς σειρᾶς εἰδῶν μέ βασικό αριθμό χρωμοσωμάτων πολλαπλάσιο τοῦ ἀρχικοῦ καλεῖται **πολυπλοειδία**.

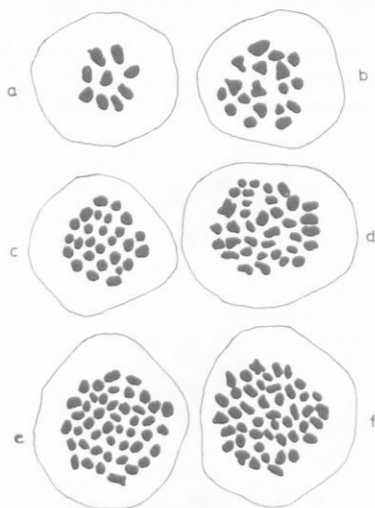
Ἄν λοιπόν ἕνας ὄργανισμός ἔχει στά σωματικά του κύτταρα μιά φορά τό βασικό ἀριθμό (ἕνα δηλαδή **γένωμα**) τόν καλέσαμε στό προηγούμενο κεφάλαιο **ἄπλοειδή** καί ἂν ἔχει δύο γενώματα **διπλοειδή**. Ἄν, τώρα, ἔχει περισσότερα ἀπό δύο γενώματα καλεῖται **πολυπλοειδής**.

Οἱ πολυπλοειδεῖς ὄργανισμοί διακρίνονται σέ:

**α) Εὐπλοειδεῖς**, ὅταν ἀποτελοῦνται ἀπό πλήρη γενώματα, καί

**β) ἀνευπλοειδεῖς**, ὅταν τουλάχιστον ἕνα γένωμά τους δέν εἶναι ἰσορροπημένο, δηλαδή τούς λείπει ἢ τούς περισσεύει ἕνα ἢ περισσότερα χρωμοσώματα.

Οἱ εὐπλοειδεῖς διακρίνονται σέ δύο κατηγορίες: στούς **αὐτοπολυπλοειδεῖς**, ὅταν ἔχουν ὅλα τά γενώματα ὁμόλογα, καί στούς **ἀλλοπολυπλοειδεῖς**, ὅταν τά γενώματά τους εἶναι διαφορετικά. Οἱ αὐτοπολυπλοειδεῖς, ἀνάλογα μέ τόν ἀριθμό τῶν γενωμάτων, χαρακτηρίζονται ὡς αὐτοτριπλοειδεῖς, αὐτοτετραπλοειδεῖς κ.ο.κ.



Σχ. 10.1β.

Ἡ πολυπλοειδία στό χρυσάνθεμο. Φαίνονται τά χρωμοσώματα στήν πρώτη μετάφαση τῆς μειώσεως. Τό (α) εἶδος ἔχει βασικό ἀριθμό χρωμοσωμάτων  $n = 9$ , τό (β) ἔχει  $n = 18$ , τό (γ) ἔχει  $n = 27$ , τό (δ) ἔχει  $n = 36$ , τό (ε) ἔχει  $n = 45$  καί τό (φ) ἔχει  $n = 45$ .

Οἱ ἀνευπλοειδεῖς ὄργανισμοί διακρίνονται σέ:

**α) Ἀσωμικούς**, ὅταν τούς λείπει ἕνα ζευγός ὁμολόγων χρωμοσωμάτων.

**β) Μονοσωμικούς**, ὅταν λείπει ἕνα μόνο ὁμόλογο χρωμόσωμο.

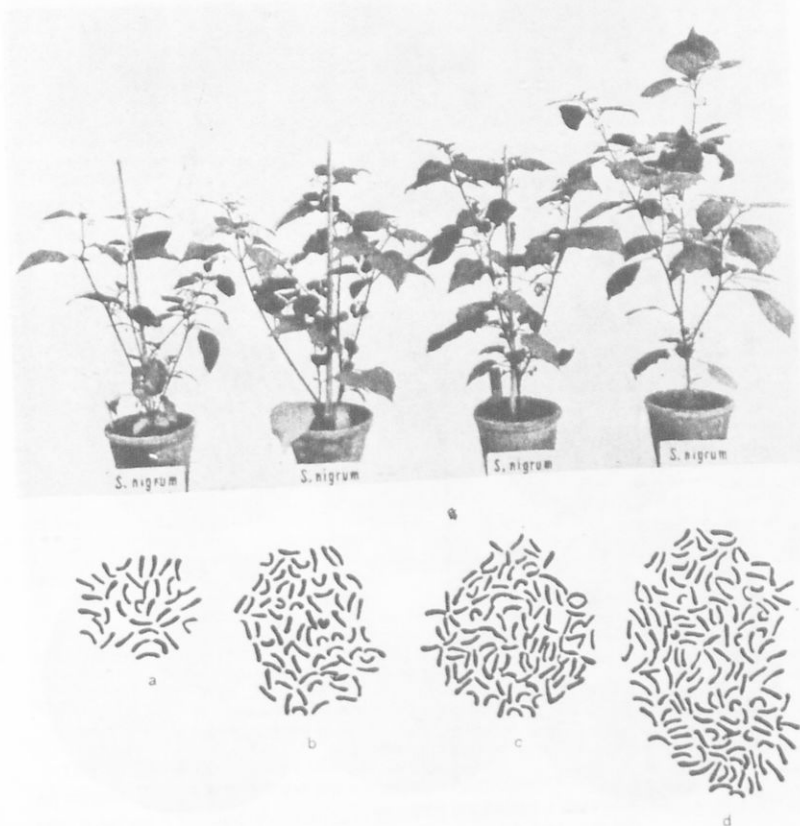
**γ) Τρισωμικούς**, ὅταν σέ ἕνα ζευγός χρωμοσωμάτων ὑπάρχει ἕνα ἐπί πλέον χρωμόσωμο.



δ) *Τετρασωμικούς*, όταν είναι δύο τὰ ἐπὶ πλέον χρωμοσώματα κ.ο.κ.

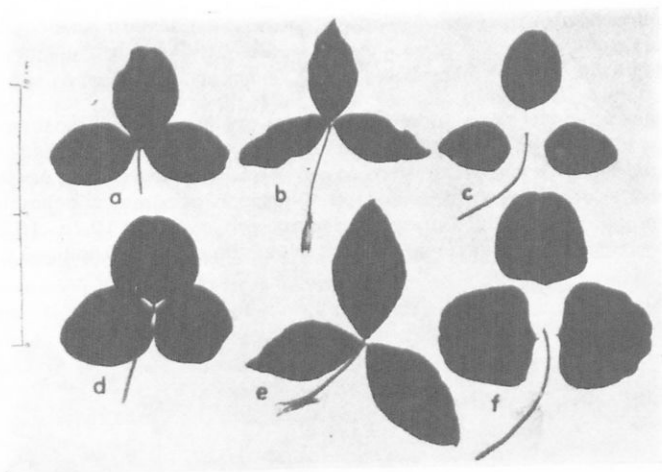
### 10.2 Ἰδιότητες τῶν πολυπλοειδῶν.

Τὰ αὐτοτετραπλοειδή φυτὰ χαρακτηρίζονται ἀπὸ ἓνα βαθμὸ μεγαλύτερο στὸ μέγεθος τοῦ στελέχους, τῶν φύλλων, τῶν ἀνθέων τῶν σπόρων καὶ γενικά ἀπὸ μεγαλύτερη ἀνάπτυξη συγκριτικά μὲ τὸ ἀρχικὸ ὕλικό. Οἱ ἀλλαγές αὐτές ὀφείλονται, κατὰ πρῶτο, στὸ γεγονός ὅτι τὰ κύτταρα τῶν τετραπλοειδῶν εἶναι σημαντικὰ μεγαλύτερα. (Σχετικὰ παραδείγματα παρέχονται στὰ σχήματα 10.2α, 10.2β καὶ 10.2γ. Αὐτὸ συμβαίνει γιατί ὑπάρχει στενὴ συσχέτιση μεταξὺ τοῦ ἀριθμοῦ χρωμο-



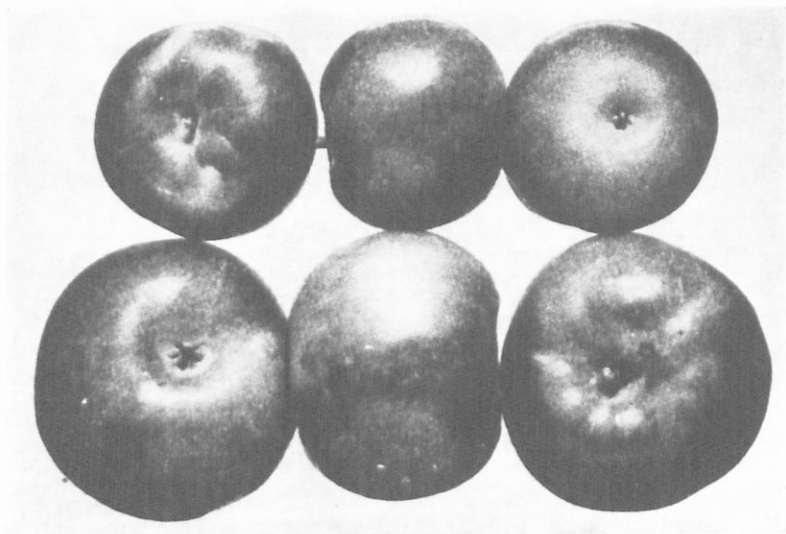
Σχ. 10.2α

Φυτὰ τοῦ *Solanum Nigrum* μὲ 36, 72, 108 καὶ 144 σωματικὰ χρωμοσώματα.



