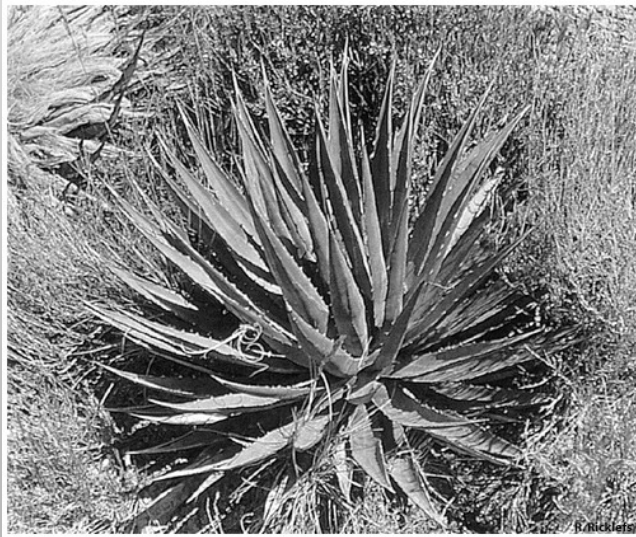


EKOLOGIJA POPULACIJA



- 1. Struktura populacija**
- 2. Dinamika populacija**
- 3. Strategije u produženju vrste
(Life history)**

STRATEGIJE U PRODUŽENJU VRSTE (LIFE HISTORY)



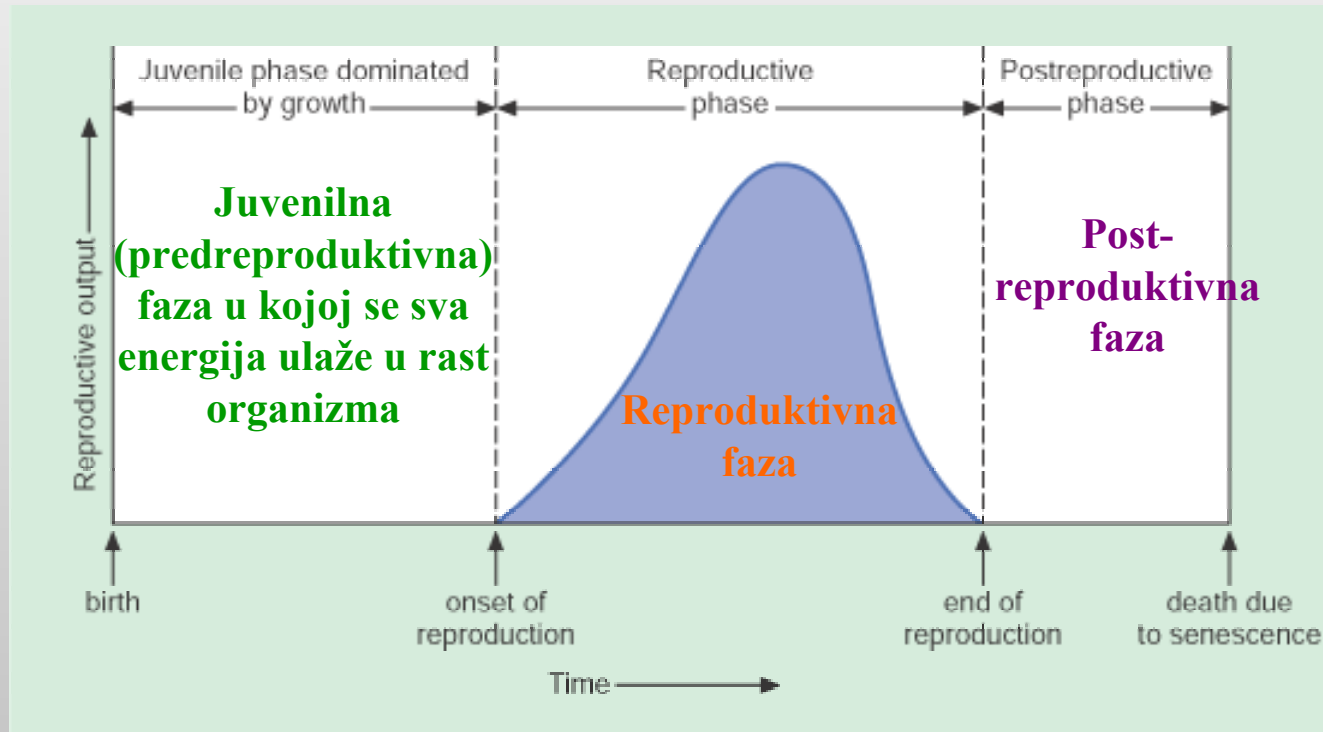
- Strategije u produženju vrste podrazumijevaju prilagodbe organizama koje utječu na određene aspekte njihove biologije kao što su broj i veličina potomaka koje proizvode, stopa preživljavanja, dob spolnog sazrijevanja, te životni vijek
- S obzirom da svi organizmi imaju na raspolaganju ograničene količine energije, hrane i drugih resursa, strategije u produženju vrste nužno podrazumijevaju kompromise (trade-offs) između različitih potreba

STRATEGIJE U PRODUŽENJU VRSTE (LIFE HISTORY)



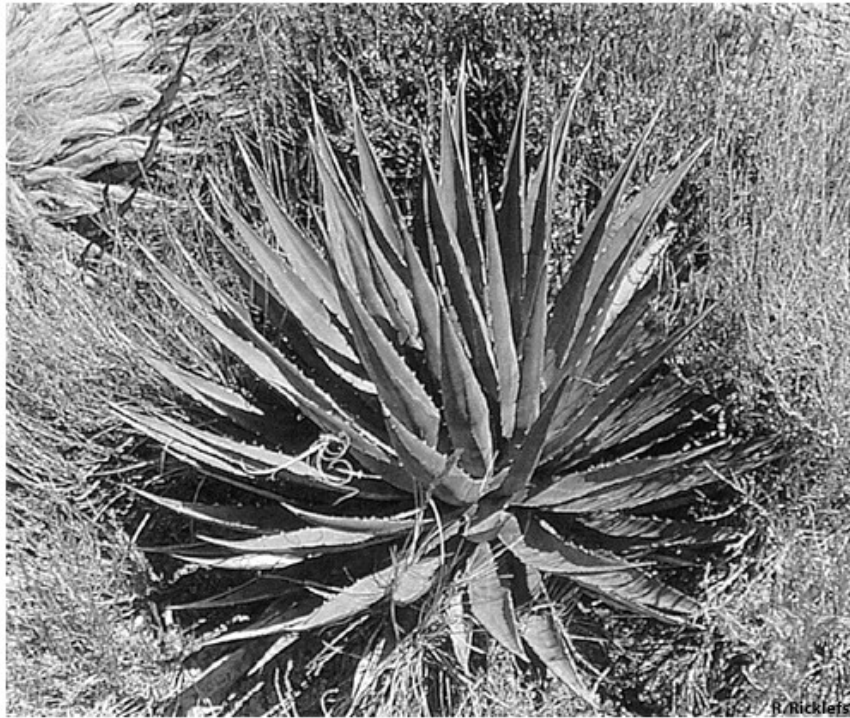
- 1. Životni ciklus i reprodukcija**
- 2. Kompromis između broja potomaka i njihove veličine**
- 3. Kompromis između ulaganja u reprodukciju i biomasu (preživljavanje)**
- 4. Klasifikacija različitih strategija u produženju vrste**

1. Životni ciklus i reprodukcija



Broj reproduktivnih epizoda tijekom životnog vijeka može biti različit

- **Semelparitija** (*lat. semel* – jednom, jednokratno; *pario* – rađati)
 - Reprodukcijska se događa jednom u životu (“big-bang” reprodukcija)
 - Npr. jegulja, losos, vodencvijet (“programirana smrt”)
 - Semelparitiju treba razlikovati od reprodukcije jednogodišnjih organizama koji tijekom jednogodišnjeg životnog ciklusa mogu imati više od jedne reprodukcije, ili se reprodukcija može događati kontinuirano
- **Iteroparitija** (*lat. itero* – ono što se ponavlja)
 - Reprodukcijska se događa više puta tijekom životnog vijeka

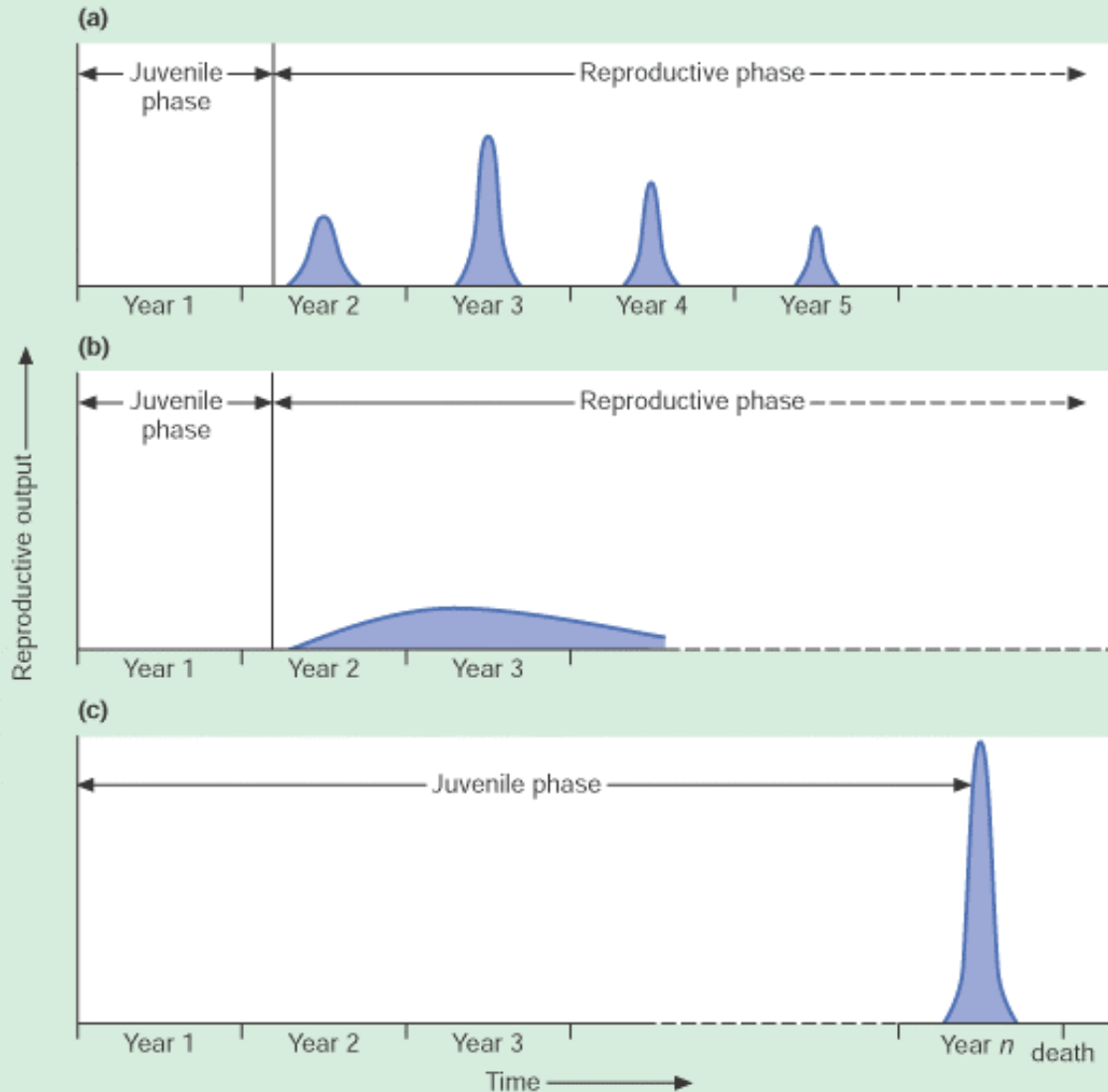


**AGAVA SE REPRODUCIRA
SAMO JEDANPUT U ŽIVOTU**

Agava raste kao rozeta mesnatih listova, da bi nakon 10-20 godina izbacila dugačku stapku koja nosi cvjetove. Nakon oplodnje i proizvodnje plodova agava ugiba



Trajanje pojedinih faza životnog ciklusa, kao i broj reproduktivnih epizoda tijekom životnog vijeka mogu biti različiti

