

- 2.28. 4 normali: 4 senza pelo
- 2.29. $\frac{9}{15}$ verde scuro. $CGCG$; $\frac{6}{15}$ verde chiaro $C^G C^Y$
- 2.30. (a) $\frac{1}{2}$, (b) $\frac{2}{3}$
- 2.31. $\frac{1}{2}$ affetti da anomalia di Pelger: $\frac{1}{2}$ normali
- 2.32. Tipo Alessandria (centro del fiore bianco) = AA, Aa^n, Aa ; tipo normale (centro del fiore giallo) = aa ; tipo Primula Regina (centro del fiore grande e giallo) = aa
- 2.33. (a) $\frac{1}{2} M^R M^R$; $\frac{1}{2} M^R m$; tutti tipo germano reale, ma in forma ridotta
 (b) $\frac{1}{2} M^R M^R$; $\frac{1}{2} M^R m$; tutti tipo germano reale, ma in forma ridotta
 (c) $\frac{1}{4} M^R M^R$; $\frac{1}{4} M^R m$; $\frac{1}{4} M^R m$; $\frac{1}{4} M m$; $\frac{3}{4}$ tipo germano reale, ma in forma ridotta: $\frac{1}{4}$ tipo germano reale vero e proprio
 (d) $\frac{1}{4} M^R M^R$; $\frac{1}{4} M^R m$; $\frac{1}{4} M m$; $\frac{1}{4} m m$; $\frac{1}{2}$ tipo germano reale, ma in forma ridotta: $\frac{1}{4}$ tipo germano reale vero e proprio: $\frac{1}{4}$ tipo germano reale bruno
 (e) $\frac{1}{2} M m$ = tipo germano reale vero e proprio: $\frac{1}{2} m m$ = tipo germano reale bruno
- 2.34. (a) embrione $\frac{1}{2} S^1 S^3$; $\frac{1}{2} S^3 S^4$
 endosperma $\frac{1}{2} S^1 S^1 S^3$; $\frac{1}{2} S^4 S^4 S^3$
 (b) nessuno
 (c) embrione = $\frac{1}{4} S^1 S^2$; $\frac{1}{4} S^1 S^4$; $\frac{1}{4} S^3 S^2$; $\frac{1}{4} S^3 S^4$
 endosperma = $\frac{1}{4} S^1 S^1 S^2$; $\frac{1}{4} S^1 S^1 S^4$; $\frac{1}{4} S^3 S^3 S^2$; $\frac{1}{4} S^3 S^3 S^4$
 (d) embrione = $\frac{1}{2} S^2 S^4$; $\frac{1}{2} S^3 S^4$, endosperma = $\frac{1}{2} S^2 S^2 S^4$; $\frac{1}{2} S^3 S^3 S^4$
- 2.35. (a) $F_1 = \frac{1}{2} E^D E$ (nero con tracce di aguti); $\frac{1}{2} E^D e$ (nero non aguti)
 $F_2 = \frac{1}{4} E^D E^D$; $\frac{1}{4} E^D e$; $\frac{1}{4} E^D E$; $\frac{1}{6} E E$; $\frac{1}{6} E e$; $\frac{1}{6} e e$
 $\frac{1}{2}$ nero non aguti; $\frac{1}{4}$ nero con tracce di aguti; $\frac{1}{6}$ nero; $\frac{1}{6}$ giallo rossastro
 (b) $F_1 = \frac{1}{2} E^D e$ (nero non aguti); $\frac{1}{2} e e$ (giallo rossastro)
 $F_2 = \frac{1}{16} E^D E^D$; $\frac{3}{8} E^D e$; $\frac{9}{16} e e$; $\frac{7}{16}$ nero non aguti; $\frac{9}{16}$ giallo rossastro
- 2.36. $\frac{1}{4} S^h s^h$; $\frac{1}{4} S^s s^s$; $\frac{1}{4} s^h s^s$; $\frac{1}{4} s^s s^s$; $\frac{1}{2}$ con cintura olandese: $\frac{1}{4}$ pezzati tipo Hereford; $\frac{1}{4}$ colore intenso su tutto il corpo.
- 2.37. (a) L'uomo potrebbe essere il padre, ma la paternità non può essere provata dal gruppo sanguigno. In alcuni casi si può escludere che un uomo sia il padre di un bambino (vedi parte (d)); (b) $I^B i$ uomo $\times I^A i$ donna; (c) $I^B I^B$, (d) No
- 2.38. (a) $\frac{7}{16}$ di colore intenso; $\frac{1}{16}$ di colore chiaro, (b) 50%, (c) $\frac{5}{12}$
- 2.39. (a) 0, (b) $\frac{1}{2}$, (c) 0, (d) $\frac{1}{2}$, (e) $\frac{3}{4}$
- 2.40. (a) $\frac{1}{8}$, (b) 0, (c) $\frac{35}{576}$, (d) $\frac{7}{192}$
- 2.41. (a) $\frac{1}{16}$, (b) $\frac{1}{4}$, (c) $\frac{1}{2}$, (d) $\frac{1}{6}$, (e) $\frac{1}{12}$, (f) $\frac{119}{1728}$, (g) $\frac{17}{288}$, (h) $\frac{17}{72}$, (i) $\frac{7}{72}$
- 2.42. (a) $I1 = A^s a^s$, $I2 = a^t a^t$, $I3 = a^s a^t$, $I4 = a^s a^t$, $I5 = a^s a^t$, $I6 = a^s a^t$, $I7 = a^s a^t$, $I8 = a^s a^t$, $I9 = a^s a^t$, $I10 = a^s a^t$, $I11 = a^s a^t$, $I12 = a^s a^t$, $I13 = a^s a^t$, $I14 = a^t a^t$, (b) $\frac{1}{4}$, (c) $\frac{2}{3}$

Due o più geni

L'ASSORTIMENTO INDIPENDENTE

In questo capitolo verranno considerati simultaneamente due o più caratteri, ciascuno determinato da un paio diverso di geni autosomici ad assortimento indipendente, vale a dire geni su cromosomi diversi che non siano quelli sessuali.

Esempio 3.1. Oltre al locus per il colore del pelo nella cavia di cui si è parlato nel cap. 2 (B = nero, bb = bianco), si sa che un altro locus su un cromosoma diverso (ad assortimento indipendente) controlla la lunghezza del pelo, cosicché L = pelo corto e ll = pelo lungo. Per il fenotipo pelo nero e corto esistono 4 diversi genotipi: $BBLL$, $BBLl$, $BbLL$, $BbLl$. Due genotipi diversi producono una cavia a pelo nero e lungo: $BBll$ e $Bbll$; allo stesso modo vi sono 2 genotipi per una cavia a pelo bianco e corto: $bbLL$ o $bbLl$ mentre solo un genotipo determina una cavia a pelo bianco e lungo: $bbll$.

Un genotipo diibrido è eterozigote in due loci. I diibridi formano quattro gameti geneticamente diversi con frequenze approssimativamente uguali a causa dell'orientazione casuale che le coppie di cromosomi non omologhi assumono sulla piastra metafasica della prima divisione meiotica (cap. 1).

Esempio 3.2. Una cavia a pelo nero e corto ($BbLl$) diibrida produce 4 tipi di gameti con frequenze uguali

		Gameti	Frequenza
B	L	= BL	$\frac{1}{4}$
	l	= Bl	$\frac{1}{4}$
b	L	= bL	$\frac{1}{4}$
	l	= bl	$\frac{1}{4}$

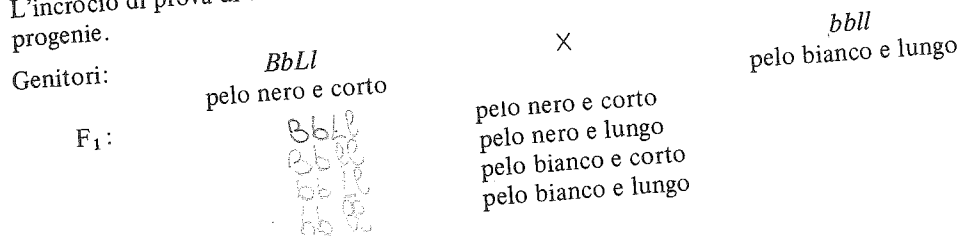
La produzione gametica per tutti i 9 genotipi che comprendono due paia di fattori ad assortimento indipendente viene riassunta qui sotto.

