

4 – Dinamica di popolazione

POPOLAZIONE

INSIEME DI INDIVIDUI CONSPECIFICI CHE OCCUPANO UN'AREA SPECIFICATA (Dodson *et al.*, 1998);

GRUPPO DI INDIVIDUI TRA I QUALI E' POSSIBILE LO SCAMBIO DI INFORMAZIONI GENETICHE IN UNA DATA AREA (Odum, 1983);

GRUPPO DI INDIVIDUI POSTI IN UNA SITUAZIONE TALE CHE DUE QUALSIASI DI ESSI HANNO UGUALE PROBABILITA' DI ACCOPPIARSI CON OGNI ALTRO INDIVIDUO E GENERARE PROLE, SE DI SESSO OPPOSTO ED ENTRAMBI MATURI (MAYR, 1963).

Es: popolazioni di elefanti dell'Africa orientale;
 popolazioni di meli dell'America settentrionale;
 popolazioni di gorilla in residui di foreste tropicali intatte

....Popolazione italiana

Ecologia Biotecnologie

4 – Dinamica di popolazione

CARATTERISTICHE DELLA POPOLAZIONE

- **DENSITA'**
- **NATALITA' (TASSO DI NASCITE)**
- **MORTALITA' (TASSO DI MORTI)**
- **DISPERSIONE**
- **DISTRIBUZIONE PER ETA'**
- **POTENZIALE BIOTICO**
- **MODELLI DI ACCRESCIMENTO NUMERICO**

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

DENSITA' DI POPOLAZIONE

E' la dimensione di una popolazione in relazione all'unità di spazio; n° di individui, o biomassa della popolazione, per unità di area o di volume:

DENSITA' NUMERICA: n° individui/m² o /m³

Es: 200 alberi per acro; 5 mil. di diatomee per m³ d'acqua

DENSITA' DI BIOMASSA: g biomassa/m² o / m³

Es: 200Kg di pesce per ettaro di superficie d'acqua

Ecologia

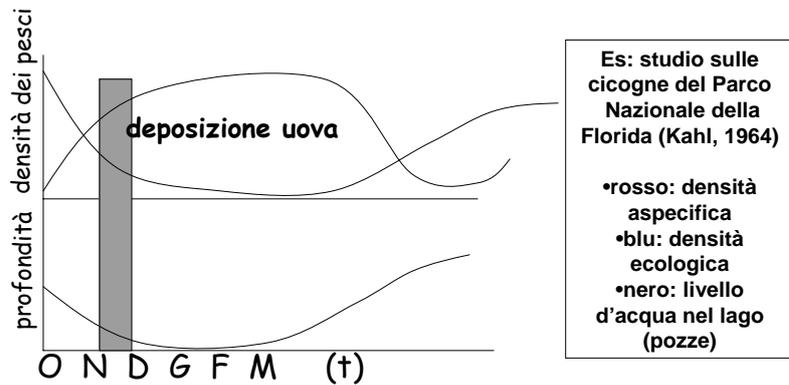
Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

DENSITA' DI POPOLAZIONE

DENSITA' ASPECIFICA: n° individui o g biomassa/m² o /m³(habitat totale)

DENSITA' ECOLOGICA O SPECIFICA: n° individui o g biomassa /m² oppure /m³(di habitat utilizzato)



Ecologia

Biotecnologie

4 – Dinamica di popolazione

DENSITA' DI POPOLAZIONE:
Tecniche per misurare la densità delle popolazioni

- conta totale: per organismi di grandi dimensioni;
- metodo della quadrettatura: per organismi piccoli, poco mobili;

Densità media della popolazione per unità di spazio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

x_i = n° di individui in ogni quadrato
 n = n° di quadrati

- metodi della marcatura e ricattura: per organismi molto mobili;

Ecologia

Biotecnologie

4 – Dinamica di popolazione

Stima della dimensione

- **metodo della cattura e ricattura**
- **$a/N=c/b$ da cui $N=ab/c$**
- **dove: N è il numero di individui stimato in una popolazione**
- **a è il numero di individui catturati, marcati e rilasciati nel primo campionamento**
- **b è il numero totale di individui che vengono catturati nel secondo campionamento**
- **c è il numero di individui marcati che vengono catturati nel secondo campionamento**

