

TRENING ŠKOLA EKSPERIMENTALNE EVOLUCIJE

-izveštaj-

15. - 16. decembar 2022.



Фонд за науку
Републике Србије



TRENING ŠKOLA EKSPERIMENTALNE EVOLUCIJE

-izveštaj-

AUTOR IZVEŠTAJA

Uroš Savković

SAŽETAK

Osnovni cilj trening škole eksperimentalne evolucije bio je da se studentima pruži prilika da se upoznaju sa savremenim pristupima u evoluciono-biološkim istraživanjima i da ovladaju veštinama čitanja naučnih radova i pisanja predloga istraživanja koje će im pomoći u budućem radu. Ovu školu organizovali su saradnici na ELEVATE projektu finansiranog od strane Fonda za nauku Republike Srbije. Trening škola eksperimentalne evolucije studentima je predstavila raznovrsnost i primenu eksperimentalne evolucije u istraživačkom radu. Polaznici trening škole upoznali su se sa: 1) teorijskim osnovama ovog metodološkog pristupa u savremenim biološkim istraživanjima; 2) istraživanjima na pasuljevom žišku i rezultatima primene eksperimentalne evolucije na ovom model organizmu; 3) praktičnim radom dizajniranja eksperimenata primenom eksperimentalne evolucije.

KLJUČNE REČI

trening škola; eksperimentalna evolucija; starenje; tehnika trojanskih ženki; promena biljke domaćina; geometrijska morfometrija; pretraga literature; osmišljavanje isrtaživanja; prezentovanje;

TOK PISANJA IZVEŠTAJA

21.12.2022. Prva verzija izveštaja - izveštaj napisao Uroš Savković

27.12.2022. Druga verzija izveštaja - izveštaj pregledali Lea Vlajnić, Sanja Budečević, Biljana Stojković i Mirko Đorđević

28.12.2022. Finalna verzija izveštaja

RADNI PAKET PROJEKTA

WP2 Evolutionary changes in behavioral and life-history traits that enable host-shift

REZULTAT PROJEKTA

D.2.1. Training school #1 report



TRENING SCHOOL OF EXPERIMENTAL EVOLUTION

-report-

AUTHOR OF THE REPORT

Uroš Savković

EXECUTIVE SUMMARY

The main goal of the training school of experimental evolution is to give students the opportunity to become familiar with modern approaches in evolutionary biology and to master the skills of reading scientific papers and writing research proposals that will help them in their future work. Team members of the ELEVATE project, financed by the Science Fund of the Republic of Serbia, in order to achieve project goals, organized the training of the school of experimental evolution for students. The training school of experimental evolution presented students with the diversity and application of experimental evolution in research work. The participants of the training school were introduced to: 1) the theoretical foundations of this methodological approach in modern biological research; 2) research on the seed beetles and the results of the application of experimental evolution on this model organism; 3) practical work of designing experiments using experimental evolution.

KEY WORDS

training school; experimental evolution; aging; Trojan female technique; host plant shift; geometric morphometry; literature search; research design; presenting;

WRITING PROCESS

21.12.2022. First version of the report - report written by Uroš Savković

27.12.2022. Second version of the report - report proofread by Lea Vlajnić, Sanja Budečević, Biljana Stojković i Mirko Đorđević

28.12.2022. Final version of the report

PROJECT WORK PACKAGE

WP2 Evolutionary changes in behavioral and life-history traits that enable host-shift

PROJECT DELIVERABLE

D.2.1. Training school #1 report

SADRŽAJ

UVOD	8
Značaj eksperimentalne evolucije u savremenoj biologiji	8
Potreba za trening školom eksperimentalne evolucije	8
CILJEVI	10
ORGANIZACIJA TRENING ŠKOLE	11
Selekcija polaznika	12
Vreme i mesto održavanja trening škole	12
Predavači trening škole	13
REALIZACIJA TRENING ŠKOLE	14
Teme predavanja	14
Eksperimentalna evolucija	14
Evolucione posledice promene biljke domaćina	15
Zašto nismo besmrtni?	16
Testiranje materinske kletve i primena u kontroli brojnosti štetnih vrsta insekata	17
Primena i značaj geometrijske morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji na primeru pasuljevog žiška	18
Obilazak laboratorije	19
Analiza odabranih naučnih radova i formulisanje predloga istraživačke teme	19
Evolucija cirkadijalnog ritma <i>Drosophila melanogaster</i>	20
Uticaj infekcije <i>Caenorhabditis elegans</i> od strane bakterije <i>Serratia marcescens</i> na ranije sazrevanje i raniju reprodukciju	21
Razvoj antiviralnog efekta simbiotske bakterije <i>Wolbachia</i> kod <i>Drosophila melanogaster</i>	22
Uticaj koncentracije soli (NaCl) na produkciju ulja kod mikroalge <i>Chlorella vulgaris</i> gajene u otpadnim vodama	23
Evolucija imunskog odgovora <i>C. elegans</i> u odgovoru na infekciju <i>S. aureus</i>	24
Analiza ankete nakon završene trening škole	25
ZAKLJUČCI	29
DODACI	30
Dodatak 1 - Plan i program rada trening škole	31
Dodatak 2 - Prezentacije predavanja	33
Uvod	33
Eksperimentna evolucija	40
Evolucione posledice promene biljke domaćina	56
Zašto nismo besmrtni?	73



Testiranje materinske kletve i primena u kontroli brojnosti	97
Primena i značaj geometrijske morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji	116
Analiza naučnih radova	132
Formulisanje ideje i pisanje	142
Formulisanje ideje i pisanje	156
Dodatak 3 - Odabrani radovi za analizu	171
Dodatak 4 - Odabrane fotografije sa trening škole	172

UVOD

Značaj eksperimentalne evolucije u savremenoj biologiji

Eksperimentalna evolucija je istraživački okvir koji nudi jedinstvenu priliku za proučavanje evolucionih promena u realnom vremenu. Najpovoljnija karakteristika ovog pristupa je da eksperimentalne populacije evoluiraju kao odgovor na specifičan skup uslova koje nameće eksperimentator. Ovaj koncept se veoma razlikuje od dobro uspostavljenog pristupa veštačke selekcije gde se bira određena osobina koja će biti zastupljena u narednoj generaciji. Savremeni tehnološki napredak u eri -omike počinje da naglašava važnost eksperimentalne evolucije na fundamentalnom i praktičnom nivou.

Eksperimentalna evolucija pruža još jedan važan aspekt evolucionog procesa. Naime, genetičke promene u jednoj populaciji mogu biti idiosinkratične, što znači da mogu biti jedinstvene za tu populaciju zbog pojave specifičnih mutacija i/ili stohastičkog mehanizma (tj. genetičkog drifta), a ne kao rezultat prirodne selekcije. Imajući populacije koje se nalaze u replikama, koje su izložene istim uslovima životne sredine (npr. isti insekticid, biljka domaćin, bioagens, itd.), moguće je napraviti razliku između slučajnih događaja i determinističkih (očekivanih) adaptivnih odgovora na nametnuti faktor životne sredine.

Potreba za trening školom eksperimentalne evolucije

Studenti su često izloženi velikoj količini teorijskog znanja. Međutim, retko imaju priliku da se susretnu sa istraživačima i da im se rezultati empirijskih istraživanja predstave na mestima gde oni i nastaju. Upoznavanje sa naučnicima i institucijama na kojima rade, studentima može proširiti vidike, zainteresovati ih za bavljenje naukom i usmeriti ih ka oblastima koje oni smatraju zanimljivim. Zbog toga je od

ključne važnosti da se studentima predoči raznovrsnost istraživanja i da im se omogući da upoznaju proces naučno-istraživačkog rada veoma rano u toku studija.

Dodatno, studenti nisu u dovoljnoj meri upoznati sa dostupnim servisima koji omućavaju adekvatno pretraživanje naučne literature (npr. Scopus baza) i nemaju neophodne veštine pisanja koje su potrebne u razvoju akademske karijere.

Zbog toga je prepoznata velika potreba za trening školom eksperimentalne evolucije koja bi na jednom mestu ponudila studentima da se upoznaju sa istraživanjima i nauče osnovne veštine formulisanja i pisanja nekog istraživanja iz oblasti biologije uz upotrebu eksperimentalne evolucije kao metodološkog pristupa.

CILJEVI

Trening škola eksperimentalne evolucije ima za cilj da studentima predstavi raznovrsnost i primenu eksperimentalne evolucije u istraživačkom radu. Polaznici trening škole imali su priliku da se upoznaju sa:

- teorijskim osnovama ovog metodološkog pristupa u savremenim biološkim istraživanjima
- istraživanjima na pasuljevom žišku i rezultatima primene eksperimentalne evolucije na ovom model organizmu
- praktičnim radom dizajniranja eksperimenata primenom eksperimentalne evolucije

U skladu sa ovim opštim ciljevima škole definisani su i sledeći specifični ciljevi:

- Predstavljanje efikasnog načina čitanja naučnih radova. Studenti posle škole treba da ovladaju načinom kritičkog čitanja naučnog rada i važnog procesa razumevanja pročitano.
- Unapređivanje osnovnih akademskih veština kao što su pretraživanje i korišćenje agregatora (Scopus baza) prilikom sakupljanja relevantnih informacija. Studenti su posle trening škole u stanju da nezavisno pretražuju i koriste relevantne izvore znanja.
- Upoznavanje sa osnovama formulisanja i pisanja istraživačkog pitanja, hipoteza i metodologije rada. Studenti su u stanju da prepoznaju osnovne elemente koji čine predlog svakog istraživačkog predloga i umeju da samostalno formulišu predlog projekta i ideje istraživanja.

ORGANIZACIJA TRENING ŠKOLE

Planom i programom rada ELEVATE projekta predviđena je organizacija trening škole koja u svom fokusu ima eksperimentalnu evoluciju i načine dizajniranja eksperimenata korišćenjem ovog metodološkog pristupa. Trening škola je planirana za dvadeset polaznika. Izveštaj sa trening škole predstavlja rezultat projekta pod nazivom: *D 2.1. Training school #1 report*.

Krajem novembra 2022. godine (28.11.2022.) studentima je prosleđena informacija o načinima na koji se mogu prijaviti na trening školu. Tom prilikom korišćeni su elektronski (elektronska pošta, društvene mreže ELEVATE projekta i IBISS), štampani (plakati postavljeni na fakultetima) i usmeni načini širenja vesti o trening školi koja će biti održana.

Prijava studenata je bila omogućena popunjavanjem *on-line* formulara koji je imao nekoliko osnovnih segmenata (1. Opšte informacije o učesnicima radionice; 2. Obrazovanje i interesovanja; 3. Motivacija - Ovaj segment je služio prilikom odabira studenata za pohađanje trening škole; 4. Alergije/Posebni režim ishrane; 5. Saglasnost sa GDPR pravilima).

Prijava na trening školu bila je otvorena do 10.12.2022. Validno popunjen prijavni formular poslalo je 96 studenata. Najveći broj pristiglih prijava, njih 80, pristiglo je od studenata koji su na osnovnim studijama Biološkog fakulteta, Univerzitet u Beogradu, što je ukupno činilo 83.33% prijava. Međutim, studenti su se prijavljivali i sa drugih univerziteta (PMF, Univerzitet u Novom Sadu, 3 prijave, 3,13% i PMF, Univerzitet u Kragujevcu, 4 prijave, 4,17%). Po jedna pristigla prijava stigla je sa Hemijskog fakulteta, Poljoprivrednog fakulteta, Kriminalističko-policijskog fakulteta, Univerzitet u Beogradu, i sa PMF Državni Univerzitet u Novom Pazaru. Imajući u vidu da trening škola traje dva dana u Beogradu, a da troškovi smeštaja i puta nisu bili uključeni, sasvim je razumljivo da je najveći broj prijavljenih bio upravo iz

Beograda. Međutim, prijave studenata iz drugih gradova ukazuju da je informacija stigla i do drugih univerzitetskih centara što je organizatorima ove trening škole bilo veoma važno.

Selekcija polaznika

Selekcija polaznika trening škole prvenstveno se bazirala na kvalitetu dostavljenih odgovora studenata u odeljku broj 3. Motivacija *on-line* formulara za prijavljivanje. Na osnovu ovih odgovora, organizatori trening škole su ocenjivali ocenama od jedan do pet svaku pojedinačnu prijavu, tj. odgovore u okviru pomenutog segmenta formulara. Nakon ocenjivanja, formirana je jedinstvena rang lista kandidata, a kandidati su nakon toga dobili poziv o učešću na trening školu putem e-mejla u kome je traženo od učesnika da potvrde svoj dolazak na trening školu.

Prosečna ocena polaznika koji su selektovani za trening školu bila je 4, a prolaznost je bila blizu 20%.

Kako se pokazalo da su sve poslate prijave imale izuzetan kvalitet, organizatori trening škole odlučili su se da svim aplikantima ponude opciju da prvi dan trening škole prate *on-line* putem video linka preko *Google meet* aplikacije, imajući u vidu da se prvi dan trening škole bavio teorijskim postavkama eksperimentalne evolucije i njenom primenom na pasuljevom žišku.

Sertifikati o učešću poslani su na mejl učesnicima koji su uživo prisustvovali trening školi neposredno nakon trening škole.

Vreme i mesto održavanja trening škole

Trening škola eksperimentalne evolucije održala se 15. i 16. decembra 2022. godine u prostorijama Instituta za biološka istraživanja "Siniša Stanković" - Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu u periodu od 10:00 do 16:00 časova.

Predavači trening škole

Trening školu eksperimentalne evolucije držali su sledeći predavači:

prof. dr. Biljana Stojković, redovni profesor, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu;

dr Sanja Budečević, naučni saradnik, Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković" - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu,

Lea Vlajnić, asistent, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu,

dr Mirko Đorđević, naučni saradnik, Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković" - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu i

dr Uroš Savković, naučni saradnik, Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković" - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu.

Svi pomenuti predavači su ujedno i saradnici na ELEVATE projektu finansiranog od strane Fonda za nauku Republike Srbije.

REALIZACIJA TRENING ŠKOLE

Teme predavanja

Eksperimentalna evolucija

Metodologija eksperimentalne evolucije pruža mogućnost za praćenje i posmatranje evolucionih promena u populacijama u realnom vremenu, tj. genetičke promene populacija mogu se detektovati iz generacije u generaciju. Za razliku od procedura veštačke selekcije u kojima se vrši odabir osobine čiju učestalost u populaciji eksperimentator želi da poveća tako što će za roditelje naredne generacije birati jedinke koje poseduju željeno svojstvo, eksperimentalna evolucija podrazumeva postavljanje populacije u kontrolisane životne uslove i, potom, praćenje genetičkih i/ili fenotipskih promena koje su posledica adaptacija populacije na poznate faktore životne sredine, kao i posledice delovanja drugih evolucionih mehanizama (mutacija, genetičkog drifta i protoka gena). Budući da su abiotički ili biotički faktori životne sredine u kojima se odgaja populacija kontrolisani i poznati, metodama eksperimentalne evolucije mogu se dobiti odgovori na pitanja specifičnih načina adaptacije organizama na faktor koji variramo (uz konstantnost ostalih faktora). Do takvih saznanja nije moguće doći posmatranjem prirodnih populacija jer je broj nekontrolisanih sredinskih faktora i njihovih interakcija veliki. U vreme modernih tehnologija molekularne biologije, evolucione promene u populaciji mogu se proučavati i na nivou genoma, transkriptoma ili proteoma pokazujući molekulsku osnovu fenotipske evolucije u populacijama kroz vreme. Brojnim varijacijama u dizajnu eksperimentalne evolucije istraživači su u mogućnosti da traže odgovore na sasvim konkretna pitanja u širokoj oblasti evolucione biologije, ali i pronaći načine da se znanja iz ove oblasti primene u praksi (medicini, poljoprivredi, farmaciji, itd).

Evolucione posledice promene biljke domaćina

Širenje opsega biljki domaćina koje jedan fitofagni insekt može koristiti kao hranu često je praćeno specijalizacijom na novim biljkama domaćinima. Ovaj proces je veoma izazovan za različite aspekte ponašanja insekata, fiziološke aspekte i međusobne interakcije između različitih osobina životne istorije. Okvir eksperimentalne evolucije predstavlja idealnu postavku za proučavanje različitih evolucionih posledica koje se dešavaju nakon promene biljke domaćina kod fitofagnih insekata. Uz pomoć ovog metodološkog pristupa moguće je proučavati promene koje nastaju tokom prvih faza prelaska na nove biljke domaćine, tj. u toku samo jedne generacije (eng. *short term*) ili nakon više generacija (eng. *long term*). Eksperimentalnom evolucijom mogu se testirati promene koje nastaju u reproduktivnom ponašanju (npr. odabir partnera koji su gajeni na istom ili različitom supstratu) i posledično pratiti početne faze u reproduktivnoj izolaciji. Eksperimentalnom evolucijom mogu se testirati i promene koje nastaju u osobinama životne istorije i posmatrati na koji način se menjaju životne strategije insekata, uključujući i populaciono-demografske studije. Fiziološke promene poput aktivnosti digestivnih enzima i molekularno-genetičke promene mogu biti sastavni deo ovih studija. Poseban akcenat na ovom predavanju biće posvećen plastičnim promenama osobina životne istorije i načinima koji su potrebni prilikom dizajniranja eksperimenata za proučavanje razvojne plastičnosti kod insekata.

Zašto nismo besmrtni?

Svi organizmi stare i umiru. Starenje možemo definisati kao uzrasno-specifično smanjenje verovatnoće preživljavanja i reprodukcije usled akumulacije oštećenja i funkcionalnih promena koje narušavaju homeostazu organizma. Do danas je opisan veliki broj stohastičkih i sistemskih fizioloških mehanizama koji imaju važnu ulogu u procesu starenja kod različitih organizama. Međutim, upravo velika količina nakupljenih podataka zahteva jedan teorijski kontekst koji bi nam omogućio da sagledamo univerzalne mehanizme u procesu starenja kod filogenetski udaljenih vrsta. Konceptualnu osnovu koja nam omogućava da veliki broj molekularno-bioloških i fizioloških mehanizama, sa važnim ulogama u kompleksnom fenomenu starenja, uklopimo u jednu logičnu celinu predstavlja evolucionarna teorija starenja. Ova teorija podrazumeva da starenje evoluira kao posledica opadanja intenziteta prirodne selekcije nakon dostizanja reproduktivne zrelosti. Na ovom predavanju objasnićemo kako koristeći pronicljive „trikove“ eksperimentalne evolucije na pasuljevom žišku možemo testirati osnovne postavke evolucione teorije starenja i populaciono-genetičkih modela koji se na nju oslanjaju. Dodatno, u cilju povezivanja ultimativnih (evolucionih) i neposrednih (fizioloških) uzroka oblikovanja specifičnih obrazaca starenja, na ovom predavanju posebno će biti reči o povezanosti evolucione i mitohondrijske teorije starenja.

Testiranje materinske kletve i primena u kontroli brojnosti štetnih vrsta insekata

Maternalno nasleđivanje mitohondrija vodi do asimetrije u evoluciji mitohondrijske DNK (mtDNK) jer selekcija deluje direktno na mtDNK polimorfizme samo kroz žensku liniju. Drugim rečima, prirodna selekcija neće prepoznati bilo koju mtDNK mutaciju koja je štetna po mužjake, a neutralna, korsina, ili blago štetna po ženke. Ovakvo nasleđivanje mitohondrija dovodi do stvaranja genetičkog opterećenja specifičnog za mužjake u mitohondrijskoj DNK, što je fenomen poznat kao materinska kletva. Mutacije mtDNK koje štete muškom fertilitetu, a nemaju efekat na ženke su prepoznate kao prilika da se razvije metoda biokontrole štetnih insekata nazvana tehnika trojanskih ženki (TTŽ). Naime, ženke koje nose ovakve mutacije (TTŽ mutacije), i njihovi ženski potomci, mogu kontinuirano, kroz veliki broj generacija, da produkuju mužjake koji daju manje potomaka u odnosu na njihove divlje pandane. Iako TTŽ obećava kao transgeneracijska, samoodrživa metoda, njen empirijski uspeh zavisi od postojanja prirodnih TTŽ mutacija, a one do sada nisu okarakterisane kod ekonomski štetnih vrsta. Pored toga, izučavanje materinske kletve i TTŽ mutacija otežava postojanje kompenzacionih mutacija u jedarnoj DNK, koje su favorizovane od strane selekcije zbog potrebe za održavanjem pravilnog funkcionisanja mito-jedarnih interakcija. Na ovom predavanju objasnićemo kako nam pravilno dizajniran eksperiment može dati uvid u postojanje mitohondrijskih haplotipova sa štetnim efektom po mužjake. Diskutovaće se važnost analiziranja efekata mitohondrijskih haplotipova u različitim jedarnim i sredinskim kontekstima. Konačno, osvrnućemo se na to kako testirati potencijal mtDNK haplotipova za korišćenje u TTŽ-u kroz testiranje njihovog uticaja na različite osobine životne istorije i postavljanje dugoročnih evolucionih eksperimenata.

Primena i značaj geometrijske morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji na primeru pasuljevog žiška

Geometrijska morfometrija predstavlja skup kvantitativnih metoda kojima se izučavaju oblik i veličina morfoloških celina opisanih specifičnim tačkama. Značaj ove metode u eksperimentalnoj evoluciji ogleda se u detektovanju, kvantifikovanju i vizuelizaciji evolucionih promena na morfološkom nivou u realnom vremenu. Primena geometrijske morfometrije u našim istraživanjima omogućila je da analiziramo polno specifično variranje u veličini i obliku kod laboratorijskih populacija fitofagnog insekta, pasuljevog žiška - *Acanthoscelides obtectus* (Say). Primarna biljka domaćin je pasulj (*Phaseolus vulgaris* L.), međutim, ova vrsta je sposobna da završi životni ciklus i na drugim biljkama iz porodice Fabaceae. Rezultati su pokazali da su ženke veće od mužjaka, a da su najuočljivije promene oblika vezane za toraks koji je kraći i širi kod ženki. Dodatno, testirali smo hipotezu da je modularnost kod pasuljevog žiška uslovljena zajedničkom funkcijom, odnosno, da u okvirima toraksa i abdomena postoji veći stepen morfološke integracije nego što je između njih. Ova hipoteza je potvrđena, ali isključivo kod ženki. Takođe, geometrijska morfometrija pruža uvid i u unutar - i među - individualne razlike jedinki čije se razviće odvija pod uticajem različitih sredinskih činilaca. Primenom ove metode moguće je utvrditi i stepen fluktuirajuće asimetrije, odnosno, malih razlika u obliku između leve i desne strane jedinke, koja predstavlja indikator nestabilnosti razvića. U slučaju pasuljevog žiška, uočene su jasne razlike u fluktuirajućoj asimetriji između populacija nakon kratkoročne (1 generacija) i dugoročne (136 generacija) promene sa optimalnog (pasulj) na suboptimalnog domaćina (naut). Konkretno, kod mužjaka razviće je nestabilnije na suboptimalnom domaćinu, dok je kod ženki koje su evoluirale na nautu razviće značajno nestabilnije nakon kratkoročne promene biljke domaćina. Ovi rezultati nedvosmisleno ukazuju na to da reproduktivna funkcija ima centralnu ulogu u formiranju obrazaca

modularnosti, kao i u stabilnosti razvića populacija pasuljevog žiška gajenim na različitim biljkama domaćinima.

Obilazak laboratorije

Sastavni deo trening škole eksperimentalne evolucije bila je i poseta laboratoriji za eksperimentalnu evoluciju koje se nalazi u okviru Odeljenja za evolucionu biologiju IBISS (za slike videti Dodatak 4 - Odabrane fotografije sa trening škole). Poseta laboratoriji dodatno je pojasnila polaznicima trening škole koje su sve pogodnosti eksperimentalne evolucije, a poseban akcenat stavljen je na istraživanja pasuljevog žiška, metodologiju rada i raznovrsnost tehnika koje se koriste u istraživanjima na ovom model organizmu.

Analiza odabranih naučnih radova i formulisanje predloga istraživačke teme

Analiza odabranih naučnih radova imala je za cilj da studente obuči na koji način da pravilno čitaju i analiziraju naučne radove, kako da prepoznaju veliko i specifično istraživačko pitanje, kako da prepoznaju koje su hipoteze testirane, da prepoznaju koja metodologija je upotrebljena, kako su dobijeni podaci analizirani, da li rezultati odgovaraju postavljenim pitanjima i da li rad popunjava prepoznate nedostatke u konkretnoj oblasti nauke. Posebna pažnja bila je posvećena prilikom odabira radova koji su odgovarali svakoj pojedinačnoj grupi na osnovu njihovih iskazanih interesovanja (vidi Dodatak 3 - Odabrani radovi za analizu).

Završni deo trening škole uključivao je zadatak u kome je trebalo da studenti, u grupama od četvoro, formulišu istraživačko pitanje i način kako bi odgovorili na njega koristeći eksperimentalnu evoluciju kao metodološki pristup u svom istraživanju. Teme koje su studenti razvili bile su veoma raznovrsne i uključivale su: evoluciju osobina životne istorije usled povećanog pritiska patogena kod nematoda, evoluciju cirkadijalnog ritma i imunskog odgovora kod vinskih mušica kao i evoluciju

povećanog sadržaja lipidnih molekula u cilju proizvodnje biogoriva. Studenti su imali zadatak da napišu sažetak predloga istraživanja sa ograničenjem na 200 reči. Sledeći odeljci posvećeni su upravo tim predlozima i predstavljaju rezultat rada studenata, polaznika trening škole.

Evolucija cirkadijalnog ritma *Drosophila melanogaster*

Cirkadijalni ritam je prirodan fenomen koji reguliše dnevno-noćne aktivnosti svih organizama u ponavljanju od 24h. Cirkadijalni ritam je usaglašen sa faktorima životne sredine. U našem projektu želimo da ispitamo kako različiti uslovi životne sredine utiču na promenu regulacije dnevno-noćnih aktivnosti *D. melanogaster*. Od uzorkovane *wt* populacije *D. melanogaster* napravili bismo 3 eksperimentalne populacije koje bi bile gajene pod različitim svetlosnim režimima koji simuliraju dužinu dana. Kontrolna grupa bi bila gajena u svetlosnom režimu 12-12, dok bi testirane grupe bile gajene u svetlosnim režimima 18-6 i 6-18. U narednoj generaciji bi se percipirale razlike u ponašanju, dužini života i morfo-anatomskim karakteristikama uslovljene promenom u cirkadijalnom ritmu, kao i razlike u ekspresiji gena zaduženih za regulaciju dnevno-noćnih aktivnosti između eksperimentalnih populacija. Time bismo proverili da li su se populacije usaglasile sa promenom spoljašnje sredine. Nakon izvesnog broja generacija očekujemo da će dve ispitivane populacije divergirati u dva različita hronotipa, tj. očekujemo veću aktivnost u reproduktivnom ponašanju kod jedinki koje su pretežno izložene svetlosnom režimu, samim tim i ubrzano starenje. Nakon toga, želimo da ispitamo mogućnost potencijalnog parenja između dva različita hronotipa. Ukoliko bi došlo do ukrštanja, ispitivali bismo kvalitet i karakteristike hibridnog potomstva.

Uticaj infekcije *Caenorhabditis elegans* od strane bakterije *Serratia marcescens* na ranije sazrevanje i raniju reprodukciju

Veliko istraživačko pitanje: Postoje dva dokazana mehanizma odbrane od patogena od strane *C. elegans* – fizičko izbegavanje i lučenje antimikrobnih supstanci. Postavlja se pitanje da li će promene u reproduktivnom ponašanju *C. elegans* da se pokažu kao treći i efektivni način odbrane. Specifično istraživačko pitanje: Uticaj infekcije *Caenorhabditis elegans* od strane bakterije *Serratia marcescens* na ranije sazrevanje i raniju reprodukciju. Za postavku bismo koristili jednu kontrolnu grupu kojoj ne dodajemo bakterije i još 5 dodatnih grupa kojima bismo dodavali bakterije kao hranu u različito vreme, u 5 replika. Za prvu grupu bismo ih dodali na prvom larvalnom stadijumu L1, drugu na L2, treću na L3, četvrtu na L4 i na kraju petu po dostizanju adultnog stadijuma. Gajili bismo 100 generacija u periodu za oko godinu dana. Reverzne test populacije bismo prestali da hranimo bakterijama nakon 50 generacija. Merili bismo stope mortaliteta, vreme prve reprodukcije i fekunditet. Očekujemo da će ranije tretiranje nematode bakterijom da dovede do ranije reprodukcije i da će se to videti u različitom vremenu prve reprodukcije za različite test populacije. Doći će do promene reproduktivnog ponašanja i posledičnog ranijeg sazrevanja. Ukoliko se nije razvila adaptacija u ovoj parazit-domaćin interakciji, vreme reprodukcije će se vratiti na fiziološko.

Razvoj antiviralnog efekta simbiotske bakterije *Wolbachia* kod *Drosophila melanogaster*

Wolbachia je intracelularni parazit koji je široko zastupljen kod pripadnika filuma Arthropoda. Interakcije ovog parazita sa domaćinima uzrokuju različite fenomene, pri čemu su najviše istražene pojave citoplazmatske inkompatibilnosti, feminizacije mužjaka i odumiranja embriona muškog pola. Do nedavno, podaci o uticajima *Wolbachia* su ukazivali na negativne efekte po svoje domaćine. Novi podaci ukazuju su na moguće efekte *Wolbachia* koji pospešuju adaptivnu vrednost svojim nosiocima, poboljšavajući njihov imuni odgovor na RNK viruse. U ovom eksperimentu, testirali bismo da li će kroz generacije doći do promene antiviralnog dejstva simbiotske bakterije *Wolbachia* u zavisnosti od izloženosti virusu. Testiramo dejstvo *Wolbachia* kroz 200 generacija *Drosophila melanogaster*. Iz bazalne populacije izdvajamo četiri grupe: dve kontrolne grupe, od kojih jedna nema infekciju *Wolbachia* ni virus; druga kontrolna grupa ima samo virus, a dve grupe sa tretmanom; jedna grupa ima samo *Wolbachia* a druga virus i *Wolbachia*. Virus kojim inficiramo je DCV (*Drosophila C Virus*) koji ima letalno dejstvo i dovodi do raznih razvojnih promena i promena u ovarijumu ženki nosilaca. Nakon 200 generacije, kod svake od grupa introdukovaćemo virus i pratiti vijabilnost, brzinu razvoja i broja ovarijuma kod ženki. Očekujemo da će kod grupa koje su duže vremena bile izložene virusu i *Wolbachia* biti postignut bolji imunski odgovor.

