

ΔΙΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ

Μεθοδολογία

1. Διυβριδισμός είναι η μελέτη του τρόπου που κληρονομούνται **δύο** ιδιότητες ταυτόχρονα.
2. Κάθε διασταύρωση διυβριδισμού γίνεται **σύμφωνα με τον 1^ο και 2^ο νόμο του Mendel**, οπότε τους αναφέρουμε και γράφουμε τη διατύπωσή τους σε κάθε άσκηση.
3. Ο 2^{ος} νόμος του Mendel δίνει τη δυνατότητα να προσεγγιστεί μια περίπτωση διυβριδισμού είτε ενιαία (και οι δύο ιδιότητες ταυτόχρονα) είτε ως δύο ανεξάρτητες περιπτώσεις μονοϋβριδισμού και στη συνέχεια να γίνει σύνθεση. Η επιλογή της προσέγγισης εξαρτάται από το είδος του προβλήματος.
4. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται κατά την εύρεση των γαμετών. Σε κάθε γαμέτη υπάρχουν **δύο** γονίδια, ένα για κάθε ιδιότητα, άρα δύο γράμματα.
5. Όταν από τη διασταύρωση δύο ατόμων που διαφέρουν σε δύο ιδιότητες οι απόγονοι που προκύπτουν είναι σε **αναλογία 9 : 3 : 3 : 1**, τότε βγάζουμε τα εξής συμπεράσματα:
 - Τα γονίδια είναι αυτοσωμικά δηλαδή εδράζονται στα αυτοσωμικά χρωμοσώματα και όχι στα φυλετικά.
 - Τα γονίδια έχουν σχέση επικρατούς – υπολειπόμενου. Τα επικρατή γονίδια είναι αυτά που αντιπροσωπεύουν το 9 της αναλογίας, ενώ τα υπολειπόμενα το 1 της αναλογίας.
 - Τα άτομα της πατρικής είναι ετερόζυγα και για τα δύο γονίδια.
 - Τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα.
 - Τα γονίδια δεν ανήκουν σε ειδική κατηγορία. Αν αυτό συμβαίνει π.χ. όταν τα γονίδια είναι ατελώς επικρατή ή συνεπικρατή ή πολλαπλά αλληλόμορφα ή θνησιγόνα, τότε η αναλογία 9 : 3 : 3 : 1 διαφοροποιείται.
6. Στη **διασταύρωση ελέγχου**, στις περιπτώσεις διυβριδισμού, το άτομο με τον γνωστό γονότυπο είναι ομόζυγο για τα υπολειπόμενα αλληλόμορφα και στις δύο ιδιότητες. Ειδικά για την εύρεση του γονοτύπου ενός φυτού, εάν δεν έχουμε στη διάθεσή μας κατάλληλο φυτό για πραγματοποίηση διασταύρωσης ελέγχου, μπορούμε να βασιστούμε στα αποτελέσματα της **αυτογονιμοποίησης**.
7. Αν δίνεται το φύλο στους απογόνους της διασταύρωσης, τότε πρέπει να ελέγξουμε αν η μία από τις δύο ιδιότητες ελέγχεται από φυλοσύνδετα αλληλόμορφα.
8. Σε ορισμένες ασκήσεις, με βάση τις φαινοτυπικές αναλογίες και τα υπόλοιπα δεδομένα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μια ιδιότητα μπορεί να ελέγχεται

είτε από αυτοσωμικό αλληλόμορφο είτε από φυλοσύνδετο. Σε αυτή την περίπτωση, διερευνούμε **δύο πιθανές λύσεις**.