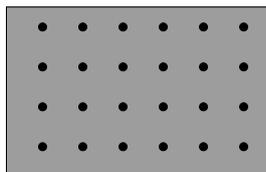
Ecologia

Biotechnologie

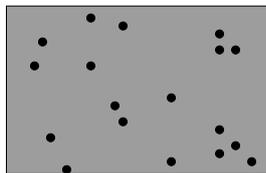
4 – Dinamica di popolazione

DISPERSIONE

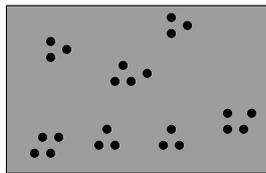
$$\text{Varianza: } s^2 = \frac{\sum(x-m)^2}{n-1}$$



UNIFORME (es. le piante di oliveto)



CASUALE (su risorse omogenee)



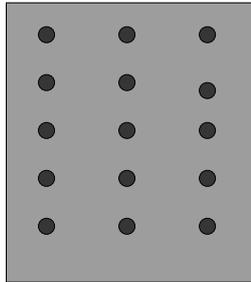
RAGGRUPPATA (es. formicai)

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

Dispersione uniforme



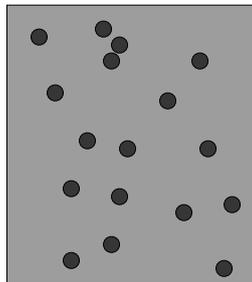
La varianza statistica è zero
perciò
la media degli individui
dentro ciascuna cella è
più grande della varianza

Ecologia

Bioteconologie

4 – Dinamica di popolazione

Dispersione casuale



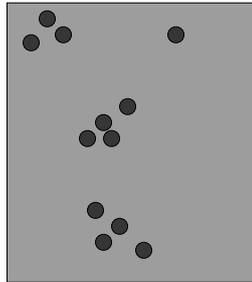
La varianza e la media
sono uguali

Ecologia

Bioteconologie

4 – Dinamica di popolazione

Dispersione raggruppata



La varianza è maggiore della media

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

NATALITA' DI POPOLAZIONE

Capacità di una popolazione di produrre nuovi individui

NATALITA' MASSIMA: n° individui totale di individui che un individuo può produrre quando non esistono fattori limitanti; è determinata da solo fattori fisiologici ed è una costante per una popolazione.

NATALITA' ECOLOGICA O REALIZZATA: n° individui che vengono effettivamente prodotti e vanno ad accrescere la popolazione; non è costante.

NATALITA' ASSOLUTA: n° individui prodotti

NATALITA' SPECIFICA: n° individui prodotti/unità di popolazione.

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

MORTALITA' DI POPOLAZIONE

Morte di individui di una popolazione

MORTALITA' ECOLOGICA O REALIZZATA: perdita di individui sotto una data condizione ambientale; non è costante.

MINIMO TEORICO DI MORTALITA' : n° di morti in condizioni ideali o non limitanti; minimo teorico di mortalità (vecchiaia) costante per ogni popolazione.

MORTALITA' ASSOLUTA: n° individui morti

MORTALITA' SPECIFICA: n° individui morti/unità di popolazione (individuo).

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

DEMOGRAFIA DI POPOLAZIONE

TABELLE DI VITA: metodo sistematico per avere un quadro completo della dinamica di una popolazione

x: tempo = età (giorni, mesi, anni);

l_x : n° di individui di una data popolazione che sopravvivono dopo intervalli di tempo regolari;

d_x : n° di morti durante intervalli di tempo successivi;

q_x : probabilità di morti durante intervalli successivi;

e_x : probabilità di vita alla fine di ogni intervallo.

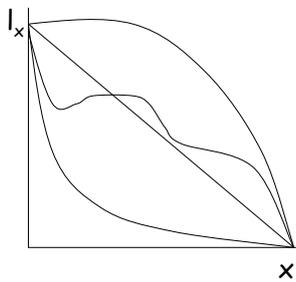
Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

CURVE DI SOPRAVVIVENZA

Ricavabili dai dati di una tabella di vita



$I_x = n^\circ$ sopravvissuti

$x = \text{età}$

Convessa: bassa mortalità iniziale; aumenta con l'aumentare dell'età (es: uomo)

Diagonale: la probabilità di morte è uguale ad ogni età (teorica)

Concava: mortalità alta durante gli stadi giovanili (es: larve di mitili e ostriche)

Gradini: sopravvivenza diversa in stadi successivi della vita (es: insetti ometaboli)

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

TAVOLE DI SOPRAVVIVENZA

N° di individui che sopravvivono ad ogni singola età

Se x : età \longrightarrow I_x espresso come frequenza (tra 0 e 1) indica il n° di sopravvissuti alla particolare età x