Uticaj koncentracije soli (NaCl) na produkciju ulja kod mikroalge *Chlorella vulgaris* gajene u otpadnim vodama

Ceo svet oslanja na upotrebu goriva kao glavni izvor energije. Ono predstavlja neobnovljivi izvor energije, a pored problema zagađivanja, postoji i problem njegovog nedostatka. Alternativno rešenje za oba problema može biti upotreba algi. Ovaj pristup obuhvata korišćenje algi za proizvodnju biogoriva. Poznato je da pri gajenju u otpadnim vodama, kao i promenom saliniteta vode u kojima žive mikroalge dolazi do povećane produkcije ulja. Cilj eksperimenta je ispitivanje uticaja kombinacije ova dva tretmana na vrstu *Chlorella vulgaris*. Nasumično su uzorkovane populacije *Chlorella vulgaris* iz otpadnih voda sa različitih lokaliteta. Jedna grupa predstavlja kontrolnu i prati se njena produkcija ulja kroz 1000 generacija. U tretmanu korišćene su 3 različite koncentracije NaCl. Praćena je promena produkcije ulja između tretiranih grupa, kao i u odnosu na kontrolnu grupu. Očekujemo da se ispolji porast u produkciji ulja. Sledeći korak je ispitivanje produkcije ulja u čistoj vodi. Tretirana i kontrolna grupa treba prebaciti u čistu vodu i kroz 10 generacija pratiti produkciju ulja. Ukoliko ne dođe do smanjenja produkcije pretpostavlja se da je došlo do promene na nivou genoma. Potrebno je sprovesti dodatna istraživanja u cilju identifikacije gena ili grupe gena kod kojih je došlo do promene koja je indukovala hiperprodukciju nezavisno od promenjene sredine.

Evolucija imunskog odgovora *C. elegans* u odgovoru na infekciju *S. aureus*

Caenorhabditis elegans se koristi kao model u brojnim istraživanjima, a rezultati dobijeni u ovakvim eksperimentima primenljivi su na ljude, jer su brojni signalni putevi evolutivno konzervirani. *Staphylococcus aureus* je značajan ljudski patogen, a pokazano je da infekcija može imati smrtni ishod po *C. elegans*. Napravljena su razblaženja 1:10 prekonoćne kulture *S. aureus* kulture i 10uL rastvora je dodato na posude sa TS agrom. Nematode su odgajane na NGM supstratu sa zasejanim *E.coli* tokom 48h pre infekcije. Zatim je 30 jedinki pasažirano sa *S. aureus* na TSA medijum. Očekivano je da tokom prvog dana L4 stupnja krenu sa produkcijom jaja. Na svaka 24h merena je smrtnost a preživele jedinke prebacivane su u posudu sa svežim hranljivim medijumom. Nakon 72h, očekivano je da 20% jedinki preživi. Preživele jedinke se pasažiraju na svež medijum i produkovana jaja se sakupljaju, sterilišu natrijum-hipohloritom i inkubiraju na 20C tokom noći. Nakon 15 generacija, kontrolna i evoluirana populacija se ponovo izlažu medijumu sa *S. aureus* u trajanju od 24h. Porede se preživljavanja i ukupna produkcija jaja kroz dane. Očekivani rezultati su da će nakon 15 generacija, preživljavanje nematoda podvrgnutim selekciji biti veće u odnosu na kontrolu i/ili da će produkcija jaja biti veća.

Analiza ankete nakon završene trening škole

Imajući u vidu značaj povratne informacije, studenti su dobili link ka anonimnoj anketi odmah po završetku trening škole. Od ukupno dvadeset polaznika škole, anketu je do pisanja prve verzije ovog izveštaja (21.12.2022. godine) popunilo osamnaest polaznika (90%).

Pitanja ankete bila su podeljena u dve grupe: ocena od 1 do 5 (1 - u potpunosti se ne slažem, 2 - ne slažem se, 3 - ne znam, 4 - slažem se, 5 - u potpunosti se slažem) i pitanja otvorenog tipa.

Prvoj grupi pitanja pripadala su sledeća pitanja:

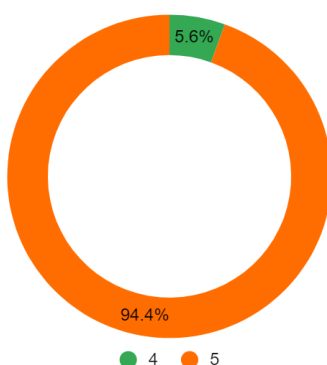
Da li smatrate da je trening škola bila korisna za unapređivanje vašeg znanja?

Da li smatrate da će vam veštine koje ste savladali biti korisne za Vaš budući rad?

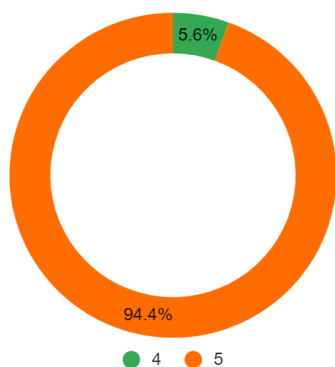
Da li je smatrate da je odnos pauza i delova u kome se odvijala trening škola bio adekvatan?

Odgovori polaznika trening škole bili su sledeći.

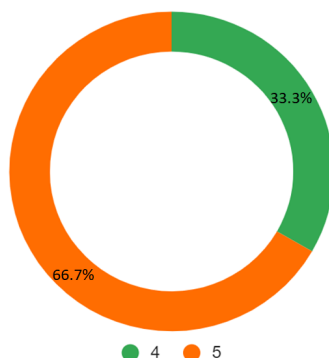
1. Da li smatrate da je trening škola bila korisna za unapređivanje vašeg znanja?



2. Da li smatrate da će vam veštine koje ste savladali biti korisne za Vaš budući rad?



3. Da li je smatrate da je odnos pauza i delova u kome se odvijala trening škola bio adekvatan?



17/18 polaznika (94,4%) se u potpunosti slaže sa iskazom da je trening škola bila korisna za unapređivanje njihovog postojećeg znanja i da će im veštine koje su savladali biti korisne za budućnost, dok se jedan polaznik/polaznica (5,6%) slaže sa ovim iskazima. 12/18 studenata se u potpunosti slaže sa odnosom rada i pauza (66,7%), dok se četvoro studenata slaže sa ovim iskazima (33,3%).

Pitanja u drugoj grupi bila su formulisana na sledeći način:

Molimo Vas da navedete šta Vam se najviše dopalo na trening školi?

Molimo Vas da ostavite svoj opšti komentar o trening školi. Ohrabrujemo Vas da nam napišete i sugestije, predloge ili kritike kako bismo mogli da unapredimo naš rad.

Druga grupa pitanja posebno je istakla uspešnost trening škole. Neki od odgovora su:

“Najviše mi se dopalo to što je svako od predavača predstavio svoj predmet istraživanja, pa je i celokupno znanje koje smo dobili sa prvog dana predavanja jako sveobuhvatno i odgovara širokoj tematici eksperimentalne evolucije. I iako je bilo teško, dopalo mi se što smo dobili izazovan zadatak drugog dana, i verujem da smo svi mnogo naučili prilikom pisanja istog.”

“Spontanost, neposrednost, pozitivna energija, jedan krajnje lep pristup. Otvorenost za sva pitanja, jako lepa komunikacija. Sve mi se dopalo!”

“Prijatna atmosfera i entuzijastični pristup svih predavača da prenesu znanje i motivišu polaznike za kreativno razmišljanje i primene naučenog na trening školi, kao i izuzetno zanimljiva predavanja koja su obuhvatila širinu tematike ali i prenela ključne stavke eksperimentalne evolucije svim učesnicima.”

“Najviše mi se dopao koncept gde smo imali prilike da primenimo naučeno sa predavanja od prvog dana u razumevanje i analizu naučnih radova, kao i u smišljanje predloga projekta. Atmosfera je bila veoma pozitivna i prijatna! Savršen balans druženja i edukacije. Ručak i kolači su bili sjajni!”

“Organizacija koja je ispoštovana u minut, energija i odnos predavača sa polaznicima”

“Trening škola je po mom mišljenju tematski jako dobro koncipirana i zabavna, s obzirom na to da se obrađuju stvari koje nismo čuli na fakultetu, i možda mnogo bitnije, učimo o samom dizajniranju naučnog rada. Ono što bi možda eventualno

bio moj predlog je ubacivanje malih pauza između predavanja, jer nakon par predavanja zaredom postaje jako naporno fokusirati se, pa je potreban mali predah.”

“Sve je bilo lepo organizovano. Pauze su bile odgovarajuće dužine. Obroci su bili odlični. Dužina predavanja je bila optimalna za moju pažnju. Radni dan 2 je bio fantastičan. Nikad nismo radili takve stvari tako da smo bili pod različitim pritiscima. Od predviđenog vremena za rad, preko nepoznavanja ljudi sa kojima treba da radimo u grupi, do rađanja nekih stvari po prvi put. Nešto kao u eksperimentalnoj evoluciji i mi smo pokazali viši nivo sposobnosti i uvideli da mnogo toga možemo da naučimo, upoznamo i uradimo za samo 2 lepo organizovana dana. Hvala Vam na prilici, bilo je divno. ”

“Kako da budem objektivan kad mi je sad sve u vezi vas subjektivno, a to je dobro jer inace nadjem zamerke uvek, zaista je sve bilo odlicno! Ako bas mora zamerka, kratko je trajalo, ali stvarno u dva dana ste me kupili. Volim ovakve ljude! Lep pozdrav!!! ”

“Trening škola eksperimentalne evolucije je bila veoma korisna i lepo osmišljena. Eventualno, ako postoji mogućnost, da traje više dana. I ako postoji mogućnost da se odradi i neki praktični deo. Svakako pisanje predloga projekata i osmišljavanje ideja za nova istrazivanja jako koristan deo ove trening škole.”

“Ova trening škola je imala zaista dobar koncept, realizacija svega zamišljenog (bar onoga što je bilo na papiru) je bila uspešna. Međusobno smo jako lepo komunicirali, saznali smo dosta toga novog. Upoznali divne ljude iz naše oblasti. Jedina zamerka koju ja imam je to što je kratko trajalo. Na kraju mi ostaje da kažem da mi je drago što sam odabran da budem učesnik u ovakvom projektu, mislim da ovaj komentar govori sve.”

ZAKLJUČCI

Polaznici trening škole pokazali su veliku spremnost da uče nove veštine i stiču nova znanja iz oblasti eksperimentalne evolucije. Trening škola produbila je teorijsko znanje studenata iz oblasti eksperimentalne evolucije, naučeno je mnogo toga i otvoreni su im vidici za pristupe naučno-istraživačkog rada. Na osnovu komentara i njihove aktivnosti tokom škole, može se zaključiti da je ovakav pristup kod studenata podstakao interesovanje za oblast eksperimentalne evolucije, ali i omogućio da se upoznaju sa kompletnim procesom naučno-istraživačkog rada.

Polaznici trening škole ovladali su veštinom kritičkog čitanja naučnog rada, procesa razumevanja pročitnog i interpretacije usvojenih znanja u kontekstu sopstvenih istraživanja. Oni su dodatno osposobljeni da nezavisno pretražuju i koriste relevantne izvore znanja (služeći se bazom Scopus) i naučili su da kreiraju istraživački predlog i kako da samostalno formulišu predlog istraživačkog projekta.

Studenti su u anketi nakon završene trening škole istakli da je ovaj događaj bio izuzetno koristan za njihov budući rad i akademsko napredovanje. Studenti su prepoznali značaj ove škole i izrazili veliku želju da ovakav događaj treba da se ustali, da traje duže i da bude organizovan za veći broj studenata kako bi mogao da se poveća uticaj.

DODACI

Sastavni deo izveštaja trening škole eksperimentalne evolucije sadrži dodatne materijale u vidu kopija korišćenih sadržaja tokom trening škole i uključuje: plan i program rada trening škole (Dodatak 1), prezentacije predavanja (Dodatak 2), odabrane radove koji su korišćeni prilikom analize (Dodatak 3), slike sa trening škole (Dodatak 4).

Dodatak 1 - Plan i program rada trening škole

I DAN

10:00 - 10:15 Uvodna reč

10:15- 11:00 Eksperimentalna evolucija

prof. dr. Biljana Stojković

11:00 - 11:15 Kafe pauza

11:15 - 12:00 Evolucionarne posledice promene
biljke domaćina

dr. Uroš Savković

12:00 - 12:30 Poseta laboratoriji za
eksperimentalnu evoluciju

12:30 - 13:30 Ručak

13:30 - 14:15 Zašto nismo besmrtni?

dr. Mirko Đorđević

14:15 - 15:00 Testiranje materinske kletve i
primena u kontroli brojnosti štetnih vrsta insekata

Lea Vlajnić

15:00 - 15:15 Kafe pauza

15:15 - 16:00 Primena i značaj geometrijske
morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji na
primeru pasuljevog žiška

dr. Sanja Budečević

II DAN

10:00 - 10:15 Uvod

10:15 - 11:30 Analiza odabranih radova

11:30 - 11:45 Kafe pauza

11:45 - 12:00 Kako pretraživati literaturu - Scopus

12:00 - 15:00 Formulisanje ideje i pisanje

12:30 - 13:30 Ručak

14:30 - 14:45 Kafe pauza

15:00 - 16:00 Prezentovanje ideja i diskusija

Dodatak 2 - Presentacije predavanja

Uvod

Trening škola eksperimentalne evolucije

15-16.12.2022. IBISS, Beograd





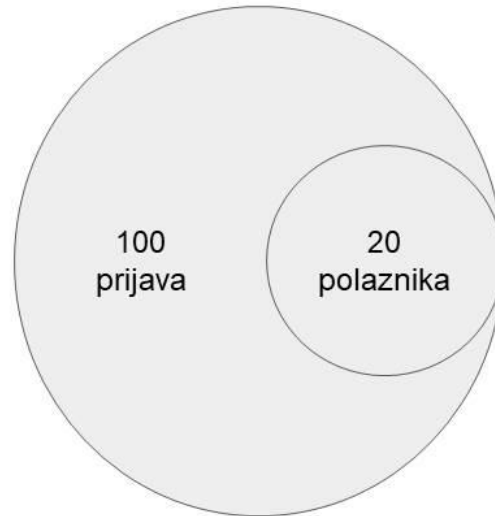
Ciljevi



- 1) Upoznavanje sa teorijskim osnovama eksperimentalne evolucije kao metodološkog pristupa u savremenim biološkim istraživanjima
- 2) Upoznavanje sa istraživanjima na pasuljevom žišku i rezultatima primene eksperimentalne evolucije na ovom model organizmu
- 3) Razvijanje veština kroz praktični rad dizajniranja eksperimenata primenom eksperimentalne evolucije



Prijave i selekcija





Plan rada



I DAN

10:00 - 10:15 Uvodna reč	13:30 - 14:15 Zašto nismo besmrtni? (dr.
10:15 - 11:00 Eksperimentalna evolucija	Mirko Đorđević)
(prof. dr. Biljana Stojković)	14:15 - 15:00 Testiranje materinske kletve i
11:00 - 11:15 Kafe pauza	primena u kontroli brojnosti štetnih vrsta
11:15 - 12:00 Evolucione posledice	insekata (Lea Vlajnić)
promene biljke domaćina (dr. Uroš Savković)	15:00 - 15:15 Kafe pauza
12:00 - 12:30 Poseta laboratoriji za	15:15 - 16:00 Primena i značaj geometrijske
eksperimentalnu evoluciju	morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji
12:30 - 13:30 Ručak	na primeru pasuljevog žiška (dr. Sanja
	Budečević)



Plan rada



II DAN

10:00 - 10:15 Uvod

10:15 - 11:30 **Analiza odabranih radova**

11:30 - 11:45 Kafe pauza

11:45 - 12:00 **Kako pretraživati literaturu - Scopus**

12:00 - 15:00 **Formulisanje ideje i pisanje**

12:30 - 13:30 Ručak

14:30 - 14:45 Kafe pauza

15:00 - 16:00 **Prezentovanje ideja i diskusija**



Uvodna reč

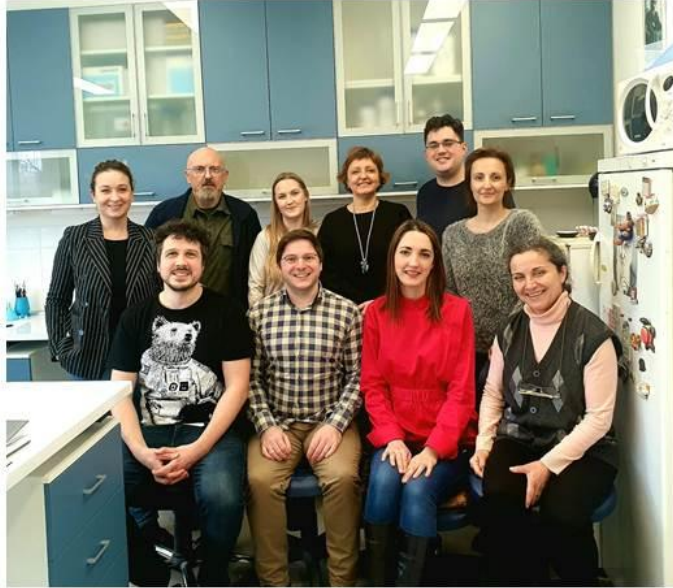


**dr Momir Paunović, naučni savetnik,
zamenik direktora IBISS**





Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Istraživanja su
podržana od strane:
Fonda za nauku
Republike Srbije
#7683961,
Experimental
evolution approach in
developing insect pest
control methods –
ELEVATE

Ministarstva prosvete,
nauke i tehnološkog
razvoja Republike
Srbije, ugovor broj
451-03-68/2022-
14/200007



Фонд за науку
Републике Србије



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МЕДИЦИНСКИ
ФАКУЛТЕТ



Eksperimentna evolucija



Eksperimentalna evolucija

Biljana Stojković

Katedra za genetiku i evoluciju
Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu



Definicija

- Analiza evolucionih procesa u eksperimentalnim populacijama u uslovima koje definiše i kontroliše eksperimentator (Kawecki *et al.* 2012).
- Eksperimentalna evolucija vs. veštačka selekcija

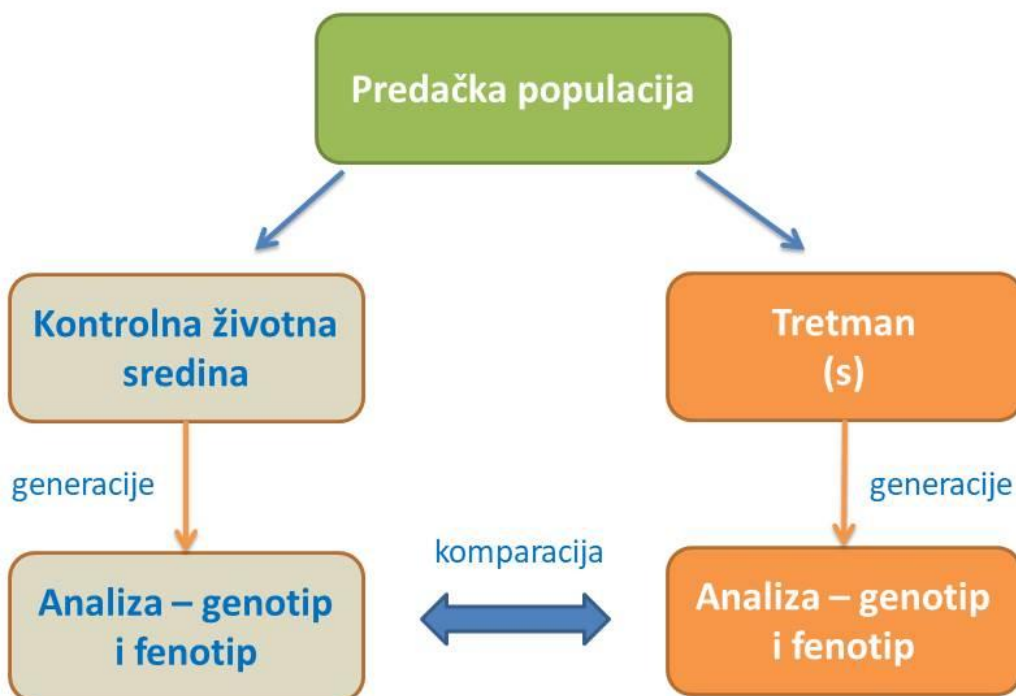
Eksperimentalna evolucija	Veštačka selekcija
▪ Laboratorijska populacija	▪ Laboratorijska populacija
▪ Kontrolisani uslovi životne sredine	▪ Odabir selekcionisane osobine
▪ Praćenje evolucionih promena	▪ Odabir roditelja za naredne generacije

Eksperimentalna evolucija

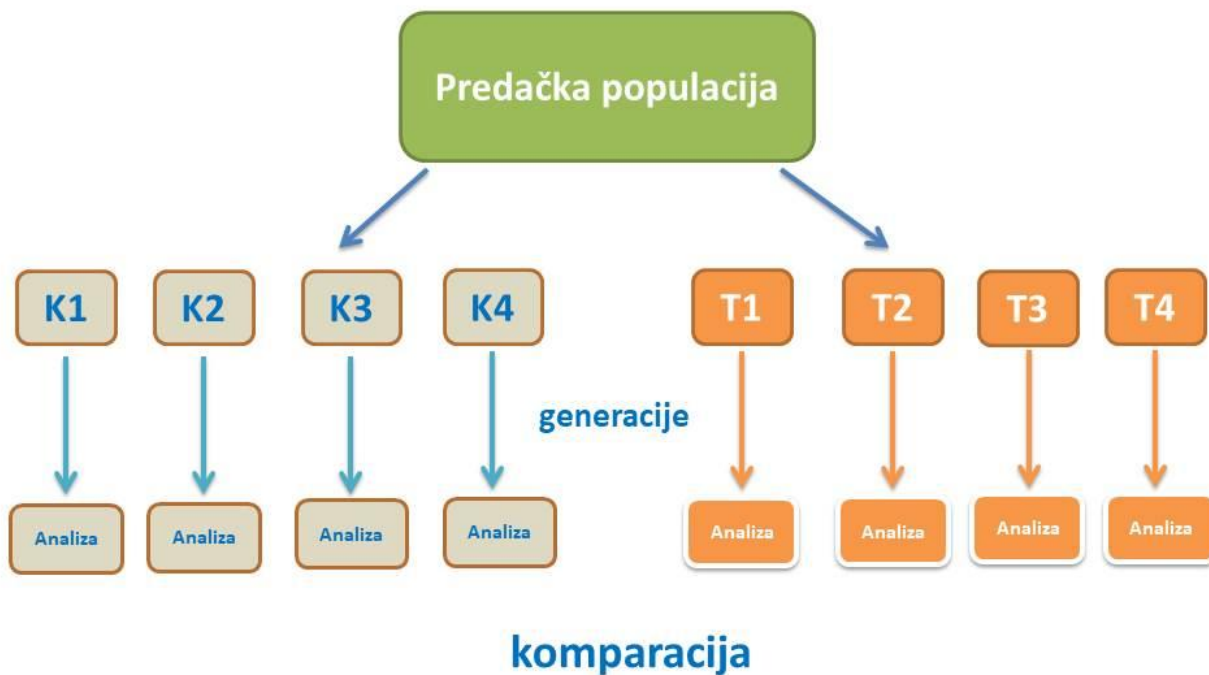
- Posmatranje evolucije u realnom vremenu
 - Adaptacije na specifične uslove životne sredine
 - Genetičke, epigenetičke, biohemijske i fiziološke promene koje leže u molekulskoj osnovi fenotipskih promena
 - Mogućnosti istraživanja brojnih evolucionih fenomena i testiranja evolucionih hipoteza
 - Specijalizacija i specijacija
 - Fenotipska plastičnost
 - Koevolucija genoma
 - Morfološka evolucija, itd.



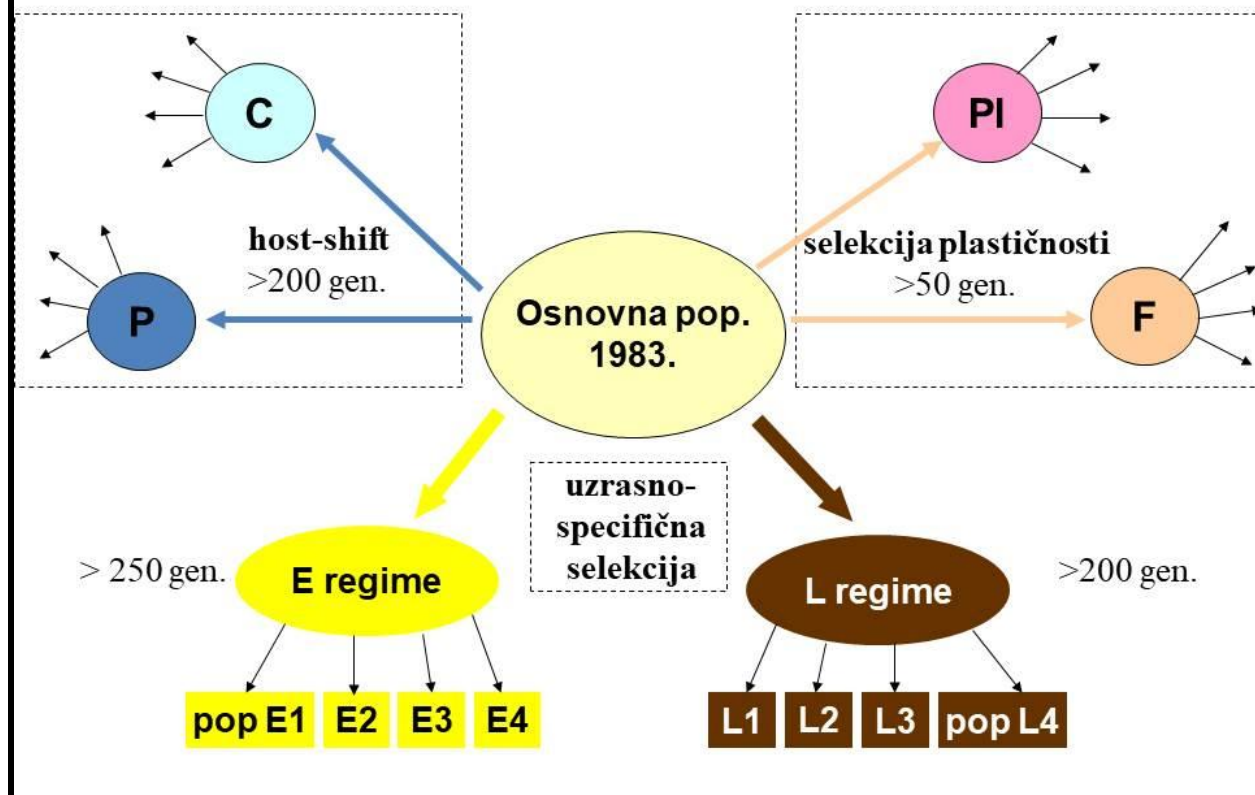
Osnovni dizajn



Dodatni dizajn



Laboratorijske populacije – *Acanthoscelides obtectus*



Uzrasno-specifična selekcija - *Acanthoscelides obtectus* -



• **E režim**

procedura

- Reprodukција tokom 48h

Rezultati

- Brže preadultno razviće
- Niža reproduktivna aktivnost (40% parova)
- Ponovna kopulacija – 13%
- Niži fekunditet
- Manje bubice
- Kraći život

• **L režim**

procedura

- Reprodukција bez semena
- Jaja posle dana 10

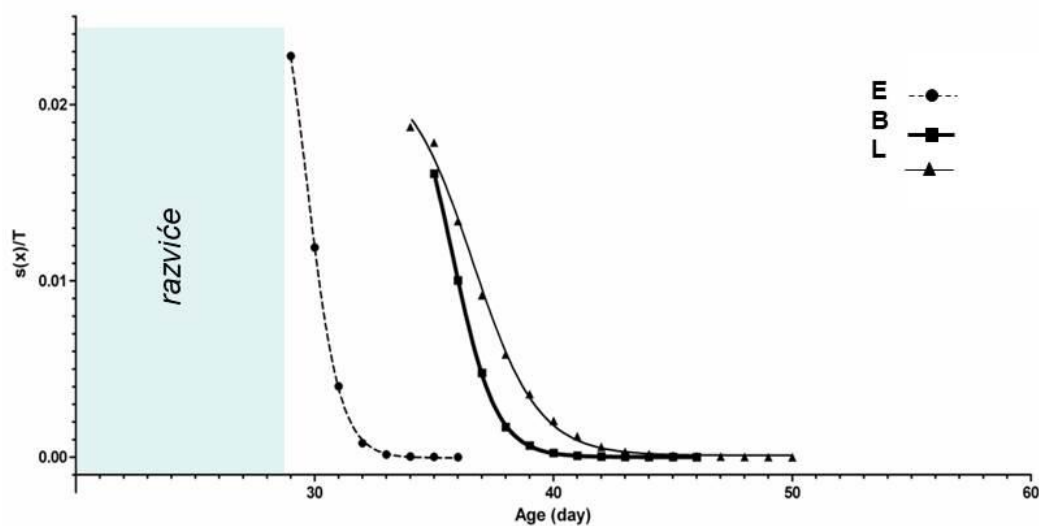
Rezultati

- Sporije preadultno razviće
- Viša reproduktivna aktivnost (80% parova)
- Ponovna kopulacija – 60%
- Veći fekunditet
- Veće jedinke
- Duplo duži život