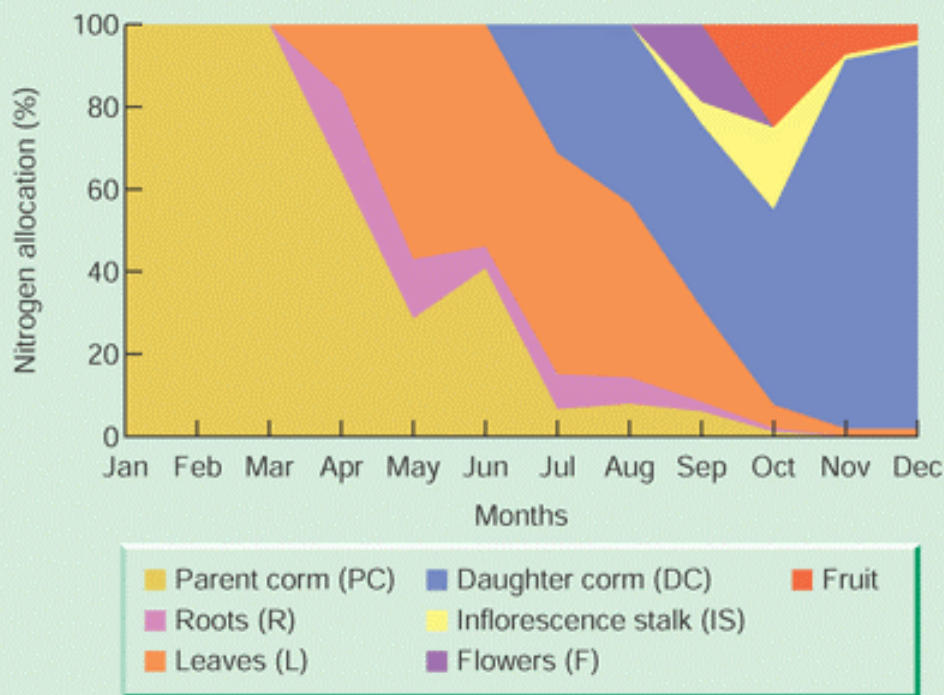


Vrste koje se razmnožavaju više puta tijekom života u odvojenim epizodama (jedanput godišnje)

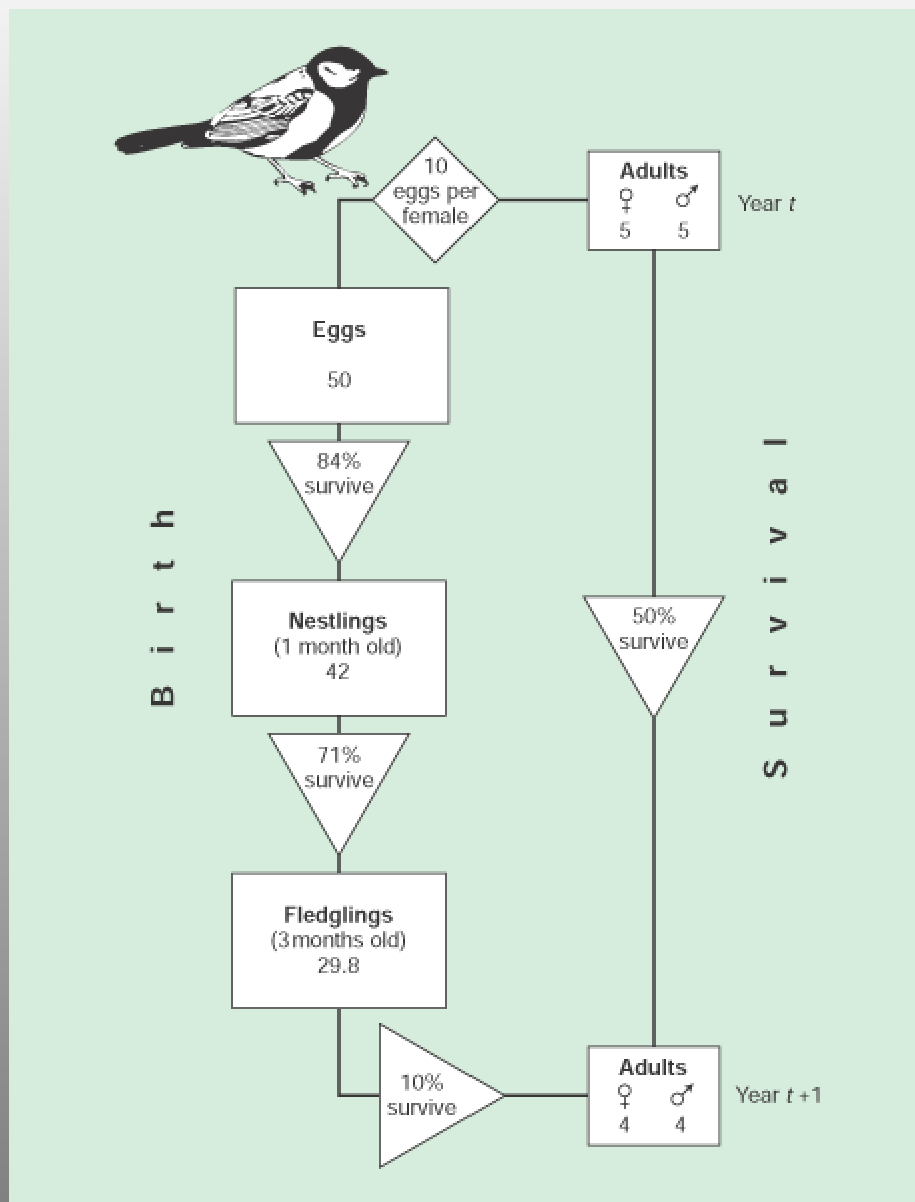
Vrste koje se razmnožavaju više puta tijekom života, ali se reprodukcija događa kontinuirano tijekom godine

Vrste koje se razmnožavaju samo jednom u životu, čemu prethodi dugačka predreproduktivna faza, a iza reprodukcije slijedi smrt

Konflikt između rasta i reprodukcije (i rast i reprodukcija trebaju energiju)



Jednogodišnja biljka *Senecio vulgaris* ovaj konflikt rješava na način da u različitim fazama svog životnog ciklusa energiju ulaže u različite strukture. Kako se životni ciklus bliži kraju, sve se više energije ulaže u reproduktivne strukture, a sve manje u korijenje i lišće



Kod vrsta koje žive više godina, generacije se preklapaju, pa se svake sezone razmnožavaju jedinke različite starosti. Populacija se održava dijelom preživljavanjem odraslih jedinki, a dijelom pridodavanjem novih jedinki kroz reprodukciju

Od 10 odraslih jedinki velike sjenice prisutnih u vremenu t , u vremenu $t+1$ je ostalo 8 jedinki. Od toga je 5 odraslih koje su preživjele i 3 nove jedinke koje su preživjele od 50 položenih jaja

2. Kompromis između broja potomaka i njihove veličine

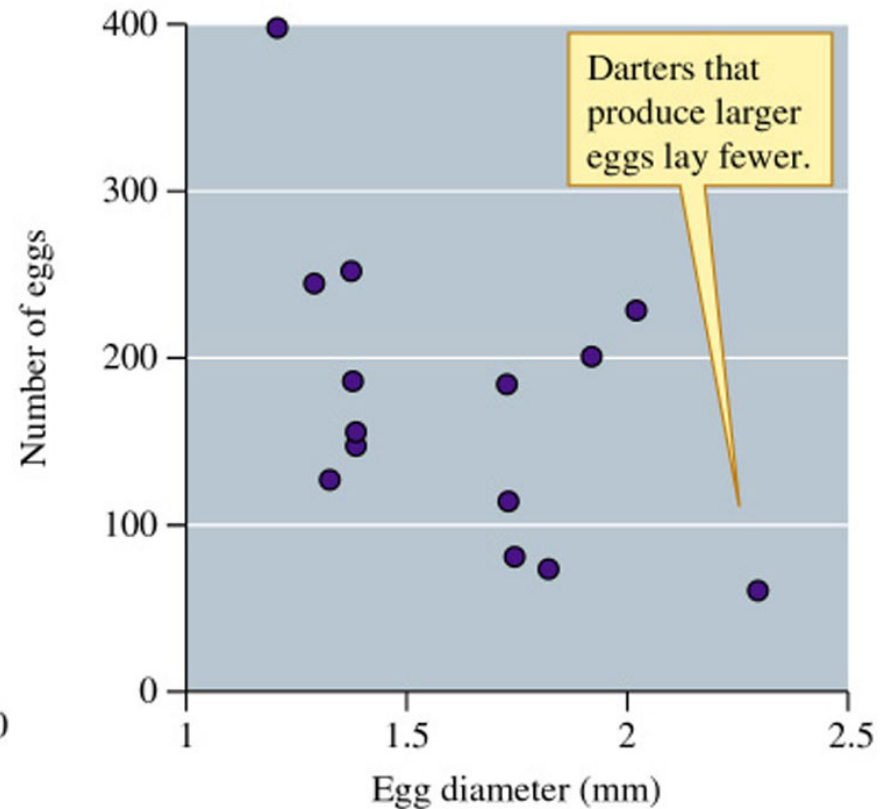
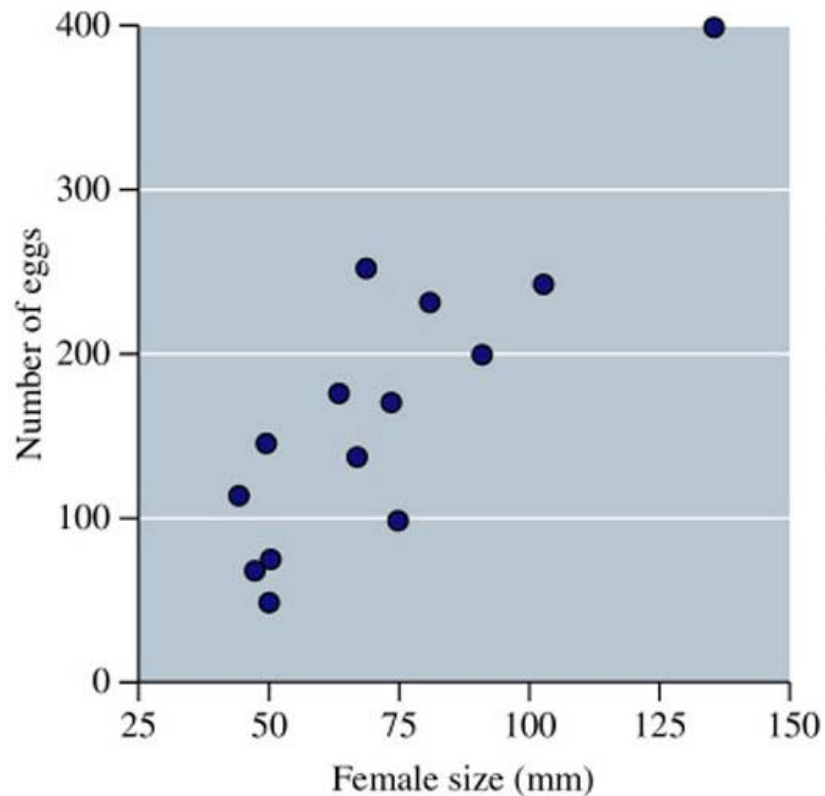
Organizmi proizvode:

Veliki broj malih potomaka

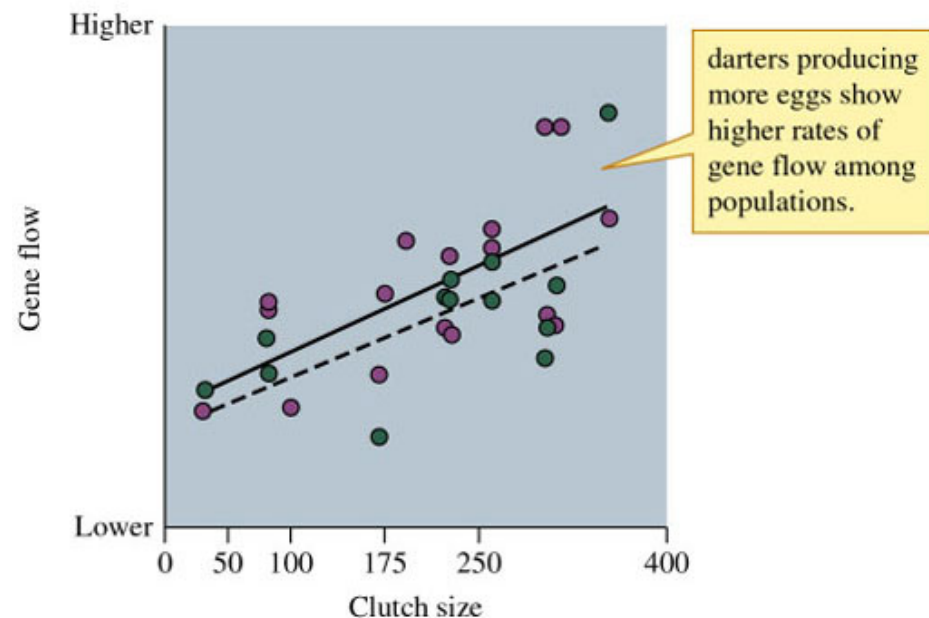
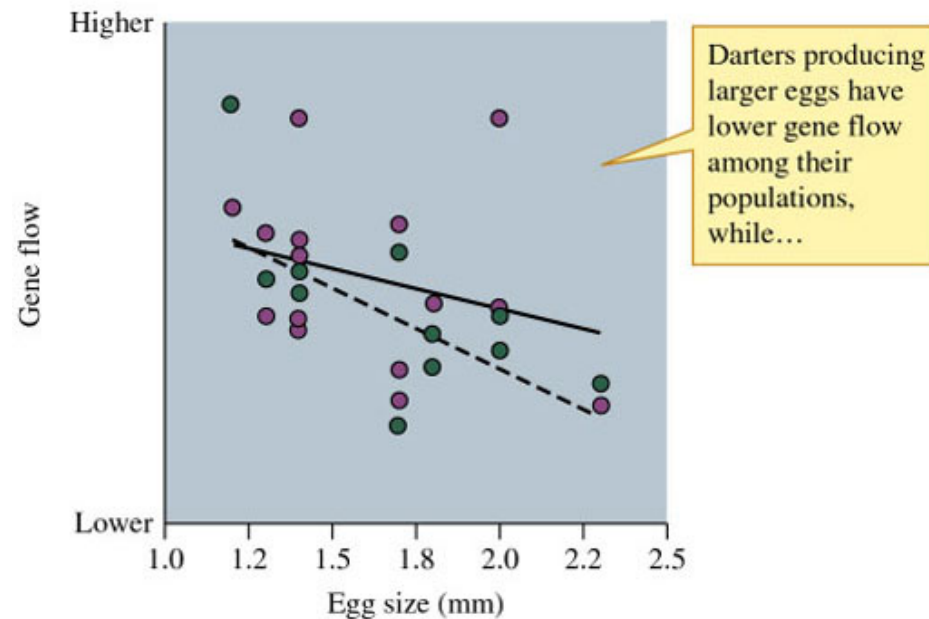
ili

