

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΝΔΕΛΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ

Η έννοια της κληρονομικότητας και της Γενετικής, Πολλαπλασιασμός - Αναπαραγωγή - Γονιμοποίηση

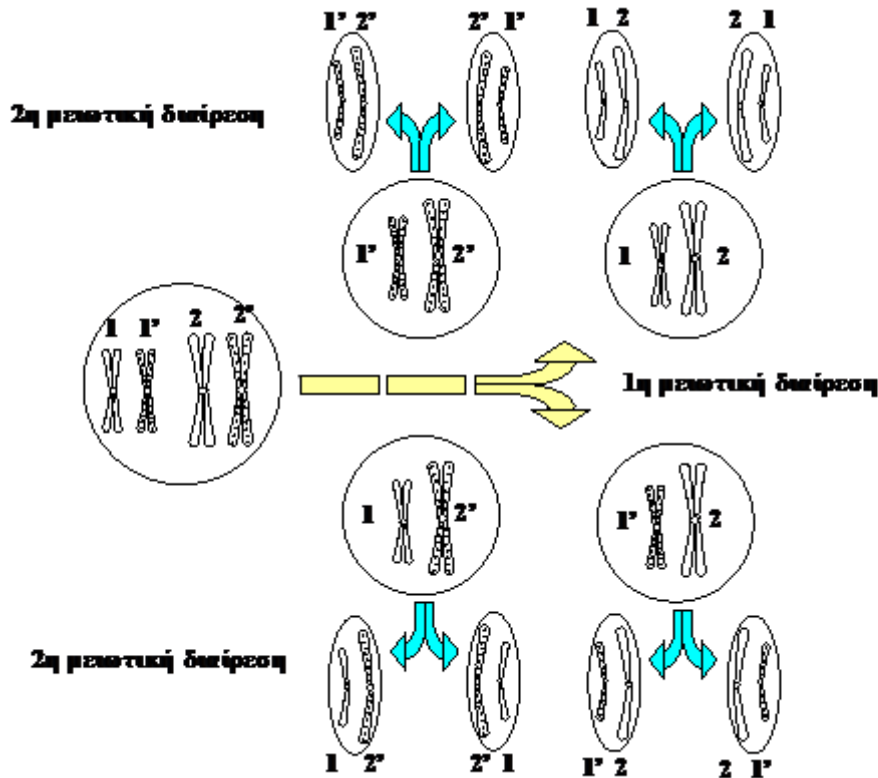
Βασικές έννοιες

- *Ποιός είναι ο σκοπός της αναπαραγωγής;*
Η δημιουργία απογόνων και η μεταφορά μέσω αυτών των βιολογικών πληροφοριών από γενιά σε γενιά.
- *Τι είναι κληρονομικότητα και τι κληρονομικοί χαρακτήρες;*
Η ιδιότητα των ατόμων να ομοιάζουν με τους προγόνους τους καλείται κληρονομικότητα. Κληρονομικοί χαρακτήρες είναι οι βιολογικές πληροφορίες, δηλ., οι ιδιότητες και τα γνωρίσματα που βρίσκονται στους γονείς και τους απογόνους.
- *Τι είναι Γενετική και με τι ασχολείται;*
Γενετική είναι ο κλάδος της Βιολογίας που ασχολείται με τα φαινόμενα της κληρονομικότητας καθώς και με την μελέτη των νόμων που την διέπουν.
- *Τι είναι πολλαπλασιασμός;*
Πολλαπλασιασμός είναι η δημιουργία νέων απογόνων.
- *Τι είναι αναπαραγωγή;*
Αναπαραγωγή είναι ο τρόπος δημιουργίας ενός νέου ατόμου.
- *Ποιοί είναι οι τρόποι αναπαραγωγής;*
Οι τρόποι αναπαραγωγής είναι οι εξής δύο: ο μονογονικός (ή αγενής) και ο αμφιγονικός ή (εγγενής τρόπος αναπαραγωγής).
- *Τι είναι ο μονογονικός (αγενής) και τι αμφιγονικός (εγγενής) τρόπος αναπαραγωγής και ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ τους;*
Αν ένας οργανισμός μπορεί μόνος του να δώσει απογόνους, τότε έχουμε μονογονικό τρόπο αναπαραγωγής, ενώ αν χρειάζονται δύο άτομα για την δημιουργία απογόνων, τότε έχουμε αμφιγονικό τρόπο αναπαραγωγής.
- *Πού παρατηρείται ο μονογονικός τρόπος αναπαραγωγής;*
Ο μονογονικός τρόπος αναπαραγωγής παρατηρείται στα βακτήρια, πρωτόζωα, κατώτερα μετάρζωα, και φυτά.
- *Τι είναι γονιμοποίηση;*
Γονιμοποίηση είναι η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται ο αμφιγονικός τρόπος αναπαραγωγής και κατά την οποία συνενώνονται δύο γαμέτες, που προέρχονται από δύο άτομα διαφορετικού φύλου, για να δημιουργήσουν ένα νέο άτομο.
- *Τι είναι τα γεννητικά κύτταρα, τι είναι οι γαμέτες και ποια είναι η σχέση μεταξύ τους;*
Τα γεννητικά κύτταρα είναι ειδικά κύτταρα που υπάρχουν σε εκείνους τους οργανισμούς που αναπαράγονται αμφιγονικά. Από αυτά τα κύτταρα προέρχονται οι γαμέτες: ωάριο για τα θηλυκά, σπερματοζώαριο για τα αρσενικά.
- *Τι είναι το ζυγωτό και πως σχηματίζεται;*
Ζυγωτό είναι το κύτταρο που προκύπτει από την συνένωση δύο γαμετών και που στην συνέχεια εξελίσσεται σε ένα νέο άτομο.

Μειωτική διαίρεση (Μείωση)

- Τι περιλαμβάνει συνοπτικά η διαδικασία της μείωσης;

Η διαδικασία της μείωσης περιλαμβάνει δύο διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις, με τις οποίες ένα (1) άωρο γεννητικό κύτταρο με $2n$ χρωμοσώματα, (διπλοειδές), δίνει τέσσερα (4) θυγατρικά κύτταρα με n χρωμοσώματα, (απλοειδή).



Εικόνα 1.

Τα κύρια στάδια της μειωτικής διαίρεσης ενός άωρου γεννητικού κυττάρου, που έχει δύο ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει δύο διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις.

Στο τέλος της πρώτης μειωτικής διαίρεσης κάθε θυγατρικό κύτταρο περιλαμβάνει μία απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων τα οποία αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες. Στην πιο πάνω περίπτωση, για δύο ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων έχουμε δύο πιθανές διαιρέσεις και επομένως τέσσερις δυνατούς συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Γενικά για " n " ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, έχουμε 2^n δυνατούς συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων.

Στο τέλος της δεύτερης μειωτικής διαίρεσης κάθε θυγατρικό κύτταρο, που λέγεται γαμέτης, περιλαμβάνει μία απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων τα οποία αποτελούνται μόνο από μία χρωματίδα. (Για απλούστευση του σχήματος έχουν σχεδιασθεί μόνον οι πυρήνες των κυττάρων).