Genotipi	Gameti nelle relative frequenze
$BBLL$	tutti BL
$BBLl$	$\frac{1}{2} BL$; $\frac{1}{2} Bl$
$BBll$	tutti Bl
$BbLL$	$\frac{1}{2} BL$; $\frac{1}{2} bL$
$BbLl$	$\frac{1}{4} BL$; $\frac{1}{4} Bl$; $\frac{1}{4} bL$; $\frac{1}{4} bl$
$Bbll$	$\frac{1}{2} Bl$; $\frac{1}{2} bl$
$bbLL$	tutti bL
$bbLl$	$\frac{1}{2} bL$; $\frac{1}{2} bl$
$bbll$	tutti bl

Un incrocio di prova (testcross) è l'accoppiamento di un genotipo conosciuto in modo incompleto con un genotipo che è omozigote recessivo in tutti i loci presi in considerazione. I fenotipi della prole prodotta da un incrocio di prova rivelano il numero dei diversi gameti formati dal genotipo parentale in esame. Quando si conoscono tutti i gameti di un individuo, si conosce anche il genotipo di quell'individuo. Un test di incrocio monoibrido dà un rapporto fenotipico 1:1, ad indicare che due paia di fattori segregano e si assortiscono in maniera indipendente.

Esempio 3.3.

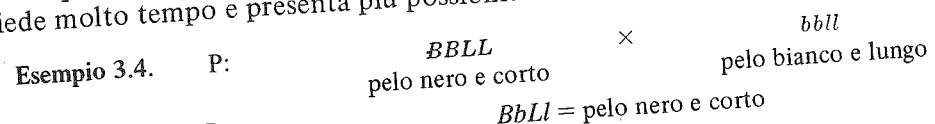
L'incrocio di prova di un diibrido dà il rapporto genotipico e fenotipico 1:1:1:1 nella progenie.



SISTEMI PER RISOLVERE GLI INCROCI DIIBRIDI

1. Metodo della scacchiera gametica.

Quando due diibridi si incrociano, vengono prodotti quattro tipi di gameti con frequenze uguali tanto nel maschio quanto nella femmina. Una scacchiera gametica di 4 caselle × 4 può venir usata per illustrare tutte le 16 possibili combinazioni tra questi gameti. Il metodo è laborioso, richiede molto tempo e presenta più possibilità di errore che non gli altri metodi che seguono.



		Gameti maschili			
		(BL)	(Bl)	(bL)	(bl)
Gameti femminili	(BL)	$BbLl$ pelo nero e corto	$BbLl$ pelo nero e corto	$BbLl$ pelo nero e corto	$BbLl$ pelo nero e corto
	(Bl)	$BbLl$ pelo nero e corto	$Bbll$ pelo nero e lungo	$BbLl$ pelo nero e corto	$Bbll$ pelo nero e lungo
	(bL)	$BbLl$ pelo nero e corto	$BbLl$ pelo nero e corto	$bbLl$ pelo bianco e corto	$bbLl$ pelo bianco e corto
	(bl)	$BbLl$ pelo nero e corto	$Bbll$ pelo nero e lungo	$bbLl$ pelo bianco e corto	$bbll$ pelo bianco e lungo

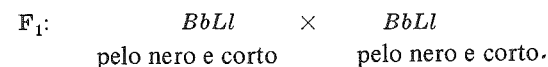
Riassunto della F₂:

Rapporti	Genotipi	Rapporti	Fenotipi
$\frac{1}{16}$	$BB LL$	$\frac{9}{16}$	pelo nero e corto
$\frac{1}{8}$	$BB Ll$	$\frac{3}{16}$	pelo nero e lungo
$\frac{1}{16}$	$BB ll$	$\frac{3}{16}$	pelo bianco e corto
$\frac{1}{8}$	$Bb LL$	$\frac{1}{16}$	pelo bianco e lungo
$\frac{1}{4}$	$Bb Ll$		
$\frac{1}{8}$	$Bb ll$		
$\frac{1}{16}$	$bb LL$		
$\frac{1}{8}$	$bb Ll$		
$\frac{1}{16}$	$bb ll$		

2. Metodi della scacchiera genotipica e fenotipica.

La conoscenza delle probabilità monoibride presentate nel cap. 2 si può applicare a una scacchiera genotipica e fenotipica semplificata.

Esempio 3.5. Scacchiera genotipica



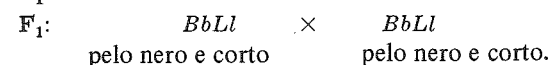
Considerando solo il locus B, l'incrocio $Bb \times Bb$ produce $\frac{1}{4}BB$, $\frac{1}{2}Bb$ e $\frac{1}{4}bb$. Alla stessa stregua considerando solo il locus L, l'incrocio $Ll \times Ll$ produce $\frac{1}{4}LL$, $\frac{1}{2}Ll$ e $\frac{1}{4}ll$. Si sistemino ora queste probabilità genotipiche in una scacchiera e si combinino le probabilità indipendenti per moltiplicazione.

*anotazioni
non, fessent e
del
e bevi*

F₂:

	$\frac{1}{4}LL$	$\frac{1}{2}Ll$	$\frac{1}{4}ll$
$\frac{1}{4}BB$	$\frac{1}{16}BBLL$	$\frac{1}{8}BBLl$	$\frac{1}{16}BBll$
$\frac{1}{2}Bb$	$\frac{1}{8}BbLL$	$\frac{1}{4}BbLl$	$\frac{1}{8}Bbll$
$\frac{1}{4}bb$	$\frac{1}{16}bbLL$	$\frac{1}{8}bbLl$	$\frac{1}{16}bbll$

Esempio 3.6. Scacchiera fenotipica



Considerando il locus B, l'incrocio $Bb \times Bb$ produce $\frac{3}{4}$ con pelo nero e $\frac{1}{4}$ con pelo bianco. Allo stesso modo, considerando il locus L, l'incrocio $Ll \times Ll$ produce $\frac{3}{4}$ con pelo corto e $\frac{1}{4}$ con pelo lungo. Si sistemino queste probabilità fenotipiche indipendenti in una scacchiera e le si combini per moltiplicazione.

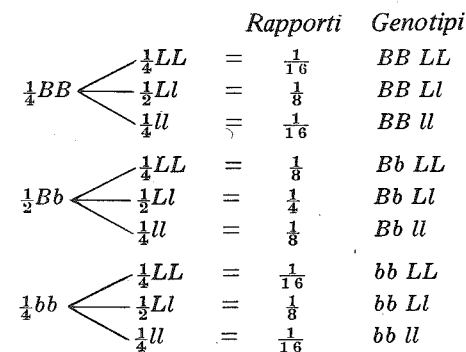
F₂:

	$\frac{3}{4}$ pelo nero	$\frac{1}{4}$ bianco
$\frac{3}{4}$ pelo corto	$\frac{9}{16}$ pelo nero e corto	$\frac{3}{16}$ pelo bianco e corto
$\frac{1}{4}$ pelo lungo	$\frac{3}{16}$ pelo nero e lungo	$\frac{1}{16}$ pelo bianco e lungo

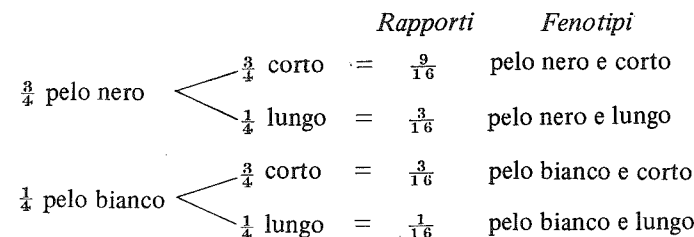
3. Sistemi ramificati.

Questo procedimento è stato presentato nel cap. 1 come un mezzo per determinare tutti i possibili modi nei quali un numero qualsiasi di coppie cromosomiche potrebbe orientarsi sulla piastra metafasica della prima divisione meiotica. Può anche essere usato per trovare tutte le possibili combinazioni genotipiche o fenotipiche. Sarà il metodo scelto per risolvere la maggior parte degli esempi di questo capitolo e dei capitoli successivi.

Esempio 3.7. Tricotomia genotipica



Esempio 3.8. Dicotomia fenotipica



Se viene richiesta solamente una delle frequenze genotipiche o fenotipiche, non c'è bisogno di occuparsi di alcun altro genotipo o fenotipo. Si può facilmente ricavare una soluzione matematica combinando probabilità indipendenti.

Esempio 3.9. Per trovare la frequenza del genotipo $BbLl$ nella progenie di genitori diibridi, prima di tutto si consideri separatamente ogni locus: $Bb \times Bb = \frac{1}{2}BB$; $Ll \times Ll = \frac{1}{2}Ll$. Combinando queste probabilità indipendenti $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$ si ottiene $\frac{1}{8} BbLl$.