Mali broj velikih potomaka

Istraživanja različitih vrsta riba iz porodice grgeča su pokazala da veće vrste proizvode više jaja, ali su ta jaja manja

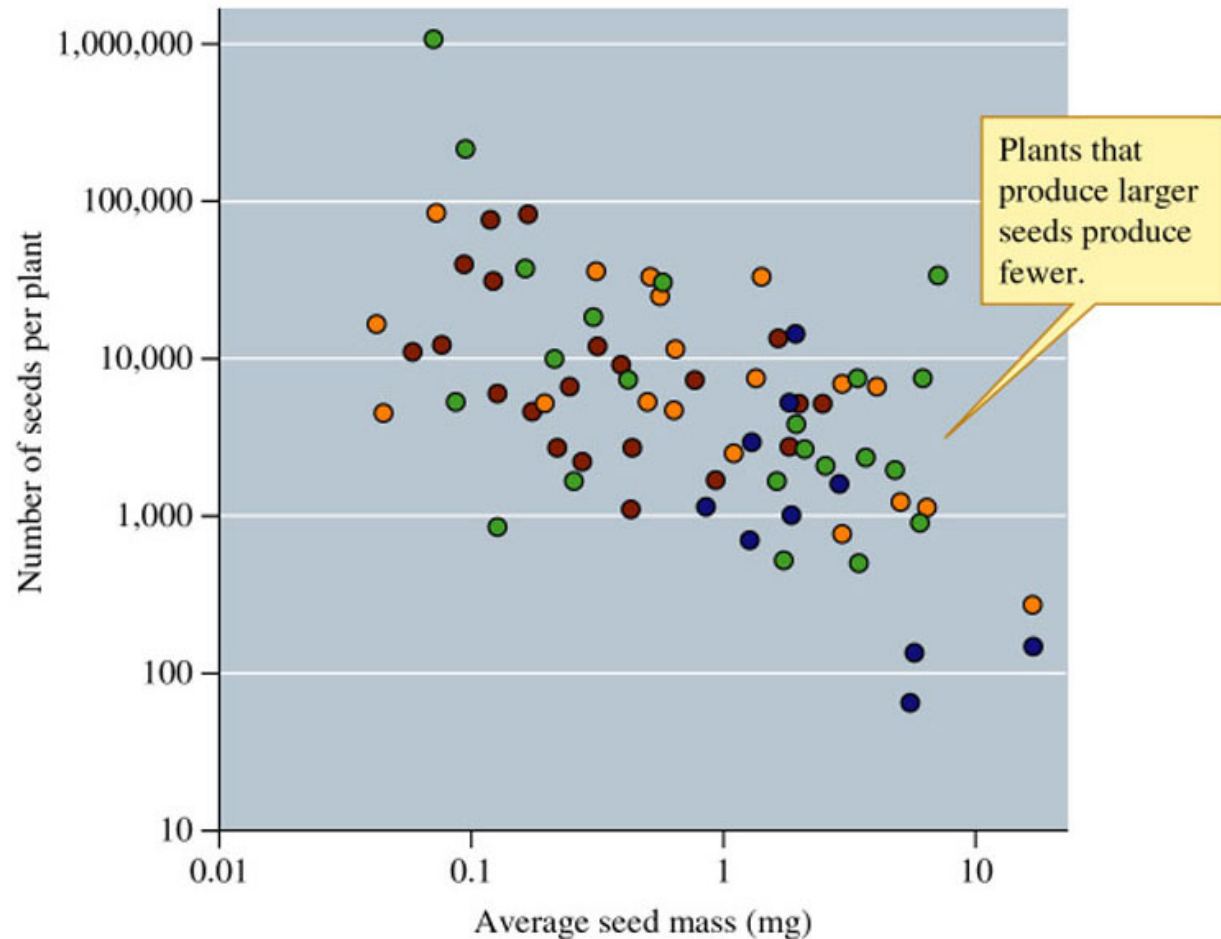


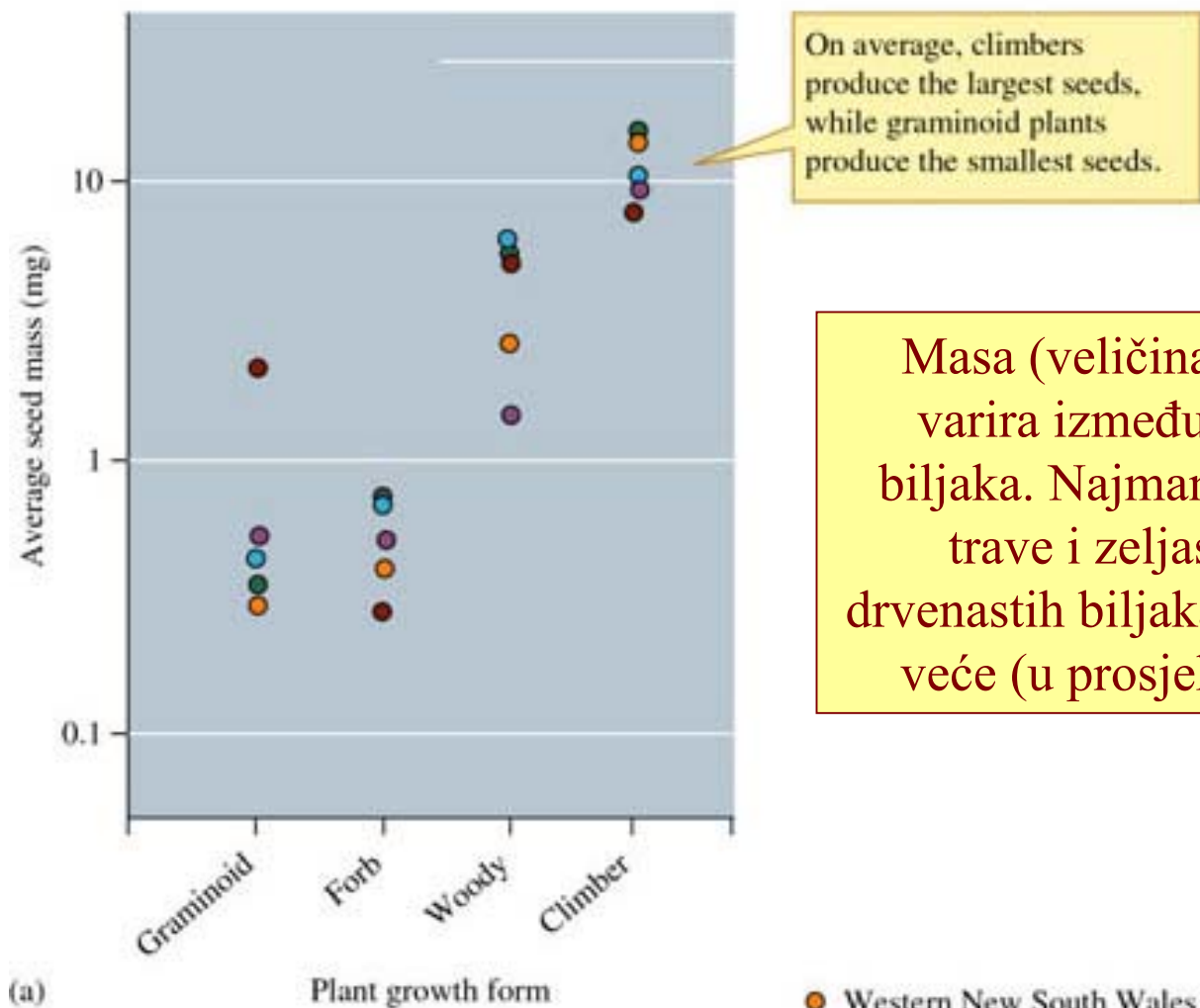
Protok gena između populacija proporcionalan je broju jaja, a obrnuto proporcionalan veličini jaja. Dakle, populacije koje proizvode manji broj velikih jaja biti će više genetički izolirane, pa će se genetički puno brže diferencirati u odnosu na populacije vrsta koje proizvode veliki broj malih potomaka koji se rasprostranjuju na velike udaljenosti



Biljke proizvode veliki broj malih sjemenaka ili mali broj velikih sjemenaka

- Asteraceae, daisies
- Poaceae, grasses
- Brassicaceae, mustards
- Fabaceae, beans

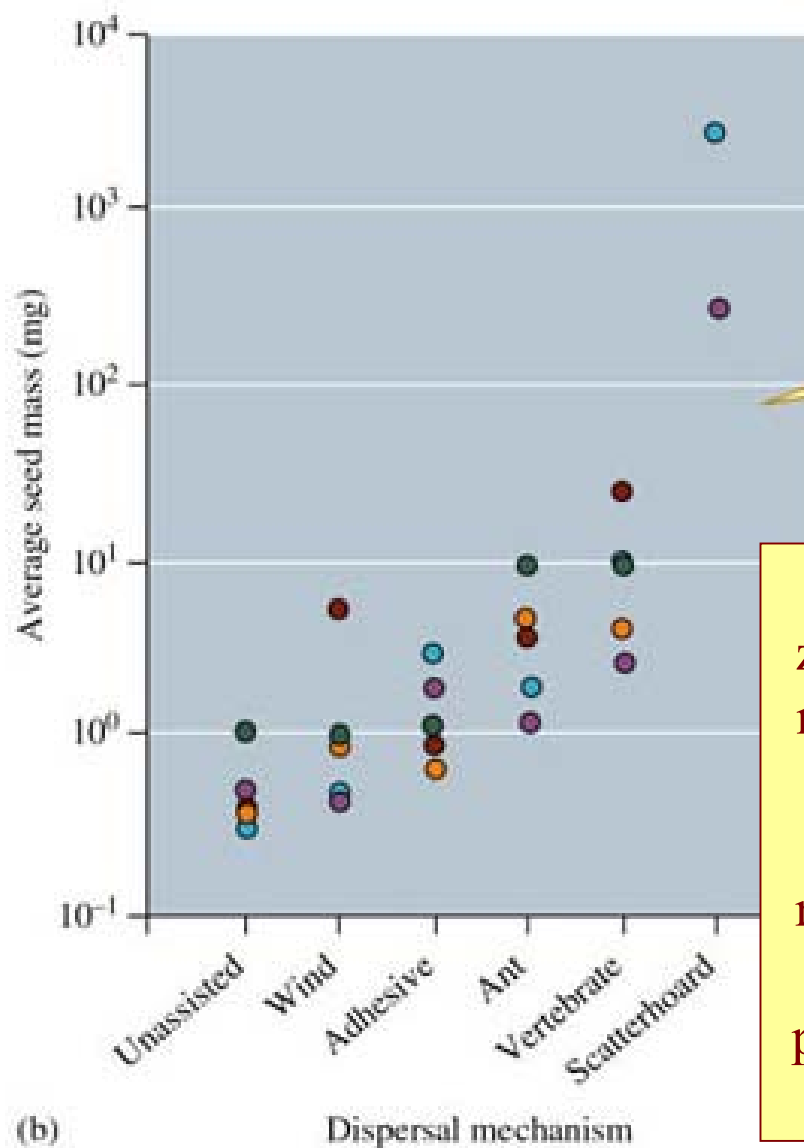




Masa (veličina) sjemenaka značajno varira između različitih formi rasta biljaka. Najmanje sjemenke proizvode trave i zeljaste biljke. Sjemenke drvenastih biljaka i penjačica su značajno veće (u prosjeku 10 puta veća masa)