9. Σε ορισμένες ασκήσεις γνωρίζουμε τις αναλογίες φαινοτύπων στη θυγατρική γενιά για ένα ή περισσότερα γονίδια και αναζητούμε τον τρόπο κληρονομικότητας των γονιδίων αυτών ή/και τους γονοτύπους της πατρικής γενιάς. Πρόκειται για ασκήσεις **αντιστρόφου τύπου** για την επίλυση των οποίων εργαζόμαστε ως εξής:
- Εάν πρόκειται για διυβριδισμό (που είναι το σύννηθες), απομονώνουμε κάθε ιδιότητα και τη μελετάμε ξεχωριστά, όπως αν είχαμε να αντιμετωπίσουμε 2 ασκήσεις μονοϋβριδισμού.
 - Ελέγχουμε για καθμία από τις ιδιότητες εάν υπάρχει φυλοσύνδετο γονίδιο. Εάν οι θηλυκοί και αρσενικοί απόγονοι για ένα γνώρισμα δεν είναι αριθμητικά ίσοι, το γονίδιο που ελέγχει αυτή την ιδιότητα είναι φυλοσύνδετο. Στην περίπτωση που είναι ίσοι, το γονίδιο μπορεί να είναι αυτοσωμικό ή φυλοσύνδετο.
 - Από τις αναλογίες της θυγατρικής γενιάς προσδιορίζουμε τους πιθανούς γονοτύπους των ατόμων της πατρικής γενιάς για κάθε ιδιότητα.
 - Εάν πρόκειται για διυβριδισμό, συνδυάζουμε με όλους τους δυνατούς τρόπους τους πιθανούς γονοτύπους των ατόμων της πατρικής γενιάς και απεικονίζουμε τη διασταύρωση για επιβεβαίωση των συμπερασμάτων μας.
10. Σε μελέτες διυβριδισμού, όταν τα υπεύθυνα για τις δύο ιδιότητες γονίδια βρίσκονται στο **ίδιο ζευγάρι** ομόλογων χρωμοσωμάτων (είναι δηλαδή συνδεδεμένα), δεν παράγονται όλοι αυτοί οι γαμέτες που θα παράγονταν αν τα γονίδια εδράζονταν σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, αφού τα γονίδια δεν μεταβιβάζονται ανεξάρτητα. Έστω ένα ετερόζυγο άτομο (ΑαΒβ) για δύο ιδιότητες. Όταν τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, τότε το άτομο παράγει τους γαμέτες ΑΒ, αβ, Αβ, αΒ. Εάν τα γονίδια βρίσκονται στο ίδιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων, τότε το άτομο παράγει 2 διαφορετικά είδη γαμετών. Ποια είδη γαμετών θα προκύψουν εξαρτάται από ποια αλληλόμορφα από την κάθε ιδιότητα εδράζονται στο ίδιο χρωμόσωμα του ζεύγους ομολόγων.

Ασκήσεις

1. Στη μύγα *Drosophila* το γκρι χρώμα του σώματος καθορίζεται από το επικρατές γονίδιο Γ, ενώ το εβένινο χρώμα καθορίζεται από το υπολειπόμενο γονίδιο γ. Οι κανονικές πτέρυγες καθορίζονται από το επικρατές γονίδιο Κ, ενώ οι ατροφικές πτέρυγες καθορίζονται από το υπολειπόμενο γονίδιο κ.

- Διασταυρώθηκαν άτομα ετερόζυγα και για τα δύο χαρακτηριστικά και προέκυψαν 256 απόγονοι. Ποιοι είναι οι φαινότυποι των απογόνων και πόσα άτομα αναμένεται να υπάρχουν σε κάθε φαινοτυπική ομάδα; Δίνεται ότι τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα.
2. Σε ένα φυτό παρατηρούνται μεταξύ άλλων οι εξής χαρακτήρες: καρπός μεγάλος που ελέγχεται από το γονίδιο Μ και καρπός μικρός που ελέγχεται από το γονίδιο μ, καρπός πλούσιος σε υδατάνθρακες που ελέγχεται από το γονίδιο Υ και καρπός φτωχός σε υδατάνθρακες που ελέγχεται από το γονίδιο υ. Έχετε στη διάθεσή σας ένα αμιγές στέλεχος με καρπό μεγάλο και φτωχό σε υδατάνθρακες, καθώς και ένα αμιγές στέλεχος με καρπό μικρό και πλούσιο σε υδατάνθρακες.
- A.** Να διασταυρώσετε τα παραπάνω στελέχη και να βρείτε τους γονοτύπους και φαινοτύπους των απογόνων της F1 και F2 γενιάς.
- B.** Να αιτιολογήσετε τη φαινοτυπική αναλογία των ατόμων της F2 γενιάς.
3. Το D είναι επικρατές αυτοσωμικό και ελέγχει τον σχηματισμό κοχλία στο αυτί (όργανο απαραίτητο για τη λειτουργία της ακοής). Το γονίδιο E είναι επικρατές αυτοσωμικό, ανεξάρτητο του D, και ελέγχει τον σχηματισμό ακουστικού νεύρου. Αν ένα άτομο είναι ομόζυγο υπολειπόμενο για ένα από τα δύο ζεύγη γονιδίων, είναι κουφό. Δύο κουφοί γονείς επισκέφτηκαν γενετιστή, ο οποίος τους διαβεβαίωσε ότι αποκλείεται να αποκτήσουν κουφό παιδί.
- A.** Ποιοι είναι οι γονότυποι των γονέων;
- B.** Αν ένα αγόρι τους παντρευτεί με γυναίκα που έχει ίδιο γονότυπο με αυτό, τι ποσοστό των απογόνων τους θα έχει φυσιολογική ακοή;
4. Το επικρατές γονίδιο L ελέγχει το κοντό τρίχωμα στα ινδικά χοιρίδια και το αλληλόμορφό του l το μακρύ τρίχωμα. Δύο ατελώς επικρατή αλληλόμορφα γονίδια σε διαφορετική γονιδιακή θέση καθορίζουν το χρώμα του τριχώματος έτσι ώστε: $C_K C_K$ = κίτρινο, $C_K C_A$ = κρεμ, $C_A C_A$ = άσπρο. Από τη διασταύρωση διυβριδίων κοντότριχων με κρεμ χρώμα γουρουνιών ($l l C_K C_A$), ποια θα είναι η φαινοτυπική αναλογία που αναμένουμε στους απογόνους τους;
5. Στα βοοειδή, τα φυσιολογικά πόδια ελέγχονται από τον γονότυπο DD, τα κοντά πόδια από τον γονότυπο Dd ενώ ο γονότυπος dd είναι θνησιγόνος και δίνει μοσχάρια παραμορφωμένα που χαρακτηρίζονται ως «Μπουλντόγκ». Η παρουσία κεράτων στα βοοειδή ελέγχεται από το υπολειπόμενο γονίδιο p ενώ η απουσία από το αλληλόμορφό του επικρατές P. Αν διασταυρώσουμε ετερόζυγο ταύρο (DdPp) με αγελάδα του ίδιου γονοτύπου, ποιες φαινοτυπικές αναλογίες θα αναμένουμε στους ώριμους απογόνους τους;

