

# Partenogneza vs spolno razmnožavanje

---

Jakopović, Silvija

Undergraduate thesis / Završni rad

2011

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:132204>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEU ILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATI KI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

PARTENOGNEZA vs SPOLNO RAZMNOŽAVANJE  
PARTHENOGENESIS vs SEXUAL REPRODUCTION

SEMINARSKI RAD

Silvija Jakopovi  
Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate Study of Biology)  
Mentor : Prof. dr. sc. Biserka Primc-Habdija

Zagreb, 2011.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	2
2. SPOLNO RAZMNOŽAVANJE .....	3
2.1. MEJOZA I GAMETOGENEZA .....	3
2.1.1. Spermatogeneza i oogeneza .....	4
2.2. OPLODNJA.....	5
2.3. VAŽNOST MEJOZE I SPOLNOG RAZMNOŽAVANJA.....	6
3. PARTENOGENEZA .....	7
3.1. HAPLOIDNA I DIPLOIDNA PARTENOGENEZA .....	8
3.2. SLI NI FENOMENI – GINOGENEZA I ANDROGENEZA .....	9
3.3. PARTENOGENEZA KOD BESKRALJEŽNJAKA .....	9
3.3.1. Razmnožavanje kolnjaka .....	9
3.3.2. Rašljoticalci i partenogeneza .....	11
3.3.3. Cikli ka partenogeneza biljnih uši .....	12
3.3.4. Partenogeneza kod p ela.....	13
3.4. PARTENOGENEZA KOD KRALJEŽNJAKA.....	14
3.5. UVJETI U KOJIMA SE ODVIJA PARTENOGENEZA .....	14
3.6. POZITIVNE I NEGATIVNE STRANE PARTENOGENEZE .....	15
4. PARTENOGENEZA-SPOLNO ILI NESPOLNO RAZMNOŽAVANJE? .....	16
5. LITERATURA.....	17
6. SAŽETAK.....	18
7. SUMMARY .....	19

## 1. UVOD

Razmnožavanje je jedno od osnovnih svojstava živih bića koje omogućuje nastanak novih jedinki nekog organizma i na taj način osigurava održavanje vrste. To je biološki proces kojim roditeljski organizmi stvaraju potomke, koji su ovisno o vrsti razmnožavanja, genetički identični roditelju ili sadrže kombinaciju genetičkog materijala obaju roditelja. Postoje dva osnovna načina razmnožavanja svih živih organizama: spolno i nespolno razmnožavanje.

Nespolnim razmnožavanjem organizmi stvaraju genetički identične potomke bez prisutnosti genetskog materijala druge jedinke iste vrste. Takvim načinom reprodukcije za koji je potreban samo jedan roditelj razmnožavaju se ne samo jednostanični organizmi (dioba bakterija i protista), već i neki višestanični organizmi poput biljaka, žarnjaka, spužava i mahovnjaka koji pupaju, plošnjaka koji se razmnožavaju poprečnim dijeljenjem, koralja koji se razmnožavaju fragmentacijom i dr. Kako su sve jedinke nastale nespolnim razmnožavanjem identične, tj. predstavljaju klonove, takvo razmnožavanje ne može osigurati varijabilnost i omogućiti prilagodbu takvih organizama na promijenjene okolišne uvjete te otpornost na djelovanje vanjskih štetnih čimbenika.