- Ποιές είναι οι διαφορές μεταξύ 1ης μειωτικής διαίρεσης και μιτωτικής διαίρεσης;
 - α) στο τέλος της πρόφασης, τα ομόλογα χρωμοσώματα τοποθετούνται το ένα απέναντι στο άλλο, δηλ., συνάπτονται,
 - β) στην αρχή της ανάφασης, δεν διαιρούνται τα κεντρομερίδια και έτσι οι αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος παραμένουν ενωμένες,
 - γ) στο τέλος της 1ης μειωτικής διαίρεσης σχηματίζονται δύο (2) θυγατρικά κύτταρα, που έχουν απλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων και το κάθε ένα κύτταρο έχει μία σειρά χρωμοσωμάτων, (δηλ., ένα χρωμόσωμα από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων) που είναι οργανωμένα σε δύο αδελφές χρωματίδες.

- Τι συμβαίνει κατά την 2η μειωτική διαίρεση;

Στο τέλος της μετάφασης γίνεται διαίρεση των κεντρομεριδίων και έτσι στο τέλος σχηματίζονται τέσσερα (4) κύτταρα, (δηλ., δύο (2) από κάθε κύτταρο που προήλθε από την 1η διαίρεση), τα οποία έχουν απλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων και το κάθε ένα κύτταρο έχει μία σειρά χρωμοσωμάτων, τα οποία έχουν μία χρωματίδα.

Μηχανισμοί μεταβίβασης του γενετικού υλικού

Ορολογία της Γενετικής

- Τι είναι γονίδιο ;

Το γονίδιο είναι μονάδα κληρονομικότητας υπεύθυνη για την έκφραση ενός χαρακτηριστικού, το οποίο βρίσκεται στα χρωμοσώματα και μεταφέρεται από τους γονείς στους απογόνους.

- Ποιός είναι ο αριθμός των γονιδίων στα σωματικά κύτταρα;

Στα σωματικά κύτταρα των διπλοειδών οργανισμών υπάρχουν δύο γονίδια για κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα και το καθ' ένα βρίσκεται σ' ένα από τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα και το ένα προέρχεται από τον πατέρα και το άλλο από την μητέρα.

- Ποιος είναι ο αριθμός των γονιδίων στα γεννητικά κύτταρα;

Στα γεννητικά κύτταρα υπάρχει ένα γονίδιο για κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα.

- Τι είναι πατρική γενεά (P)

η πατρική γενεά (P) περιλαμβάνει τα άτομα με τα οποία πραγματοποιείται η αρχική διασταύρωση.

- Τι είναι θυγατρική γενεά F_1 ;

Η θυγατρική γενεά F_1 είναι η πρώτη γενεά ατόμων που προέρχονται από την αρχική διασταύρωση των ατόμων της P.

- Τι είναι θυγατρική γενεά F_2 ;

Η θυγατρική γενεά F_2 είναι η γενεά ατόμων που προέρχονται από την διασταύρωση των ατόμων της γενεάς F_1 μεταξύ τους.

- Τι είναι γονότυπος;

Ο γονότυπος είναι το σύνολο των αλληλόμορφων γονιδίων ενός οργανισμού.

- Τι είναι φαινότυπος ;

Ο φαινότυπος είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που αποτελούν την έκφραση του γονοτύπου, δηλ., η εξωτερική εμφάνιση και η βιοχημική σύσταση.

- Τι είναι τα αλληλόμορφα και τα πολλαπλά αλληλόμορφα γονίδια;

Τα αλληλόμορφα είναι τα γονίδια που είναι υπεύθυνα για την έκφραση ενός ορισμένου χαρακτηριστικού και βρίσκονται στην ίδια θέση του ομόλογου χρωμοσώματος. Κάθε διπλοειδής οργανισμός έχει ένα ζεύγος αλληλόμορφων γονιδίων για ένα χαρακτηριστικό, και το κάθε γονίδιο βρίσκεται σ' ένα από τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα.

Τα πολλαπλά αλληλόμορφα είναι το πλήθος των διαφορετικών αλληλόμορφων γονιδίων που υπάρχουν σε ένα πληθυσμό (ή ένα βιολογικό είδος).

- *Τι είναι ομόζυγος οργανισμός για ένα χαρακτηριστικό;*

Ο ομόζυγος οργανισμός για ένα χαρακτηριστικό είναι ο οργανισμός που έχει δύο ίδια μεταξύ τους αλληλόμορφα για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Η μορφή αυτή του γονοτύπου λέγεται ομοζυγωτία. Ο ομόζυγος οργανισμός δίνει ένα είδοςμόνον γαμετών όσον αφορά το χαρακτηριστικό αυτό.

- *Τι είναι ετερόζυγος οργανισμός για ένα χαρακτηριστικό;*

Ο ετερόζυγος οργανισμός για ένα χαρακτηριστικό είναι ο οργανισμός που έχει διαφορετικά μεταξύ τους αλληλόμορφα για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Η μορφή αυτή του γονοτύπου λέγεται ετεροζυγωτία. Ο ετερόζυγος οργανισμός δίνει δύο είδη γαμετών όσον αφορά το χαρακτηριστικό αυτό.

- *Τι ονομάζεται γενετική θέση;*

Γενετική θέση ονομάζεται η συγκεκριμένη περιοχή όπου βρίσκεται ένα γονίδιο πάνω σε ένα χρωμόσωμα.

- *Τι ονομάζεται τύπος κληρονομικότητας;*

Τύπος κληρονομικότητας ονομάζεται ο τρόπος που μεταβιβάζονται τα κληρονομικά χαρακτηριστικά στους απογόνους.

Βασικά του στοιχεία είναι:

- 1) η θέση που βρίσκεται το γονίδιο: α) στα αυτοσωμικά χρωμοσώματα
 β) στα φυλετικά χρωμοσώματα

2) οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των διαφορετικών αλληλόμορφων γονιδίων (*βλέπε παρακάτω*).

- *Ποιές είναι οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των αλληλομόρφων γονιδίων και πως αυτές οι σχέσεις καθορίζουν τον φαινότυπο ενός ατόμου;*

1) επικρατή και υπολειπόμενα γονίδια: όταν ένα ζεύγος αλληλομόρφων γονιδίων εκφράζεται φαινοτυπικάμόνον σε ομοζυγωτία, τότε το αλληλόμορφο λέγεται υπολειπόμενο. Το αλληλόμορφο που εκφράζεται φαινοτυπικά τόσο σε ομοζυγωτία όσο και σε ετεροζυγωτία λέγεται επικρατές.

2) συνεπικρατή γονίδια: τα αλληλόμορφα γονίδια σε ετεροζυγωτία που δίνουν φαινότυπο διαφορετικό από εκείνο που θα έδινε ομόζυγος γονότυπος για το ένα ή το άλλο αλληλόμορφο λέγονται συνεπικρατή.

3) ατελώς επικρατή: τα αλληλόμορφα γονίδια σε ετεροζυγωτία που δίνουν φαινότυπο ενδιάμεσο μεταξύ των φαινοτύπων των δύο ομόζυγων λέγονται ατελώς επικρατή.

- *Δώστε ένα παράδειγμα ατελώς επικρατών γονιδίων.*

Στο φυτό σκυλάκι (*Antirrhinum*): το γονίδιο για το κόκκινο χρώμα άνθους Κ και το γονίδιο για το λευκό χρώμα Λ. Τα ετερόζυγα άτομα (ΚΛ) έχουν φαινότυπο χρώμα άνθους= ροζ, ενώ τα ομόζυγα ΚΚ και ΛΛ έχουν φαινότυπο χρώμα άνθους= κόκκινο και χρώμα άνθους= λευκό αντίστοιχα.