6. Ο Γιάννης έχει ομάδα αίματος AB και ρέζους θετικό και η μητέρα του έχει ομάδα αίματος A και ρέζους αρνητικό. Η γυναίκα του Αλεξία έχει ομάδα αίματος A και ρέζους θετικό, η δε μητέρα της είχε ομάδα αίματος O και ρέζους αρνητικό. Ποια η πιθανότητα από τον γάμο του Γιάννη και της Αλεξίας να γεννηθεί παιδί με A ομάδα αίματος και ρέζους αρνητικό; Δίνεται ότι το γονίδιο που ελέγχει το ρέζους αρνητικό είναι αυτοσωμικό υπολειπόμενο.
7. Ο Δημήτρης (φυσιολογικός), του οποίου ο πατέρας έπασχε από κυστική ίνωση και η Ελένη, που είναι φυσιολογική αλλά της οποίας ο πατέρας έπασχε από αιμορροφιλία και η μητέρα από κυστική ίνωση, αποκτούν έναν απόγονο. Ποια είναι η πιθανότητα ο απόγονος αυτός να είναι αγόρι που πάσχει και από τις δύο ασθένειες;

8. Από τη διασταύρωση φυτών μοσχομπίζελου προέκυψαν οι απόγονοι:

- 62 φυτά ψηλά με κίτρινο χρώμα καρπού
- 60 φυτά ψηλά με πράσινο χρώμα καρπού
- 63 φυτά κοντά με κίτρινο χρώμα καρπού
- 61 φυτά κοντά με πράσινο χρώμα καρπού

Να βρείτε τους γονότυπους και φαινότυπους των ατόμων που διασταυρώθηκαν και να κάνετε διασταυρώσεις που μπορούν να δώσουν τους παραπάνω φαινότυπους.

9. Στις καλοκαιρινές κολοκυθιές ένα υπολειπόμενο γονίδιο w ελέγχει το κίτρινο χρώμα καρπού, ενώ το επικρατές αλληλόμορφο W το λευκό χρώμα. Σε ένα άλλο ζεύγος χρωμοσωμάτων του φυτού υπάρχει η γενετική θέση που καθορίζει το δισκοειδές ή σφαιρικό σχήμα καρπού. Από τη διασταύρωση δύο φυτών προέκυψαν στη θυγατρική γενιά τα εξής:

- 45 φυτά με λευκό και δισκοειδή καρπό.
- 44 φυτά με κίτρινο και δισκοειδή καρπό.
- 14 φυτά με λευκό και σφαιρικό καρπό.
- 16 φυτά με κίτρινο και σφαιρικό καρπό.

Να βρείτε τους φαινότυπους και τους γονότυπους των ατόμων της πατρικής γενιάς και να επιτελέσετε τη διασταύρωση.

10. Στα κουνέλια το τραχύ τρίχωμα επικρατεί του λείου και το μαύρο του λευκού. Από διασταύρωση δύο κουνελιών πήραμε:

Θηλυκά άτομα

- 14 με τραχύ τρίχωμα και μαύρο χρώμα
- 13 με τραχύ τρίχωμα και λευκό χρώμα
- 4 με λείο τρίχωμα και μαύρο χρώμα

- 4 με λείο τρίχωμα και λευκό χρώμα

Αρσενικά άτομα

- 16 με τραχύ τρίχωμα και μαύρο χρώμα
- 12 με τραχύ τρίχωμα και λευκό χρώμα
- 6 με λείο τρίχωμα και μαύρο χρώμα
- 5 με λείο τρίχωμα και λευκό χρώμα

Να εξηγήσετε τα αποτελέσματα.