Σχ. 10.2β

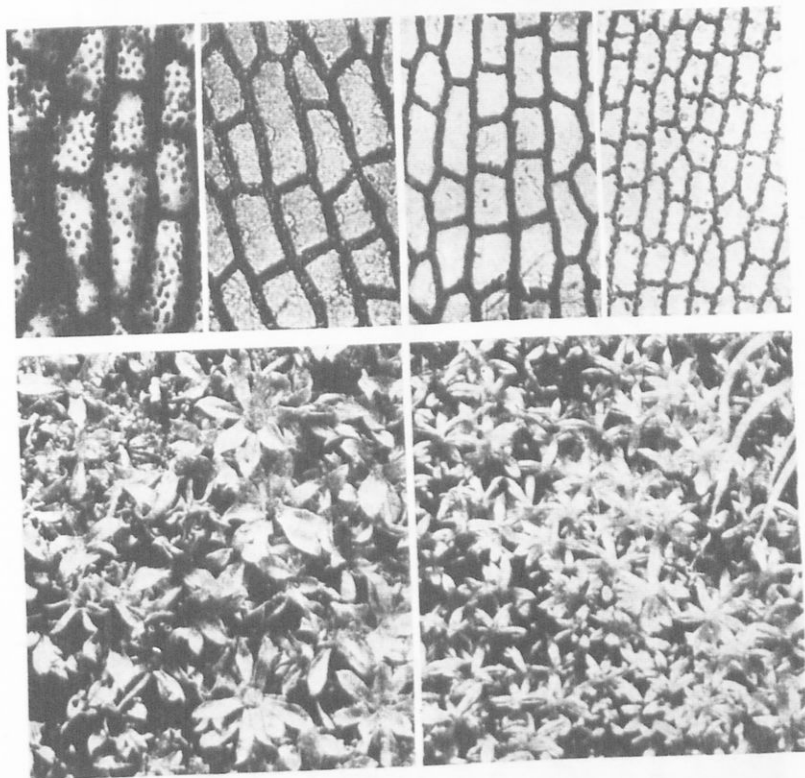
Φύλλα τριφυλλιού. Έπάνω από διπλοειδές και κάτω από τετραπλοειδές φυτό.



Σχ. 10.2γ

Διπλοειδή (έπάνω) και τετραπλοειδή (κάτω) μήλα.

σωμάτων και του μεγέθους του κυτταρικού πυρήνα, καθώς και μεταξύ μεγέθους πυρήνα και διαστάσεων του κυττάρου. Τά τετραπλοειδή άτομα επομένως συγκροτούνται από μεγαλύτερες οικοδομικές μονάδες (σχ. 10.26).

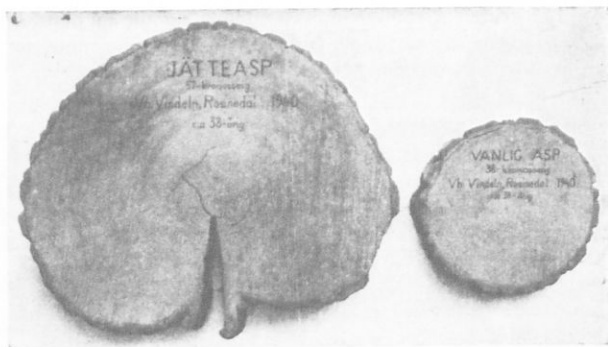


Σχ. 10.26

Έπάνω, μεγαλωμένοι ιστοί φύλλων βρυόφυτου. Ο αριθμός χρωμοσωμάτων από άριστερά προς τα δεξιά είναι: κανονικός, διπλάσιος, τριπλάσιος και τετραπλάσιος. Το μέγεθος των κυττάρων αυξάνεται σημαντικά με τον αυξανόμενο αριθμό χρωμοσωμάτων. Κάτω άριστερά είναι τά κανονικά φυτά και δεξιά μεγαλύτερα λόγω του διπλάσιου αριθμού των χρωμοσωμάτων.

Τά αὐτοτριπλοειδή ἔχουν παρόμοιες με ἐκεῖνες τῶν αὐτοτετραπλοειδῶν, δηλαδή παρουσιάζουν **γίγαντισμό** συγκριτικά πρὸς τά διπλοειδή ἄτομα. Ἐνα εἶδος λεύκας, ἡ λεύκα ἢ τρεμοφυλλοειδής, ἢ γνωστή ὡς λεύκα - γίγαντας, ἔχει  $3 \times 19 = 57$  χρωμοσώματα καὶ παράγεται σήμερα πειραματικά (σχ. 10.2ε).

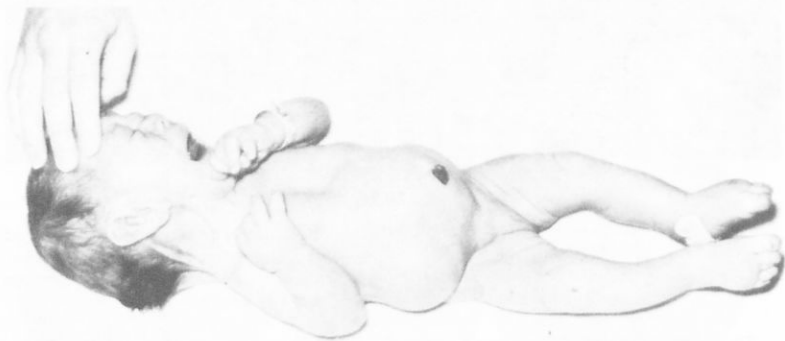
Ἡ διαφορά εἶναι ὅτι κατὰ κανόνα, τά αὐτοτριπλοειδή ἄτομα εἶναι συνήθως στέρηρα, ἐνῶ τά αὐτοτετραπλοειδή γόνιμα καὶ δίνουν ἀπογόνους.



Σχ. 10.2ε

Τομές κορμών της τρεμοφυλλοειδούς λεύκης. Ἀριστερά, τριπλοειδής καί δεξιά, διπλοειδής τῆς ἴδιας ἡλικίας.

Γιά τὰ άνευπλοειδή άτομα θά αναφέρομε δύο παραδείγματα από τόν άνθρωπο, ένα μονοσωμικό καί ένα τρισωμικό. Ἡ άνωμαλία πού εἶναι γνωστή ως **σύνδρομο τοῦ Turner** (σχ. 10.2στ) όφείλεται στη έλλειψη ενός Χ χρωμοσώματος καί τά άτομα πού πάσχουν από αὐτήν έχουν 44 χρωμοσώματα καί ένα μόνο Χ, δηλαδή εἶναι μονοσωμικά. Ἡ άνωμαλία αὐτή άπαντᾶται μέ συχνότητα 0.23 σέ κάθε 1000 γεννήσεις, ενώ στους ένήλικες ή συχνότητα εἶναι ένας στους 5000. Τό κυριότερο σύμπτωμα στά ένήλικα άτομα εἶναι ή ύπανάπτυξη τῆς ώσθήκης.



Σχ. 10.2στ

Τό σύνδρομο τοῦ Turner, πού όφείλεται στήν έλλειψη ενός χρωμοσώματος Χ.

Τό σχήμα 10.2ζ δείχνει άτομο τρισωμικό, τό όποιο έχει συνολικά 47 χρωμοσώματα, δηλαδή 44 + XX σύν ένα τρίτο χρωμόσωμο στό ζεύγος 18, όπως φαίνεται στό σχήμα 10.2η.



Σχ. 10.2ζ

← Τρισωμικό άτομο, στό όποιο τό ζεύγος 18 έχει τρία χρωμοσώματα.



Σχ. 10.2η

Τά 47 χρωμοσώματα πού βρέθηκαν στά κύτταρα τού τρισωμικού ατόμου τού σχήματος 10.2ζ. Τό τρίτο χρωμόσωμο τού ζεύγους 18 δείχνεται μέ τό βέλος.

### 10.3 Έρωτήσεις.

1. Τί καλείται γένωμα;
2. Τί καλείται πολυπλοειδία;
3. Πόσα χρωμοσώματα έχει τό γένωμα τοῦ σιταριοῦ;
4. Πόσα χρωμοσώματα έχει τό γένωμα τοῦ χρυσάνθεμου;
5. Τί εἶναι ἡ εὐπλοειδία καί τί ἡ ἀνευπλοειδία;
6. Τί εἶναι τά αὐτοτετραπλοειδή καί τί τά αὐτοτριπλοειδή;
7. Ποιά εἶναι ἡ διαφορά μεταξύ τῶν αὐτοτριπλοειδῶν καί αὐτοτετραπλοειδῶν ἀναφορικά μέ τήν γονιμότητά τους;
8. Τί εἶναι τά μονοσωμικά καί τί τά τρισωμικά ἄτομα;
9. Ἀναφέρατε ἕνα παράδειγμα μονοσωμίας καί ἕνα τρισωμίας στόν ἄνθρωπο.
10. Πῶς ἐξηγεῖται ὁ γιγαντισμός στά αὐτοπολυπλοειδή;

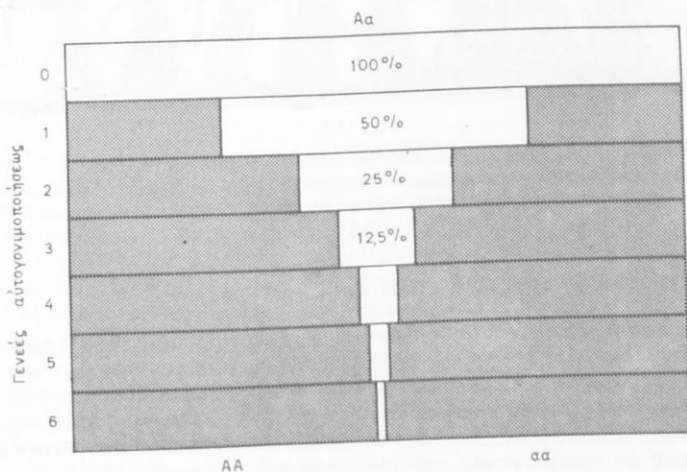
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ, ΕΝΔΕΚΑΤΟ

### ΟΜΟΜΕΙΞΙΑ ΚΑΙ ΕΤΕΡΩΣΗ

#### A. ΟΜΟΜΕΙΞΙΑ.

##### 11.1 Γενικά.

Με τόν όρο **όμομειξία** έννοοϋμε τό σύστημα άναπαραγωγής κατά τό όποιο διασταυρώνομε ότομα πού είναι συγγενή. 'Η πιό στενή μορφή όμομειξίας συμβαίνει στά φυτά μέ τήν άυτογονιμοποίηση. Μέ τήν όμομειξία αύξάνεται άπό γενιά σέ γενιά ή όμοζυγωτία και έλαττώνεται ή έτεροζυγωτία. 'Η μείωση τής έτεροζυγωτίας, λόγω όμομειξίας, είναι σέ κάθε γενιά 50%, όταν άυτογονιμοποιούμε (σχ. 11.1), 25% όταν διασταυρώνομε **άδέρφια**, 12,5% όταν διασταυρώνομε **μηλαδέρφια** και 6,25% όταν διασταυρώνομε **ξαδέρφια**.



Σχ. 11.1.

Ό ρυθμός μείωσης τής έτεροζυγωτίας μέ τήν άυτογονιμοποίηση είναι 50% σέ κάθε γενιά. Στην έκ- τη γενιά τά έτεροζύγωτα ότομα είναι λιγότερο από 1%.

