

EKOLOGIJA JEDINKE (FIZIOLOŠKA EKOLOGIJA)



- 1. Prilagodbe organizama na uvjete fizičkog okoliša**
- 2. Odgovor organizama na varijacije okoliša**
- 3. Biološki faktori u okolišu**

BIOLOŠKI FAKTORI U OKOLIŠU



Interakcije između organizama

Kompeticija	-,-	Odnos negativan za oba organizma u kojem oni aktivno djeluju jedan na drugoga kroz takmičenje za zadovoljavanje životnih potreba (hrana, prostor)
Mutualizam	+,+	Uzajamno koristan odnos koji može biti obavezan (obligatan) ili proizvoljan (fakultativan)
Komenzalizam	+,0	Jednostran odnos pozitivan za jedan, a neutralan za drugi organizam
Amenzalizam	-,0	Jednostran odnos negativan za jedan, a neutralan za drugi organizam
Predacija	+,-	Uzajaman odnos pozitivan za predatora (grabežljivca), a negativan za plijen. Predator trenutačno ubija svoj plijen
Parazitizam	+,-	Uzajaman odnos pozitivan za parazita, a negativan za domaćina. Parazit domaćina ne ubija nikada ili bar ne trenutačno. Odnos može biti obligatan ili fakultativan

- Neki predatori love plijen koji je nešto manji od njih ali je dovoljno velik da je vrijedan lovljenja (npr. ris i zec)
- Neki predatori konzumiraju ogromne količine sitnog ali vrlo brojnog plijena (kit-kril; školjkaš-plankton)
- Neki predatori love plijen veći od sebe (npr. lav-gnu), ali ne prelaze kritični veličinski omjer (lav nikada ne lovi odraslog slona)
- Neki predatori love u grupi, pa mogu savladati i znatno krupniji plijen od sebe (vukovi, hijene, divlji psi, mravi vojnici, itd.)

Relativna veličina tijela utječe na odnos predatora i plijena



Snažno tijelo i čeljusti omogućavaju lavovima da love plijen nešto veći od njih. Budući da ne mogu trčati brzo kroz duže vrijeme, vješti su u prikradanju i iznenađenju

Vukovi love u grupi pa mogu savladati plijen veći od sebe

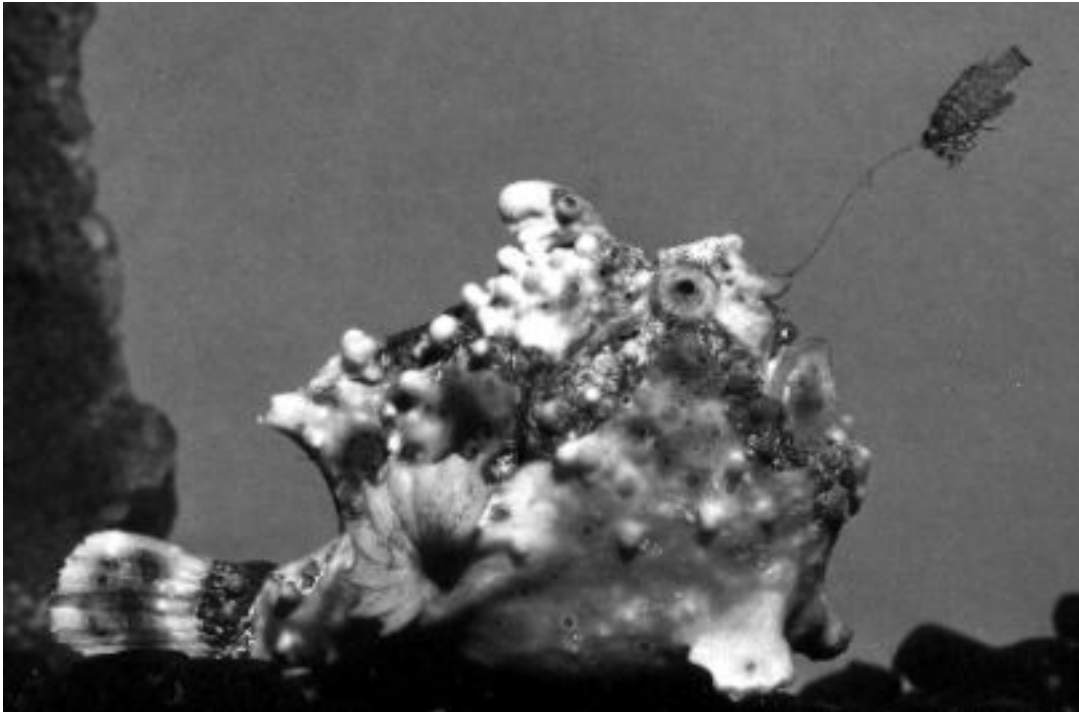


© Gary Milborun/Tom Stack & Associates



©Tom McHugh/Photo Researchers, Inc.

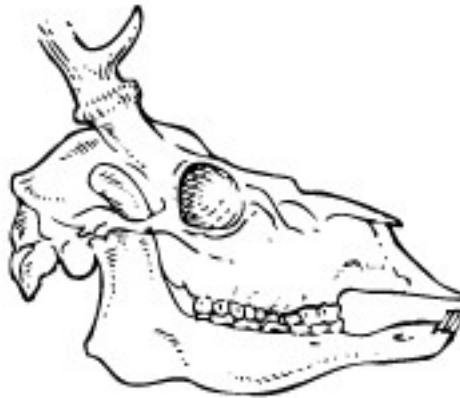
Mamac u obliku ribice



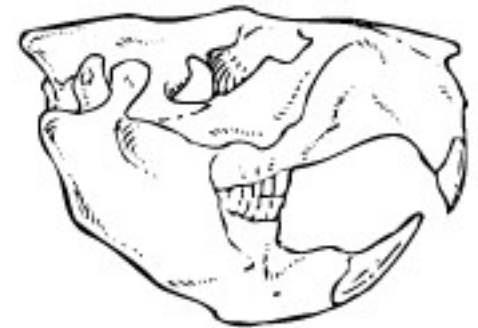
Prilagodbe predatora ukazuju na važnost biološkog
okoliša kao pokretača prirodne selekcije



(a) Coyote



(b) Deer



(c) Beaver

Vrsta hrane snažno utječe na evoluciju zubi

- Mnoge se ptice koriste nogama u prehrani (npr. snažne i oštre pande za trganje plijena kod jastreba ili pridržavanje hrane nogama kod papige)
- Ptice koje dobro rone i plivaju često gutaju čitav plijen jer su im noge specijalizirane za plivanje i ronjenje
- Zmije nadoknađuju nedostatak udova s rastezljivim čeljustima koje im omogućavaju da progutaju veliki plijen u komadu

Neke životinje ne mogu koristiti prednje udove u prehrani



Tip hrane utječe na prilagodbe probavnog sustava i sustava za izlučivanje

- Probavni trakt herbivora (biljojeda) je produžen jer se biljna hrana koja sadrži celulozu i lignin znatno duže probavlja. Mnogi herbivori imaju vrećaste nastavke želuca koji sadrže bakterije i pomažu u probavi



Predatori posjeduju brojna osjetila za pronalaženje plijena

- Ljudi se u prvom redu služe vidom (pogotovo kada traže hranu složenu na policama u samoposluživanju), dok su im ostala osjetila relativno slabo razvijena u odnosu na životinje
- Ljudski je vid ipak slab u usporedbi s jastrebovim koji s velike visine može opaziti miša na tlu
- Kukci opažaju brze pokrete kao što je mahanje krilima brzinom od 300 zamaha u minuti
- Mnogi kukci opažaju UV-svjetlo



Cvijeće kako ga
vidi ljudsko oko

Cvijeće kako ga vide kukci
osjetljivi na UV-svjetlo



**Cvijet pod vidljivim
svjetlom**



**Cvijet pod UV
svjetlom**

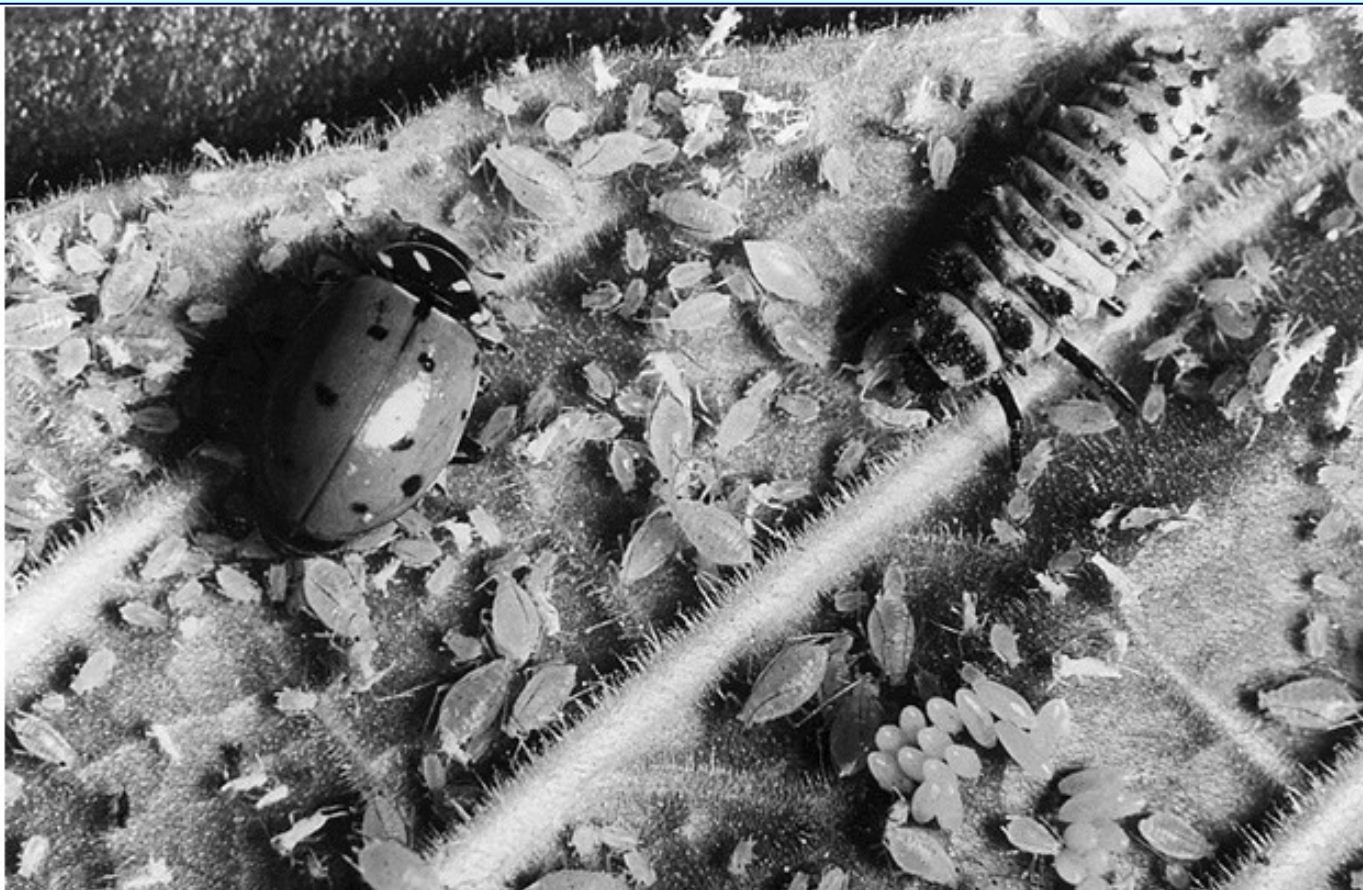
- Morski psi imaju senzore za određivanje električnog polja
- Neke ribe koriste električnu struju za ubijanje plijena (električna raža proizvodi napon od 50 V)
- Mnoge ribe pronalaze plijen osjetilom opipa (izduženi nastavci peraja, “brkovi”)

Predatori posjeduju brojna osjetila za pronalaženje plijena



- Jamičasti organi kod zmija detektiraju IR-zračenje koje emitiraju toplokrvni organizmi (zmija može otkriti malog glodavca udaljenog više od 1 m u vremenu od 1 sek)