- 11.** Ένα θηλυκό άτομο *Drosophila* με μεγάλα φτερά και καστανό σώμα διασταυρώθηκε με αρσενικό που είχε κοντά φτερά και κίτρινο σώμα. Οι απόγονοι της F1 γενιάς διασταυρώθηκαν μεταξύ τους και στην F2 καταμετρήθηκαν οι ακόλουθοι φαινότυποι:

- 60 αρσενικά με μεγάλα φτερά και καστανό σώμα
- 122 θηλυκά με μεγάλα φτερά και καστανό σώμα
- 62 αρσενικά με μεγάλα φτερά και κίτρινο σώμα
- 19 αρσενικά με κοντά φτερά και καστανό σώμα
- 41 θηλυκά με κοντά φτερά και καστανό σώμα
- 20 αρσενικά με κοντά φτερά και κίτρινο σώμα

Να εξηγηθεί το αποτέλεσμα και να γίνουν όλες οι διασταυρώσεις.

- 12.** Σε ένα είδος εντόμου το χρώμα των ματιών μπορεί να είναι είτε κόκκινο είτε άσπρο, ενώ το μέγεθος των φτερών είτε φυσιολογικό είτε ατροφικό. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά οφείλονται σε γονίδια που εδράζονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα. Στο έντομο αυτό το φύλο καθορίζεται όπως και στον άνθρωπο. Τα γονίδια για το κόκκινο χρώμα ματιών και το φυσιολογικό μέγεθος φτερών είναι επικρατή και το γονίδιο του μεγέθους των φτερών είναι αυτοσωμικό. Από τη διασταύρωση δύο εντόμων προέκυψαν 800 απόγονοι με τις παρακάτω αναλογίες:

- | | | |
|-------|----------|--|
| • 150 | θηλυκά | με φυσιολογικά φτερά και κόκκινα μάτια |
| • 150 | αρσενικά | με φυσιολογικά φτερά και κόκκινα μάτια |
| • 150 | θηλυκά | με φυσιολογικά φτερά και άσπρα μάτια |
| • 150 | αρσενικά | με φυσιολογικά φτερά και άσπρα μάτια |
| • 50 | θηλυκά | με ατροφικά φτερά και κόκκινα μάτια |
| • 50 | αρσενικά | με ατροφικά φτερά και κόκκινα μάτια |
| • 50 | θηλυκά | με ατροφικά φτερά και άσπρα μάτια |
| • 50 | αρσενικά | με ατροφικά φτερά και άσπρα μάτια |

A. Να γράψετε τους γονοτύπους των γονέων όσον αφορά το μέγεθος των φτερών. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

B. Με βάση τις αναλογίες των απογόνων της συγκεκριμένης διασταύρωσης να διερευνήσετε τους πιθανούς τρόπους κληρονομής του χαρακτήρα για το χρώμα των ματιών και να γράψετε τους πιθανούς γονοτύπους των γονέων. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Γ. Μερικές φορές οι φαινοτυπικές αναλογίες των απογόνων δεν είναι αυτές που αναμένονται από τους νόμους του Mendel. Να αναφέρετε ονομαστικά πέντε τέτοιες περιπτώσεις.

- 14.** Σε ένα είδος εντόμου μελετώνται οι χαρακτήρες χρώμα σώματος, μέγεθος φτερών και σχήμα σώματος που ελέγχονται από αυτοσωμικά γονίδια. Ένα άτομο του είδους (έστω E1) διαθέτει τα επικρατή γνωρίσματα που είναι καφέ χρώμα σώματος, μεγάλα φτερά, λείο σώμα.

Το έντομο E1 διασταυρώνεται με έντομο E2 που χαρακτηρίζεται από κίτρινο και ρυτιδωμένο σώμα.

Από τη διασταύρωση αυτή (Διασταύρωση Α) προέκυψαν 54 έντομα με καφέ και λείο σώμα, 48 έντομα με καφέ και ρυτιδωμένο, 51 με κίτρινο και λείο σώμα και 50 με κίτρινο και ρυτιδωμένο.

Από τη διασταύρωση του ατόμου E1 με έντομο E3 που έχει μικρά φτερά και ρυτιδωμένο σώμα (Διασταύρωση Β) προέκυψαν 73 έντομα με μεγάλα φτερά και λείο σώμα και 68 έντομα με μικρά φτερά και ρυτιδωμένο σώμα.

Ισχύει ο 2^{ος} νόμος του Μέντελ για τις δύο διασταυρώσεις; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας, δίνοντας τις δύο διασταυρώσεις.