### 11.2 Ἡ ὁμομειξία στά σταυρογονιμοποιούμενα φυτά.

Ὅρισμένα φυτικά εἶδη, ὅπως π.χ. τὸ καλαμπόκι, σταυρογονιμοποιῦνται κατὰ κανόνα. Ἐάν αὐτογονιμοποιήσουμε τὸ φυτὸ αὐτὸ γιὰ μερικές γενιές, τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι ἡ συνεχῆς μείωση τῆς εὐρωστίας ἀπὸ γενιά σὲ γενιά (σχ. 11.2). Συνεχίζοντας τὴν αὐτογονιμοποίηση μέχρι τῆ 10ῆς γενιάς, παίρνομε τὸν ἐλάχιστο βαθμὸ εὐρωστίας καὶ ἀποδόσεως τοῦ φυτοῦ. Παραπέρα μείωση δὲν παρατηρεῖται ἔστω καὶ ἂν συνεχίσουμε τὴν αὐτογονιμοποίηση καὶ μετὰ τῆ 10ῆς γενιάς.



Σχ. 11.2.

Μείωση τῆς εὐρωστίας στὸ καλαμπόκι μὲ τὴν αὐτογονιμοποίηση. Τὸ φυτὸ ἀριστερὰ εἶναι τὸ ἀρχικὸ ὑλικὸ πὺ πολλπλασιασίζονταν μὲ σταυρογονιμοποίηση. Τὸ δεῦτερο φυτὸ, ἀπὸ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιά, προῆλθε ἀπὸ αὐτογονιμοποίηση τοῦ πρώτου, τὸ τρίτο ἀπὸ αὐτογονιμοποίηση τοῦ δευτέρου  
κ.ο.κ.

### 11.3 Ἡ ὁμομειξία στά ζῶα καὶ στὸν ἄνθρωπο.

Ἐπειδὴ στά ζῶα εἶναι ἀδύνατη ἡ αὐτογονιμοποίηση, πετυχαίνομε τὴν ὁμομειξία διασταυρώνοντας τὰ ἀδελφία. Συνεχίζοντας τὴν ὁμομειξία μὲ τὸ τρόπο αὐτὸ γιὰ μερικά γενιές, ἔχομε καὶ ἐδῶ, ὅπως στά φυτά, μείωση τῆς εὐρωστίας στὸ ἐλάχιστο ὄριο. Σχετικὸ παράδειγμα παρουσιάζεται στὸ σχῆμα 11.3. Τὰ κοντὰ μοσχάρια, πὺ καλοῦνται βραχυκεφαλικά, προῆλθαν ἀπὸ ὁμομειξία ἢ ἀλλοιωῖς ἀπὸ **συγγενικὴ ἀνα-παραγωγή** ἐπὶ ἀρκετές γενιές, ὁπότε ἀνάμεσα στά 36 μοσχάρια βρέθηκαν καὶ 5 κοντὰ καὶ βραχυκέφαλα. Διαπιστώθηκε ὅτι ἕνας ταῦρος καὶ μερικές ἀγελάδες ἔφεραν ἕνα ὑποτελὲς γονίδιο ὑπεύθυνο γιὰ τὸ μικρὸ ἀνάστημα καὶ τὸ βραχὺ κεφάλι. Δόθηκε ἡ ἐξήγηση ὅτι τὰ ὑποτελῆ αὐτὰ ἀλληλόμορφα συγκεντρώθηκαν σ' ἕνα γε-



νότυπο πού έδωσε έτσι κοντά μοσχάρια.

Στόν άνθρωπο έχομε μέ τήν όμομείζια τά ίδια άποτέλέσματα μέ εκείνα πού συμβαίνουν στά ζώα. Έδώ ή όμομείζια γίνεται όταν παντρεύονται συγγενείς μεταξύ τους ή όταν γίνονται οι γάμοι άποκλειστικά άνάμεσα σέ λίγες οίκογένειες πού άποτελοϋν μικρούς άπομονωμένους πληθυσμούς σέ νησιά ή σέ κοιλάδες. Σέ τέτοιους άπομονωμένους πληθυσμούς παρατηροϋνται σέ μεγάλη σχετικά συχνότητα κληρονομικές άνωμαλίες ή άσθένειες. Ό Τ. Sjögren βρήκε μιά χαρακτηριστική κληρονομική διανοητική άσθένεια νά άπαντάται σέ μεγάλη συχνότητα στους πληθυσμούς δύο νησιών κοντά στίς δυτικές άκτές τής Σουηδίας.



Σχ. 11.3.

Μοσχάρια τής ίδιας φυλής καί τής ίδιας ηλικίας. Τά δύο άριστερά μοσχάρια προήλθαν από όμομείζια.

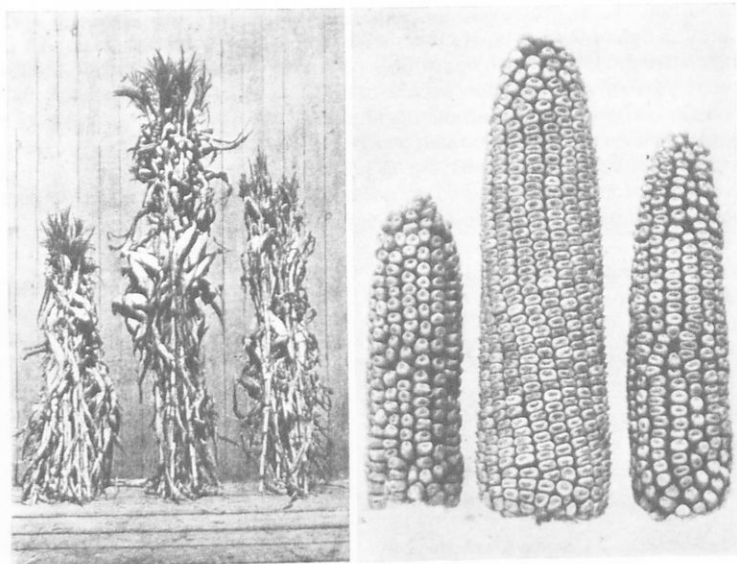
## B. ΕΤΕΡΩΣΗ.

### 11.4 Γενικά.

Μέ τήν όμομείζια, ή όπως τή λέμε μέ άλλα λόγια μέ τή συγγενική άναπαραγωγή, έχομε ως άποτέλεσμα τή μείωση τής εύρωστίας τών άπογόνων καί τήν αύξηση τής συχνότητας, μέ τήν όποία έμφανίζονται όρισμένες κληρονομικές άσθένειες. Τά άτομα πού προέρχονται από τήν όμομείζια επί πολλές γενιές είναι κατά κανόνα όμοζύγωτα (σχ. 11.1), όποτε λέμε ότι άποτελοϋν *καθαρές σειρές* καί κληρονομοϋν σταθερά, δηλαδή δίνουν άπογόνους πού τούς μοιάζουν σέ μεγάλο βαθμό.

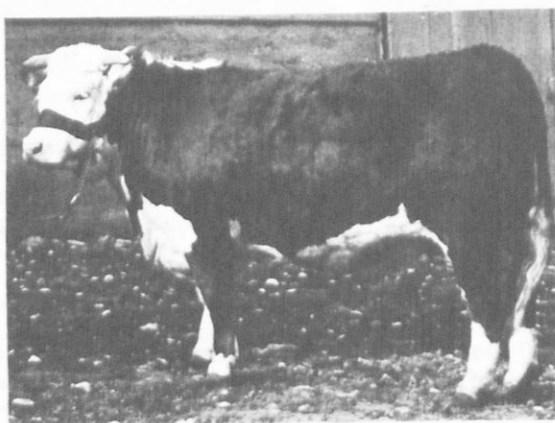
Μέ τή συνεχή άυτογονιμοποίηση στό καλαμπόκι π.χ. παίρνομε καθαρές σειρές, πού είναι πολύ φτωχές σέ άπόδοση καί εύρωστία. Άν διαστευρώσομε τώρα τέτοιες σειρές, θά πάρομε σπόρους από τών όποιών τή σπορά βλαστάνουν εύρωστα φυτά μέ μεγάλη άπόδοση (σχ. 11.4α). Τά φυτά αυτά τής  $F_1$  τά καλοϋμε *ύβρίδια* καί τό φαινόμενο *έτέρωση* ή *εύφορία τών ύβριδίωνν*. Μποροϋμε, δηλαδή, νά πούμε ότι έτέρωση είναι ή ύπεροχή τών έτεροζυγώτων άπογόνων σέ σύγκριση μέ τούς όμοζύγωτους συνήθεις γονείς από τούς όποιους προέρχονται.

Τό φαινόμενο τής έτερώσεως παρατηρήθηκε στά ζώα καί στόν άνθρωπο. Στό σχήμα 11.4β έμφανίζεται ένα ζώο ύβρίδιο, πού προέκυψε από τή διασταύρωση ενός όμοζύγωτου ταύρου μέ μή συγγενή άγελάδα, ή όποία είχε πατέρα άλλον ταύ-



Σχ. 11.4α.

Αύξηση της εύρωστίας στο καλαμπόκι με διασταύρωση δύο καθαρών σειρών. Στα άκρα οι δύο καθαρές σειρές και στο μέσον τό προϊόν τής διασταυρώσεώς τους (άριστερα φυτά, δεξιά οι σπάδικές τους).



Σχ. 11.4β.

Τό μοσχάρι αυτό προήλθε από διασταύρωση δύο καθαρών φυλών.

ρο επίσης ομοζύγωτο. Τό ζωο αυτό είχε βάρος γεννήσεως 12% περισσότερο από τά μοσχάρια τής ίδιας φυλής, μετά δέ τή διατροφή του μέ τίσ ίδιες συνθήκες, έδω-σε τελικό βάρος κατά 35 χιλιόγραμμα μεγαλύτερο.

Ο G. Dahlberg απέδωσε, ως ένα βαθμό, τήν αύξηση του ύψους στον πληθυσμό τής Σουηδίας κατά τήν τελευταία εκατονταετηρίδα σέ φαινόμενα ύβριδισμού. Οι Σουηδοί, πού ζούσαν προηγουμένως σέ μεμονωμένες περιφέρειες άρχισαν μέ τή διάδοση τών μέσων έπικοινωνίας νά έρχονται σέ έπαφή μεταξύ τους καί έπομένως οί γάμοι νά γίνονται μέ ποικίλη έπιλογή.

