

# Genetica della Conservazione

## Lezione 8

Allevamento in cattività  
e reintroduzione

# Vantaggi dell'allevamento in cattività

L'allevamento in cattività è una componente essenziale per la conservazione in quanto:

Istituisce popolazioni *ex situ* in località sicure

Educano e impegnano la gente comune e favoriscono la raccolta dei fondi per la salvaguardia delle specie in pericolo

Forniscono materiale di ricerca e dati applicabili alle specie in natura

Procurano organismi per la reintroduzione

## **Principali siti di allevamento in cattività:**

Zoo e bioparchi

Acquari

Orti botanici

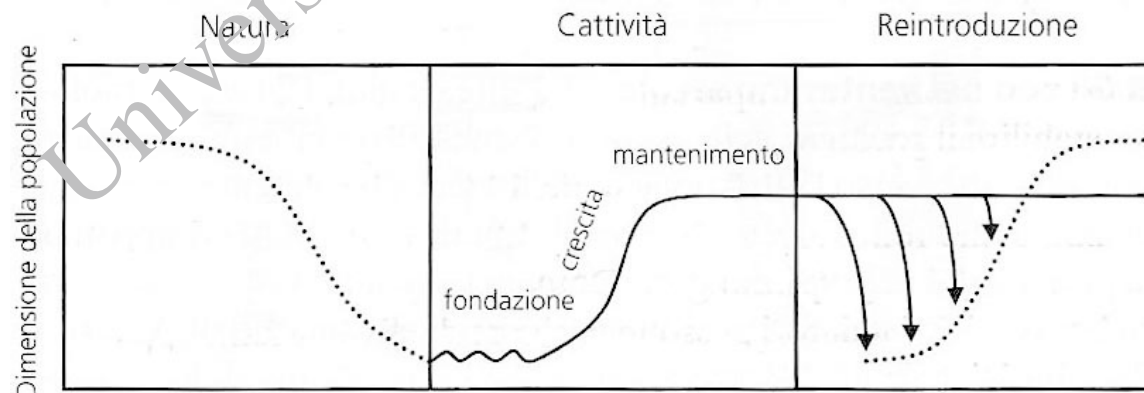
# I libri genealogici (*studbooks*)

Sono **database** al computer che raccolgono gli alberi genealogici e la storia di tutti gli individui presenti nei siti di allevamento in cattività. Permettono di pianificare lo scambio di organismi tra vari siti per massimizzare la circolazione di flusso genico tra gli animali allevati, onde avere progenie a fitness quanto più vicina al normale.

# Cattività e reintroduzione

È un processo in sei fasi, che prevede:

1. Riconoscimento del declino della popolazione selvatica e delle sue conseguenze genetiche
2. Costituzione di una popolazione in cattività
3. Crescita della popolazione in cattività fino ad un valore adeguato
4. Mantenimento nel tempo della popolazione
5. Scelta degli individui per la reintroduzione
6. Gestione della popolazione reintrodotta in natura



# Fase 1 - riconoscimento del declino

Il riconoscimento avviene mediante la valutazione di:

1. tasso di declino
2. dimensione della popolazione
3. perdita della diversità genetica
4. stima dell'inincrocio

## Fase 2 - fondazione della popolazione in cattività

Al momento della fondazione, la dimensione della popolazione è ridotta e di solito è scarsa la conoscenza di *come* si alleva l'organismo. Se la popolazione di fondazione deve rappresentare la diversità genetica della popolazione naturale e minimizzare l'inincrocio, **servono almeno 20-30 individui fondatori non imparentati**. Tuttavia capita che non tutti si riproducono in cattività, quindi tale numero può essere anche molto superiore. Il dato numerico viene dalla formula  $H_1/H_0 = 1 - 1/(2N_e)$ ; in una generazione mantengo il 95% dell'eterozigosità con 10 fondatori effettivi; oppure il 98% con 30 fondatori effettivi.

**(nota: per aumentare H del 3% serve il triplo dei fondatori!)**

# Fase 2 - problematiche

1. Bisogna innanzitutto risolvere le eventuali ambiguità tassonomiche;
2. poi va valutato l'impatto economico del recupero: con pochi fondatori, il costo iniziale degli organismi è basso, ma poi per evitare l'inincrocio servono popolazioni grandi da mantenere in cattività; con un numero alto di fondatori (ammesso anche che siano disponibili...), il costo iniziale è molto più elevato, ma nel lungo termine bastano popolazioni di dimensioni minori che quindi, alla lunga, costano assai meno.