Uzrasno-specifična selekcija

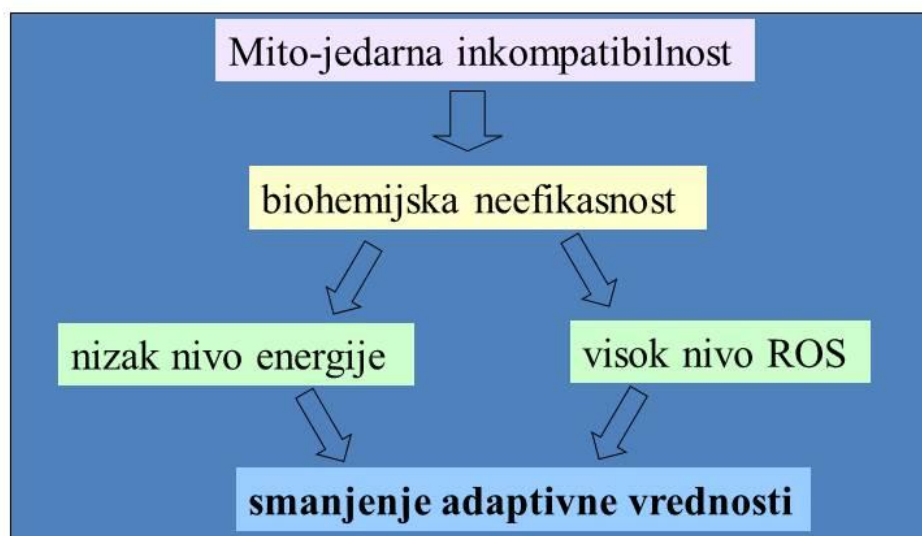
$$s_{(x)} = \sum_{y=x+1} e^{-ry} \cdot l_{(y)} \cdot m_{(y)}$$

Force of selection



Koevolucija između n i mt genoma

- Funkcionalnost mitohondrija zavisi od adekvatnog udruživanja subjedinica u OXPHOS (poreklom sa mtDNK i nDNK)



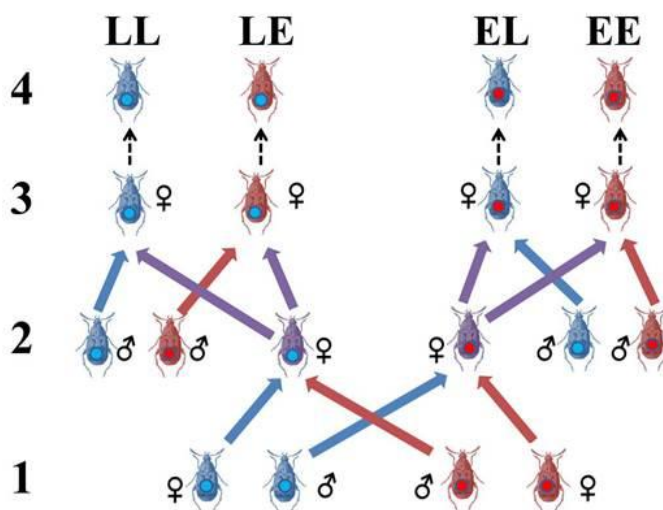
- Optimalne kombinacije alela u mtDNK i nDNK evoluiraju u različitim uslovima u svakoj populaciji kroz vreme

Genetičke razlike između E i L

-Jedarni genom: značajne razlike u učestalostima mikrosatelitskih lokusa

-Mitohondrijski genom: fiksacije različitih mitohondrijskih haplotipova

TESTIRANJE





SPECIJACIJA

- prezigotska izolacija -

Definicije

- Evolucionini proces koji dovodi do toga da populacije divergiraju i postaju različite vrste
- **Reproduktivna izolacija** - mehanizmi koji onemogućavaju jedinke jedne vrste da se ukrštaju sa pripadnicima druge vrste – da produkuju fertilno potomstvo.
 - Rezultat divergentnih efekata prirodne selekcije
 - Rezultat divergentnih efekata seksualne selekcije
 - Stohastički mehanizam (genetički drift i mutacije)



Reproduktivno ponašanje

- **Seksualni signali** – ekspresija seksualno specifičnih fenotipova
- **Seksualne preferencije** – preferencije ženki i mužjaka da se ukrštaju sa određenim fenotipovima



- **Seksualni izbor** – aktivna manifestacija preferencija koje su koevoluirale sa signalima drugog pola u populaciji



- **Seksualna selekcija** – intra-, inter-seksualna selekcija i seksualni konflikt

Reproduktivna izolacija između populacija

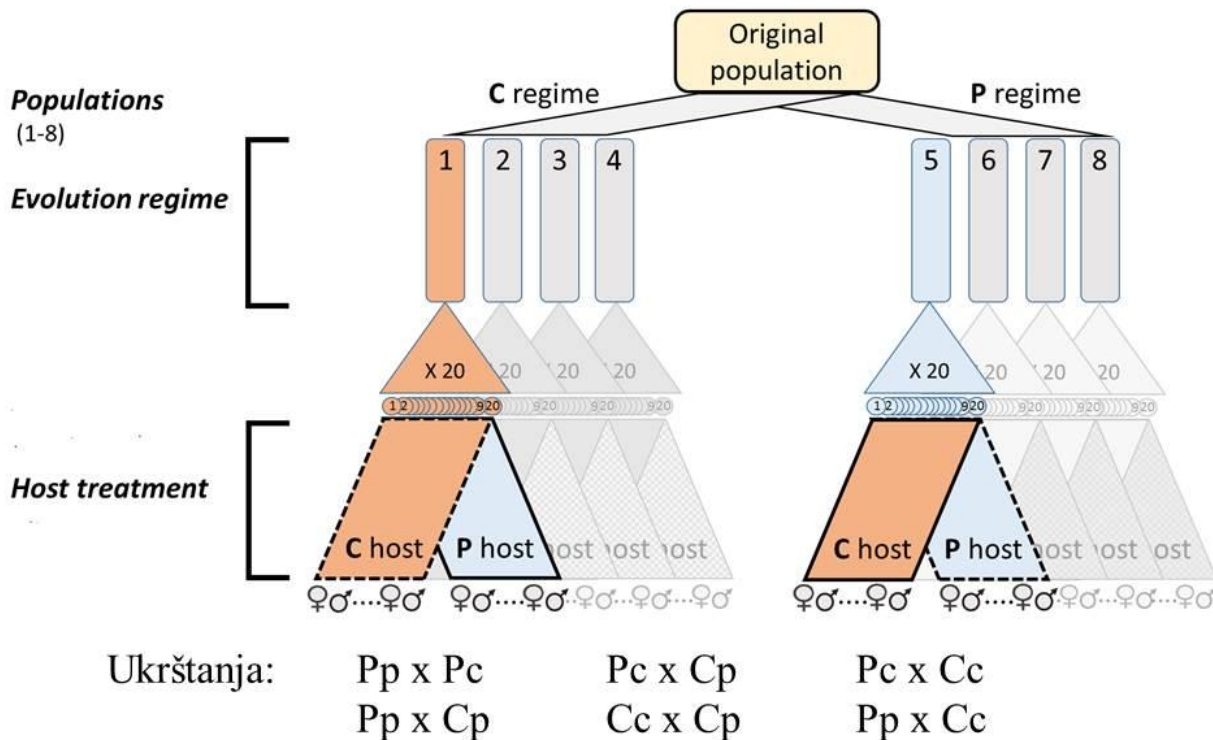
- Evolucija specifičnih obrazaca reproduktivnog ponašanja unutar svake populacije (A i B)



- **Seksualna izolacija** – odstupanje od slučajnog ukrštanja između jedinki iz A i B populacije



Dizajn eksperimenta sa host-shift populacijama



Rezultati

- **Hipoteza 1:** Reproductivno ponašanje je plastično
 - Sredinski uslovi mogu uticati na razviće signala i njihove percepcije
 - Parametri seksualne izolacije mogu se menjati usled sredinskih varijacija
- **Hipoteza 2:** Dugoročna evolucija na dve biljke domaćina može uzrokovati značajan stepen reproduktivne izolacije
 - Reproductivna izolacija će postati nezavisna od kratkoročnih promena domaćina



Evolutione posledice promene biljke domaćina



ELEVATE

Uroš Savković
savkovic.uros@ibiss.bg.ac.rs

Trening škola eksperimentalne evolucije
15-16.12.2022. IBISS, Beograd

Evolutione posledice promene biljke domaćina



IBISS



Б

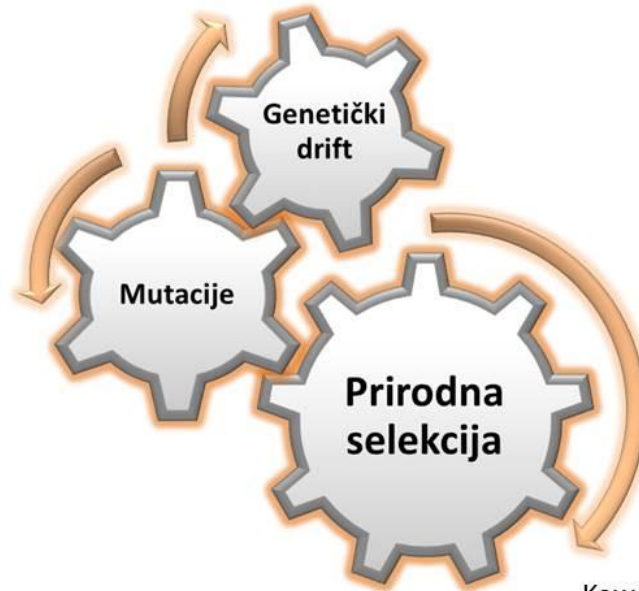


Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



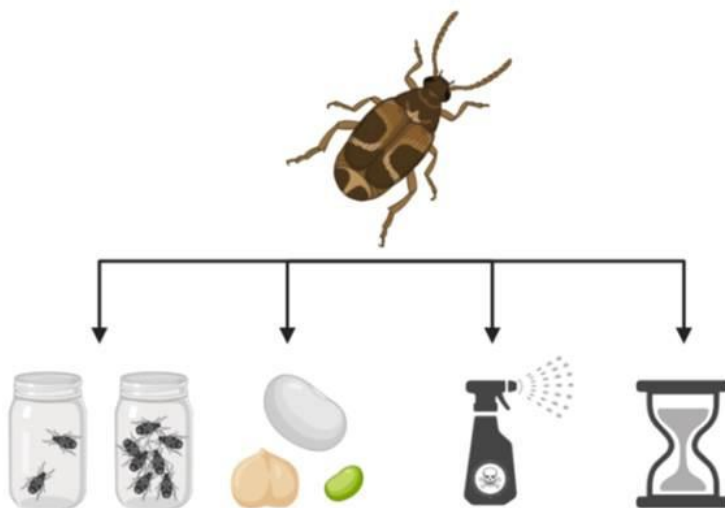
Фонд за науку
Републике Србије

Eksperimentalna (laboratorijska) evolucija predstavlja metodološki pristup u empirijskom testiranju evoluciono-bioloških hipoteza.



Kawecki, T. J., et al. (2012).
Trends in ecology & evolution, 27(10), 547-560.

Model organizmi koji se koriste u eksperimentalnoj evoluciji imaju kratko vreme generacije, populacije su velike brojnosti, a odžavanje je jednostavno.



Kawecki, T. J., et al. (2012).
Trends in ecology & evolution, 27(10), 547-560.

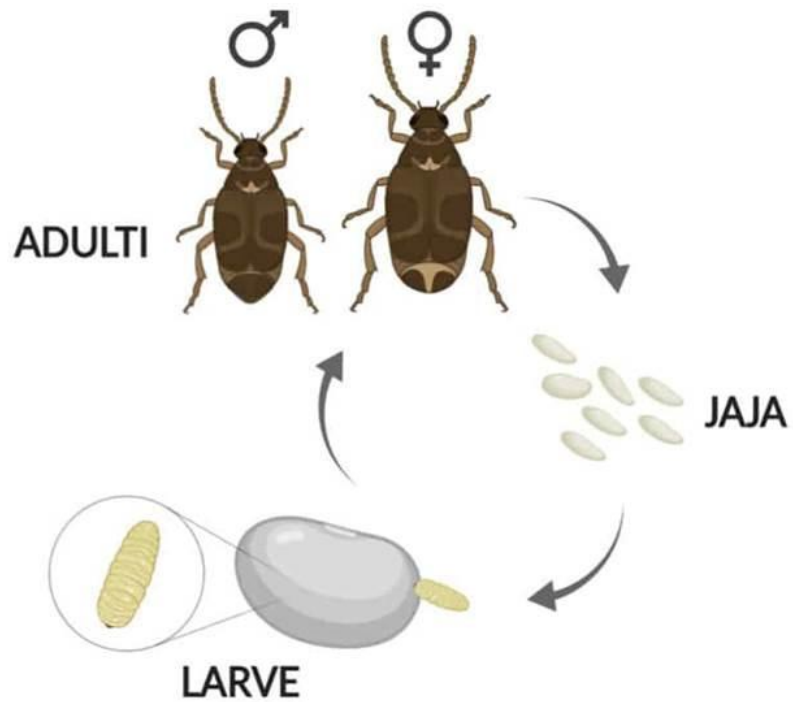
Pojedine eksperimentalne populacije pasuljevog žiška su pod specifičnim režimima laboratorijske evolucije više od 35 godina!



Acanthoscelides obtectus

Tucić, N. et al. (1996),
Journal of Evolutionary Biology, 9(4), 485-503.

Životni ciklus pasuljevog žiška

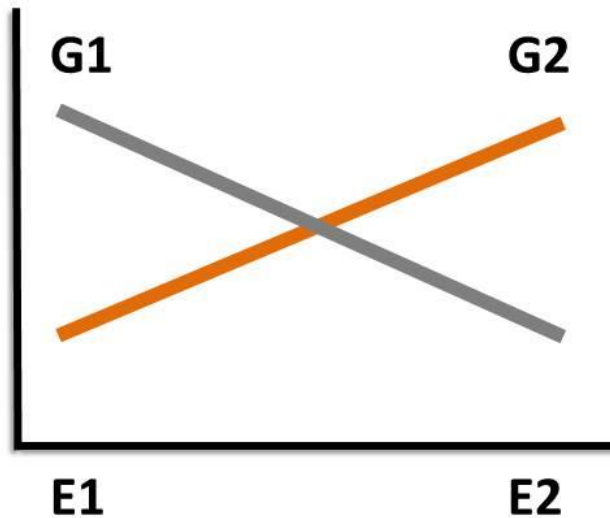


Veliki broj fitofagnih insekata su specijalisti



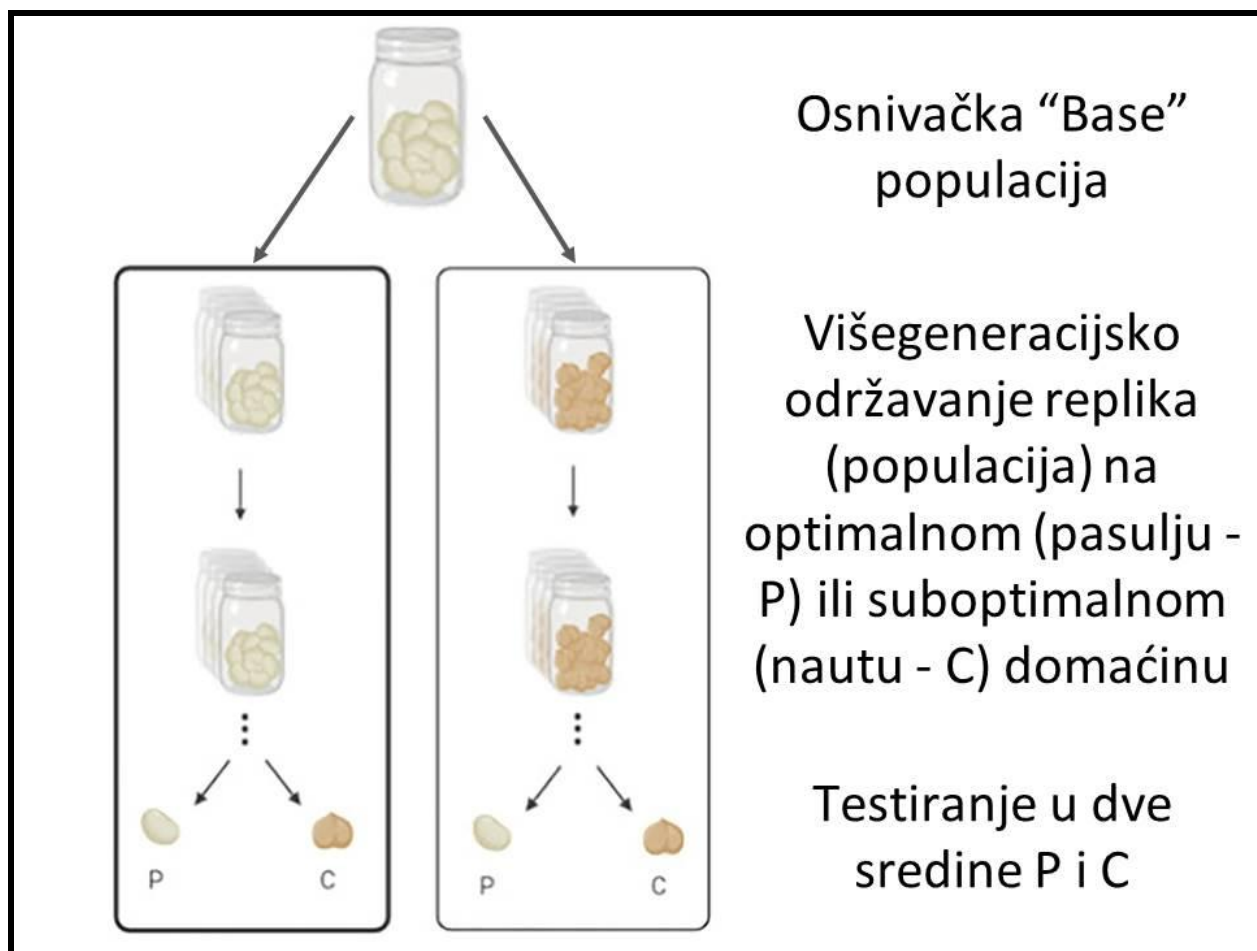
Forister, M. L. et al. (2019).
Conservation Science and Practice, 1(8), e80.

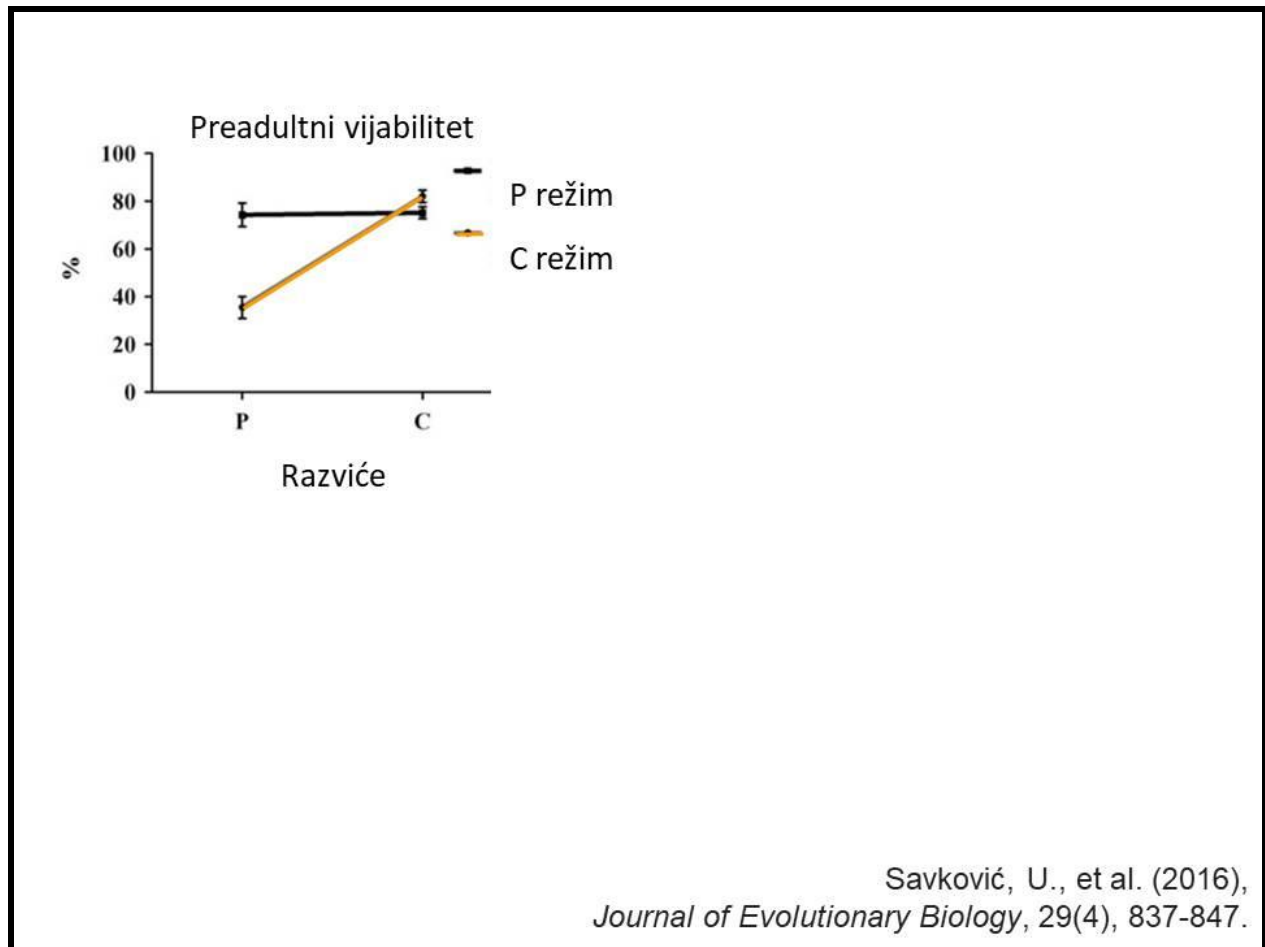
Fenotipska plastičnost može biti jedan od mehanizama kako organizmi mogu da se izbore sa promenama koje se dešavaju, da iskoriste alternativne niše i prilagode se novom okruženju

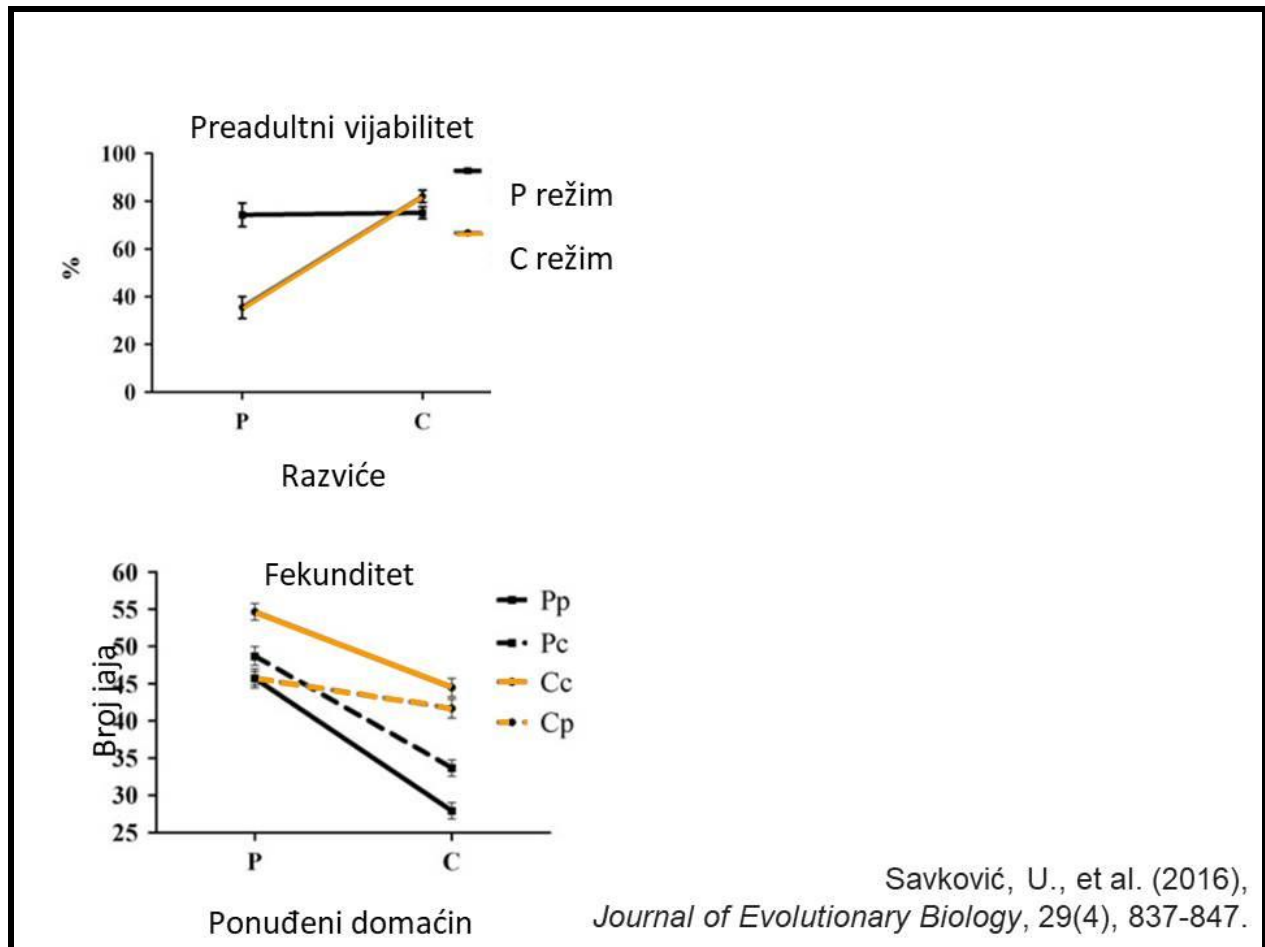


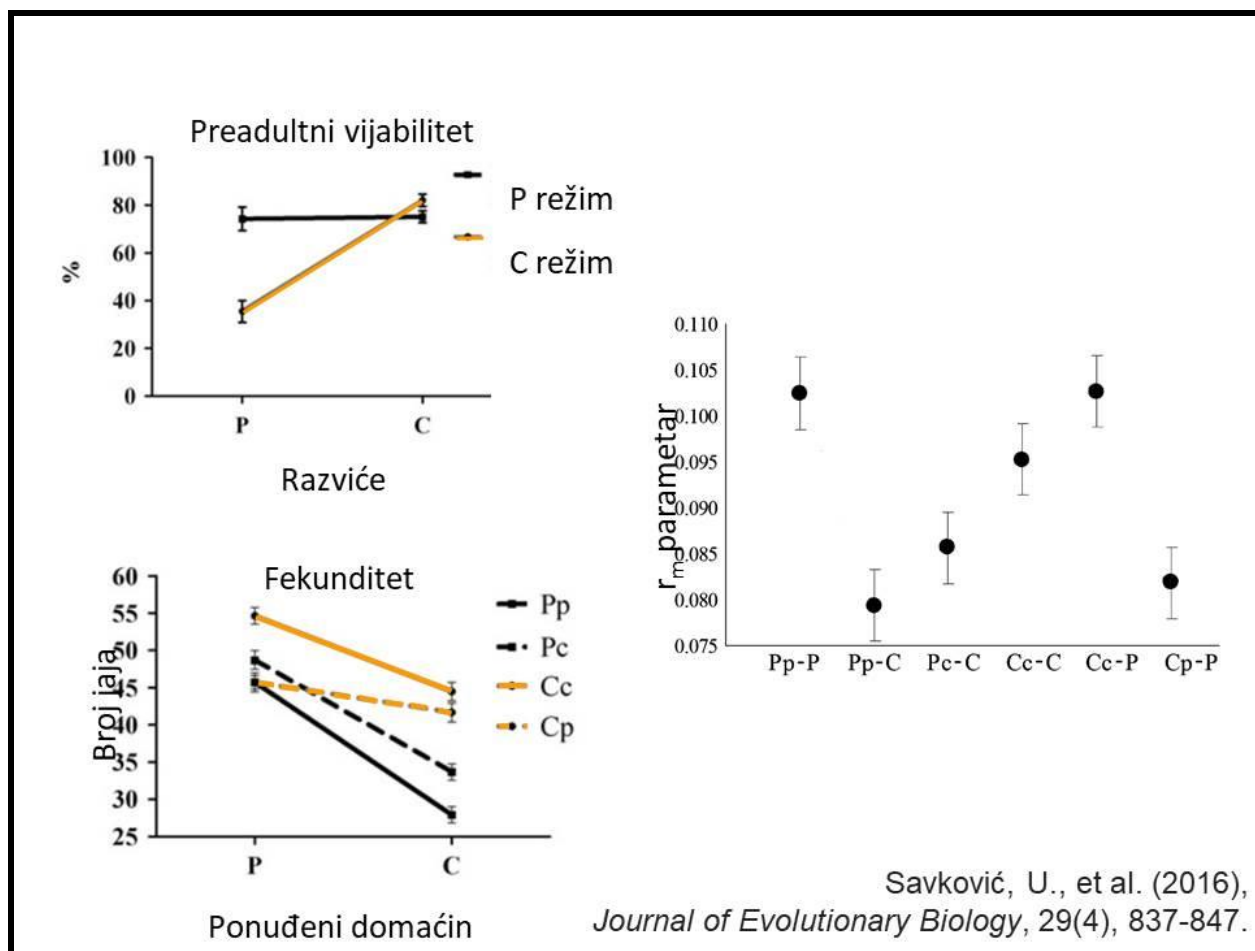
Promena biljke domaćina predstavlja veliki izazov za populacije insekata