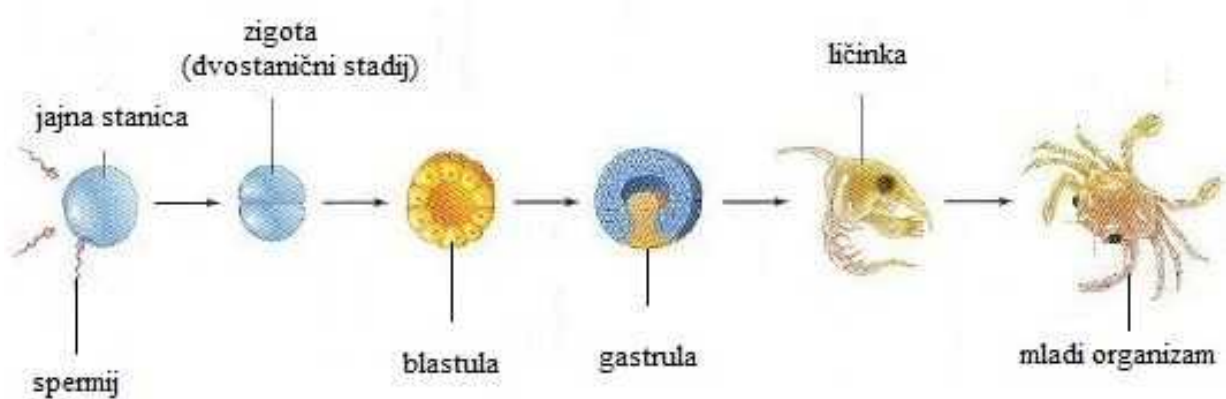
Spolno razmnožavanje je najčešći oblik razmnožavanja kod životinja u koji su uglavnom uključena dva roditelja suprotnog spola (izuzeci su hermafroditi; vrste koje posjeduju i muške i ženske spolne organe i kod kojih u rijetkim slučajevima može doći do samooplodnje). Takvim razmnožavanjem svaka roditeljska jedinka daje potomku pola genetičkog materijala, te na taj način prilikom oplodnje (spajanjem muške i ženske gamete) dolazi do miješanja nasljednog materijala. Jedinke nastale takvim načinom reprodukcije genetički se razlikuju od svoje braće i roditelja, čime se postiže visoka genetička varijabilnost koja omogućuje prilagodbu populacije okolišnim uvjetima i preživljavanje otpornijih jedinki.

Svrha ovog seminara je opisati osobine dva osnovna tipa razmnožavanja, objasniti razlike, navesti njihove prednosti i nedostatke, te pokušati objasniti kakvi okolišni i drugi čimbenici pogoduju određenom tipu razmnožavanja.

## 2. SPOLNO RAZMNOŽAVANJE

Svrha spolnog razmnožavanja jest stvaranje potomaka koji potječu od dvaju roditelja suprotnog spola, pri čemu svaki doprinosi polovinom nasljednog materijala (Moyes i Schulte 2006.). Na taj način potomci dobivaju kombinaciju nasljednog materijala što doprinosi njihovoj genetskoj jedinstvenosti.

Svaki od roditelja redukcijom diobom (mejozom) stvara haploidne gamete, tj. stanice koje prenose gene. Većina organizama stvara dva različita tipa gameta; jedinke muškog spola stvaraju spermije, a jedinke ženskog spola jajne stanice. Spajanjem jezgara muške i ženske spolne stanice procesom koji se naziva oplodnja (sl. 1) nastaje zigota (stanica koja sadrži diploidni broj kromosoma). Iz zigote se daljnjim mitotskim dijeljenjem i diferencijacijom razvija mladi organizam.