**nota: attualmente quasi tutte le popolazioni in cattività sono state iniziate con un numero fortemente inadeguato di fondatori!**

## Fase 2 - pianificazione

Per poter avere abbastanza *materiale di buona qualità* per fondare la popolazione in cattività prima che la specie entri in una fase di pericolo critico estremo bisogna prelevare gli organismi quando la popolazione selvatica è formata da ancora almeno ~1000 individui; in questo modo è probabile che:

- i fondatori abbiano un basso livello di inincrocio

- il prelievo abbia un impatto minimo sulla popolazione selvatica

- si abbia il tempo di sviluppare tecniche adeguate di allevamento



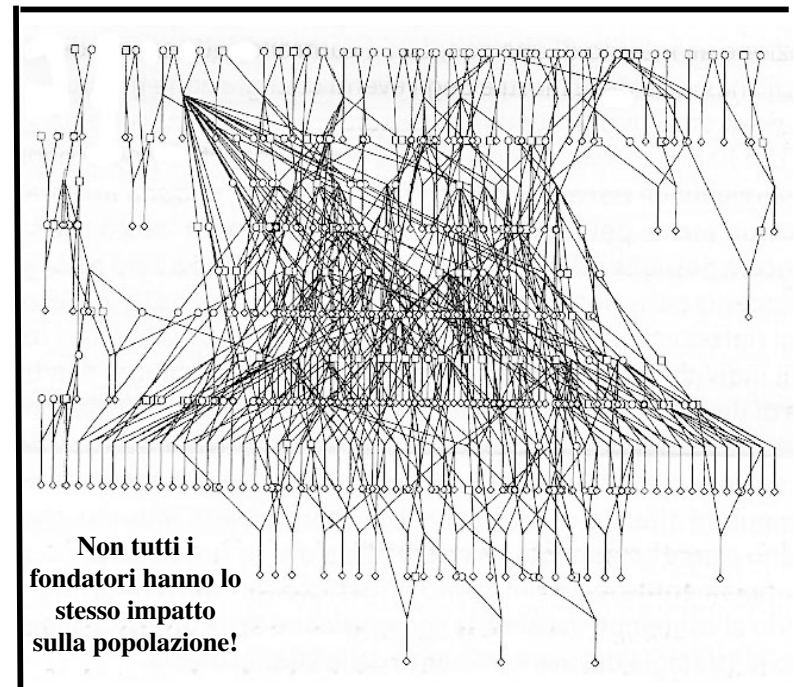
# Fase 3 - crescita della popolazione in cattività

La fase iniziale prevede che la popolazione cresca numericamente il più rapidamente possibile, anche mettendo da parte gli aspetti genetici; semplicemente, ci si limita ad evitare accoppiamenti (se possibile) tra parenti prossimi e dando a tutti gli organismi la possibilità di incrociarsi. Il valore minimo di individui è dato da  $N_e=475/L$ , ma in realtà dipende anche da:

effetto del fondatore (collo di bottiglia)  
rapporto  $N_e/N$

- varianza della dimensione familiare
- rapporto sessi
- sistema di incrocio
- fluttuazioni di  $N$

lunghezza della generazione  
velocità di accrescimento di  $N$



# Fase 4 - mantenimento della popolazione in cattività

Le popolazioni allevate in cattività si deteriorano a causa di:

depressione da inincrocio

perdita di diversità genetica

accumulo di mutazioni deleterie

(mal)adattamenti genetici alla cattività

**L'idea è quella di rendere minimo qualsiasi cambiamento del *pool* genico nelle generazioni, congelando l'evoluzione della popolazione in cattività.**

## Fase 4 - massimizzare $N_e/N$

L'obiettivo di mantenere il 90% della diversità per 100 anni è comunque difficile nelle specie in pericolo poiché il numero di fondatori è spesso assai esiguo. Per migliorare la situazione si può:

equalizzare la dimensione della famiglia (  $N_e \sim 2N$  )

equalizzare il rapporto sessi (evitare harem)

equalizzare la dimensione della popolazione nelle varie generazioni

massimizzare la lunghezza della generazione (accoppiamento tra animali anziani, crioconservazione)

**In generale, con questi accorgimenti il rapporto  $N_e/N$  può salire da 0,1 (natura) a 0,3 e oltre (cattività).**

## Fase 4 - minimizzare la parentela

Rendere minima la parentela (*kinship* o *coancestry*) è fondamentale soprattutto perché non tutti i fondatori contribuiscono allo stesso modo alle generazioni successive rischio di inincrocio. Minimizzare la *kinship* significa quindi aumentare la variabilità genetica. Si tratta di selezionare come genitori gli individui che possiedono la minore relazione di parentela rispetto alla popolazione generale. Se questa procedura si applica a fondatori non imparentati, si ha un effetto simile a quello di rendere uguale la dimensione familiare ( aumento del rapporto  $N_e/N$ ).