### 11.5 Γενετική έξήγηση τής έτερώσεως.

Έίδαμε ότι αυτογονιμοποιώντας τό καλαμπόκι έπέρχεται μείωση τής εύρωστίας, δηλαδή συμβαίνει κατά κάποιο τρόπο ένα είδος έκφυλισμού. Τό φαινόμενο αυτό ό-φείλεται, από γενετική άποψη, σέ δύο αίτια:

α) Μέ τήν αυτογονιμοποίηση έρχονται σέ ομοζύγωτη κατάσταση άνεπιθύμητα ύ-ποτελή γονίδια, πού μέχρι τώρα προστατεύονταν από τήν έτεροζυγωτία. Τά ύποτε-λή αυτά γονίδια σέ ομοζύγωτη κατάσταση έκδηλώνονται καί συμβάλλουν στον έκ-φυλισμό ή καί τόν θάνατο άκόμα τών άτόμων.

β) Μέ τήν πρόοδο τής αυτογονιμοποίησης έλαττώνεται τό άρχικό απόθεμα τών γονιδίων. Υπολογίζεται ότι στήν έκτη γενιά αυτογονιμοποίησης άπομένει στά ά-τομα τής γενιάς αυτής ό μισός άριθμός διαφορετικών γονιδίων από από εκείνον του άρχικού φυτού.

Έχοντας ύπόψη τά παραπάνω, μπορούμε νά κατανοήσουμε τίσ άκόλουθες δύο θεωρίες, πού προτείνονται γιά τήν έξήγηση τής έτερώσεως:

Η πρώτη παραδέχεται ότι ή εύρωστία τών ύβριδίων όφείλεται στό ότι συγκεν-τρώνονται στον ίδιο γενότυπο έπιθυμητά κυρίαρχα γονίδια. Σύμφωνα μέ τή θεω-ρία αυτή, τά έπιθυμητά γονίδια τής εύρωστίας είναι κυρίαρχα καί τά άνεπιθύμητα είναι ύποτελή. Υποθέτομε ότι τά κυρίαρχα γονίδια ΑΒΓΔΕ συμβάλλουν στήν άπό-δοση του καλαμποκιού. Από αυτά, τά Α καί Β βρίσκονται σέ μιά καθαρή σειρά καί τά ύπόλοιπα Γ, Δ, Ε σέ μιά άλλη καθαρή σειρά. Η πρώτη σειρά θά έχει τό γενότυπο ΑΑΒΒγγδδεε ή δέ άλλη τό γενότυπο ααββγγΔΔΕΕ. Διασταυρώνοντας τίσ δύο αυ-τές σειρές έχομε:

$$ΑΑΒΒγγδδεε \times \alpha\alpha\beta\beta\gamma\gamma\Delta\Delta ΕΕ$$

↓

$$F_1 \text{ ύβριδίο: } ΑαΒβ\gamma\gamma\Delta\delta Εε$$

Τό ύβριδίο δηλαδή περιέχει όλα τά κυρίαρχα γονίδια καί γι' αυτό είναι πιό εύρωστο από όποιονδήποτε από τούς γονείς του.

Η δεύτερη θεωρία, γνωστή ως **υπερκυριαρχία**, παραδέχεται ότι ή εύρωστία στήν  $F_1$  όφείλεται στό ότι ή έτεροζυγωτία από μόνη της υπέρχει ως πρός τήν όμο-ζυγωτία.

Προσπαθώντας νά συνδυάσουμε τίσ δύο αυτές θεωρίες μέ τά όσα μάθαμε γιά τή δράση καί άλληλεπίδραση τών γονιδίων, θά μπορούσαμε νά πούμε ότι, γιά νά έχο-με εύρωστία, θά πρέπει τά μέν ήμικυρίαρχα γονίδια νά βρίσκονται σέ όμοζυγωτία, τά δέ συγκυρίαρχα σέ έτεροζυγωτία.

### 11.6 Έφαρμογές γιά άσκηση.

1. Ποιές είναι οί συνέπειες τής αυτογονιμοποίησης σέ φυτά πού κανονικά σταυρογονιμο-ποιούνται;

2. "Αν αυτόγονιμοποιήσουμε τὰ μπιζέλια, θά παρατηρήσουμε έκφυλισμό · γιατί;
  3. "Έχομε μιά ποικιλία μπιζελιού πού εἶναι ἑτεροζύγωτη ὡς πρὸς τρία ζεύγη γονιδίων, δηλαδή: Αα (κίτρινος ἢ πράσινος σπόρος) Ββ (λείπει ἢ συρρικνωμένος) καί Γγ (κόκκινα λουλούδια ἢ λευκά). "Αφήνομε τήν ποικιλία αὐτή νά αὐτογονιμοποιηθεῖ γιά πολλές γενιές. Τί φαινότυπους θά ἔχουν οἱ καθαρές σειρές πού θά προκύψουν;
  4. "Όταν αὐτογονιμοποιήσαμε μιά καθαρή σειρά, θά πάρομε μόνο ὁμοζύγους ἀπογόνους; Δώστε ἐξήγηση.
  5. Σ' ἓνα βουστάσιο ἐμφανίζονται κάπου - κάπου μερικά κοντά μοσχάρια. Γιά τήν ἀνωμαλία αὐτή εἶναι ὑπεύθυνο ἓνα ὑποτελές γονίδιο. Πῶς ἐξηγεῖτε τήν ἐμφάνιση τῶν κοντῶν μοσχαριῶν; Τί μέτρα θά πάρετε γιά νά μή γεννιοῦνται κοντά μοσχάρια;
  6. "Αν ὑποθέσουμε ὅτι τὰ κυρίαρχα γονίδια Α,Β,Γ καί Δ δημιουργοῦν εὐρωστία στά φυτά τοῦ καλαμποκιοῦ καί ὅτι τό καθένα αὐξάνει τό ὕψος κατά 20 cm, νά βρεῖτε τό ὕψος τῶν καλαμποκιῶν πού θά προκύψουν ἀπό τίς διασταυρώσεις:
    - α) ααββΓΓΔΔ Χ ΑΑΒΒγγδδ,
    - β)  $F_1$  Χ  $F_1$  τῆς προηγουμένης
    - γ)  $F_1$  τῆς πρώτης Χ  $F_1$  τῆς δεύτερης.
- Παραδεχόμεσθε ὅτι τό βασικό ὕψος τοῦ φυτοῦ μέ γενότυπο ααββγγδδ εἶναι 40 cm.
7. Τί συνέπειες περιμένομε ἀπό τήν ὁμομείζια καί τί ἀπό τήν ἀναπαραγωγή μεταξύ διαφορετικῶν γενετικῶς ἀτόμων στά ζῶα καί στόν ἄνθρωπο;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

### ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΖΩΩΝ

#### 12.1 Γενικά.

Ἡ γνώση τῶν ἀρχῶν τῆς Γενετικῆς συντελεῖ στήν προσπάθεια τοῦ ἀνθρώπου νά βελτιώσει τά φυτά καί τά ζῶα, ὥστε νά ἐπαρκέσουν γιά τή διατροφή τοῦ πληθυσμοῦ. Ἡ παραγωγή συνεχῶς περισσοτέρων ἀγαθῶν ἀποτελεῖ ἐπιτακτική ἀνάγκη ἰδίως σήμερα, λόγω τοῦ σημειωμένου ὑπερπληθυσμοῦ τῶν κατοίκων τῆς γῆς.

Λέγοντας **βελτίωση τῶν φυτῶν καί τῶν ζῶων** ἐννοοῦμε τή δημιουργία πιά παραγωγικῶν ποικιλιῶν τῶν καλλιεργουμένων φυτῶν καί πιά βελτιωμένων φυλῶν τῶν ζῶων πού ἐκμεταλλεῖται ὁ ἀνθρώπος. Μέ τόν ὄρο **ποικιλία** ἐννοοῦμε ὁμάδα φυτῶν, τά ὁποῖα εἶναι ὁμοια γενετικῶς καί ἐμφανίζουν ὁμοιο φαινότυπο, ὥστε νά διακρίνονται εὐκόλα ἀπό ἄλλες ὁμάδες φυτῶν τοῦ αὐτοῦ εἴδους. Ὁ ὄρος **φυλή** στά ζῶα σημαίνει ὅ,τι περίπου ὁ ὄρος ποικιλία στά φυτά.

Μέ τή βελτίωση προσπαθοῦμε νά συγκεντρώσουμε ὅσο τό δυνατόν περισσότερα ἐπιθυμητά γονίδια σέ μιά ποικιλία ἢ σέ μιά φυλή, τά ὁποῖα νά προσδίνουν τέτοια γνωρίσματα στόν ἀντίστοιχο φαινότυπο, ὥστε νά ἐξασφαλίζουν παραγωγικότητα καί καλή ποιότητα προϊόντος. Μποροῦμε νά ἐπιδιώξουμε π.χ. μιά ποικιλία βαμβακιοῦ πού νά προσφέρει μεγάλη παραγωγή ἀνά στρέμμα καί καλή ποιότητα ἴνας· ὅπως ἐπίσης μιά βελτιωμένη φυλή ἀγελάδας, πού νά παράγει πολύ γάλα καί μέ μεγάλη λιποπεριεκτικότητα.

#### 12.2 Ἡ παραλλακτικότητα ὡς βάση τῆς βελτιώσεως.

Ἡ δημιουργία μιᾶς ποικιλίας ἢ μιᾶς φυλῆς προϋποθέτει κάποιον πληθυσμό φυτῶν ἢ ζῶων, στόν ὁποῖο τά ἄτομα ἐμφανίζουν διαφορές μεταξύ τους, γιά νά μπορούμε νά ἐπιλέξουμε τά καλύτερα. Πρέπει συνεπῶς νά ἔχομε παραλλακτικότητα γιά νά ἐπιτύχομε τήν **ἐπιλογή**. Ἐπιλέγοντας ὁμως τά καλύτερα φυτά ἢ τά καλύτερα ζῶα πρέπει νά εἴμαστε σίγουροι ὅτι τά ἄτομα πού διαλέξαμε θά δώσουν καί καλύτερους ἀπογόνους. Αὐτό σημαίνει ὅτι ἡ ὑπεροχή τῶν ἐπιλεγέντων ἀτόμων δέν ὀφείλεται στό περιβάλλον ἀλλά στό γενότυπο, πρέπει δηλαδή νά εἶναι γενοτυπική. Ἀπαραίτητη συνεπῶς προϋπόθεση γιά τήν πραγματοποίηση τῆς ἐπιλογῆς εἶναι ἡ ὑπαρξη γενετικῆς παραλλακτικότητας.