- Δώστε ένα παράδειγμα συνεπικρατών γονιδίων.

Οι ομάδες αίματος του ανθρώπου στο σύστημα ABO που σχετίζεται με την ύπαρξη ή όχι των αντιγόνων A και B στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων του. Τα γονίδια που κωδικοποιούν τα ένζυμα που σχηματίζουν τα αντιγόνα αυτά είναι: τα I^A , I^B και i .

Φαινότυπος (ομάδα αίμα-)	Αντιγόνα ερυθροκυττάρων	Γονότυπος
A	τύπου A	$I^A I^A$ ή $I^A i$
B	τύπου B	$I^B I^B$ ή $I^B i$
AB	τύπου A και τύπου B	$I^A I^B$
O	κανένα από τα δύο	ii

Το έργο του Mendel

- Σε ποιά στοιχεία οφείλεται η επιτυχία των πειραμάτων του Mendel;

1) κάθε φορά μελετούσε μια ή δύο ξεχωριστές ιδιότητες (π.χ. το χρώμα των ανθέων ή το ύψος του φυτού) και όχι όλες μαζί.

2) χρησιμοποιούσε αμιγή (καθαρά), δηλαδή ομόζυγα στελέχη για κάθε ιδιότητα που μελετούσε. Όσα άτομα ανήκουν σε αμιγές στέλεχος και αυτογονιμοποιούνται δίνουν απογόνους μόνο με αυτήν την ιδιότητα σε κάθε διαδοχική γενιά.

3) ανέλυε τα αποτελέσματα του στατιστικά, μετρώντας τους απογόνους που είχαν μια συγκεκριμένη ιδιότητα και υπολογίζοντας τη συχνότητα εμφάνισής τους.

4) βοηθήθηκε επίσης από την προσεκτική επιλογή φυτού (του μοσχομπίζελο – *Pisum sativum*) για τα πειράματα. Το μοσχομπίζελο έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

α) αναπτύσσεται πολύ εύκολα.

β) εμφανίζει ποικιλότητα σε πολλούς χαρακτήρες, οπότε διευκολύνεται η μελέτη του συνδυασμού των ιδιοτήτων στους απογόνους.

γ) αυτογονιμοποιείται (φυσιολογικά), αλλά επιτρέπει και τη τεχνητή γονιμοποίηση.

δ) δίνει μεγάλο αριθμό απογόνων διευκολύνοντας τη στατιστική μελέτη.

- Πώς γίνεται η αυτογονιμοποίηση και η στο μοσχομπίζελο;

Το μοσχομπίζελο έχει άνθη που διαθέτουν και στήμονες (που έχουν αρσενικούς γαμέτες) και ύπερο (που έχει θηλυκούς γαμέτες).

Κατά την αυτογονιμοποίηση: η γύρη από τους στήμονες ενός άνθους πέφτει στον ύπερο του ίδιου.

Κατά την τεχνητή γονιμοποίηση: η γύρη από τους στήμονες ενός άνθους μπορεί να μεταφερθεί (με εργαλείο) στον ύπερο του επιθυμητού άνθους.

- Ποιοί είναι οι χαρακτήρες του μοσχομπίζελο που μελέτησε ο Mendel και σε ποια γονίδια οφείλονται ;

1) το ύψος των φυτών: Το αλληλόμορφο γονίδιο για το ψηλό (Ψ) είναι επικρατές στο αλληλόμορφο για το κοντό (ψ).

2) το σχήμα του σπέρματος: Το αλληλόμορφο γονίδιο για το λείο σχήμα του σπέρματος (Λ) είναι επικρατές στο αλληλόμορφο για το ρυτιδωμένο (λ).

3) το χρώμα του σπέρματος: Το αλληλόμορφο γονίδιο το κίτρινο χρώμα (K) είναι επικρατές στο αλληλόμορφο για το πράσινο (k).

- Τι είναι το τετράγωνο του Punnett ;

Αποτελεί διάγραμμα των γαμετών και του τρόπου συνδυασμού τους σε μια διασταύρωση. Σε κάθε τμήμα του τετραγώνου βρίσκονται οι γονότυποι των ατόμων που προκύπτουν.

		Αρσενικοί γαμέτες	
		ψ	ψ
Θηλυκοί γαμέτες	ψ	ψψ	ψψ
	ψ	ψψ	ψψ

Το συγκεκριμένο τετράγωνο του Punnett αναφέρεται σε μια διασταύρωση μονοϋβριδισμού μεταξύ δύο ψηλών φυτών με γονότυπο Ψψ.

- Από ποιά πειράματα του Mendel προκύπτει ο 1ος νόμος (νόμος του διαχωρισμού των αλληλόμορφων γονιδίων);

Ο Mendel διασταύρωσε κοντά (ψψ) με ψηλά (ΨΨ), φυτά μωσχομπίζελου (*Pisum sativum*).

α) Τα φυτά της F₁ είχαν όλα τον ίδιο φαινότυπο, ψηλό, με γονότυπο Ψψ (ετερόζυγα). Τα άτομα της F₁ γενιάς είναι φαινοτυπικά όμοια.

β) Από τη διασταύρωση των φυτών της F₁ μεταξύ τους προκύπτουν άτομα ΨΨ, Ψψ και ψψ. Η γονοτυπική αναλογία από μια διασταύρωση μονοϋβριδισμού δύο ατόμων της F₂ είναι: 1ΨΨ : 2Ψψ : 1ψψ. Η αντίστοιχη φαινοτυπική αναλογία είναι 3 ψηλά προς 1 κοντό φυτό, δηλαδή 3:1.

- Σε ποιό συμπέρασμα, εκτός από τον 1ο νόμο, κατάληξε ο Mendel μετά από τα αποτελέσματα των παραπάνω πειραμάτων;

Από αυτά τα αποτελέσματα ο Mendel πρότεινε ότι κάθε κληρονομικός χαρακτήρας, όπως το ύψος, ελέγχεται από δύο παράγοντες, που υπάρχουν σε κάθε άτομο. Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι «κληρονομικοί παράγοντες» του Mendel είναι τα γονίδια.

- Πού οφείλεται στην πραγματικότητα ο τρόπος κληρονόμησης των χαρακτήρων που μελετήθηκαν από τον Mendel κατά τα πειράματα της μελέτης ενός χαρακτηριστικού;

Ο τρόπος με τον οποίο κληρονομήθηκαν οι χαρακτήρες τους οποίους μελέτησε ο Mendel είναι αποτέλεσμα των γεγονότων που συμβαίνουν στη μείωση.

Κατά τη μείωση διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα καθώς και τα γονίδια που βρίσκονται σ' αυτά και σχηματίζονται οι γαμέτες. Στη γονιμοποίηση γίνεται ελεύθερος συνδυασμός των αλληλόμορφων γονιδίων.

- Από ποιά πειράματα του Mendel προκύπτει ο 2ος νόμος (νόμος της ανεξάρτητης μεταβίβασης γονιδίων);

Ο Mendel διασταύρωσε αμιγή φυτά με λεία και κίτρινα σπέρματα (ΛΛ ΚΚ) με φυτά που είχαν ρυτιδωμένα και πράσινα σπέρματα (λλ κκ).