# Definizione di *kinship*

**Rappresenta la probabilità ( $k$ ) che due alleli presi in modo casuale siano identici per discesa, e quindi è strettamente correlata al coefficiente di inincrocio  $F$ . In particolare, nel caso di autofecondazione, si ha  $k = F = 1/2(1 + F_{\text{individuale}})$ . Negli altri casi bisogna calcolare anche la parentela di un individuo con se stesso (perché lui stesso è parte della popolazione). La *kinship* media ( $mk_i$ ) per un individuo  $i$  è la media dei valori di parentela di quell'individuo con ogni altro individuo della popolazione, incluso se stesso, cioè:**

$$mk_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n k_{ij}$$

Analogamente, per una popolazione la *kinship* media è:

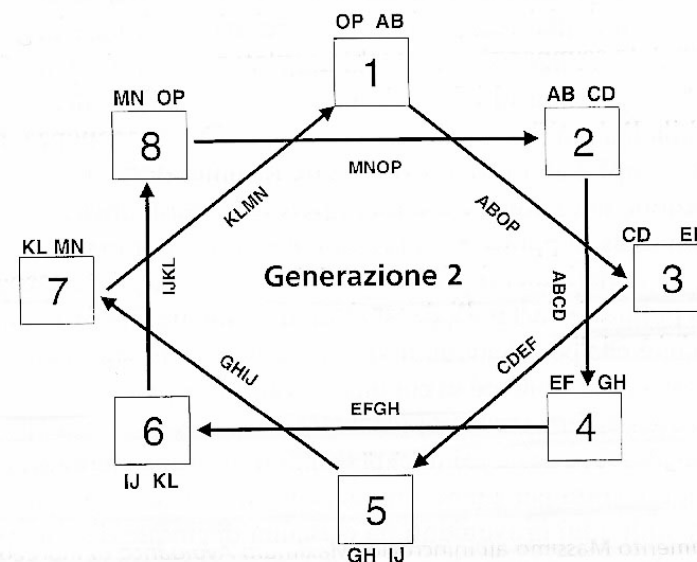
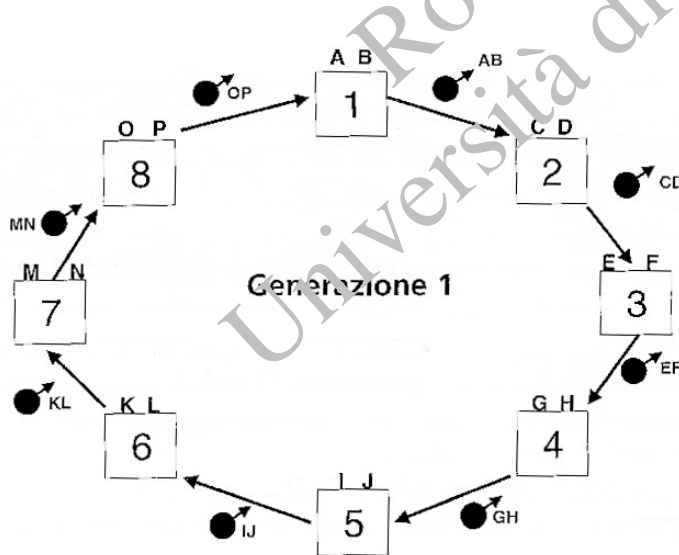
$$\overline{mk} = F = 1 - H_t/H_0$$

# Conseguenze

1. Minore è la parentela, minore è la riduzione di eterozigosità
2. Gli individui con *kinship* minore sono quelli più *validi* per l'accoppiamento, e lo sono perché possiedono il minor numero di alleli in comune per discesa
3. Nella gestione a medio termine, devono essere evitati gli incroci tra individui con valori di *kinship* molto diversi, poiché questo provocherebbe problemi nella gestione delle generazioni successive (minor numero di *opzioni di incrocio*)
4. L'incrocio tra individui con *kinship* alta porta ad inincrocio e depressione da inincrocio, quindi va evitata