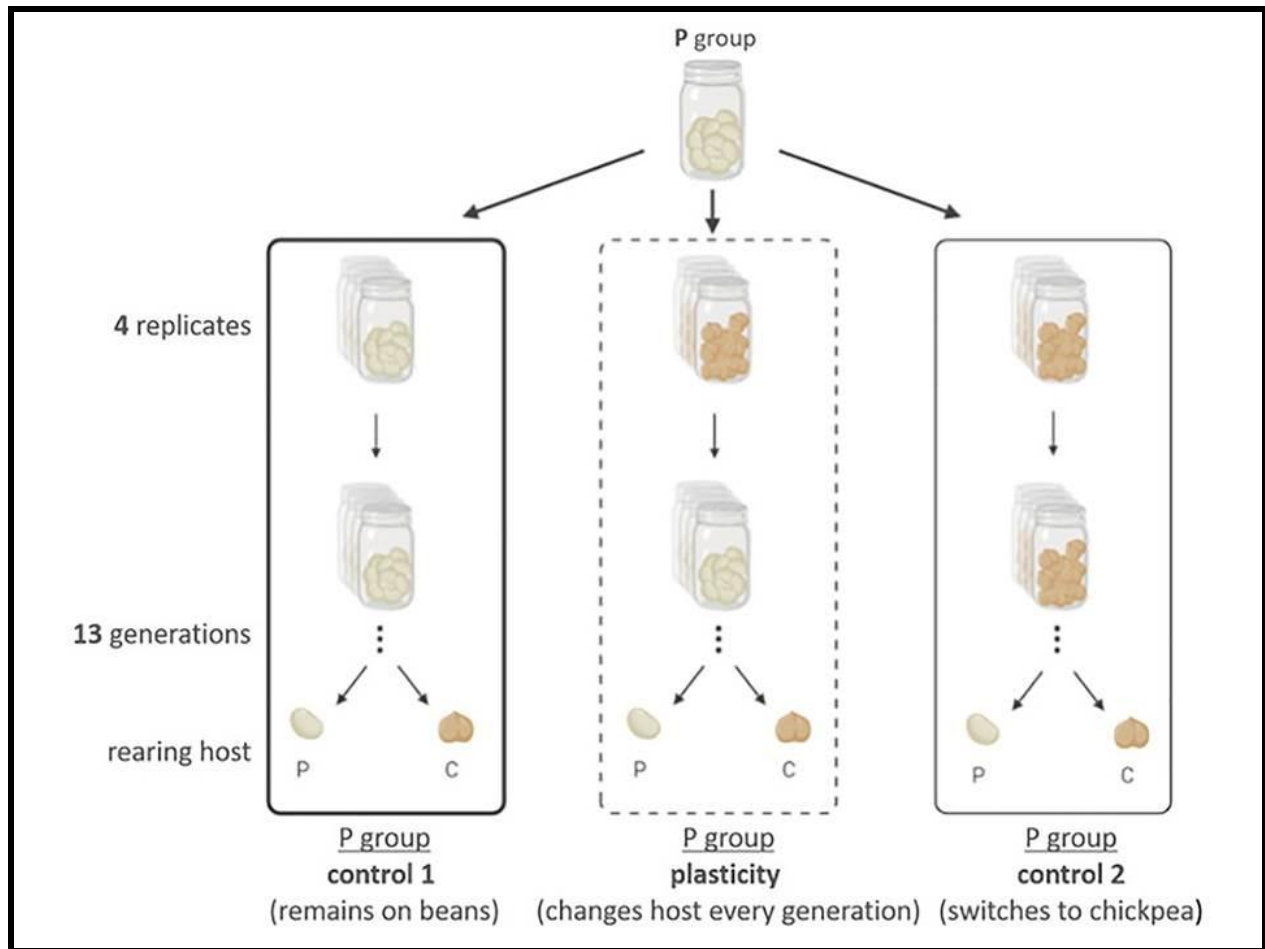


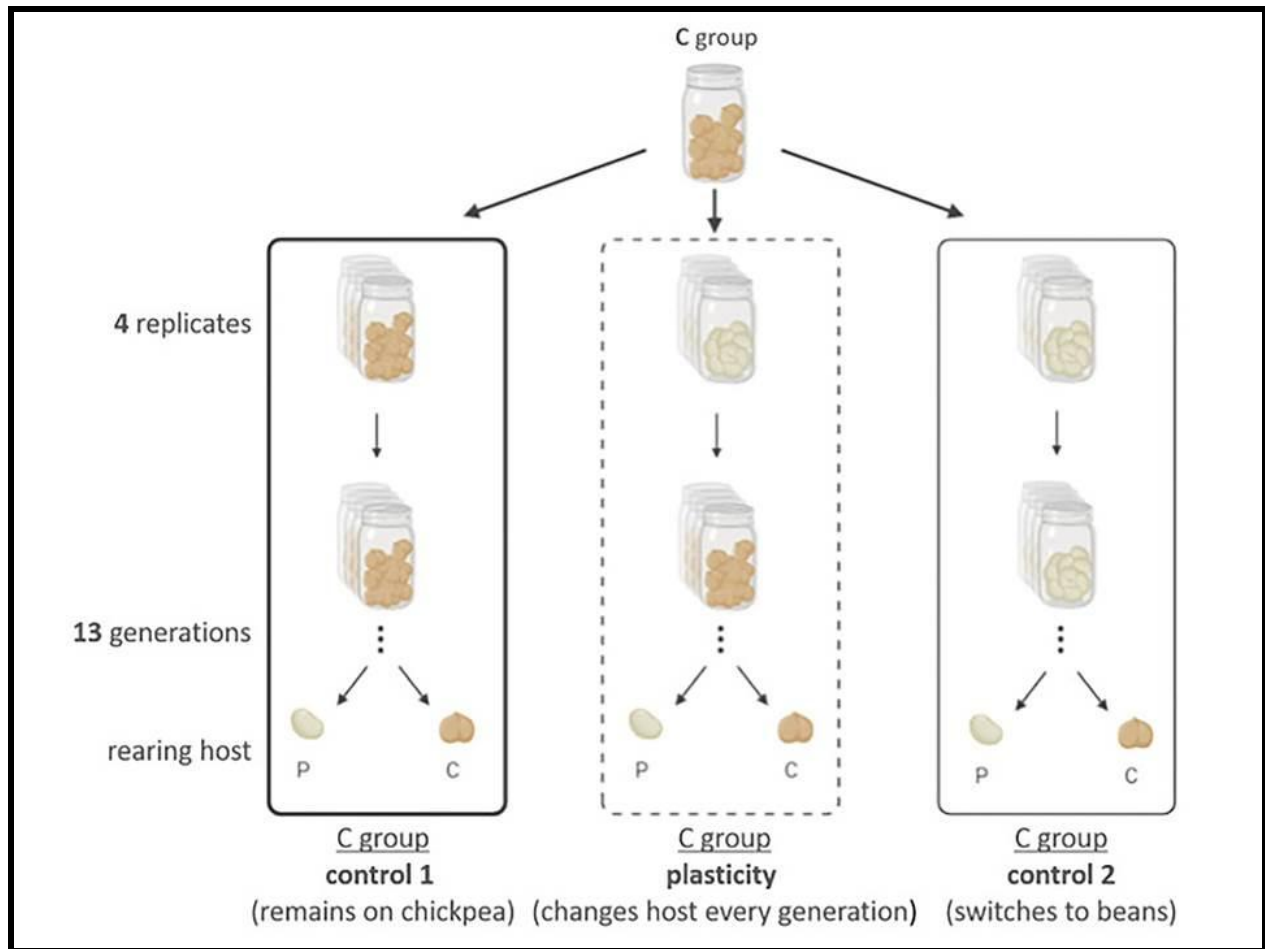


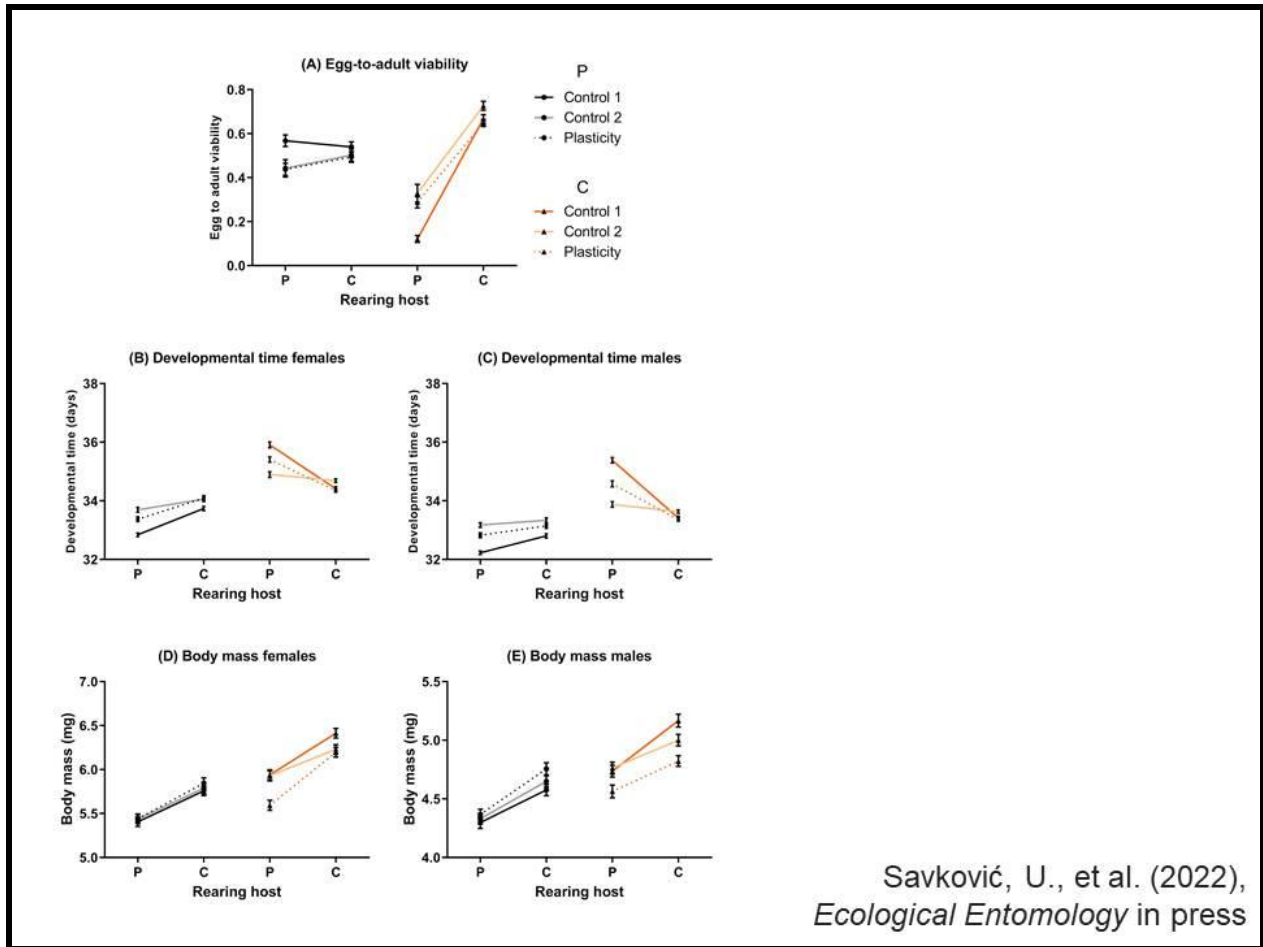


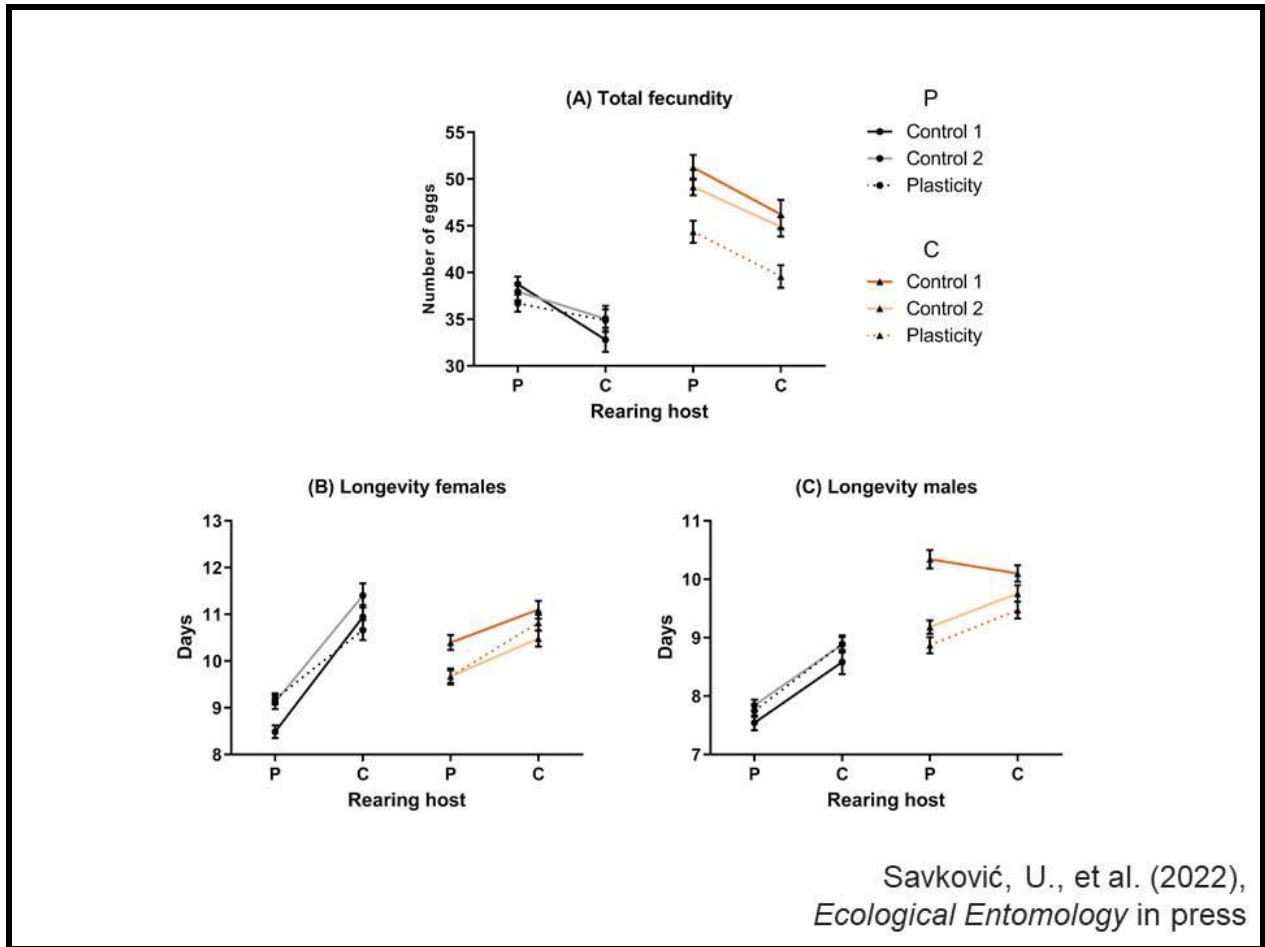






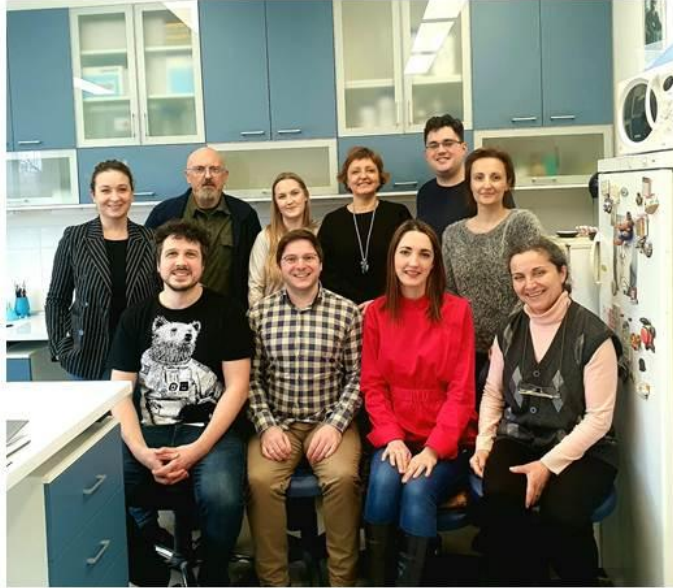








Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Istraživanja su
podržana od strane:
Fonda za nauku
Republike Srbije
#7683961,
Experimental
evolution approach in
developing insect pest
control methods –
ELEVATE

Ministarstva prosvete,
nauke i tehnološkog
razvoja Republike
Srbije, ugovor broj
451-03-68/2022-
14/200007



Фонд за науку
Републике Србије



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МЕДИЦИНСКИ
ФАКУЛТЕТ



Zašto nismo besmrtni?

Trening škola eksperimentalne evolucije
15-16.12.2022. IBISS, Beograd

Zašto nismo besmrtni?

Mirko Đorđević
mirko.djordjevic@ibiss.bg.ac.rs



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Proces starenja: uzrasno-specifično smanjenje preživljavanja i reprodukcije usled akumulacije oštećenja i funkcionalnih promena koje narušavaju homeostazu.

Evoluciona teorija starenja:

- Akumulacija mutacija (AM)
- Antagonistička plejotropija (AP)
- Jednokratna soma (JS)

Fiziološke teorije starenja:

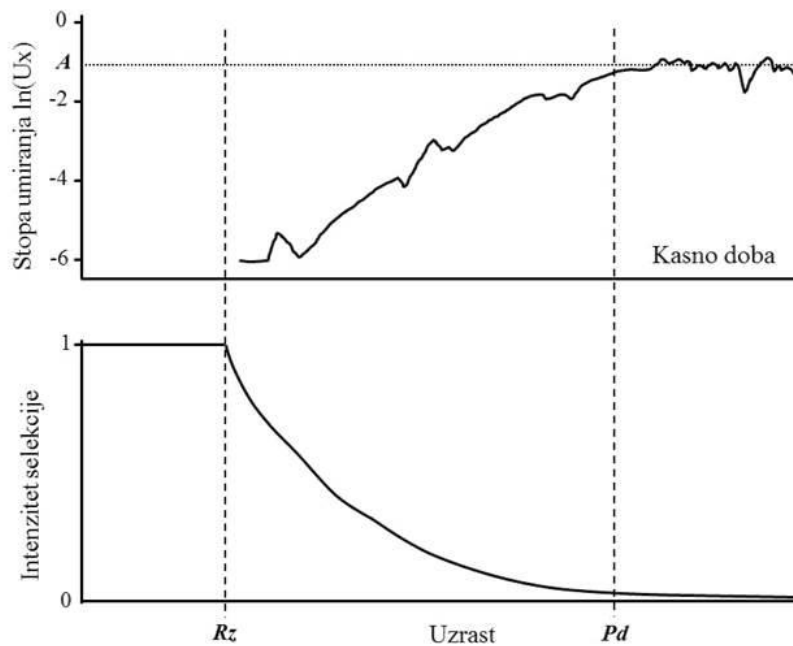
- **Stohastičke:** mitohondrijska slobodno-radikalska teorija starenja, telomere
- **Sistemske:** IIS, mTOR, AMPK, sirtuini

Zašto starimo?

- Prirodna selekcija favorizuje postojanje “genetičkog programa” koji dovodi do umiranja starih i „istrošenih“ jedinki



Savremena evolucionarna teorija starenja



R_z – reproduktivna zrelost

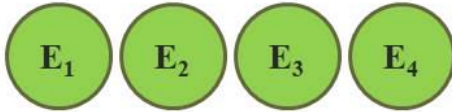
Eksperimentalna provera

Pasuljev žižak (*Acanthoscelides obtectus*)

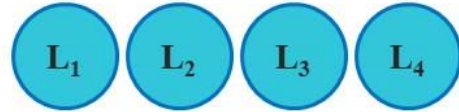


B režim

1986.



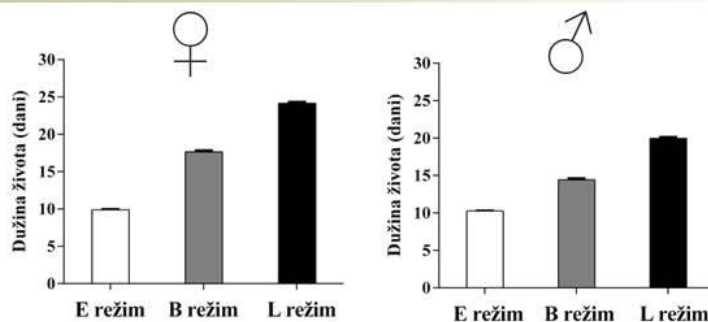
> 370 generacija selekcije za ranu (E) reprodukciju (prva dva dana)



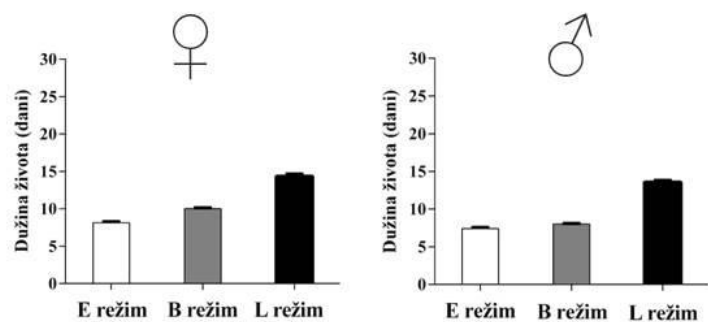
> 250 generacija selekcije za kasnu (L) reprodukciju (nakon desetog dana)

2022.

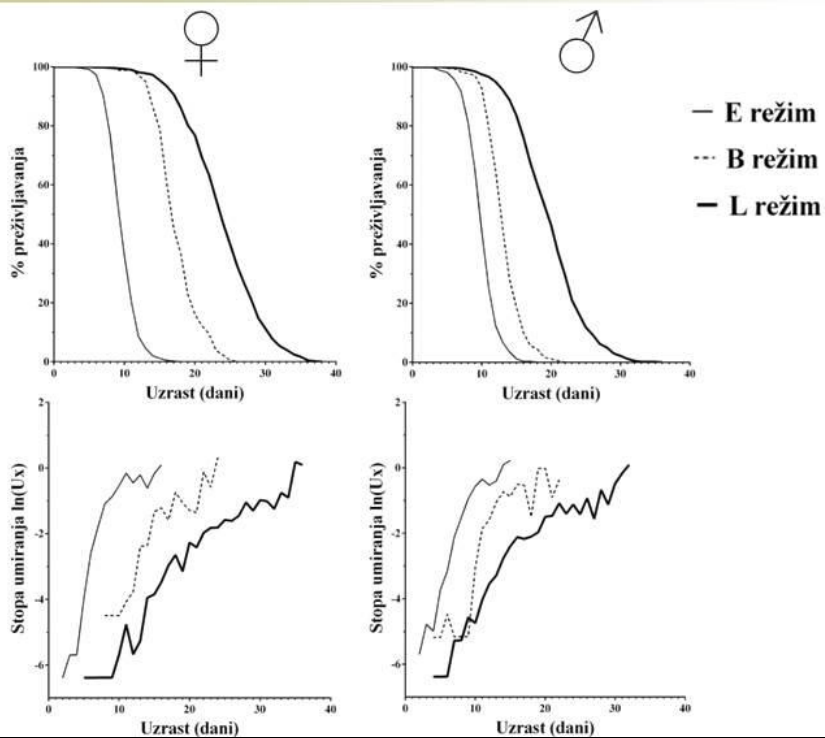
Prosečna dužina života neukrštanih žižaka



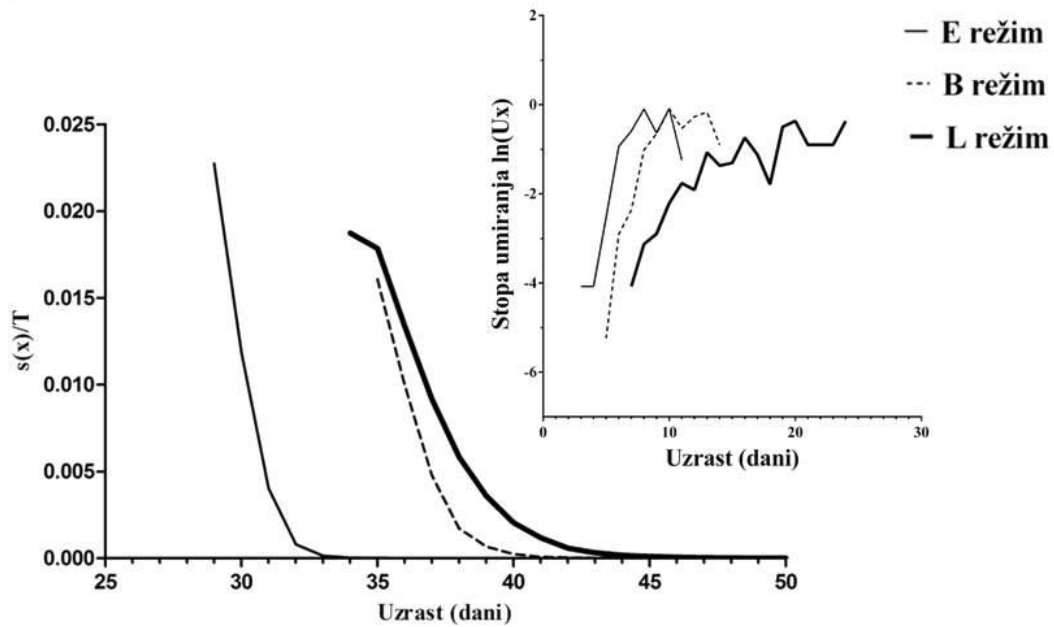
Prosečna dužina života ukrštanih žižaka



Krive preživljavanja i mortaliteta neukrštanih žižaka



Uzrasno-specifične promene intenziteta selekcije



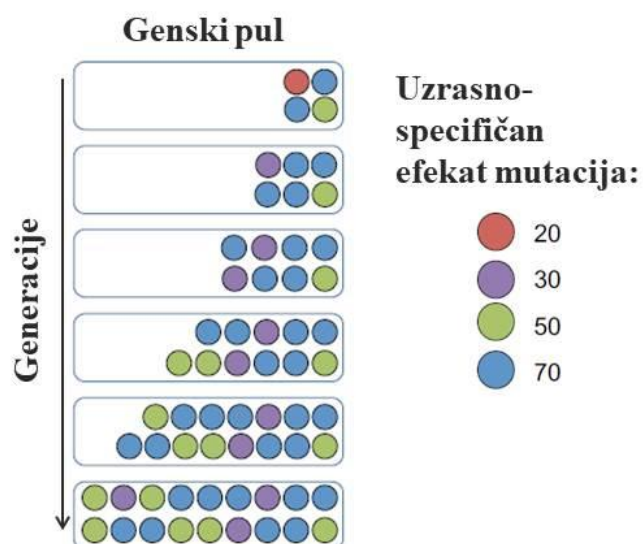
Populaciono-genetički mehanizmi u osnovi evolucije starenja

- Akumulacija mutacija (AM, Medawar 1952)
- Antagonistička plejotropija (AP, Williams 1957)
- Jednokratna soma (JS, Kirkwood 1972)

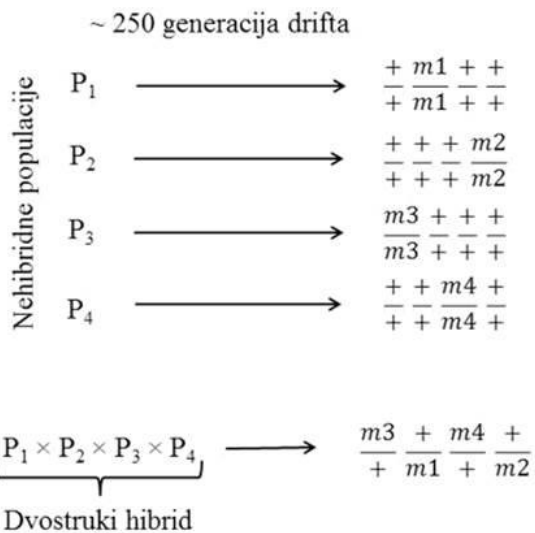
Populaciono-genetički mehanizmi u osnovi evolucije starenja

Akumulacija mutacija (AM, Medawar 1952):

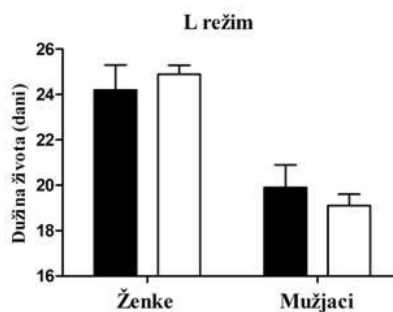
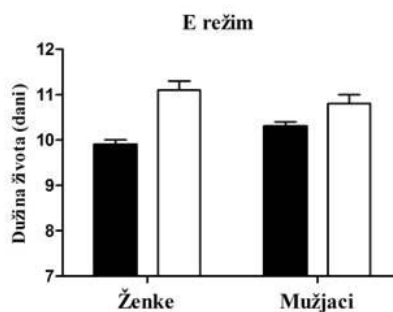
- Akumulacija mutacija sa neutralnim efektima na komponente adaptivne vrednosti u ranim i štetnim efektima u postreproduktivnim fazama ontogenije
- Model je neadaptivan



Testiranje modela AM



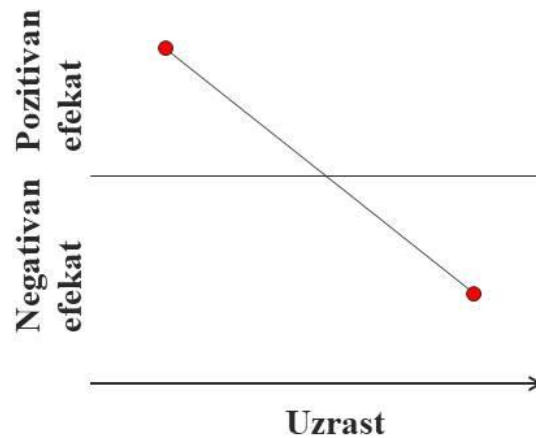
■ Nehibridne populacije □ Dvostruki hibridi