**Slika 1.** Oplodnja i nastanak mlade jedinice  
(Preuzeto i prilagođeno iz Moyes i Schulte 2006.)

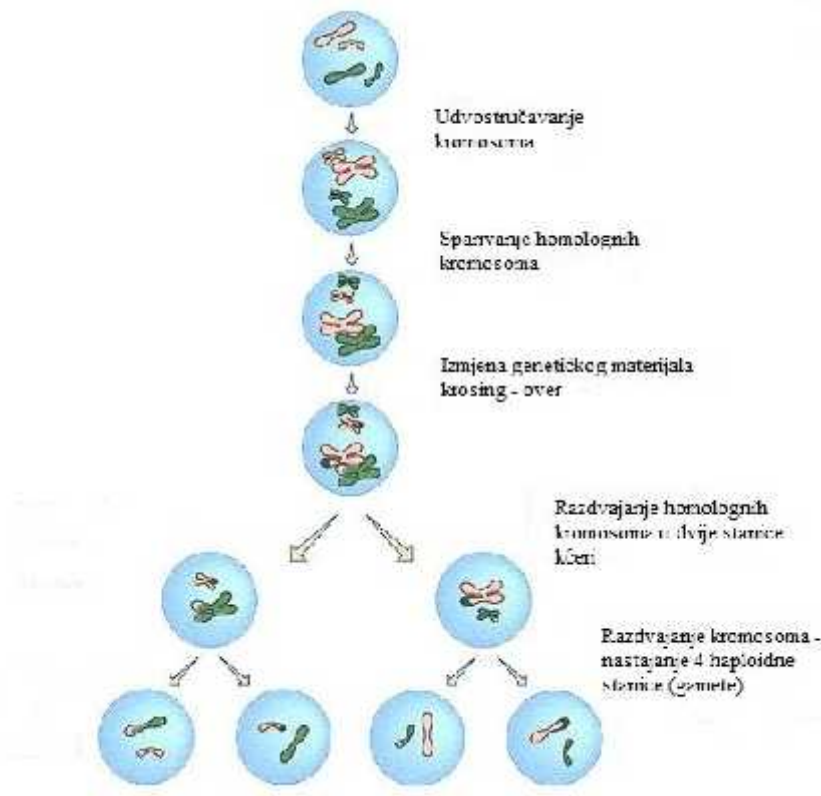
### 2.1. MEJOZA I GAMETOGENEZA

Mejoza ili redukcijna dioba je proces koji je nužan za gametogenezu – stvaranje spolnih stanica (gameta) u spolnim žlijezdama. Samojoj diobi prethodi udvostručavanje kromosoma u interfazi, nakon čega slijede dvije uzastopne stanice diobe nazvane mejoza I i mejoza II (sl. 2).

U mejozi I dolazi do sparivanja homolognih kromosoma i izmjene genetskog materijala između nesestrinskih kromatida (eng. crossing-over) nakon čega dolazi do njihovog razdvajanja u dvije stanice keri. Na taj način od jedne diploidne majinske stanice (stanice

koja sadrži dvije kopije svakog kromosoma, od kojih jedan potječe od oca, a drugi od majke) nastaju dvije haploidne stanice keri.

Mejoza II (ekvacijska dioba) je proces vrlo sličan mitozu. Ovdje dolazi do razdvajanja sestrinskih kromatida dvostrukih kromosoma, pri čemu iz dvije stanice s haploidnim brojem dvostrukih kromosoma nastaju četiri stanice s haploidnim brojem jednostrukih kromosoma.



**Slika 2.** Mejoza

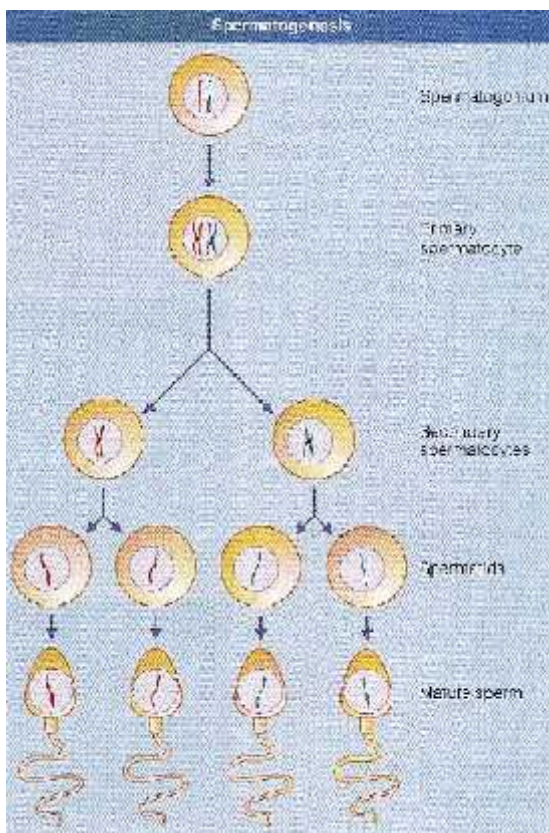
(Preuzeto iz <http://fhs-bio-wiki.pbworks.com/w/page/17008730/meiosis>)