Esempio 3.10. Per trovare la frequenza delle cavie con pelo bianco e corto nella progenie di genitori diibridi, prima di tutto si consideri ciascun carattere separatamente $Bb \times Bb = \frac{1}{4}$ pelo bianco (bb); $Ll \times Ll = \frac{3}{4}$ pelo corto ($L-$). Combinando queste probabilità indipendenti $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$ si ottiene $\frac{3}{16}$ con pelo bianco e corto.

RAPPORTI DIIBRIDI MODIFICATI

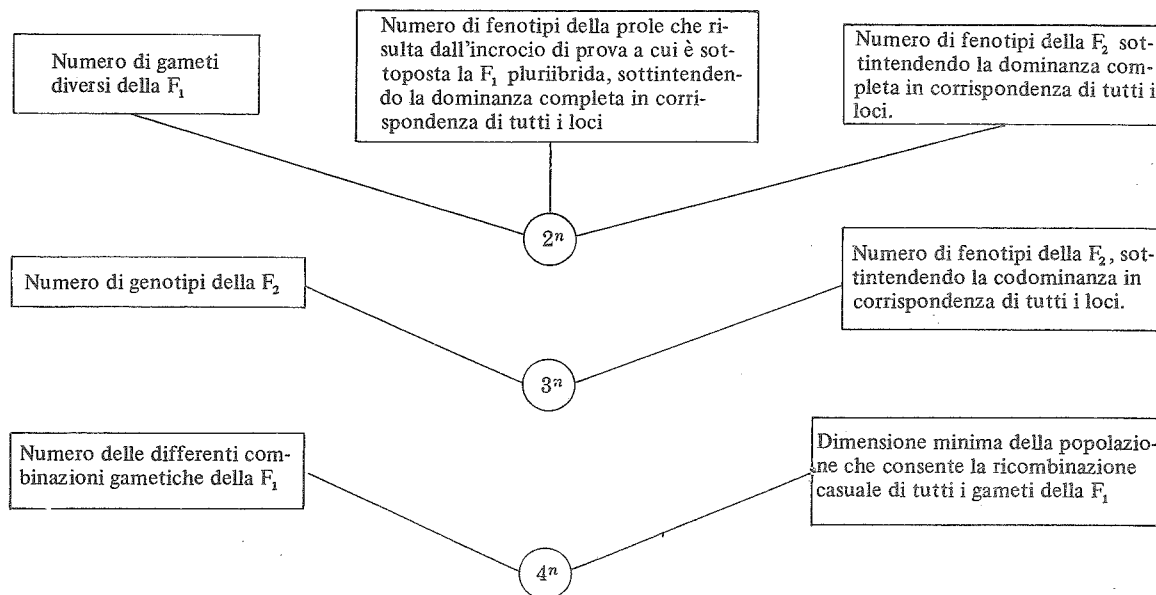
Il classico rapporto fenotipico, che risulta dall'incrocio di genotipi diibridi, è 9:3:3:1. Esso appare ogni volta che gli alleli, in corrispondenza di entrambi i loci, rivelino relazioni di dominanza e di recessività. Il rapporto diibrido classico può essere modificato se uno o entrambi i loci hanno alleli codominanti o letali. Questi rapporti fenotipici modificati nella progenie adulta vengono sintetizzati qui sotto.

Relazioni alleliche in genitori diibridi		Rapporto fenotipico atteso negli adulti
Primo locus A	B Secondo locus	
dominante-recessivo	codominanti	3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1
codominanti	codominanti	1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1
dominante-recessivo	letale*	3 : 1 : 6 : 2
codominanti	letale*	1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2
letale*	letale*	4 : 2 : 2 : 1

* Il gene letale è recessivo in maniera incompleta (v. esempio 2.11).

COMBINAZIONI DI ORDINE SUPERIORE

I metodi per risolvere incroci in cui siano implicati due fattori possono facilmente essere estesi alla risoluzione di problemi che comportano tre o più paia di fattori autosomici ad assortimento indipendente. Dato un numero qualsiasi di coppie eterozigoti di fattori (n) nella F_1 , si applicano le seguenti formule generali.

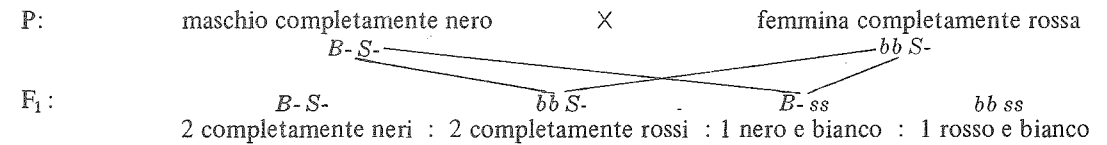


PROBLEMI CON LA SOLUZIONE

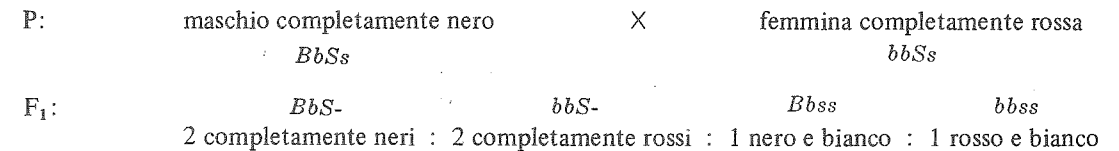
3.1. Il colore nero del pelo dei cani Cocker Spaniel è determinato da un allele dominante B e il colore rosso dall'allele recessivo b ; il colore uniforme è determinato dall'allele dominante di un locus S ad assortimento indipendente mentre il pelo chiazato è determinato dall'allele recessivo s . Un maschio nero a colorazione uniforme viene incrociato con una femmina rossa pure a colorazione uniforme; dall'incrocio nascono sei cagnolini: due neri uniformi, due rossi uniformi, uno bianco e nero e uno rosso e bianco. Si determinino i genotipi dei genitori.

Soluzione:

Una porzione non definita di un genotipo verrà indicata da una lineetta (-).



Ogni volta che compare un figlio omozigote doppio recessivo (rosso e bianco in questo caso), ciascuno dei genitori deve aver posseduto almeno un allele recessivo in ogni locus. Un cagnolino nero e bianco indica anche che entrambi i genitori erano eterozigoti in corrispondenza del locus S . Allo stesso modo i cagnolini completamente rossi indicano che il genitore di sesso maschile deve essere stato eterozigote in corrispondenza del locus B . I cagnolini completamente neri non sono di alcun aiuto nel determinare i genotipi di questi genitori. I genotipi completi possono ora essere messi per iscritto per entrambi i genitori e per due dei cagnolini figli.



3.2. Quanti incroci diversi si possono ottenere (a) da un solo paio di fattori, (b) da due paia di fattori e (c) da un numero qualsiasi n di paia di fattori?

Soluzione:

(a) Tutti i possibili incroci fra i tre genotipi prodotti da un unico paio di fattori possono venire rappresentati in una scacchiera genotipica. *con 1 paio di fattori → 3 genotipi*

	AA	Aa	aa
AA	AA × AA (1)	AA × Aa (2)	AA × aa (3)
Aa	Aa × AA (2)	Aa × Aa (4)	Aa × aa (5)
aa	aa × AA (3)	aa × Aa (5)	aa × aa (6)

La simmetria degli incroci sopra e sotto le caselle che si trovano sulla diagonale diventa evidente. Il numero di incroci diversi può essere contato come segue: 3 nella prima colonna, 2 nella seconda e 1 nella terza: $3 + 2 + 1 = 6$ tipi diversi di incroci.

(b) Vi sono $3^2 = 9$ diversi genotipi possibili con due paia di fattori. Se si costruisce una scacchiera di nove caselle per nove, esisterebbe la stessa simmetria sopra e sotto le caselle che si trovano sulla diagonale, come è stato mostrato nella parte (a). Anche in questo caso, si possono contare i diversi tipi di accoppiamenti come se si trattasse di una progressione aritmetica da 9 a 1: $9 + 8 + 7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 45$.