(a)

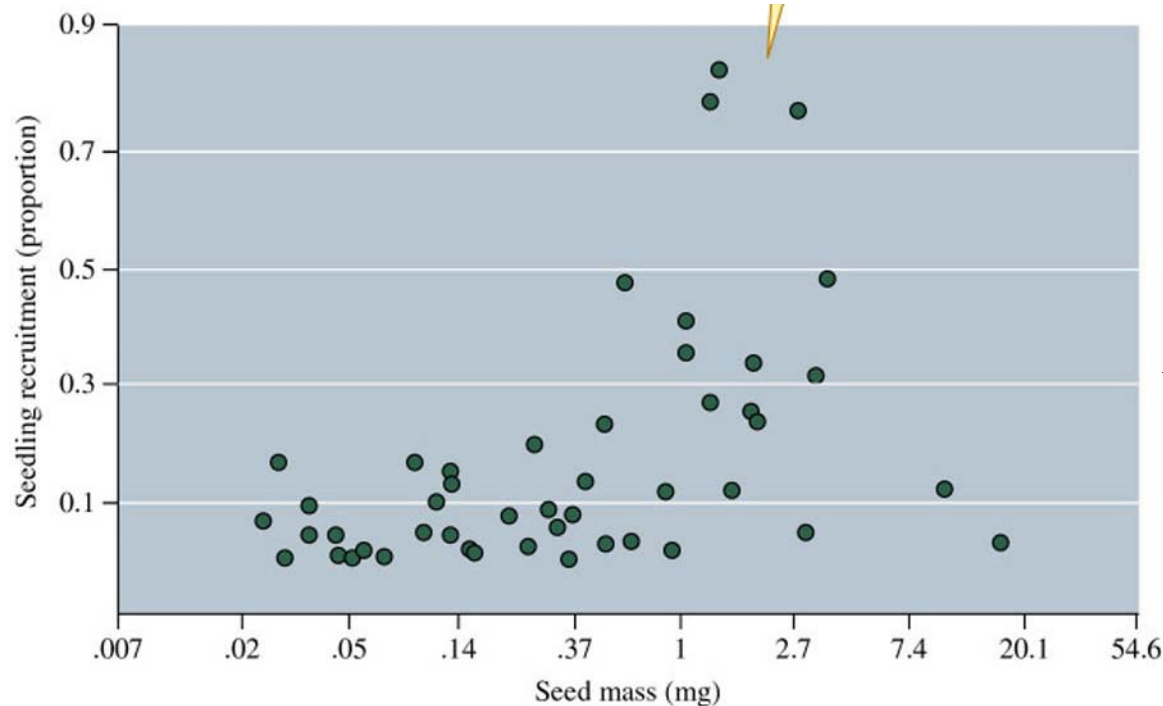
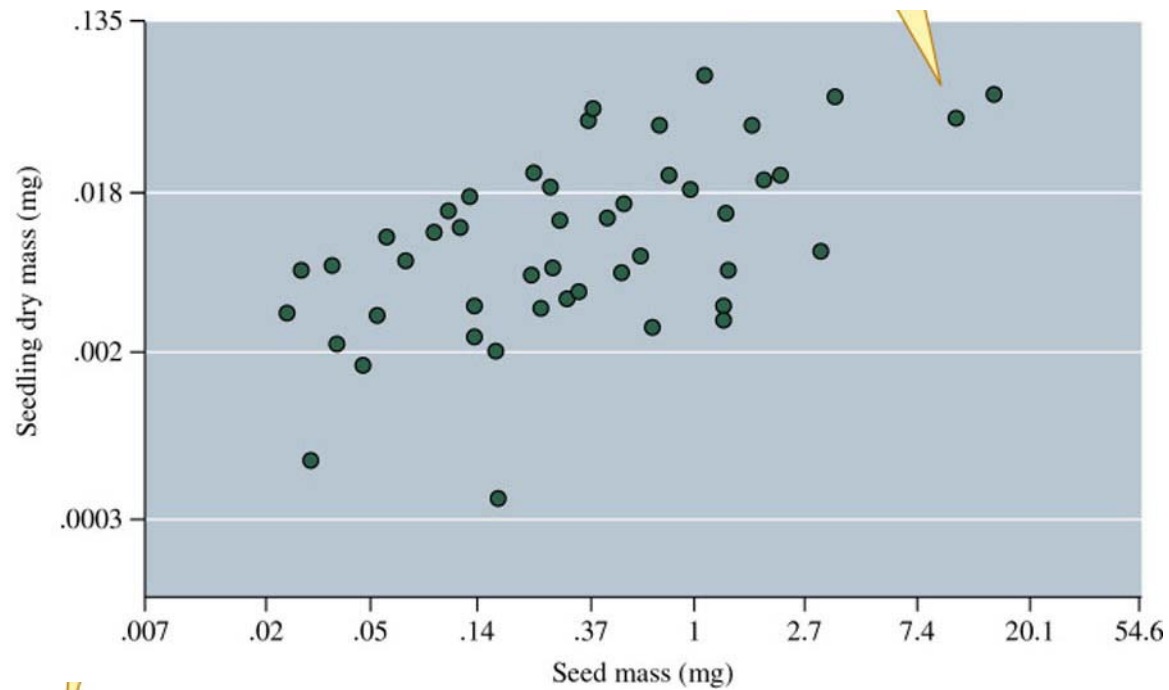
- Western New South Wales
- Central Australia
- Sydney, Australia
- Indiana Dunes
- Sheffield, UK



Vertebrate dispersed and scatter hoarded seeds tend to be larger, while unassisted and wind dispersed are smallest.

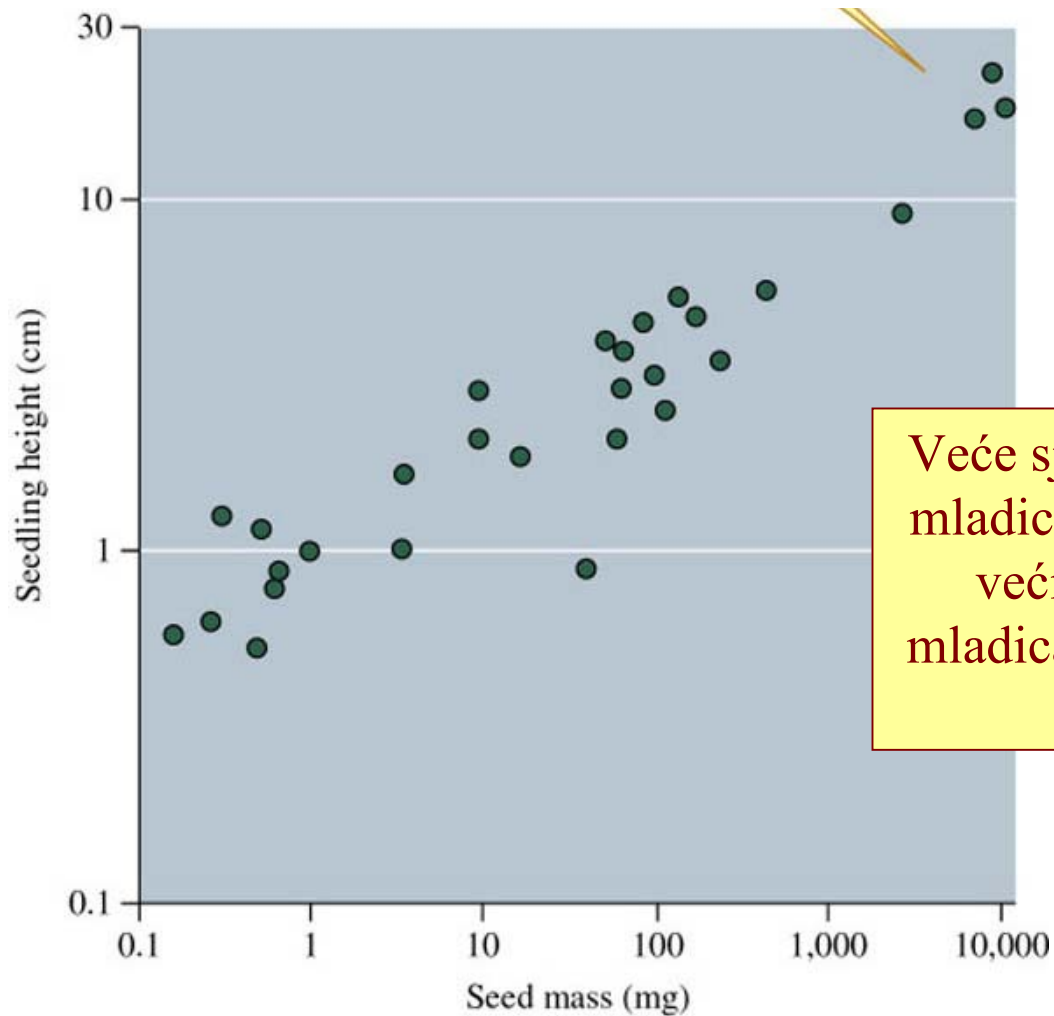
Masa (veličina) sjemenaka također značajno varira u ovisnosti o mehanizmu rasprostranjenja sjemenaka. Najmanje su sjemenke koje se rasprostranjuju bez ikakve pomoći, te one koje se rasprostranjuju vjetrom. Srednju veličinu imaju sjemenke koje se rasprostranjuju putem adhezije, dok su najveće sjemenke koje se rasprostranjuju putem životinja

Iz većih
sjemenaka
izbijaju veće
mladice



Mladice koje su
izniknule iz većih
sjemenaka imaju
veće izgleda da
postanu odrasle
biljke