### 2.1.1. Spermatogeneza i oogeneza

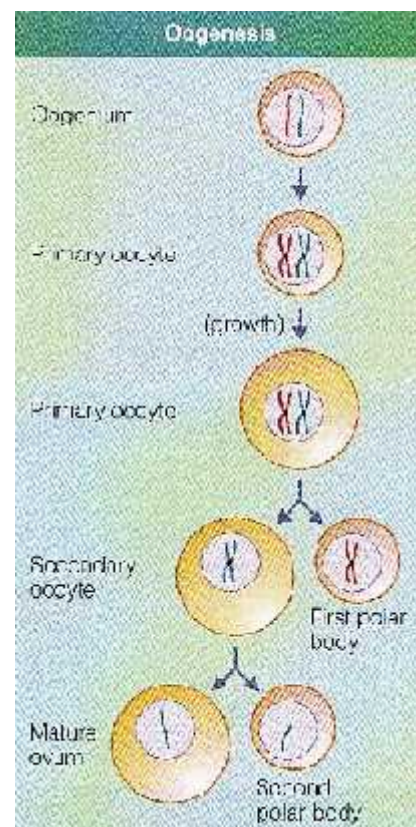
Proces nastajanja gameta odvija se kroz proces mejoze, no postoje bitne razlike u produkciji ženskih (jajnih stanica) i muških (spermija) spolnih stanica (Moyes i Schulte 2006.).

Spermatogeneza, proizvodnja muških spolnih stanica odvija se to no po principu mejoze. Primarna spermatocita prolazi kroz dvije mejotičke diobe pri čemu nastaju četiri haploidne stanice, odnosno četiri spermija (sl. 3.a).

Tijek nastajanja jajne stanice (oogeneza) je druga iji. Nakon udvostruavanja kromosoma u interfazi primarna oocita ne ulazi odmah u prvu mejozu. Naime, slijedi faza mirovanja u kojoj dolazi do intenzivnog rasta primarne oocite (Moyes i Schulte 2006.). Tek nakon što prođe određeno vrijeme, dolazi do aktivacije i ulaska oocite u mejozu. Primarna oocita se u mejozi I dijeli asimetrično, pri čemu nastaje sekundarna oocita (stanica s haploidnim brojem dvostrukih kromosoma i većinom citoplazme) i manja stanica koja se naziva primarno polarno tjelešće (obično propada). Sekundarna oocita se još jednom asimetrično podijeli nakon čega nastaje jajna stanica i još jedno manje sekundarno polarno tjelešće (sl. 3.b).



**Slika 3.a** Spermatogeneza



**Slika 3.b** Oogeneza

(Preuzeto iz Moyes i Schulte 2006.)

## 2.2. OPLODNJA

Oplodnja ili fertilizacija je spajanje muške i ženske spolne stanice, odnosno njihovih jezgara (pronukleusa). Udruživanjem pronukleusa spermija i jajne stanice nastaje prava jezgra oplođene stanice, tj. zigota koja sadrži potpuni broj kromosoma. Zigota dalje prolazi embrionalni razvoj dajući juvenilnu jedinku.

Kako muška spolna stanica prilikom oplodnje doprinosi samo geneti kim materijalom, važno je da jajna stanica osim nasljednog materijala sadrži i dostatnu količinu citoplazme s hranjivim tvarima (što je osigurano neekvalnim diobama u mejozi) potrebnim za razvoj zametka.

### 2.3. VAŽNOST MEJOZE I SPOLNOG RAZMNOŽAVANJA

Svrha mejoze je omogućiti avanje spolnog razmnožavanja na više načina. Vrlo je važno da se prilikom nastajanja gameta broj kromosoma prepolovi, kako bi se nakon oplodnje taj broj ponovno nadoknadio. Ukoliko bi došlo do izostanka mejoze, oplodnja bi rezultirala zigotom koja sadržava dvostruko veći broj kromosoma od roditeljske generacije, te bi se kod svake sljedeće generacije taj broj eksponencijalno povećavao. Problem je u tome što se u životinjskom svijetu poliploidija (pojava kod koje stanice sadrže više od dva potpuna seta kromosoma) rijetko tolerira, a često završava razvojnim abnormalnostima i smrću.

Rekombinacija homolognih dijelova kromosoma za vrijeme prve mejotičke diobe, te njihova nezavisna segregacija i slučajna oplodnja (bilo koja muška gameta može oploditi bilo koju žensku gametu) doprinose vrlo velikoj raznolikosti genotipova kod potomaka. Rezultat toga je nastanak genetički jedinstvenih zigota što je i svrha spolnog razmnožavanja.

Spolno razmnožavanje je jedan od razloga zašto su životinje toliko uspješne u iskorištavanju najraznolikijih niša (Moyes i Schulte 2006.); osigurava raznolikost jedinki unutar populacija što im omogućava bolje adaptacije na uvjete okoliša.