(c) Si può fare la somma di qualunque progressione aritmetica di questo particolare tipo utilizzando la formula $M = \frac{1}{2}(g^2 + g)$ in cui M è il numero di tipi diversi di incroci e g il numero di possibili genotipi con n paia di fattori. $3^2 - 8$

3.3. Nel pisello, Mendel scoprì che il colore giallo dei semi era dominante sul verde ($Y > y$) e la forma liscia dei semi era dominante su quella grinzosa ($S > s$). (a) Quale rapporto fenotipico si aspetterebbe nella F_2 da un incrocio tra una pianta pura con semi lisci e gialli e una pianta con semi grinzosi e verdi? (b) Qual è il rapporto nella F_2 tra semi gialli e semi verdi e tra semi lisci e semi grinzosi?

Soluzione:

(a) P: YY SS × yy ss
 seme giallo e liscio × seme verde e grinzoso
 F₁: Yy Ss
 seme giallo e liscio
 F₂: $\frac{9}{16}$ Y-S- seme giallo e liscio
 $\frac{3}{16}$ Y-ss seme giallo e grinzoso
 $\frac{3}{16}$ yyS- seme verde e liscio
 $\frac{1}{16}$ yy ss seme verde e grinzoso

(b) Il rapporto tra seme giallo e seme verde è: ($\frac{9}{16}$ seme giallo e liscio + $\frac{3}{16}$ seme giallo e grinzoso) : ($\frac{3}{16}$ seme verde e liscio + $\frac{1}{16}$ seme verde e grinzoso) = 12 : 4 = 3 : 1. Il rapporto tra seme liscio e seme grinzoso è: ($\frac{9}{16}$ seme giallo e liscio + $\frac{3}{16}$ seme verde e liscio) : ($\frac{3}{16}$ seme giallo e grinzoso + $\frac{1}{16}$ seme verde e grinzoso) = 12 : 4 = 3 : 1. Così nella F_2 , in ognuno dei singoli loci, si osserva un rapporto fenotipico di 3 : 1, esattamente come ci si aspetta per un incrocio monoibrido.

3.4. Le piante di pomodoro alte sono prodotte dall'azione di un allele dominante D , e quelle nane dall'allele recessivo d . I fusti pelosi sono prodotti da un gene dominante H e quelli non pelosi dall'allele recessivo h . Una pianta diibrida alta con fusto peloso viene sottoposta a un incrocio di prova e si osserva che la sua F_1 è costituita da: 118 piante alte e non pelose, 121 piante nane con fusto non peloso, 112 piante alte con fusto non peloso e 109 piante nane con fusto peloso. (a) Si tracci lo schema di questo incrocio. Qual è il rapporto tra piante alte e nane; tra piante con fusto peloso e non peloso? Questi due loci sono soggetti ad un assortimento indipendente l'uno dall'altro?

Soluzione:

(a) Genitori:

$Dd Hh$ × $dd hh$
 pianta alta con fusto peloso × pianta nana con fusto non peloso
 Gameti: (DH) (Dh) (dH) (dh) (dh)

F₁:

Genotipi	Numero	Fenotipi
$Dd Hh$	118	pianta alta con fusto peloso
$Dd hh$	112	pianta alta con fusto non peloso
$dd Hh$	109	pianta nana con fusto peloso
$dd hh$	121	pianta nana con fusto non peloso

Si noti come i numeri osservati si avvicinano a un rapporto fenotipico di 1 : 1 : 1 : 1.

(b) Il rapporto tra piante alte e piante nane è: $(118 + 112) : (109 + 121) = 230 : 230$ ovvero un rapporto di 1 : 1. Il rapporto tra piante con fusto peloso e piante con fusto non peloso è: $(118 + 109) : (112 + 121) = 227 : 233$ ovvero all'incirca un rapporto di 1 : 1. Così i risultati dell'incrocio di prova per ciascun locus si approssimano al rapporto fenotipico di 1 : 1.

(c) Ogni volta che i risultati di un incrocio di prova si approssimano a un rapporto di 1 : 1 : 1 : 1, ciò indica che i due loci genici hanno un assortimento indipendente l'uno dall'altro nella formazione dei gameti. Vale a dire che tutti e quattro i tipi di gameti hanno un'uguale probabilità di essere prodotti attraverso l'orientazione casuale che i cromosomi non omologhi assumono nella piastra metafase della prima divisione meiotica.

3.5.

Un allele dominante L determina il pelo corto nella cavia e l'allele recessivo l il pelo lungo. Alleli codominanti in corrispondenza di un locus ad assortimento indipendente determinano, invece, il colore del pelo, in modo tale che $C^Y C^Y$ = giallo, $C^Y C^W$ = crema e $C^W C^W$ = bianco. Si preveda il rapporto fenotipico atteso nella progenie che risulta dall'incrocio tra cavie diibride con pelo corto, color crema ($Ll C^Y C^W$)

Soluzione:

$\frac{3}{4}L$ $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{4}C^Y C^Y = \frac{3}{16}L-C^Y C^Y \text{ pelo corto e giallo} \\ \frac{1}{2}C^Y C^W = \frac{6}{16}L-C^Y C^W \text{ pelo corto e color crema} \\ \frac{1}{4}C^W C^W = \frac{3}{16}L-C^W C^W \text{ pelo corto e bianco} \end{array} \right.$
 $\frac{1}{4}l$ $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{4}C^Y C^Y = \frac{1}{16}lC^Y C^Y \text{ pelo lungo e giallo} \\ \frac{1}{2}C^Y C^W = \frac{2}{16}lC^Y C^W \text{ pelo lungo e color crema} \\ \frac{1}{4}C^W C^W = \frac{1}{16}lC^W C^W \text{ pelo lungo e bianco} \end{array} \right.$

Sei fenotipi appaiono così nella progenie, con il rapporto 3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1. La lineetta (-) nei genotipi L indica che tanto l'allele L quanto l'allele l possono essere presenti, ed entrambe le combinazioni risultano in un fenotipo con il pelo corto.

3.6.

La lunghezza normale delle zampe, caratteristica dei bovini di tipo Kerry, è determinata dal genotipo omozigote DD . Il tipo di bovini Dexter con zampe corte possiede il genotipo eterozigote Dd . Il genotipo omozigote dd è letale e produce nati morti fortemente deformi chiamati "vitelli bulldog". La presenza delle corna nei bovini è determinata dall'allele recessivo di un altro locus genico p , la condizione di assenza di corna ($polled$) essendo prodotta dall'allele dominante P . Negli incroci tra i bovini Dexter senza corna con genotipo $DdPp$, quale rapporto fenotipico è atteso nella progenie adulta?

Soluzione:

P: $DdPp$ × $DdPp$
 tipo Dexter senza corna × tipo Dexter senza corna
 F₁: $\frac{1}{4}DD$ $\left\{ \begin{array}{l} \frac{3}{4}P- = \frac{3}{16}DD P- \text{ tipo Kerry senza corna} \\ \frac{1}{4}pp = \frac{1}{16}DD pp \text{ tipo Kerry con corna} \end{array} \right.$
 $\frac{1}{2}Dd$ $\left\{ \begin{array}{l} \frac{3}{4}P- = \frac{6}{16}Dd P- \text{ tipo Dexter senza corna} \\ \frac{1}{4}pp = \frac{2}{16}Dd pp \text{ tipo Dexter con corna} \end{array} \right.$
 $\frac{1}{4}dd$ $\left\{ \begin{array}{l} \frac{3}{4}P- = \frac{3}{16}dd P- \text{ letale} \\ \frac{1}{4}pp = \frac{1}{16}dd pp \text{ letale} \end{array} \right.$

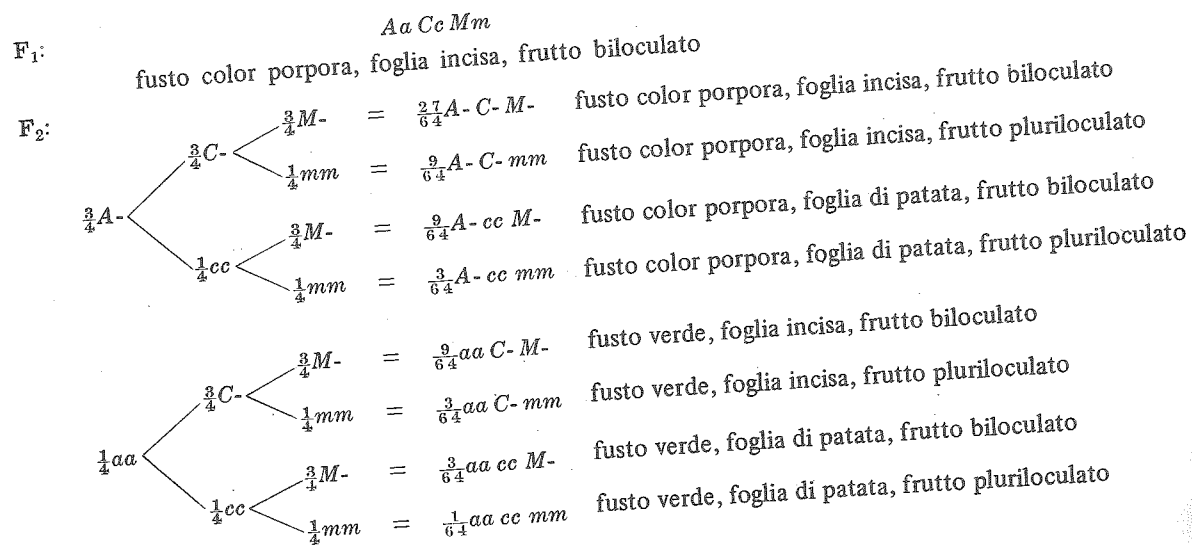
Il rapporto fenotipico della progenie vitale diventa così: $\frac{3}{12}$ senza corna, tipo Kerry; $\frac{1}{12}$ con corna, tipo Kerry; $\frac{6}{12}$ senza corna, tipo Dexter; $\frac{2}{12}$ con corna, tipo Dexter.