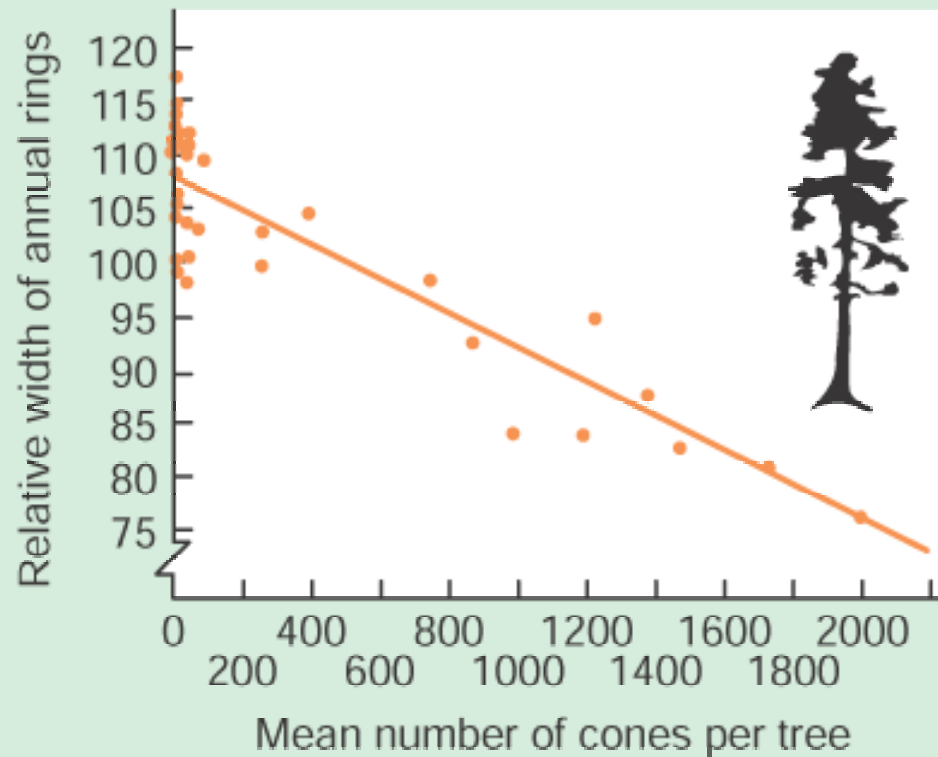


3. Kompromis između ulaganja u reprodukciju i biomasu (preživljavanje)

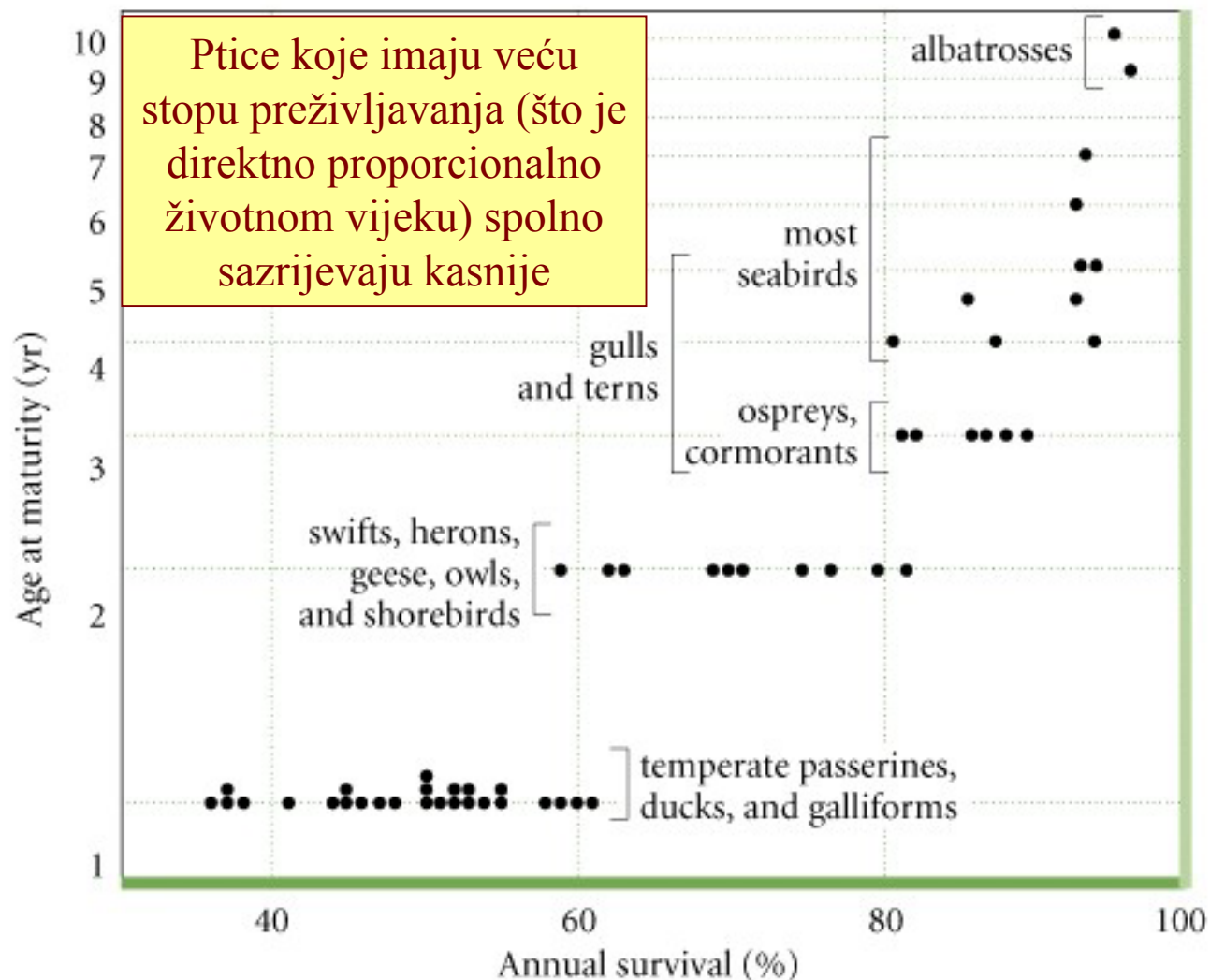
Starost organizma kod prve reprodukcije može se promatrati kao trade-off između reprodukcije i preživljavanja:

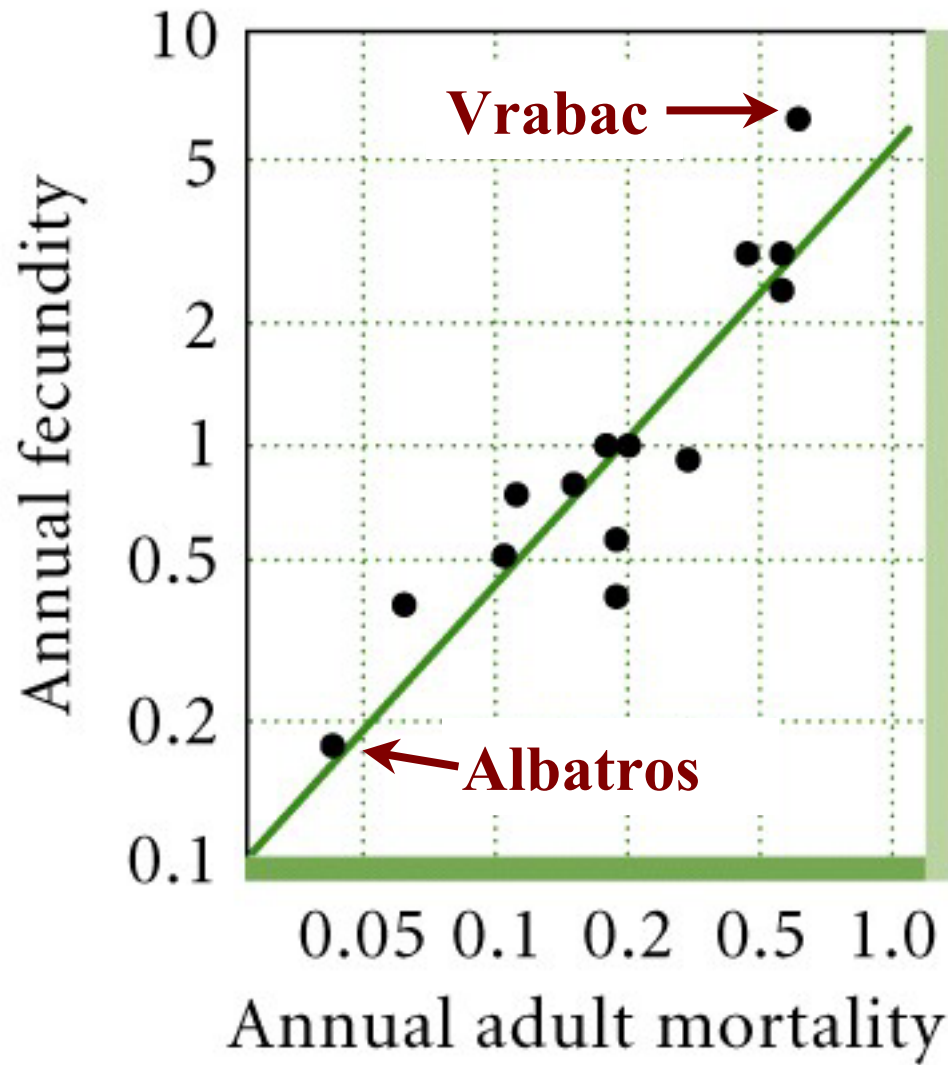
- A) Ako odgađa reprodukciju organizam riskira da uquine prije nego što se reproducira
- B) Ako se reproducira prerano, riskira svoje preživljavanje (dakle, buduću reprodukciju)

Veće ulaganje u reprodukciju znači
manje ulaganje u rast i obrnuto



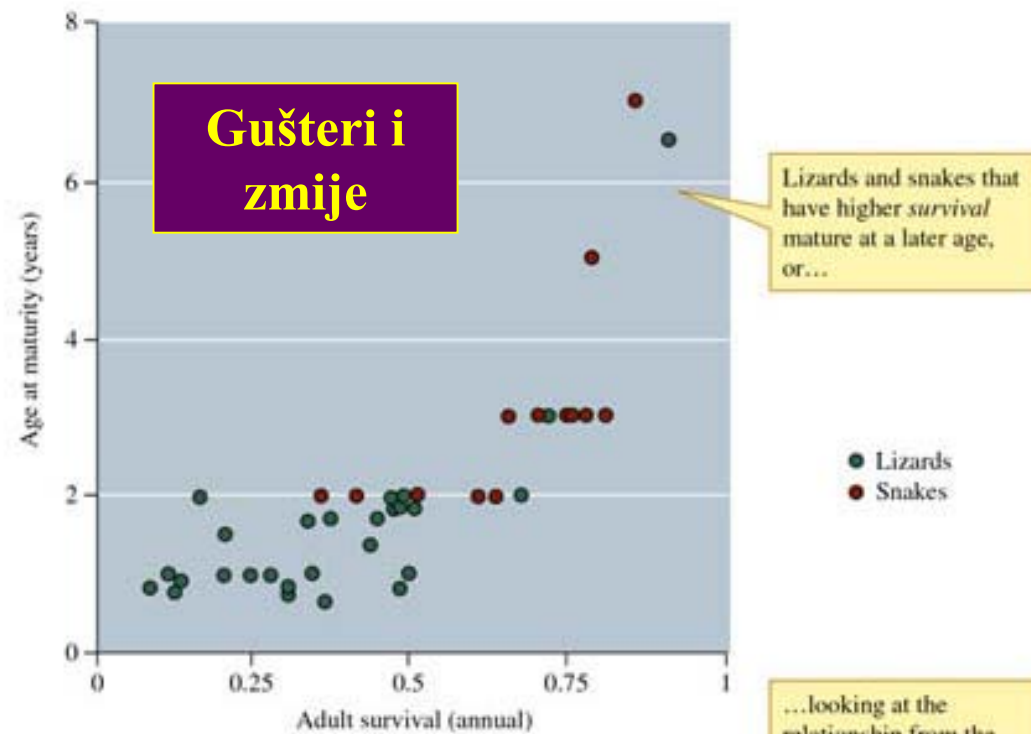
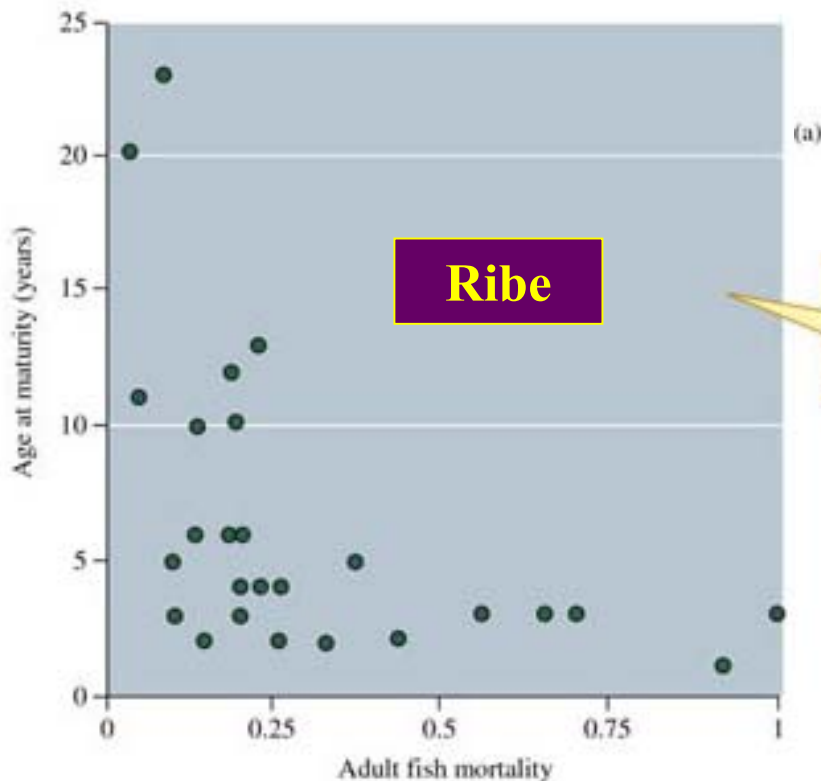
Starost kod prve reprodukcije općenito raste s duljinom
životnog vijeka





Što je godišnji mortalitet veći, veći je i godišnji fekunditet i obrnuto (primjer za različite vrste ptica)

Kada je preživljavanje odraslih jedinki malo, organizmi se reproduciraju u ranijoj dobi i ulažu veći udio energije u reprodukciju