α) Τα φυτά της F₁ είχαν όλα τον ίδιο φαινότυπο. Όλοι οι απόγονοι είχαν λεία και κίτρινα σπέρματα με γονότυπο (Λλ Κκ).

β) Από τη διασταύρωση των φυτών της F₁ μεταξύ τους προκύπτουν με τέσσερις τύπους σπερμάτων (φαινοτυπική αναλογία) στην F₂ γενιά:

Στην F₂ γενιά υπάρχουν 4 είδη διαφορετικών φαινοτύπων με αναλογία 9 : 3 : 3 : 1

Συγκεκριμένα:

9 λεία και κίτρινα : 3 λεία και πράσινα : 3 ρυτιδωμένα και κίτρινα : 1 ρυτιδωμένα και πράσινα.

Αυτά προκύπτουν από την γονοτυπική αναλογία:

1 (ΚΚ ΛΛ) : 2 (ΚΚ Λλ) : 1 (Κκ ΛΛ) : 2 (Κκ Λλ) : 4 (Κκ Λλ) : 2 (Κκ λλ) : 1 (κκ ΛΛ) : 2 (κκ Λλ) : 1 (κκ λλ)

- Σε ποιά συμπέρασμα, εκτός από τον 2ο νόμο, κατάληξε ο Mendel μετά από τα αποτελέσματα των παραπάνω πειραμάτων;

Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το αλληλόμορφο που καθορίζει το λείο σχήμα σπέρματος είναι επικρατές έναντι του ρυτιδωμένου, και, αντίστοιχα, αυτό που καθορίζει το κίτρινο χρώμα είναι επικρατές του πράσινου.

- Πού οφείλεται στην πραγματικότητα ο τρόπος κληρονομησης των χαρακτήρων που μελετήθηκαν από τον Mendel κατά τα πειράματα της μελέτης δύο χαρακτηριστικών;

Ανεξάρτητη μεταβίβαση των γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα προκύπτει από την τυχαία διάταξη των ζευγών χρωμοσωμάτων κατά τη μετάφαση της μείωσης Ι. Ένα άτομο με γονότυπο Λλ Κκ, για παράδειγμα, μπορεί να δημιουργήσει τέσσερις τύπους γαμετών, τους ΛΚ, Λκ λκ, και λΚ. Ο συνδυασμός των αλληλομόρφων εξαρτάται από ποια χρωμοσώματα βρίσκονται στον ίδιο γαμέτη που είναι τυχαίο γεγονός.

- Ποιοί είναι οι νόμοι του Mendel

1) νόμος του διαχωρισμού των αλληλόμορφων γονιδίων

2) νόμος της ανεξάρτητης μεταβίβασης γονιδίων:

- Τι προβλέπει ο 1^{ος} νόμος του Mendel

1) νόμος του διαχωρισμού των αλληλόμορφων γονιδίων: η κατανομή των αλληλόμορφων γονιδίων στους γαμέτες κατά τη μείωση και ο τυχαίος συνδυασμός τους κατά τη γονιμοποίηση είναι οι διαδικασίες που είναι υπεύθυνες για την εκδήλωση των κληρονομικών χαρακτήρων στους απογόνους.

Σύμφωνα με το νόμο αυτό:

α) τα άτομα της F_1 γενεάς, που προκύπτουν από την διασταύρωση αμιγών φυλών που διαφέρουν κατά μία ιδιότητα είναι ομοιόμορφα μεταξύ τους,

β) όταν τα άτομα της F_1 γενεάς διασταυρωθούν μεταξύ τους, τότε διαχωρίζουν στους απογόνους, δηλ., τη γενιά F_2 , τις ιδιότητες των γονέων σύμφωνα με ορισμένες αριθμητικές αναλογίες.

- Τι προβλέπει ο 2^{ος} νόμος του Mendel

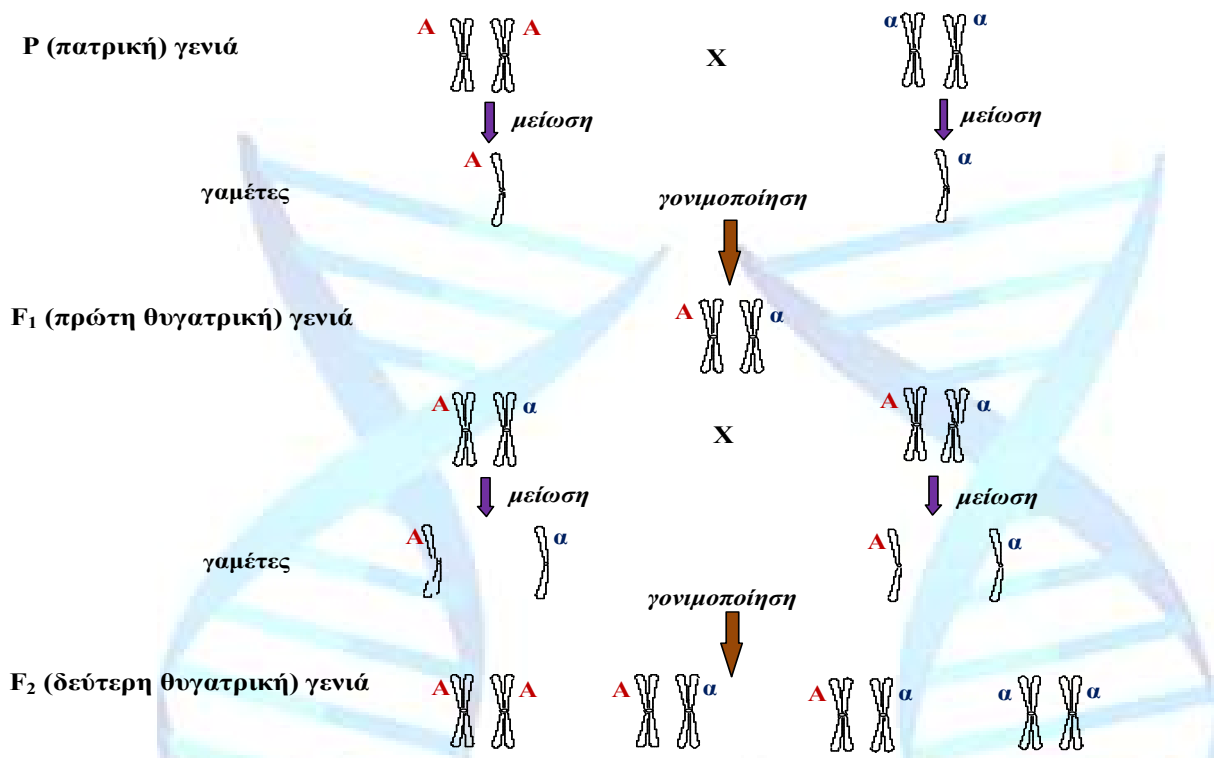
2) νόμος της ανεξάρτητης μεταβίβασης γονιδίων: ένα γονίδιο που ελέγχει ένα χαρακτήρα δεν επηρεάζει τη μεταβίβαση του γονιδίου που ελέγχει ένα άλλο χαρακτήρα. Αυτό ισχύει μόνο για γονίδια που βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων.