Πρῶτο καθῆκον τοῦ βελτιωτῆ εἶναι νά δημιουργήσει ὅσο τό δυνατόν μεγαλύτερη παραλλακτικότητα. Γιά νά τό ἐπιτύχει αὐτό χρησιμοποιεῖ τά ἑξῆς μέσα:

- α) Τόν **ὕβριδισμό**· διασταυρῶνει ἄτομα πού νά διαφέρουν γενετικῶς μεταξύ

τους όποτε παίρνει στή  $F_2$  μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα μέ τόν άνασυνδυασμό τών γονιδίων βάσει του νόμου τής διασπάσεως. Διενεργεί διασταυρώσεις κατά κανόνα μεταξύ ποικιλιών ή φυλών, αλλά μερικές φορές καί μεταξύ ειδών.

β) Τίς **μεταλλάξεις**: έπειδή οι μεταλλάξεις συμβαίνουν τυχαία καί μέ μικρή συχνότητα, προσπαθεί νά δημιουργήσει τεχνητές μεταλλάξεις, μέ διάφορα μέσα, όπως μέ τίς ακτίνες X ή γ ή μέ χημικές ουσίες κλπ.

γ) Τήν **πολυπλοειδία**: έκτός από τήν έμφάνιση τών φυσικών πολυπλοειδών, πού γίνεται πάλι μέ πολύ μικρή συχνότητα, δημιουργεί τεχνητά πολυπλοειδή.

Δεύτερο καθήκον του βελτιωτή είναι νά επιλέξει τόν καλύτερο γενότυπο πού ύπάρχει ανάμεσα στά γενετικώς διάφορα άτομα πού δημιούργησε μέ τούς παραπάνω τρόπους. Οι διαφορές όμως τών ατόμων αυτών διαφοροποιούνται καί από τό περιβάλλον. Ή συνολική δηλαδή φαινοτυπική παραλλακτικότητα πρέπει νά διαχωρισθεί στά δύο συστατικά της, δηλαδή τή γενοτυπική καί αυτήν πού όφείλεται στό περιβάλλον.

Γιά νά άνταπεξέλθει ό βελτιωτής στά δύο παραπάνω καθήκοντά του έχει άναπτύξει τίς **μεθόδους βελτίωσης** τών φυτών ή τών ζώων.

### 12.3 Μέθοδοι βελτίωσης τών φυτών.

Διακρίνομε τρείς κυρίως μεθόδους:

α) Τήν **είσαγωγή** ποικιλιών από τό έξωτερικό: παίρνομε δηλαδή σπόρο από βελτιωμένες ποικιλίες άλλων χωρών καί τίς καλλιεργούμε στή χώρα μας, άφου πρώτα τίς έλέγξομε μέ πειράματα γιά νά διαπιστώσομε ότι ό γενότυπός τους προσαρμόζεται στό νέο περιβάλλον.

β) Τήν **έπιλογή**: από ένα γενετικώς άνόμοιο πληθυσμό, πού δημιουργήθηκε είτε φυσικά είτε τεχνητά από τό βελτιωτή, επιλέγονται τά καλύτερα φυτά. Μετά, είτε ένώνομε τό σπόρο τών επιλεγέντων φυτών, γιά νά σπείρομε τό σύνολό τους (**μαζική έπιλογή**) είτε σπέρνομε τό σπόρο κάθε επιλεγέντος φυτού χωριστά γιά νά διαπιστώσομε τό γενότυπό του (**γενεαλογική έπιλογή**).

γ) Τόν **ύβριδισμό**: διασταυρώνομε φυτά δύο διαφορετικών ποικιλιών καί μέ τή μέθοδο τής γενεαλογικής έπιλογής άπομονώνομε τόν καλύτερο γενοτυπικό συνδυασμό. Όταν πρόκειται γιά είδος φυτού πού σταυρογονιμοποιείται, όπως τό καλαμπόκι, δημιουργούνται τά ύβρίδια τής  $F_1$ .

Έκτός από τίς παραδοσιακές μεθόδους, όπως χαρακτηρίζονται οι παραπάνω τρόποι, χρησιμοποιήθηκαν σέ μεγάλη κλίμακα οι διάφορες άκτινοβολίες καί ή πολυπλοειδία.

### 12.4 Ή γενετική στή βελτίωση τών ζώων.

#### α) Γενικά.

Όπως στά φυτά, έτσι καί στά ζώα, τό πρωταρχικό πρόβλημα πού άντιμετωπίζει ό βελτιωτής είναι ή διάκριση μεταξύ τής παραλλακτικότητας πού κληρονομείται καί εκείνης πού δέν κληρονομείται. Πράγματι, άν δύο ταύροι π.χ. έχουν τούς γενοτύπους: AA ό ένας καί Aa ό άλλος καί άν  $A > a$ , τότε καί οι δύο θά είναι όμοιοι φαινοτυπικά, αλλά ό όμοζύγωτος (AA) μεταβιβάζει αύτούσιες τίς ιδιότητές του, ένώ ό έ-

τεροζύγωτος (Aa) θά τίς διασπᾶ. Ὁ μόνος βέβαιος τρόπος συνεπῶς εἶναι ὁ **ἔλεγχος τοῦ γενότυπου** κάθε ταύρου **μέ τούς ἀπογόνους του**. Ὁ ἔλεγχος αὐτός εἶναι ἀπόλυτα ἀπαραίτητος στά μέγαλα ζῶα, στά ὅποια κάθε γνώρισμα ἔχει μεγάλη οἰκονομική σημασία. Στά μικρά ζῶα μέ γρήγορο ρυθμό ἀναπαραγωγῆς, ὅπως τά πουλινικά, ἡ ἐπιλογή γίνεται μέ βάση τό φαινότυπο, χωρίς τόν ἔλεγχο τῶν ἀπογόνων.

Μέ τόν ἔλεγχο τῶν ἀπογόνων καί χρησιμοποιοῦντας τή στατιστική, ὑπολογίζει κατόπιν ὁ βελτιωτής ἕνα δείκτη, πού ὀνομάζει **κληρονομική ἱκανότητα**. Ὁ δείκτης αὐτός σημαίνει τό ποσοστό τῆς παραλλακτικότητας πού ὀφείλεται στό γενότυπο. Ὅσο μεγαλύτερος εἶναι ὁ συντελεστής αὐτός, τόσο περισσότερο ἐλέγχεται τό γνώρισμα ἀπό τό γενότυπο· δηλαδή εἶναι μεγάλο τό κληρονομούμενο τμήμα τῆς συνολικῆς παραλλακτικότητας, ὅποτε εὐκολότερα βελτιώνεται τό γνώρισμα. Συνήθως ἡ κληρονομική ἱκανότητα εἶναι μεγάλη στά ποιοτικά γνωρίσματα καί μικρή στά ποσοτικά.

Ὁ ἔλεγχος τῆς κληρονομικῆς ἱκανότητας ἐνός ταύρου ἀπαιτοῦσε πρῶτα πολλά χρόνια, γιατί ἔπρεπε νά πάρομε ἄρκετό ἀριθμό ἀπογόνων γιά νά τούς ἐλέγξομε. Σήμερα ὅμως, μέ τήν τεχνητή **γονιμοποίηση**, μέ τήν ὅποια μπορεῖ ἕνας ταῦρος νά δώσει 1000 ἀπογόνους ἀντί γιά 50, πού ἔδινε πρῶτα, γίνεται ἡ κληρονομική του ἐκτίμηση πολύ πιά σύντομα. Μέ τόν τρόπο αὐτόν ἀπομένει ἄρκετό διάστημα ζωῆς τοῦ ταύρου, ὥστε νά χρησιμοποιηθεῖ γιά ἀναπαραγωγή, ἐφόσον κριθεῖ κατάλληλος.

Γίνεται ἀκόμα λόγος καί γιά δυνατότητα **ἐλέγχου τοῦ φύλου** στά μοσχάρια πού γεννιοῦνται. Τό Χ χρωμόσωμο στίς ἀγελάδες εἶναι μεγαλύτερο ἀπό τό Υ χρωμόσωμο. Ἔτσι ὁ γενετιστής P.E Lindahl σκέφθηκε νά φυγοκεντρίσει τό σπέρμα πρῖν ἀπό τήν τεχνητή σπερματέγχυση γιά νά αὐξήσει τή συχνότητα τῶν βαρύτερων σπερματοζωαρίων πού ἔφεραν τό Χ χρωμόσωμα.

## **β) Ἡ σημασία τῶν θανατηφόρων παραγόντων στή βελτίωση τῶν ζώων.**

Τό 1902 ἕνας ἐξαιρετικός ταῦρος τῆς φυλῆς Holstein, ὁ «Πρίγκηπας Ἀδόλφος» εἰσήχθηκε ἀπό τή Γερμανία στή Σουηδία. Χρησιμοποιήθηκε τόσο πολύ στήν ἀναπαραγωγή, ὥστε τό 1930 τά γονίδια τοῦ ταύρου αὐτοῦ εἶχαν διαδοθεῖ σέ περισσότερους ἀπό 2000 ταῦρους, πού τούς θεωροῦσαν ὡς μεγάλης ἀξίας. Κατά τήν περίοδο αὐτήν εἶχε παρατηρηθεῖ στά βουστάσια τῆς βορειοδυτικῆς Εὐρώπης μέγας ἀριθμός θανάτων μοσχარიῶν. Τά μοσχάρια αὐτά γεννιόταν χωρίς τρίχωμα καί πέθαιναν μετά τή γέννα, ἐπειδή δέν μποροῦσαν νά ρυθμίσουν τή θερμοκρασία τοῦ σώματος. Οἱ θάνατοι αὐτοῖ τῶν μοσχარიῶν μεταφράζονταν σέ ζημιά ἑκατομμυρίων δολλαρίων. Μετά ἀπό γενετική ἔρευνα διαπιστώθηκε ὅτι ὁ ταῦρος «Πρίγκηπας Ἀδόλφος» ἔφερε ἕνα θανατηφόρο ὑποτελές γονίδιο σέ ἑτεροζύγωτη κατάσταση, τό ὅποιο μετεβίβαζε κάθε φορά στούς μισούς ἀπογόνους του. Σέ ὅσα άτομα τῶν ἐπομένων γενεῶν τό γονίδιο ἐμφανιζόταν σέ ὁμοζύγωτη κατάσταση προκαλοῦσε τό θάνατο τῶν μοσχარიῶν. Τέτοια ὑποτελῆ γονίδια πού προκαλοῦν τό θάνατο τῶν ἀτόμων πού τά φέρουν σέ ὁμοζύγωτη κατάσταση καλοῦνται **θανατηφόροι παράγοντες**. Μέ τήν χρησιμοποίηση, τελευταία, τῆς τεχνητῆς γονιμοποίησης στίς ἀγελάδες, εἶναι εὐνόητο ὅτι τέτοια γονίδια διαδίδονται μέ ταχύτερο ρυθμό.