Es: $x = \text{anni}$;
solo il 50% dei membri di una popolazione sopravvive fino all'età di 1 anno;

\longrightarrow $I_1 = 0.5$

10% fino all'età di 2 anni \longrightarrow $I_2 = 0.1$

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

TAVOLE DI FECONDITA'

N° medio di femmine prodotte da una femmina per ogni età della sua vita (m_x)

Es:

Alla nascita nessuna femmina è in grado di riprodursi	→	$m_0 = 0$
...e neppure dopo il primo anno di vita	→	$m_1 = 0$
nel 2° anno di vita genera in media 2 figlie femmine	→	$m_2 = 2$
nel 3° anno di vita genera in media 4.5 figlie femmine	→	$m_3 = 4.5$

Ecologia

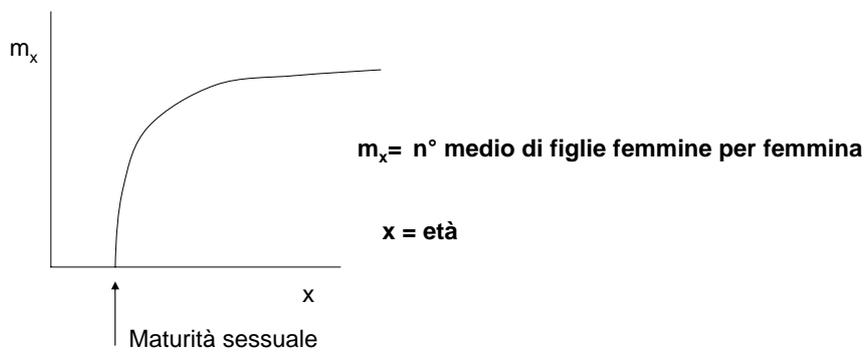
Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

CURVA DI FECONDITA'

La tavola di fecondità può anche essere rappresentata graficamente da una curva di fecondità

Es: curva di fecondità del pidocchio dell'uomo



Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

TASSO DI RIPRODUZIONE

R_0 : n° medio di femmine che una femmina produce durante tutta la sua vita

Nel caso di specie a generazioni non sovrapposte, R_0 è l'esatto fattore di cui la popolazione si accresce ad ogni generazione

Tasso riproduttivo netto

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

l_x = frazione di femmine che sopravvivono a ciascuna età

x = età

m_x = n° medio di figlie femmine per femmina

$R_0=1$ \longrightarrow condizioni di stabilità

$R_0>1$ \longrightarrow la popolazione aumenta

$R_0<1$ \longrightarrow la popolazione diminuisce

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

DISTRIBUZIONE PER ETÀ' DELLE POPOLAZIONI

Distribuzione della popolazione in classi di età

Influenza la natalità e la mortalità e quindi lo stato riproduttivo di una popolazione



Popolazione in rapida espansione: molti individui giovani

Popolazione stazionaria: distribuzione più uniforme delle classi di età

Popolazione in declino: notevole quantità di individui vecchi

Una popolazione può passare da una struttura per età ad un'altra senza modificare le sue dimensioni

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

DISTRIBUZIONE PER ETA' DELLE POPOLAZIONI

Nel modo più semplice una popolazione può essere suddivisa in tre classi di età o fasi:

- Fase pre riproduttiva
- Fase riproduttiva
- Fase post riproduttiva

La durata di ciascuna fase può variare tra specie in rapporto alla durata del ciclo biologico ed a sue particolari caratteristiche

Esempi:
Efemerotteri: da 1 a parecchi anni come larve acquatiche, pochi gg da adulti;

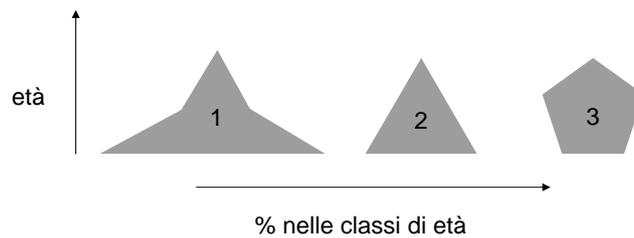
Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

PIRAMIDI DI ETA'

La forma più comune di descrizione delle distribuzione per età è costituita dalle *piramidi di età*



- 1 **Popolazione in espansione numerica**
- 2 **Popolazione tendenzialmente all'equilibrio**
- 3 **Popolazione in restrizione numerica**

Ecologia

Biotechnologie

POTENZIALE BIOTICO

“Proprietà intrinseca degli organismi di riprodursi, e sopravvivere, cioè di aumentare di numero. Essa è la somma algebrica del numero di individui prodotti ad ogni generazione, del numero di eventi riproduttivi in un dato periodo di tempo, del rapporto sessi e della capacità generale di sopravvivere in certe condizioni ambientali” (Chapman, 1928).