Αυτοσωμική κληρονομικότητα

Μονοϋβριδισμός

- Τι είναι μονοϋβριδισμός;

Μονοϋβριδισμός είναι ο τρόπος κληρονομής μιας μόνο ιδιότητας.



Εικόνα 2

Διασταύρωση δύο ατόμων που είναι ομόζυγοι για τα γονίδια A και a αντίστοιχα και διασταύρωση των απογόνων μεταξύ τους.

Παράδειγμα μονοϋβριδισμού.

Έστω ότι πραγματοποιείται μια διασταύρωση δύο ομόζυγων ατόμων με γονότυπους AA και aa.

Τα γονίδια A και a είναι αλληλόμορφα (δηλ., ελέγχουν το ίδιο χαρακτηριστικό αλλά με διαφορετικό τρόπο) και βρίσκονται στην ίδια θέση πάνω στα ομόλογα χρωμοσώματα. Γενικά, στα σωματικά κύτταρα των διπλοειδών οργανισμών υπάρχουν δύο γονίδια για κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα. Αντίθετα στα γεννητικά κύτταρα υπάρχει ένα γονίδιο για κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα.

Κατά τη μείωση κάθε άτομο επειδή είναι ομόζυγο, δίνει ένα είδος γαμέτη, όσον αφορά το μελετώμενο γονίδιο.

Κατά την γονιμοποίηση (δηλ, την συνένωση των δύο ώριμων ετερόφυλων γεννητικών κυττάρων) σχηματίζονται άτομα της F₁ (πρώτης θυγατρικής) γενεάς που είναι όλα ετερόζυγα δηλ., έχουν την γονοτυπική σύσταση Aa. Το καθένα από αυτά τα γονίδια βρίσκεται σ' ένα από τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα και το ένα προέρχεται από τον πατέρα και το άλλο από την μητέρα. Κατά τη μείωση κάθε ετερόζυγο άτομο δίνει δύο είδη γαμετών, όσον αφορά το μελετώμενο γονίδιο.

Οι απόγονοι μιας διασταύρωσης μεταξύ των ατόμων της F₁ (πρώτης θυγατρικής) γενεάς αποτελούν την F₂ (δεύτερη θυγατρική) γενεά. Η γονοτυπική τους αναλογία είναι 1 AA : 2 Aa : 1 aa.

- Ποιές γονοτυπικές και φαινοτυπικές αναλογίες υπάρχουν στα άτομα της F_1 και F_2 γενεάς στην περίπτωση του μονοϋβριδισμού

1η περίπτωση: επικρατή και υπολειπόμενα γονίδια.

Παράδειγμα:

Έστω AA και αα οι γονότυποι της P γενεάς, όπου A επικρατές και α υπολειπόμενο γονίδιο. A και α είναι οι φαινότυποι που οφείλονται στα A και α γονίδια αντίστοιχα.

F_1 γενεά:

γονότυπος : όλα Aα,
φαινότυπος : όλα A

F_2 γενεά:

γονότυπος : 1 (AA) : 2 (Aα) : 1 (αα),
φαινότυπος : 3 (A) : 1 (α)

2η περίπτωση: συνεπικρατή ή ατελώς επικρατή γονίδια.

Παράδειγμα:

Έστω A^1A^1 και A^2A^2 οι γονότυποι της P γενεάς, όπου A^1 και A^2 συνεπικρατή ή ατελώς επικρατή γονίδια. A^1 , A^2 και A^3 είναι οι φαινότυποι που οφείλονται στους γονότυπους A^1A^1 , A^2A^2 και A^1A^2 αντίστοιχα.

F_1 γενεά:

γονότυπος : όλα A^1A^2 ,
φαινότυπος : όλα A^3

F_2 γενεά:

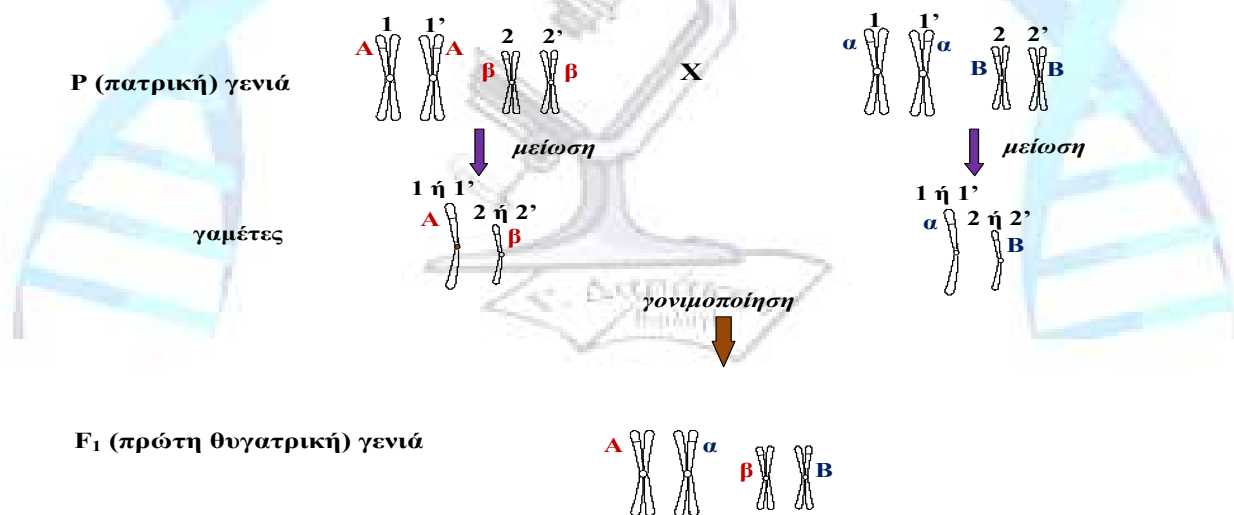
γονότυπος : 1 (A^1A^1) : 2 (A^1A^2) : 1 (A^2A^2),
φαινότυπος : 1 (A^1) : 2 (A^3) : 1 (A^2)

* Σημείωση Οι παραπάνω αναλογίες και παρατηρήσεις ισχύουν με την προϋπόθεση ότι τα άτομα της P γενεάς είναι ομόζυγα.

Διυβριδισμός

- Τι είναι διυβριδισμός;

Διυβριδισμός είναι ο τρόπος κληρονομής δύο ιδιοτήτων.



Εικόνα 3.

Διασταύρωση δύο ατόμων που είναι ομόζυγοι για τα γονίδια A και β και α και B αντίστοιχα τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων.

Παράδειγμα διϋβριδισμού

Έστω ότι πραγματοποιείται μια διασταύρωση δύο ομόζυγων ατόμων με γονότυπους AA ββ και αα BB.

Τα γονίδια A, α και τα γονίδια B, β είναι αλληλόμορφα μεταξύ τους και βρίσκονται στην ίδια θέση πάνω στα ομόλογα χρωμοσώματα. Είναι ανεξάρτητα γονίδια επειδή βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Τα A, α βρίσκονται πάνω στο πρώτο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων και τα γονίδια B, β πάνω στο δεύτερο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων. Γενικά, στα σωματικά κύτταρα των διπλοειδών οργανισμών υπάρχουν δύο γονίδια για κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα. Αντίθετα στα γεννητικά κύτταρα υπάρχει ένα γονίδιο για κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα.