3.7.

Si sa che il colore del fusto delle piante di pomodoro è sotto il controllo genetico di almeno un paio di alleli tali per cui $A-$ dà come risultato la produzione di pigmento antocianina (fusto color porpora). Il genotipo recessivo aa non dà questo pigmento per cui il fusto rimane verde. Il bordo della foglia del pomodoro può essere profondamente intagliato sotto l'influenza di un allele dominante C . Il genotipo recessivo cc produce foglie dal bordo liscio chiamate "foglie di patata". La produzione di due loculi nel frutto del pomodoro è una caratteristica dell'allele dominante M ; loculi multipli sono prodotti dal genotipo recessivo mm . Viene realizzato un incrocio tra due linee pure: fusto color porpora, foglia di patata, frutto biloculato × fusto verde, foglia incisa, frutto pluriloculato. Quale rapporto fenotipico si attende nella F_2 ?

Soluzione:

P: $AA cc MM$ × $aa CC mm$
 fusto color porpora, foglia di patata, frutto biloculato × fusto verde, foglia incisa, frutto pluriloculato



PROBLEMI SUPPLEMENTARI

INCROCI DIIBRIDI CON ALLELI DOMINANTI E RECESSIVI

- 3.8. La posizione del fiore sul fusto del pisello è determinata da un paio di alleli. I fiori che crescono alle ascelle (angolo superiore fra il picciolo e il fusto) sono prodotti dall'azione di un allele dominante T , quelli che crescono solo all'apice del fusto dall'allele recessivo t . I fiori colorati sono prodotti da un gene dominante C e i fiori bianchi dall'allele recessivo c . Una pianta diibrida con fiori colorati che crescono alle ascelle delle foglie viene incrociata con una pianta di razza pura, avente lo stesso fenotipo. Quali rapporti genotipici e fenotipici si attendono nella progenie F_1 ?
- 3.9. Nei meloni estivi il colore bianco del frutto è determinato da un allele dominante (W) e il colore giallo dall'allele recessivo (w). Un allele dominante in corrispondenza di un altro locus (S) produce frutti piatti e il suo allele recessivo (s) frutti sferici. Se una varietà omozigote con frutto bianco e piatto, dal genotipo $WWSS$, viene incrociata con una varietà omozigote con frutto giallo sferico, dal genotipo $wwss$, i componenti della F_1 sono tutti diibridi dal genotipo $WwSs$ con frutti bianchi e piatti. Se viene consentito che i componenti della F_1 si incrocino tra loro a caso, quale sarà il rapporto fenotipico atteso nella generazione F_2 ?
- 3.10. Nella *Drosophila* il colore ebano del corpo è determinato da un gene recessivo e mentre il colore di tipo selvatico (grigio) dall'allele dominante e^+ . Le ali vestigiali (rudimentali) sono determinate da un gene recessivo vg , e le ali normali (tipo selvatico) dall'allele dominante vg^+ . Se drosophile diibride di tipo selvatico vengono incrociate e producono 256 figli, quanti di questi figli si attendono per ogni classe fenotipica?
- 3.11. Il pelo corto nei conigli è determinato da un gene dominante (L) e il pelo lungo dall'allele recessivo (l). Il pelo nero risulta dall'azione di un genotipo dominante (B) e quello marrone dal genotipo recessivo (bb). (a) Negli incroci fra conigli diibridi con pelo corto e nero e omozigoti con pelo corto e marrone, quali rapporti genotipici e fenotipici sono da attendere nella progenie? (b) Si determinino i rapporti fenotipici e genotipici nella progenie che risulta dall'incrocio $LIBb \times Libb$.
- 3.12. L'informazione genetica per le seguenti otto parti (a-h) si ritrova nel problema 3.11. (a) Quale rapporto fenotipico è atteso nella progenie che risulta dagli incroci di $LIBb$ con $LIBb$? (b) Quale percentuale di genotipi della F_1 di cui si parla in (a) è pura (vale a dire quale percentuale ha genotipi omozigoti)? (c) Quale percentuale di genotipi della F_1 è eterozigote per un paio di geni soltanto? (d) Quale percentuale di genotipi della F_1 è eterozigote per entrambi i loci? (e) Quale percentuale di genotipi della F_1 potrebbe essere usata in un incrocio di prova (vale a dire è omozigote doppio recessivo)? (f) Quale percentuale della progenie F_1 potrebbe essere usata in un incrocio di prova in cui sia interessato il locus B (cioè è omozigote recessivo bb)? (g) Quale percentuale di individui della F_1 con pelo corto si attende che sia anche marrone? (h) Quale percentuale di individui neri della F_1 è pura sia per il pelo nero sia per quello corto?

- 3.13. Quanti accoppiamenti diversi sono possibili (a) quando tre paia di fattori vengono considerati simultaneamente? (b) quando quattro paia di fattori vengono considerati simultaneamente? *Suggerimento*: si veda il problema 3.2(c).
- 3.14. (a) Quale percentuale di tutti i possibili tipi di accoppiamenti con due paia di fattori sarebbe rappresentata da incroci fra genotipi identici? (b) Quale percentuale di tutti i possibili accoppiamenti con tre paia di fattori sarebbe rappresentata da incroci fra genotipi non identici?
- 3.15. La presenza di piumaggio sulle zampe dei polli è dovuta a un allele dominante (F), mentre l'assenza è dovuta all'allele recessivo (f). La forma a pisello della cresta è prodotta da un altro allele dominante (P) mentre la cresta intera è dovuta all'allele recessivo (p). Negli incroci fra individui puri con zampe piumate e cresta intera e individui puri con cresta a pisello e zampe non piumate si supponga che solamente la progenie F_2 a cresta intera con zampe piumate si salvi e che, ai suoi membri, sia consentito di accoppiarsi a caso. Quali rapporti genotipici e fenotipici si attenderebbero nella generazione F_3 ?
- 3.16. Si faccia un elenco di tutti i diversi gameti prodotti dai seguenti individui: (a) $AA BB Cc$, (b) $aa Bb Cc$, (c) $Aa Bb cc Dd$, (d) $AA Bb Cc dd Ee Ff$.
- 3.17. La normale condizione della zampa fessa dei maiali è prodotta dal genotipo omozigote recessivo mm . La condizione a zampa di mulo è prodotta dal genotipo dominante M . Il colore bianco del pelo è determinato dall'allele dominante di un altro locus B e quello nero dall'allele recessivo b . Una scrofa bianca con zampe tipo mulo viene incrociata con un verro nero con zampe fesse e produce diversi figli. Dei 26 figli prodotti da questo incrocio tutti sono risultati bianchi con zampe tipo mulo. (a) Qual è il probabile genotipo della scrofa? (b) La figliata successiva ha prodotto 8 figli bianchi con zampe tipo mulo e un maiale bianco con zampe fesse. Qual è ora il genotipo più probabile della scrofa?
- 3.18. Un verro bianco con zampe tipo mulo (vedi problema 3.17.) viene incrociato con una scrofa dello stesso fenotipo. Nella progenie F_1 si trovano 6 maiali bianchi con zampe fesse : 7 neri con zampe tipo mulo : 15 bianchi con zampe tipo mulo : 3 neri con zampe fesse. (a) Se tutti i figli F_1 neri con zampe tipo mulo, risultanti da questo tipo di incrocio, venissero sottoposti a un incrocio di prova, quale rapporto fenotipico sarebbe da attendersi nella progenie? (b) Se la scrofa venisse sottoposta a un incrocio di prova, quale rapporto fenotipico sarebbe da attendersi nella progenie?
- 3.19. Nei polli la testa con cresta è prodotta da un gene dominante C e la testa senza cresta dall'allele recessivo c . Il color nero del piumaggio R è dominante sul rosso rr . Un pollo omozigote con piumaggio nero e testa senza cresta viene incrociato con un altro pollo omozigote con piumaggio rosso e cresta. Quali rapporti fenotipici e genotipici si attendono incrociando tra loro solamente i polli neri con cresta della F_2 ? *Suggerimento*: ci si ricordi di tener presenti le frequenze relative dei diversi genotipi in quest'unica classe fenotipica.
- 3.20. I tacchini color bronzo hanno almeno un allele dominante R . I tacchini rossi sono omozigoti per l'allele recessivo rr . Un altro gene dominante H produce piumaggio normale e il genotipo recessivo hh produce penne senza connessioni, una condizione definita "pelosa". Negli incroci fra polli omozigoti color bronzo e pelosi e polli omozigoti color rosso con penne normali, quale frazione della progenie F_2 sarà (a) di genotipo $Rrhh$, (b) di fenotipo color bronzo e pelosa, (c) di genotipo $rrHH$, (d) di fenotipo color rosso con penne normali, (e) di genotipo $RrHh$, (f) di fenotipo color bronzo con penne normali, (g) di genotipo $rrhh$, (h) di fenotipo rosso con penne normali, (i) di genotipo $RRHh$?