Birch (1948) ed altri studiosi prima di lui hanno cercato di tradurre il concetto di potenziale biotico in termini matematici



Potenziale biotico o potenziale riproduttivo= r_{max} = max velocità di accrescimento di una popolazione che si può realizzare quando non esiste alcuna forma di limitazione sui tassi di natalità e di sopravvivenza delle popolazioni.

POTENZIALE BIOTICO DI POPOLAZIONE

$$r = b_0 - d_0$$

b_0 = natalità specifica istantanea

d_0 = mortalità specifica istantanea

r = velocità intrinseca di accrescimento di una popolazione



Possono esistere più valori di r per una popolazione



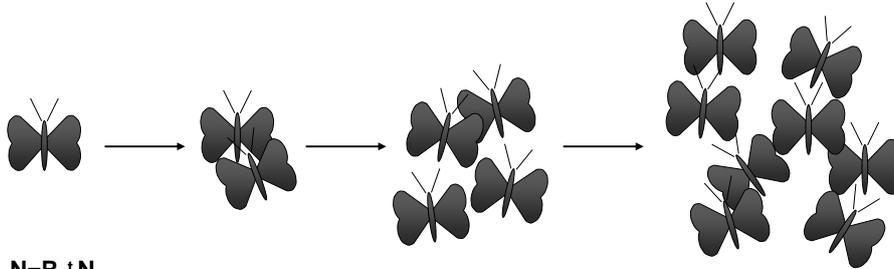
Se non esiste alcuna forma di limitazione sui tassi di natalità e di sopravvivenza delle popolazioni la velocità di accrescimento specifica prende il nome di velocità intrinseca dell'aumento naturale o r_{max} = potenziale biotico

4 – Dinamica di popolazione

FORMA DI ACCRESCIMENTO

Caso 1 ACCRESCIMENTO ESPONENZIALE in popolazioni semelpare (a generazione non sovrapposta)

Per popolazioni con riproduzione annuale e con generazioni non sovrapposte



$$N = R_0^t N_0$$

N : dimensione della popolazione
R₀ : tasso netto di sostituzione per generazione
N₀ : n° di individui iniziali
t : n° di generazioni

Ecologia

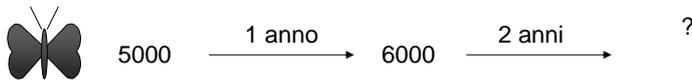
Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

ESEMPI:

R₀ = 2 N₀ = 1000 individui t = 5 generazioni N ?

N = 2⁵ x 1000 N = 32000



$$R_0 = 6000/5000 = 1.2$$

$$N = 1.2^2 \times 5000$$

$$N = 7200$$

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

ACCRESIMENTO ESPONENZIALE

Caso 2 popolazioni iteropare (con generazioni sovrapposte)

Per popolazioni che si riproducono continuamente nel corso dell'anno

$$\frac{dN}{dt} = rN = (b_0 - d_0)N$$

$\frac{dN}{dt}$: n° di individui di cui si accresce la popolazione nell'unità di tempo

r : costante, tasso intrinseco di accrescimento

N : numero di individui della popolazione ad un dato momento

b_0 : numero di figli prodotti in media da un individuo nell'unità di tempo

d_0 : numero medio di morti per individuo per unità di tempo

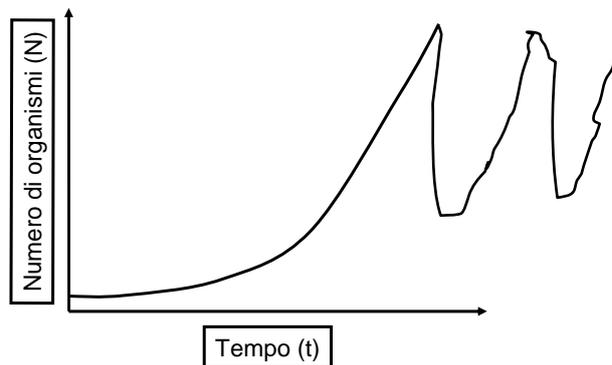
Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

ACCRESIMENTO ESPONENZIALE

$$\frac{dN}{dt} = rN$$



Solo in circostanze particolari e per brevi periodi di tempo!