Ο βελτιωτής συνεπῶς ἐλέγχει τόν ταῦρο γενετικῶς προτοῦ τόν χρησιμοποιήσει γιά ἀναπαραγωγή, προκειμένου νά βεβαιωθεί ὅτι δέν φέρει ὑποτελή θανατηφόρα γονίδια. Αυτό τό κατορθώνει μέ τό νά διασταυρώσει τόν ἐλεγγόμενο ταῦρο μέ 20 τουλάχιστον θυγατέρες του. Ἄν ὁ ταῦρος φέρει ὑποτελές θανατηφόρο γονίδιο, τότε αὐτό θά μεταβιβασθεῖ στίς μισές κόρες του, ὁπότε αὐτές θά ἔχουν τόν γενότυπο Aa. Ὅταν τώρα διασταυρώσουμε τόν ταῦρο μέ τίς κόρες του, τότε τά 25% τῶν ἀπογόνων θά πεθάνουν ( $Aa \times Aa = AA : 2aa : aa$ ). Ἄν δέν συμβεῖ θάνατος σέ μεγάλο ἀριθμό μοσχარიῶν, τότε βεβαιωνόμαστε ὅτι ὁ ταῦρος δέν φέρει ὑποτελή θανατηφόρα γονίδια.

### γ) Τά ποσοτικά γνωρίσματα στή βελτίωση τῶν ζώων.

Ἄρκετά γνωρίσματα τῶν ζώων, ὅπως τό βάρος τοῦ σώματος, ἡ γαλακτοπαραγωγή, ἡ λιποπεριεκτικότητα, ἡ παραγωγή αὐγῶν κλπ. ἔχει διαπιστωθεῖ ὅτι κληρονομοῦνται μέ πολυγονίδια· γι' αὐτό τά γνωρίσματα αὐτά καλοῦνται **πολυγενεῖς ἢ πολυμερεῖς χαρακτήρες**. Ἡ γνώση τῶν πολυμερῶν ἢ ποσοτικῶν, ὅπως τά ὀνόμασαμε, γνωρισμάτων, ἔχει ἰδιαίτερη σημασία κατὰ τήν ἐφαρμογή τῆς συγγενικῆς ἀναπαραγωγῆς (ὁμομειξίας) καί τῆς ἀναπαραγωγῆς μέ διασταύρωση διαφορετικῶν φυλῶν. Συμβαίνει καί ἐδῶ ὅ,τι καί στά φυτά σχετικά μέ τόν ἐκφυλισμό μετά ἀπό ὁμομειξία ἢ μέ τήν εὐφορία τῶν ὑβριδίων. Ἡ χρησιμοποίηση καθαρῶν φυλῶν ἢ ὑβριδίων στά ζῶα εἶναι περισσότερο πολύπλοκη καί δύσκολη, ἀσχολεῖται δέ μ' αὐτά εἰδικός κλάδος τῆς ζωοτεχνίας.

### 12.5. Ὁ ἐξευγενισμός τοῦ ἀνθρώπου.

Ἐυτελή γονίδια ὑπάρχουν καί στόν ἀνθρώπινο πληθυσμό, τά ὁποῖα σέ ὁμοζύγωτη κατάσταση προκαλοῦν σοβαρές ἀνωμαλίες ἢ καί θανάτους. Γιά παράδειγμα ἀναφέρομε τή **δρεπανοκυτταρική ἀναιμία** καί τή **θαλασσαιμία**. Ἄτομα πού φέρουν τό γονίδιο μιάς τέτοιας ἀσθένειας σέ ἑτεροζύγωτη κατάσταση εἶναι ὑγιή καί δέν φέρουν συμπτώματα τῆς ἀσθένειας. Ἄν ὁμοῦ παντρευτοῦν δύο ἄτομα φορεῖς, τότε τό ἕνα τέταρτο τῶν παιδιῶν τους ( $Aa \times Aa = AA : 2Aa : aa$ ) θά εἶναι ἄρρωστα, ἐνῶ τά δύο τρίτα τῶν ὑγιῶν θά εἶναι φορεῖς. Ἡ κατάλληλη γενετική ἐξέταση γιά τήν ἐπίσημανση τῶν φορέων καί ἡ σχετική διαφώτιση τῶν ἐνδιαφερομένων μπορεῖ νά περιορίσουν τήν ἐμφάνιση τέτοιων ἀσθενειῶν.

### 12.6 Ἐρωτήσεις.

1. Τί εἶναι ἡ βελτίωση τῶν φυτῶν καί τί ἡ βελτίωση τῶν ζώων;
2. Τί εἶναι ποικιλία καί τί φυλή;
3. Μοιά εἶναι ἡ ἀπαραίτητη προϋπόθεση γιά τή διενέργεια τῆς ἐπιλογῆς στά φυτά καί στά ζῶα;
4. Πῶς διαχωρίζομε τό γενότυπο ἀπό τό φαινότυπο;
5. Πῶς δημιουργοῦμε γενετική παραλλακτικότητα;
6. Στά ζῶα ἢ στά φυτά δημιουργοῦμε εὐκολότερα ὑβρίδια καί γιατί;
7. Τί εἶναι κληρονομική ἱκανότητα καί σέ τί μᾶς χρησιμεύει;



8. Τι είναι η τεχνητή γονιμοποίηση στα ζώα; Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα και ποιά τα μειονεκτήματά της;
9. Μπορούμε να ελέγξουμε το φύλο των μοσχारीών και πώς;
10. Τι είναι οι θανατηφόροι παράγοντες και ποιά η σημασία τους;
11. Πώς η Γενετική μπορεί να βοηθήσει στον εξευγενισμό του ανθρώπου;

## ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

**Άλληλόμορφο:** ένα γονίδιο υπάρχει σε περισσότερες από μία μορφές, λόγω των μεταλλάξεων. Τίς μορφές αυτές του γονιδίου ονομάζουμε άλληλόμορφα· τὰ άλληλόμορφα ἐλέγχουν τὸ ἴδιο γνῶρισμα, ἀλλὰ μὲ διαφορετικὸ τρόπο.

**Άλλοπολυπλοειδές:** πολυπλοειδές ἄτομο μὲ διαφορετικὰ γενώματα.

**Άναγωγική διαίρεση:** ἡ πρώτη διαίρεση τῆς μείωσης, κατὰ τὴν ὁποία ἀποχωρίζονται μὴ ἀδελφικά κεντρομερή, λέγεται ἀναγωγική, γιατί ὁ ἀριθμὸς τῶν χρωμοσωμάτων μειώνεται στὸ μισό.

**Άναδιασταύρωση:** ἡ κατ' ἐπανάληψη διασταύρωση τῶν ἀπογόνων μὲ τὸν ἕνα ἀπὸ τοὺς δύο ἀρχικούς γονεῖς.

**Άναπαγωγή:** ὁ πολλαπλασιασμὸς τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν μὲ τὸν ὁποῖον ἐξασφαλίζεται ἡ διαβίωσή τους.

**Άνασυνδυασμός:** κάθε νέος συνδυασμὸς γονιδίων, πού αὐξάνει τὴ γενετικὴ παραλλακτικότητα. Οἱ κυριότεροι μηχανισμοὶ ἀνασυνδυασμοῦ τῶν γονιδίων στοὺς ἀνώτερους ὀργανισμοὺς εἶναι ἡ μείωση καὶ ἡ γονιμοποίηση. Κατὰ τὴ μείωση δόεῦουν στοὺς πόλους ἀνακατωμένα τὰ πατρικά καὶ μητρικά χρωμοσώματα. Κατὰ τὴ γονιμοποίηση ἐνώνονται γονίδια ἀπὸ δύο διαφορετικὲς πηγές.

**Άνάφαση:** τὸ στάδιο τῆς πυρηνοδιαίρέσεως, κατὰ τὸ ὁποῖο τὰ χρωμοσώματα πού ἔχουν διαταχθεῖ στὴν ἰσημερινὴ πλάκα ἀρχίζουν νὰ ἀποχωρίζονται στοὺς δύο πόλους.

**Άνευπλοειδές:** ἄτομο πού δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ πλῆρη γενώματα, ἀλλὰ λείπουν ἢ περισσεύουν ἕνα ἢ περισσότερα χρωμοσώματα.

**Άνταλλαγή:** ἀμοιβαία ἀνταλλαγὴ γονιδίων μεταξύ μὴ ἀδελφικῶν χρωματιδίων δύο ὁμολόγων χρωμοσωμάτων. Άνασυνδυάζει τὰ συνδεμένα γονίδια.

**Άντιγόνα:** οὐσίες πού ὄταν εἰσχωρήσουν στὸ σῶμα τῶν σπονδυλιτῶν καὶ εἶναι ξένες πρὸς τὸν ὀργανισμό προκαλοῦν τὴ δημιουργία ἀντισωμάτων.

**Άπλοειδές:** ἄτομο μὲ ἕνα μόνο γένωμα.

**Άσυμβίβαστο:** ἡ παρεμπόδιση σχηματισμοῦ βιώσιμου ζυγώτη μετὰ ἀπὸ αὐτογονιμοποίηση. Ὁφείλεται στὴν ἀλληλεπίδραση πολλαπλῶν ἀλληλομόρφων γονιδίων.

**Άσωμικό:** ἄτομο ἀπὸ τὸ ὁποῖο λείπει ἕνα ζεῦγος ὁμολόγων χρωμοσωμάτων.

**Άτρακτος:** ὁ ἰνόμορφος ἀτρακτοειδῆς σκελετός πού σχηματίζεται μεταξύ τῆς ἰσημερινῆς πλάκας καὶ τῶν δύο πόλων κατὰ τὴ διαίρεση τοῦ κυττάρου.