Κατά τη μείωση κάθε άτομο επειδή είναι ομόζυγο, δίνει ένα είδος γαμέτη, όσον αφορά τα μελετώμενα γονίδια.

Κατά την γονιμοποίηση σχηματίζονται τα άτομα της F₁ (πρώτης θυγατρικής) γενεάς που είναι όλα ετερόζυγα και για τα δύο χαρακτηριστικά, δηλ., έχουν την γονοτυπική σύσταση Aα βB. Το καθένα από αυτά τα γονίδια βρίσκεται σ' ένα από τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα και το ένα προέρχεται από τον πατέρα και το άλλο από την μητέρα.

- *Ποιές γονοτυπικές και φαινοτυπικές αναλογίες υπάρχουν στα άτομα της F₁ και F₂ γενεάς στην περίπτωση του διϋβριδισμού*

Παράδειγμα:

Έστω AA ββ και αα BB οι γονότυποι της P γενεάς, όπου A επικρατές και α υπολειπόμενο γονίδιο για την 1η ιδιότητα και B επικρατές και β υπολειπόμενο γονίδιο για την 2η ιδιότητα. A , α , B , και β οι φαινότυποι που οφείλονται στα A, α, B, και β γονίδια αντίστοιχα.

F₁ γενεά:

γονότυπος: όλα Aα βB,
φαινότυπος: όλα AB

F₂ γενεά:

γονοτυπική αναλογία:

1 (AA BB) : 2 (AA βB) : 1 (AA ββ) : 2 (Aα BB) : 4 (Aα βB) : 2 (Aα ββ) : 1 (αα BB) : 2 (αα βB) : 1 (αα ββ)

φαινοτυπική αναλογία:

9 (AB) : 3 (Aβ) : 3 (αB) : 1 (αβ)

* Σημείωση: Οι παραπάνω αναλογίες και παρατηρήσεις ισχύουν με την προϋπόθεση ότι τα άτομα της P γενεάς είναι ομόζυγα είτε για το επικρατές είτε το υπολειπόμενο, αρκεί κάθε ζεύγος γονιδίων να υπάρχει μία μόνο φορά στους γονότυπους της πατρικής γενεάς (AA BB x αα ββ ή AA ββ x αα BB).

- *Ποιά είναι τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη του διϋβριδισμού;*
 - 1) οι φαινότυποι των ατόμων της F₁ γενεάς είναι όμοιοι και τα άτομα ετερόζυγα,
 - 2) στην F₂ επανεμφανίζονται άτομα με φαινότυπο και γονότυπο όμοιο εκείνων της P, αλλά και άτομα με τελείως διαφορετικό φαινότυπο και γονότυπο.
- *Τι λέγεται διασταύρωση ελέγχου (ή ανάδρομη διασταύρωση);*

Διασταύρωση ελέγχου η διασταύρωση ενός ατόμου αγνώστου γονότυπου με άτομο ομόζυγο για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο.

Φυλοσύνδετη κληρονομικότητα

- Τι είναι φυλετικά χρωμοσώματα;

Φυλετικά χρωμοσώματα είναι τα χρωμοσώματα X και Y, που σε εξαίρεση από τον κανόνα, δεν είναι ομοιόμορφα μεταξύ τους, όπως όλα τα ζεύγη των ομολόγων χρωμοσωμάτων. Τα σωματικά κύτταρα των θηλυκών ατόμων του ανθρώπου περιέχουν τα XX φυλετικά χρωμοσώματα, και των αρσενικών ατόμων τα XY φυλετικά χρωμοσώματα.

- Τι είναι τα αυτοσωμικά χρωμοσώματα;

Αυτοσωμικά χρωμοσώματα είναι τα χρωμοσώματα που δεν είναι φυλετικά. Τα σωματικά κύτταρα του ανθρώπου περιέχουν 22 ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων.

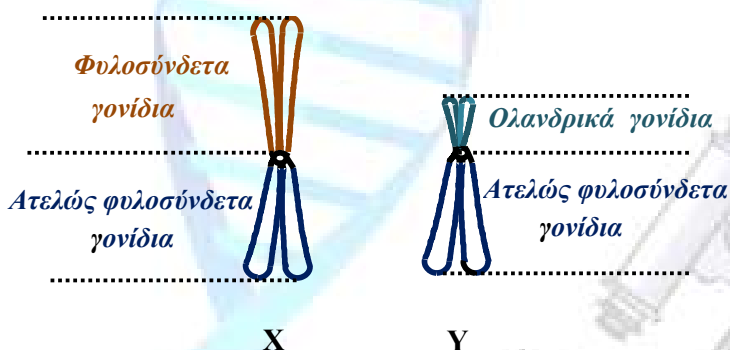
- Πώς καθορίζεται το φύλο στον άνθρωπο;

Το φύλο στον άνθρωπο καθορίζεται από την ύπαρξη ή μη του Y χρωμοσώματος. Το φυσιολογικό αρρεν άτομο έχει χρωμοσωμική σύσταση AA XY και το θηλυκό AA XX.

- Ποιούς χαρακτήρες ελέγχουν τα γονίδια, που υπάρχουν πάνω στα φυλετικά χρωμοσώματα
Τα γονίδια αυτά ελέγχουν τους πρωτεύοντες και τους δευτερεύοντες χαρακτήρες του φύλου.

- Ποιοί είναι οι πρωτεύοντες και ποιοι οι δευτερεύοντες χαρακτήρες του φύλου;

Οι πρωτεύοντες χαρακτήρες του φύλου είναι τα γεννητικά όργανα, και οι δευτερεύοντες την ύπαρξη στήθους, το ύψος της φωνής, τρίχωμα, εύρος λεκάνης.



Εικόνα 4.

Σχηματική απεικόνιση των φυλετικών χρωμοσωμάτων X και Y. Διακρίνονται οι διάφορες περιοχές που έχουν ή δεν έχουν ομολογία μεταξύ τους. Οι αντίστοιχες θέσεις περιέχουν αντίστοιχες κατηγορίες γονιδίων.

- Ποιες είναι οι μορφολογικές διαφορές μεταξύ των χρωμοσωμάτων X και Y;

Τα φυλετικά χρωμοσώματα είναι ανισομεγέθη μεταξύ τους. Το X είναι μεγαλύτερο από το Y.

- Ποιές χαρακτηριστικές περιοχές διακρίνονται στα φυλετικά χρωμοσώματα

Διακρίνονται οι εξής περιοχές:

- 1) οι περιοχές των χρωμοσωμάτων X και Y που έχουν ομολογία μεταξύ τους,
- 2) οι περιοχές των χρωμοσωμάτων X και Y που δεν έχουν ομολογία μεταξύ τους.

- Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται τα γονίδια που βρίσκονται στα φυλετικά χρωμοσώματα;

Υπάρχουν τρεις (3) κατηγορίες γονιδίων: 1) τα φυλοσύνδετα, 2) τα ολανδρικά και, 3) τα ατελώς φυλοσύνδετα.

- Ποιά ονομάζονται φυλοσύνδετα γονίδια

Φυλοσύνδετα ονομάζονται τα γονίδια που βρίσκονται στη περιοχή του χρωμοσώματος X που δεν έχει ομόλογη περιοχή με το χρωμόσωμα Y.

