

DIDATTICA

| LA DINAMICA DI POPOLAZIONE |

La regolazione di una popolazione avviene essenzialmente attraverso:

- **Fattori densità indipendenti**
(la frazione di popolazione rimossa è costante e non dipende dalla sua densità) Ne sono esempi tipici l'azione del fuoco, eventi meteorologici ecc.
- **Fattori densità dipendenti**
(la frazione rimossa varia all'aumentare della densità) Una conseguenza manifesta di questo fatto è rappresentata dal tasso di crescita di una popolazione: esso tenderà ad essere elevato in presenza di basse densità di individui e diminuirà all'aumentare della stessa densità a causa della competizione per il cibo, per lo spazio, per l'azione di predatori e per il manifestarsi di malattie.

Se da una popolazione naturale, all'equilibrio in prossimità della "**carring capacity**" (**capacità portante, K**), si asportano individui, la diminuita pressione competitiva tra gli organismi rimasti può produrre un aumento del tasso di natalità.

Le specie con un elevato potenziale riproduttivo (specie alto-r) in assenza di competizione sono capaci di riprendersi rapidamente da drastiche riduzioni della popolazione: è questo il caso di molte specie infestanti. Una buona capacità di dispersione associata ad alto r consente a popolazioni, pur non dotate di elevata capacità competitive, di prendere il sopravvento in alcuni ambienti.

Esempio: **la Lemna**

Popolazioni a basso-r (come il gufo macchiato) sono generalmente caratterizzate da individui a vita lunga: un sovrasfruttamento di queste popolazioni le conduce rapidamente all'estinzione. D'altro canto specie ritenute dannose, sono più facilmente controllabili se hanno un basso-r (esempio vampiri).

Da un punto di vista gestionale, una popolazione ha la massima resa in biomassa (o individui) quando sono massimizzati (contemporaneamente) il tasso riproduttivo e la densità degli organismi: d'altro canto quando la densità è prossima alla capacità portante dell'ambiente il numero di individui è massimo, ma il tasso riproduttivo tende a ridursi. La condizione ottimale, alla quale è massima la resa sostenibile (MSY), si ha quando la densità è tra quella minima (col massimo tasso riproduttivo individuale) e quella massima (K, col minor tasso riproduttivo individuale).

In pratica la condizione di MSY è difficile da definire a ragione delle fluttuazioni che caratterizzano la densità delle popolazioni e dagli effetti densità dipendenti che sono tanto maggiori in prossimità di K e con basso-r. Il prelevare quantità costanti di organismi da una popolazione di valore elevato economico non è sempre vantaggioso perchè si corre il rischio (se la popolazione è naturalmente prossima al suo MSY) di sfruttarla e portarla all'estinzione.

Esistono altri modelli di gestione del controllo di una popolazione: ad esempio quello basato sul concetto di "**prelievo per unità di sforzo**". In questo modello si ritiene che lo sforzo necessario per catturare nuovi individui aumenti con la riduzione della densità: regolamentare lo "**sforzo**" di cattura (ad esempio limitando le ore di pesca per mese o il consumo di carburante) consente di evitare di estinguere la popolazione purchè il prelievo consentito sia razionalmente ragionevole.

La stabilità della popolazione

Una popolazione con un tasso di crescita nullo è in equilibrio: se la popolazione viene a

trovarsi al di fuori di questa situazione, tenderà a ritornarvi. Una popolazione può però avere più punti di equilibrio stabile e altri di equilibrio instabile. Questi ultimi spesso caratterizzano popolazioni a bassa densità e a basso-r ma anche nel caso di pesci sottoposti ad intenso sfruttamento.

Quando la densità è troppo bassa possono esservi difficoltà nel reperire il partner sessuale, si riduce l'efficacia di comportamenti cooperativi di difesa da parte dei predatori ecc. Inoltre eventi casuali (cambiamenti ambientali, malattie ecc.) possono portare la popolazione al collasso completo.

Definire quale sia la dimensione minima "**sicura**" di una popolazione è difficile da definire. (Ad esempio, Shaffer ha stabilito, mediante modelli matematici, che una popolazione di 35-70 orsi aveva una probabilità del 95% di mantenersi per 100 anni nello Yellowstone National Park).

Molti insetti infestanti sembrano avere molteplici equilibri stabili. Queste specie sono controllate (a basse densità) da predatori, parassiti e patogeni. Al di sopra di una dimensione critica, tuttavia, questi fattori non sono più in grado di controllare gli insetti. Questo fatto ha implicazioni nel modo di condurre il controllo dell'agente infestante e fa comprendere come sia inefficace trattare la popolazione con pesticidi quando è già "esplosa" numericamente, invece di controllare che la sua densità si mantenga ai valori entro i quali agiscono i sistemi regolatori naturali.