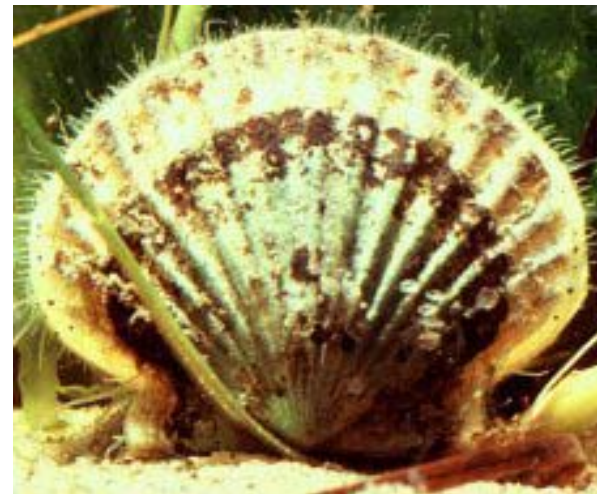
Neki predatori nemaju posebno razvijena osjetila za pronalaženje plijena, već pretražuju stanište u potrazi za plijenom. Ipak, čak i ovi organizmi ne traže slučajno već na način koji povećava njihov uspjeh. Predatorske ličinke bubamare hrane se lisnim ušima, i pri tome najviše pretražuju duž lisnih žila gdje je smješteno gotovo 90% svih lisnih uši



PRILAGODBE PLIJENA ZA IZBJEGAVANJE PREDATORA

- Organizmi koji su ekstremno mali u odnosu na predatora pokazuju vrlo malo prilagodbi za njegovo izbjegavanje
- S druge strane, veći se plijen može **sakriti, pobjeći** ili **boriti**
- Travnjaci ne pružaju skrovište za velike biljojede, pa je uspješan bijeg glavna strategija za izbjegavanje predatora
- Uspješan bijeg ovisi o ranom opažanju predatora, okretnosti i brzini
- Biljke ne mogu bježati pa se moraju pouzdati u trnove i otrovne spojeve
- Mnoge životinje proizvode neugodne mirise i kemijske sekrete
- Neki kukci i škorpioni direktno štrcaju štetne tekućine na predatora
- Mnoge životinje nisu jestive jer sadrže otrovne spojeve
- Životinje koje se kreću sporo (jež, dikobraz, kornjača) se štite pomoću bodlji i oklopa
- Vanjski zaštitni skeleti su osobito česti kod morskih bentoskih životinja koje su nepokretne ili slabo pokretne
- Polimorfizam i “tražena slika” (“search image”)

Oklop, bodlje i vanjski skelet kao zaštita od predatora



Napadnuta ličinka izlučuje ljepljivu supstancu koja začepljuje predatorova usta



- Mnogi organizmi neupadljivost postižu oponašajući boju i oblik pozadine na kojoj miruju
- Mnoge životinje oponašaju nejestive objekte u okolišu (grančice, listovi, dijelovi cvijeta, ptičji izmet itd.)

Centralno-američka
bogomoljka oponaša
sasušeni list



Kriptičnost (neupadljivost) kao
način izbjegavanja predatora





**Oponašanje
grančice**

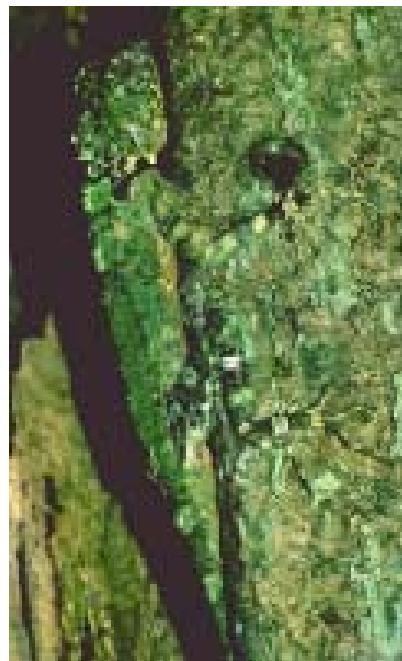


Izgled organizma koji koristi
neupadljivost mora
korespondirati s njegovim
ponašanjem

- Kukac koji oponaša list ne može se odmarati na kori stabla
- Kukac koji oponaša grančicu ne smije se kretati ili raditi brze pokrete
- Ovi se organizmi često kreću na način da njihovo kretanje izgleda prirodno (npr. lagano njihanje koje oponaša lelujanje lista)