- Ποιά ονομάζονται ολανδρικά γονίδια;
Ολανδρικά ονομάζονται τα γονίδια που βρίσκονται στη περιοχή του χρωμοσώματος Y που δεν έχει ομόλογη περιοχή με το χρωμόσωμα X.
- Ποιά ονομάζονται ατελώς φυλοσύνδετα γονίδια;
Ατελώς φυλοσύνδετα ονομάζονται τα γονίδια που βρίσκονται στις ομόλογες περιοχές των χρωμοσωμάτων X και Y.
- Ποιές είναι οι γονοτυπικές και φαινοτυπικές αναλογίες της F_1 και F_2 γενεάς της *Drosophila* στην περίπτωση κληρονομησης ενός φυλοσύνδετου χαρακτήρα.
* Σημείωση: στην *Drosophila* τα αρσενικά έχουν XY και τα θηλυκά XX χρωμοσώματα, όπως και στον άνθρωπο.

1η περίπτωση: Διασταύρωση αρσενικού ατόμου με γνώρισμα οφειλόμενο σε υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο με θηλυκό άτομο που είναι ομόζυγο για το επικρατές φυλοσύνδετο γονίδιο.

Παράδειγμα:

Έστω αρσενικό άτομο με γονότυπο X^AY που διασταυρώνεται με θηλυκό με γονότυπο X^AX^A , όπου A α επικρατές και υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο αντίστοιχα. \underline{A} και \underline{a} είναι οι φαινότυποι που οφείλονται στα A και a γονίδια αντίστοιχα.

F_1 γενεά: (από διασταύρωση θηλυκού ομόζυγου για το επικρατές με αρσενικό που φέρει το υπολειπόμενο)

	θηλυκά		αρσενικά
γονοτυπική αναλογία:	1 (X^AX^A)	:	1 (X^AY)
φαινοτυπική αναλογία:	όλα (\underline{A})	,	όλα (\underline{A})
γενική φαινοτυπική αναλογία:			όλα (\underline{A})

F_2 γενεά: (από διασταύρωση ετερόζυγου θηλυκού με αρσενικό που φέρει το επικρατές)

γονοτυπική αναλογία:	1 (X^AX^A) : 1 (X^AX^a)	:	1 (X^AY) : 1 (X^aY)
φαινοτυπική αναλογία:	όλα (\underline{A})	,	1 (\underline{A}) : 1 (\underline{a})
γενική φαινοτυπική αναλογία:			3 (\underline{A}) : 1 (\underline{a})

2η περίπτωση: Διασταύρωση αρσενικού ατόμου με γνώρισμα οφειλόμενο σε επικρατές φυλοσύνδετο γονίδιο με θηλυκό άτομο που είναι ομόζυγο για το υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο.

Παράδειγμα:

Έστω αρσενικό άτομο με γονότυπο X^AY που διασταυρώνεται με θηλυκό με γονότυπο X^aX^a , όπου A και a επικρατές και υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο. \underline{A} και \underline{a} είναι οι φαινότυποι που οφείλονται στα A και a γονίδια αντίστοιχα.

F_1 γενεά: (από διασταύρωση θηλυκού ομόζυγου για το υπολειπόμενο με αρσενικό που φέρει το επικρατές)

	θηλυκά		αρσενικά
γονοτυπική αναλογία:	1 (X^AX^a)	:	1 (X^aY)
φαινοτυπική αναλογία:	όλα (\underline{A})	,	όλα (\underline{a})
γενική φαινοτυπική αναλογία:	1 (\underline{A})	:	1 (\underline{a})

F_2 γενεά: (από διασταύρωση ετερόζυγου θηλυκού με αρσενικό που φέρει το υπολειπόμενο)

γονοτυπική αναλογία:	1 (X^AX^a) : 1 (X^aX^a)	:	1 (X^AY) : 1 (X^aY)
φαινοτυπική αναλογία:	1 (\underline{A}) : 1 (\underline{a})	,	1 (\underline{A}) : 1 (\underline{a})
γενική φαινοτυπική αναλογία:			1 (\underline{A}) : 1 (\underline{a})

- Ποιό είναι το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την 2^η περίπτωση (αντίστροφη της 1ης διασταύρωσης);

Τα άτομα της F₁ γενεάς δεν είναι ομοιόμορφα. Τα θηλυκά άτομα έχουν τον ίδιο φαινότυπο με τον πατέρα, ενώ τα αρσενικά έχουν τον ίδιο φαινότυπο με την μητέρα.

Θνησιγόνα γονίδια

- Ποιά ονομάζονται θνησιγόνα γονίδια;

Θνησιγόνα ονομάζονται τα γονίδια που είναι υπεύθυνα για την μη-βιωσιμότητα ενός ατόμου. Μπορεί να είναι είτε επικρατή είτε υπολειπόμενα.

Σε ομοζυγωτία τα υπολειπόμενα θνησιγόνα γονίδια οδηγούν σε θάνατο, σε ετεροζυγωτία μπορούν: 1) ή να μη έχουν καμία επίδραση στον φαινότυπο του ατόμου, 2) ή να οδηγούν στην εκδήλωση ενός χαρακτηριστικού γνώρισματος.

- Ποιά θα είναι η φαινοτυπική αναλογία των απογόνων από μία διασταύρωση μεταξύ δύο ατόμων ετερόζυγων για ένα θνησιγόνο γονίδιο

Σύμφωνα με τα παραπάνω, διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

1η περίπτωση: 3 κανονικά : 1 νεκρό,

2η περίπτωση: 1 κανονικό : 2 με κάποιο χαρακτηριστικό γνώρισμα : 1 νεκρό.

Κληρονομικότητα στον άνθρωπο

- Ποιές περιπτώσεις πολλαπλών αλληλόμορφων είναι γνωστές στον άνθρωπο;

1) Τα γονίδια που καθορίζουν τις ομάδες αίματος του ανθρώπου στο σύστημα ABO, δηλ., τα I^A, I^B και i.

2) Τα γονίδια της β-θαλασσαιμίας. Εκτός από τα φυσιολογικά αλληλόμορφα υπάρχουν και όσα προκαλούν τη νόσο. Συνήθως κάθε παθογόνο αλληλόμορφο σχετίζεται με πιο ήπια ή βαριά μορφή της νόσου.

- Ποιοι χαρακτήρες ονομάζονται μονογονιδιακοί και πως κληρονομούνται;

Μονογονιδιακοί χαρακτήρες ονομάζονται όσοι χαρακτήρες καθορίζονται από τα αλληλόμορφα ενός γονιδίου.

Αυτοί ακολουθούν το μενδελικό τύπο κληρονομικότητας.

Στον άνθρωπο διάφορες γονιδιακές (κληρονομικές) ασθένειες ανήκουν στους μονογονιδιακούς χαρακτήρες.

- Τι σημαίνει ότι ένα άτομο είναι φορέας γονιδίου για μία κληρονομική ασθένεια (ή κληρονομικό γνώρισμα);

Φορέας θεωρείται το άτομο που φέρει το γονίδιο για την ασθένεια (ή κληρονομικό γνώρισμα) και ότι αυτό το γονίδιο είναι υπολειπόμενο.

- Ποιές είναι οι ασθένειες και τα γνώρισμα που οφείλονται σε επικρατή αυτοσωμικά γονίδια;

Ασθένεια:

1) οικογενής υπερχοληστερολαιμία: σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο πρώιμης εμφάνισης στεφανιαίας νόσου.