La dispersione e i movimenti della popolazione

Le specie differiscono tra loro per le modalità della loro densità e dispersione nello spazio (a gruppi, casuale ecc.) **nonchè per il comportamento migratorio.**

Molte specie terrestri occupano porzioni di habitat aventi dimensioni e gradi di isolamento variabili. Se le specie manifestano movimenti migratori, è indispensabile tener presente le relazioni tra la popolazione nell'area di accoppiamento e quella esterna a tale area.

I salmoni possono essere bloccati, nel loro tragitto migratorio di centinaia di miglia, da una sola diga; gli uccelli migratori dipendono nel loro viaggio da pochi punti di ristoro lungo la loro rotta migratoria: da qui l'esigenza della cooperazione internazionale per salvaguardare queste specie.

L'aggregazione di alcuni animali (balene, pesci) in gruppi, li espone maggiormente alla cattura, anche se originariamente tale comportamento consentiva vantaggi alla popolazione.

Popolazioni isolate infatti, se presentano tassi di migrazione molto bassi, **hanno minori capacità di riprendersi da stress: ciò accade se l'habitat è circondato da ambienti non idonei alla specie.**

Ad esempio ciò può avvenire quando, con l'intervento dell'uomo, un bosco viene ad essere circondato da prati e/o città.

Lasciare corridoi che consentano lo scambio tra ambienti simili rappresenta un modo per consentire movimenti che possono avere finalità diverse: raccolta di cibo, incontro con partner sessuali, migrazione.

I tassi di crescita, l'età, e la dimensione degli individui

Il tasso di crescita di una popolazione e l'influenza su di esso dell'ambiente sono conoscenze dalle quali dipende il successo di operazioni gestionali quali la forestazione, l'allevamento di pesci e l'agricoltura.

La dimensione degli individui è spesso usata come indicatore dell'età perchè è facile da misurare e significativa in popolazioni ad accrescimento continuo. Quando però la correlazione tra età e dimensione non è sicura si possono ottenere risultati dannosi. E' questo il caso del *Capreolus capreolus* (Scozia) la cui popolazione venne sovrasfruttata in seguito al fatto che vennero sovrastimate le femmine fertili: tra esse infatti, vennero erroneamente inseriti i giovani che

avevano avuto una crescita corporea notevole.

Se le risorse (cibo o luce) sono limitanti, l'eliminazione degli individui di taglia maggiore favorisce l'aumento di quelli rimasti.

La struttura per età

Variazione nell'attesa di vita o nella struttura per età di una popolazione può incidere sui processi gestionali.

Questi due parametri sono associati a molte variabili, quali la distribuzione spaziale, il potenziale riproduttivo, habitat per il nutrimento, così che risulta difficile generalizzare le implicazioni per la gestione. In termini generali sembra che una popolazione avente gli individui longevi e ripartiti in molte classi riproduttive sia più stabile e più facile da gestire di quelle caratterizzate da poche classi di età di individui a breve vita. Va però ricordato che la longevità può mascherare il declino della popolazione.

Il rapporto sessi

Talvolta involontariamente talvolta intenzionalmente, **l'uomo può modificare il rapporto sessi in quanto induce mortalità diversa tra maschi e femmine.** L'effetto che consegue a questo sbilanciamento dipende dal sistema di accoppiamento caratteristico della specie.

In specie poligame, un solo maschio è in grado di fecondare molte femmine è così una riduzione del numero dei maschi ha un effetto trascurabile.

Ad esempio, il passaggio da un rapporto

femmine : maschi = 1:1 ad uno 15:1 - riduce del 5% la produzione di piccoli nel caso del salmone.

Invece per quelle specie dove entrambi i genitori si occupano della prole (specie per altro monogame), l'alterazione del rapporto tra sessi ha effetti più marcati. Tale rapporto può essere alterato per aumentare la produttività: esempio le mucche da latte o la selezione di vegetali.

| ASPETTI GENETICI ED EVOLUZIONISTICI |

L'evoluzione di resistenze

Si è citato altrove la documentazione di forme di resistenza al DDT comparse rapidamente dopo il suo impiego.

A posteriori ciò appare ovvia conseguenza dell'elevato tasso di riproduzione, del breve tempo di generazione e della dimensione enorme delle popolazioni di insetti: sono queste le caratteristiche che rendono probabile (o certa) la comparsa di mutazioni genetiche che possono risultare favorevoli.

Al fine di ridurre la comparsa di organismi resistenti sono attualmente diffuse diverse vie di approccio.

Tra queste quella di impiegare contemporaneamente due principi attivi in modo da ridurre la probabilità che compaiano contestualmente due mutazioni favorevoli e quella di usare i principi attivi in modo intermittente; ciò dovrebbe consentire di far diminuire la frequenza dei mutanti resistenti in seguito a competizione con i non mutati. Questa ipotesi però non sembra esser valida in modo universale come testimonia la maggior fitness del *Plasmodium della malaria* resistente al Chloroquinone.