M. Šolić: Osnove ekologije



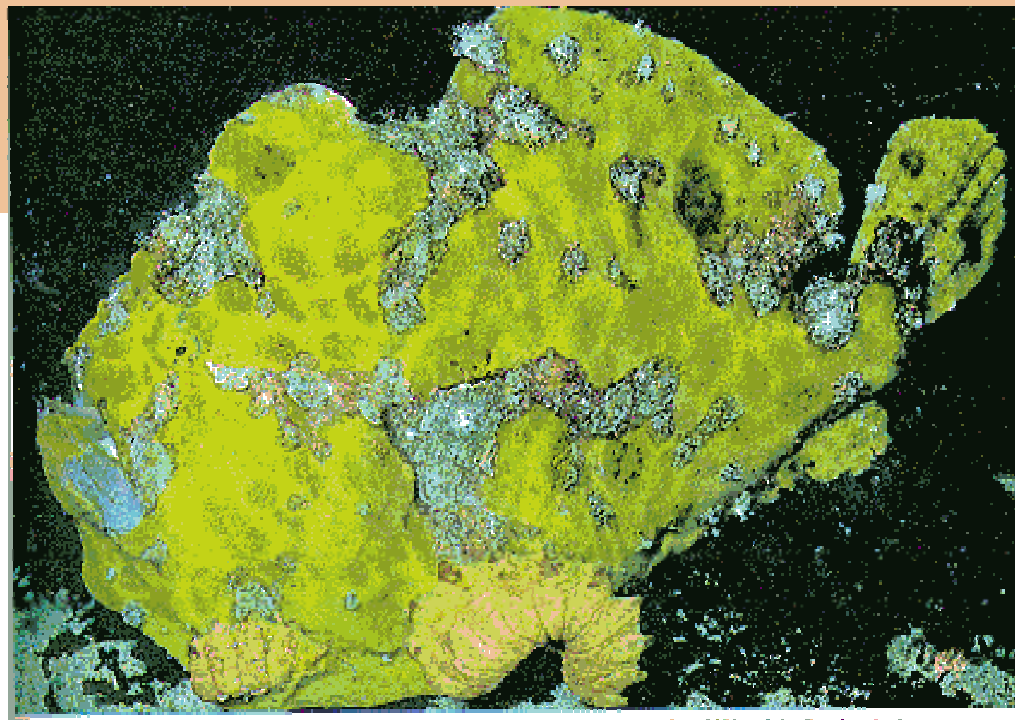
CRYPTIC COLORATION

TIGER



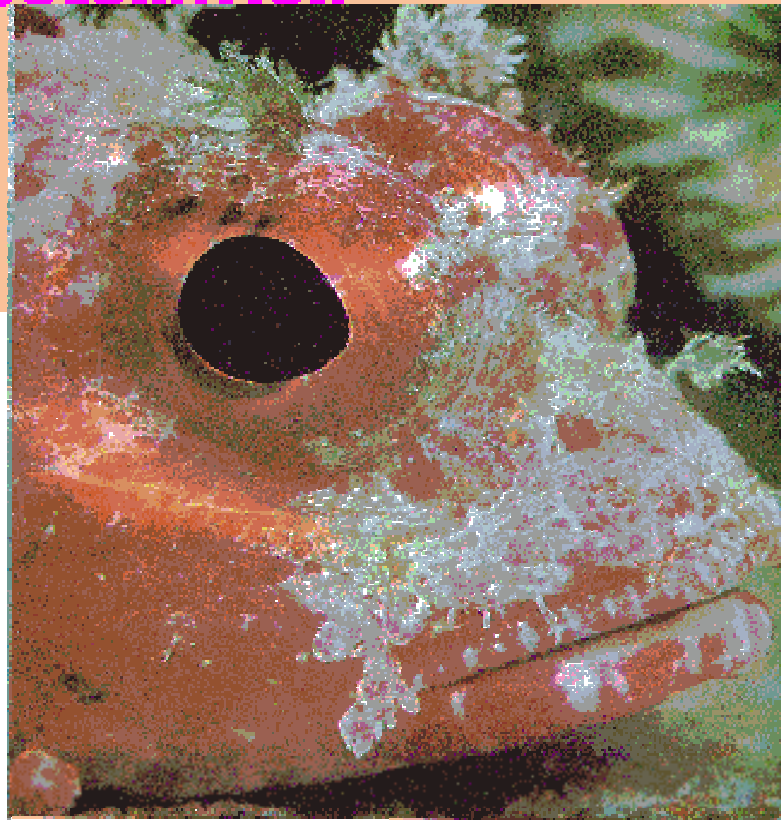
CRYPTIC COLORATION

**ANGLER
FISH**



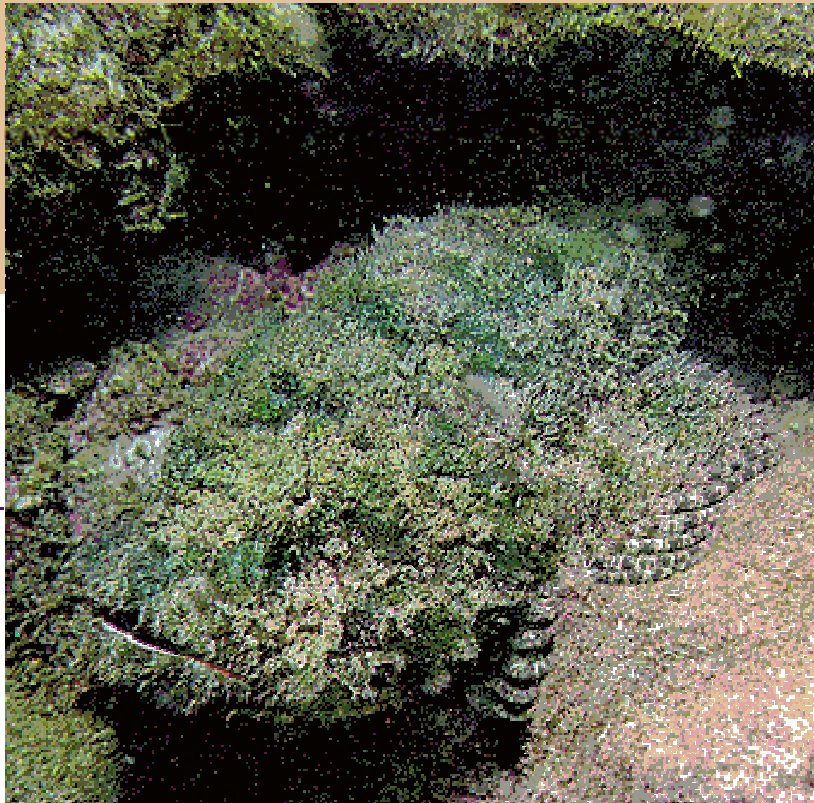
CRYPTIC COLORATION

**SCORPION
FISH**



CRYPTIC COLORATION

SCORPION
FISH

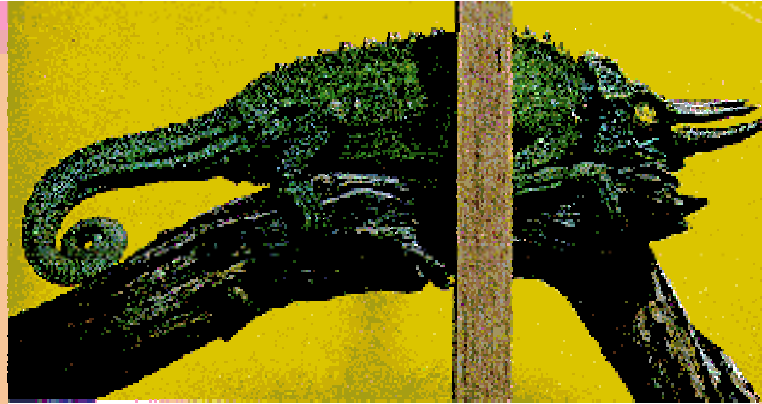


CRYPTIC COLORATION **SHIELD
DARTER**



**COLOR
CHANGE**

CHAMELEON







**HIDE IN
PLAIN
SIGHT**

**TROPICAL
KATYDID**





**TWIG
CATERPILLAR**





**DEAD
LEAF
INSECT**





**BAY
PIPEFISH**





**TROPICAL
TREE
FROG**





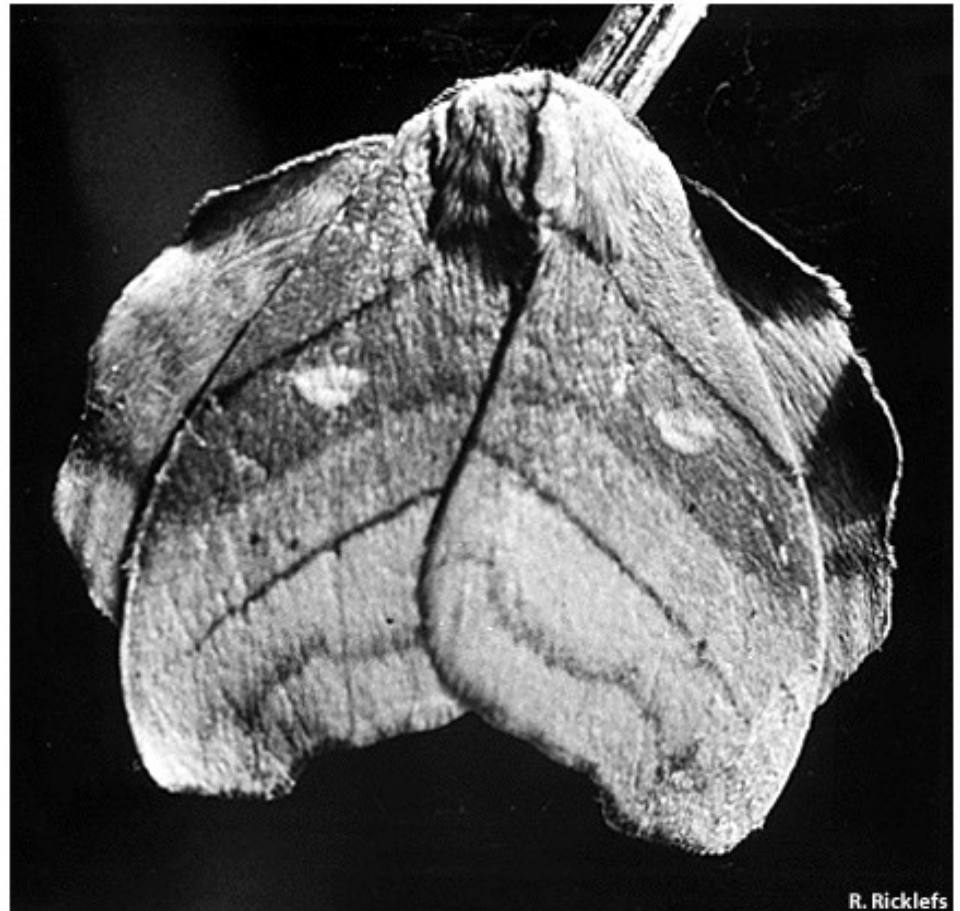
**TWIG
CATERPILLAR**



Asimetrija je također dobra zaštita od predatora

- Preklapanje jednog krila preko drugog
- Noge ispružene samo na jednu stranu
- Abdomen zaokrenut na jednu stranu

Moljac koji narušava svoju simetriju djelomičnim preklapanjem jednog krila preko drugog



“Druga linija obrane”

- Kada predatori ipak otkriju kriptični organizam oni se susreću s različitim tipovima “druge linije obrane” (npr. blef, “napad i bijeg” mehanizam itd.)



Gusjenica zauzima kriptični položaj, ali ukoliko je otkrivena ona izbací glavu i prsa dobivajući izgled male otrovne zmije

Gusjenica lastinog repka koja je izgledom slična maloj zmiji



“Druga linija obrane”

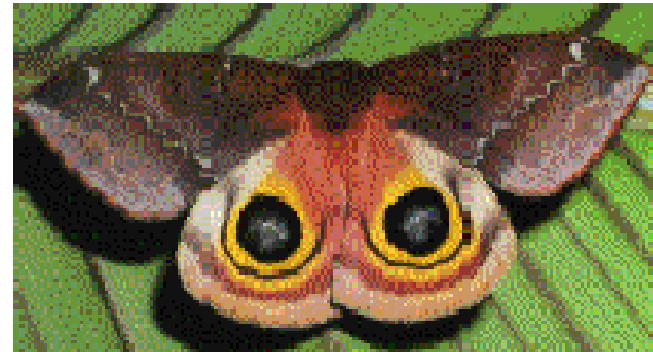
- Točke kije oponašaju oči su vrlo česta pojava kod leptira i drugih kukaca, čime se pokušava preplašiti predatora (oči bi mogle biti oči neke veće životinje)



Normalan položaj leptira



Kada je otkriven raširi prednja krila i otkriva točke na stražnjim krilama



Ponekad strategija obrane više ovisi o karakteristikama okoliša nego o predatorima

- Veliki leptiri na nižim nadmorskim visinama rijetko pokazuju kriptični izgled zato što prije leta ne moraju zagrijavati krila, pa mogu lako odletjeti i umaći predatoru
- Na višim nadmorskim visinama leptiri ne mogu smjesta odletjeti jer im treba duži period zagrijavanja, pa ovdje primjenjuju kriptičnost



- Dok je neupadljivost uglavnom strategija jestivih životinja, dotle otrovne ili neukusne životinje imaju odbijajuće oznake
- Vrlo su česta kombinacija žute ili narančaste pruge na crnoj podlozi (ose, zmije, žabe), ili jarke boje (crvena, narančasta)
- Predatori brzo nauče izbjegavati takve organizme