# Fase 4 - gestione dei gruppi

Obiettivo finale: minimizzare l'inincrocio! Quindi, se non sono noti gli alberi genealogici degli individui in cattività, la gestione a rotazione dei gruppi può essere d'aiuto. Nell'esempio, si gestisce prima con gruppi contigui, poi ogni due, poi ogni quattro. Alla quarta generazione si ricomincia da capo (anche se a questo punto inizia l'inincrocio). Anche qui l'effetto è simile a quello di equalizzare la dimensione della famiglia (maggiore rapporto  $N_e/N$ ).





# Conservazione *ex situ* delle piante

Per le piante la situazione è più semplice poiché possono essere conservati i semi (eccezione: molte piante tropicali senza *dormienza del seme*) e, in alcuni casi, possono essere crioconservate. Nelle piante con autofecondazione è necessario che i semi vengano da più popolazioni diverse (se possibile) poiché la diversità tra popolazioni è maggiore che tra individui della stessa popolazione si consigliano 1-20 semi provenienti da ciascuno di 10-50 individui, a loro volta provenienti da almeno 5 popolazioni diverse.



# Gestione delle malattie ereditarie

L'ideale sarebbe quello di rimuovere eventuali malattie ereditarie dalla popolazione cresciuta in cattività. Tuttavia questo significa impedire che l'allele venga trasmesso impedire l'accoppiamento dei portatori ridurre il  $N_e$  dei fondatori! Tre approcci al problema:

- tentare comunque di rimuovere l'allele (per lo più, recessivo, quindi portato da eterozigoti fenotipicamente normali approccio valido se ho  $N_e$  grande)
- minimizzare la frequenza fenotipica della condizione (selezionando opportunamente gli incroci)
- *ignorare* il problema (soprattutto se i fondatori sono pochi)

# Fase 5 - reintroduzione

Analisi preliminare:

l'habitat è ancora integro e capace di ospitare la popolazione?

la minaccia che ha portato alla crisi è ancora presente?

Se sì, eventualmente può essere rimossa?

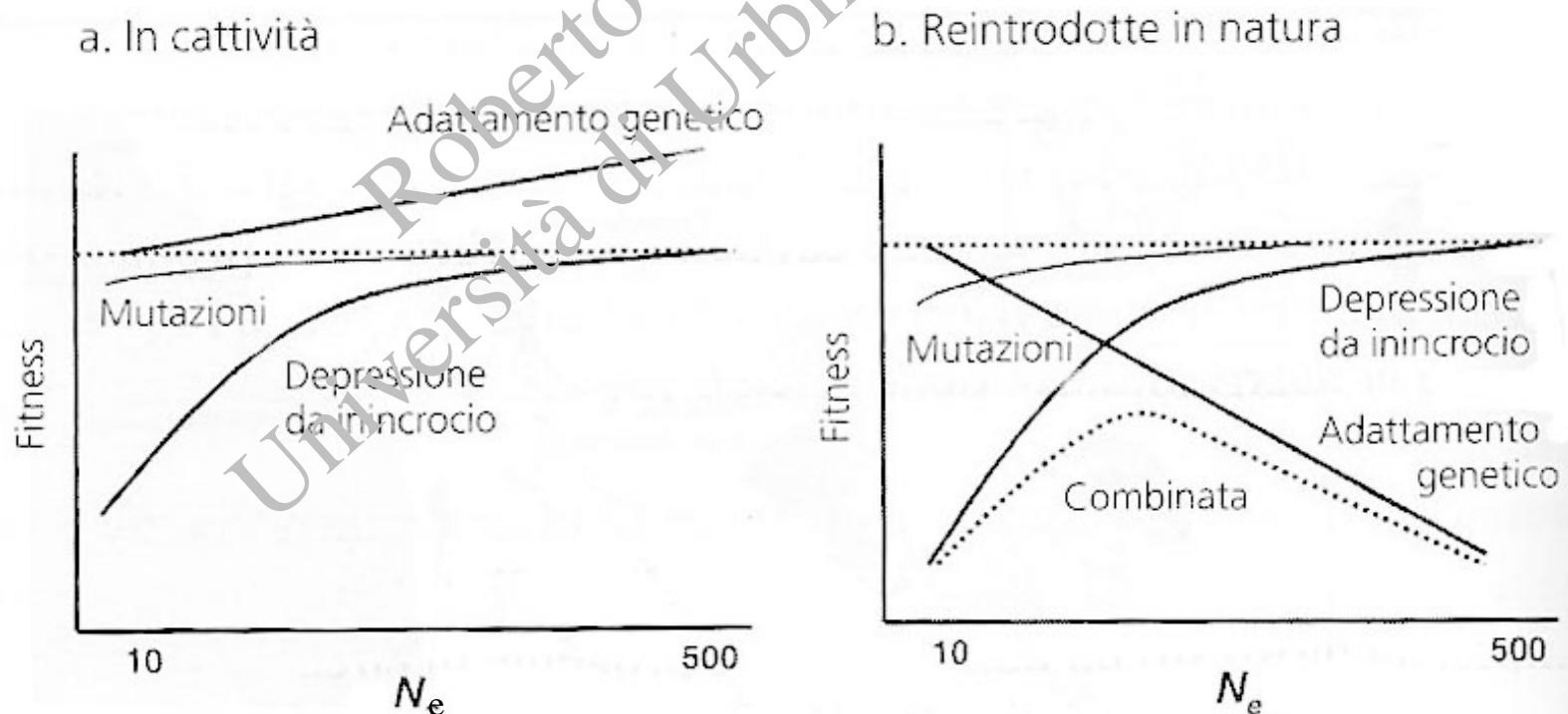
gli animali allevati in cattività sono in grado di *vivere* dopo la reintroduzione?