**Άυτογονιμοποίηση:** ἔνωση ἀρσενικοῦ καὶ θηλυκοῦ γαμέτη, πού ἀνήκουν στὸ ἴδιο ἄτομο.

**Άυτοπολυπλοειδές:** ἄτομο μὲ περισσότερα ἀπὸ δύο γενώματα.

**Άυτόσωμο:** κάθε χρωμόσωμο ἐκτός ἀπὸ τὰ χρωμοσώματα τοῦ φύλου.

**Βελτίωση τῶν φυτῶν:** ὁ κλάδος τῆς ἐφαρμοσμένης Γενετικῆς πού μελετᾷ τὶς μεθόδους δημιουργίας καὶ ἐπιλογῆς ἐπιθυμητῶν γονιδιακῶν συνδυασμῶν.

**Βλαστικός πυρῆνας:** στὸν γυρεόκοκκο ὑπάρχουν δύο πυρῆνες: ὁ ἕνας πού λέγεται ἐλαστικός καὶ κατευθύνει τὴν προβολὴ τῆς γύρεως καὶ ὁ ἄλλος πού λέγεται γεννητικός καὶ διαιρεταί γιὰ νὰ δώσει τοὺς δύο σπερματικούς πυρῆνες.

**Γαμέτης:** κύτταρο πού χρησιμεύει γιὰ τὸν ἐγγενῆ πολλαπλασιασμὸ τοῦ ὀργανισμοῦ. Εἶναι ἀπλοειδές, δηλαδὴ περιέχει τὸ μισὸ ἀριθμὸ τῶν χρωμοσωμάτων τῶν σωματικῶν κυττάρων. Ἐνώνεται μὲ ἄλλο γαμέτη ἀντίθετου φύλου καὶ σχηματίζει τὸν ζυγώτη.

**Γαμετόπλασμα:** βλέπε γεννητικό πλάσμα.

**Γενεά απογόνων:** είναι η γενεά που ακολουθεί τη διασταύρωση δύο απογόνων.

**Γενεαλογία:** χάρτης της προγονικής Ιστορίας ενός ατόμου.

**Γεννητικός πυρήνας:** βλέπε βλαστικός πυρήνας.

**Γενότυπος:** το σύνολο των γονιδίων ενός οργανισμού. Καλείται και γονότυπος.

**Γεννητικό πλάσμα:** το σύνολο των κυττάρων του οργανισμού που είναι ή πρόκειται να σχηματισθούν σε γαμέτες. Λέγεται και γαμετόπλασμα.

**Γένωμα:** ομάδα μη όμοιόλογων χρωμοσωμάτων που βρίσκονται σε γενετική Ισορροπία μεταξύ τους και που ο αριθμός τους αποτελεί τον άπλοειδή παλιών ειδών, από τα όποια προήλθαν τα νεώτερα είδη.

**Γνώρισμα:** ιδιότητα του οργανισμού που είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης γενότυπου και περιβάλλοντος.

**Γονίδιο:** ή μονάδα του γενετικού υλικού. Πολλά γονίδια μαζί συγκροτούν τα χρωμοσώματα. Καλείται και γόνος.

**Γονιμοποίηση:** ένωση δύο γαμετών αντίθετου φύλου για να σχηματίσουν το ζυγώτη.

**Γυρεόκοκκος:** όταν το μικροσποριοκύτταρο στους άνθηρες τών φυτών υποστεί μείωση, δίνει τέσσερα κύτταρα, που τό καθένα διαφοροποιείται σε γυρεόκοκκο.

**Δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ:** συμβολίζεται με τα αρχικά DNA. Ή χημική βάση που αποθηκεύονται οι γενετικές πληροφορίες του οργανισμού.

**Διάσπαση:** ο άποχωρισμός τών αλληλομόρφων στή μείωση.

**Δίδυμα:** αδέρφια που γεννιούνται από τήν ίδια κύηση. Ήν προέρχονται από ένα μόνο ζυγώτη είναι γενετικώς όμοια και καλούνται μονοζύγωτα ή μονοζυγωτικά. Ήν προέρχονται από δύο ζυγώτες, είναι γενετικώς άνόμοια και καλούνται διζύγωτα ή διζυγωτικά.

**Διπλή γονιμοποίηση:** ή ταυτόχρονη γονιμοποίηση του ώαριου και τών δύο πολικών πυρήνων του έμβρυοσάκκου από τούς δύο σπερματικούς πυρήνες τής γύρεως. Ή από τή γονιμοποίηση του ώαριου με τόν ένα σπερματικό πυρήνα προκύπτει ο ζυγώτης, τών δέ δύο πολικών πυρήνων από τόν άλλο σπερματικό πυρήνα προκύπτει τό τριπλοειδές ένδοσπέρμιο.

**Διπλοειδές:** άτομο που έχει στα κύτταρά του δύο όμόλογα γενώματα. Τό ένα προήλθε από τόν άρσενικό γαμέτη και τό άλλο από τόν θηλυκό.

**Δοκιμή άπογόνων:** εκτίμηση τής άξιας ενός γενότυπου από τή συμπεριφορά τών απογόνων του.

**Έμβρυόσασκος:** διαφοροποιημένο τό ένα από τά τέσσερα προϊόντα τής μειώσεως ενός μεγασποριοκυττάρου, μετά τόν έκφυλισμό τών άλλων τριών.

**Ένζυμο:** είναι πρωτεΐνη που, επιδρώντας ως καταλύτης, επιταχύνει τίς βιολογικές αντιδράσεις χωρίς να μετέχει στα τελικά προϊόντα.

**Έξέλιξη:** ή προοδευτική μεταβολή τών οργανισμών από τίς απλούστερες μορφές στίς πιο σύνθετες, με τήν επίδραση τών μεταλλάξεων με τούς μηχανισμούς τής μειώσεως και γονιμοποίησης και με τή φυσική έπιλογή.

**Έπικονίαση:** ή τοποθέτηση γυρεόκοκκων πάνω στο στίγμα του άνθους.

**Έπικτιτο γνώρισμα:** γνώρισμα που απέκτησε ο οργανισμός κατά τή διάρκεια τής ζωής του.

Ήρεφεται στο περιβάλλον και όχι στα γονίδια, και γι' αυτό δέν κληρονομείται.

**Έπιλογή:** διάλεγμα όρισμένων μόνο γενότυπων, τούς όποιους κατόπιν πολλαπλασιάζομε.

Στήν περίπτωση που τό διάλεγμα γίνεται από τή φύση, μιλούμε για φυσική έπιλογή, ενώ όταν γίνεται από τόν άνθρωπο τήν καλούμε τεχνητή έπιλογή.

**Έπίσταση:** ή σχέση δύο μη αλληλομόρφων γονιδίων, κατά τήν όποία τό ένα γονίδιο επισκιάζει τήν εκδήλωση του άλλου.

**Έπιστατικό:** ένα γονίδιο είναι επιστατικό σε ένα άλλο μη αλληλόμορφο γονίδιο, όταν τό πρώτο επισκιάζει τή δράση του δεύτερου. Τό δεύτερο τότε καλείται ύποστατικό. Ή δράση και τών δύο γονιδίων άφορα στο ίδιο γνώρισμα.

**Έτερογαμετικό:** τό άτομο πού παράγει μισούς γαμέτες μέ τό χρωμόσωμο Χ καί μισούς μέ τό χρωμόσωμο Υ.

**Έτεροζύγωτο:** άτομο πού περιέχει δύο τουλάχιστον διαφορετικά αλληλόμορφα γονίδια.

**Έτέρωσηση:** ή ύπεροχή σέ εύρωστία καί άλλα γνωρίσματα τών έτεροζυγώτων άπογόνων συγκριτικά μέ τούς όμοζύγωτους γονείς άπό τούς όποιους προήλθαν.

**Εύγονισμός:** ή χρησιμοποίηση τών δεδομένων τής Γενετικής έπιστήμης γιά τή βελτίωση τών κληρονομικών ιδιοτήτων του άνθρώπου.

**Ζυγώτης:** τό προϊόν τής ένώσεως ένός άρσενικού μέ ένα θηλυκό γαμέτη κατά τή γονιμοποίηση.

**Ήμιεπίσταση:** ή κατάσταση κατά τήν όποία μή αλληλόμορφα γονίδια έλέγχουν τό ίδιο γνώρισμα δρώντας άθροιστικά.

**Ήμικυριαρχία:** όταν δύο αλληλόμορφα γονίδια προσθέτουν τή δράση τους δρώντας όμοια ( $A_1 + A_2$ ).

**Καθαρή σειρά:** σύνολο όμοζυγώτων καί όμοίων γενετικώς άτόμων. Οί ποικιλίες τών αυτόγονιμοποιημένων φυτών άποτελούν καθαρές σειρές.

**Κλώνος:** σύνολο όμοίων γενετικώς άτόμων, πού προήλθαν άπό ένα άρχικό άτομο μέ άγενή πολλαπλασιασμό.

**Κυριαρχία:** τό φαινόμενο, κατά τό όποιο ένα αλληλόμορφο γονίδιο έπισκιάζει τήν έκδήλωση του άλλου, πού καλεϊται ύποτελής ( $A_1 > A_2$ ).

**Κύτταρο:** ή μικρότερη μονάδα ζωής μέ βιολογική δομή καί λειτουργία.

**Μεγαλογονίδιο:** τό γονίδιο πού έχει μεγάλη επίδραση πάνω στον φαινότυπο καί έλέγχει τά ποιοτικά γνωρίσματα.

**Μείωση:** μηχανισμός (κυτταροδιαίρεση) πού παράγει κύτταρα μέ μισό αριθμό χρωμοσωμάτων. Τά κύτταρα αυτά έξελίσσονται σέ γαμέτες.

**Μετάλλαξη:** ή άπότομη μεταβολή ένός αλληλόμορφου σ' ένα άλλο. "Όταν γίνεται μόνη της στή φύση καλεϊται **φυσική μετάλλαξη**, ένώ όταν τήν κάνει ό άνθρωπος μέ άκτινοβολίες ή χημικές ουσίες λέγεται **τεχνητή μετάλλαξη**.

**Μίτωση:** ή διαίρεση του κυττάρου σέ δύο θυγατρικά κύτταρα.

**Μόνοικο:** φυτό πού έχει άρσενικά καί θηλυκά λουλουδία αλλά σέ διαφορετικές θέσεις.

**Μονοσωμικό:** άτομο άπό τό όποιο λείπει ένα χρωμόσωμα.

**Ξενία:** ή ιδιότητα τών γονιδίων τής γύρεως νά επηρεάζουν γνωρίσματα του ένδοσπερμίου ή του έμβρύου στή διπλή γονιμοποίηση.