Upozoravajuća obojenost













**Žuto-crna kombinacija boja
je vrlo česta**

© Fred Janzen



Coral snake

© David Vleck



King Snake

**Otrovne zmije vrlo
često upozoravaju na
svoju otrovnost**

**Zmijolika jegulja upozorava
na svoju otrovnost**





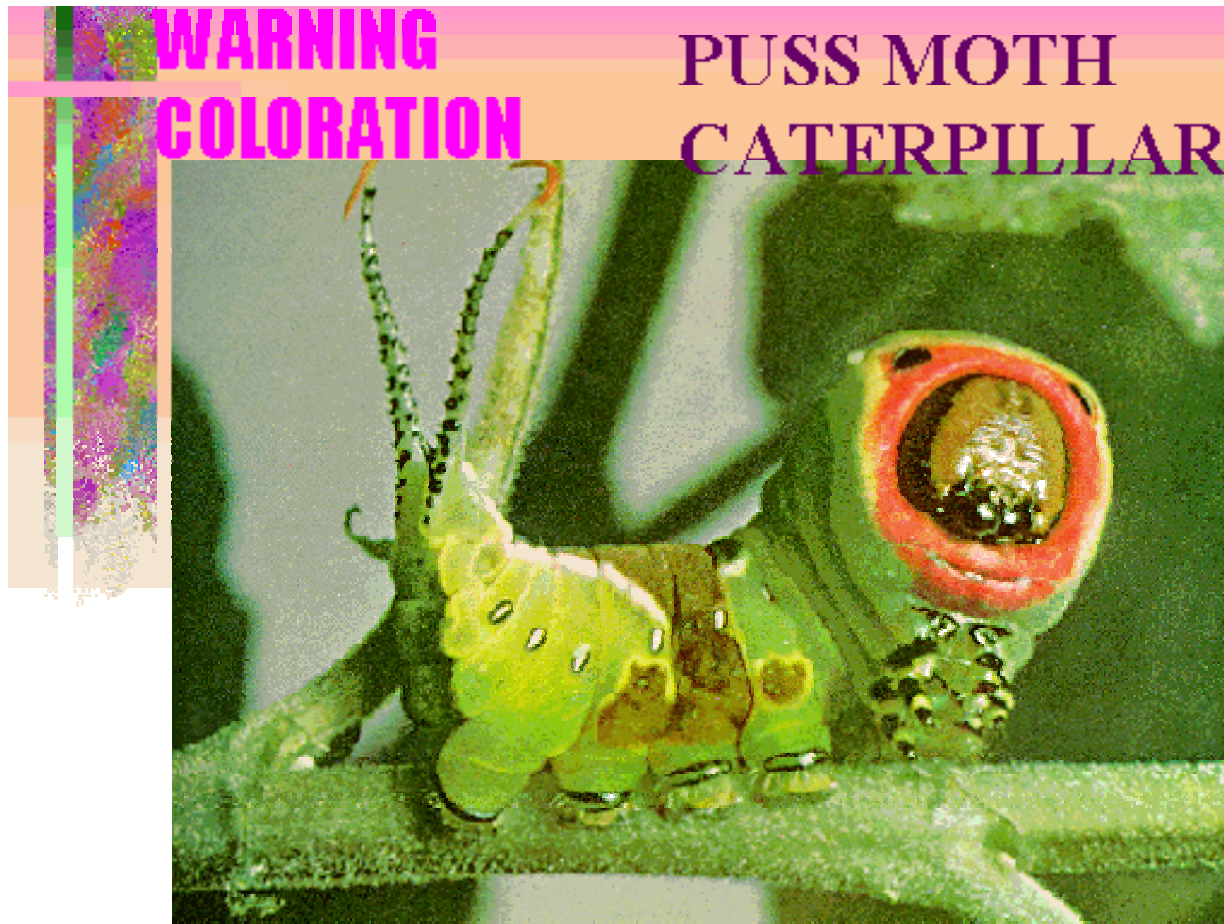
M. Šolić: Osnove ekologije



**WARNING
COLORATION**

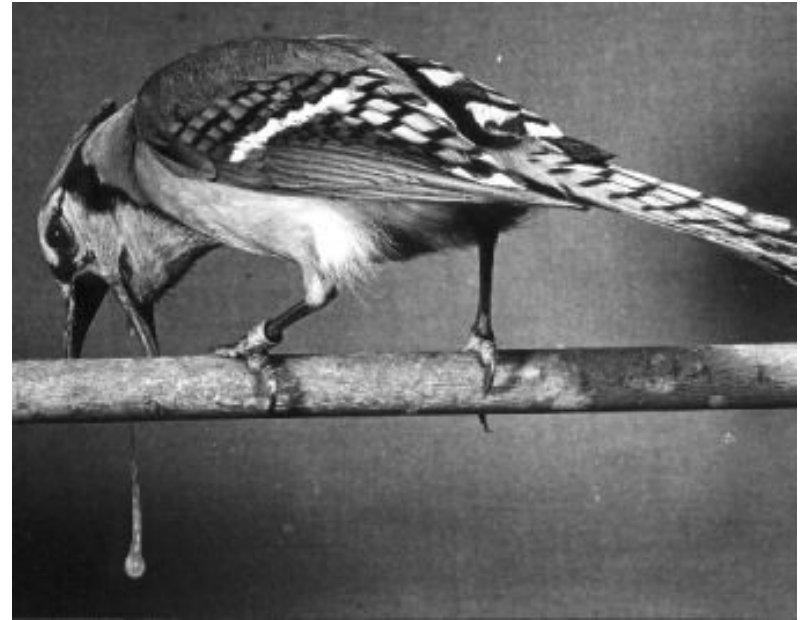
**PUSS MOTH
CATERPILLAR**

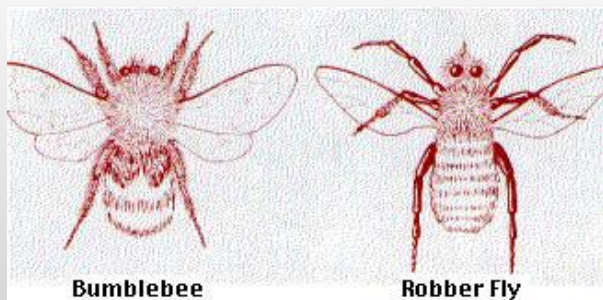






Ptica koja je pojela neukusnog leptira ubrzo ga je ispljunila i naučila lekciju

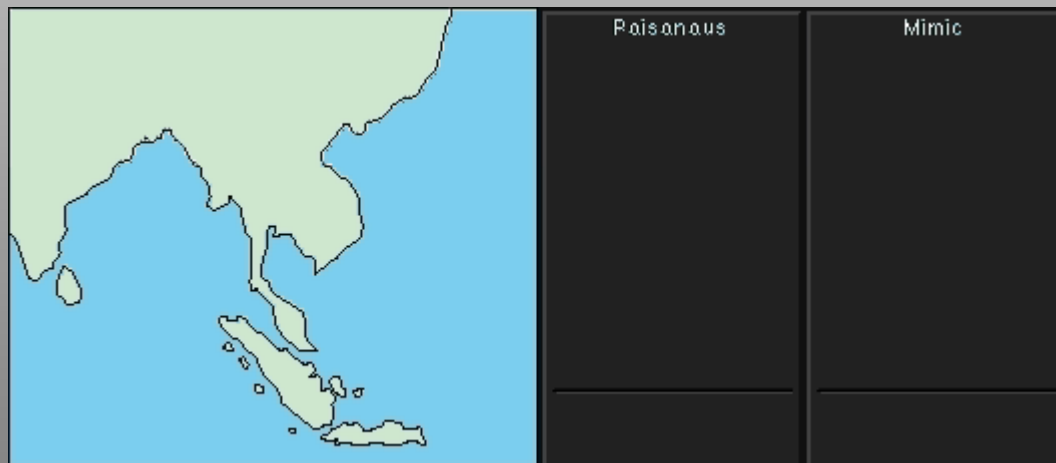




Mimikrija



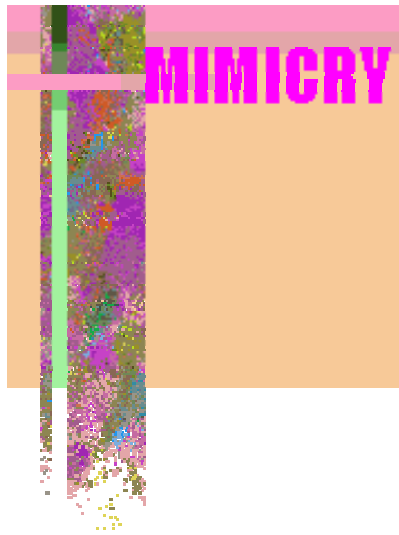
- Nejestive životinje s upozoravajućom obojenošću često služe kao model za razvitak sličnog izgleda kod vrsta koje ih oponašaju izgledom, a koje nisu otrovne ili neukusne. Ta se pojava naziva Batesova mimikrija (po engleskom prirodoslovcu koji je ovu pojavu otkrio istražujući kukce u području Amazone)
- Müllerova mimikrija
- Kemijska mimikrija (miris kod cvijeća)



MIMICRY

**IO
MOTH**





**HORNET
FLY**

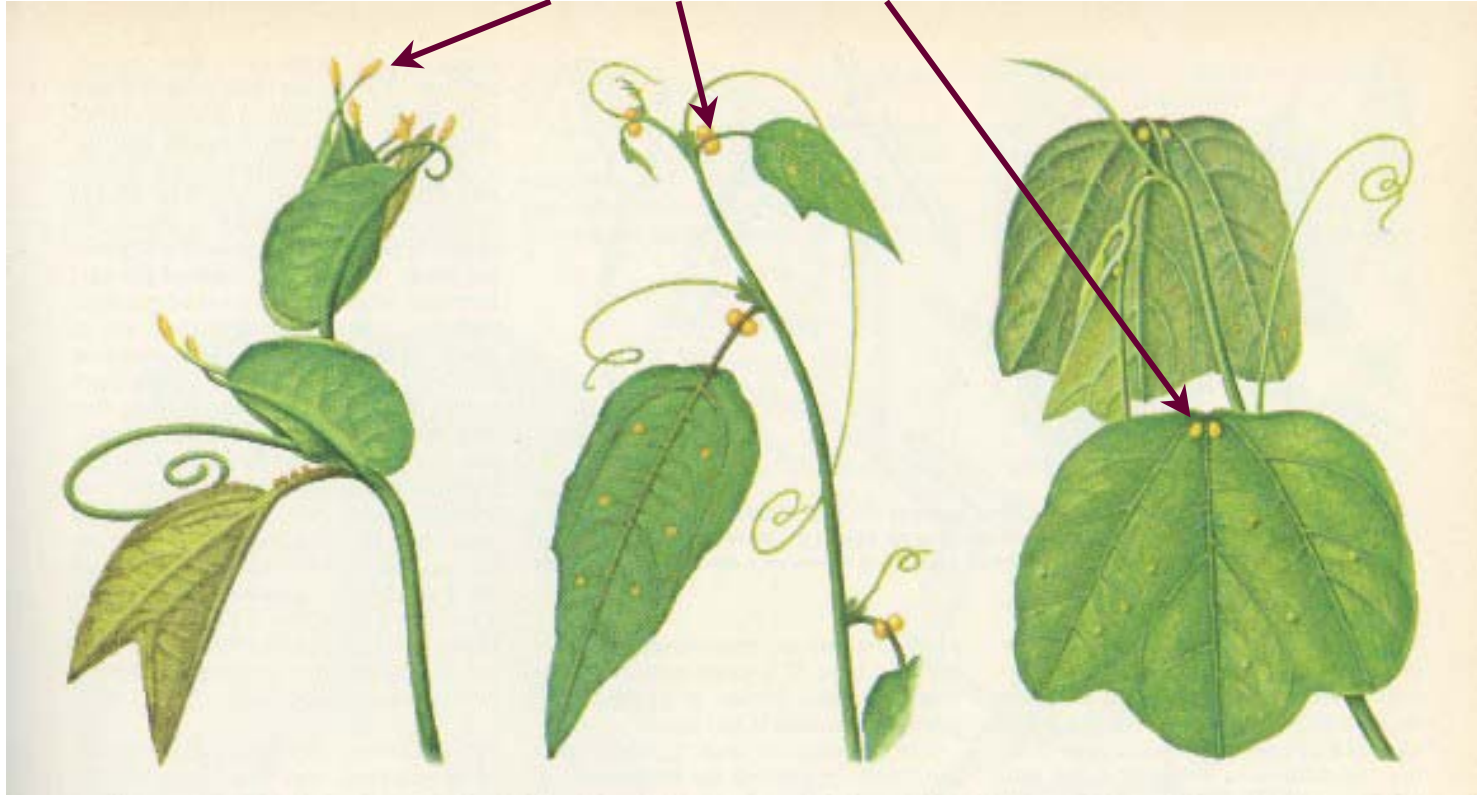








Strukture koje proizvodi biljka, a koje podsjećaju na jajašca kukaca



Mimikrija jaja kod biljke Pasiflore, gdje ona proizvodi strukture slične jajašcima kukca čije se ličinke hrane njenim lišćem. Naime, odrasli kukac izbjegava položiti jaja na biljku na kojoj je neka druga jedinka već položila jaja. Na ovaj način biljka izbjegava potencijalnog herbivora

**Ponekad plijen može čak nalikovati
svome potencijalnom predatoru**

Krila ove mušice su
obojena na način da
podsijećaju na klijesta
pauka, tako da mušica
nalikuje pauku koji je
njen potencijalni
predator



Polimorfizam kao odgovor na “traženu sliku”



Hobotnica koja bojom imitira otrovnu morsku zmiju

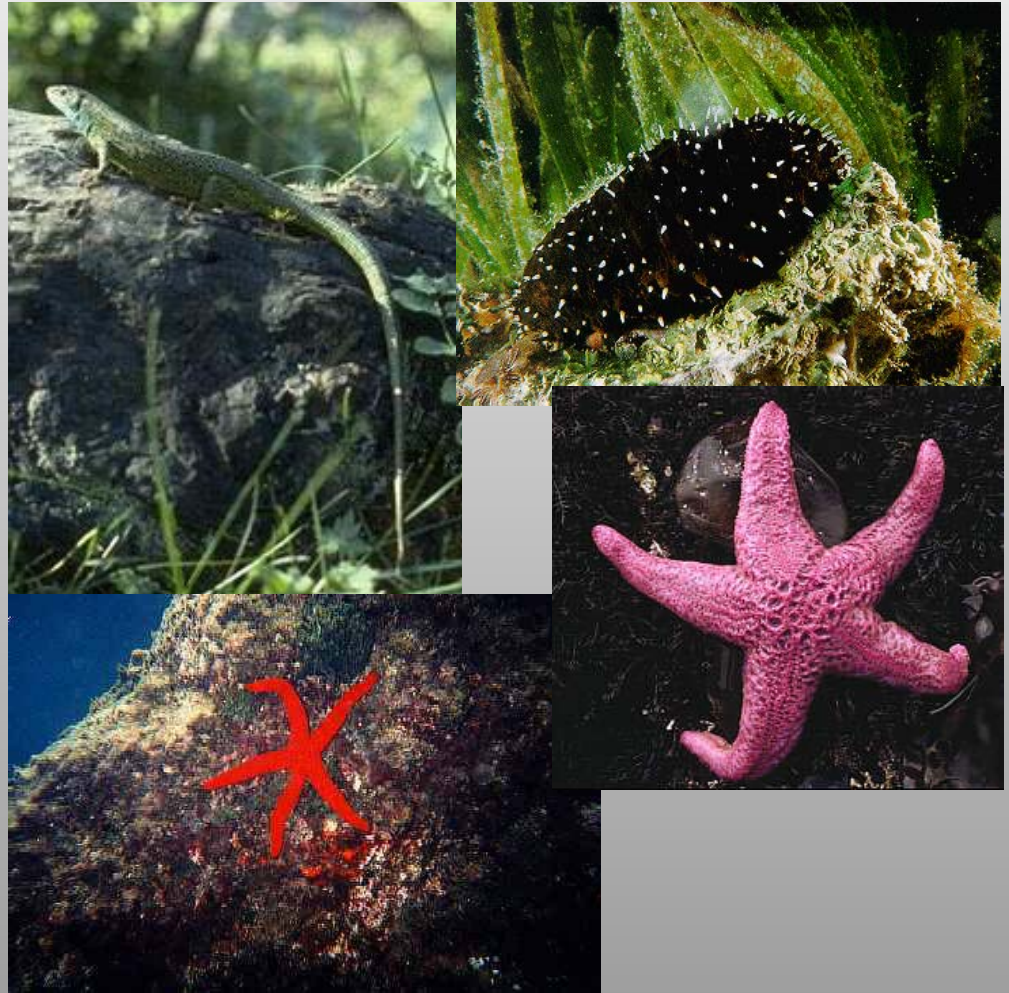


Autotomija ili samosakačenje

Autotomija ili samosakačenje

Najspektakularnija prilagodba za izbjegavanje predatora (npr. odbacivanje repa kod guštera, kraka kod zvjezdače, utrobe kod trpa itd.)