# Cambiamenti genetici in cattività

Fattori stocastici e deterministici agiscono diversamente, con tempi diversi e hanno relazioni diverse con la dimensione della popolazione. Tra i fattori deterministici che influenzano il successo della reintroduzione in natura, c'è il **cambiamento ambientale della cattività che altera la pressione selettiva**. Questo effetto è molto più evidente in popolazioni grandi che piccole (contrariamente all'inincrocio!)

# Adattamento genetico alla cattività

Rappresenta una delle maggiori minacce al successo delle reintroduzioni. Esempi: l'istinto alla fuga penalizzato dalle recinzioni; il comportamento sottomesso, favorito dagli allevatori; la capacità di cattura della preda; la capacità di sfuggire ai predatori; la mancata resistenza alle malattie dovuta alle cure veterinarie.



# Fase 5 - minimizzare l'adattamento genetico alla cattività

Rendere minimo il numero di generazioni in cattività

Rendere minima la selezione in cattività, creando un ambiente il più possibile simile a quello naturale

Rendere minima la variazione genetica all'interno delle popolazioni

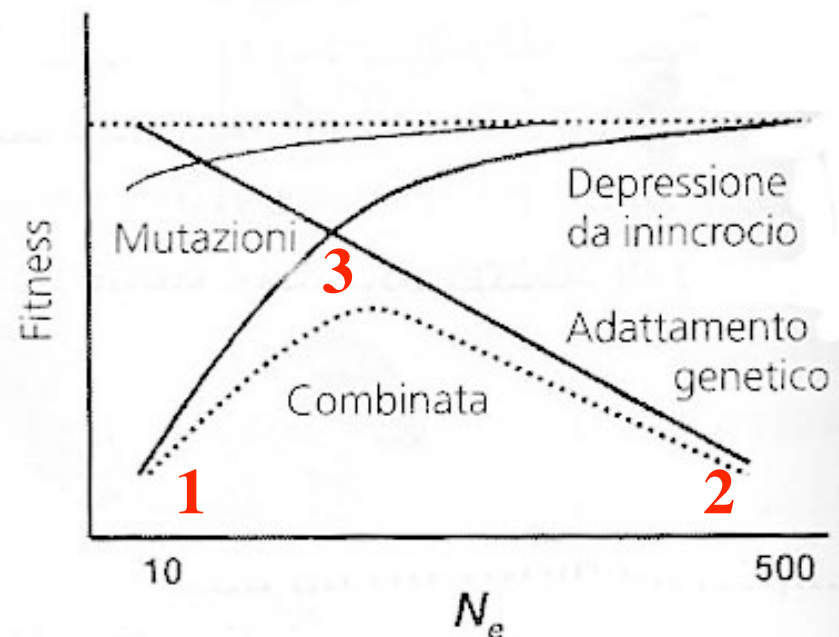
Rendere massima la proporzione di immigranti nell'ambiente naturale con introduzioni frequenti di individui nuovi