**Όμογαμετικό:** τό άτομο πού παράγει γαμέτες ένός μόνο είδους.

**Όμόλογο:** δύο χρωμοσώματα λέγονται όμόλογα, όταν ανήκουν στό ίδιο ζευγάρι καί είναι μορφολογικά όμοια.

**Όμομειξία:** συγγενική άναπαραγωγή.

**Όμόπλευρη διάταξη:** όταν στα συνδεδεμένα γονίδια τά κυρίαρχα βρίσκονται στό ένα όμόλογο καί τά ύποτελή στό άλλο όμόλογο χρωμόσωμο

$$\begin{array}{ccc} \frac{A}{a} & \frac{B}{b} & \text{"Η διάταξη"} & \frac{A}{a} & \frac{B}{b} \end{array}$$

λέγεται **ετερόπλευρη**.

**Πολυγονίδια:** γονίδια πού τό καθένα άσκει μικρή καί άθροιστική επίδραση στον κοινότυπο. "Όλα μαζί έλέγχουν τά ποσοτικά γνωρίσματα.

**Ποσοτικό γνώρισμα:** γνώρισμα πού έλέγχεται άπό τά πολυγονίδια.

**Ριβονουκλεϊκό όξύ:** συμβολίζεται μέ τά άρχικά RNA. Υπάρχουν τρία είδη: τό ριβοσωμικό (rRNA) τό μεταγωγό (mRNA) καί τό έντολοδόχο (eRNA).

**Σποριοκύτταρο:** τό μητρικό κύτταρο πού δίνει μετά άπό μείωση τά σπόρια.

**Σταυρογονιμοποίηση:** ένωση ένός άρσενικού καί ένός θηλυκού γαμέτη, πού ανήκουν σέ δύο γενετικώς άνόμοια άτομα.

**Συγκυρίαρχο:** δύο αλληλόμορφα πού δροϋν άνεξάρτητα καί παράγουν διαφορετικά προϊόν-

τα, τα όποια συνυπάρχουν στα έτεροζύγωτα άτομα ( $A_1 \neq A_2$ ).

**Συνεπιστατικό:** δύο μη άλληλόμορφα γονίδια που ελέγχουν στο ίδιο γνώρισμα παράγοντας το καθένα διαφορετικό προϊόν ( $A \neq B$ ).

**Τετρασωμικό:** άτομο που έχει τέσσερα αντί δύο όμόλογα χρωμοσώματα σ' ένα συγκεκριμένο ζευγάρι.

**Τρισωμικό:** άτομο που έχει τρία αντί δύο όμόλογα χρωμοσώματα σ' ένα συγκεκριμένο ζευγάρι.

**Τριυβρίδιο:** άτομο έτεροζύγωτο ως προς τρία ζεύγη άλληλομόρφων.

**Υβρίδιο:** Προϊόν διασταυρώσεως δύο διαφορετικών γονέων. Κάθε έτεροζύγωτο άτομο είναι και υβρίδιο.

**Υπερκυριαρχία:** ή περίπτωση κατά την όποία τό έτεροζύγωτο  $Aa$  υπερέχει και από τό δύο όμοζύγωτα.

**Υποτελής γονίδιο:** τό άλληλόμορφο όπου δέν έκδηλώνεται παρουσία άλλου άλληλομόρφου.

**Φαινότυπος:** τό σύνολο τών όρατών ιδιοτήτων ενός οργανισμού. Είναι τό αποτέλεσμα τής άλληλεπιδράσεως μεταξύ γενότυπου και περιβάλλοντος.

**Χρωμόσωμο:** σωματίδιο του πυρήνα που βάφεται έντονα και περιέχει τά γονίδια. Αποτελείται κυρίως από DNA.

**Ωκύταρο:** μητρικό κύτταρο από τό όποίο προέρχεται τό ώó.

---

Ο συγγραφεύς εύχαριστέϊ τόν καθηγητήν κ. Α. Φασούλαν, έκ του βιβλίου του όποιου: "θεωρία και προβλήματα γενετικής" έλήφθησαν όρισμένα σχήματα και εφαρμογές.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Είσαγωγή .....	1
0.1 Γενικά .....	1
0.2 Οί πρώτες πληροφορίες .....	2
0.3 Τά πρώτα πειραματικά δεδομένα γύρω από την κληρονομικότητα .....	4
0.4 Οί δοξασίες του Δαρβίνου .....	5
0.5 Κληρονόμηση των επίκτητων χαρακτήρων .....	5
0.6 Ή υπόθεση του Βάισμαν .....	5
0.7 Ή θεωρία του Μέντελ .....	5

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### Κληρονομικότητα και περιβάλλον

1.1 Γενικά .....	7
1.2 Γενότυπος και φαινότυπος (πειράματα του Johannsen) .....	7
1.3 Διάκριση της γενοτυπικής παραλλακτικότητας και έκείνης που δρείται στο περιβάλλον ..	10
1.4 Επίδραση του περιβάλλοντος στη διαμόρφωση του φαινότυπου .....	11
1.5 Θέματα για συζήτηση .....	15

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### Τά πειράματα του Mendel

2.1 Γενικά .....	18
2.2 Τό πειραματικό υλικό του Mendel .....	18
2.3 Ό μηχανισμός των διασταυρώσεων .....	18
2.4 Ό νόμος της διασπάσεως .....	19
2.5 Ή υπόθεση του γονιδίου .....	22
2.6 Ό νόμος της ανεξάρτητης κληρονομήσεως (αυτοτέλειας των γονιδίων) .....	23
2.7 Τριυβρίδια .....	27
2.8 Έφαρμογές .....	28
2.9 Έφαρμογές γιά άσκηση .....	30

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### Ή φυσική βάση της κληρονομικότητας

3.1 Γενικά .....	33
3.2 Όργάνωση του κυττάρου .....	33
3.3 Τό γενετικό υλικό .....	36
3.4 Οί βασικές λειτουργίες του γενετικού υλικού .....	38
3.5 Ή διαίρεση του κυττάρου .....	38
3.6 Ή γονιμοποίηση .....	48
3.7 Τά γονίδια και τά χρωμοσώματα .....	54
3.8 Έρωτήσεις γιά άσκηση .....	56
3.9 Έφαρμογές γιά άσκηση .....	56

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Δράση και αλληλεπίδραση των γονιδίων

4.1 Γενικά	57
4.2 Αλληλεπίδραση μεταξύ αλληλομόρφων γονιδίων	57
4.3 Αλληλεπίδραση μεταξύ μη αλληλομόρφων γονιδίων	64
4.4 Εφαρμογές	69
4.5 Εφαρμογές για άσκήσεις	71

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### Κληρονόμηση των ποσοτικών γνωρισμάτων

5.1 Τά ποιοτικά και τά ποσοτικά γνωρίσματα	75
5.2 Τά παράματα του East με τό καλαμπόκι	75
5.3 Διαφορές στην κληρονόμηση ποιοτικού και ποσοτικού γνωρίσματος	76
5.4 Τά παράματα του Nilsson-Ehle με τό σιτάρι	77
5.5 Κληρονόμηση του χρώματος της επιδερμίδας στον άνθρωπο	78
5.6 Συμπέρασμα	78
5.7 Εφαρμογές για άσκηση	80

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### Τά συνδεμένα γονίδια

6.1 Γενικά	81
6.2 Συμβολισμός των συνδεμένων γονιδίων	81
6.3 Πρακτική σημασία των συνδεμένων γονιδίων	81
6.4 Άνταλλαγή των συνδεμένων γονιδίων	82
6.5 Η πρακτική σημασία της άνταλλαγής των συνδεμένων γονιδίων	83
6.6 Έρωτήσεις για εξάσκηση	83

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### Η κληρονόμηση του φύλου και τά φυλοσύνδετα γονίδια

7.1 Γενικά	86
7.2 Τό χρωμόσωμο του φύλου στον άνθρωπο	86
7.3 Τό χρωμόσωμο του φύλου στη δrosόφιλα	88
7.4 Τό χρωμόσωμα του φύλου στους άλλους οργανισμούς	88
7.5 Τά φυλοσύνδετα γονίδια	90
7.6 Κληρονόμηση των φυλοσυνδέτων γονιδίων	92
7.7 Κληρονόμηση των όλανδρικών και μερικών φυλοσυνδέτων γονιδίων	92
7.8 Εφαρμογές	93
7.9 Εφαρμογές για άσκηση	93

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### Πολλαπλά αλληλόμορφα γονίδια

8.1 Γενικά	96
8.2 Τά πολλαπλά αλληλόμορφα στο χρώμα των κουνελιών	96
8.3 Τά πολλαπλά αλληλόμορφα στις ομάδες αίματος του ανθρώπου	98

8.4	Τά πολλαπλά ἀλληλόμορφα σέ ἄλλα γνωρίσματα .....	99
8.5	Ἐφαρμογές .....	100
8.6	Ἐφαρμογές γιά ἀσκήση .....	100

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### Μεταλλάξεις

9.1	Γενικά .....	102
9.2	Ἡ φύση τῆς μεταλλάξεως .....	102
9.3	Τεχνητές μεταλλάξεις .....	104
9.4	Ἐρωτήσεις .....	104

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### Ἡ πολυπλοειδία

10.1	Γενικά .....	105
10.2	Ἰδιότητες τῶν πολυπλοειδῶν .....	107
10.3	Ἐρωτήσεις .....	112

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

### Ὁμομαξία καὶ ἐτέρωση

Α. ΟΜΟΜΕΙΞΙΑ		
11.1	Γενικά .....	113
11.2	Ἡ ὁμομαξία στά σταυρογονιμοποιημένα φυτά .....	114
11.3	Ἡ ὁμομαξία στά ζῶα καὶ στὸν ἄνθρωπο .....	114
Β. ΕΤΕΡΩΣΗ		
11.4	Γενικά .....	115
11.5	Γενετικὴ ἐξήγηση τῆς ἐτερώσεως .....	117
11.6	Ἐφαρμογές γιά ἀσκήση .....	117

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

### Βελτίωση τῶν φυτῶν καὶ τῶν ζῶων

12.1	Γενικά .....	119
12.2	Ἡ παραλλακτικότητα ὡς βάση τῆς βελτιώσεως .....	119
12.3	Μέθοδοι βελτιώσεως τῶν φυτῶν .....	120
12.4	Ἡ γενετικὴ στὴ βελτίωση τῶν ζῶων .....	120
12.5	Ὁ ἐξευγενισμὸς τοῦ ἀνθρώπου .....	122
12.6	Ἐρωτήσεις .....	122
Λεξιλόγιο .....		124



0020658234

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ





