

I meccanismi dell'evoluzione

Per evoluzione si intende semplicemente un «cambiamento»

L'evoluzione biologica consiste in variazioni nel tempo del patrimonio genetico delle popolazioni

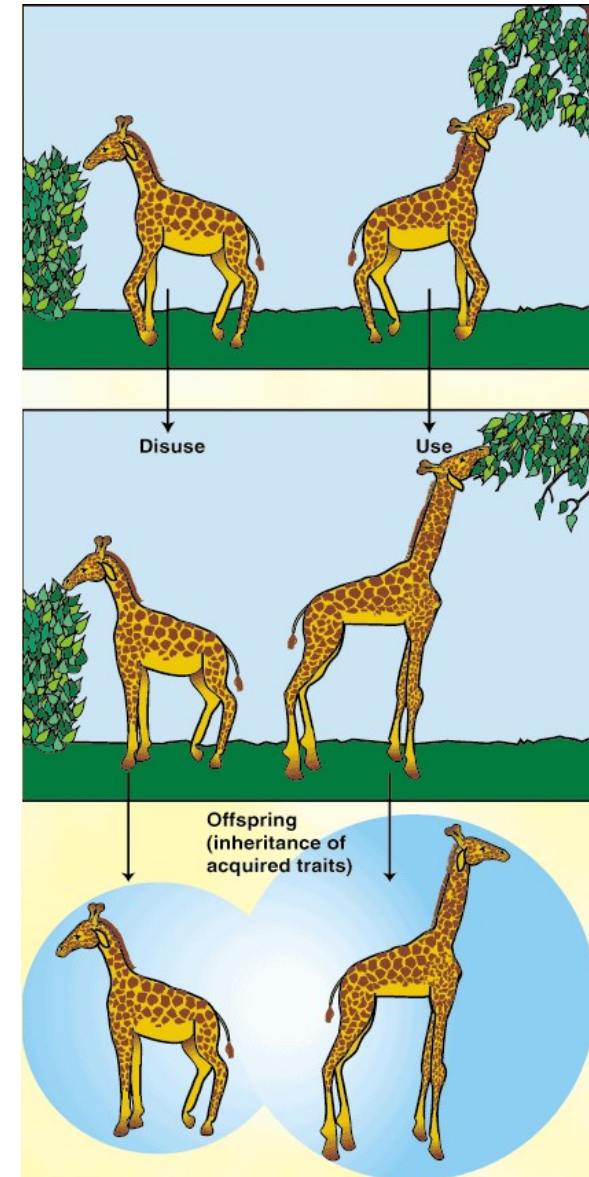
Prime teorie sull'evoluzione all'inizio del '800

LA TEORIA SULL'EVOLUZIONE DI LAMARCK (1809)

1° CONCETTO DELL'USO E NON USO: LE PARTI DEL CORPO MAGGIORMENTE UTILIZZATE PER DOMINARE L'AMBIENTE SI SVILUPPANO E DIVENTANO + FORTI MENTRE LE PARTI NON UTILIZZATE SI INDEBOLISCONO

2° L'EREDITARIETÀ DELLE CARATTERISTICHE ACQUISITE (SI BASA SULLA TRASMISSIONE EREDITARIA) : LE MODIFICHE CHE INTERVENGONO IN UN ORGANISMO DURANTE LA PROPRIA VITA POSSONO ESSERE TRASMESSE ALLA PROGENIE

Es.: il lungo collo della giraffa si sarebbe evoluto gradualmente nel corso di molte generazioni e rappresenterebbe la somma di piccoli allungamenti ottenuti in ogni generazione



CHARLES DARWIN (1809-1882)

VIAGGIO SUL BEAGLE (1831-1836) COSTE DEL SUD AMERICA:

OSSERVAZIONI:

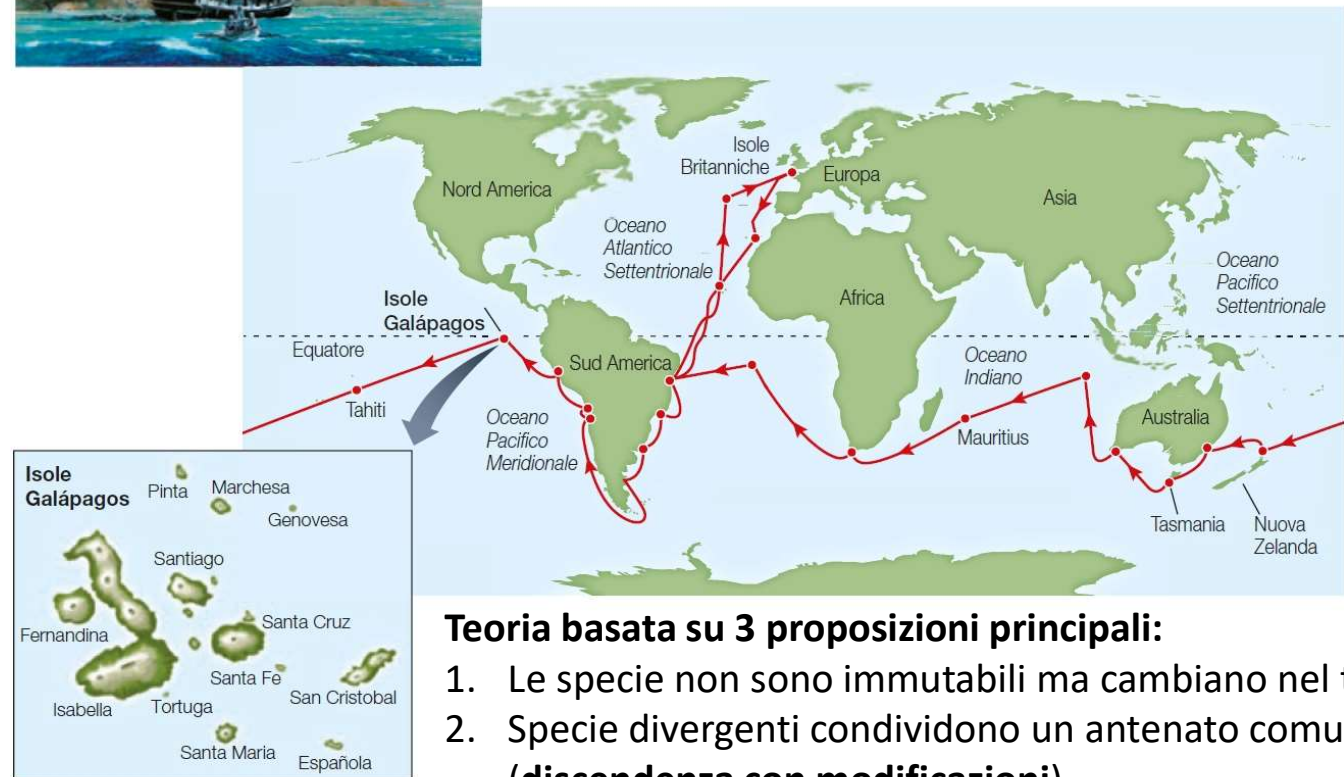
- PIANTE E ANIMALI DEL SUD AMERICA DIVERSE DALLE FORME EUROPEE
- MAGGIOR SOMIGLIANZA TRA SP. DELLE REGIONI TEMPERATE E REGIONI TROPICALI DEL SUD AMERICA CHE TRA SP DI REGIONI TEMPERATE DEL SUD AMERICA E REGIONI TEMPERATE D'EUROPA



Charles Robert Darwin

Figura 20.1 Darwin e il viaggio del Beagle La missione della nave della Marina Reale Britannica *Beagle* era quella di cartografare gli oceani e di raccogliere informazioni oceanografiche e biologiche nelle più diverse parti del mondo. La carta geografica riporta il percorso della nave, mentre l'ingrandimento mostra le isole Galápagos, i cui organismi furono per Darwin una fonte importante di idee sulla selezione naturale. Il ritratto mostra Charles Darwin all'età di 27 anni, poco dopo il ritorno in Inghilterra del *Beagle*.

Attività 20.1 Il viaggio di Darwin
Darwin's Voyage



Teoria sull'evoluzione della specie (1859)

Teoria basata su 3 proposizioni principali:

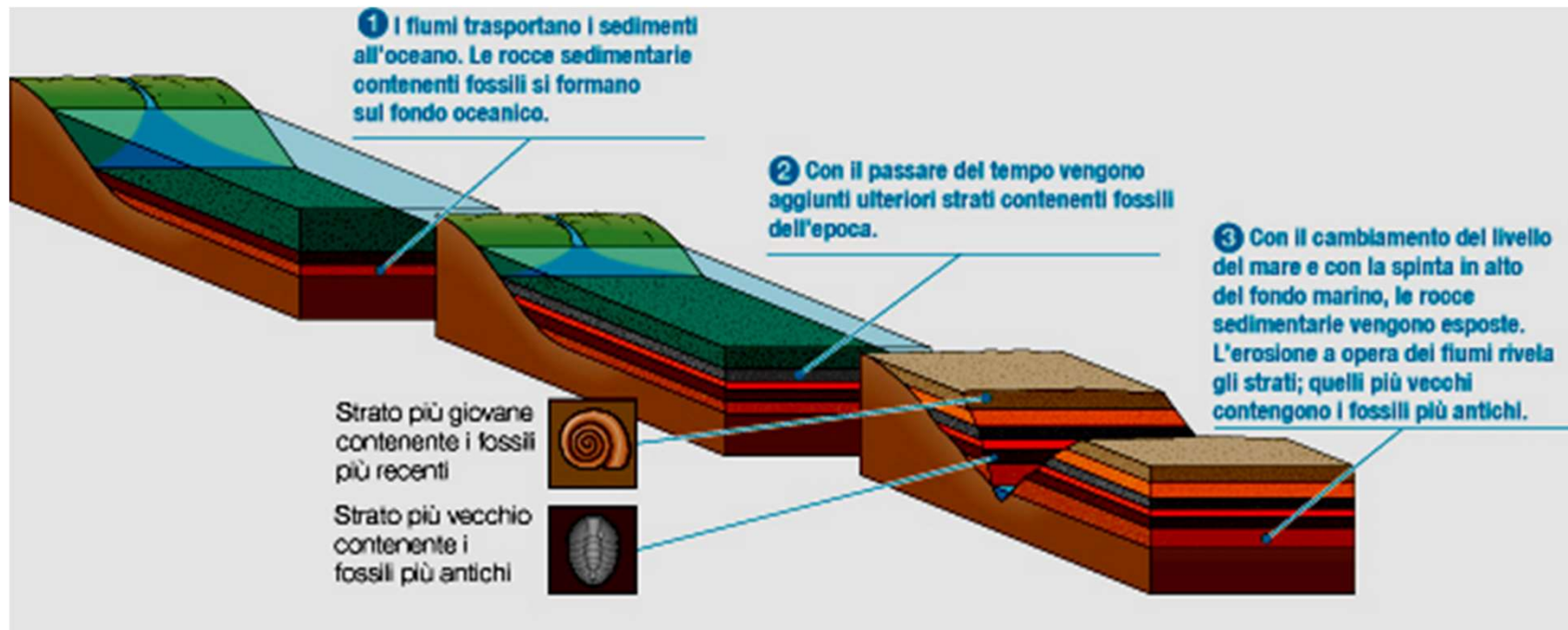
1. Le specie non sono immutabili ma cambiano nel tempo
2. Specie divergenti condividono un antenato comune (**discendenza con modificazioni**)
3. Il meccanismo che produce cambiamenti nella specie è **la selezione naturale**

Lo sviluppo della teoria di Darwin influenzata dal geologo Lyell (1797-1875)

GRADUALISMO

I processi geologici non hanno subito cambiamenti durante la storia della terra

Le forze che erodono le montagne o che hanno portato alla formazione di nuove catene montuose e i tempi di attuazione di tali processi gli stessi presenti **attualmente** sul pianeta



I singoli individui non evolvono
E' la specie che evolve

(SPECIE: GRUPPO DI ORGANISMI SIMILI CHE SI INCROCIANO TRA DI LORO, CHE PRODUCONO PROLE A LORO VOLTA FECONDA, E POSSIEDONO LO STESSO PATRIMONIO GENETICO)

POPOLAZIONE: MEMBRI DI UNA SPECIE CHE OCCUPANO UNA PARTICOLARE REGIONE

1 SPECIE → 1 POPOLAZIONE

1 SPECIE → + POPOLAZIONI

EVOLUZIONE → VARIAZIONI DEI GENI DI 1 POPOLAZIONE

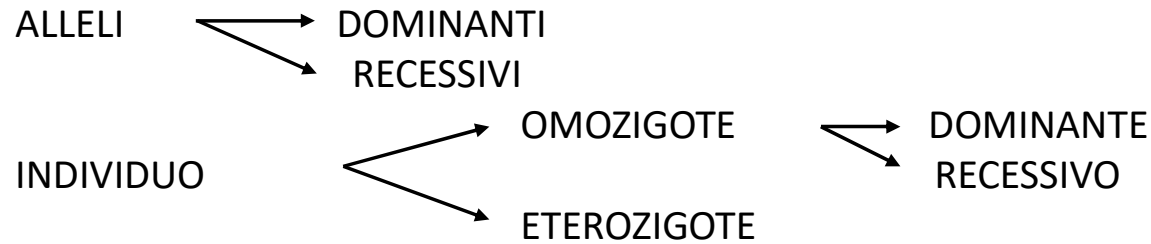
LE VARIAZIONI:

➤ TRASMESSE ALLA GENERAZIONE SUCCESSIVA DURANTE LA RIPRODUZIONE

➤ DIFFUSE IN TUTTA LA POPOLAZIONE DALL'INCROCIO

OGNI INDIVIDUO → 1 COPIA DI 1 GENE DA OGNI GENITORE

I GENI SI POSSONO PRESENTARE IN 2 DIFFERENTI FORME



X OGNI LOCUS GENICO → ALLELI DIVERSI → VARIABILITA' GENETICA

POOL GENICO: SOMMA DI TUTTI GLI ALLELI DI TUTTI I GENI DI UNA POPOLAZIONE

SE SI POTESSE CONTARE OGNI ALLELE DI OGNI GENE DI OGNI INDIVIDUO DI UNA POPOLAZIONE →

MISURARE LA VARIABILITA' GENETICA DI UN POOL GENICO

SI CALCOLA LA FREQUENZA ALLELICA: RICORRENZA RELATIVA DI UN ALLELE IN UN POOL GENICO

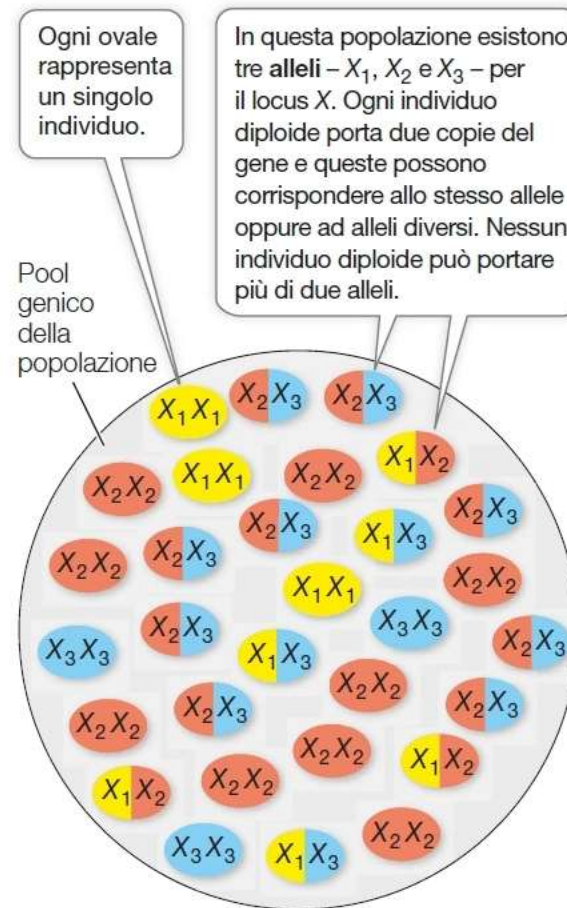


Figura 20.2 Esempio di pool genico Un pool genico è la somma di tutti gli alleli che si trovano in una popolazione o in un locus particolare. La figura mostra il pool genico per un locus X. Le frequenze alleliche in questo caso sono 0,20 per X_1 , 0,50 per X_2 e 0,30 per X_3 (► Figura 20.10).

- SI PRODUCE EVOLUZIONE QUANDO VARIA LA COMPOSIZIONE DEI POOL GENICI
- IMPORTANTE PER IL PROCESSO EVOLUTIVO: LA VARIAZIONE DELLA FREQUENZA ALLELICA NEL TEMPO
- PER STUDIARE LA VARIAZIONE DELLE FREQUENZE ALLELICHE NEL TEMPO SI FA IL RAGIONAMENTO CONTRARIO → SI STUDIANO LE CONDIZIONI NECESSARIE PER MANTENERE COSTANTI NEL TEMPO LE FREQUENZE ALLELICHE → AUTOMATICAMENTE SI CONOSCONO LE FORZE CHE LE FANNO VARIARE

NEL 1908 → MATEMATICO BRITANNICO G.H. HARDY
BIOLOGO TEDESCO W. WEINBERG

IN DETERMINATE CONDIZIONI LE FREQUENZE ALLELICHE DI UNA POPOLAZIONE I CUI INDIVIDUI SI RIPRODUCONO SESSUALMENTE RIMANGONO COSTANTI DI GENERAZIONE IN GENERAZIONE PURCHE' SIANO SODDISFATTE CINQUE CONDIZIONI FONDAMENTALI

LEGGE DI HARDY-WEINBERG

CONDIZIONI FONDAMENTALI:

- ASSENZA DI MUTAZIONI
- ASSENZA DI SELEZIONE NATURALE (TUTTI GLI INDIVIDUI CON UGUALE PROBABILITA' DI SOPRAVVIVENZA)
- ASSENZA DI IMMIGRAZIONI, EMIGRAZIONI
- DIMENSIONI ELEVATE DELLE POPOLAZIONI
- ACCOPPIAMENTI CASUALI

IMMAGINIAMO DI AVERE 1 LOCUS CON 2 ALLELI A E a

A=CAPELLI BRUNI p= FREQUENZA DI **A**

a=CAPELLI BIONDI q= FREQUENZA DI **a**

SE SOLO 2 ALLELI → SOMMA delle FREQUENZE =1 $p+q=1$

SE **A** 80% DEGLI ALLELI DELLA POPOLAZIONE
E **a** 20%

$p=0,8$ E $q=0,2$ $p+q=1$ E $0,8+0,2=1$

SE p E q FREQUENZE ALLELICHE IN UNA POPOLAZIONE INIZIALE POSSO CALCOLARE LE FREQUENZE ALLELICHE E GENOTIPICHE NELLA GENERAZIONE SUCCESSIVA

$A(p=0,8)$ $a(q=0,2)$

$A(p=0,8)$ AA ($0,8 \times 0,8 = 0,64$) Aa ($0,8 \times 0,2 = 0,16$)

$a(q=0,2)$ aA ($0,8 \times 0,2 = 0,16$) aa ($0,2 \times 0,2 = 0,04$)

LA PROBABILITA' CHE OGNI DISCENDENTE RICEVA UNA QUALSIASI COMBINAZIONE DI 2 ALLELI E' DATA DAL PRODOTTO DELLE SINGOLE PROBABILITA'

LA PROBABILITA' CHE UN DISCENDENTE RICEVA:

2 ALLELI A = $p \times p = p^2$ $0,8 \times 0,8 = 0,64$ 64%

2 ALLELI a = $q \times q = q^2$ $0,2 \times 0,2 = 0,04$ 4%

1 ALLELE A E UN ALLELE a = $p \times q = 0,8 \times 0,2 = 0,16$ OPPURE

1 ALLELE a E UN ALLELE A = $q \times p = 0,2 \times 0,8 = 0,16$ CIOE' $2pq = 0,32$ 32%

ANCHE LA SOMMA DELLE FREQUENZE X TUTTI I POSSIBILI GENOTIPI = 1 X UN LOCUS GENICO

Quadrato di Punnet

Gameti maschili		A	a
Gameti femminili	A	AA (0,8 X 0,8= 0,64)	Aa (0,8 X 0,2)=0,16
	a	aA (0,2 X 0,8) = 0,16	aa (0,2 X 0,2)= 0,04

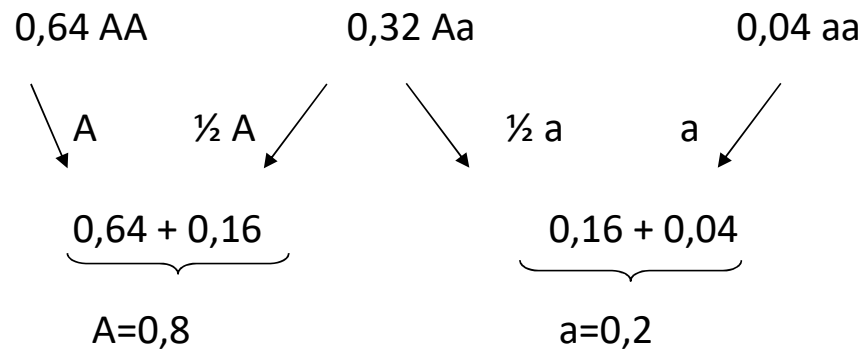
Perciò per il principio di Hardy-Weinberg

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1 \quad (p+q)^2 = 1$$
$$(0,64 + 0,32 + 0,04) = 1$$

Perciò dopo 1 generazione la frequenza dei genotipi è:

$$AA = p^2 = 0,64$$
$$Aa = 2pq = 0,32$$
$$aa = q^2 = 0,04$$

Calcoliamo ora le frequenze alleliche nella nuova generazione:
All'inizio $A=0,8$ E $a=0,2$



Frequenze attese } se variano la popolazione non è all'equilibrio
Frequenze osservate } Mi da il grado di variazione evolutiva

FATTORI CHE PERTURBANO L'EQUILIBRIO GENETICO:

- MUTAZIONI: VARIAZIONI EREDITARIE DEL DNA PRODOTTE CASUALMENTE → NUOVI ALLELI NEL POOL GENICO
- SELEZIONE NATURALE: AUMENTO DELLA RIPRODUZIONE DI INDIVIDUI CHE HANNO FENOTIPI CHE LI RENDONO PIU' IDONEI A SOPRAVVIVERE E RIPRODURSI IN UN PARTICOLARE AMBIENTE (es.: *Biston betularia*)
- FLUSSO GENICO: ADDIZIONE O SOTTRAZIONE DI ALLELI QUANDO INDIVIDUI IMMIGRANO O EMIGRANO
- DERIVA GENETICA: VARIAZIONI CASUALI DELLE FREQUENZE ALLELICHE (segregazione casuale dei gameti, solo certi gameti partecipano alla formazione dei discendenti)
 - Importante in popolazioni piccole
 - Colli di bottiglia
 - Effetto del fondatore (sindrome di Ellis-van Creveld)
- ACCOPPIAMENTO NON CASUALE: AUMENTO DELLA RIPRODUZIONE DI INDIVIDUI CHE PRESENTANO FENOTIPI CHE AUMENTANO LA PROBABILITA' DI ESSERE SCELTI COME PARTNER SESSUALI

L'origine della variabilità genetica è la mutazione

NEUTRE

SFAVOREVOLI L'INDIVIDUO PORTATORE MUORE, ALTRE MASCHERATE DALL'ALLELE DOMINANTE

FAVOREVOLI DIPENDE DALL'AMBIENTE IN CUI L'ORGANISMO VIVE. SE VARIA L'AMBIENTE PUO' VARIARE L'EFFETTO DELLA MUTAZIONE

Mutazioni casuali, ma selezione naturale agisce determinando un **adattamento**

Alleli, differenti forme di un gene derivate dalle mutazioni, x un locus

La selezione naturale agisce sulla variabilità genetica dei caratteri, prove dalla **selezione artificiale**

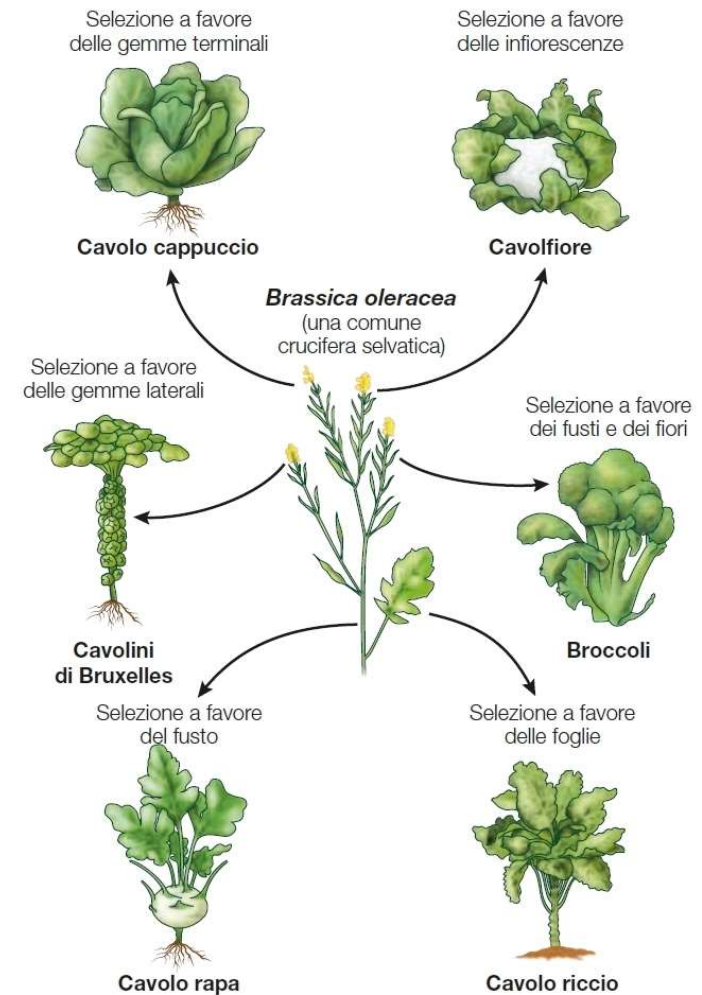


Figura 20.4 Molti tipi di cavolo da un solo antenato Tutte le piante coltivate illustrate nella figura derivano da una singola specie di crucifera selvatica. Gli agricoltori europei hanno prodotto questi differenti tipi di verdura attraverso la selezione e la coltivazione selettiva di piante con gemme, steli, foglie o fiori particolarmente grandi. I risultati dimostrano la grande quantità di variabilità presente nel pool genico dell'antenato selvatico.

I meccanismi della selezione naturale e della **selezione artificiale** sono simili



Figura 20.5 Selezione artificiale Charles Darwin allevava piccioni per hobby e poté così osservare che forze simili operano nella selezione artificiale e nella selezione naturale. I colombi dall'aspetto insolito qui illustrati rappresentano tre delle oltre 300 varietà derivate dal piccione torraio selvatico (*Columba livia*; in alto a sinistra) ottenute attraverso selezione artificiale per caratteri riguardanti il colore o la distribuzione delle penne.

L'esperimento su *Drosophila melanogaster*

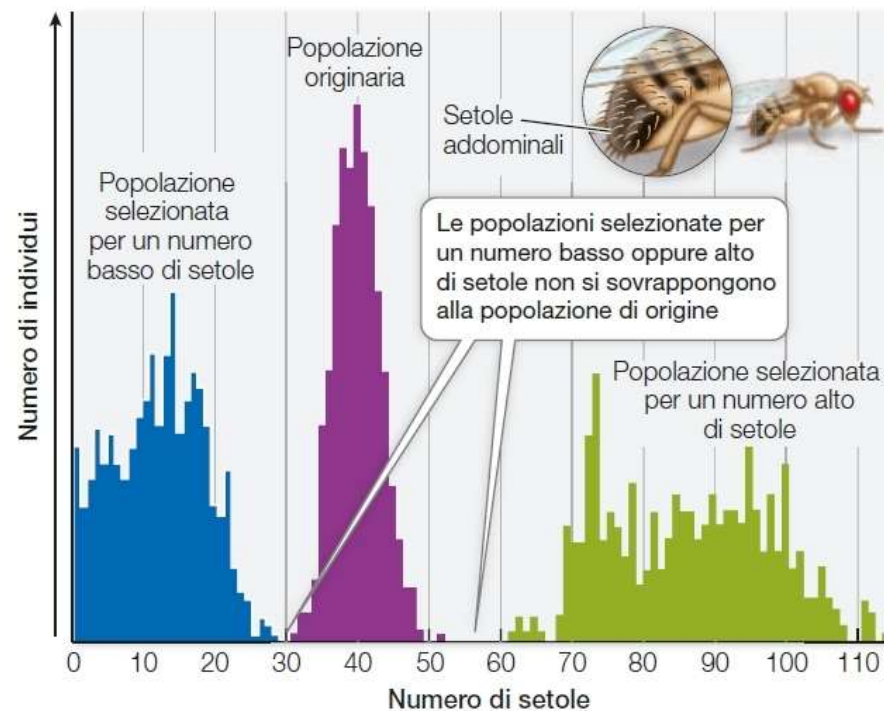


Figura 20.6 La selezione artificiale rivela la variabilità genetica Sottoponendo una popolazione di *Drosophila melanogaster* a selezione artificiale per il numero di setole addominali, quanto carattere si è evoluto rapidamente. Il grafico mostra il numero di moscerini con numeri diversi di setole nella popolazione originale e dopo 35 generazioni di selezione artificiale, per numeri alti e per numeri bassi di setole.

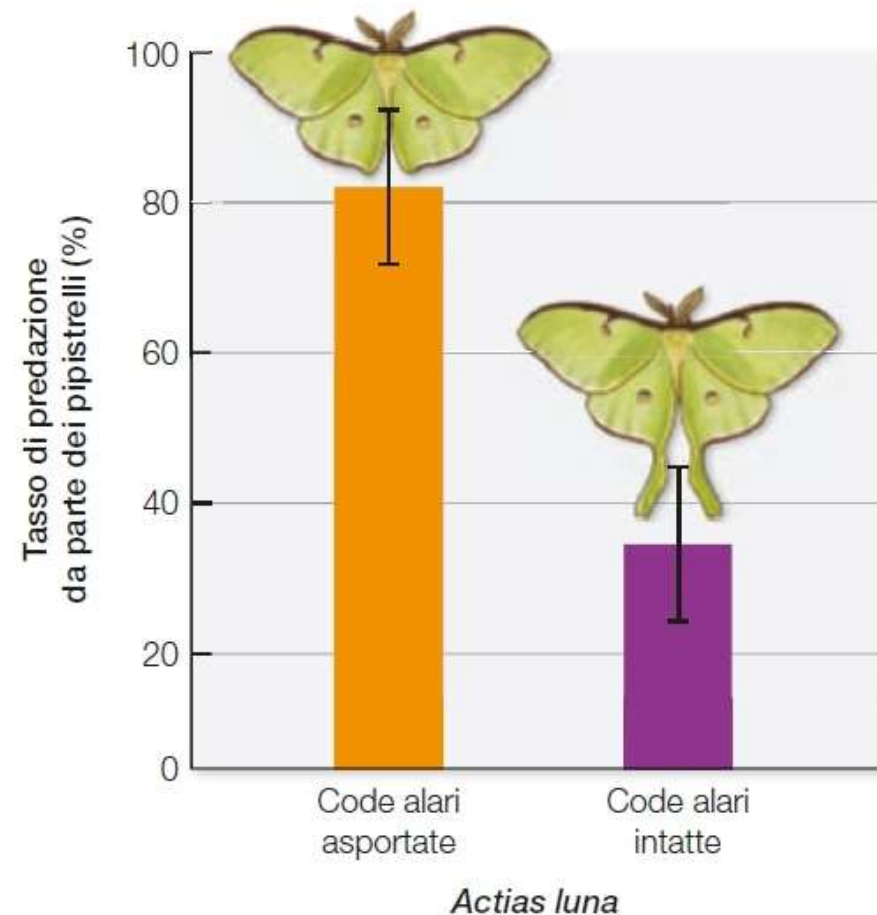
? In che modo i moscerini della popolazione selezionata finiscono per avere meno setole, oppure più setole, rispetto a quanto osservato in un qualsiasi moscerino della popolazione originale?

Solo pochi individui sopravvivono e si riproducono e i figli non sono identici ai genitori né tra loro

Piccole differenze tra individui per un certo tratto aumentano la probabilità di sopravvivere e riprodursi e ciò porta ad un aumento della frequenza di quel tratto nella generazione successiva

Un tratto favorevole che evolve per selezione naturale → **adattamento**

Es. delle falene: Farfalle capaci di captare ultrasuoni dei pipistrelli sopravvivono
Ma anche farfalle con lunghe code alari



FLUSSO GENICO: ANIMALI MIGRANO, SEMI E POLLINI DISSEMINATI

TRASFERIMENTO DI ALLELI TRA UNA POPOLAZIONE E UN'ALTRA ATTRAVERSO L'INCROCIO

IMMIGRANTI POSSONO: 1. AGGIUNGERE NUOVI ALLELI
2. VARIARE LE FREQUENZE ALLELICHE DEGLI ALLELI GIA' PRESENTI

EMIGRANTI POSSONO: 1. SOTTRARRE DEGLI ALLELI
2. RIDURRE LA FREQUENZA ALLELICA

QUANTITA' DI FLUSSO GENICO DIVERSA IN POPOLAZIONI DIVERSE

DIPENDE DA FATTORI QUALI:

- N° DI INDIVIDUI MIGRANTI
- FACILITA' DI MOVIMENTO
- ASPREZZA DELL'AMBIENTE DA ATTRAVERSARE
- ENTITA' DELL'INCROCIO TRA INDIVIDUI MIGRANTI E NUOVA POPOLAZIONE

DERIVA GENETICA:
VARIAZIONE CASUALE DELLA FREQUENZA ALLELICA

IMPORTANTE:

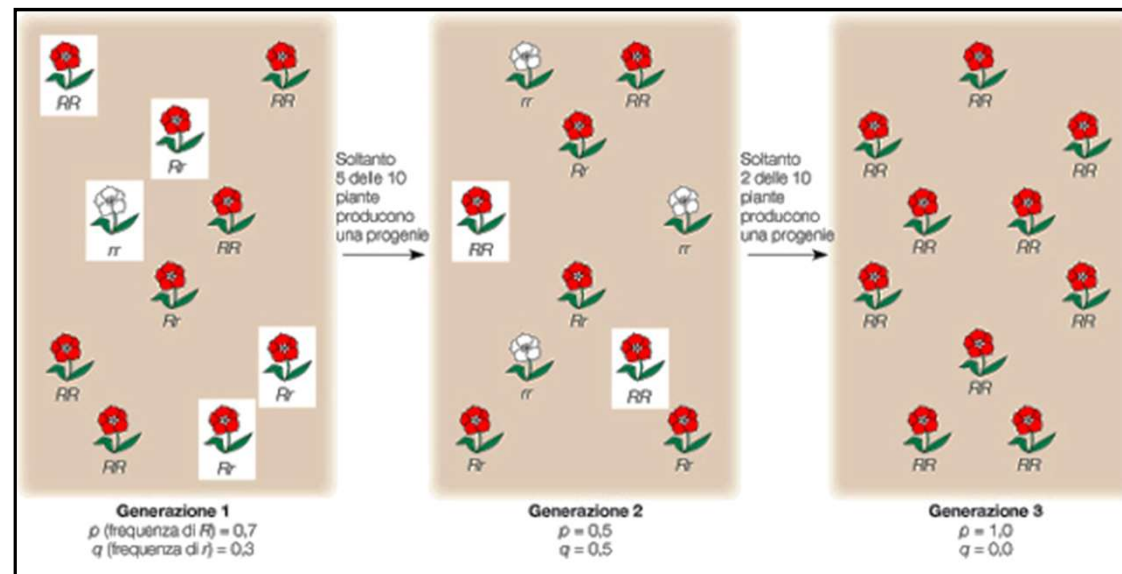
SEGREGAZIONE DEGLI ALLELI DURANTE LA MEIOSI IN GAMETI DIVERSI →
ACCOPPIAMENTO, NON TUTTI I GAMETI USATI PER LA FORMAZIONE DI NUOVI INDIVIDUI

DERIVA GENETICA CAUSATA PER LA DIFFUSIONE O RIMOZIONE DI ALLELI X EFFETTO
DELLA SEGREGAZIONE CASUALE DI GAMETI CHE PARTECIPANO ALLA FORMAZIONE DEI
DISCENDENTI

AVVIENE IN QUALSIASI POPOLAZIONE

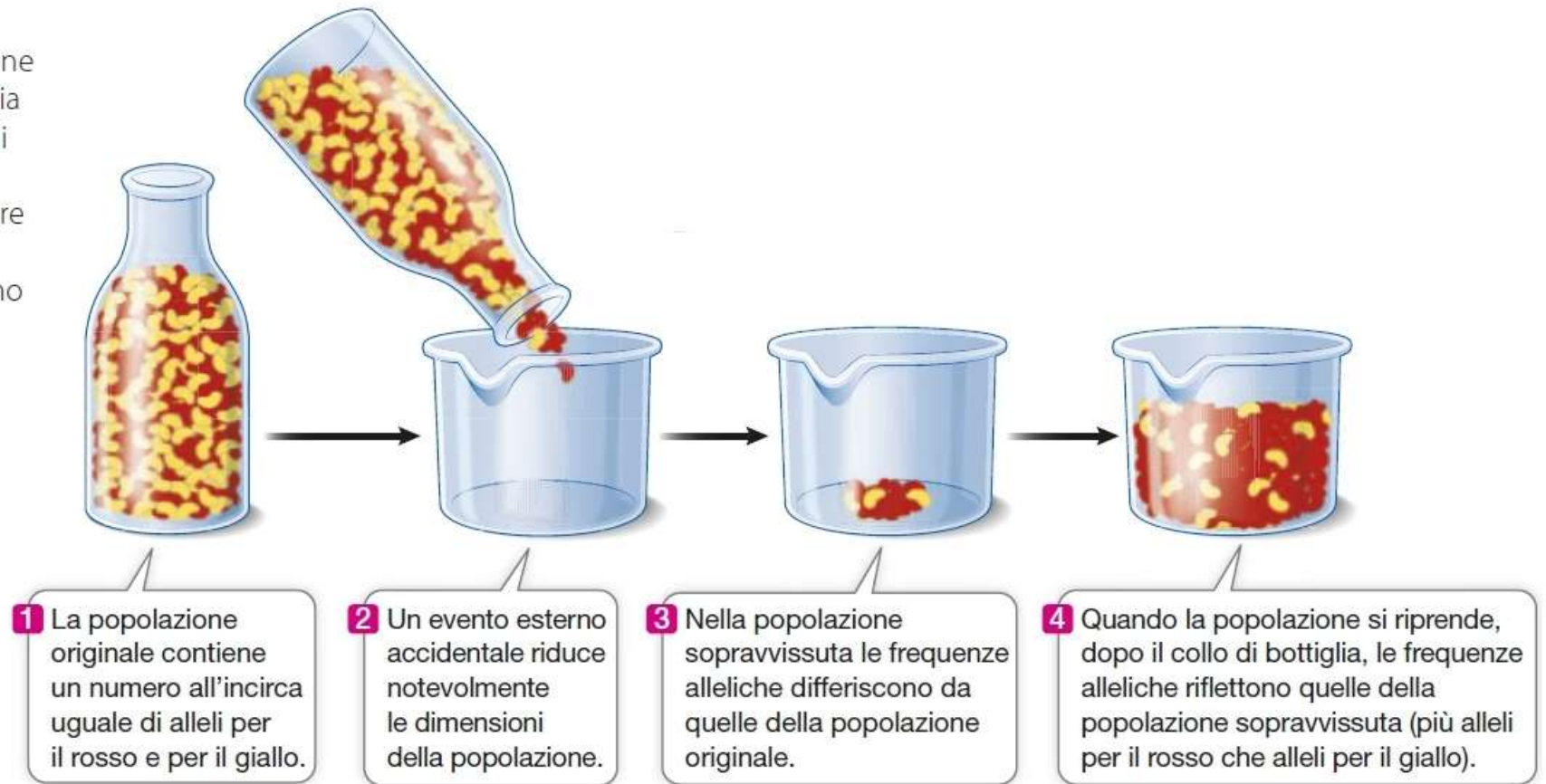
IN POPOLAZIONI PICCOLE	EFFETTI EVIDENTI
IN POPOLAZIONI GRANDI	EFFETTI CASUALI SI COMPENSANO es.: lancio delle monete

Esempio di deriva genetica: questa piccola popolazione di fiori selvatici possiede dimensioni stabili corrispondenti a sole 10 piante. Nella Generazione 1 soltanto 5 piante si riproducono, mentre nella Generazione 2 solo 2 individui riescono a lasciare una progenie fertile. Con il trascorrere delle generazioni, la deriva genetica può eliminare completamente alcuni alleli, come nel caso dell'allele r nella Generazione 3 di questa popolazione immaginaria



Esempio di deriva genetica: **collo di bottiglia**

Figura 20.7 Un collo di bottiglia In una popolazione si verifica un collo di bottiglia quando solo pochi individui sopravvivono a un evento casuale. Il risultato può essere un cambiamento delle frequenze alleliche all'interno della popolazione.



Esempio di deriva genetica:

EFFETTO DEL FONDATORE: QUANDO UNA SPECIE SI DIFFONDE IN UN'ALTRA REGIONE, UN PICCOLO N° DI INDIVIDUI PUO' INIZIARE UNA NUOVA POPOLAZIONE.

IMPROBABILE CHE QUESTO PICCOLO GRUPPO ABBIA TUTTI GLI ALLELI DELLA POPOLAZIONE ORIGINARIA, ANCHE SE PRESENTI, IN % DIVERSA DALLA POPOLAZIONE DI PARTENZA

POICHE' PIONIERI → PICCOLO GRUPPO DI INDIVIDUI
NUOVA POPOLAZIONE INFLUENZATA DALLA DERIVA GENETICA: QUESTO FENOMENO EFFETTO FONDATORE

Es.: animali e piante che arrivano su un'isola

Es.: Amish in Pennsylvania (1770): Sindrome di Ellis-Van Creveld (manifestazioni più evidenti nanismo e polidattilia) nei soli omozigoti recessivi

L'EFFETTO DEL FONDATORE PUO' GENERARE POPOLAZIONI LE CUI FREQUENZE ALLELICHE POSSONO ESSERE MOLTO DIVERSE DA QUELLE DELLA POPOLAZIONE ORIGINARIA DA CUI PROVENGONO I FONDATORI

ACCOPPIAMENTO NON CASUALE:

SE GLI INDIVIDUI SCELGONO IL PARTNER SESSUALE
BASANDOSI SUI LORO FENOTIPI

CAUSATO DA NUMEROSI FATTORI

SI VERIFICA:

IN PRESENZA DI PREFERENZA PER UN PARTICOLARE
PARTNER SESSUALE

POPOLAZIONE MOLTO PICCOLA

**L'ACCOPPIAMENTO NON CASUALE PUO' MODIFICARE
LE FREQUENZE GENOTIPICHE**

Euplectes progne



Figura 20.8 Qual è il vantaggio? La vistosa coda del maschio di un uccello africano, la vedova a coda lunga, è un impedimento per la sua capacità di volare. Darwin attribuì alla scelta sessuale l'evoluzione di questo carattere apparentemente non adattativo.

ESPERIMENTO:

La lunghezza della coda non influenza il comportamento territoriale con gli altri maschi

Nella competizione tra maschi non costituisce un vantaggio

Ma i maschi con la coda lunga sono in grado di attirare più femmine durante le esibizioni di corteggiamento

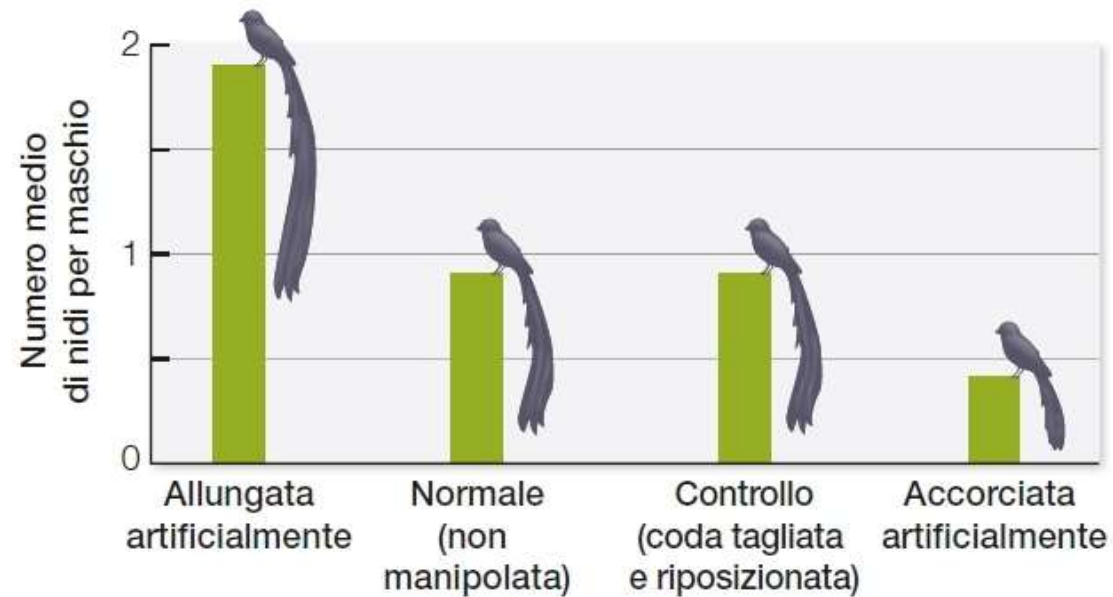


Figura 20.9 Selezione sessuale in azione

(a)



Taeniopygia guttata

Le femmine di mandarino diamante preferiscono i maschi che hanno il colore del becco più brillante, selezionando così i maschi più in salute

(b)

ESPERIMENTO

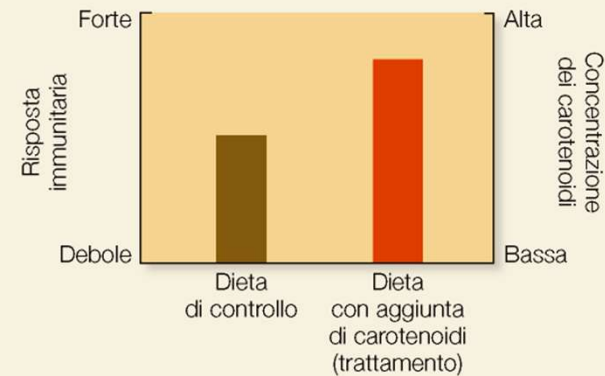
IPOTESI: il possesso di un becco rosso brillante è un segnale la buona salute in un maschio di Mandarinio diamante.

METODO

Fornire carotenoidi nell'acqua da bere ai maschi cavia, ma non a quelli di controllo. Stimolare il sistema immunitario dei maschi e valutare la loro risposta.

RISULTATI

I maschi cavia rispondevano maggiormente alla stimolazione del sistema immunitario. Essi sviluppavano anche becchi più brillanti dei maschi di controllo.



CONCLUSIONI: i maschi con alti livelli di carotenoidi hanno becchi più brillanti e sono forti dal punto di vista immunitario. Quindi, il colore del becco è un indicatore della salute di un maschio di Mandarinio diamante.

La selezione naturale può essere stabilizzante, direzionale e divergente

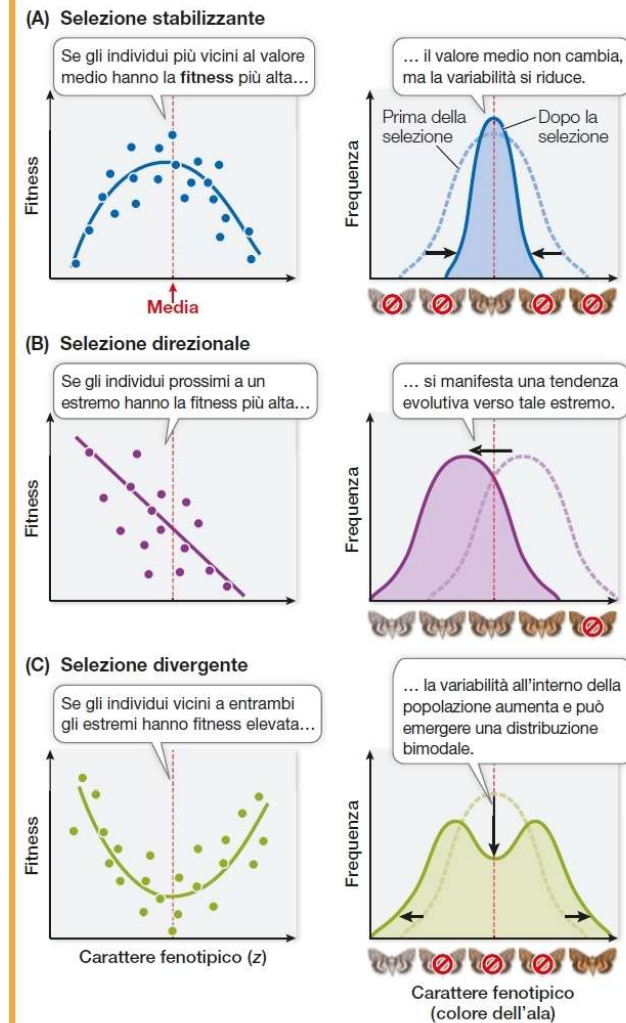


Figura 20.12 La selezione naturale può funzionare in diversi modi. I grafici nella colonna di sinistra mostrano la *fitness* di individui con fenotipi differenti per uno stesso carattere. I grafici a destra mostrano la distribuzione dei fenotipi nella popolazione, prima (verde chiaro) e dopo (verde scuro) l'intervento della selezione.

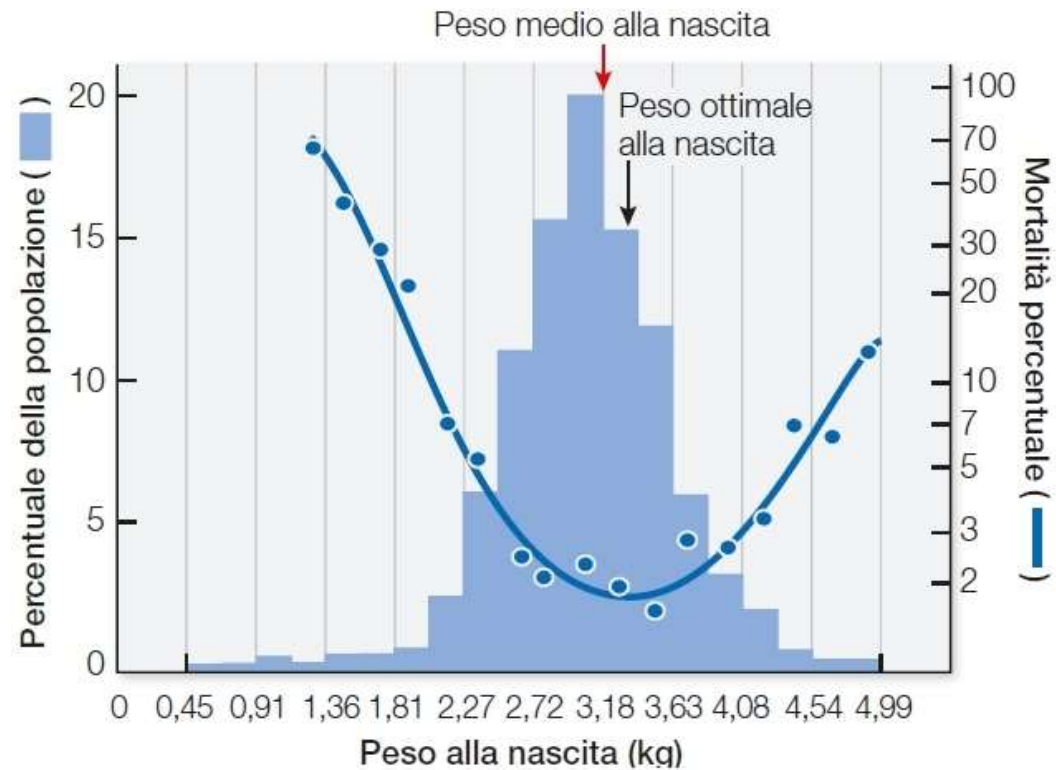


Figura 20.13 Il peso di un bambino alla nascita è influenzato dalla selezione stabilizzante. I neonati che pesano più o meno rispetto alla media hanno più probabilità di morire presto, dopo la nascita, rispetto ai bambini con un peso vicino alla media della popolazione.

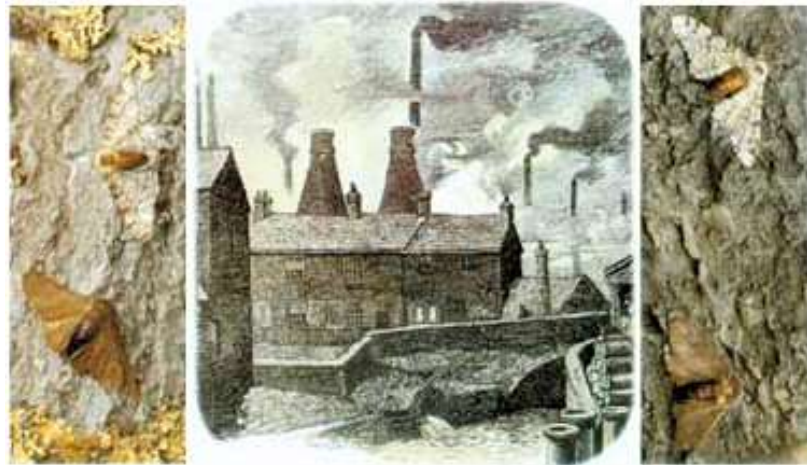


Figura 20.14 Un risultato della selezione direzionale

Nel sud-ovest degli USA, nei branchi selvatici, un paio di lunghe corna rappresentava un vantaggio nella difesa dei giovani vitelli dagli attacchi dei predatori, pertanto le vacche con le corna lunghe avevano maggiori probabilità di successo nell'allevamento dei loro vitelli. Questo ha portato a un aumento nella lunghezza delle corna negli allevamenti bradi di bovini, tra i primi anni del 1500 e il 1860, dando origine alla nota razza Texas Longhorn. Praticando una selezione artificiale, questa tendenza evolutiva è stata mantenuta a tutt'oggi dagli allevatori.