RAPPORTI DIIBRIDI MODIFICATI

- 3.21. Nelle piante di pesco, il genotipo omozigote G^oG^o produce formazioni ovali a ghianda alla base delle foglie, il genotipo eterozigote G^oG^a formazioni tonde, e il genotipo omozigote G^aG^a assenza di queste formazioni. In un altro locus, un gene dominante S produce pesche con peluria e l'allele recessivo s pesche con buccia liscia. Una varietà omozigote con formazioni a ghianda ovali e buccia liscia viene incrociata con una varietà omozigote con peluria e senza formazioni a ghianda alla base delle foglie. Quali rapporti genotipici e fenotipici sono attesi nella F_2 ?
- 3.22. Nei bovini Shorthorn (con corna corte), i colori del pelo sono determinati da un paio di alleli codominanti C^R e C^W . Il genotipo omozigote $C^R C^R$ produce il colore rosso, l'altro omozigote produce il colore bianco e l'eterozigote produce il roano (una mescolanza di rosso e di bianco). La presenza di corna è determinata dal genotipo omozigote recessivo pp e la condizione senza corna dall'allele dominante P . Se vacche color roano, eterozigoti per il carattere presenza di corna, vengono accoppiate con un toro roano con corna, quale rapporto fenotipico è atteso nella prole?

- 3.23. Si sa che un locus genico con alleli codominanti determina il colore del piumaggio nei polli cosicché il genotipo $F^B F^B$ dà piumaggio nero, $F^W F^W$ piumaggio bianco macchiettato e $F^B F^W$ piumaggio blu. Un altro locus con alleli codominanti determina la morfologia delle penne cosicché $M^{NM} M^{NM}$ dà la forma normale delle penne, $M^{NM} F$ penne leggermente anomale "moderatamente arricciate" (*mild frizzle*) e $M^{FM} F$ penne fortemente anomale "massimamente arricciate" (*extreme frizzle*). Se polli con piumaggio blu e penne moderatamente arricciate vengono incrociati fra loro, quali rapporti fenotipici sono attesi nella progenie?
- 3.24. Nel problema precedente, se tutti i figli con piumaggio blu e penne normali e tutti i figli con piumaggio bianco macchiettato e massima arricciatura delle penne vengono isolati e viene loro consentito di accoppiarsi a caso, quale rapporto fenotipico si potrebbe attendere nella loro progenie?
- 3.25. La forma dei ravanelli può essere allungata (LL), rotonda ($L'L'$) o ovale (LL'). Il colore può essere rosso (RR), bianco ($R'R'$) o violaceo (RR'). Se una varietà a forma allungata e di colore bianco viene incrociata con una varietà a forma rotonda e di colore rosso, quali rapporti fenotipici sono attesi nella F_1 e nella F_2 ?
- 3.26. Si supponga che due famiglie di ravanelli vengano incrociate (vedi problema precedente) e producano una progenie che consiste di 16 piante con ravanelli lunghi e bianchi, di 31 piante con ravanelli ovali e violacei, di 16 piante con ravanelli ovali e bianchi, di 15 piante con ravanelli lunghi e rossi, di 17 piante con ravanelli ovali e rossi e di 32 piante con ravanelli lunghi e violacei. Quali sarebbero i fenotipi delle famiglie genitrici?
- 3.27. Un gene dominante nel topo, K , produce una coda attorcigliata (*kinked*): i genotipi recessivi per questo locus, kk , hanno code normali. La condizione omozigote di un altro locus, AA , determina un colore grigio chiamato aguti; la condizione eterozigote $A^y A$ determina il color giallo; il genotipo omozigote $A^y A^y$ è letale. (a) Se topi gialli, eterozigoti per la coda attorcigliata, vengono incrociati tra loro, quali rapporti fenotipici sono attesi nella prole? (b) Quale frazione della progenie si attende che sia di genotipo $A^y AKk$? (c) Se tutti i figli gialli potessero incrociarsi a caso, quali sarebbero i rapporti genotipici e fenotipici nella loro progenie adulta?
- 3.28. Un gene N , non completamente dominante, nella razza di pecore Romney Marsh fa diventare "irsuto" il vello degli omozigoti, nel senso che esso contiene delle fibre che mancano nella normale increspatura. La lana normale viene prodotta dal genotipo omozigote $N'N'$. Gli eterozigoti, NN' , possono essere riconosciuti alla nascita dalla presenza di grosse fibre con midollo chiamate "peli con l'alone" e che sono disseminate sul corpo. Un gene noto come "grigio letale" provoca la morte dei feti grigi omozigoti ($G^1 G^1$) prima delle 15 settimane di gestazione. Il genotipo eterozigote $G^1 G$ produce vello grigio, e il genotipo omozigote GG vello nero. Se individui eterozigoti con vello grigio e peli con l'alone vengono incrociati fra loro, (a) quali saranno i rapporti fenotipici attesi nella progenie viva, (b) quale frazione della progenie viva porterà il gene letale, (c) quale frazione della progenie viva con peli con l'alone porterà il gene letale, (d) quale frazione di tutti gli zigoti si aspetta che sia di genotipo $NN'G^1 G^1$?
- 3.29. L'idiozia amaurotica infantile (morbo di Tay Sachs) è un'anomalia ereditaria recessiva, che provoca la morte nei primi anni di vita solo nella condizione omozigote (ii). La condizione dominante in questo locus produce un fenotipo normale (I). Si pensa che le dita anormalmente corte (brachifalangeria) siano dovute a un genotipo eterozigote per un gene letale (BB^L), l'omozigote (BB) essendo normale e l'altro omozigote ($B^L B^L$) essendo letale. Quali sono i fenotipi attesi fra gli adolescenti figli di genitori entrambi affetti da brachifalangeria ed eterozigoti per l'idiozia amaurotica infantile?
- 3.30. Oltre al gene che determina l'idiozia amaurotica infantile nel problema precedente, c'è il genotipo recessivo di un altro locus (jj) che determina la morte prima dell'età di 18 anni, per una condizione chiamata "idiozia amaurotica giovanile". Solamente gli individui con genotipo $I-J$ sopravviveranno fino all'età adulta. (a) Quale frazione dei figli di genitori con genotipo ($IiJj$) è probabile che non sopravviva fino all'età adulta? (b) Quale frazione degli adulti sopravvissuti in (a) non sarebbe portatrice di nessuna delle due anomalie ereditarie?
- 3.31. Una condizione genetica sul cromosoma 2 del moscerino della frutta *Drosophila melanogaster* è letale quando è omozigote (Pm/Pm), ma quando è eterozigote (Pm/Pm^+) produce un colore degli occhi porporino chiamato "prugna" (*plum*). L'altra condizione omozigote (Pm^+/Pm^+) produce il colore degli occhi di tipo selvatico. Sul cromosoma 3 un gene chiamato "stubble" produce setole corte e spesse quando è allo stato eterozigote (Sb/Sb^+), mentre è letale quando è allo stato omozigote (Sb/Sb). La condizione omozigote dell'altro allele (Sb^+/Sb^+) produce, invece, setole di misura normale (tipo selvatico). (a) Quale rapporto fenotipico si attende nella progenie risultante da incroci fra genitori con occhi color

prugna e setole corte e spesse? (b) Se ai membri della progenie di cui in (a) viene consentito di incrociarsi a caso fra loro per produrre una generazione F_2 , quale rapporto fenotipico si attende?