(molta disponibilità di risorse, assenza di predatori...)

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

ESEMPI:

Popolazione di pidocchi in espansione; $r = 0.111$ per giorno

Se $N = 100$ pidocchi $\frac{dN}{dt} = ?$

$\frac{dN}{dt} = rN = 0.111 \times 100 = 11.1$ pidocchi al giorno

Popolazione umana (1959) : 2,907,000,000

$b_0 = 0.036$ $d_0 = 0.019$ $\frac{dN}{dt}$ nel 1959 = ?

$r = b_0 - d_0 = 0.036 - 0.019 = 0.017$

$\frac{dN}{dt} = 0.017 \times 2907000000 = 49419000$

4 – Dinamica di popolazione

ACCRESIMENTO ESPONENZIALE

$\frac{dN}{dt} = rN$ risolvendo l'equazione differenziale.....

$N = N_0 e^{rt}$ per il calcolo di N per periodi di tempo lunghi

N_0 : n° di organismi al momento iniziale dell'osservazione

t: tempo trascorso dall'inizio dell'osservazione

e: 2.718

4 – Dinamica di popolazione

Sud America $r = 0.023$ per anno N_0 (1959) = 137000000

N (1975) = ?

$t = 16$ anni $N = N_0 e^{rt}$ $N = 137000000 e^{0.023 \times 16}$

Ratti $r = 0.0147$ Quanti gg occorrono per ogni raddoppio della popolazione?

$N = N_0 e^{rt}$ ~~$2N_0 = N_0 e^{0.0147t}$~~

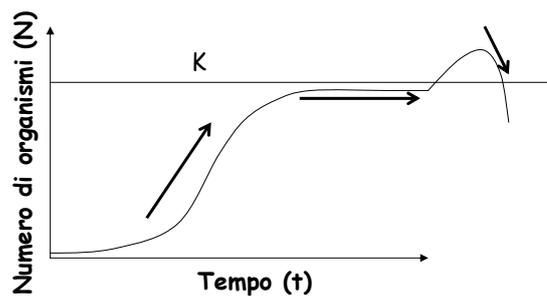
$2 = e^{0.0147t}$ $\ln(2) = 0.0147t$ $0.693 = 0.0147t$

$t = 0.693 / 0.0147 = 47.14$ gg

4 – Dinamica di popolazione

ACCRESIMENTO LOGISTICO

$$\frac{dN}{dt} = r N \frac{(K-N)}{K}$$



$K =$ capacità portante dell'ambiente (interazioni all'interno e tra popolazioni, resistenza ambientale..)

Se $N \rightarrow K$ $\frac{dN}{dt} \rightarrow 0$ Se $N > K$ $\rightarrow - \frac{(K-N)}{K}$

Se $N \rightarrow 0$ $\frac{dN}{dt} \rightarrow rN$

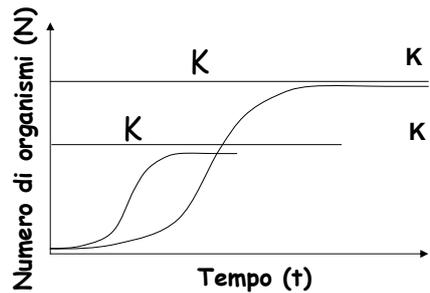
4 – Dinamica di popolazione

$r = \text{tasso intrinseco di accrescimento} = b_0 - d_0$

$K = \text{capacità portante dell'ambiente}$

$$\frac{dN}{dt} = r N \frac{(K-N)}{K}$$

r e K sono indipendenti!



Esempio:

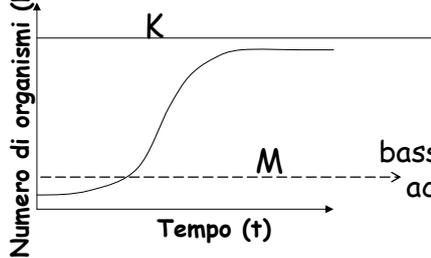
K piccolo r elevato \longrightarrow specie rara
(raggiunge K rapidamente)

K grande + r piccolo \longrightarrow Specie
abbondante
(raggiunge K lentamente)

Ecologia

Biotechnologie

..... ACCRESCIMENTO LOGISTICO



bassi valori di N + tasso di accrescimento elevato ?!