Rendere massima la lunghezza della generazione

# Fase 5 - dimensione della popolazione in cattività

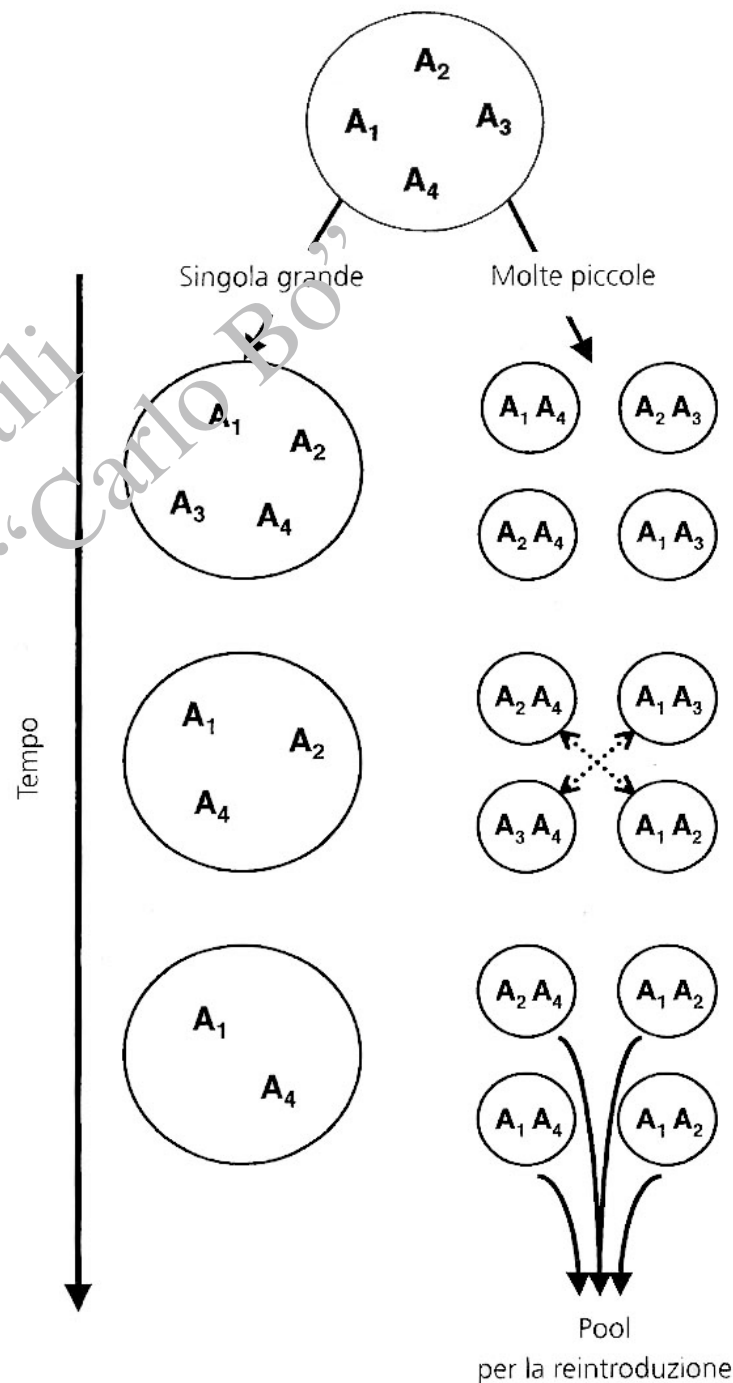
La depressione da inincrocio è un problema delle popolazioni piccole (**1**); l'adattamento alla cattività è un problema delle popolazioni grandi (**2**).

Per cercare di ridurre al minimo questi problemi bisognerebbe lavorare con popolazioni né grandi né piccole! (**3**)



# Fase 5 - 1a frammentazione come compromesso

Soluzione: mantenere una grande popolazione generale frammentata in tante sottopopolazioni parzialmente isolate le popolazioni piccole vengono mantenute isolate finché l'inincrocio non diventa un problema ( $F = 0,15$ ), quindi vengono sottoposte ad esoincrocio. **NB: nessuna delle sottopopolazioni deve estinguersi!**



# Gestione genetica delle reintroduzioni

Come scegliere i siti per la reintroduzione?

Quanti siti di reintroduzione servono?

Come gestire geneticamente le popolazioni reintrodotte?