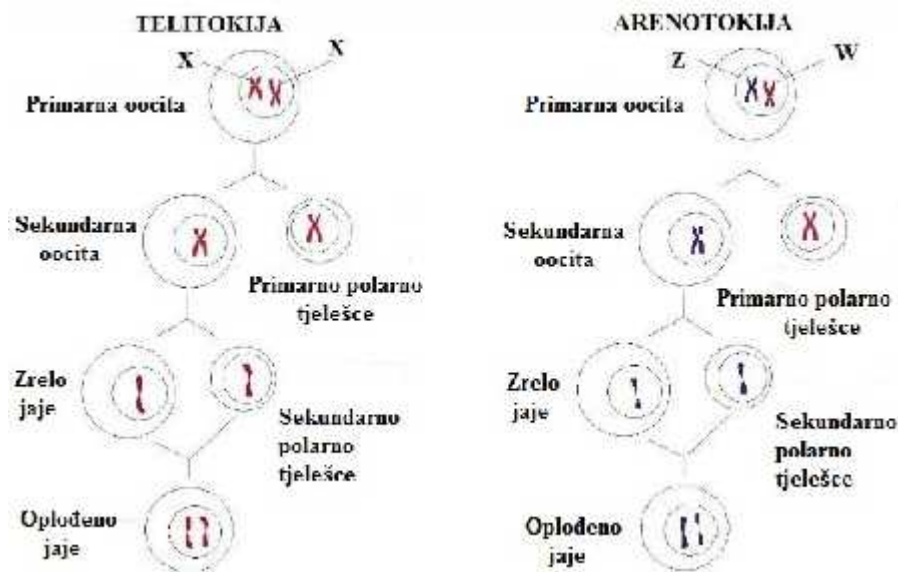
### 3. PARTENOGENEZA

Naziv partenogeneza proizlazi iz grčkih riječi  $\alpha\rho\theta\rho\sigma$  i  $\gamma\rho\gamma\alpha\mu\alpha$ , koje u prijevodu znače 'djevica' i 'rođenje', a predstavlja oblik razmnožavanja u kojem se potomci razvijaju iz neoplođenih jajnih stanica. Može se reći da kod partenogeneze dolazi do spontane ili inducirane (umjetna partenogeneza) aktivacije zrele jajne stanice, koja je onda popraćena diobama i embrionalnim razvitkom. Partenogeneza nije pojam koji označava jedan točno određeni tip razmnožavanja, već postoje razne podjele s obzirom na razne mehanizme nastajanja jajnih stanica, s obzirom na plovidiju jajnih stanica i potomaka, te na spol potomaka koji se razvijaju i dr.

Roditeljska generacija ovim načinom razmnožavanja može stvarati potomke (klonove) koji se ne razlikuju od majke i potomaka. Proces se naziva apomiksija (jajne stanice ne prolaze mejozu, već se direktno razvijaju u mladu jedinku) i prisutan je kod nekih rakova.

Automiktski kom se partenogenezom pak dobivaju potomci koji se razlikuju od majke i potomaka. Naime, potomci automiksije razvijaju se iz jajnih stanica koje prolaze mejozu (uključujući krosing-over), pa stoga mogu sadržavati haploidni ili diploidni set kromosoma.

Oblik automiktske partenogeneze u kojoj se iz neoplođenih jajnih stanica razvijaju ženke naziva se telitokija (primjer morskog psa gdje homogametna ženka producira samo ženske potomke); s druge strane arenotokija (amfitokija) je pojava kod koje se nakon mejoze razvijaju samo muški potomci (sl. 4).



**Slika 4.** Telitokija i arenotokija  
(Prema Moyes i Schulte 2006.)

Pojavu kod koje se jajne stanice razvijaju i daju potomke bez obzira je li ili nije došlo do oplodnje nazivamo fakultativnom partenogenezom. U slučaju u kojem dođe do oplodnje jaja se razvijaju normalno; kad oplodnja iz nekog razloga izostane, jaja se razvijaju partenogenetski (slučaj oplođenih i neoplođenih jaja kod pčela medarica).