Le conseguenze genetiche di catture selezionate sulla taglia o sul sesso

Catture eseguite in modo non random (non casuale) possono produrre cambiamenti genetici nelle popolazioni. Ad esempio, l'uso di reti a maglie larghe che concentrano la cattura di maschi adulti, fa sì che sfuggano alla rete maschi piccoli, sessualmente maturi, il cui caratteri genetici di conseguenza aumentano nella popolazione: queste forme piccole sono evidentemente meno pregiate ed il loro controllo è un aspetto importante.

Le conseguenze genetiche di una piccola popolazione

In piccole popolazioni, l'incrocio genetico può portare a due effetti:

- a) depressione da incrocio che riduce la fitness individuale;
- b) perdita di variabilità genetica con riduzione del potenziale adattativo.

Questi due effetti hanno indotto ad individuare quale sia il minimo numero effettivo (N_e) della popolazione che riduca il coefficiente di incrocio o lo mantenga su valori tollerabili. In condizioni "ideali" (**quando il rapporto sessi è 1:1, dimensione costante, accoppiamento casuale, distribuzione di Poisson delle dimensioni delle famiglie**, ecc) N_e è pari al numero attuale di individui N . Nelle popolazioni naturali (reali) $N_e < N$.

| LE INTERAZIONI PREDA-PREDATORE |

Una prima differenza tra predatori riguarda la varietà di prede che sono in grado di impiegare come cibo.

I predatori generalisti (quelli con ampio spettro alimentare) non risentono della perdita di una specie in quanto possono utilizzare altre fonti energetiche.

I predatori specialisti invece sono strettamente dipendenti da una o poche prede: questo spiega perchè essi siano caratteristici di ambienti più stabili. La monofagia richiede quasi sempre una forte specializzazione del predatore che presenterà strutture adattate a questo scopo: spine, sostanze tossiche, ecc.

In generale si può osservare che questi predatori hanno taglie inferiori a quelle della preda.

Pertanto l'introduzione o l'eliminazione di predatori in un ecosistema richiede che sia noto se il sistema è controllato dai predatori (predator controller) o sia invece controllato da donatori (donor-controlled). Nell'ultimo caso, la quantità di prede disponibili non dipende dalla predazione, bensì da altri fattori ambientali. Sono esempi di queste comunità: quelle di animali sessili planctivori delle zone intertidali (il cibo arriva trasportato dalle onde), quelle che si nutrono di piante ed animali morti, di frutta e di semi.

Nei sistemi "predator-controlled", il predatore, rimuovendo una parte delle prede ne può modificare il tasso riproduttivo.

Da un punto di vista dell'ecosistema, la rimozione di un predatore può avere influenze molto marcate se è predator-controlled; infatti, possono risultare modificati i rapporti tra le altre specie: ad esempio venendo a mancare il controllo da parte del predatore, una popolazione a bassa densità può diventare dominante.

Questo squilibrio può avvenire ad esempio in seguito all'applicazione di un pesticida: se la preda (che di solito ha tassi di crescita più rapidi) non viene completamente eliminata (fatto che avviene perchè i pesticidi sono agenti densità indipendenti e quindi agiscono sempre su una frazione costante della popolazione) e vengono depressi i predatori naturali, l'infestante può ricomparire dopo poco tempo a numeri molto elevati perchè è venuto meno il controllo da parte del predatore.

I meccanismi difensivi messi in atto dalla preda non sono solamente la fuga o il mimetismo ecc. (tipici di animali) ma anche agenti chimici quali tossine con effetto acuto o sostanze che riducono la loro digeribilità.

Le tossine presenti nei tessuti dei vegetali in piccole quantità, ad esempio, interferiscono con i processi metabolici quali la trasmissione dell'impulso nervoso, la sintesi delle proteine ed i bilanci

ormonali.

L'azione delle tossine tuttavia, si esercita su organismi generalisti mentre i predatori specialisti hanno elaborato dei sistemi adattativi (coevoluzione) di detossificazione.

|LE INTERAZIONI COMPETITIVE|

La competizione avviene quando organismi, che usano risorse comuni, diventano tanto numerosi da far sì che la domanda di cibo sia superiore alle risorse disponibili.

La competizione può avvenire tra individui della stessa specie (competizione intraspecifica) o tra individui di specie diverse (competizione interspecifica). Le interazioni possono anche essere diffuse tra un gran numero di specie ciascuna delle quali concorre in piccola parte alla competizione totale (competizione diffusa).

Il metodo diretto per comprendere il ruolo competitivo degli individui di una specie è quello di rimuoverli e di misurare la risposta delle specie rimaste. Purtroppo questo tipo di manipolazione non può essere attuato oppure lo può essere per tempi brevi: in tal caso l'effetto che si evidenzia è quello legato alle risposte a breve termine.