- 3.32. Il colore del piumaggio nei polli è determinato da un paio di alleli codominanti tali che $F^B F^B$ produce piumaggio nero, $F^W F^W$ produce piumaggio bianco macchiettato e $F^B F^W$ produce piumaggio blu. Un locus che segrega indipendentemente determina la lunghezza delle zampe: i genotipi CC hanno zampe di lunghezza normale, i genotipi CC^L producono polli sempre accovacciati con zampe corte e definiti "striscianti" (*creepers*), mentre i genotipi omozigoti $C^L C^L$ sono letali. Si determinino i vari fenotipi della progenie che gli incroci fra polli di ibridi striscianti e blu è probabile che producano e i loro rapporti attesi.
- 3.33. I topi grassi possono essere prodotti da due geni ad assortimento indipendente. Il genotipo recessivo ob/ob produce un topo grasso e sterile, definito "obeso". L'allele dominante Ob produce una crescita normale. Il genotipo recessivo ad/ad produce un topo grasso e sterile chiamato "adiposo" e l'allele dominante Ad produce una crescita normale. Quali rapporti fenotipici di topi grassi contro topi normali sono attesi nella F_1 e nella F_2 che risultano da genitori di genotipo $Ob/ob, Ad/ad$?

COMBINAZIONI DI ORDINE SUPERIORE

- 3.34. I semi delle piante alte di Mendel erano lisci e gialli, essendo tutti e tre questi caratteri dovuti a un gene dominante in ognuno di tre loci ad assortimento indipendente. I genotipi recessivi dd, ww e gg producono piante nane con semi rispettivamente grinzosi e verdi. (a) Se una varietà pura, alta, con semi grinzosi e gialli viene incrociata con una varietà nana, con semi lisci e verdi, quale rapporto fenotipico si attende nella F_1 e nella F_2 ? (b) Quale percentuale della F_2 si attende che sia di genotipo $DdWwGg$? (c) Se tutte le piante nane, con semi lisci e verdi, della F_2 sono isolate e vengono incrociate artificialmente a caso, quale rapporto fenotipico è atteso nella progenie?
- 3.35. E' noto che i colori del pelo del topo sono determinati da parecchi geni. La presenza di una banda gialla di pigmento vicino alla punta dei peli definisce il tipo "aguti" ed è prodotta dall'allele dominante A . La condizione recessiva in corrispondenza di questo locus (aa) non possiede questa banda subapicale e viene definita "non aguti". L'allele dominante di un altro locus B produce il colore nero e il genotipo recessivo bb il colore marrone. Il genotipo omozigote $c^h c^h$ limita la produzione di pigmento alle estremità, in un tipo di colorazione definita himalayana, mentre il genotipo C distribuisce il pigmento sull'intero corpo. (a) In incroci fra topi puri con pelo marrone, topi aguti, topi himalayani e topi puri con pelo nero, quali sono i fenotipi attesi nella F_1 e nella F_2 ? (b) Quale frazione dei figli della F_2 di colore nero aguti su tutto il corpo si aspetta che sia di genotipo $AaBBcc$? (c) Quale percentuale di tutti i topi himalayani nella F_2 si aspetta che mostri una pigmentazione marrone? (d) Quale percentuale di tutti i topi aguti nella F_2 si aspetta che mostri una pigmentazione nera?
- 3.36. Oltre alle informazioni riportate nel problema precedente, si sa che un quarto locus nei topi determina la densità di deposizione del pigmento. Il genotipo D produce il colore pieno, mentre il genotipo recessivo dd produce una pigmentazione chiara. Un altro allele in questo locus, d^1 , è letale allo stato omozigote, produce una diluizione del pigmento nel genotipo dd^1 e colore pieno quando si trova nella condizione eterozigote con l'allele dominante Dd^1 . (a) Quale rapporto fenotipico si attende nella progenie vivente F_2 se gli individui della F_1 , risultante dall'incrocio $aabbCCDd \times AABbccdd^1$, venisse consentito di accoppiarsi a caso? (b) Quale frazione di individui vivi della F_2 si attenderebbe che fosse di genotipo $AABbccdd^1$?
- 3.37. Nell'incrocio tra genitori $AABCCDDEE \times aabbccdee$, (a) quanti diversi gameti F_1 si possono formare, (b) quanti diversi genotipi sono attesi nella F_2 , (c) quante caselle sarebbero necessarie in una scacchiera gametica per sistemarvi la F_2 ?
- 3.38. Un ceppo puro di piselli di Mendel, dominante per tutti e sette i geni ad assortimento indipendente è stato sottoposto a incrocio di prova. (a) Quanti diversi tipi di gameti potrebbe produrre ciascuno dei genitori? (b) Quanti gameti diversi potrebbe produrre la F_1 ? (c) Se la F_1 venisse sottoposta a incrocio di prova, quanti fenotipi si attenderebbero nella prole e in quali rapporti? (d) Quanti genotipi si attenderebbero nella F_2 ? (e) Quante combinazioni di gameti F_1 sono teoricamente possibili (considerando, cioè, il nucleo spermatico $AABCCDDEEFFGG \times$ il nucleo dell'uovo $aabbccddeeffgg$ una combinazione diversa da quella del nucleo dell'uovo $AABCCDDEEFFGG \times$ il nucleo spermatico $aabbccddeeffgg$)? (b) Quanti diversi tipi di incrocio possono in teoria verificarsi nella F_2 ? Suggestimento: si veda la soluzione del problema 3.2(c).