M : limite inferiore al di sotto del quale l'accrescimento della popolazione è negativo

$$\frac{dN}{dt} = r N \frac{(K-N)}{K} \frac{(N-M)}{N}$$

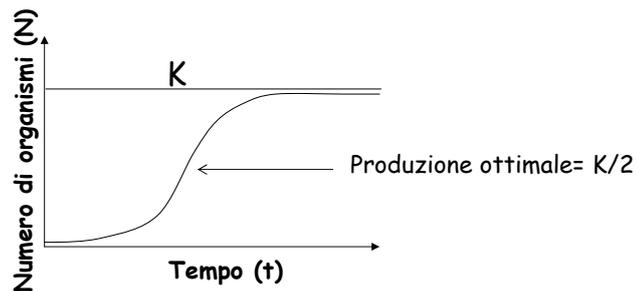
Quando $N < M \longrightarrow$ Estinzione
Quando $N > M \longrightarrow$ Accrescimento

4 – Dinamica di popolazione

PRODUZIONE OTTIMALE

La produzione ottimale o produzione max sostenibile è il tasso max di accrescimento che una popolazione presenta in un particolare ambiente (Wilson e Bossert, 1974)

E' anche il tasso max a cui possono essere prelevati individui senza ridurre la dimensione della popolazione.



Ecologia

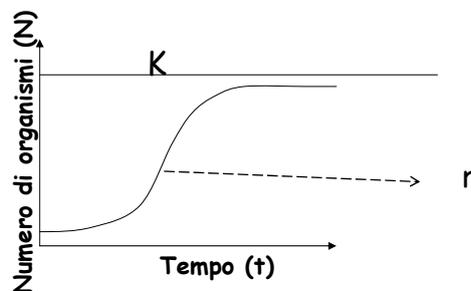
Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

r E K STRATEGIA

r strategia consiste nella capacità di sfruttare efficacemente risorse ancora inutilizzate di recente accumulo che tengono le popolazioni continuamente nella parte iniziale, ascendente, della curva logistica di accrescimento.

K strategia consiste nella capacità di occupare e difendere un tratto di ambiente e di estrarre da esso tutta l'energia disponibile.



Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

Popolazioni r strateghe

- vivono in ambienti soggetti a imprevedibile variazioni
- riescono a riprodursi così rapidamente da invadere e sfruttare l'ambiente prima che arrivino altre specie competitive (r elevato)
- si disperdono alla ricerca di altri ambienti di nuova formazione appena il vecchio comincia a modificarsi in modo sfavorevole.

Esempi:

Popolazioni che invadono il tappeto erboso di una radura recente in una foresta o la superficie del fango di sponde di recente formazione di un fiume.

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

Popolazioni k strateghe

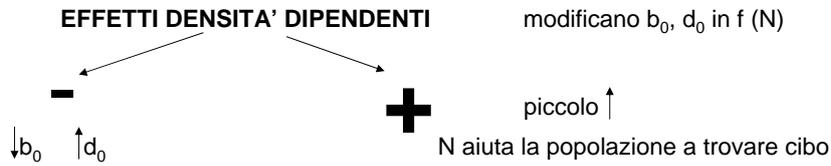
- vivono in ambienti più stabili e duraturi
- sono prossime o addirittura al livello di saturazione k
- hanno un'alta capacità competitiva

Esempi: Foresta climax, l'interno di una barriera corallina o una caverna

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione



Fattori densità dipendenti: fattori i cui effetti dipendono da N

(Es: competizione intra ed interspecifica , disponibilità di cibo, alterazione chimica dell'ambiente con escreti e metaboliti...)

L'incidenza di questi fattori nella popolazione varia al crescere della sua densità

Intercompensazione: se una modificazione ambientale sottrae la popolazione alla pressione di un 1° fattore, la popolazione si accresce fino ad un livello al quale entra in azione un 2° fattore

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

EFFETTI DENSITA' INDIPENDENTI

Modificano natalità e mortalità senza essere condizionati dalla densità della popolazione

Es: fattori perturbativi:

- Incendi
- Alluvioni
- Eruzioni vulcaniche
- Invasione da parte di un predatore

Ecologia

Biotechnologie

4 – Dinamica di popolazione

FEEDBACK GENETICO

“In un sistema erbivori-vegetazione, la densità degli animali influenza la pressione di selezione sulle piante; questa selezione influenza la composizione genetica delle piante stesse, che a sua volta influenza la densità degli animali.

Questo insieme di azioni e reazioni fra popolazioni che partecipano alla stessa catena alimentare con un meccanismo di feedback genetico da come risultato l'evoluzione e la regolazione delle popolazioni” PIMENTEL (1968).