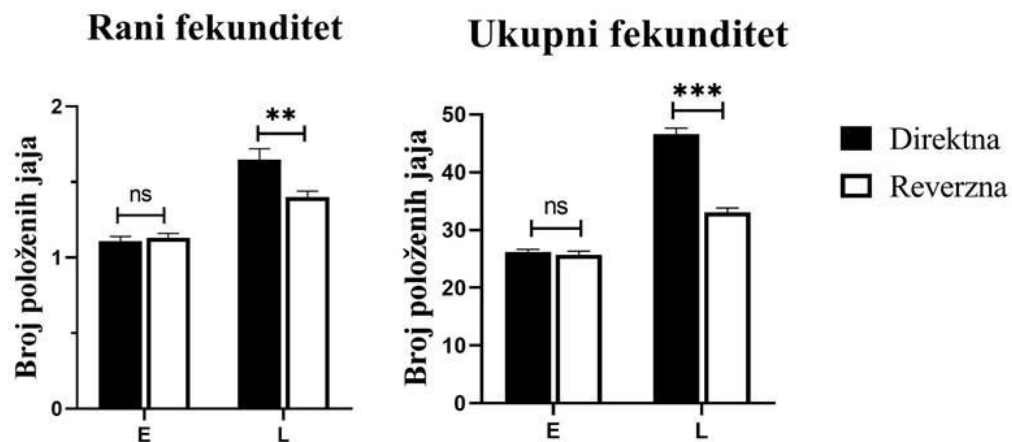
Populaciono-genetički mehanizmi u osnovi evolucije starenja

Antagonistička plejotropija (AP, Wiliams 1957):

- Plejotropni aleli koji imaju negativno korelisane efekte: pozitivne u ranijim i štetne u kasnim fazama ontogenije
- Model je adaptivan



Testiranje modela AP

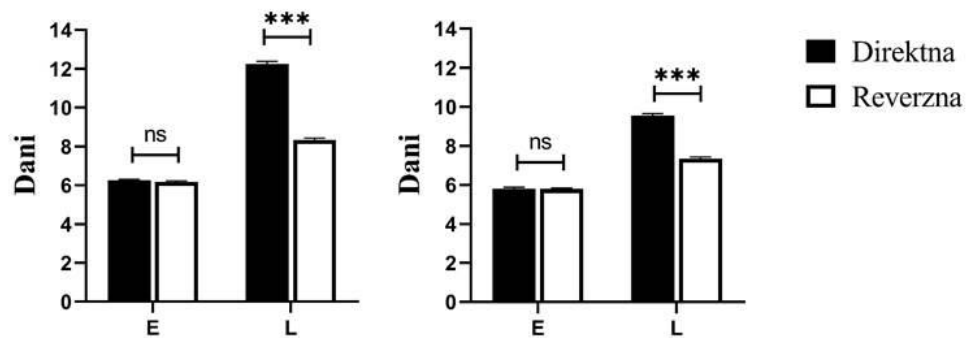


Testiranje modela AP

Dužina života

Ženke

Mušjaci



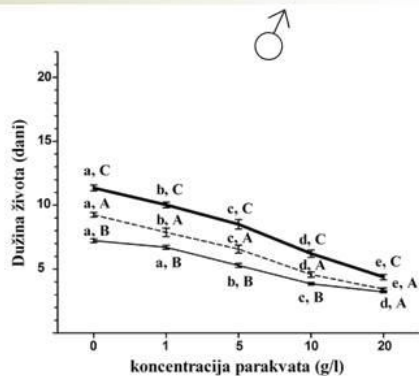
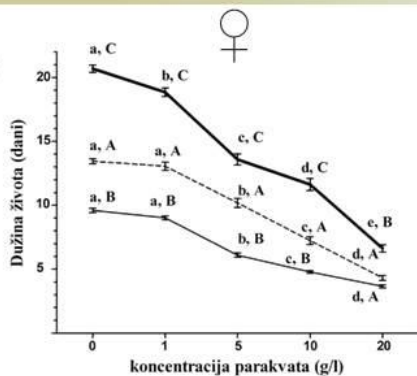
Model jednokratne some (JS)

- Fiziološki specifična varijanta modela AP (Kirkwood 1979)
- Proces starenja evoluirao kao posledica optimizacije raspodele resursa između reprodukcije i fizioloških mehanizama održavanja some (zaštita od i ispravka molekulskih oštećenja)



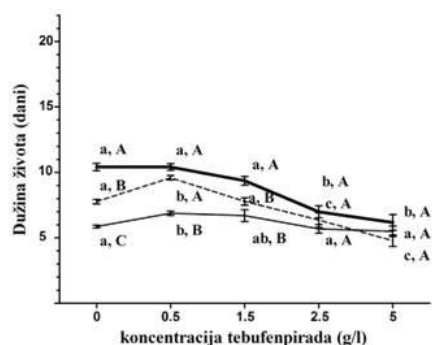
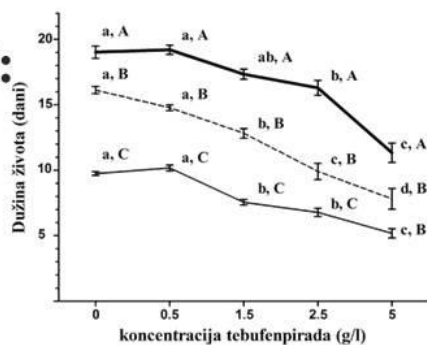
Otpornost na ekstrinzički stres

PQ:



— E režim
 --- B režim
 - - - L režim

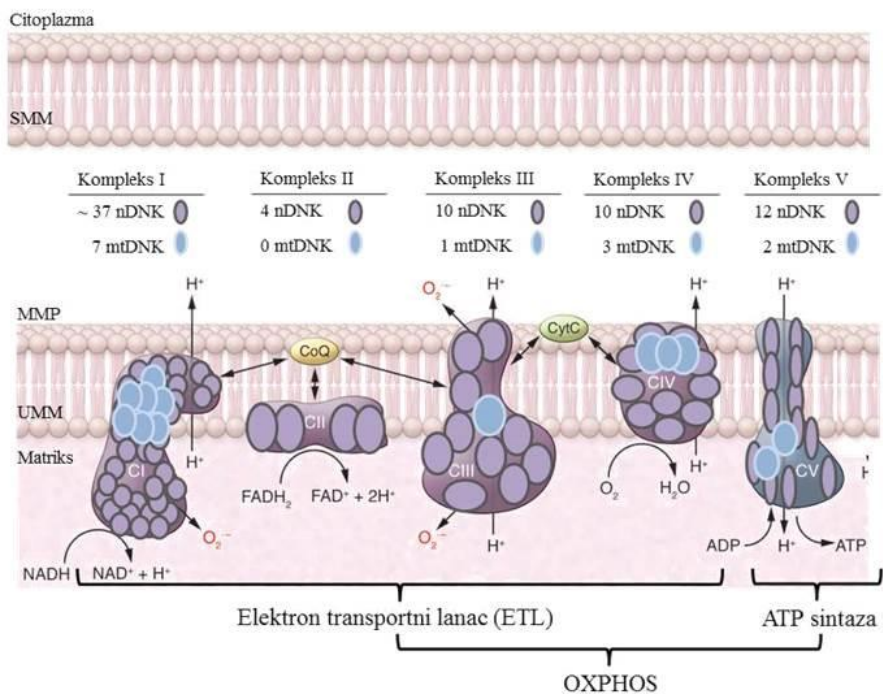
TBF:

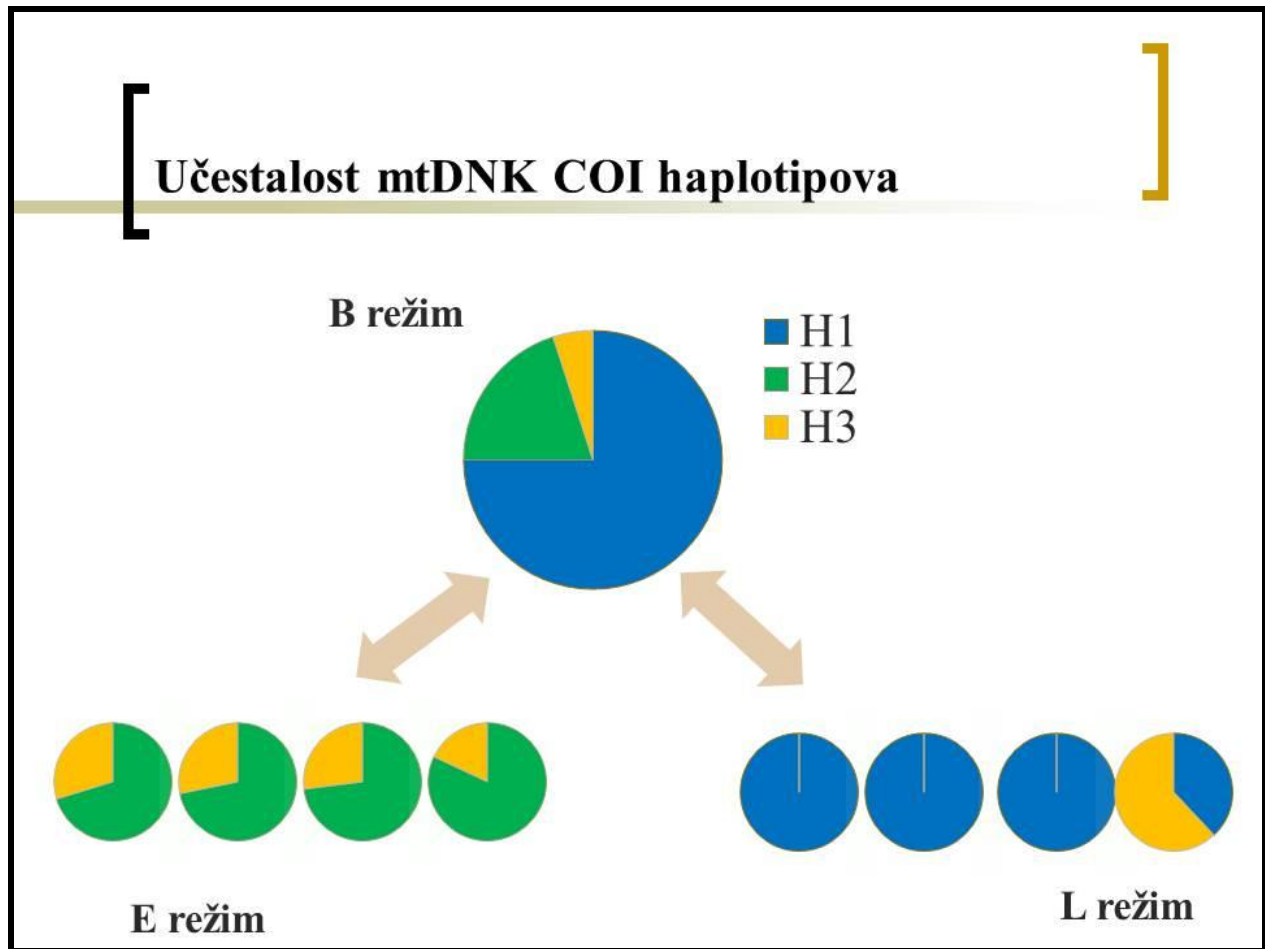


Zaključci eksperimentalne evolucije:

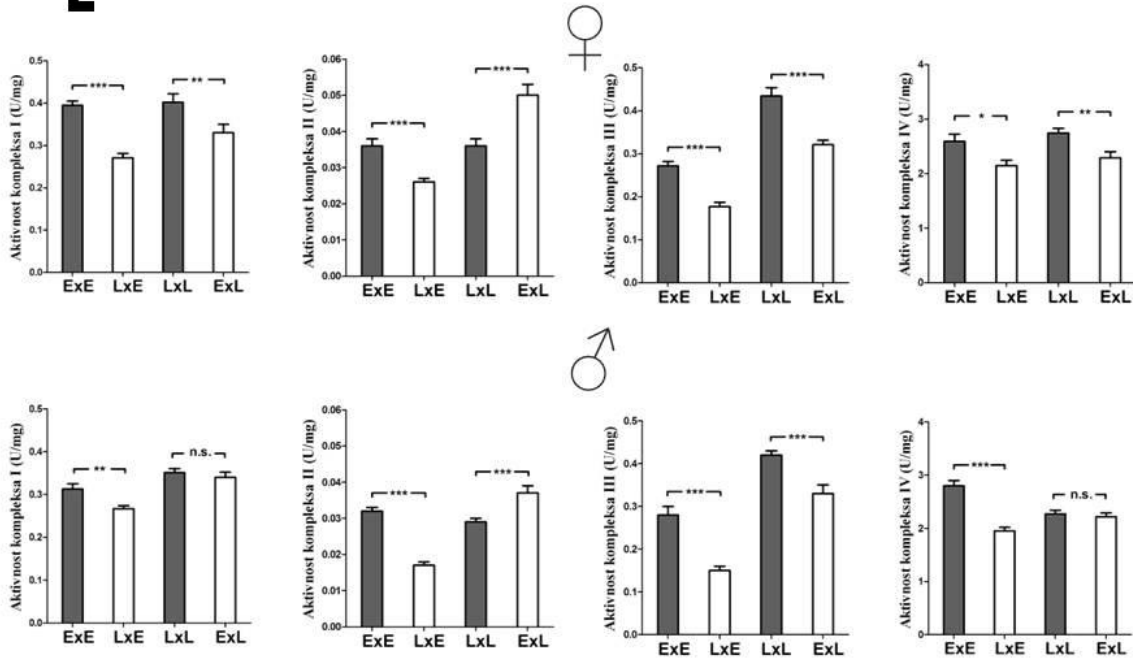
- Specifična dinamika starenja laboratorijskih populacija evoluirala je u skladu sa obrascima delovanja uzrasno-specifične selekcije
- Reverzna selekcija i pojave heteroze kod hibridnih linija pasuljevog žiška ukazala je da AP ima značajnu ulogu u evoluciji dužeg života u L režimu, dok u evoluciji kraćeg života E žižaka važnu ulogu ima AM
- Evolucija dužeg života podrazumevala je veće ulaganje resursa u mehanizme održavanja same, a nauštrb ranog fekunditeta. Evolucija suprotne strategije JS modela uočena je kod jedinki populacija selektovanih za ranu reprodukciju.

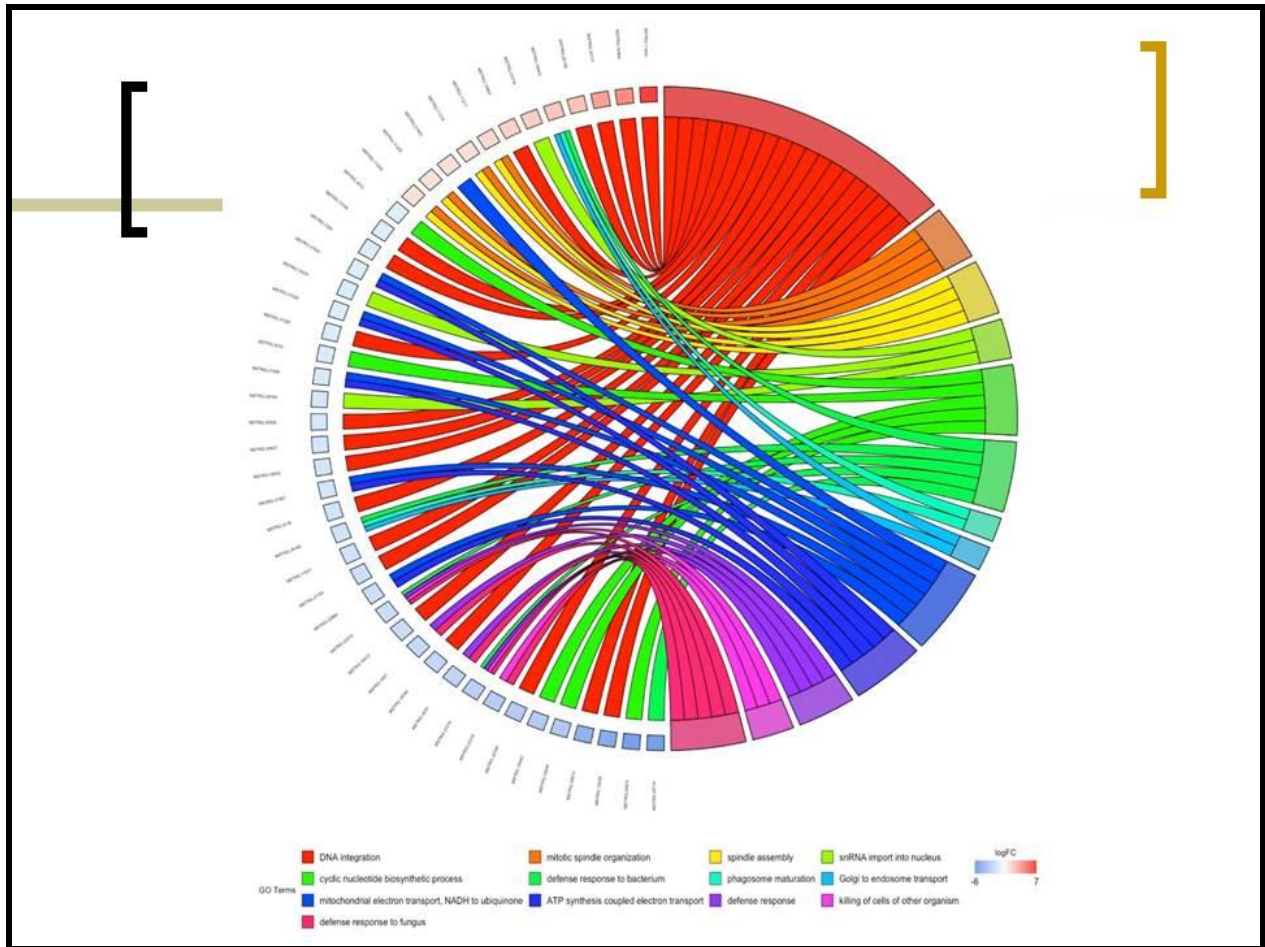
Mitohondrijska teorija starenja



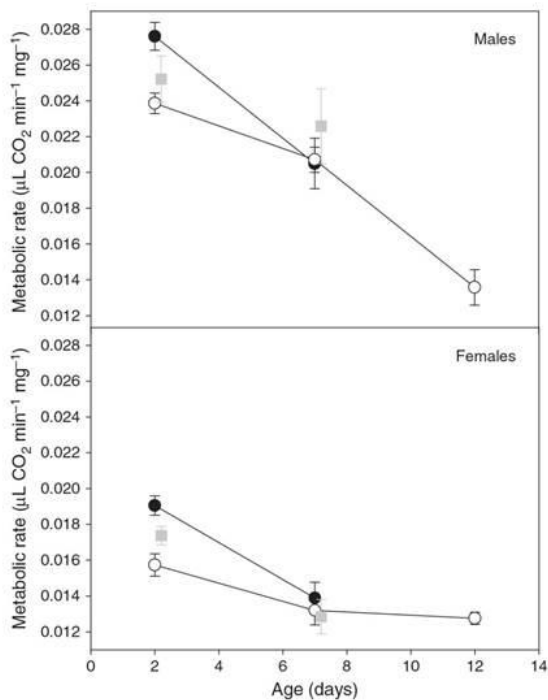


Aktivnost enzima ETL





Stopa metabolizma



Sistemske teorije starenja:

- FoxO TF ihibiraju IIS kinaze. Povećana ekspresija FoxO kod L žižaka.
- 2x veća ekspresija SNF4A γ (homolog AMPK γ) kod E u odnosu na L
- Ekspresija Hsp22 i Hsp77 gena je 2x viša kod L u odnosu na L

Zaključak:

- Mitohondrije, IIS, AMPK i Hsp su predstavljale važnu jedinicu na koju je delovala uzrasno-specifična selekcija tokom evolucije divergentnih životnih strategija unutar E i L režima



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Фонд за науку
Републике Србије

Istraživanja su podržana od strane:
Fonda za nauku Republike Srbije #7683961,
Experimental evolution approach in developing insect pest control methods – ELEVATE
Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor broj 451-03-68/2022-14/200007



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МЕДИЦИНСКИ
ФАКУЛТЕТ



1972

Testiranje materinske kletve i primena u kontroli brojnosti

Lea Vlajnić
lea.vlajnic@bio.bg.ac.rs

Trening škola eksperimentalne evolucije
15-16.12.2022. IBISS, Beograd

Testiranje materinske kletve i primena u kontroli brojnosti štetnih vrsta insekata

ELEVATE



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Фонд за науку
Републике Србије



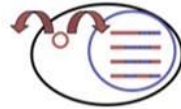
Koevolucija dva genoma u ćeliji

α -proteo bakterija

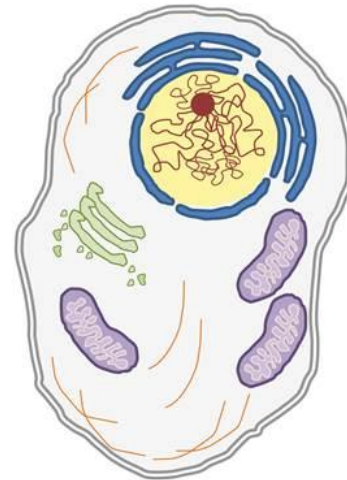
arhea



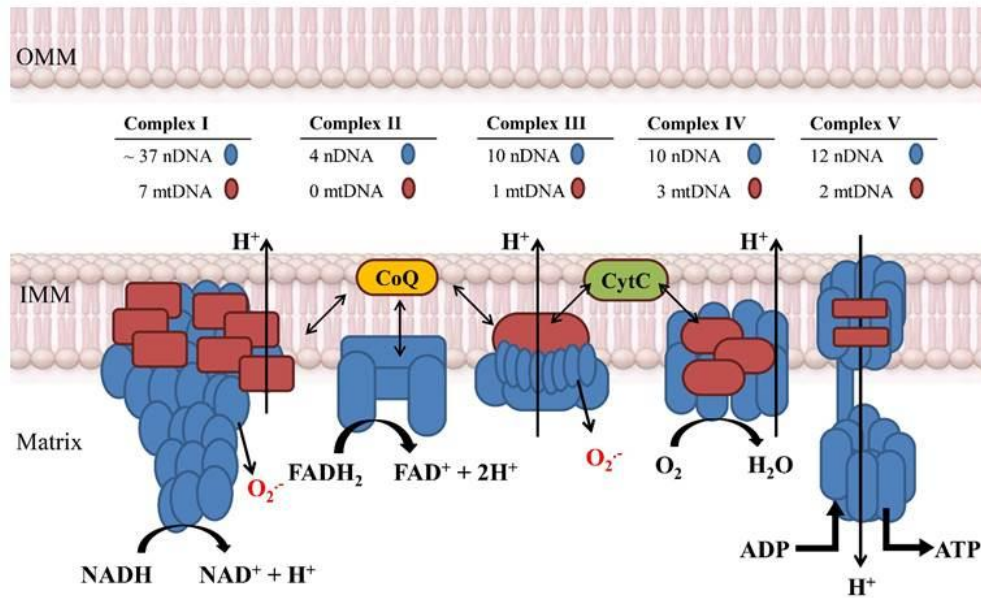
endosimbioza
pre $\sim 2 \cdot 10^9$ godina



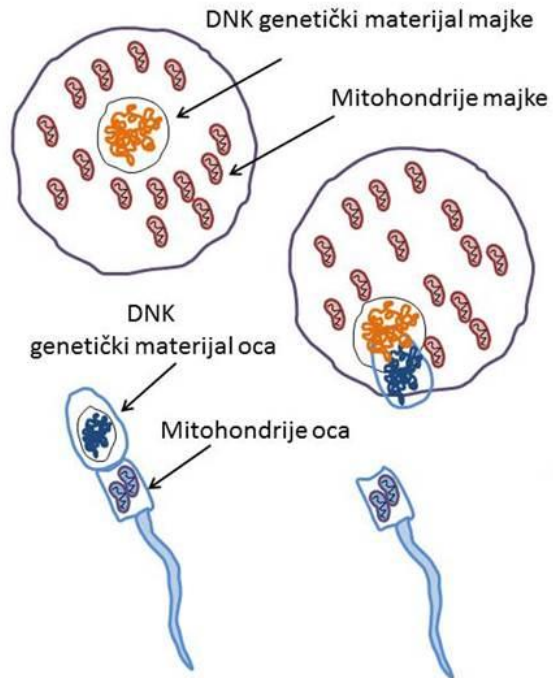
gubitak i transfer gena iz
genoma poreklom od α -proteo bakterije
(mitohondrijskog genoma)



Oksidativna fosforilacija (OXPHOS)



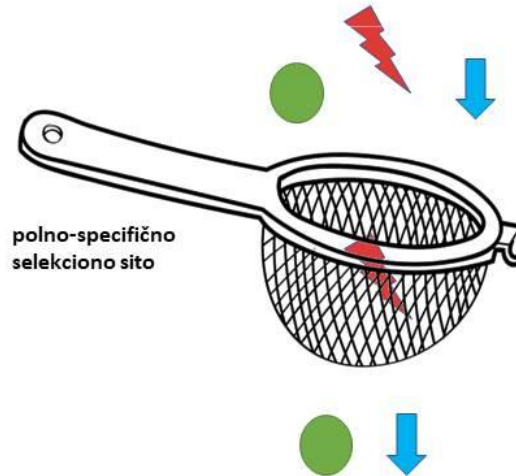
Uniparentalno nasleđivanje mitohondrija



Hipoteza materinske kletve

mtDNK mutacije:

- neutralne/korisne za ženke
- ⚡ štetne za ženke
- ↓ štetne za mužjake



jedarne kompenzacione mutacije!!!

Na koje osobine polno-specifične mutacije imaju efekat?