RISPOSTE AI PROBLEMI SUPPLEMENTARI

- 3.8. $\frac{1}{4}CCTT : \frac{1}{4}CCTt : \frac{1}{4}CcTT : \frac{1}{4}CcTt$; tutti fiori ascellari e colorati
- 3.9. $\frac{9}{16}$ frutti bianchi piatti : $\frac{3}{16}$ frutti bianchi sferici : $\frac{3}{16}$ frutti gialli piatti : $\frac{1}{16}$ frutti gialli sferici
- 3.10. 144 di tipo selvatico : 48 con ali vestigiali : 48 con corpo color ebano : 16 con corpo color ebano e ali vestigiali
- 3.11. (a) $\frac{1}{4}LLBb : \frac{1}{4}LIBb : \frac{1}{4}LLbb : \frac{1}{4}Llbb$; $\frac{1}{2}$ pelo corto e nero : $\frac{1}{2}$ pelo corto e marrone
(b) $\frac{1}{8}LLBb : \frac{1}{8}LIBb : \frac{1}{8}LLbb : \frac{1}{8}Llbb : \frac{1}{8}llBb : \frac{1}{8}llbb$; $\frac{3}{8}$ pelo corto e nero : $\frac{3}{8}$ pelo corto e marrone : $\frac{1}{8}$ pelo lungo e nero : $\frac{1}{8}$ pelo lungo e marrone
- 3.12. (a) $\frac{9}{16}$ pelo corto e nero : $\frac{3}{16}$ pelo corto e marrone : $\frac{3}{16}$ pelo lungo e nero : $\frac{1}{16}$ pelo lungo e marrone, (b) il 25%, (c) il 50%, (d) il 25%, (e) il 6,25%, (f) il 25%, (g) il 25%, (h) l'8,33%
- 3.13. (a) 378, (b) 3321
- 3.14. (a) il 20%, (b) il 92, 86%
- 3.15. $4FFpp : 4Ffpp : 1ffpp$ cioè 8 polli con zampe piumate e cresta intera : 1 pollo con zampe non piumate e cresta intera
- 3.16. (a) ABC, ABc, aBc, abC, abc , (c) $ABcD, ABcd, AbcD, Abcd, aBcd, aBcd, abcD, abcd$, (d) $ABCdEF, ABCdEf, ABCdeF, ABCdeF, ABcdEF, ABcdEf, ABcdeF, ABcdeF, AbCdEF, AbCdEf, AbCdeF, AbCdeF, AbcdeF, AbcdeF$
- 3.17. (a) $BBMM$, (b) $BBMm$
- 3.18. (a) 2 maiali neri con zampe tipo mulo : 1 maiale nero con zampe fesse, (b) $\frac{1}{4}$ maiali bianchi con zampe tipo mulo : $\frac{1}{4}$ maiali neri con zampe fesse : $\frac{1}{4}$ maiali bianchi con zampe fesse : $\frac{1}{4}$ maiali neri con zampe tipo mulo : $\frac{1}{4}$ maiali neri con zampe fesse
- 3.19. $4RrCc =$ polli neri con cresta : $2Rrcc =$ polli neri senza cresta : $2rrCc =$ polli rossi con cresta : $1rrcc =$ pollo rosso senza cresta
- 3.20. (a) $\frac{1}{8}$, (b) $\frac{3}{16}$, (c) $\frac{1}{16}$, (d) $\frac{3}{16}$, (e) $\frac{1}{4}$, (f) $\frac{9}{16}$, (g) $\frac{1}{16}$, (h) $\frac{3}{16}$, (i) $\frac{1}{8}$
- 3.21. $\frac{1}{16}GAGASS : \frac{2}{16}GAGASs : \frac{1}{16}GAGAAs : \frac{2}{16}GAGOSS : \frac{4}{16}GAGOSs : \frac{2}{16}GAGOss : \frac{1}{16}GOGOSS : \frac{2}{16}GOGOSs : \frac{1}{16}GOGoss$; $\frac{2}{16}$ pesche con peluria, assenza di formazioni a ghianda : $\frac{1}{16}$ pesche con buccia liscia, assenza di formazioni a ghianda : $\frac{6}{16}$ pesche con peluria, formazioni tonde a ghianda : $\frac{2}{16}$ pesche con buccia liscia, formazioni tonde a ghianda : $\frac{3}{16}$ pesche con peluria, formazioni ovali a ghianda : $\frac{1}{16}$ pesche con buccia liscia, formazioni ovali a ghianda
- 3.22. 1 bovino rosso senza corna : 1 bovino rosso con corna : 2 bovini roani senza corna : 2 bovini roani con corna : 1 bovino bianco senza corna : 1 bovino bianco con corna
- 3.23. $\frac{1}{16}$ polli con piumaggio nero : $\frac{1}{8}$ polli con piumaggio nero e penne moderatamente arricciate : $\frac{1}{16}$ polli con piumaggio nero e penne massimamente arricciate : $\frac{1}{8}$ polli con piumaggio blu : $\frac{1}{4}$ polli con piumaggio blu e penne moderatamente arricciate : $\frac{1}{8}$ polli con piumaggio blu e penne massimamente arricciate : $\frac{1}{16}$ polli con piumaggio bianco macchiettato : $\frac{1}{8}$ polli con piumaggio bianco macchiettato e penne moderatamente arricciate : $\frac{1}{16}$ polli con piumaggio bianco macchiettato e penne massimamente arricciate
- 3.24. 1 pollo con piumaggio nero : 2 polli con piumaggio blu : 1 pollo con piumaggio bianco macchiettato : 2 polli con piumaggio blu e arricciatura moderata delle penne : 1 pollo con piumaggio bianco macchiettato e arricciatura massima delle penne
- 3.25. La F_1 dà sempre ravanelli di forma ovale e violacei; la F_2 dà $\frac{1}{16}$ ravanelli lunghi e rossi : $\frac{1}{8}$ ravanelli lunghi e violacei : $\frac{1}{16}$ ravanelli lunghi e bianchi : $\frac{1}{8}$ ravanelli ovali e rossi : $\frac{1}{4}$ ravanelli ovali e violacei : $\frac{1}{8}$ ravanelli ovali e bianchi : $\frac{1}{16}$ ravanelli tondi e rossi : $\frac{1}{8}$ ravanelli tondi e violacei : $\frac{1}{16}$ ravanelli tondi e bianchi
- 3.26. Ravanelli lunghi e violacei \times ravanelli ovali e violacei
- 3.27. (a) $\frac{1}{2}$ topi gialli con coda attorcigliata : $\frac{1}{6}$ topi gialli : $\frac{1}{4}$ topi aguti con coda attorcigliata : $\frac{1}{12}$ topi aguti
(b) $\frac{1}{8}$, (c) $\frac{1}{4}A^vAKK : \frac{1}{8}A^vAKk : \frac{1}{8}A^vAKk : \frac{1}{12}AAKK : \frac{1}{6}AAKk : \frac{1}{12}AAKk$; $\frac{1}{2}$ topi gialli con

- coda attorcigliata : $\frac{1}{6}$ topi gialli : $\frac{1}{4}$ topi aguti, con coda attorcigliata : $\frac{1}{12}$ topi aguti
- 3.28. (a) $\frac{1}{12}$ pecore con vello nero irsuto : $\frac{1}{6}$ pecore con vello nero e peli con l'alone : $\frac{1}{12}$ pecore con vello nero : $\frac{1}{6}$ pecore con vello grigio irsuto : $\frac{1}{3}$ pecore con vello grigio e peli con l'alone : $\frac{1}{6}$ pecore con vello grigio, (b) $\frac{2}{3}$, (c) $\frac{2}{3}$, (d) $\frac{1}{3}$
- 3.29. $\frac{1}{3}$ individui normali : $\frac{2}{3}$ individui con brachifalanga
- 3.30. (a) $\frac{7}{16}$, (b) $\frac{1}{9}$
- 3.31. (a) $\frac{4}{9}$ occhi color prugna, setole corte e spesse : $\frac{2}{9}$ occhi color prugna : $\frac{2}{9}$ setole corte e spesse : $\frac{1}{9}$ tipo selvatico, (b) 1 occhio color prugna, setole corte e spesse : 1 occhio color prugna : 1 setole corte e spesse : 1 tipo selvatico
- 3.32. $\frac{1}{12}$ polli con piumaggio nero : $\frac{1}{6}$ polli con piumaggio blu : $\frac{1}{12}$ polli con piumaggio bianco macchiettato : $\frac{1}{6}$ polli con piumaggio nero e striscianti : $\frac{1}{3}$ polli con piumaggio blu e striscianti : $\frac{1}{6}$ polli con piumaggio bianco macchiettato e striscianti
- 3.33. $F_1 = \frac{9}{16}$ topi normali : $\frac{7}{16}$ topi grassi; $F_2 = \frac{64}{81}$ topi normali : $\frac{17}{81}$ topi grassi
- 3.34. (a) La F_1 è tutta costituita da piante alte con semi lisci e gialli; la F_2 è costituita da 27 piante alte con semi lisci e gialli, 9 piante alte con semi lisci e verdi, 9 piante alte con semi grinzosi e gialli, 9 piante nane con semi lisci e gialli, 3 piante alte con semi grinzosi e verdi, 3 piante nane con semi lisci e verdi, 3 piante nane con semi grinzosi e gialli, 1 pianta nana con semi grinzosi e verdi, (b) il 3,12%, (c) 8 piante con semi lisci : 1 pianta con semi grinzosi
- 3.35. (a) La F_1 è tutta con pelo nero aguti; la F_2 è costituita da 27 individui con pelo nero aguti, 9 individui di tipo himalayano con pelo nero aguti, 9 individui con pelo marrone aguti, 9 individui con pelo nero, 3 individui di tipo himalayano con pelo marrone aguti, 3 individui di tipo himalayano con pelo nero, 3 individui con pelo marrone, 1 individuo di tipo himalayano con pelo marrone, (b) $\frac{4}{27}$, (c) il 25%, (d) il 75%
- 3.36. (a) 189 topi neri, aguti : 216 topi neri, aguti, con diluizione del pigmento : 63 topi di tipo himalayano, neri, aguti : 72 topi di tipo himalayano, neri, aguti, con diluizione del pigmento : 63 topi marroni, aguti : 72 topi marroni, aguti, con diluizione del pigmento : 63 topi neri : 72 topi neri, con diluizione del pigmento : 21 topi di tipo himalayano, marroni, aguti : 24 topi di tipo himalayano, marroni, aguti, con diluizione del pigmento : 21 topi di tipo himalayano, neri : 24 topi di tipo himalayano, neri, con diluizione del pigmento : 21 topi marroni : 24 topi marroni, con diluizione del pigmento : 7 topi di tipo himalayano, marroni : 8 topi di tipo himalayano, marroni, con diluizione del pigmento, (b) $\frac{1}{120}$
- 3.37. (a) 32, (b) 243, (c) 1024
- 3.38. (a) Uno ciascuno, (b) 128, (c) 128, ciascuno con uguale frequenza, (d) 2187, (e) 16 384, (f) 2 392 578