Risposte a lungo termine, che possono anche avere implicazioni di tipo genetico, non possono essere studiate in questo modo, salvo che in popolazioni caratterizzate da generazioni rapide (batteri, alghe, protisti e alcuni insetti).

E' accertato che la competizione presenta maggiori difficoltà della predazione: quest'ultima è un fattore relativamente costante mentre la competizione può essere intermittente, con lunghi periodi nei quali è molto debole o assente. Talvolta esistono atteggiamenti di competizione tra specie che hanno avuto questo tipo di relazione in un passato molto lontano e attualmente l'hanno abbandonato.

Riguardo al ruolo della competizione in natura esistono pareri contrastanti: sembra però che generalmente la competizione avvenga tra organismi dello stesso livello trofico. Sicuramente tra gli organismi delle comunità sessili marine vi è un'intensa competizione per lo spazio, indipendentemente dal livello trofico.

Molte interazioni competitive sono altamente asimmetriche nei loro effetti: una leggera differenza nell'abilità competitiva di una specie può portare alla completa esclusione dell'altra specie; in natura significa che una specie leggermente svantaggiata rispetto ad un'altra è generalmente meno comune e viene ritrovata in ambienti dove la specie che la domina non è presente.

|LE INTERAZIONI MUTUALISTICHE|

Il mutualismo avviene quando due specie traggono vantaggio reciproco dalla loro contemporanea presenza.

Come nella competizione, generalmente gli effetti del mutualismo non sono simmetrici. Sono note forme di mutualismo obbligato (esempio: alghe e funghi nei licheni) e facoltativo.

Molti mutualismi sono basati sul trasferimento di energia o di materiali tra partners e si ritiene che si siano evoluti da rapporti preda/predatore.

E' evidente che nella gestione di un ecosistema si deve prestare attenzione a questi rapporti perchè la perdita o riduzione di un mutualista può avere effetti disastrosi sull'altro: si pensi ad esempio al rapporto tra piante da frutto e l'ape mellifera per l'impollinazione.

Le interazioni tra piante ed impollinatori e disseminatori dei loro semi sono ovvie e solitamente

sono prese in considerazione.

Meno evidenti, anche se non meno importanti, sono invece le relazioni tra piante o animali e microorganismi.

La fissazione dell'azoto nei sistemi terrestri, ad esempio, dipende dalla presenza di poche specie di batteri e cianobatteri associati alle piante, prevalentemente leguminose. Ancora, la digestione della cellulosa nel rumine di mammiferi o nelle termiti è dovuta alla presenza di batteri cellulolitici.

|LA PRODUTTIVITÀ|

Studi di campo in sistemi più o meno naturali hanno dimostrato l'esistenza di una relazione positiva tra numero di specie e produttività.

La spiegazione più comune è che in sistemi più produttivi, molte risorse sono al di sopra della quantità minima richiesta per supportare i diversi consumatori e gli animali sono specializzati nell'impiegare risorse che, in sistemi poco produttivi, sono utilizzate da generalisti. Se la produttività aumenta la ricchezza in specie delle piante, allora anche la ricchezza in specie degli animali aumenterà.

In contrasto a quanto detto sopra, **l'eutrofizzazione** dei laghi **provoca una riduzione della ricchezza in specie**. La spiegazione di questo fatto non è ancora chiara. Un modello proposto ritiene che l'aumento di produttività rende i predatori più efficienti nell'eliminare alcune delle loro prede o nel produrre ampie fluttuazioni delle stesse con successiva scomparsa a seguito di altri fattori.

Nel caso dell'eutrofizzazione esiste in effetti la possibilità che si instaurino condizioni fortemente selettive (es. anaerobiosi, produzione di molecole ridotte, liberazione di metalli dai sedimenti, ecc.) per gli organismi.

|L'ORGANIZZAZIONE DELLA COMUNITÀ|

La ricchezza in specie è solo una delle proprietà delle comunità che influenza la sua struttura e dinamica.

Fattori abiotici (umidità, temperatura), edafici e processi biologici (competizione, predazione, mutualismo, struttura trofica) influenzano la struttura di una comunità. In genere però solo alcuni fattori dominano l'organizzazione di una comunità.

Per esempio, i nutrienti in molte foreste tropicali sono ripartiti nella vegetazione: quando essa viene rimossa il suolo perde i nutrienti e la capacità di rigenerarli. Particolari specie spesso dominano in modo evidente la comunità.

Ad esempio **le barriere coralline sono ovviamente dipendenti dalla crescita del corallo.**

Quando una singola specie è quella critica nel mantenimento della comunità viene definita "**specie chiave**". Un metodo per evidenziare lo stato di una comunità è quello dei diagrammi rango/abbondanza.