Autotomija je uvijek povezana s velikom sposobnošću regeneracije



Industrijski melanizam – prirodna selekcija u akciji

- Istraživanja neupadljivosti pružila su prve primjere evolucijskih promjena uvjetovanih prirodnom selekcijom (veliku ulogu u tome je odigrao engleski liječnik i kolekcionar leptira H. Kettlewell)

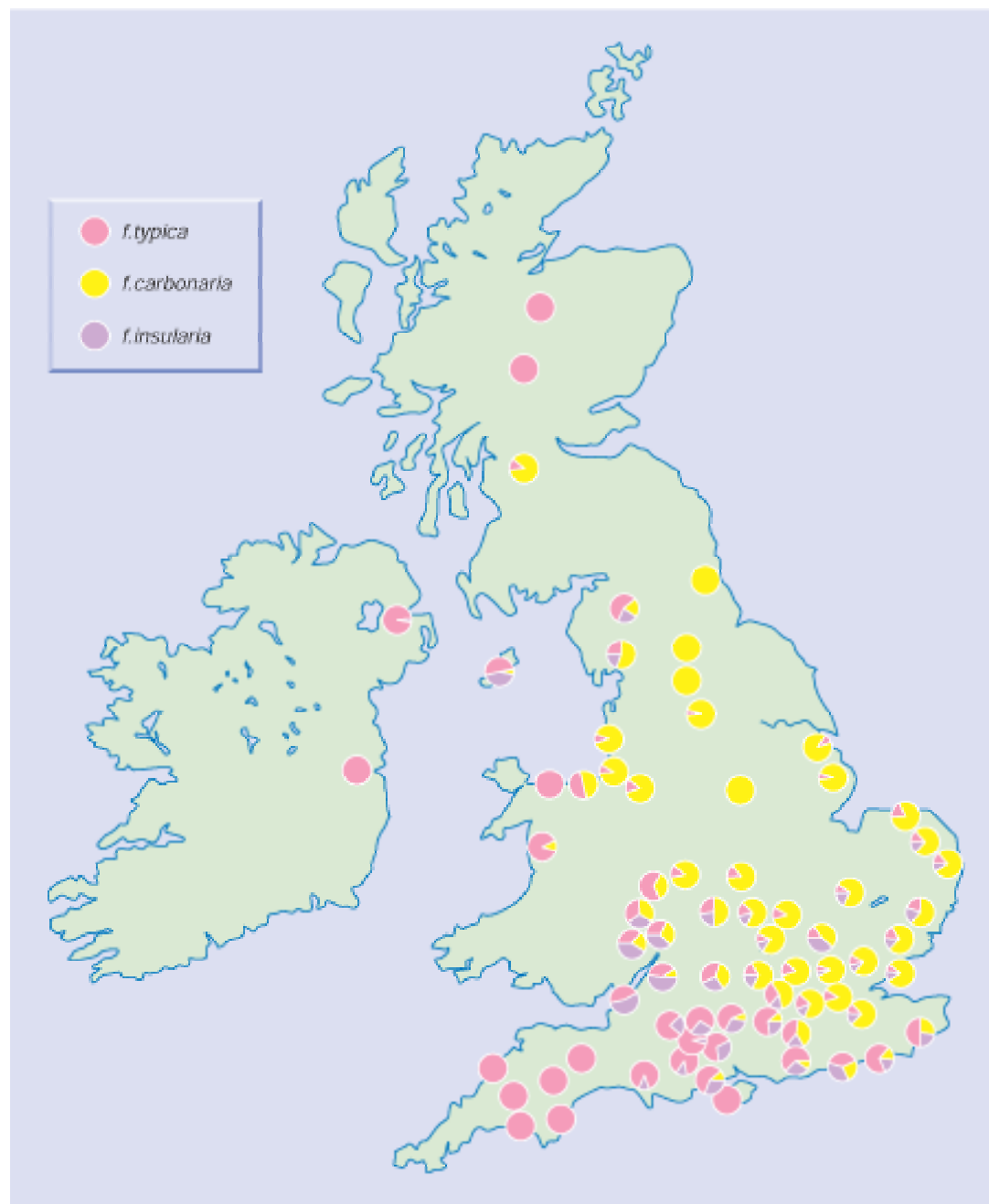
*Leptir **Biston betularia***



Uobičajena
svjetla forma

Tamna
(melanistična)
forma nazvana
carbonaria

Tamna forma
carbonaria bila je vrlo
brojna u industrijskim
područjima, kao i u
područjima gdje
dominantni zapadni
vjetar odnosi
atmosfersko zagađenje
prema istoku



Leptiri na svjetloj podlozi



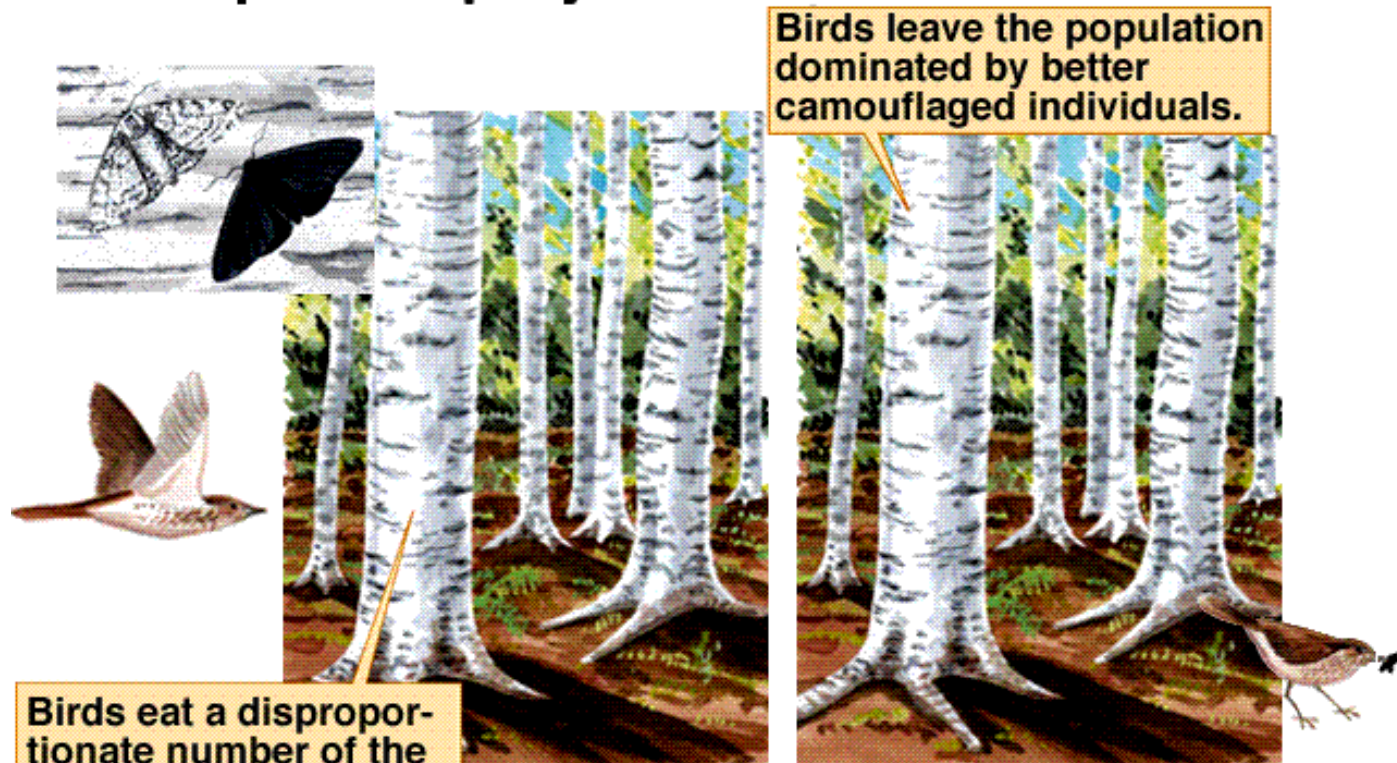
Leptiri na tamnoj podlozi







Predators act as agents of natural selection for improved prey defense.



Birds leave the population dominated by better camouflaged individuals.

Birds eat a disproportionate number of the conspicuous members of a peppered moth population.

Predatori su bili mehanizam prirodnog odabira jer su u njihovoj prehrani dominirali leptiri koji su se isticali na podlozi

Rezultati eksperimenta markiranja u šumi u blizini
industrijskog Birginghama

TABLE 1-1

Results of Kettlewell's mark-recapture experiment

	Typicals	Melanics
Number of moths released	201	601
Number of moths recaptured	34	205
Percentage recaptured	16	34

Eksperiment u nezagađenoj šumi u blizini Dorseta dao je obrnute rezultate

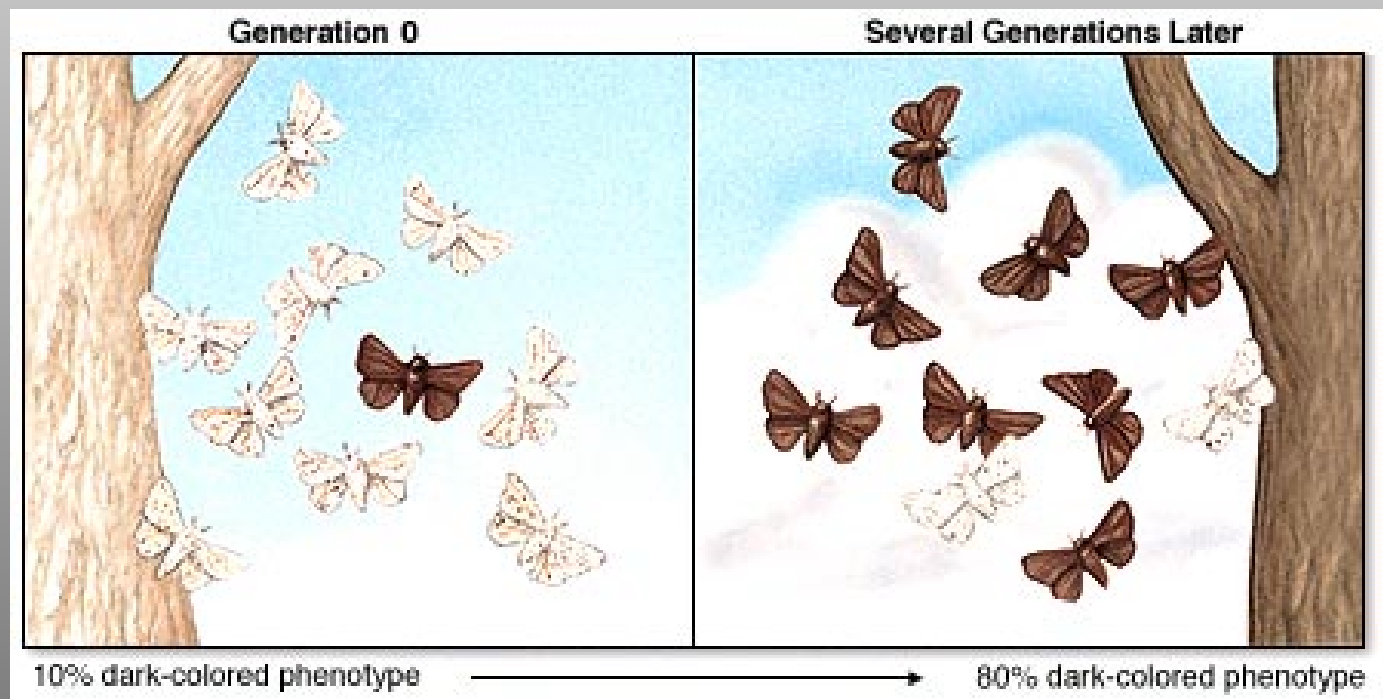
Efikasnost predacije dviju formi leptira od strane ptica u zagađenim i nezagađenim šumama

TABLE 1-2 Bird predation on typical (light) and melanic (dark) forms of the peppered moth

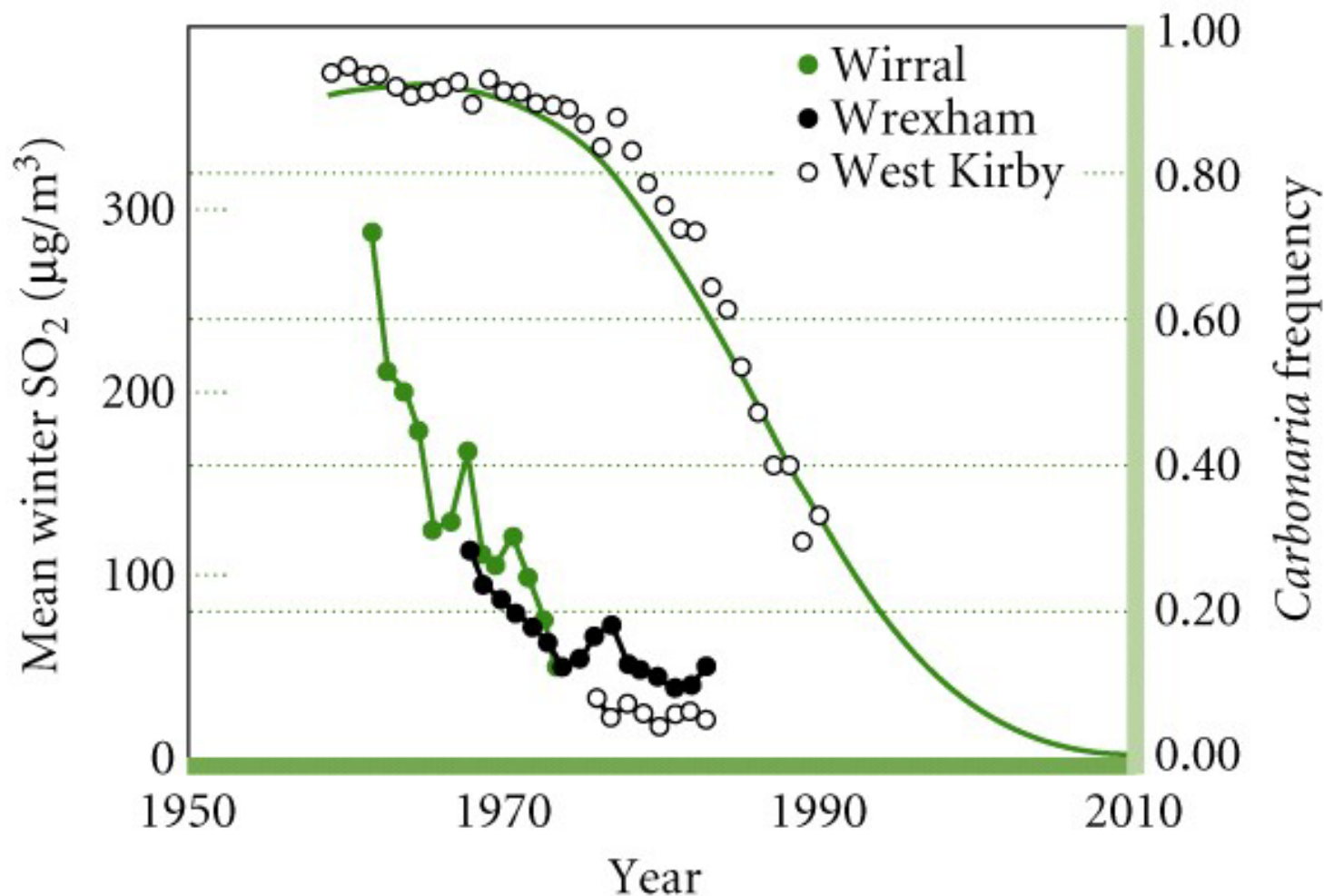
	Individuals taken by birds	
	Typicals	Melanics
Unpolluted woods	26	164
Polluted woods	43	15