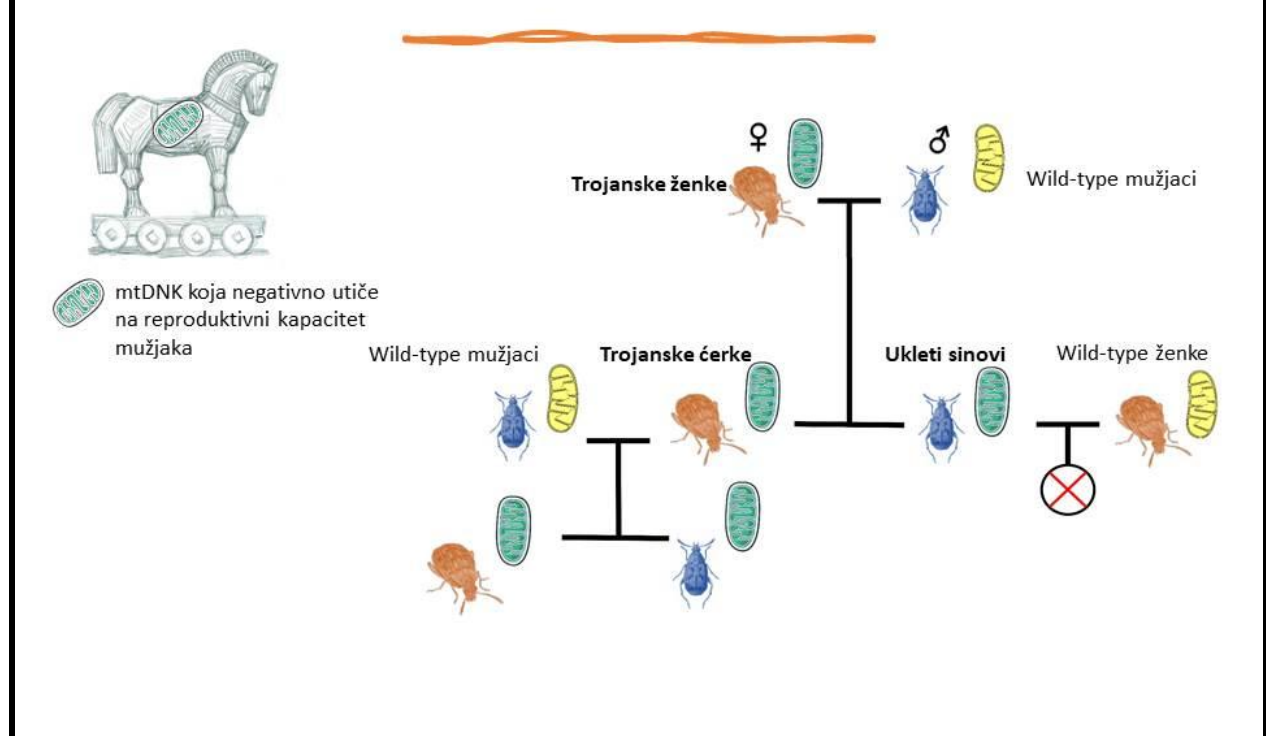
	Ženske gonade	Muške gonade
Produkcija gameta	Mali broj gameta tokom embrionalnog razvića	Ogroman broj gameta tokom celog života
Gameti	Uglavnom dormantni	Aktivni
Broj mitohondrija po gametu	Ogroman (oko 190.000 kod ljudi)	Mali (oko 60 kod ljudi)

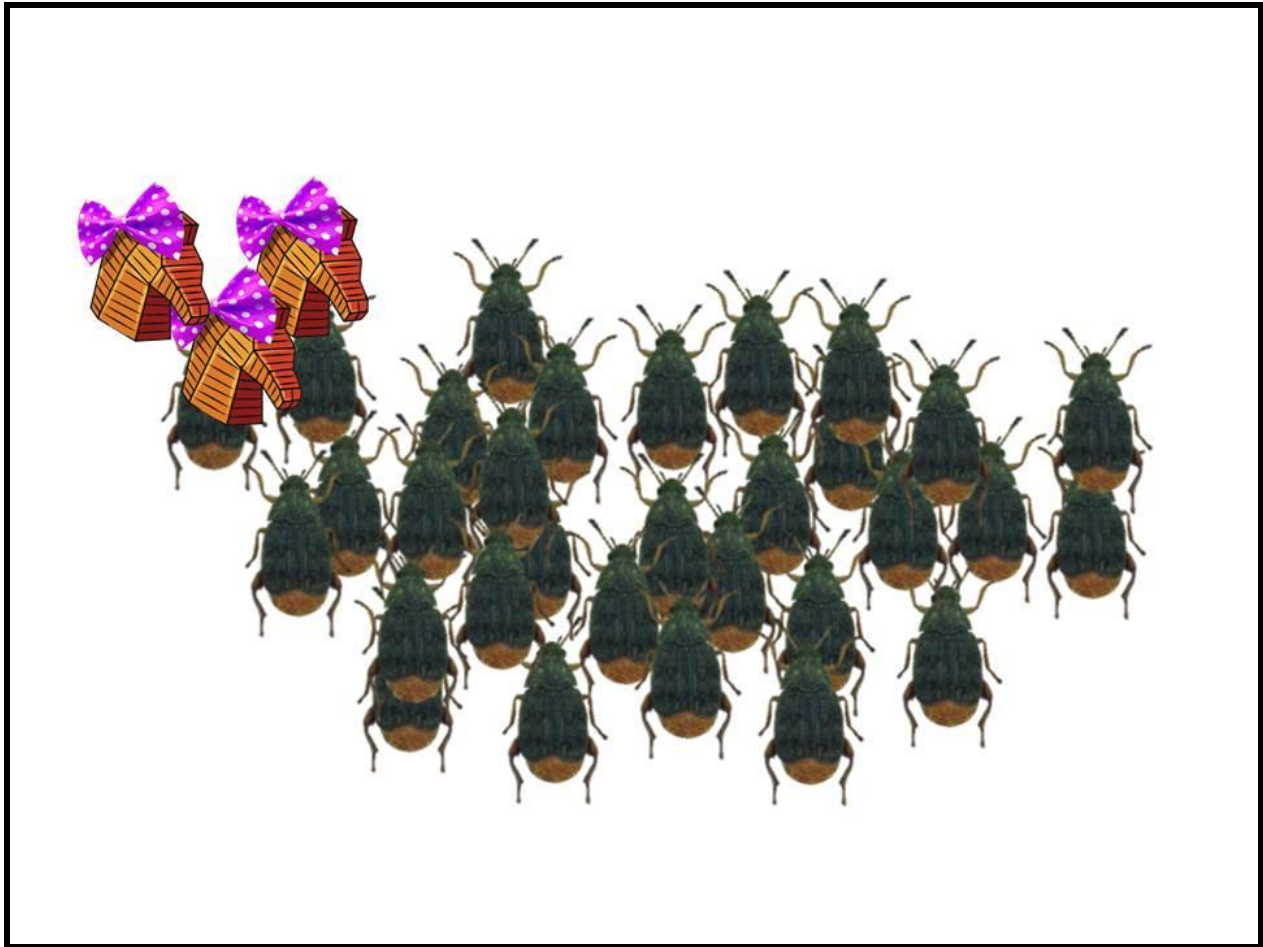
 produkcija, kvalitet i pokretljivost spermatozoida

Ostale osobine:

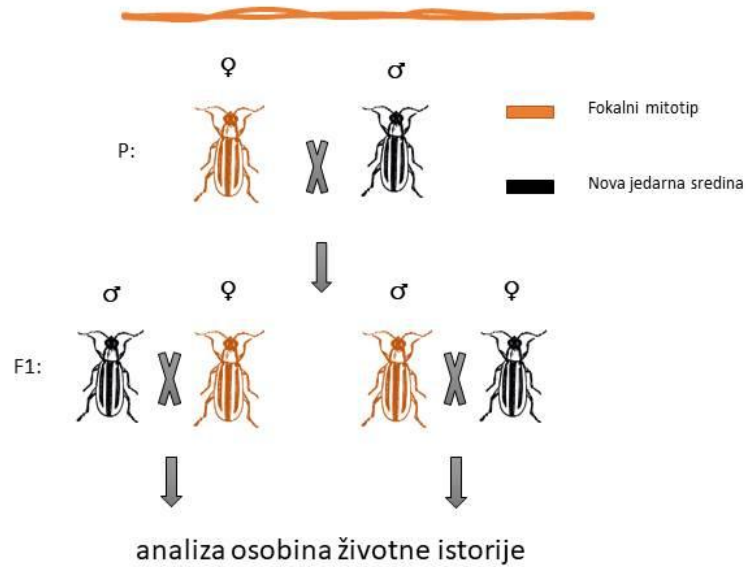
- reproduktivno ponašanje
- dužina života
- ...

Tehnika trojanskih ženki (TTŽ)

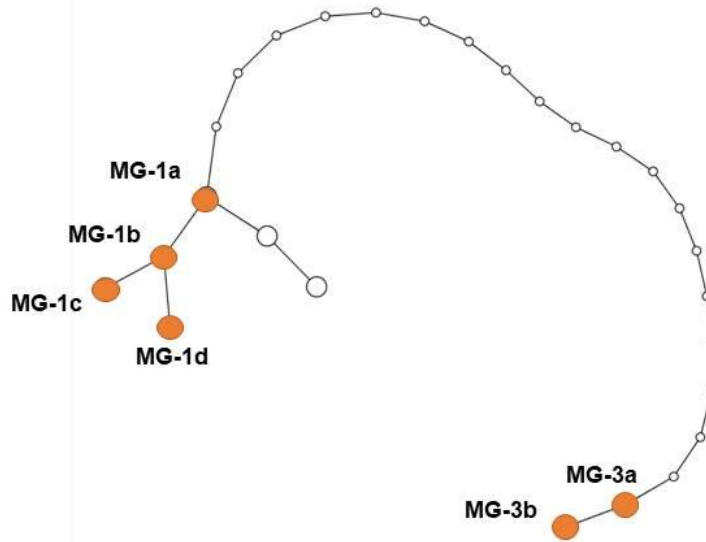




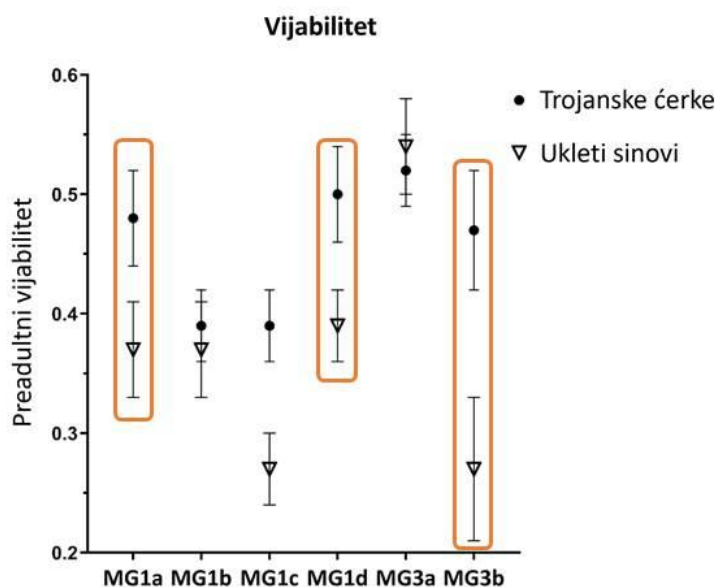
Testiranje materinske kletve - efekti mitotipova u novoj jedarnoj sredini -



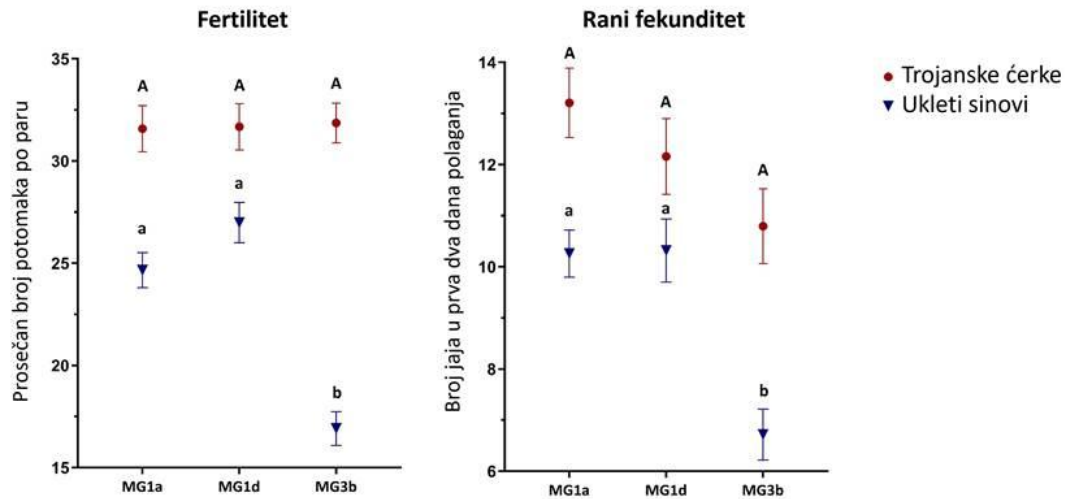
Naša istraživanja - mitohondrijski multilokusni genotipovi -



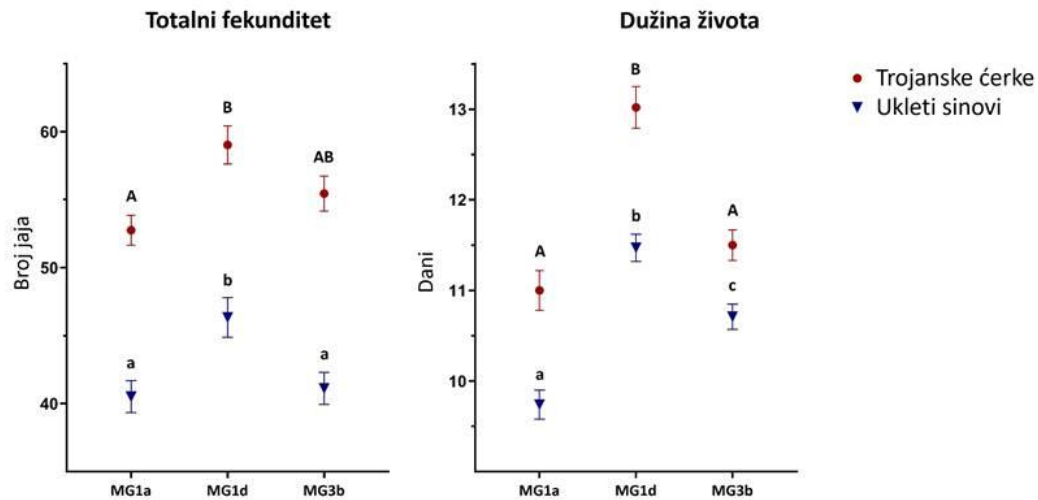
Naša istraživanja - efekti mitotipova na vijabilitet u novoj jedarnoj sredini-



Naša istraživanja - polno-specifični efekti mitotipova -



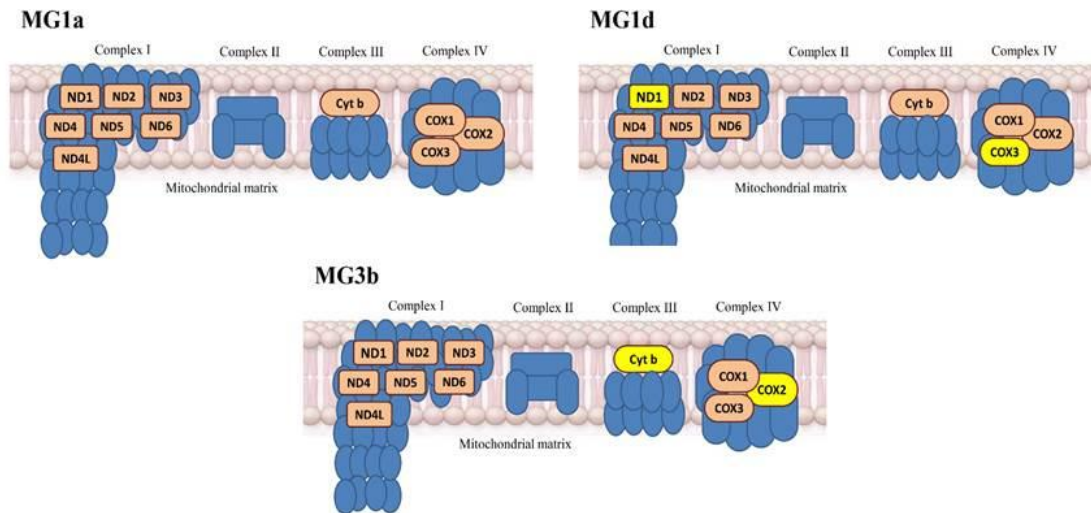
Naša istraživanja - druge osobine životne istorije -



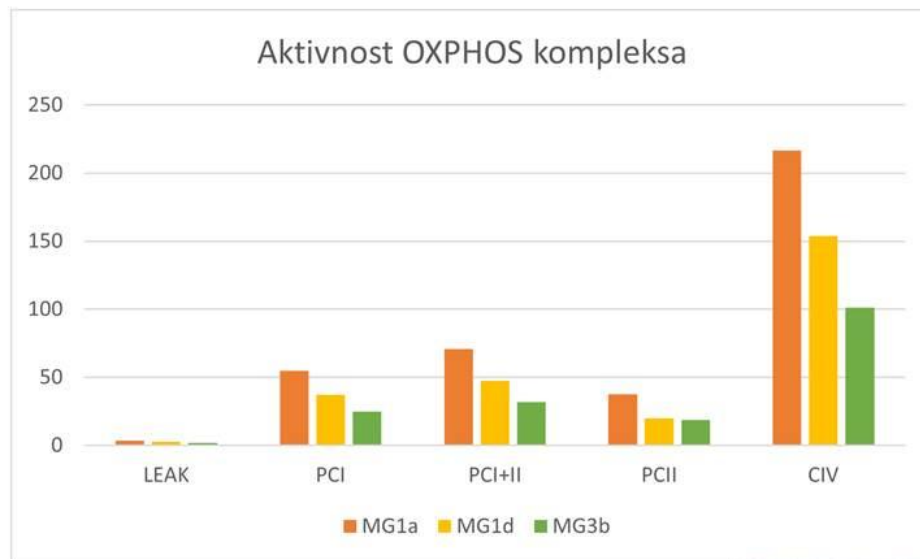
★ Šta čini mitotip kandidatom za TTŽ?

reproduktivno ponašanje u
nekompetitivnom i kompetitivnom kontekstu

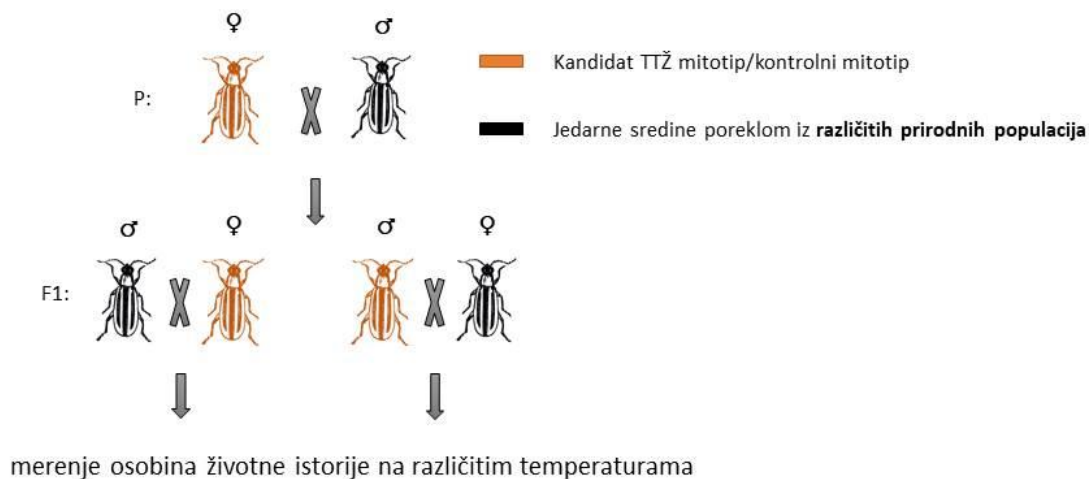
Naša istraživanja - sekvence mitotipova -



Naša istraživanja - aktivnost OXPPOS kompleksa -

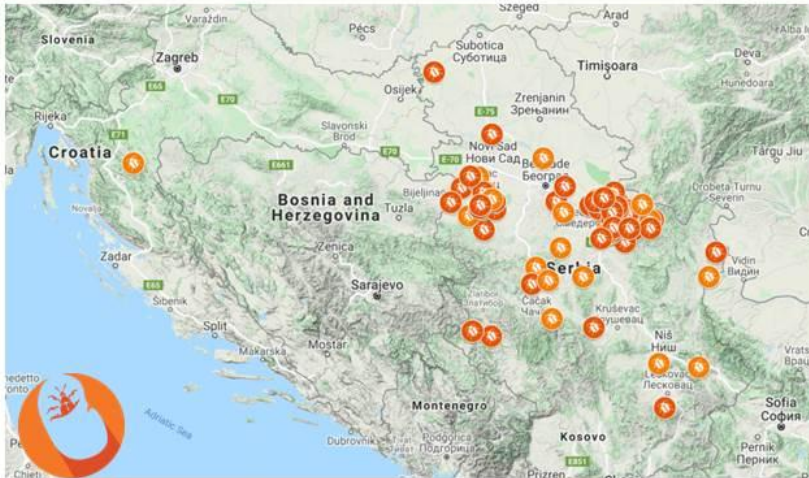


Testiranje mitotipova u različitim jedarnim i temperaturnim sredinama



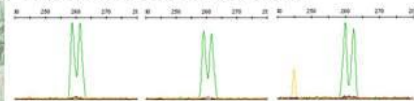
Utvrđivanje genetičke varijabilnosti prirodnih populacija

„Opasulji se“ projekat građanske nauke

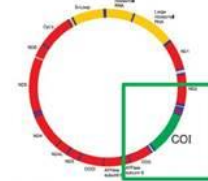


<https://www.opasuljise.rs/>

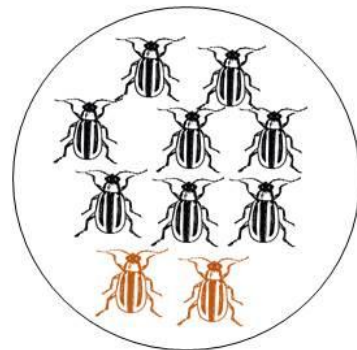
Procena genetičke varijabilnosti prirodnih populacija:
a) za jedarni genom – analiza mikrosatelitskih lokusa



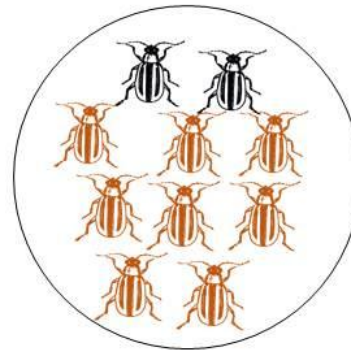
b) za mitohondrijski genom – sekvenciranje barkod regiona COI gena



TTŽ – dugoročni evolucioni eksperiment



25% trojanskih/kontrolnih ženki



75% trojanskih/kontrolnih ženki

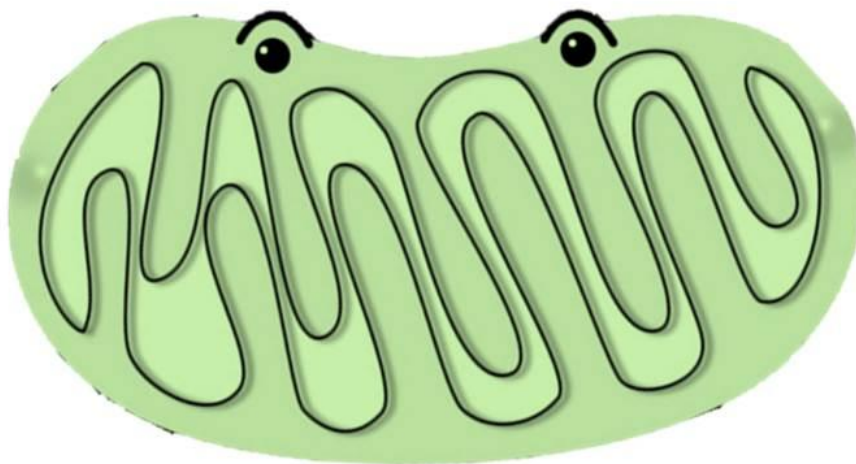


2, 5, i 10. generacija

merenje:

- parametara populacione dinamike
- učestalosti TTŽ/kontrolnog mitotipa

Hvala na pažnji!



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Фонд за науку
Републике Србије

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МЕДИЦИНСКИ
ФАКУЛТЕТ

Istraživanja su podržana od strane Fonda za nauku Republike Srbije #7683961, Experimental evolution approach in developing insect pest control methods – ELEVATE i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor broj 451-03-68/2022-14/200007

Primena i značaj geometrijske morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji

Sanja Budečević
sanja.radovic@ibiss.bg.ac.rs



Primena i značaj geometrijske morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji na primeru pasuljevog žiška



Geometrijska morfometrija i eksperimentalna evolucija

- Eksperimentalna evolucija
- Geometrijska morfometrija - skup kvantitativnih metoda kojima se izučavaju oblik i veličina morfoloških celina opisanih specifičnim tačkama.
- Detektovanje, kvantifikovanje i vizuelizacija evolucionih promena na morfološkom nivou u realnom vremenu.

Geometrijska morfometrija

- Morfometrija: kvantifikacija veličine i oblika i utvrđivanje promena fenotipske varijabilnosti
- Geometrijska morfometrija: ***OBLIK*** (skup geometrijskih informacija koje su nepromenljive u odnosu na skaliranje, translaciju i rotaciju)
 - Oblik morfološke celine je opisan ***specifičnim tačkama***
 - ***Centroid size (CS)***- geometrijska mera veličine objekta opisanog konfiguracijom specifičnih tačaka (mera disperzije specifičnih tačaka od središta date konfiguracija)

Generalizovana Prokrustova analiza (GPA)



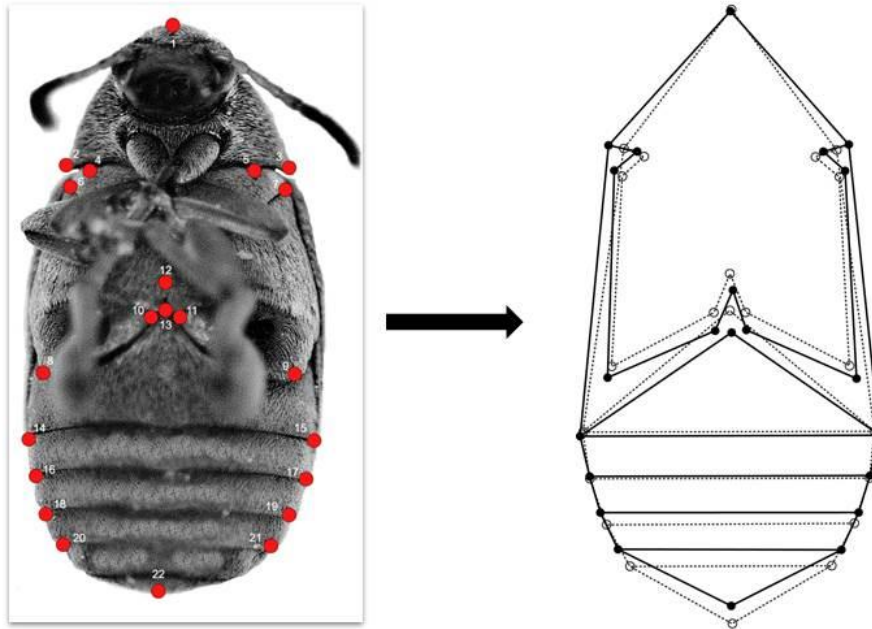
- Najčešće korišćena procedura za kvantifikaciju variranja oblika
- Eliminacija efekta veličine, položaja i orijentacije
- **Prokrustove koordinate**- nose informacije o obliku određene konfiguracije
- **Prokrustova distanca**- linearna mera distance između dve konfiguracije specifičnih tačaka

Pasuljev žižak *Acanthoscelides obtectus* (Say)

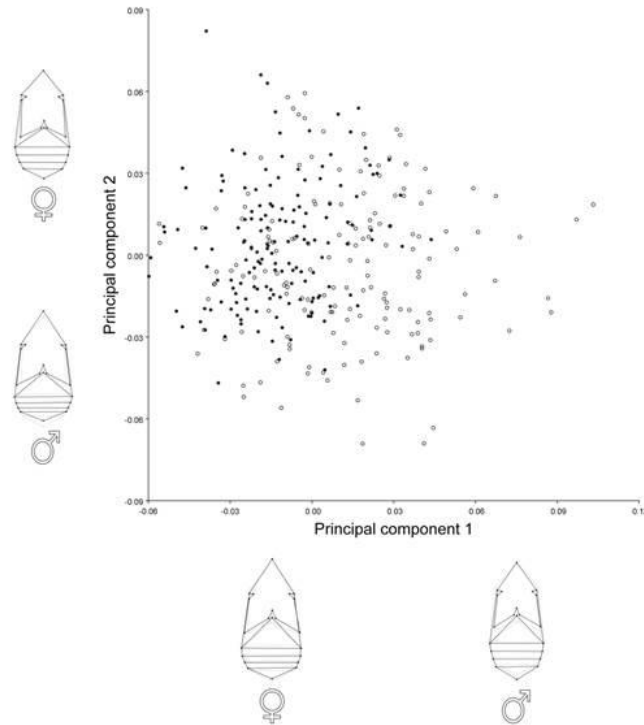
- Kosmpolitska vrsta
- Primarna biljka domaćin je običan pasulj, alternativni domaćini biljke iz porodice Fabaceae
- Holometabolno razviće i kratko vreme generacije
- Pogodan model sistem za izučavanje divergencije populacija nakon promene biljke domaćina



Generalizovana Prokrustova analiza (GPA)

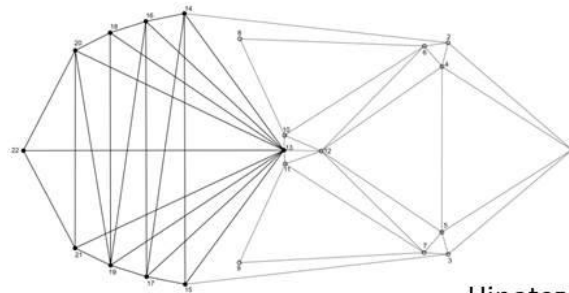


Morfološko variranje oblika žiška: Analiza glavnih komponenti



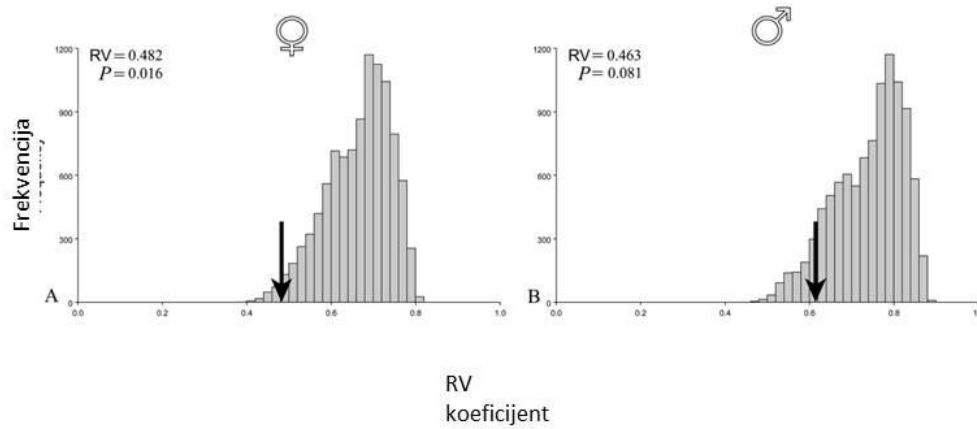
Morfološko variranje kod pasuljevog žiška

- Razlike u veličini i obliku između mužjaka i ženki;
- Testiranje hipoteze: toraks i abdomen su dva funkcionalno integrisana modula kod mužjaka i ženki



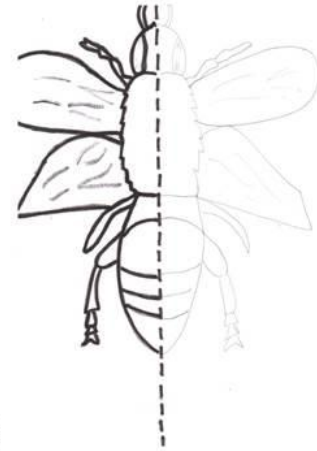
Hipoteza modularnosti

Morfološka modularnost kod pasuljevog žiška



Promena biljke domaćina i simetrija

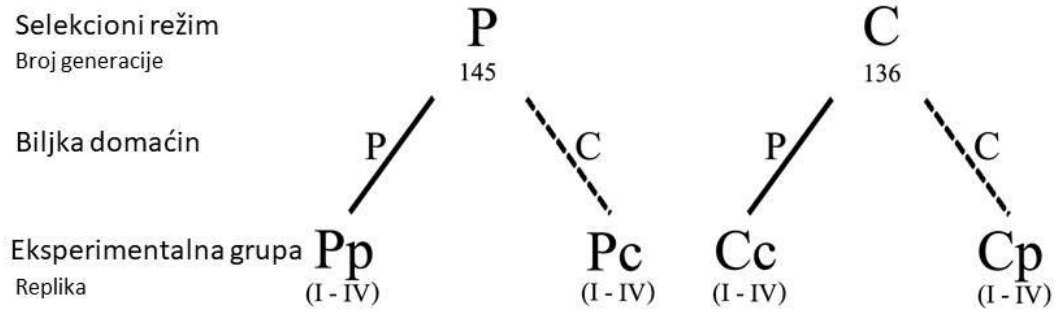
- Razvojna stabilnost
- Promena biljke domaćina vodi ka slučajnom variranju u fenotipskoj ekspresiji – čini da fenotip odstupa od očekivane



Fluktuirajuća asimetrija i razvojna nestabilnost

- male razlike u veličini i/ili obliku leve i desne strane bilateralno simetričnih osobina
- ***mera nestabilnosti razvića*** - leva i desna strana bilateralno simetričnog organizma nezavisne replike koje imaju isti genom i čije se razviće odvija u istim spoljašnjim uslovima

Eksperimentalni dizajn



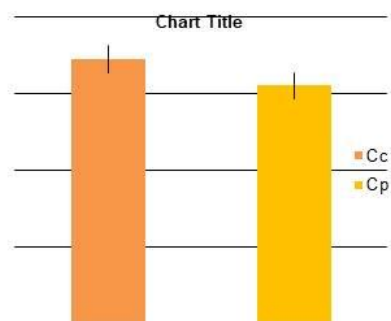
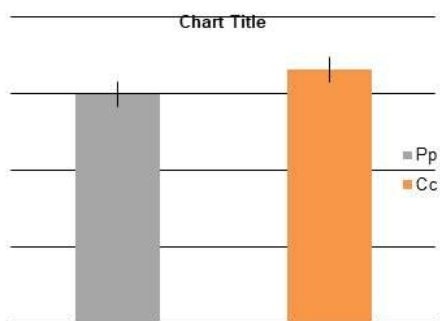
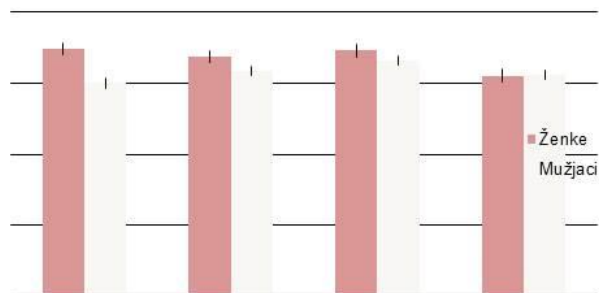
Phaseolus vulgaris



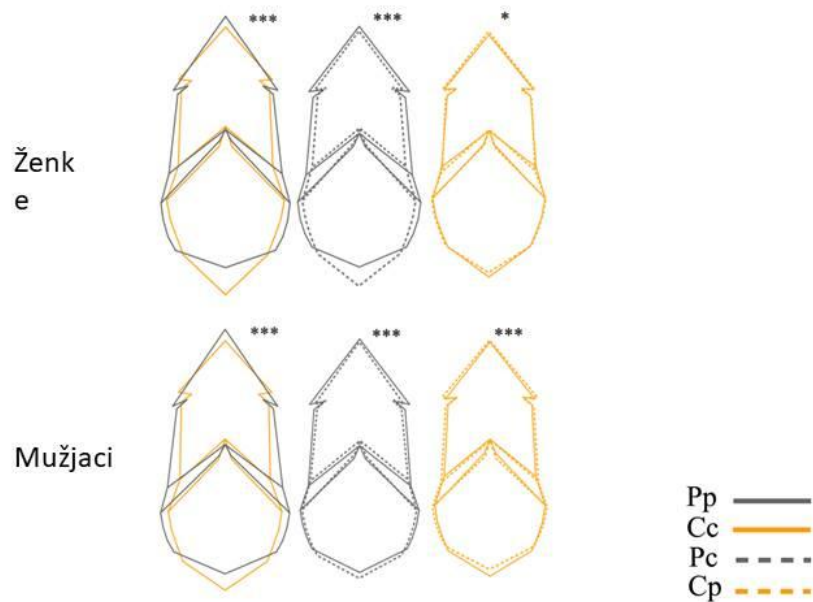
Cicer arietinum

FA kao indikator razvojne nestabilnosti

Prokrustova ANOVA	MS	df	P
Pp ♂			
Individua (I)	0.0001318	1780	<.0001
Strana (S)	0.0001059	20	<.0001
I x S	0.0000148	1780	<.0001
Greška merenja	0.0000007	3600	<.0001



Promena biljke domaćina i promena oblika žiška



Šta smo saznali?