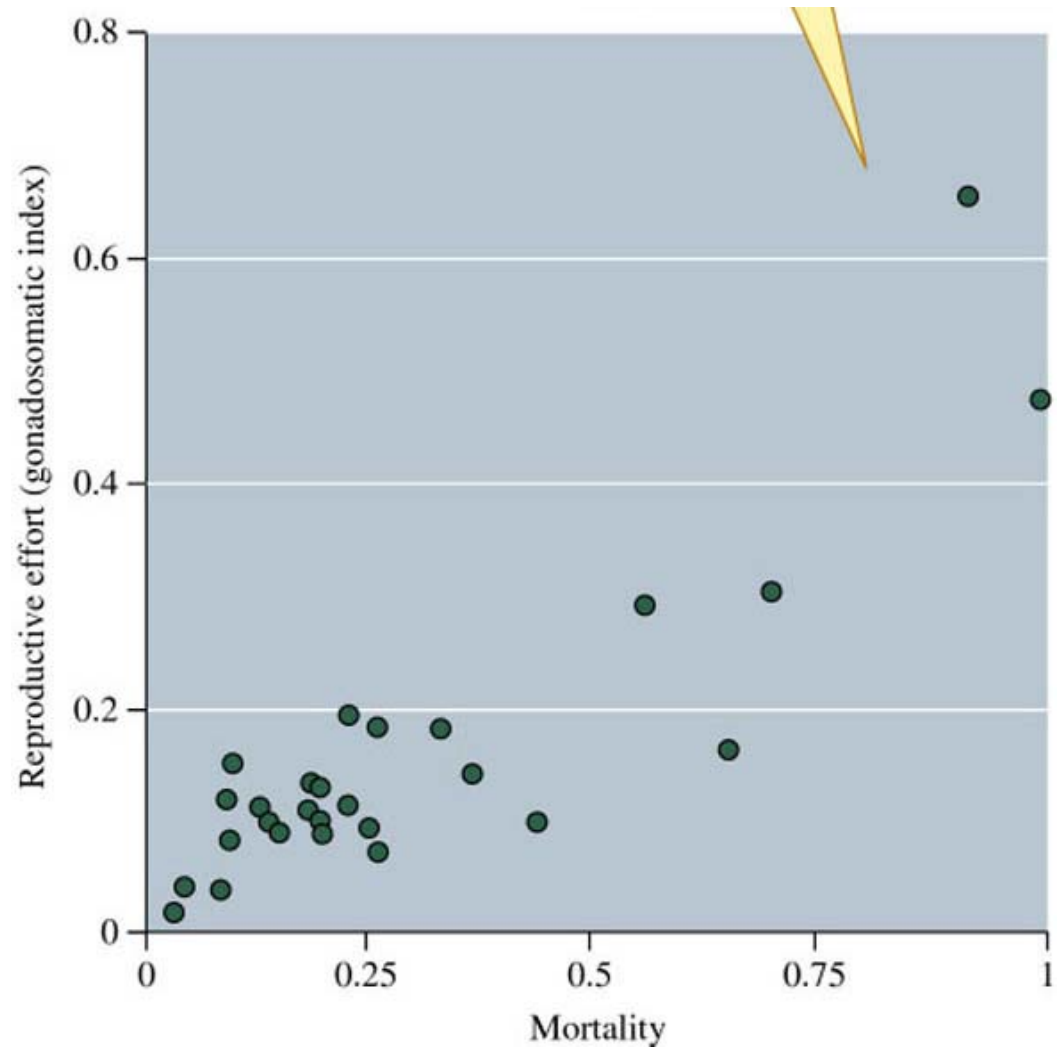


...looking at the relationship from the opposite perspective...

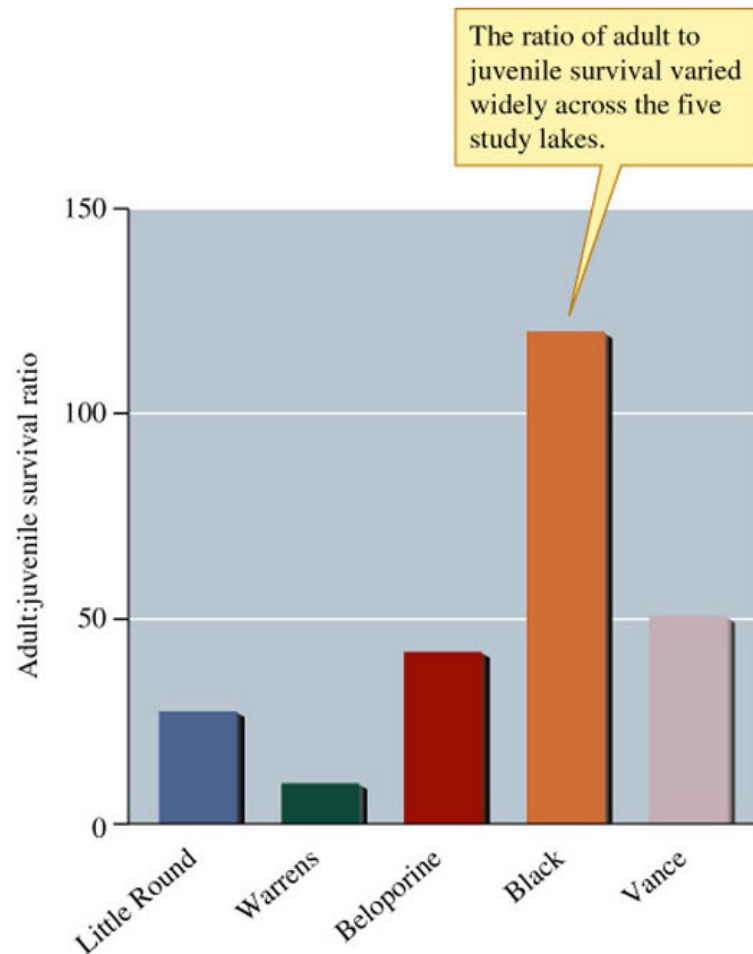
...fish with higher *mortality* rates reach reproductive maturity at an earlier age.

Kada je preživljavanje odraslih jedinki veliko, organizmi odgađaju reprodukciju za kasniju dob te ulažu manje energije u reprodukciju, a više u svoj rast (dakle u preživljavanje)

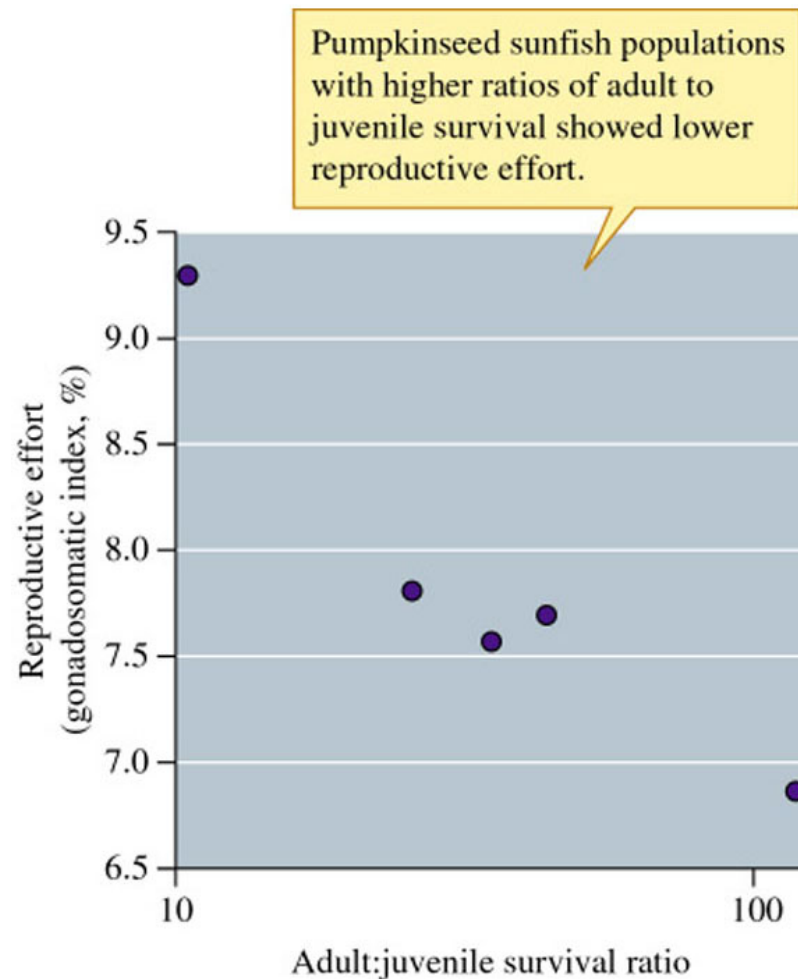
Ribe koje imaju
veću stopu
mortaliteta ulažu
veći dio energije u
reprodukciju



M. Šolić: Osnove ekologije



Omjer između preživljavanja odraslih i juvenilnih jedinki u populaciji ribe sunčanice (*Lepomis gibbosus*) vrlo je različit u pet jezera u Ontariju (Kanada)



Populacije kod kojih je omjer između preživljavanja odraslih i juvenilnih jedinki visok, pokazuju vrlo malo ulaganje u reprodukciju (GSI-gonadosomatski indeks ukazuje na stupanj razvitka ovarija)

Optimalno usmjeravanje resursa između rasta i reprodukcije određeno je stopom mortaliteta odraslih

TABLE 32-4 Numerical comparison of the strategies of slow growth/high fecundity and rapid growth/low fecundity in two hypothetical fish species

Characteristic	YEAR					
	1	2	3	4	5	6
<u>Slow growth/high fecundity</u>						
Body weight	10	12	14.4	17.3	20.8	25.0
Growth increment	2	2.4	2.9	3.5	4.2	5.0
Weight of eggs	8	9.6	11.5	13.8	16.6	20.0
Cumulative weight of eggs	8	17.6	29.1	42.9	59.5	79.5
<u>Rapid growth/low fecundity</u>						
Body weight	10	15	22.5	33.8	50.7	76.1
Growth increment	5	7.5	11.3	16.9	25.4	38.1
Weight of eggs	5	7.5	11.3	16.9	25.4	38.1
Cumulative weight of eggs	5	12.5	23.8	40.7	66.1	104.2

Note: All weights in grams. Body weight 1 growth increment 5 next year's body weight. Cumulative weight of eggs to last year + weight of eggs = cumulative weight of eggs to this year. Growth increment and weight of eggs in each year are equal to the body weight.

Ukupna produktivnost bit će veća kod riba koje malo ulažu u rast a puno u reprodukciju, ukoliko ribe žive 4 ili manje godina

Ukupna produktivnost bit će veća kod riba koje puno ulažu u rast a malo u reprodukciju, ukoliko ribe žive više od 4 godine

4. Klasifikacija različitih strategija u produženju vrste

- r-selekcija i K-selekcija
- Kompetitivne, ruderalne i na stres tolerantne biljne vrste
- Periodička, oportunistička i ravnotežna strategija

r-selekcija i K-selekcija

- **Jedan od prvih pokušaja definiranja različitih strategija u produženju vrste bio je podjela na r-selekciju i K-selekciju (MacArthur i Wilson, 1967):**
 - **r-selekcija znači favoriziranje prilagodbi koje povećavaju populacijski rast**
 - **K-selekcija predstavlja favoriziranje prilagodbi koje povećavaju kompeticijsku sposobnost i efikasnost korištenja resursa**

Kompromisi reprodukcija/rast (preživljavanje) i veličina/broj potomaka sastavni su dio koncepta r- i K-selekcije

- **1. Cijena reprodukcije (kompromis reprodukcija/rast)**

Cijena reprodukcije podrazumijeva da povećano ulaganje u reprodukciju rezultira smanjenom stopom preživljavanja i/ili rasta, što onda smanjuje potencijalnu reprodukciju u budućnosti. Svako ulaganje u trenutačnu reprodukciju smanjuje buduću reprodukciju i obrnuto (prirodna selekcija favorizira maksimalnu ukupnu reprodukciju tijekom čitavog životnog vijeka)

Visoka cijena reprodukcije

- Visoka cijena reprodukcije prisutna je u uvjetima (staništima) u kojima svaka redukcija rasta, koja je rezultat sadašnje reprodukcije, ima značajan utjecaj na buduću reprodukciju
- Visoka cijena reprodukcije može biti rezultat:
 - Intenzivne kompeticije (takmičenja) između jedinki u kojoj preživljavaju i razmnožavaju se samo najuspješniji (redukcija sadašnje reprodukcije i povećanja rasta može rezultirati većom kompeticijskom sposobnošću)
 - Situacije kada su odrasli organizmi manjih dimenzija izloženi povećanom mortalitetu (zbog predacije ili abiotičkih faktora)
- U uvjetima visoke cijene reprodukcije biti će favorizirano **ulaganje u rast**

Niska cijena reprodukcije

- Niska cijena reprodukcije prisutna je u uvjetima (staništima) u kojima je buduća reprodukcija pod malim utjecajem sadašnjeg rasta. Ukupni reproduktivni uspjeh je prema tome prvenstveno određen razinom sadašnje reprodukcije i neće se bitno promijeniti bez obzira na razinu sadašnjeg rasta
- Niska cijena reprodukcije može biti rezultat:
 - Činjenice da su mnogi izvori mortaliteta neizbježni i neovisni o veličini, pa bi ulaganje u rast na štetu reprodukcije moglo biti pogrešna odluka za budućnost
 - Obilja hrane i samnjene kompeticija što daje veliku vjerojatnost preživljavanja i budućeg reproduktivnog uspjeha (takvu situaciju zatiču kolonisti koji prvi dolaze u novonastala staništa)
 - Činjenice da ponekad jedinke velikog rasta mogu biti izložene intenzivnijoj predaciji (kada predatori biraju veće jedinke)
- U uvjetima niske cijene reprodukcije biti će favorizirano **ulaganje u reprodukciju**

2. Osjetljivost potomaka na veličinu – kompromis veličina/broj potomaka

- **Potomci su osjetljivi na veličinu** u uvjetima (staništima) u kojima reproduktivna sposobnost pojedinog potomka značajno raste s njegovom veličinom (zbog većeg uspjeha u kompeticiji ili zbog većeg mortaliteta manjih jedinki). U takvim će uvjetima biti favorizirano **ulaganje u rast**
- **Potomci nisu osjetljivi na veličinu** u uvjetima (staništima) u kojima reproduktivna sposobnost pojedinog potomka malo ovisi o njegovoj veličini (zbog mortaliteta neovisnog o veličini; zbog velikog bogatstva resursa; ili zbog mortaliteta koji više pogađa veće jedinke). U takvim će uvjetima biti favorizirano **ulaganje u reprodukciju**