Kettlewellova studija je jasno pokazala:

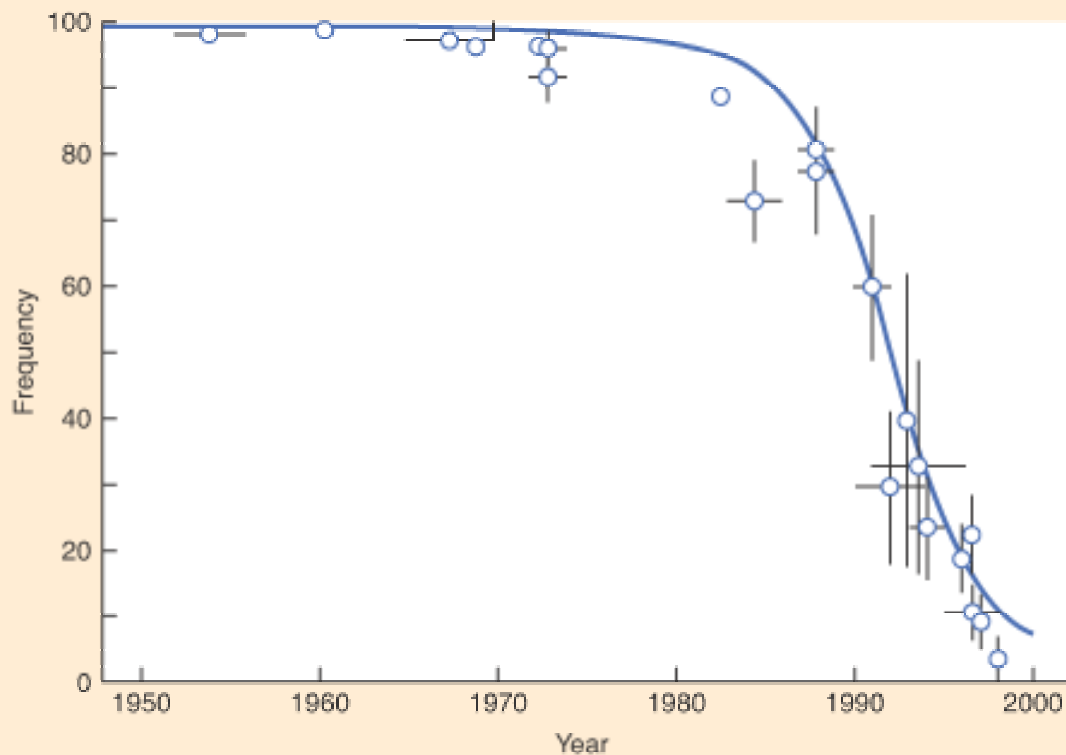
1. Djelovanje prirodne selekcije nakon nekog vremena rezultira genetičkim promjenama u populaciji
2. Interakcije između organizama i njihovog okoliša određuju uspješnost organizama u preživljavanju i prenošenju gena na potomstvo



Smanjenje učestalosti *carbonaria* forme na tri lokacije u Velikoj Britaniji, koje je povezano sa smanjenjem zagađenja zraka



Smanjenje učestalosti *carbonaria* forme na području
Manchestera



Većinu parazita karakterizira specifičnost domaćina i složeni životni ciklus

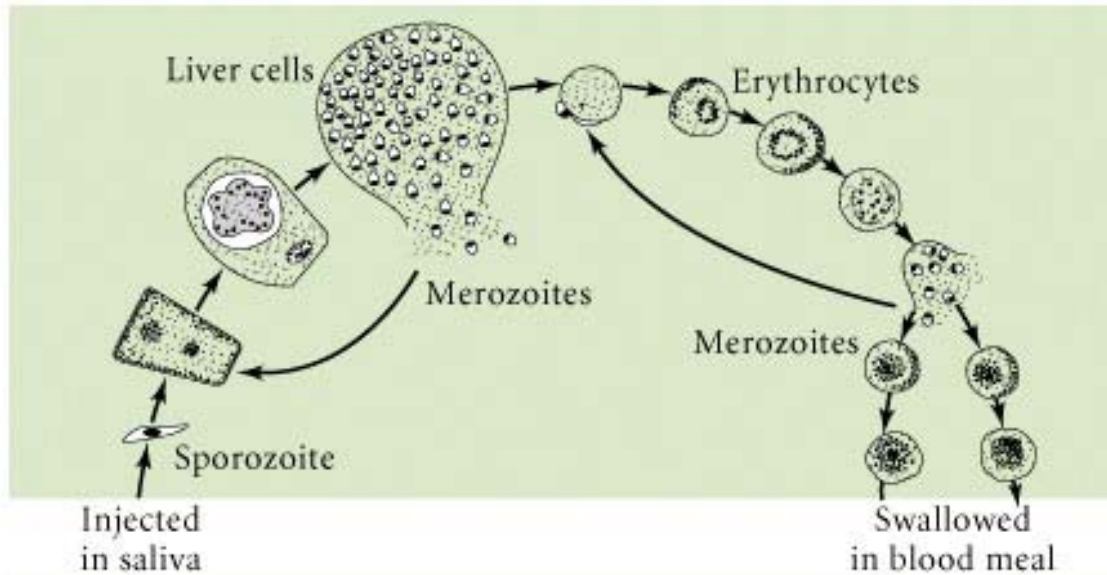


- Paraziti su obično znatno manji od svog domaćina
- Žive ili na površini domaćina (**ektoparaziti**), ili u unutrašnjosti njegovog tijela (**endoparaziti**)
- Paraziti pokazuju karakteristične prilagodbe na svoj način života:
 - Ulažu mali napor u održavanju svog unutrašnjeg okoliša
 - Moraju se rasprostranjivati između domaćina što mnogi postižu kroz vrlo komplicirane životne cikluse (tijekom tih ciklusa se jedan ili više stadija može odvijati i izvan tijela u vanjskom okolišu)
- Neki su paraziti vrlo specifični u pogledu domaćina
- Većina parazit-domaćin sustava razvija finu ravnotežu (parazit rijetko šteti zdravlju svog domaćina)
- Paraziti su morali razviti mehanizme kako da nadmudre imunološki sustav domaćina