Se un fenotipo selezionato ripetutamente la distribuzione della frequenza si sposta nella direzione del tipo favorito

Nell'ambiente si produce una variazione che annulla il vantaggio di un fenotipo ad un estremo. Individui con fenotipo all'altro estremo sopravvivono e si riproducono (es. *Biston betularia*)



Quando opera la selezione divergente gli individui agli estremi opposti della distribuzione per un carattere contribuiscono alla generazione seguente con un maggior numero di figli rispetto a quelli vicini alla media. Questo porta a un aumento della variazione all'interno della popolazione

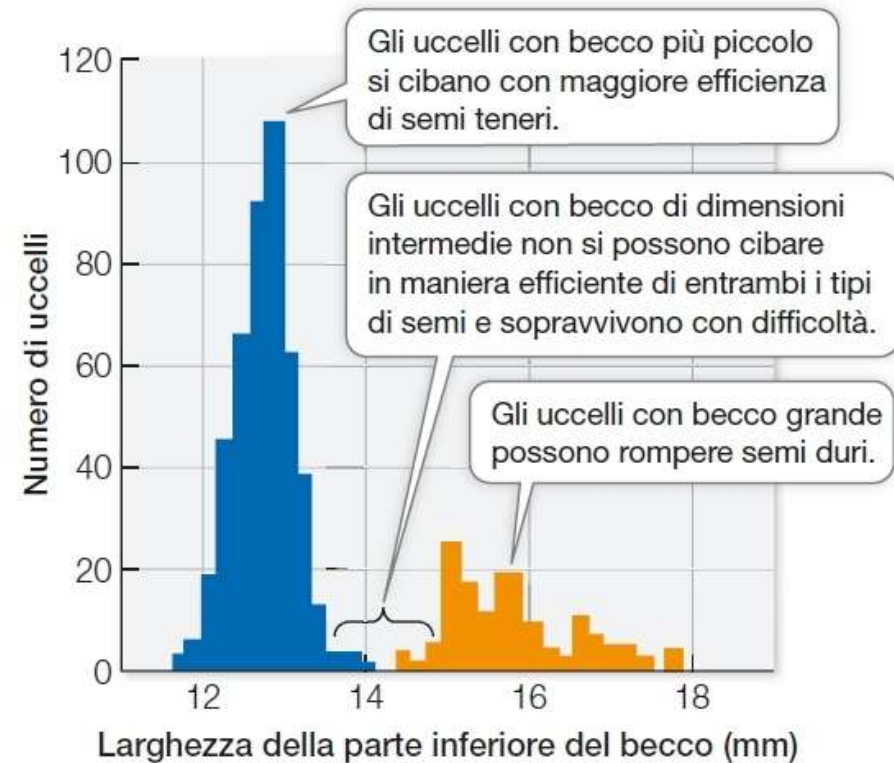


Figura 20.15 La selezione divergente porta alla distribuzione bimodale di un carattere La distribuzione bimodale delle dimensioni del becco nello spaccasemi pancianera (*Pyrenestes ostrinus*), un piccolo uccello dell'Africa occidentale, è il risultato di una selezione divergente che favorisce gli individui con un becco di dimensioni più grandi o più piccole rispetto agli individui con un becco di dimensioni intermedie.

La selezione naturale spesso mantiene la variabilità in una condizione di polimorfismo

Es.: La predazione è più efficace se la preda deve guardarsi da entrambi i lati

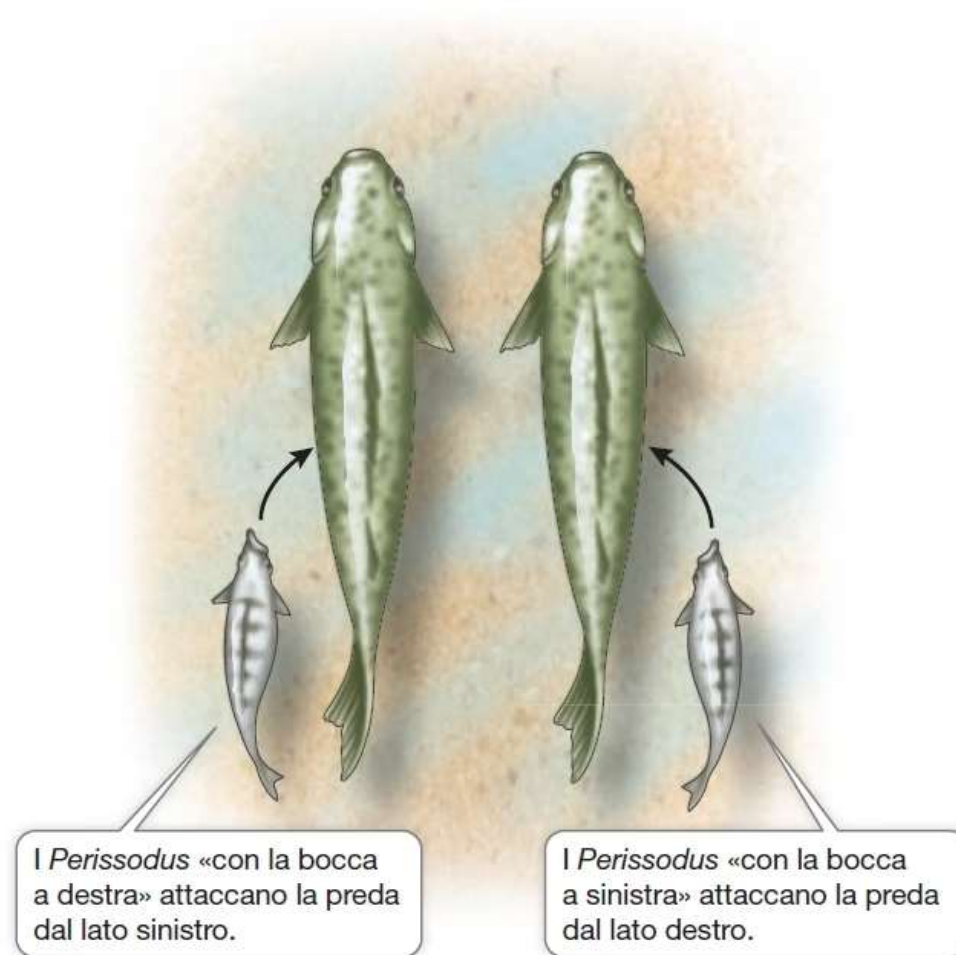


Figura 20.16 Un polimorfismo stabile In *Perissodus microlepis*, un pesce mangiatore di squame, la selezione dipendente dalla frequenza mantiene proporzioni uguali di individui con la bocca orientata a sinistra oppure a destra.

A volte gli individui eterozigoti avranno probabilità di successo maggiore rispetto agli individui omozigoti

Es. Le farfalle *Colias* delle montagne rocciose

Le popolazioni sono polimorfiche per un gene PGI (fosfoglucoisomerasi) che influenza la capacità di volare a diverse temperature, **con** volano a temp più basse, **senza** a temp più alte

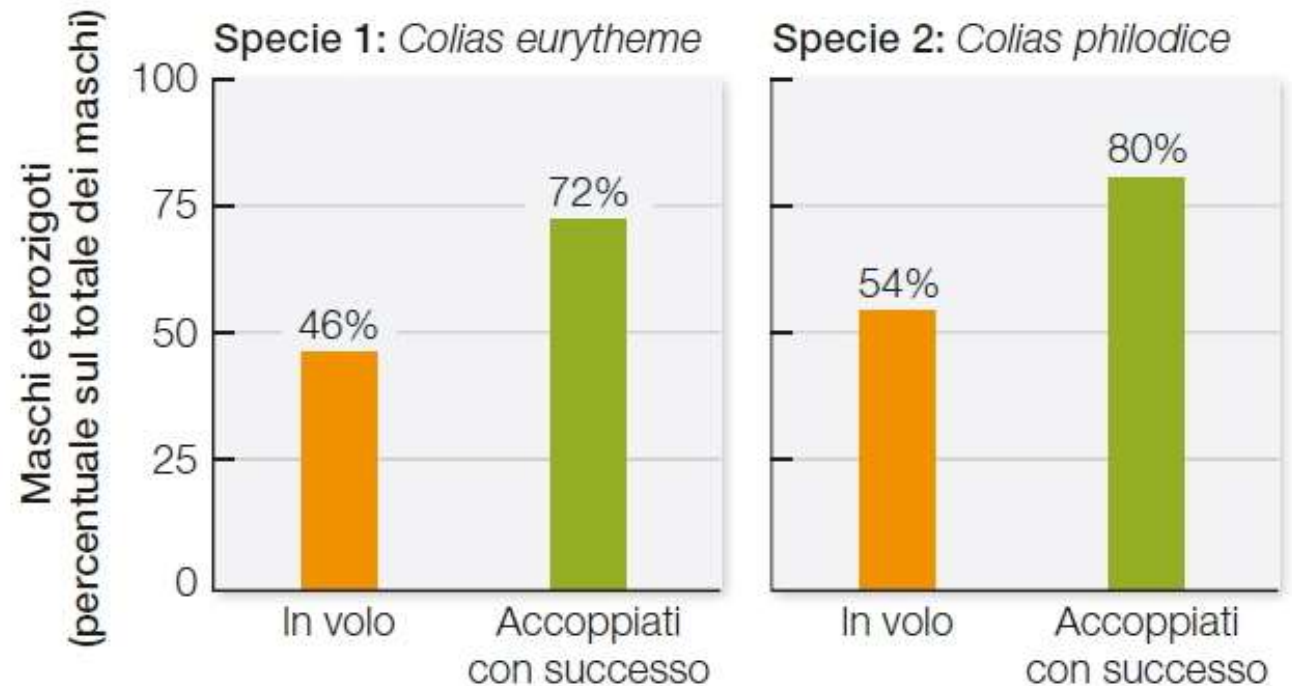


Figura 20.17A Un vantaggio riproduttivo per gli eterozigoti

VANTAGGIO DEGLI ETEROZIGOTI

In alcune popolazioni dell'Africa l'allele recessivo per l'anemia falciforme

$q(s)$ 0,2 20% di cui:

32% della popolazione eterozigoti ($2pq$) e resistenti alla malaria

Solo il 4% affetta da anemia falciforme

Distribuzione dell'anemia falciforme in Africa simile alla distribuzione della malaria.

Eritrociti con genotipo eterozigote più resistenti al parassita della malaria: gli eterozigoti favoriti dalla selezione naturale

Aree storicamente endemiche per la malaria per la popolazione umana



Distribuzione dell'allele per l'anemia falciforme



Gran parte della variabilità genetica si mantiene sotto forma di differenze tra membri che vivono in luoghi diversi

Le popolazioni variano geneticamente perché soggette a pressioni selettive differenti in ambienti differenti

Es.: *Trifolium repens*

Graduale cambiamento del fenotipo attraverso un gradiente geografico **variazione clinale**

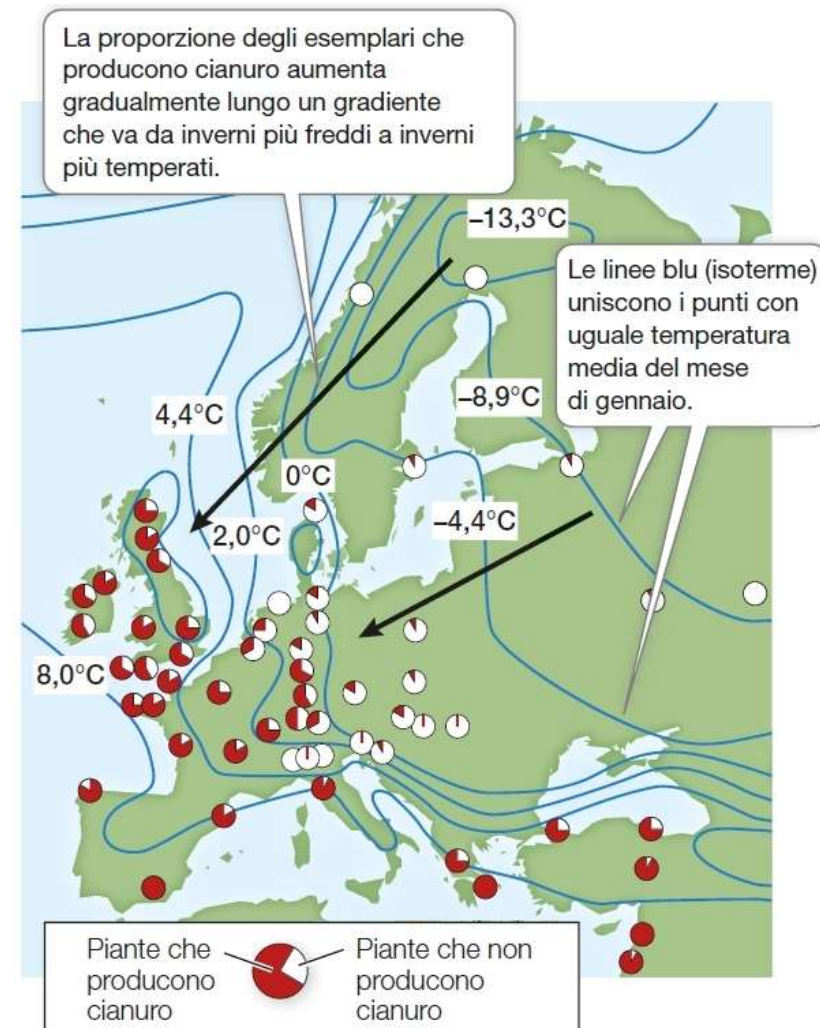


Figura 20.18 Variazione geografica in una difesa chimica

La proporzione degli individui che producono cianuro nelle popolazioni europee di trifoglio bianco (*Trifolium repens*) è correlata con le temperature invernali.

I vincoli dello sviluppo sull'evoluzione sono importanti perché *tutte le innovazioni evolutive sono modifiche di strutture precedentemente esistenti*

I fenotipi attuali di organismi sono vincolati da condizioni storiche e pressioni selettive passate

Es. Evoluzione dei pesci che vivono sul fondo del mare

(A) *Taeniura lymma*



(B) *Bothus lunatus*



Figura 20.19 Due soluzioni per uno stesso problema (A) Questo pastinaca (una razza con aculeo velenifero) i cui antenati avevano un corpo appiattito in senso dorsoventrale, poggia sul fondo con il ventre. Il corpo delle razze è simmetrico rispetto al piano sagittale. (B) La passera di mare, i cui antenati erano appiattiti lateralmente, sta appoggiata su un fianco (la sua colonna vertebrale è sul lato destro dell'immagine). Gli occhi delle passere di mare migrano durante lo sviluppo, così da trovarsi entrambi sullo stesso lato del corpo.

Perché un adattamento sia favorito occorre che i benefici di *fitness* da esso conferiti superino i costi di *fitness* che esso impone

Il rapporto costi-benefici deve essere favorevole

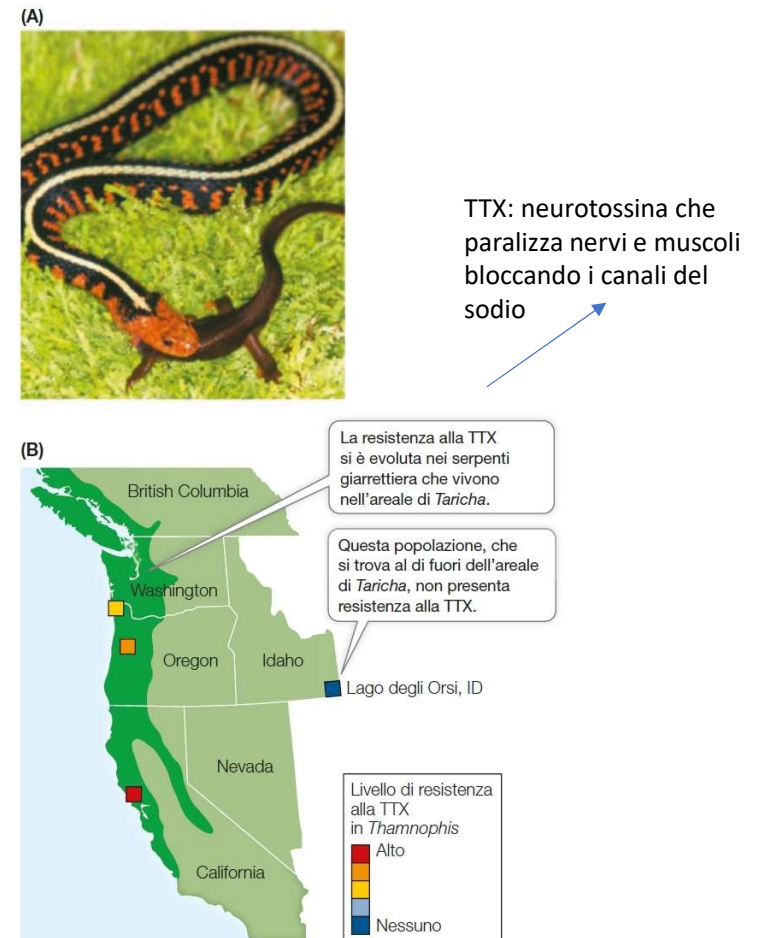


Figura 20.20 La resistenza a una tossina ha un proprio costo

(A) Il serpente giarrettiera (*Thamnophis sirtalis*) è un predatore del tritone *Taricha granulosa*. Questo anfibio si difende sequestrando nella sua pelle la neurotossina TTX. Ma dei canali del sodio resistenti alla TTX si sono evoluti anche in alcune popolazioni del serpente, permettendo a questi di nutrirsi dei tritoni tossici, al prezzo però di una maggior lentezza di movimenti, nelle ore successive alla predazione, dei serpenti stessi. (B) Presso i serpenti giarrettiera, un'alta resistenza alla TTX si trova solo nelle regioni di sovrapposizione fra l'areale del serpente e quello del tritone (area in color senape).

? Perché la resistenza alla TTX non si è diffusa oltre l'areale del serpente giarrettiera?