Ciklička partenogeneza ili heterogonija je izmjenjena faza spolnog razmnožavanja i partenogeneze u životu kolnjaka, nekih člankonožaca (vodenbuha, biljnih uši) i dr. Faze partenogenetskog razmnožavanja kod tih vrsta obično dominiraju i traju u mjesecima u kojima goleme količine hrane i povoljni okolišni uvjeti podupiru masovnu produkciju partenogenetskih potomaka. Spolno razmnožavanje nastupa kao odgovor na promjenu okolišnih uvjeta (smanjena količina i kvaliteta hrane, velika gustoća populacije) i tada obično nakon oplodnje dolazi do formiranja jaja obavijenih debelim zaštitnim ljuskama, koja su sposobna preživjeti nepovoljne vanjske uvjete.

### 3.1. HAPLOIDNA I DIPLOIDNA PARTENOGENEZA

S obzirom na sadržaj kromosoma jajnih stanica, a time i jedinki koje se iz njih razvijaju, postoje haploidna i diploidna partenogeneza.

U haploidnoj partenogenezi jaje nastalo mejozom razvija se u jedinku koja će imati haploidan set kromosoma (trutovi, mravi, grinje).

Diploidna partenogeneza je puno češća u životinjskom svijetu, a uključuje nastanak diploidnih jaja iz kojih se razvijaju diploidne jedinke. U ovom načinu razmnožavanja može, a i ne mora doći do redukcijske diobe. Ako mejoza nije uključena u nastanak jajnih stanica, iz njih se mitozama razvijaju diploidne jedinke (tu je riječ o već spomenutoj apomiksiji). Ukoliko razvoju jajne stanice prethodi dioba mejozom, postoje mehanizmi vraćanja stanice u diploidno stanje. To se može postići i spajanjem haploidne jezgre jajne stanice sa jezgrom sekundarnog polarnog tjelešca, udvostručenjem broja kromosoma u jezgri jajne stanice, ili se broj kromosoma može održati u diploidnom stanju procesom nepotpune mejoze (izostankom jednog ili oba zriobena dijeljenja). Diploidnu partenogenezu imaju ljetne generacije osa šiškarica i najeznica.

### 3.2. SLI NI FENOMENI – GINOGENEZA I ANDROGENEZA

Ginogeneza je proces vrlo sličan partenogenezi, s razlikom da zahtijeva parenje. Ovdje se potomci razvijaju iz jezgri jajnih stanica, za njihovu su aktivaciju i indukciju diobe potrebne muške gamete. Iako su u ovom načinu razmnožavanja uključene muške spolne stanice, ne dolazi do fuzije muškog i ženskog pronukleusa (muški pronukleus propada), stoga svi potomci nose nasljedni materijal isključivo majčinog porijekla (Matonić i Erben 2002). Ginogeneza je uočena kod vrsta roda *Dugesia* (koljeno Platyhelminthes).

Kod androgeneze potomak se razvija iz muške gamete i sadrži samo oboje nasljedni materijal. To je moguće ukoliko muška gameta oplodi jajnu stanicu u kojoj jezgri nedostaju kromosomi ili su 'majinski' kromosomi inaktivirani. Ukoliko muška gameta sadrži haploidni broj kromosoma iz nje se ne može razviti vijabilni potomak (Matonić i Erben 2002), no udvostručiti se broj kromosoma u muškoj gameti nakon mejoze ili jajnu stanicu oplode dvije muške gamete čiji se pronukleusi spoje, nastat će normalni diploidni organizam.

### 3.3. PARTENOGENEZA KOD BESKRALJEŽNJAKA

Partenogeneza se u prirodi ne dešava veoma često, no za neke je vrste životinja (posebno beskralježnjaka) vrlo važan način dobivanja potomstva. Uočena je kod kolnjaka, oblika, pčela, parazitskih osa, mrava, biljnih uši, rakova i nekih drugih. Te životinje partenogenezu koriste za brzo povećanje populacije u situacijama kada vladaju povoljni ekološki uvjeti.

Iako rjeđe, partenogeneza je uočena i kod nekih vrsta kralježnjaka (neke ribe i vodozemci, gušteri, zmije). Kralježnjaci partenogenezom ne mogu stvoriti veliki broj potomaka, a koriste ju isključivo u situacijama kada mušjaci nisu prisutni kroz duže vremensko razdoblje, pri čemu obično nastaje jedno mlado.

#### 3.3.1. Razmnožavanje kolnjaka

Kolnjaci su sitne kozmopolitske životinje koje žive u bentosu ili planktonu slatkih voda i mora. Imaju vrlo velik ekološki značaj u hranidbenoj mreži slatkovodnih ekosustava.