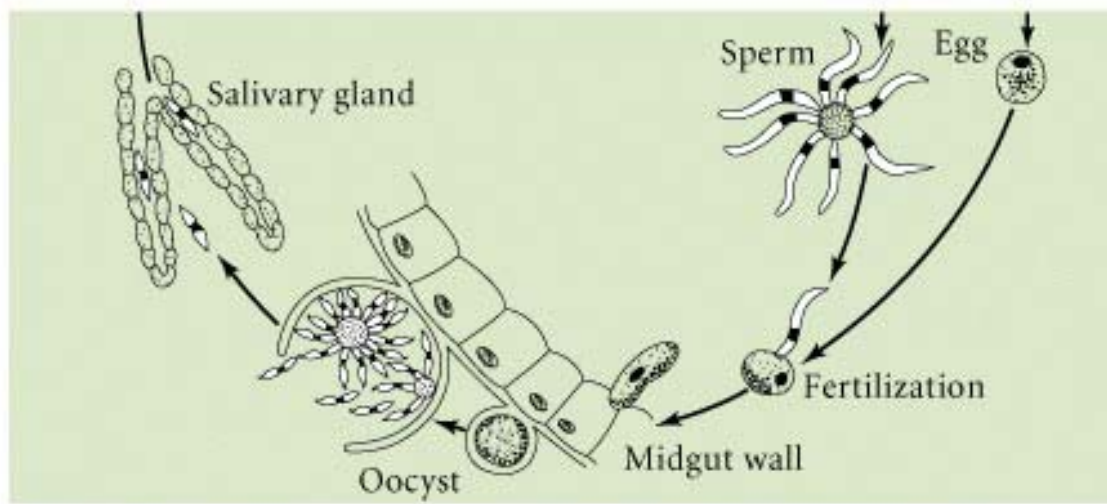
Izopodni račić – ektoparazit na ribi



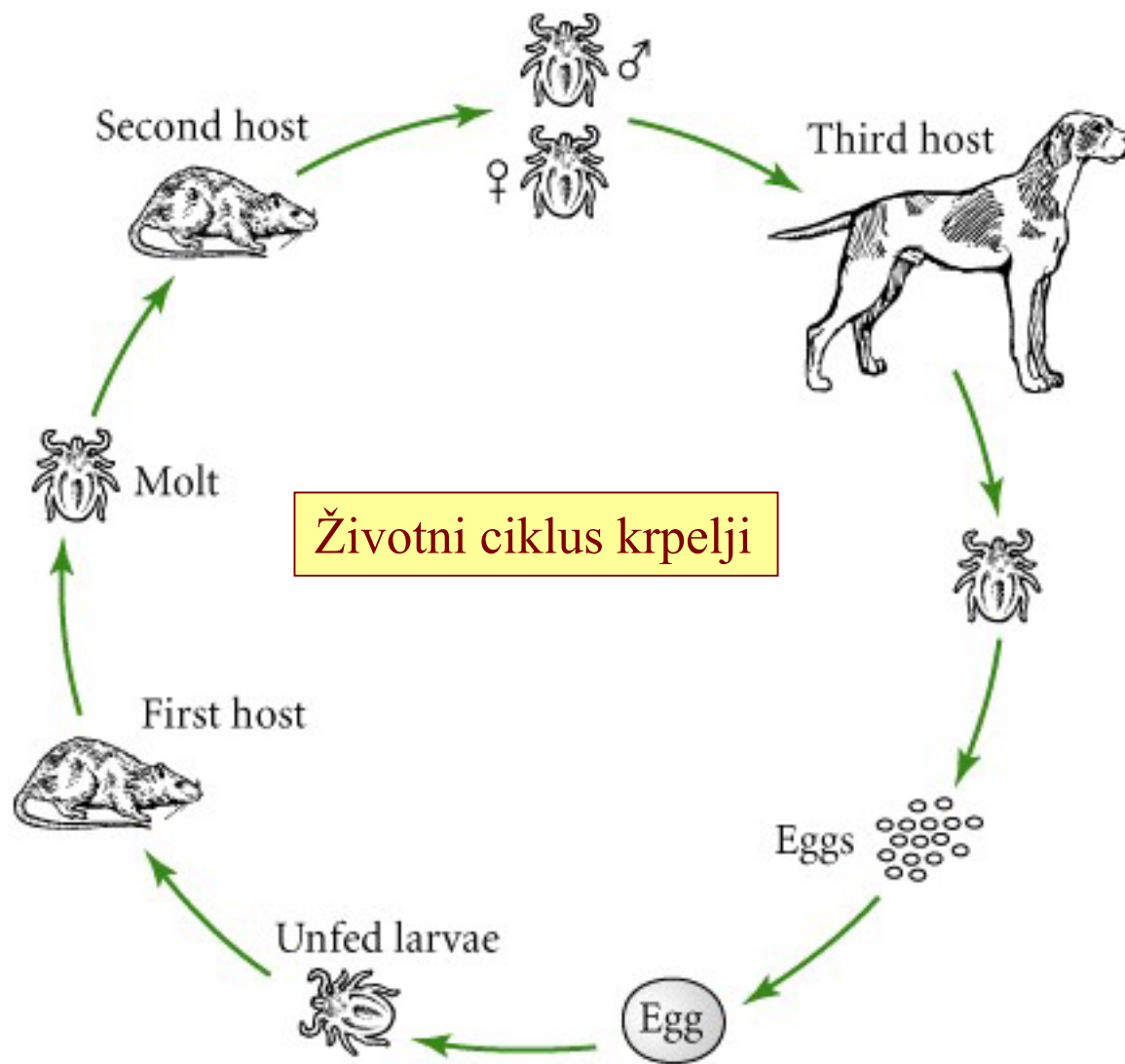
Stages in
human



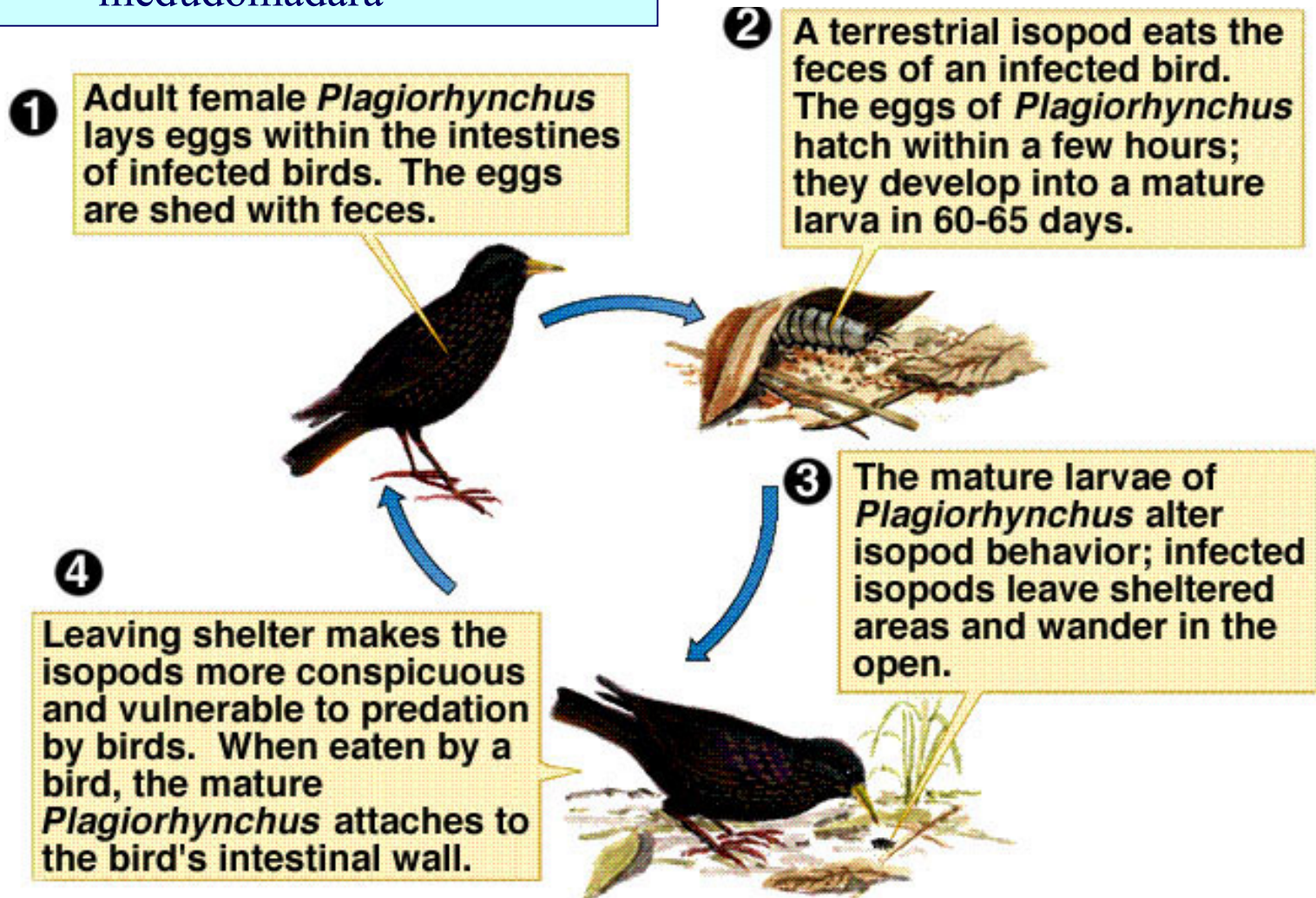
Stages in
mosquito



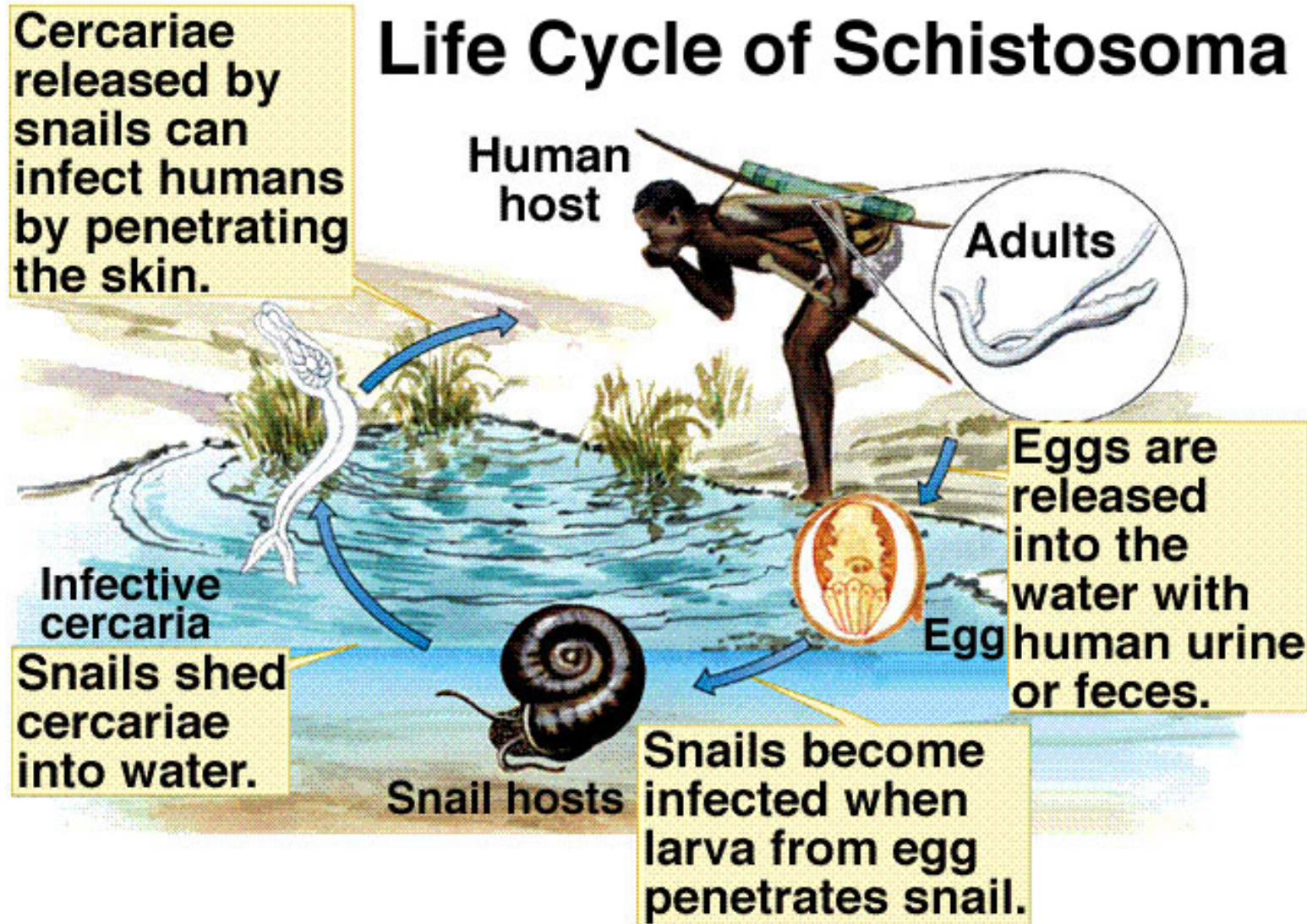
Životni ciklus
parazita
Plazmodiuma
(uzročnika
malarije)
uključuje dva
domaćina,
komarca i
čovjeka, a spolna
se faza odvija u
komarcu



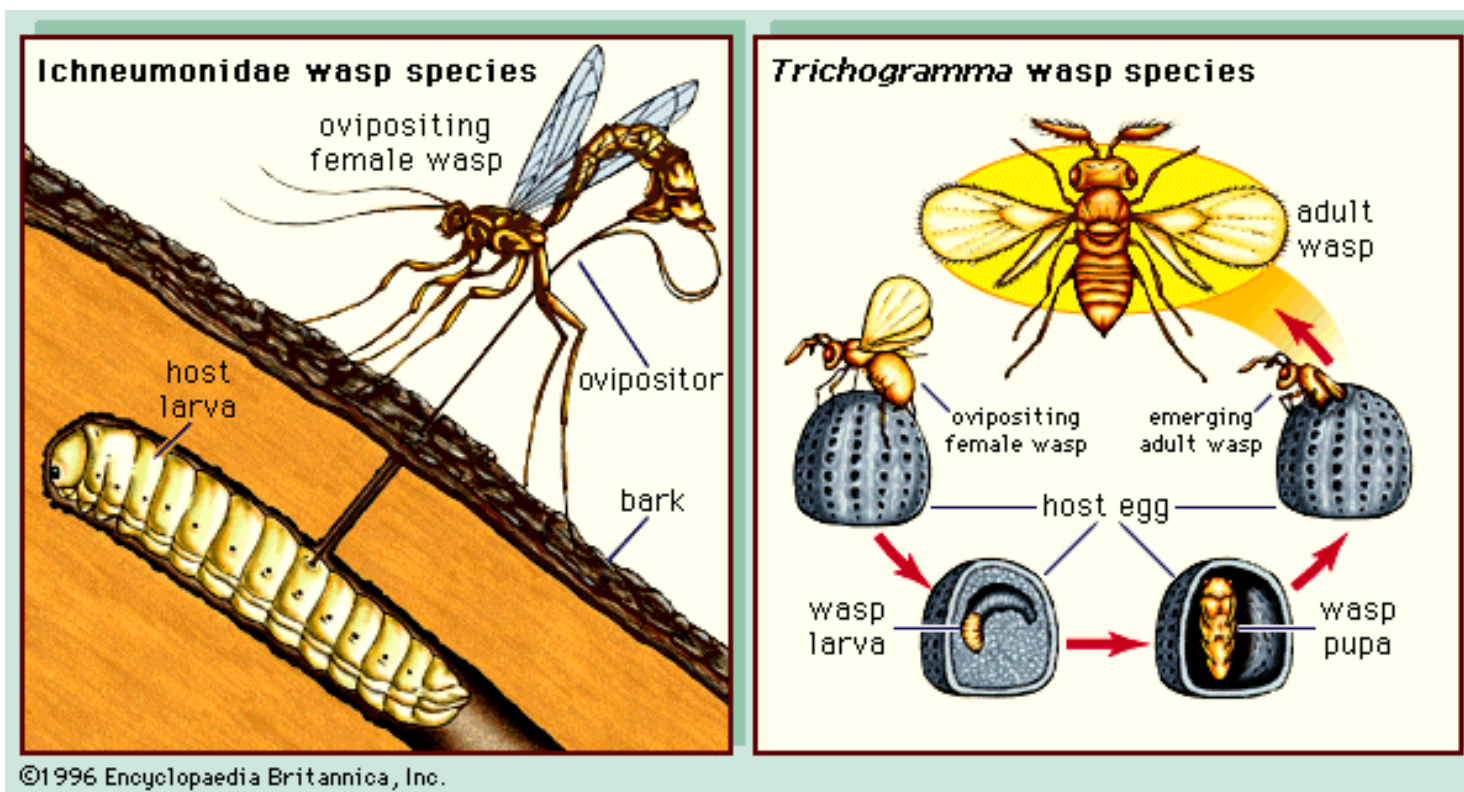
Životni ciklus crijevnog parazita kod ptica
uključuje kopnenog isopodnog raka kao
međudomadara