Κληρονομικά γνωρίσματα:

- 1) γραμμή τριχοφυΐας με κορυφή.
- 2) ελεύθεροι λοβοί αυτιών.

- *Ποιές είναι οι ασθένειες και τα γνωρίσματα που οφείλονται σε υπολειπόμενα αυτοσωμικά γονίδια;*

Ασθένειες:

- 1) δρεπανοκυτταρική αναιμία.
- 2) β-θαλασσαιμία.
- 3) κυστική ίνωση. (μορφή τύφλωσης)
- 4) αχρωματοψία στο κυανό χρώμα.
- 5) φαινυλκετονουρία PKU (βλέπε 6^ο κεφάλαιο, Μεταλλάξεις)
- 6) αλφισμός (βλέπε 6^ο κεφάλαιο, Μεταλλάξεις)

Κληρονομικά γνωρίσματα:

- 1) γραμμή τριχοφυΐας χωρίς κορυφή.
- 2) προσκολλημένοι λοβοί αυτιών.

- *Ποιές είναι οι ασθένειες και τα γνωρίσματα που οφείλονται σε υπολειπόμενα φυλοσύνδετα γονίδια;*

Ασθένειες:

- 1) αιμορροφιλία.
- 2) μερική αχρωματοψία στο πράσινο και κόκκινο χρώμα.

- *Τι είναι η αιμορροφιλία;*

Αιμορροφιλία είναι η κληρονομική ασθένεια κατά την οποία δεν γίνεται κανονικά η πήξη του αίματος λόγω έλλειψης του παράγοντα VIII, που είναι μια αντιαιμορροφιλική πρωτεΐνη.

- *Τι είναι η αχρωματοψία ή δαλτωνισμός;*

Αχρωματοψία ή δαλτωνισμός είναι η κληρονομική ασθένεια κατά την οποία τα άτομα δεν διακρίνουν σωστά τα διάφορα χρώματα, (κυρίως το πράσινο και το κόκκινο)

Γενεαλογικό δένδρο

- *Τι είναι το γενεαλογικό δένδρο;*

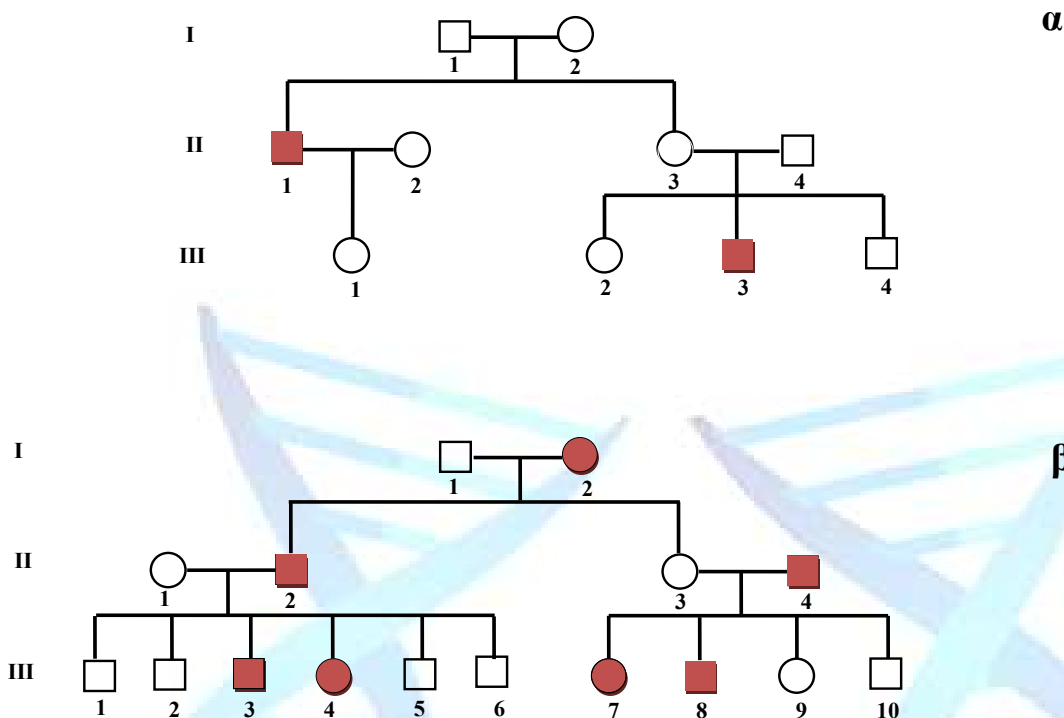
Γενεαλογικό δένδρο είναι σχηματική απεικόνιση των μελών μίας οικογενείας και των προγόνων γενεών της σχετικά με το φύλο ή κάποιο κληρονομικό χαρακτήρα.

- *Ποια είναι η σημασία του γενεαλογικού δένδρου;*

Η μελέτη του γενεαλογικού δένδρου χρησιμεύει στην γενετική διάγνωση και γενετική συμβουλή.

Συγκεκριμένα χρησιμεύει:

- α) στην καταγραφή των πληροφοριών για το ιστορικό μίας οικογένειας ως προς ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα.
- β) στη μελέτη του τρόπου κληρονόμησης διαφόρων χαρακτήρων.
- γ) στη γενετική καθοδήγηση (συμβουλές προς υποψήφιους γονείς), κυρίως όταν πρόκειται για αληλόμορφα που προκαλούν ασθένειες.



Εικόνα 5.

Γενεαλογικά δένδρα που απεικονίζουν άτομα (τετράγωνα: άνδρες, κύκλοι: γυναίκες) που πάσχουν από κάποια κληρονομική νόσο (τετράγωνα και κύκλοι με έντονο χρώμα).

α) Γενεαλογικό δένδρο που δείχνει την κληρονόμηση γνωρίσματος που οφείλεται σε υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο. Μόνο τα αρσενικά άτομα πάσχουν, ενώ κανένα από τα θηλυκά δεν πάσχει. Το γονίδιο κληρονομείται μόνο από τις μητέρες στους γιους. Τα θηλυκά άτομα που φέρουν το γονίδιο εμφανίζονται με στικτό χρώμα.

β) Γενεαλογικό δένδρο που δείχνει την κληρονόμηση γνωρίσματος που οφείλεται σε επικρατές αυτοσωμικό γονίδιο. Κατά τεκμήριο, ένα γνώρισμα οφείλεται στη δράση ενός επικρατούς αυτοσωμικού γονιδίου, αν το γνώρισμα εμφανίζεται σχεδόν στο μισό αριθμό των απογόνων κάθε γενεάς.

• Ποιοί είναι οι κυριότεροι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός γενεαλογικού δένδρου

- 1) Τα αρσενικά άτομα συμβολίζονται με τετράγωνο, τα θηλυκά με κύκλο και άτομα αγνώστου φύλου με ρόμβο.
- 2) Οι γονείς συνδέονται με μία οριζόντια γραμμή, ενώ οι απόγονοι συνδέονται με τους γονείς με μία κάθετη γραμμή.
- 3) Κάθε άτομο που απεικονίζεται στο γενεαλογικό δένδρο χαρακτηρίζεται με:
 - α) από ένα λατινικό αριθμό που προσδιορίζει τη γενιά του ατόμου ως προς την πατρική.
 - β) από ένα αραβικό αριθμό που δηλώνει τη σειρά γέννησης του.