- Centralnu ulogu u formiranju morfoloskih obrazaca i modularnosti igra reproduktivna funkcija kod pasuljevog žiška
- Nestabilnost razvića kao posledica promene biljke domaćina kod pasuljevog žiška polno je specifična



Hvala na pažnji !



Istraživanja su podržana od strane Fonda za nauku Republike Srbije #7683961, Experimental evolution approach in developing insect pest control methods – ELEVATE i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor broj 451-03-68/2022-14/200007



Република Србија
Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Analiza naučnih radova



Trening škola eksperimentalne evolucije
15-16.12.2022. IBISS, Beograd

Analiza naučnih radova

Uz pomoć [Jennifer Raff](#)





Šta je naučni rad?



Naučni rad je jedna vrsta naučne publikacije.

Primarna literatura predstavlja najvažniji izvor razmene informacija i saznanja kod naučnika.



Šta je naučni rad



Originalni rad

Genomics 104 (2014) 431–437



Contents lists available at ScienceDirect

Genomics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ygeno

The Valley-of-Death: Reciprocal sign epistasis constrains adaptive trajectories in a constant, nutrient limiting environment

Kami E. Chiotti^a, Daniel J. Kvitck^b, Karen H. Schmidt^a, Gregory Koniges^a, Katja Schwartz^b, Elizabeth A. Donckels^b, Frank Rosenzweig^{a,*}, Gavin Sherlock^{b,**}

^a Division of Biological Sciences, University of Montana, Missoula, MT, USA
^b Department of Genetics, Stanford University, Stanford, CA 94305-5120, USA

Review

Feature Review

Revijalni rad

Experimental evolution

Tadeusz J. Kawecki¹, Richard E. Lenski², Dieter Ebert³, Brian Hollis¹, Isabelle Olivieri⁴, and Michael C. Whitlock⁵



Kako čitati naučni rad?



UVOD

Prepoznaj Veliko Istraživačko Pitanje - **VIP**

Pitanja na koja uvod treba da odgovori:

1. Šta je ranije urađeno da bi se odgovorilo na VIP?
2. Koja su ograničenja oblasti/istraživanja po ovom pitanju?
3. Šta autori predlažu da treba da se uradi kako bi se napravio napredak?

Prepoznaj Specifično Istraživačko Pitanje - **SIP**



Kako čitati naučni rad?



MATERIJAL I METODE

Analiziraj šeme, dizajn, slike i objašnjenja iz eksperimenta.



Kako čitati naučni rad?



REZULTATI

Ključan deo rada!

Da li rezultati odgovaraju na SIP?

Šta ti misliš da rezultati znače?

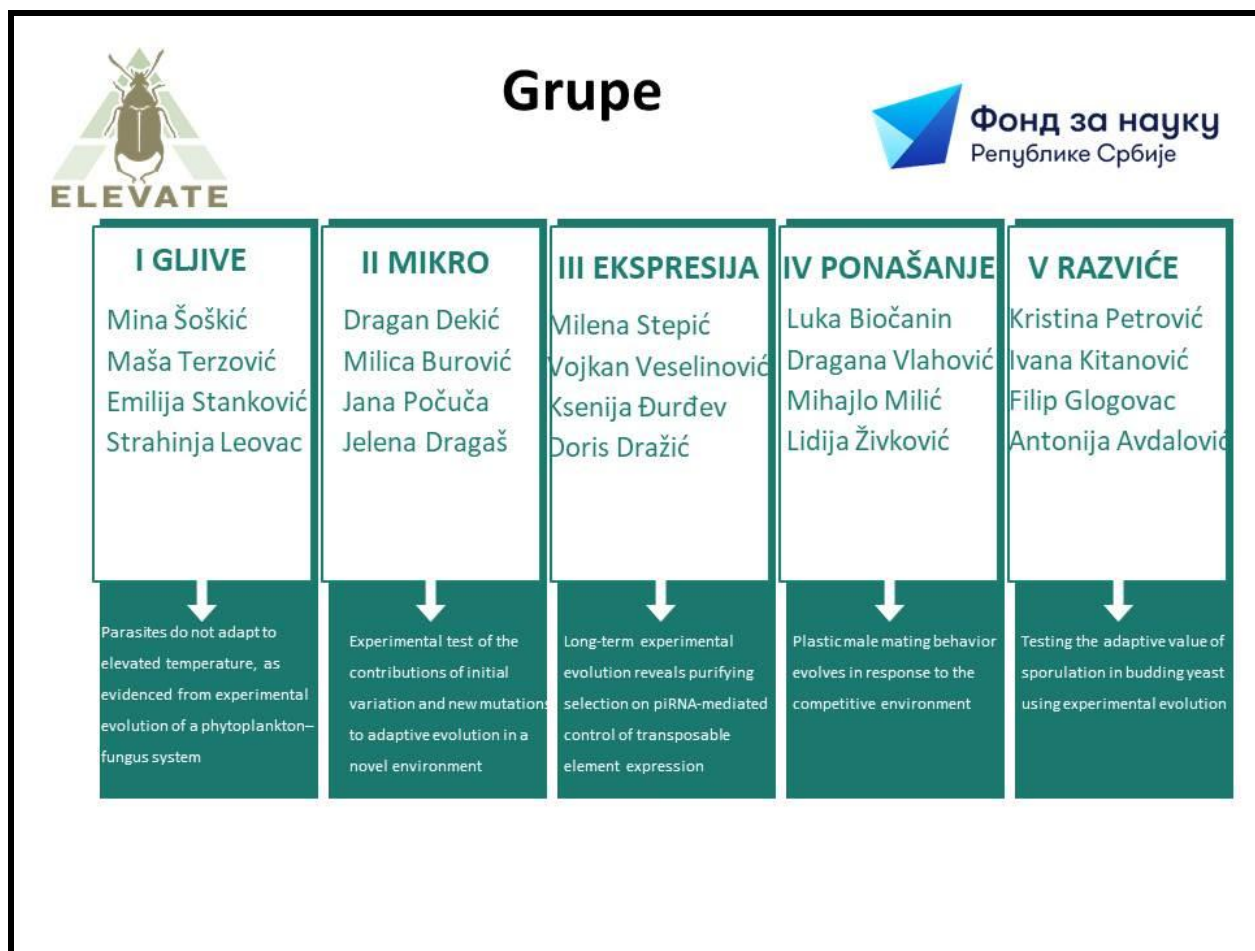


Kako čitati naučni rad?



DISKUSIJA

- poredi i komentariše da li se rezultati uklapaju ili odstupaju od onoga što je poznato u literaturi.





Dodatni izvori



Korisni linkovi:

- LennyRhine. [“How to Read a Scientific Paper,”](#) Research4Life Training portal
- Valerie Matarese, PhD (Ed). [“Usingstrategic, critical reading of research papers to teach scientific writing,”](#) *Supporting Research Writing: Rolesand challenges in multilingual settings,* Chandos Publishing, Elsevier (2012)
- Allen H. Renear, PhD, and Carole L. Palmer, PhD. ["StrategicReading, Ontologies, and the Future of Scientific Publishing,"](#) *Science* (2009).
- Angel Borja, PhD. [“11 steps to structuring a science paper editors will take seriously,”](#) *Elsevier Connect* (June 24, 2014)
- Mary Purugganan, PhD, and Jan Hewitt, PhD. [“How to Read a Scientific Article,”](#) Cain Project in Engineering andProfessional Communication, Rice University
- “How to Read and Review a Scientific Journal Article,” Writing Studio, Duke University
- Robert Siegel, PhD. [“ReadingScientific Papers,”](#) Stanford University

Zahvalnica:

Istraživanja i podrška prilikom organizacije trening škole eksperimentalne evolucije su podržana od strane:

Fonda za nauku Republike Srbije #7683961, Experimental evolution approach in developing insect pest control methods – ELEVATE

Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor broj 451-03-68/2022-14/200007



Фонд за науку
Републике Србије



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МЕДИЦИНСКИ
ФАКУЛТЕТ



Formulisanje ideje i pisanje



ELEVATE

Trening škola eksperimentalne evolucije
15-16.12.2022. IBISS, Beograd

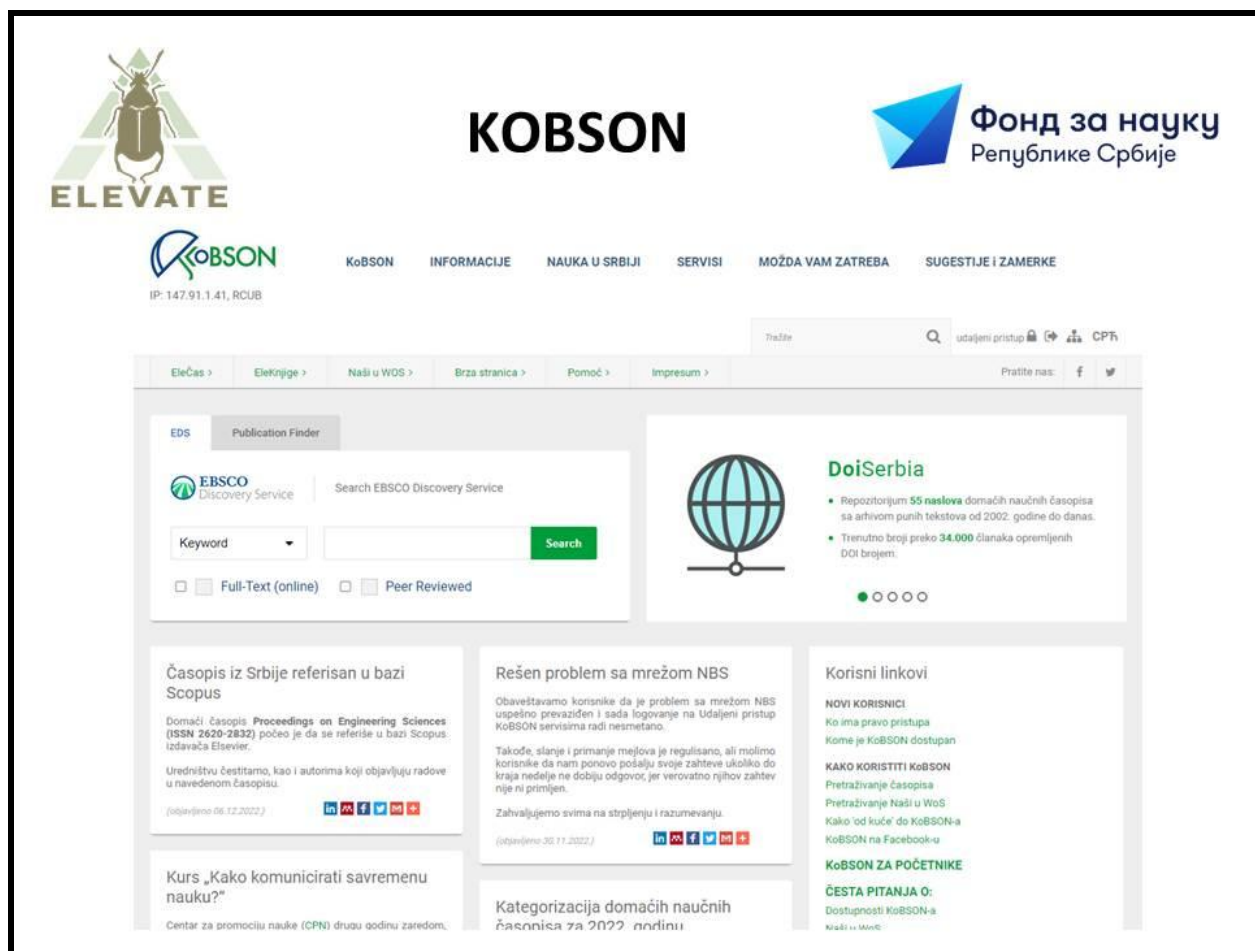
Kako pretraživati literaturu - Scopus



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Фонд за науку
Републике Србије



The screenshot shows the KOBSON website interface. At the top left is the ELEVATE logo (a beetle on a green triangle) and the text 'ELEVATE'. In the center is the 'KOBSON' title. At the top right is the logo of the 'Фонд за науку Републике Србије' (Science Fund of the Republic of Serbia). Below the title is a navigation menu with items: 'KOBSON', 'INFORMACIJE', 'NAUKA U SRBIJI', 'SERVISI', 'MOŽDA VAM ZATREBA', and 'SUGESTIJE I ZAMERKE'. A search bar is located on the right side of the menu. Below the menu is a 'Publication Finder' section with an 'EBSCO Discovery Service' search box. To the right of this is a 'DoiSerbia' section with a globe icon and text: 'Repozitorijum 55 naslova domaćih naučnih časopisa sa arhivom punih tekstova od 2002. godine do danas.' and 'Trenutno broji preko 34.000 članaka opremljenih DOI brojem.' Below these are three news snippets: 'Časopis iz Srbije referisan u bazi Scopus', 'Rešen problem sa mrežom NBS', and 'Korisni linkovi'. The 'Korisni linkovi' section includes 'NOVI KORISNICI', 'KAKO KORISTITI KOBSON', and 'KOBSON ZA POČETNIKE'. At the bottom left, there is a 'Kurs „Kako komunicirati savremenu nauku?“' and a 'Kategorizacija domaćih naučnih časopisa za 2022. godinu'.



KOBSON



Korisni linkovi

NOVI KORISNICI

[Ko ima pravo pristupa](#)
[Kome je KoBSON dostupan](#)

KAKO KORISTITI KoBSON

[Pretraživanje časopisa](#)
[Pretraživanje Naši u WoS](#)
[Kako 'od kuće' do KoBSON-a](#)
[KoBSON na Facebook-u](#)

KoBSON ZA POČETNIKE

ČESTA PITANJA O:

[Dostupnosti KoBSON-a](#)
[Naši u WoS](#)



KOBSON



Ko ima pravo pristupa?

Pravo na pretraživanje baza podataka imaju svi zaposleni u akademskim, istraživačkim i zdravstvenim institucijama čiji je osnivač Vlada Republike Srbije, i u nadležnosti su Ministarstva nauke. To pravo pripada i studentima koji ga ostvaruju u biblioteci svog fakulteta, ili u univerzitetskoj biblioteci pripadajućeg univerziteta.

Da li je za pristup KoBSON-u neophodno ime (login) i lozinka (password) ako se pristup ostvaruje sa akademske računarske mreže?

Ne, jer se pristup reguliše preko IP opsega. Neophodno je jedino podesiti proxy server odgovarajućeg univerziteta. Detaljno uputstvo o podešavanju nalazi se u sekciji [KoBSON-->Načini pristupa](#).





KOBSON

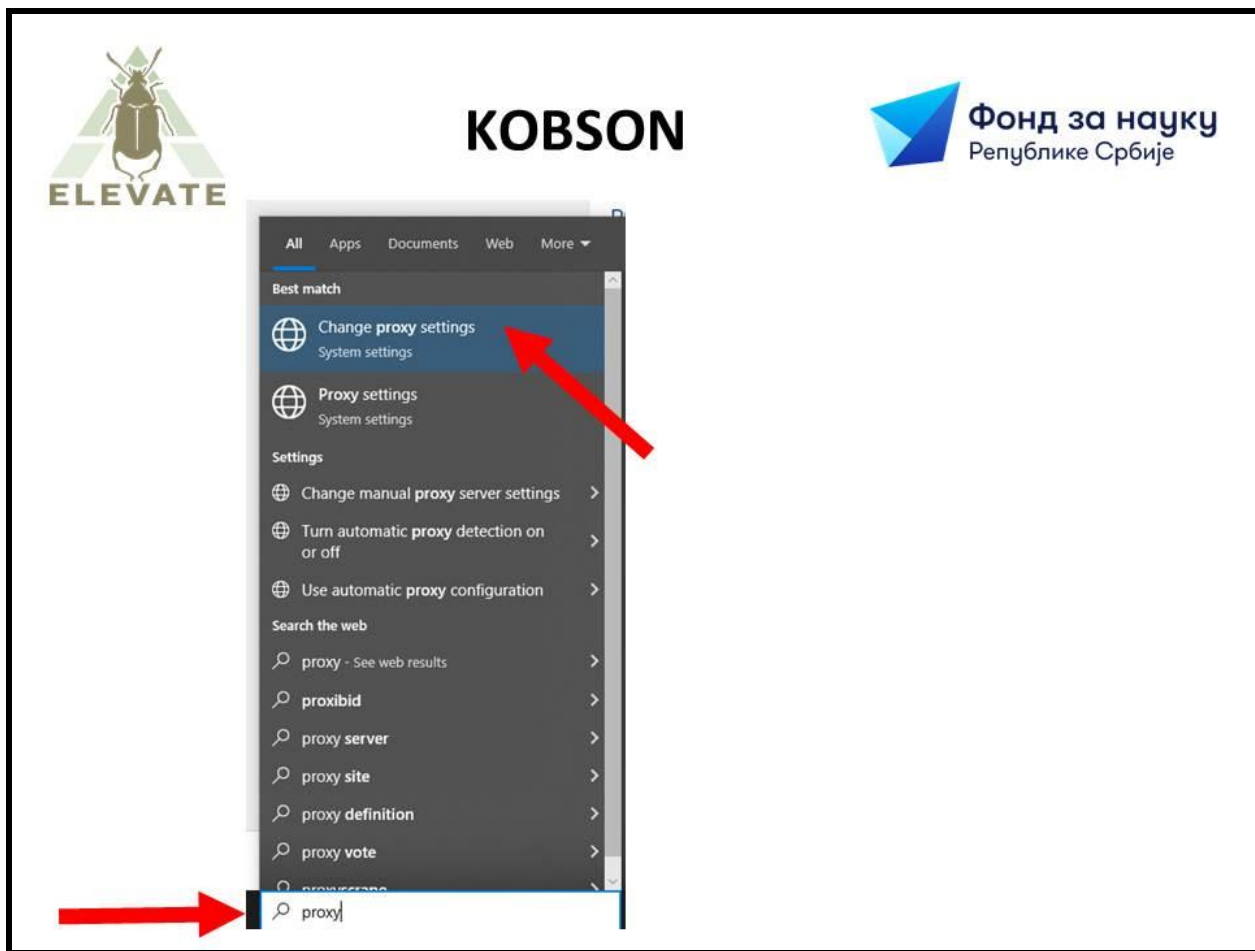


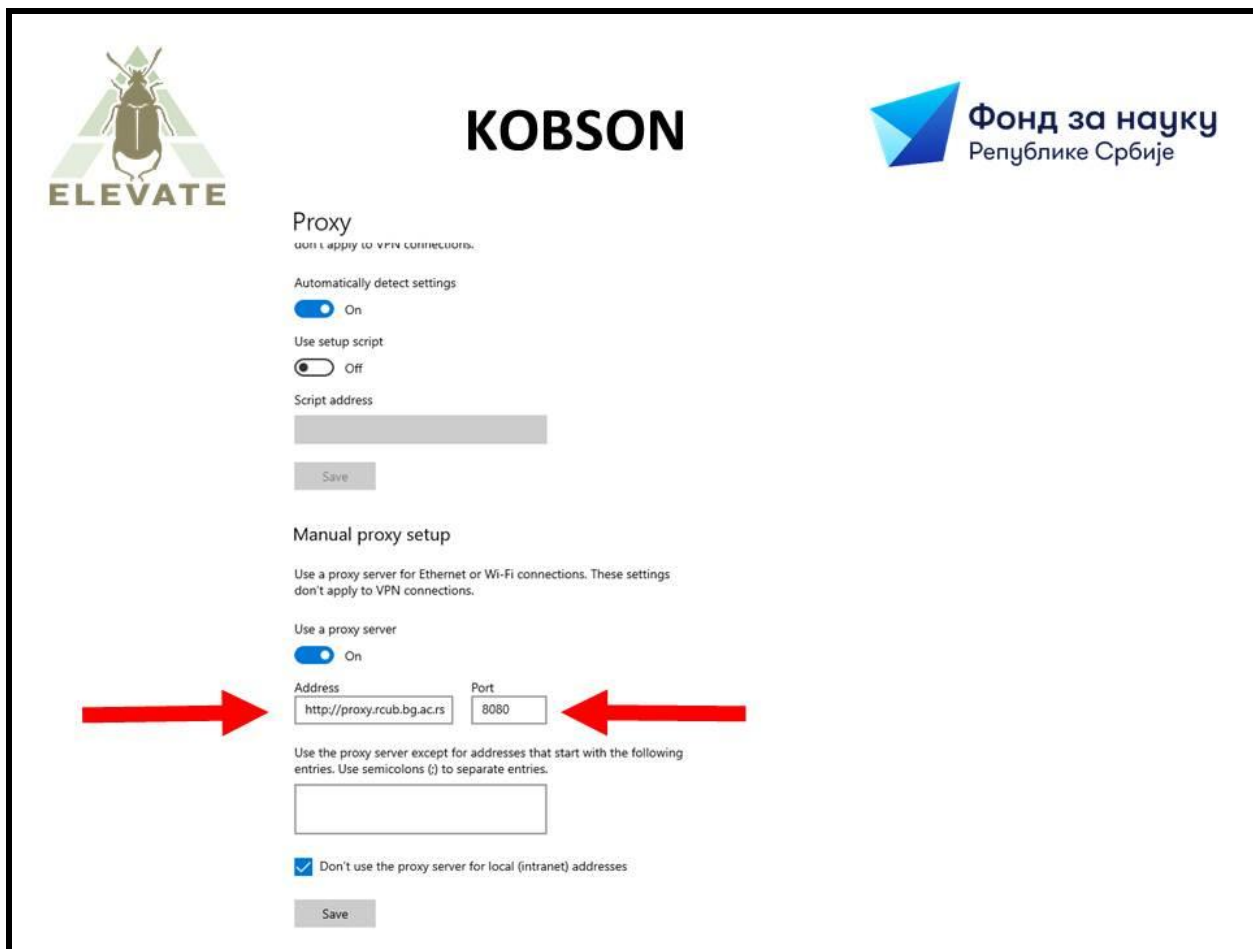
Pristup sa akademskog IP domena

Sadržaji KoBSON-a dostupni su svim istraživačima koji rade u akademskim i naučnim institucijama povezanih na [Akademsku mrežu Srbije / AMRES](#). Adrese proxy servera na univerzitetima u Srbiji su:

Univerzitet u Beogradu	proxy.amres.ac.rs	147.91.1.41-147.91.1.43
Univerzitet u Novom Sadu	proxy.uns.ac.rs	147.91.173.31-147.91.173.34
Univerzitet u Kragujevcu	proxy.kg.ac.rs	147.91.209.112-147.91.209.113
Univerzitet u Nišu	proxy.junis.ni.ac.rs	160.99.1.9







The screenshot shows the KOBSON proxy configuration page. At the top left is the ELEVATE logo, and at the top right is the logo of the Science Fund of the Republic of Serbia. The main heading is "KOBSON".

Proxy
don't apply to VPN connections.

Automatically detect settings
 On

Use setup script
 Off

Script address

Manual proxy setup
Use a proxy server for Ethernet or Wi-Fi connections. These settings don't apply to VPN connections.

Use a proxy server
 On

Address Port

Use the proxy server except for addresses that start with the following entries. Use semicolons (;) to separate entries.

Don't use the proxy server for local (intranet) addresses

Two red arrows point to the "Address" and "Port" input fields.



Agregatori



Agregatori su baze koje u sebi čuvaju veliki broj naučnih publikacija

Google Scholar i Scopus su najpoznatiji



ELEVATE

Scopus

Фонд за науку
Републике Србије

Start exploring

Discover the most reliable, relevant, up-to-date research. All in one place.

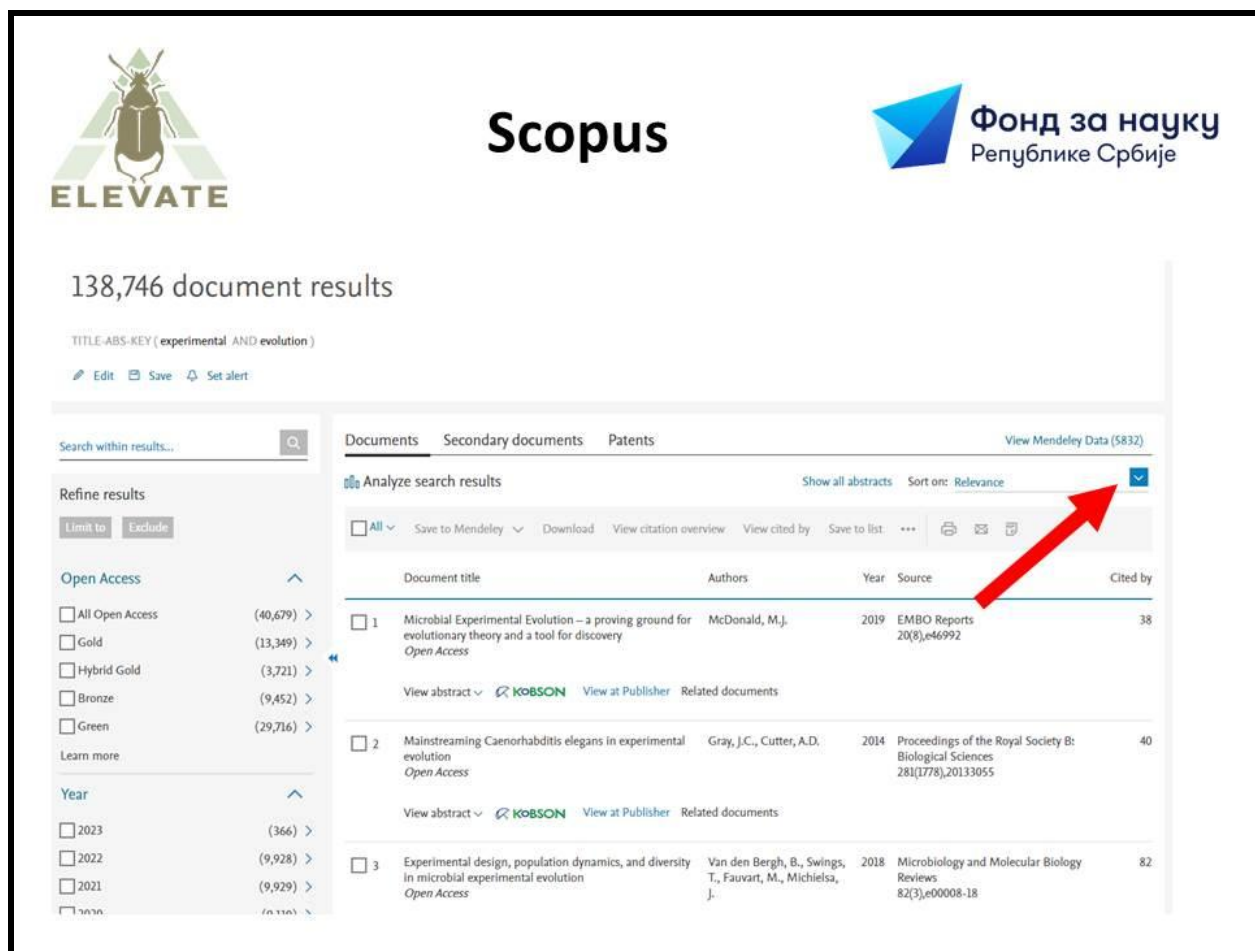
[Documents](#) [Authors](#) [Affiliations](#)

Search within
Article title, Abstract, Keywords

Search documents *

+ Add search field + Add date range [Advanced document search >](#)

Search 🔍



The screenshot shows the Scopus search results page for the query "experimental AND evolution". The page displays 138,746 document results. The search criteria are "TITLE-ABS-KEY (experimental AND evolution)". The results are sorted by Relevance. A red arrow points to the "View Mendeley Data (5832)" link in the top right corner of the results area.