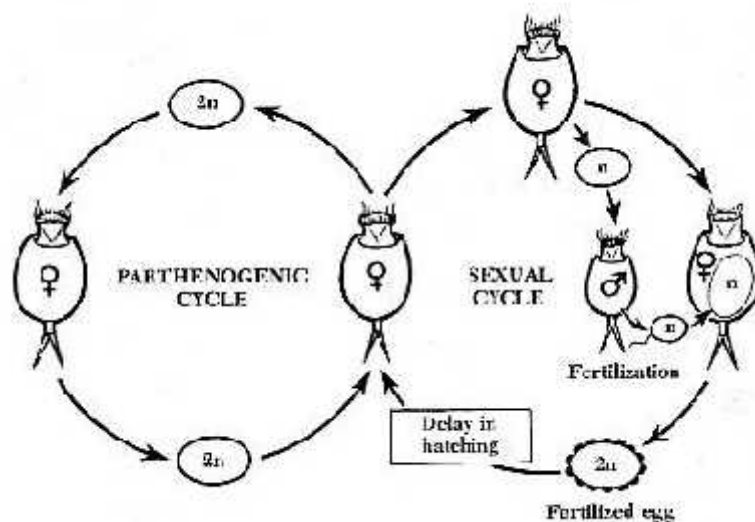
Koljeno Rotatoria je podijeljeno u 3 razreda: Seisonidea, Bdelloidea i Monogononta, i u svakom od tih razreda prevladava druga iji tip razmnožavanja.

Razred Seisonidea sadrži jedinke oba spola koje se razmnožavaju spolno.

U razredu Bdelloidea mužjaci nisu poznati i ženke produciraju potomke ženskog spola isključivo partenogenezom. Takav proces nastajanja ženskih potomaka naziva se još i apomikti ka telitokija (Wallace i sur. 2005).

Ove jedinke imaju prilagodbu koja omogućava preživljavanje razdoblja nepovoljnih uvjeta, odnosno prezimljavanje. Bdelloidni kolnjaci sposobni su u uvjetima suše izgubiti vodu i ući u fazu mirovanja (proces poznat pod imenom anhidrobioza). Kada povoljni uvjeti opet nastupe dolazi do rehidracije i prelaska latentnog metabolizma u aktivni.

Predstavnici razreda Monogononta razmnožavaju se heterogonijom ili cikličkom partenogenezom. Životni ciklus ovih životinja vrlo je kompleksan i uključuje amikti ku (partenogenetsku) i mikti ku (spolnu) generaciju. Za razliku od spolnog razmnožavanja, partenogeneza dominira u životu Monogononta (sl. 5).



**Slika 5.** Životni ciklus kolnjaka

(Preuzeto iz [http://www.d.umn.edu/biology/courses/bio3701/Pseudocoelomates\\_2004.htm](http://www.d.umn.edu/biology/courses/bio3701/Pseudocoelomates_2004.htm))

U proljeće se iz diploidnih zimskih jaja razvijaju amikti ke ženke koje sudjeluju u amikti kom ciklusu. Amikti ke ženke apomiksijom proizvode ljetna jaja koja se mitozama dalje razvijaju u mlade ženke. Mikti ki stimulus (promjena temperature, gustoća populacije, količina i kvaliteta hrane) inducira razvoj mužjaka, nakon čega nastupa spolno razmnožavanje.

Mužjaci su obično puno manji od ženki. Nedostaje im probavni sustav zbog čega su u populaciji prisutni u vrlo kratkom vremenskom razdoblju i spolno su zreli već prilikom izlijevanja. Nakon parenja mužjaka i miktičke ženke nastaju diploidna zimska jaja, koja posjeduju debelu zaštitnu, često skulpturiranu ljusku (Wallace i sur. 2005). Takva jaja mogu preživjeti ekstremne okolišne uvjete koji su prisutni u zimskim mjesecima, te u proljeće dati novu generaciju miktičkih ženki.