Quali e quanti individui si debbono reintrodurre?

Università degli Studi di Perugia "Carlo Bo"



# Gestione genetica delle reintroduzioni

I siti per la reintroduzione dovrebbero essere il più possibile simili al sito originale prima del periodo di cattività

Il loro numero dovrebbe essere almeno 10, in modo da ridurre la possibilità di estinzione a causa di catastrofi o di stocasticità ambientale

Le popolazioni reintrodotte, una volta autosufficienti, potranno essere gestite (Fase 6) come già descritto in precedenza (lezione 7)

# Fase 5 - chi reintrodurre?

Idealmente, gli individui da reintrodurre saranno:

sani

con maggiore fitness

con minore coefficiente di inincrocio

con ampia diversità genetica

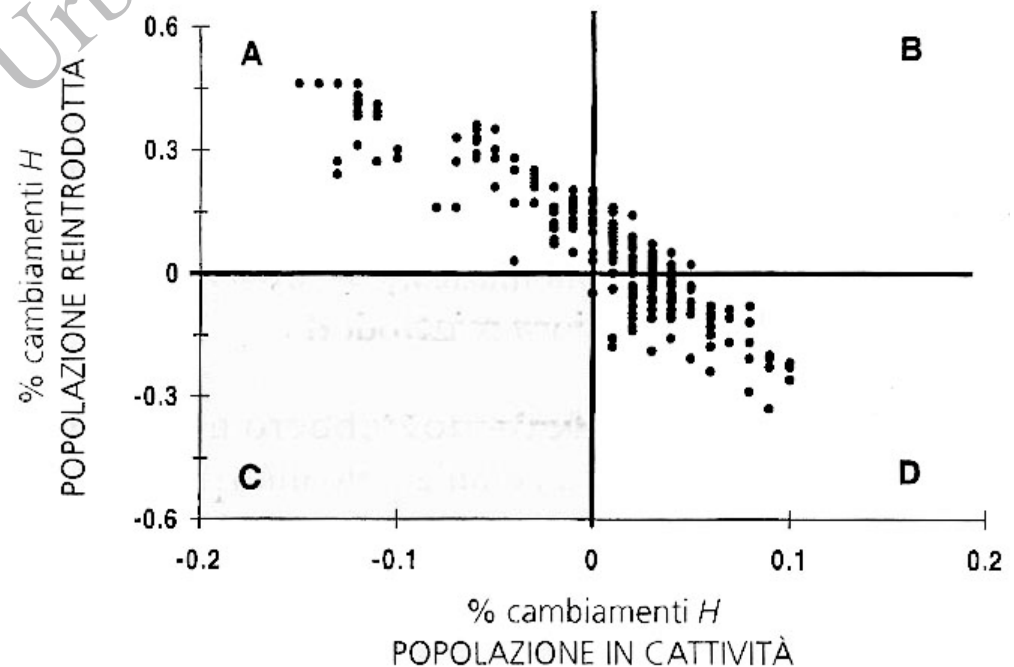
Tuttavia bisogna anche tenere conto che togliere questi individui dalla popolazione in cattività, indebolisce la popolazione stessa      conflitto tra popolazioni  
gestione oculata nel tempo degli individui!

# Fase 5 - scelta degli individui in una popolazione

- A: buoni da reintrodurre, dannosi in cattività perché con alta *kinship*
- B: buoni per entrambe le popolazioni; sono sovra-rappresentati in cattività ed hanno bassa *kinship* con quelli reintrodotti (conflitto)
- C: dannosi per entrambe le popolazioni (alta *kinship* con entrambe le popolazioni)
- D: i primi animali da reintrodurre, poiché *sacrificabili* la reintroduzione in natura è pericolosa.

**Ordine di reintroduzione:**

**D B A**



# Fase 5 - scelta degli individui da più popolazioni in cattività

Se sono disponibili più popolazioni in cattività (soprattutto per le piante), ci sono varie opzioni per la scelta di individui da reintrodurre:

**Da una sola popolazione** tra più disponibili: si fa quando una specie mostra forte adattamento locale. Si può applicare solo se la popolazione viene reintrodotta nello stesso ambiente.

**Da una combinazione di popolazioni:** non si può fare se la causa dell'estinzione è il deterioramento ambientale. Valida invece se l'ambiente è mutato.

**Da incroci tra popolazioni:** un'opzione migliore della precedente in caso di ambiente mutato.