ELEVATE **Scopus** **Фонд за науку Републике Србије**

138,746 document results

TITLE-ABS-KEY (experimental AND evolution)

Edit Save Set alert

Search within results...

Refine results

Limit to Exclude

Open Access

- All Open Access (40,679) >
- Gold (13,349) >
- Hybrid Gold (3,721) >
- Bronze (9,452) >
- Green (29,716) >

Learn more



Year

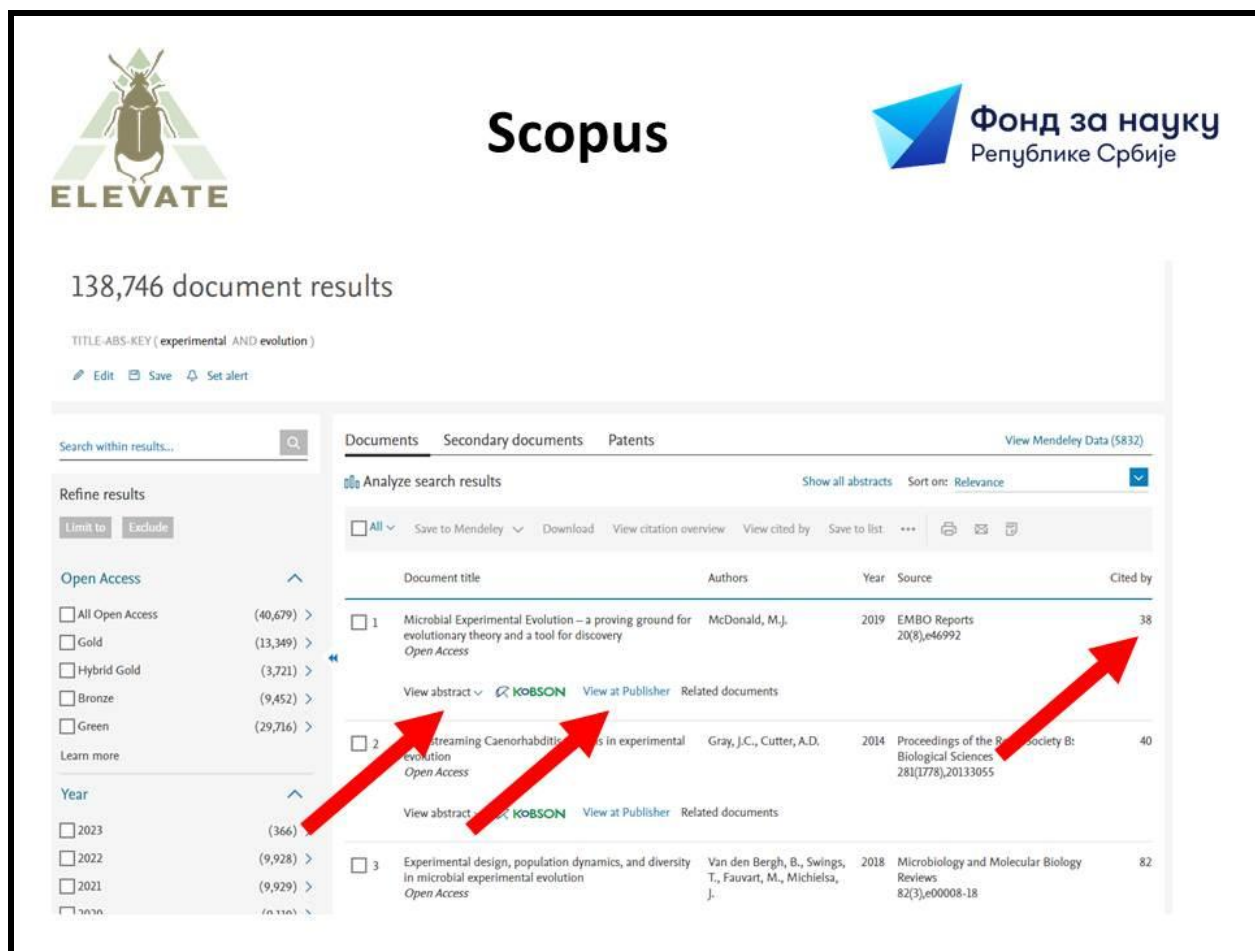
- 2023 (366) >
- 2022 (9,928) >
- 2021 (9,929) >
- 2020 (10,110) >

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (5832)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Relevance

All Save to Mendeley Download View citation overview View cited by Save to list

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Microbial Experimental Evolution – a proving ground for evolutionary theory and a tool for discovery <i>Open Access</i>	McDonald, M.J.	2019	EMBO Reports 20(8),e46992	38
View abstract  View at Publisher Related documents				
2 Mainstreaming <i>Caenorhabditis elegans</i> in experimental evolution <i>Open Access</i>	Gray, J.C., Cutter, A.D.	2014	Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 281(1778),20133055	40
View abstract  View at Publisher Related documents				
3 Experimental design, population dynamics, and diversity in microbial experimental evolution <i>Open Access</i>	Van den Bergh, B., Swings, T., Fauvert, M., Michiels, J.	2018	Microbiology and Molecular Biology Reviews 82(3),e00008-18	82



ELEVATE **Scopus** **Фонд за науку Републике Србије**

138,746 document results

TITLE-ABS-KEY (experimental AND evolution)

Edit Save Set alert

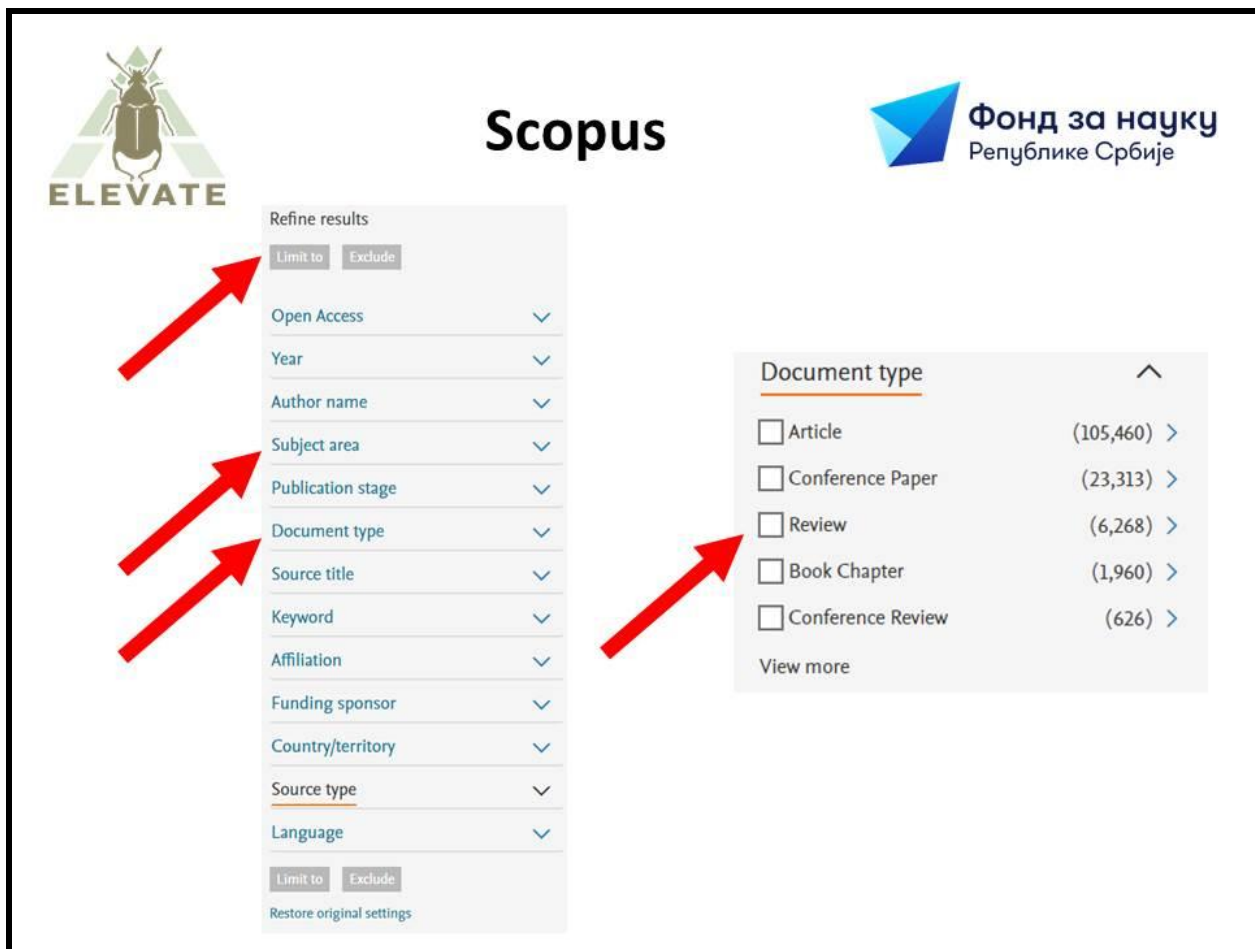
Search within results...

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (5832)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Relevance

All Save to Mendeley Download View citation overview View cited by Save to list

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Microbial Experimental Evolution – a proving ground for evolutionary theory and a tool for discovery <i>Open Access</i>	McDonald, M.J.	2019	EMBO Reports 20(8),e46992	38
2 Streamlining Caenorhabditis elegans in experimental evolution <i>Open Access</i>	Gray, J.C., Cutter, A.D.	2014	Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 281(1778),20133055	40
3 Experimental design, population dynamics, and diversity in microbial experimental evolution <i>Open Access</i>	Van den Bergh, B., Swings, T., Fauvert, M., Michiels, J.	2018	Microbiology and Molecular Biology Reviews 82(3),e00008-18	82



Scopus

ELEVATE

**Фонд за науку
Републике Србије**

Refine results

Limit to Exclude

Open Access

Year

Author name

Subject area

Publication stage

Document type

Source title

Keyword

Affiliation

Funding sponsor

Country/territory

Source type

Language

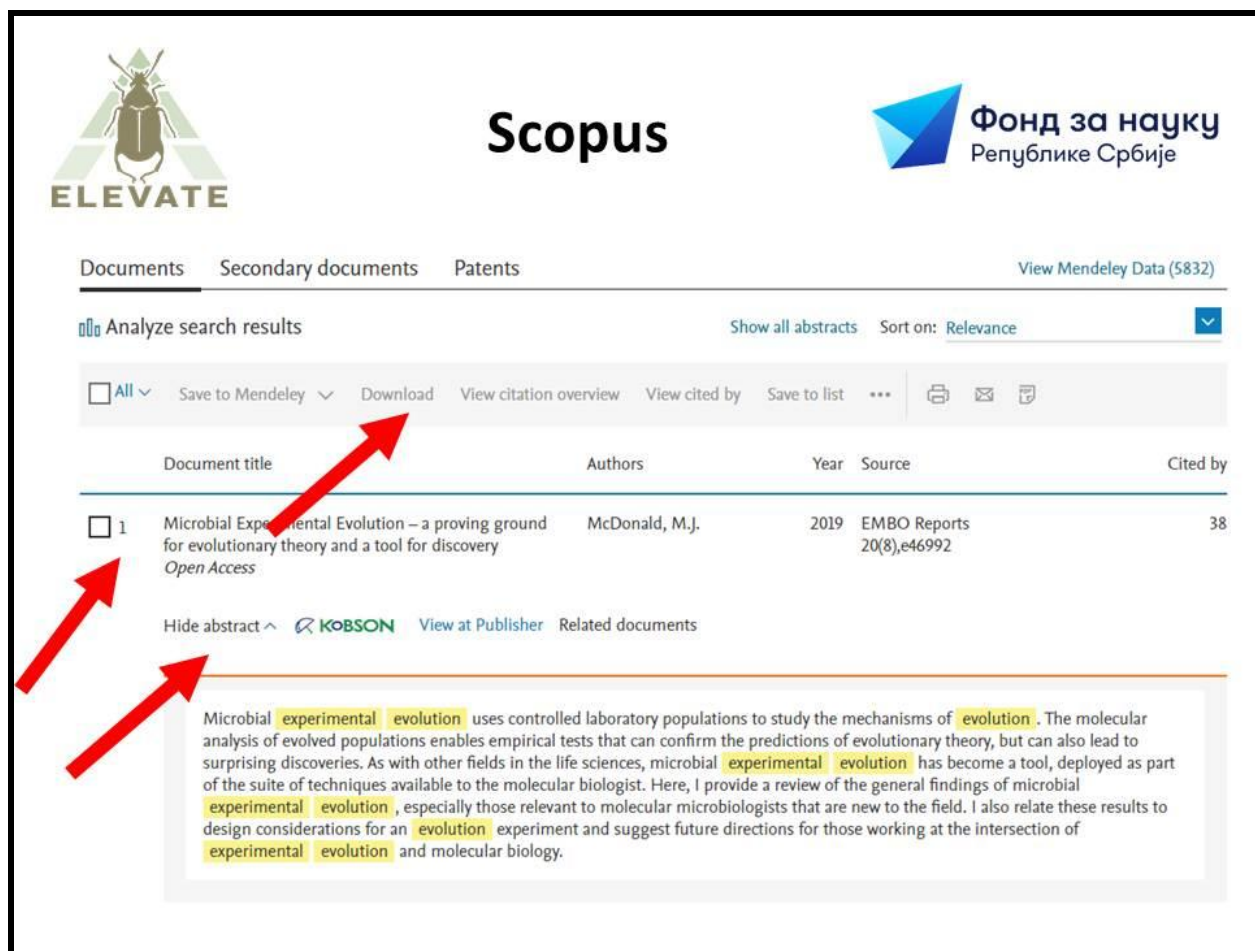
Limit to Exclude



Restore original settings

Document type

<input type="checkbox"/> Article	(105,460) >
<input type="checkbox"/> Conference Paper	(23,313) >
<input type="checkbox"/> Review	(6,268) >
<input type="checkbox"/> Book Chapter	(1,960) >
<input type="checkbox"/> Conference Review	(626) >

View more



 **Scopus** 

Documents Secondary documents Patents [View Mendeley Data \(5832\)](#)

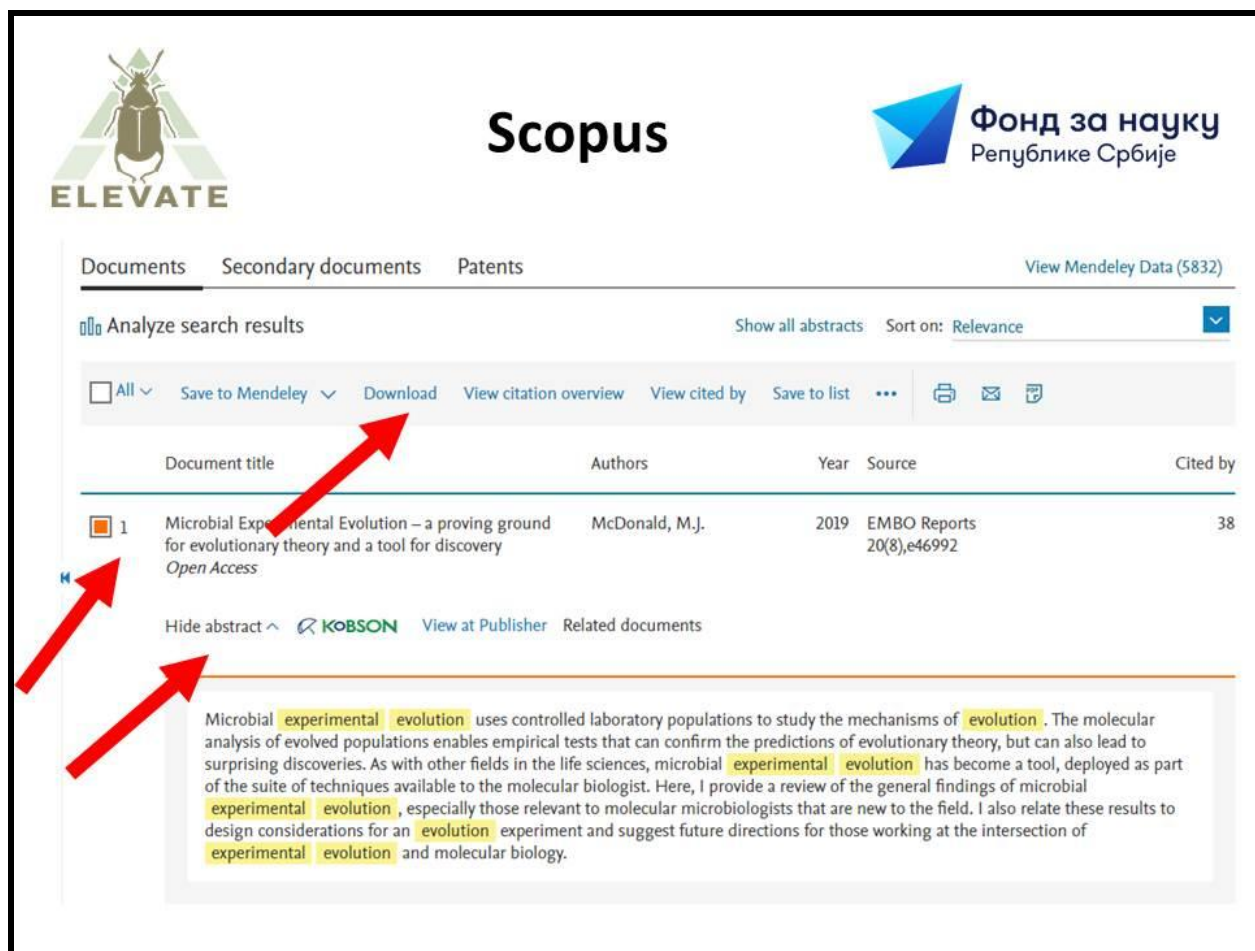
Analyze search results [Show all abstracts](#) Sort on: [Relevance](#)

All [Save to Mendeley](#) [Download](#) [View citation overview](#) [View cited by](#) [Save to list](#) [Print](#) [Email](#) [Bookmark](#)

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
<input type="checkbox"/> 1 Microbial Experimental Evolution – a proving ground for evolutionary theory and a tool for discovery Open Access	McDonald, M.J.	2019	EMBO Reports 20(8),e46992	38

[Hide abstract](#) [KOBSON](#) [View at Publisher](#) [Related documents](#)

Microbial experimental evolution uses controlled laboratory populations to study the mechanisms of evolution. The molecular analysis of evolved populations enables empirical tests that can confirm the predictions of evolutionary theory, but can also lead to surprising discoveries. As with other fields in the life sciences, microbial experimental evolution has become a tool, deployed as part of the suite of techniques available to the molecular biologist. Here, I provide a review of the general findings of microbial experimental evolution, especially those relevant to molecular microbiologists that are new to the field. I also relate these results to design considerations for an evolution experiment and suggest future directions for those working at the intersection of experimental evolution and molecular biology.



ELEVATE **Scopus** **Фонд за науку Републике Србије**

Documents Secondary documents Patents [View Mendeley Data \(5832\)](#)

Analyze search results [Show all abstracts](#) Sort on: **Relevance**

All [Save to Mendeley](#) [Download](#) [View citation overview](#) [View cited by](#) [Save to list](#) [Print](#) [Email](#) [Share](#)

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Microbial Experimental Evolution – a proving ground for evolutionary theory and a tool for discovery Open Access	McDonald, M.J.	2019	EMBO Reports 20(8),e46992	38

[Hide abstract](#) [KOBSON](#) [View at Publisher](#) [Related documents](#)

Microbial **experimental evolution** uses controlled laboratory populations to study the mechanisms of **evolution**. The molecular analysis of evolved populations enables empirical tests that can confirm the predictions of evolutionary theory, but can also lead to surprising discoveries. As with other fields in the life sciences, microbial **experimental evolution** has become a tool, deployed as part of the suite of techniques available to the molecular biologist. Here, I provide a review of the general findings of microbial **experimental evolution**, especially those relevant to molecular microbiologists that are new to the field. I also relate these results to design considerations for an **evolution** experiment and suggest future directions for those working at the intersection of **experimental evolution** and molecular biology.

Formulisanje ideje i pisanje



ELEVATE

Trening škola eksperimentalne evolucije
15-16.12.2022. IBISS, Beograd

Formulisanje ideje i pisanje



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



Фонд за науку
Републике Србије



Struktura predloga*



*Prema APA primeru strukture predloga istraživačkog projekta



Struktura predloga



Naslovna strana / sažetak i sadržaj

Predlog naslova projekta

Tvoje ime

Ime mentora

Institucija na kojoj se radi istraživanje

Datum

Sažetak (obično do 300 reči)

Sadržaj (Koristi automatske naslove i podnaslove)



Struktura predloga



Uvod

Pozadina i kontekst

Uvedite čitaoca u temu i obim vašeg istraživanja.

Izjava o problemu

Opišite teorijski ili praktični problem istraživanja na koji želite da se pozabavite.

Šta se već zna o problemu?

Šta nedostaje aktuelnom znanju?



Struktura predloga



Uvod

Istraživačka pitanja

Navedite konkretna pitanja na koja želite da odgovorite.

Relevantnost i značaj istraživanja

Jasno objasnite kojim novim uvidima ćete doprineti, za koga su relevantni i zašto je istraživanje vredno sprovođenja.



Struktura predloga



Pregled literature

Pregled literature sažima, upoređuje i kritikuje najrelevantnije naučne izvore o ovoj temi. Postoji mnogo različitih načina da se strukturira pregled literature, ali bi trebalo istražiti koji su to:

Ključni koncepti, teorije i studije

Uporedite, kontrastirajte i utvrdite teorije i koncepte koji će biti najvažniji za vaš projekat.



Struktura predloga



Pregled literature

Ključne debate i kontroverze (nedoumice)

Identifikujte tačke sukoba i postavite svoju poziciju.

Praznine (nedostaci, "rupe") u postojećem znanju

Pokažite šta nedostaje i kako će se vaš projekat uklopiti.



Struktura predloga



Dizajn i metodologija

Ovde treba da objasnite svoj pristup istraživanju i tačno opišete koje ćete korake preduzeti da odgovorite na svoja pitanja.

Dizajn istraživanja

Objasnite kako ćete osmisliti istraživanje. Kvalitativno ili kvantitativno? Originalno prikupljanje podataka ili primarni/sekundarni izvori? Deskriptivno, korelaciono ili eksperimentalno?



Struktura predloga



Dizajn i metodologija

Metode i izvori

Opišite alate, procedure i izvore istraživanja. Kada, gde i kako ćete prikupljati, birati i analizirati podatke?

Praktična razmatranja

Rešite se svih potencijalnih prepreka, ograničenja i etičkih ili praktičnih pitanja. Kako ćete planirati i rešavati probleme?



Struktura predloga



Doprinos znanju

Završite predlog naglašavajući zašto je vaš predloženi projekat važan i šta će doprineti praksi ili teoriji.

Praktične implikacije

Da li će vaši nalazi pomoći da se poboljša proces ili da se ukaže na konkretnu promenu?

Teorijske implikacije

Da li će vaš rad pomoći u jačanju teorije ili modela, osporiti trenutne pretpostavke ili stvoriti osnovu za dalja istraživanja?



Struktura predloga



Reference

Postoji veliki broj stilova navođenja referenci.

Budi dosledan

Kada se opredeliš za jedan stil navođenja referenci pridržavaj se tom stilu.

Koristi neki od programa za reference

Danas su dostupni programi koji ti mogu pomoći da sastaviš listu referenci veoma lako i brzo. Neki od besplatnih programa su Mendeley i Zotero. Lista ostalih se može naći [ovde](#).



Najčešće greške



1. Ne postoji odgovarajući kontekst za vaše istraživačko pitanje ili problem.
2. Neuspešno upućivanje na ključne studije.
3. Gubitak fokusa sa istraživačkog pitanje ili problema.
4. Netačno predstavljanje doprinosa drugih istraživača.
5. Nepotpuno razvijanje ubedljivog argumenta za istraživanje koje se predlaže.
6. Pogrešna pažnja na manje važne teme/ili nedovoljno detalja o glavnim pitanjima.
7. Nekvalitetno pisanje bez efektivne logike i toka.
8. Netačne ili netačne reference i citati, i/ili reference nisu u odgovarajućem formatu.
9. Predlog je predugačak – ili prekratak. *Izvor: elsevier.com*



Zadatak



U svojoj grupi razgovaraj o temi koja vam je zanimljiva. Istražite literaturu iz ove oblasti.

Napišite sažetak predloga istraživanja do (200 reči) koji će da sadrži formulisano Veliko i Specifično Istraživačko Pitanje, testiranje hipoteze i opis metodologije rada.

Svaka grupa će na kraju imati petominutno usmeno izlaganje i razgovor sa svim učesnicima.



Provera plagijata



Plagiarism Checker

Detect plagiarism accurately with Scribbr's free plagiarism checker



The screenshot shows the Scribbr plagiarism checker interface. At the top, it says 'Plagiarism Checker'. Below that is the headline 'Detect plagiarism accurately with Scribbr's free plagiarism checker'. On the left, there is a Turnitin logo with the text 'turnitin Authorised Partner' and 'Scribbr is powered by Turnitin, a leader in plagiarism prevention'. In the center, there is a white box with icons for ODT, Word, and PDF files, and an orange button that says 'Upload your document'. On the right, there is an icon representing a database of sources (book, website, etc.) and the text 'Access to over 99 billion web pages and 8 million publications'.

<https://www.scribbr.com/plagiarism-checker/>

Zahvalnica:

Istraživanja i podrška prilikom organizacije trening škole eksperimentalne evolucije su podržana od strane:

Fonda za nauku Republike Srbije #7683961, Experimental evolution approach in developing insect pest control methods – ELEVATE

Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor broj 451-03-68/2022-14/200007



Фонд за науку
Републике Србије



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МЕДИЦИНСКИ
ФАКУЛТЕТ



Dodatak 3 - Odabrani radovi za analizu

Prilikom odabira radova posebna pažnja bila je usmerena prema specifičnim interesovanjima studenata koja su naveli prilikom popunjavanja *on-line* formulara za prijavu na trening školu. Naime, kako su studenti mogli da izdvoje oblasti koje ih posebno interesuju, u odnosu na te oblasti su studeni i podeljeni u grupe i dodeljen im je odgovarajući naučni rad za analizu.

Schampera, C., Agha, R., Manzi, F., & Wolinska, J. (2022). Parasites do not adapt to elevated temperature, as evidenced from experimental evolution of a phytoplankton–fungus system. *Biology Letters*, 18(2), 20210560. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0560>

Izutsu, M., & Lenski, R. E. (2022). Experimental Test of the Contributions of Initial Variation and New Mutations to Adaptive Evolution in a Novel Environment. *bioRxiv*. doi: <https://doi.org/10.1101/2022.05.31.494207>

Bergthorsson, U., Sheeba, C. J., Konrad, A., Belicard, T., Beltran, T., Katju, V., & Sarkies, P. (2020). Long-term experimental evolution reveals purifying selection on piRNA-mediated control of transposable element expression. *BMC biology*, 18(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12915-020-00897-y>

Dore, A. A., Rostant, W. G., Bretman, A., & Chapman, T. (2021). Plastic male mating behavior evolves in response to the competitive environment. *Evolution*, 75(1), 101-115. <https://doi.org/10.1111/evo.14089>

Thomasson, K. M., Franks, A., Teotónio, H., & Proulx, S. R. (2021). Testing the adaptive value of sporulation in budding yeast using experimental evolution. *Evolution*, 75(7), 1889-1897. <https://doi.org/10.1111/evo.14265>

Dodatak 4 - Odabrane fotografije sa trening škole



Slika 1. Polaznici i predavači trening škole eksperimentalne evolucije



Slika 2. Prof. dr Biljana Stojković drži uvodno predavanje “Eksperimentalna evolucija”



Slika 3. dr Sanja Budečević drži predavanje na temu “Primena i značaj geometrijske morfometrije u eksperimentalnoj evoluciji na primeru pasuljevog žiška”



Slika 4. dr Mirko Đorđević drži predavanje na temu "Zašto nismo besmrtni"



Slika 5. dr Uroš Savković drži predavanje na temu "Pretraživanje naučnih radova"



Slika 6. Lea Vlajnić drži predavanje na temu "Kako čitati naučni rad"



Slika 7. Poseta laboratoriji za eksperimentalnu evoluciju



Slika 8. Polaznici škole - praćenje predavanja



Slika 9. Polaznici škole - rad u grupama