Životni ciklus krvnog metilja (*Schistosoma*)



Parazitoidi su kukci koji polažu jaja u drugim kukcima, najčešće njihovim ličinkama





... a potom izbací iz
gníezda jaja domaćína

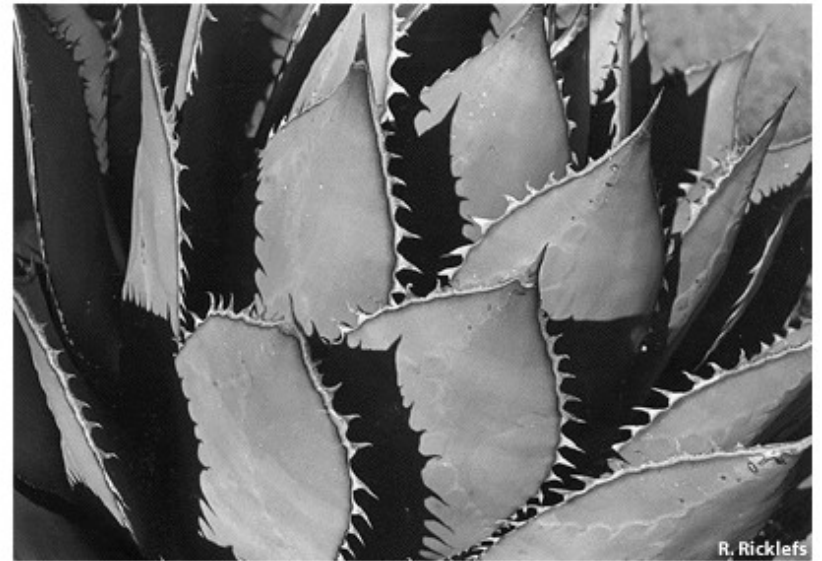
Paraziti gníezda

Mlado kukavice se prvo izvalí
iz jaja ...

**Social parasitism by the reed
warbler-cuckoo**



Biljke koriste strukturne i kemijske obrambene mehanizme protiv herbivora



Strukturnu obranu kod biljaka čine bodlje, dlake ili otporan omotač oko sjemenke

Hranjiva vrijednost biljaka

- Hranjiva vrijednost i probavljivost biljne hrane je kritična za herbivore (oni obično biljnu hranu selekcioniraju prema hranjivoj vrijednosti)
- Povećana razina celuloze u listovima, kao i povećana žilavost listova reducira herbivornost, dok visoki sadržaj vode i dušika u listovima stimuliraju herbivornost

Korelacija između razine herbivornosti i nekih značajki biljaka koje se odnose na njihovu hranjivu vrijednost



TABLE 7-1

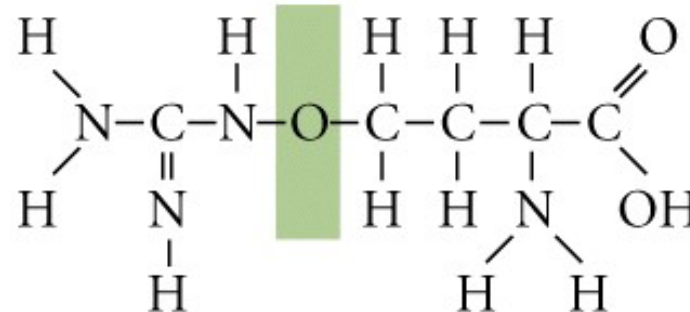
Correlations between rates of herbivory and defenses of leaves of saplings among 46 species of trees in lowland rain forest habitat in central Panama

Leaf attribute	Range of values	Correlation coefficient (<i>r</i>)
Chemical		
Total phenols (% dry mass)	1.7–22.6	–0.10
Cellulose (% dry mass)	10.2–30.4	–0.47**
Lignin (% dry mass)	3.3–20.8	–0.23
Physical		
Toughness (Newtons)	2.5–11.6	–0.52
Undersurface hairs (number mm ^{–2})	0–18	0.64**
Nutritional		
Water (%)	49–82	0.51**
Nitrogen (% dry mass)	1.7–3.1	0.29*

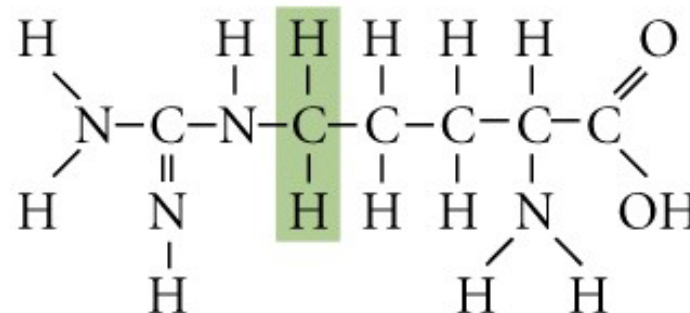
Statistical significance: **P* < 0.05; ***P* < 0.01.
(From Coley 1983.)

- Mnoge biljke, ali i neke životinje (pogotovo sesilne morske) razvijaju kemijske tipove obrane
- Mnoge biljke proizvode kemijske tvari koje odbijaju herbivore (npr. tanin koji inhibira probavu proteina)
- Brojni biljni toksini se upotrebljavaju u proizvodnji pesticida, kao i u farmakologiji
- Tamo gdje je herbivornost intenzivnija biljke imaju raznolikije i koncentriranije toksine
- Biljna obrana toksinima može biti inducirana herbivornošću (koncentracija toksičnih tvari počinje naglo rasti nakon otkidanja listova od strane herbivora)

Toksične supstance



Canavanine



Arginine

Tropska leguminoza proizvodi neproteinski toksičnu aminokiselinu sličnu argininu

Gusjenica leptira *Manduca sexta* je otporna na nikotin i hrani se lišćem duhana (nikotin djeluje na živčani sustav, a ova ličinka ima sposobnost da nikotin izbacuje iz živčanih stanica)



Biljke u svrhu
obrane od
herbivora
proizvode više
desetaka tisuća
kemijskih
spojeva

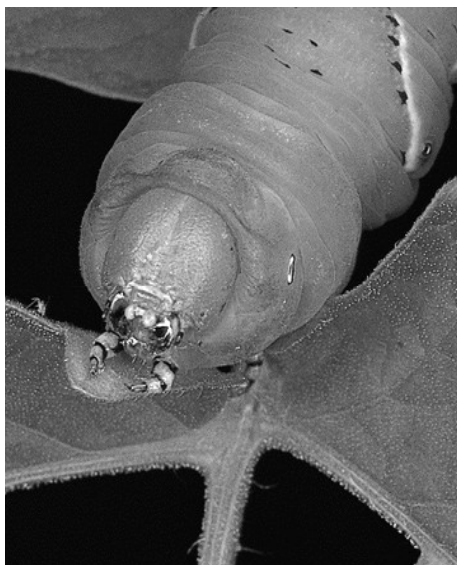
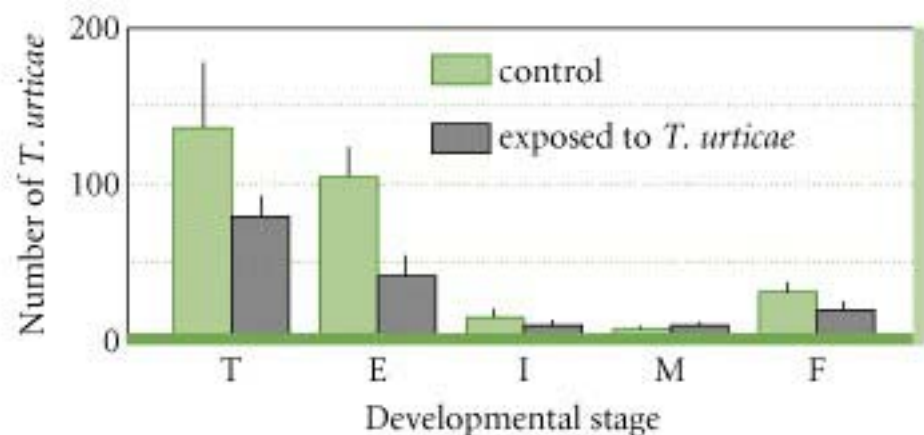
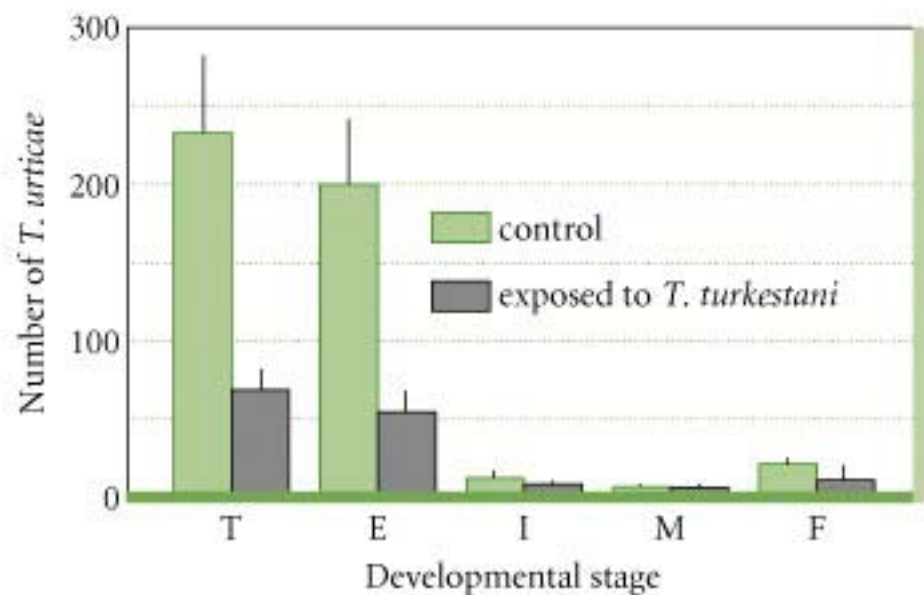


TABLE 7-2 Secondary plant compounds involved in plant-herbivore interactions

Class	Approximate number of chemical structures	Distribution	Physiological activity
Nitrogen compounds			
Alkaloids	5,500	Widely in angiosperms, especially in roots, leaves, and fruits	Many toxic and bitter-tasting
Amines	100	Widely in angiosperms, often in flowers	Many repellent-smelling, some hallucinogenic
Amino acids (nonprotein)	400	Especially in seeds of legumes, but relatively widespread	Many toxic
Cyanogenic glycosides	30	Sporadic, especially in fruits and leaves	Poisonous (as HCN)
Glucosinolates	75	Cruciferae and 10 other families	Acrid and bitter
Terpenoids			
Monoterpenes	1,000	Widely, in essential oils	Pleasant-smelling
Sesquiterpene lactones	600	Mainly in Compositae, but increasingly found in other angiosperms	Some bitter and toxic, also allergenic
Diterpenoids	1,000	Widely, especially in latex and plant resins	Some toxic
Saponins	500	In over 70 plant species	Hemolyze blood cells
Limonoids	100	Mainly in Rutaceae, Meliaceae, and Simaroubaceae	Bitter-tasting
Curcubitacins	50	Mainly in Cucurbitaceae	Bitter-tasting and toxic
Cardenolides	150	Especially common in Apocynaceae, Asclepiadaceae, and Scrophularaceae	
Phenolics			
Simple phenols	200	Universal in leaves, often in other tissues as well	Antimicrobial
Other			
Polyacetylenes	650	Mainly in Compositae and Umbelliferae	Some toxic



Odgovor biljaka na aktivnost herbivora može značajno reducirati daljnu herbivornost



Broj dviju srodnih vrsta herbivora iz roda *Tetranychus* je na biljkama pamuka uvijek bio manji kada je biljka prethodno bila izložena herbivornosti, nego u kontroli gdje biljka nije bila izložena herbivorima