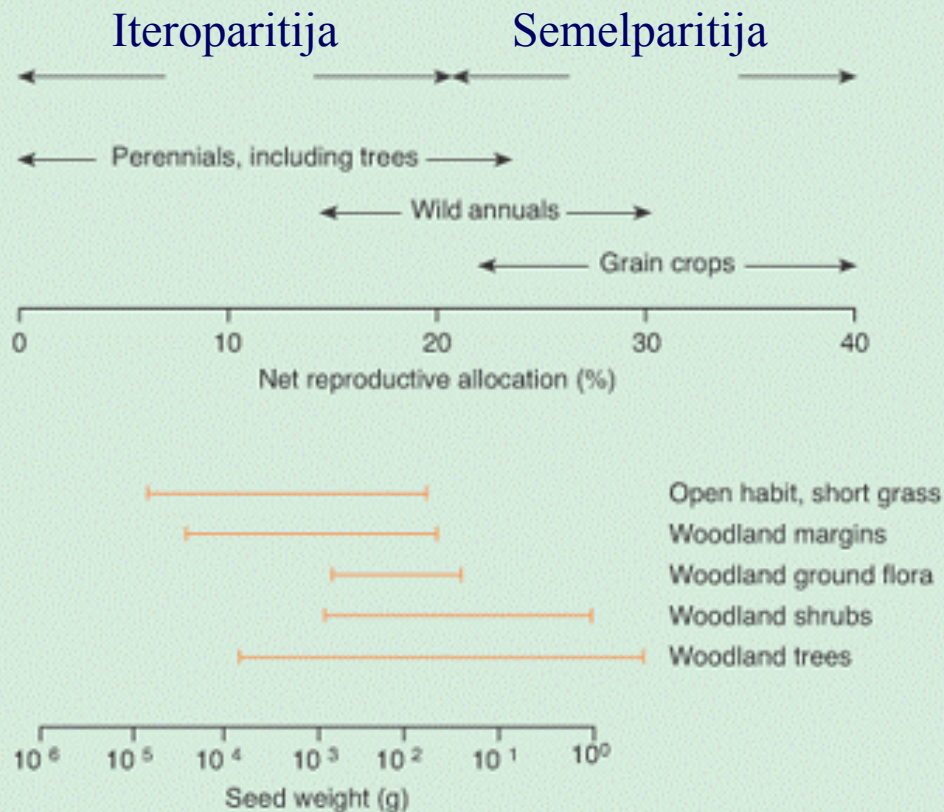
Značajke r- i K-selekcioniranih vrsta

ZNAČAJKA	r-selekcija	K-selekcija
DIMENZIJE	Organizmi malih dimenzija	Organizmi većih dimenzija
REGULACIJA POPULACIJA	Populacije prvenstveno regulirane faktorima neovisnim o gustoći	Populacije prvenstveno regulirane faktorima ovisnim o gustoći
RAST	Visoka stopa rasta. Populacije rastu po eksponencijalnom modelu	Niža stopa rasta. Populacije rastu po logističkom modelu
STANIŠTE	Nepredvidljivi uvjeti. Česti poremećaji	Predvidljivi uvjeti. Stabilna staništa bez poremećaja
TIP VRSTE	Oportunističke, invazivne	Ravnotežne
BROJ POTOMAKA	Veliki broj potomaka (veliko ulaganje u reprodukciju)	Mali broj potomaka (malo ulaganje u reprodukciju)
RODITELJSKA BRIGA	Mala	Velika
VELIČINA POTOMAKA	Potomci malih dimenzija	Potomci velikih dimenzija
SPOLNA ZRELOST	Rano dostizanje spolne zrelosti	Kasno dostizanje spolne zrelosti
ŽIVOTNI VIJEK	Kratak životni vijek	Dugačak životni vijek

Značajke r- i K-selekcioniranih vrsta

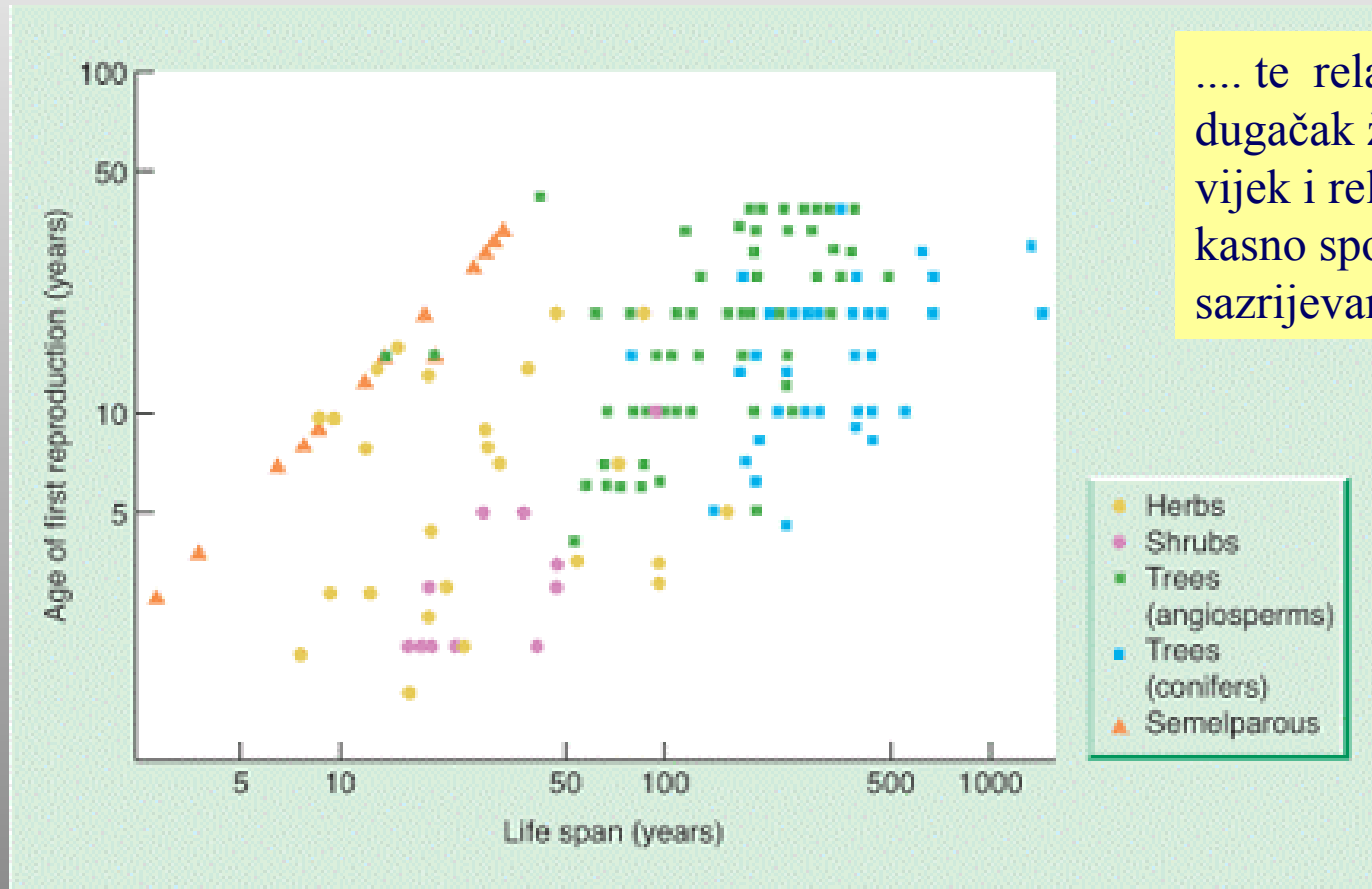
ZNAČAJKA	r-selekcija	K-selekcija
UČESTALOST REPRODUKCIJE	Često jedna reprodukcija tijekom životnog vijeka (semelparitija)	Višekratno razmnožavanje (iteroparitija)
KRIVULJA PREŽIVLJAVANJA	Slična tipu III (malo ulaganje u preživljavanje)	Slična tipu I (veliko ulaganje u preživljavanje)
VELIČINA POPULACIJA	Ukoliko nema poremećaja, populacije rastu iznad kapaciteta okoliša i potom doživljavaju nagli pad. Dakle, veličina populacije je varijabilna i ispod nosivog kapaciteta	Ukoliko nema poremećaja, populacija ima konstantnu veličinu koja je blizu nosivog kapaciteta. Dakle, veličina populacije je konstantna i blizu nosivog kapaciteta
MORTALITET	Varijabilan i nepredvidljiv	Konstantan i predvidljiv
UVJETI U OKOLIŠU	Niska cijena reprodukcije; potomci nisu osjetljivi na veličinu	Visoka cijena reprodukcije; potomci osjetljivi na veličinu
PRODUKTIVNOST /EFIKASNOST	Prilagođeni za invaziju (kolonizaciju) novih područja. Visoka produktivnost	Prilagođeni za kompeticiju i uspjeh u uvjetima ograničenih resursa. Visoka efikasnost
KOMPETICIJA	Varijabilna i uglavnom slaba	Uglavnom jaka

Neki pokazatelji r-selekcije i K-selekcije kod različitih skupina biljaka

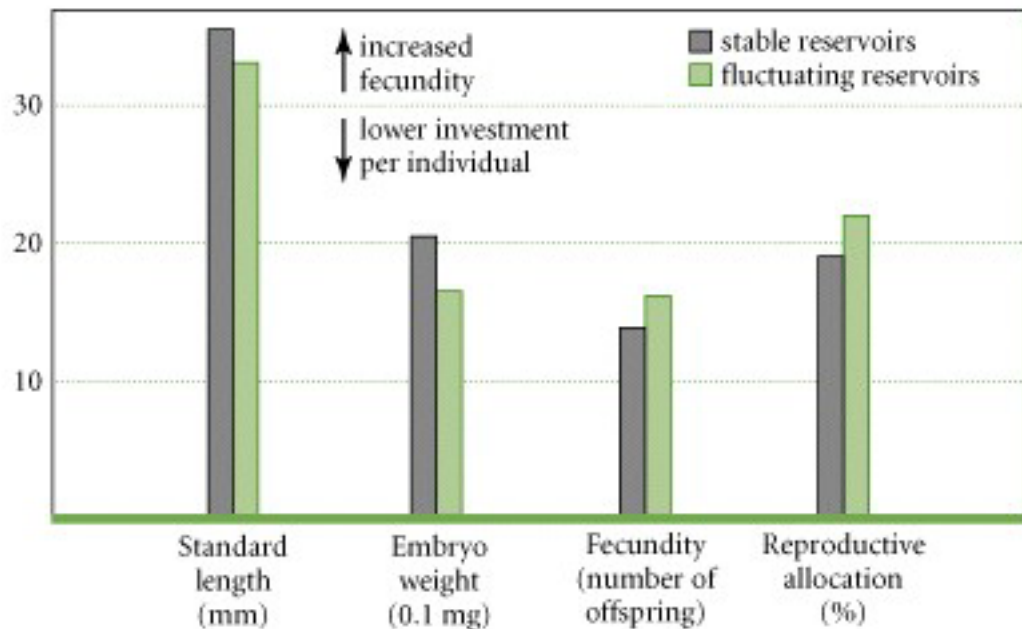


Za drveće je karakteristična iteroparitija i malo ulaganje u reprodukciju

.... kao i relativno velike sjemenke



Bet hedging (smanjenje rizika) – smanjuje se rizik od katastrofalnih neuspjeha u reprodukciji u nepredvidivim okolišima, tako što se primjenjuje strategija češćih ili odgođenih, ali manje intenzivnih epizoda parenja



U nepredvidljivim okolišima su ženke Gambusie imale veće ukupno ulaganje u reprodukciju, ali manje ulaganje u svaki pojedini embrio

Faktori o kojima ovisi koja će strategija biti favorizirana

- Kada je preživljavanje između dviju sezona parenja malo ili zahtjeva značajno smanjenje fekunditeta, tada je favorizirana strategija jednogodišnjih organizama
- Kada je proizvodnja potomaka nepredvidiva od godine do godine, tada je favorizirano preživljavanje odraslih jedinki na uštrb reprodukcije (strategija višegodišnjih organizama) (*smanjenje rizika; Bet hedging*)
- Kada reprodukcija traži skupe pripreme tada može biti favorizirana semelparitija; jedna (*all consuming; big-bang*) reprodukcija iza koje slijedi smrt (losos, agava, bambus itd.)
- U nepredvidivim okolišima favorizirane su prilagodbe koje povećavaju populacijski rast (r-selekcija), dok su u predvidivim staništima favorizirane prilagodbe koje povećavaju kompeticijsku sposobnost i efikasnost korištenja resursa (K-selekcija)

Kompetitivne, ruderalne i na stres tolerantne vrste

- Engleski biljni ekolog J.P.Grime (1979) je uočio da uvjeti u okolišu vode k razvitku različitih strategija kod biljaka
- Pri tome je kao ekstremne tipove uvjeta u okolišu naveo:
 - 1. Okoliše koji trpe učestale i intezivne **poremećaje**
 - 2. **Stresne** okoliše koje karakteriziraju **ekstremni uvjeti** (npr. ekstremno visoke ili niske temperature, ekstremno suhi ili vlažni okoliši, okoliši s ekstremno velikim ili malim količinama hranjiva itd.
- Od 4 moguće kombinacije ovih okoliša: 1. **Mali poremećaji – mali stres**; 2. **Mali poremećaji – veliki stres**; 3. **Veliki poremećaji – mali stres**; 4. **Veliki poremećaji – veliki stres**, Grime je našao da su biljke razvile strategije za prve tri kombinacije uvjeta u okolišu

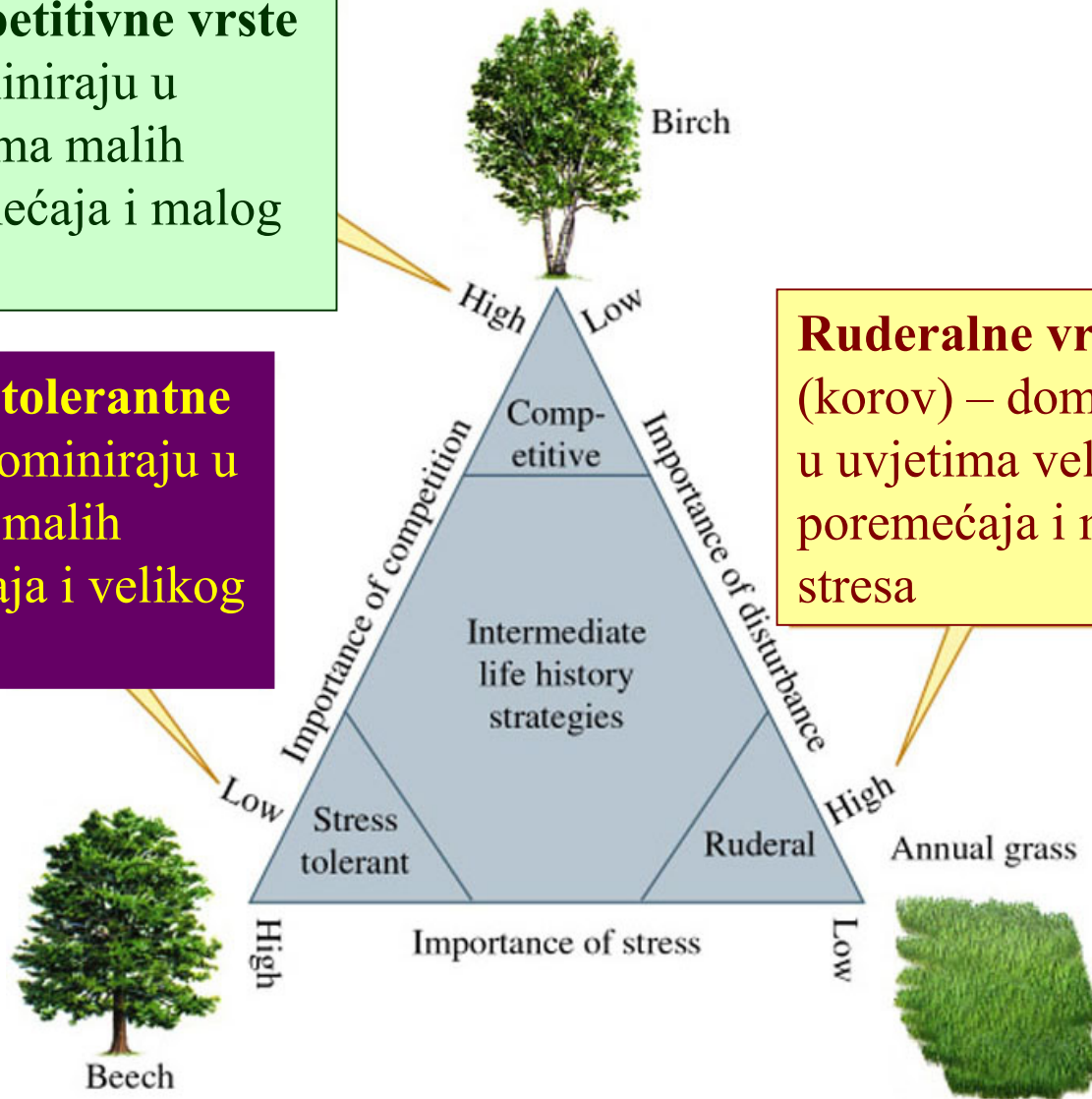
Kompetitivne vrste

– dominiraju u uvjetima malih poremećaja i malog stresa

Na stres tolerantne vrste – dominiraju u uvjetima malih poremećaja i velikog stresa

Ruderalne vrste

(korov) – dominiraju u uvjetima velikih poremećaja i malog stresa



Neke značajke ruderalnih, na stres tolerantnih i kompetitivnih biljaka

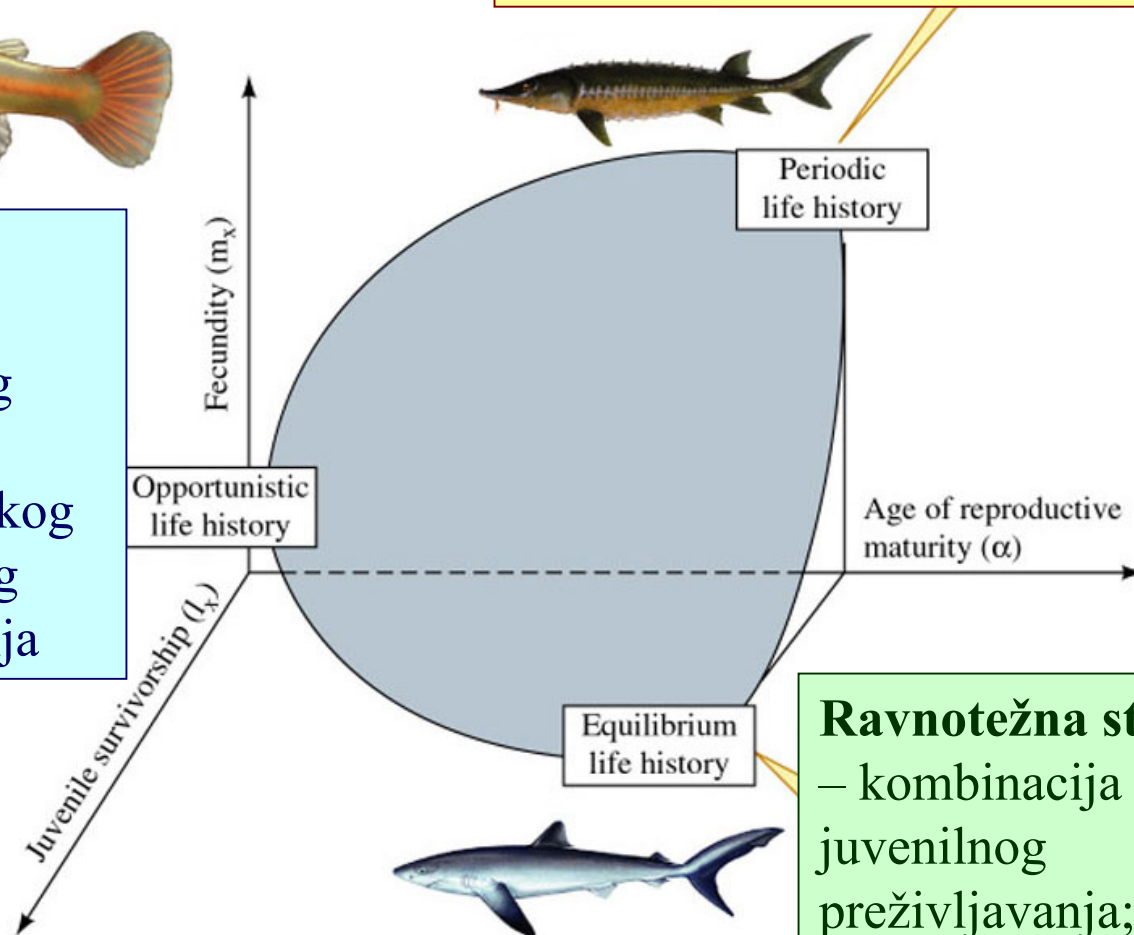
ZNAČAJKE	RUDERALNE	NA STRES TOLERANTNE	KOMPETITIVNE
TIPOVI BILJAKA	Zeljaste, obično jednogodišnje	Zeljaste, grmlje i drveće (uglavnom zimzeleno)	Lišajevi, zeljaste, grmlje i drveće
RAST	Brzi rast	Spori rast	Velike biljke (veliki potencijal za rast)
SPLONO SAZRIJEVANJE	Rano	Kasno	Rano
ULAGANJE U PROIZVODNJU	Veliko	Malo	Malo
RAZMNOŽAVANJE I RASPROSTRANJENJE	Veliki broj sjemenaka koje se lako rasprostranjuju	Koriste kratka i rijetka razdoblja tijekom kojih zaokružuju čitavi ciklus razmnožavanja	Često se koriste vegetativnim razmnožavanjem i osvajanjem prostora

Periodička, oportunistička i ravnotežna strategija

- Kirk Winemiller i Kenneth Rose (1992) su na primjeru riba razvili klasifikaciju strategija koja se temelji na kompromisu (trade-off) između sljedećih značajki populacijske dinamike: (1) **fekunditetu**; (2) **preživljavanju** (osobito juvenilnom preživljavanju); te (3) **starosti kod prve reprodukcije** (brzina spolnog sazrijevanja)
- Tri ekstremne strategije koje proizlaze iz gore navedenih značajki Winemiller i Rose su nazvali: **periodička, oportunistička i ravnotežna strategija**

Periodička strategija – kombinacija malog juvenilnog preživljavanja; visokog fekunditeta i kasnog spolnog sazrijevanja

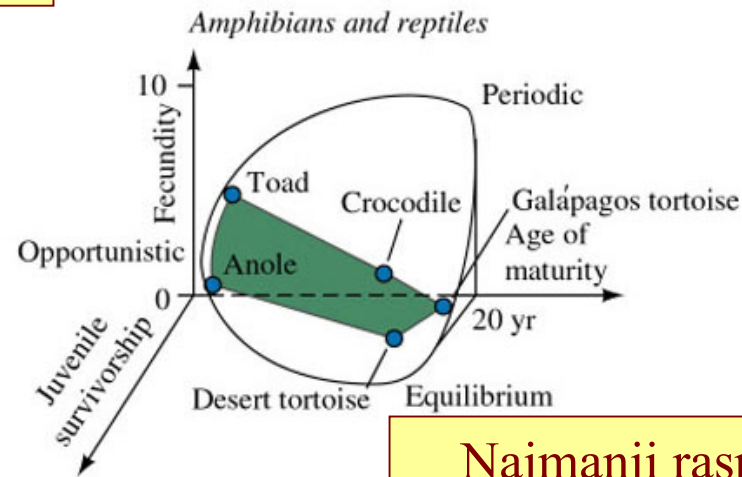
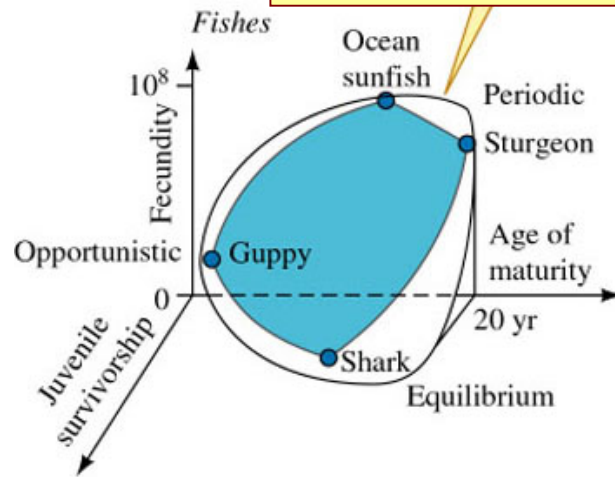
Oportunistička strategija – kombinacija malog juvenilnog preživljavanja; niskog fekunditeta i ranog spolnog sazrijevanja



Ravnotežna strategija – kombinacija velikog juvenilnog preživljavanja; niskog fekunditeta i kasnog spolnog sazrijevanja

Primjena klasifikacije strategija na različite skupine kralježnjaka

Najveći raspon strategija pokazuju ribe



Najmanji raspon strategija pokazuju sisavci