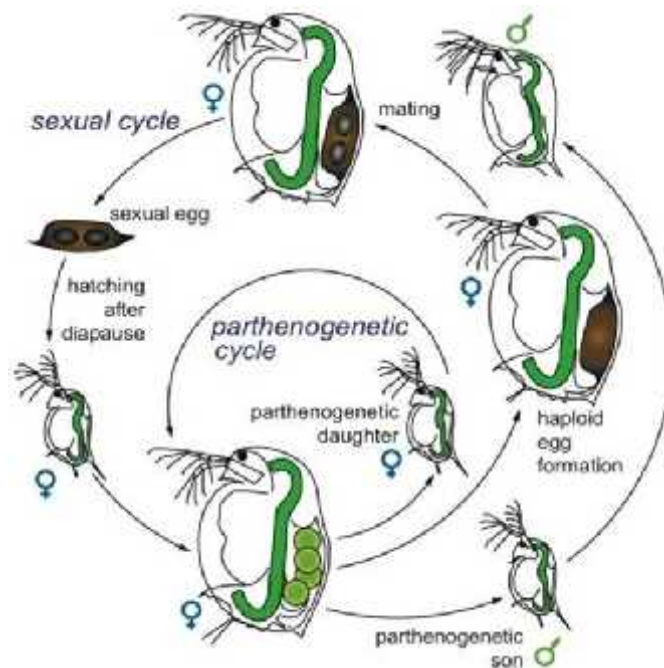
### 3.3.2. Rašljoticalci i partenogeneza

Sićušni rakovi iz skupine Cladocera (rašljoticalci) s najpoznatijim rodom *Daphnia* (vodenbuhe), razmnožavaju se ciklički partenogenezom (Benzie 2005). Kod takvog načina razmnožavanja dolazi do izmjene spolne reprodukcije i partenogeneze (izmjena je potaknuta promjenama okolišnih uvjeta).

Ženke partenogenezom obilato stvaraju diploidna jaja (samo se jednom mejoti ki podijele tako da sadrže dvostruki broj kromosoma) iz kojih se legu samo ženke. Razmnožavanje partenogenezom obično se odvija u proljetnim i ljetnim mjesecima kada vladaju povoljni okolišni uvjeti; tada jedinke mogu brzo povećati veličinu populacije produciraju i dobro prilagođene klonove (Benzie 2005). Kada se približi zima i nastupe nepovoljni uvjeti (smanjena količina hrane, sušni uvjeti) produkcija partenogenetskih ženki se prekida, te se iz diploidnih partenogenetskih jaja počinju razvijati mužjaci. Dokazano je da promjena fotoperioda, količina hrane i gustoća populacije mogu potaknuti razvoj spolnih ženki, a promjena fotoperioda ili neke kemijske supstance koje ulaze u nastajanje mužjaka (Benzie 2005).

Nakon što se razviju, mužjaci oploduju haploidna jaja koja su proizvele spolne ženke. Iz takvih se oplodjenih jaja ne razvijaju odmah mlade jedinke, već nastupa razdoblje mirovanja. Naime, takva zimska jaja obavijena su hitiniziranom ovojnicom (ephippium) koja ih štiti od nepovoljnih vanjskih uvjeta u zimskim mjesecima.

Za razliku od velike produkcije jaja dobivenih partenogenezom, zimskih jaja je malo (1 do 2 u zaštitnoj ovojnici). U proljeće, kada nastupe povoljni uvjeti, reproduktivni ciklus se nastavlja. Iz zimskih se jaja legu mlade jedinke koje nakon sazrijevanja ulaze u novi ciklus proizvodnje potomaka partenogenezom (sl. 6).



**Slika 6.** *Daphnia sp.* – životni ciklus  
(Preuzeto iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2042/>)

### 3.3.3. Cikli ka partenogeneza biljnih uši

Biljne uši su maleni kukci (red Hemiptera) koji žive nametni ki na biljkama, a rasprostranjeni su u umjerenim podru jima. Ova skupina životinja vrlo je uspješna u rasprostranjivanju i koloniziranju kultiviranih biljaka najviše zahvaljuju i na inu reprodukcije (kombiniraju spolno razmnožavanje i partenogenezu).

Iz zimskih se jaja u prolje e legu partenogeneti ke ženke koje dalje stvaraju diploidna jaja (ne prolaze redukcijisku diobu) iz kojih se razvijaju ženke k eri (Matoni kin i Erben 2002). Taj se proces nastavlja kroz ljeto i rezultira velikim brojem partenogenetski stvorenih jedinki.

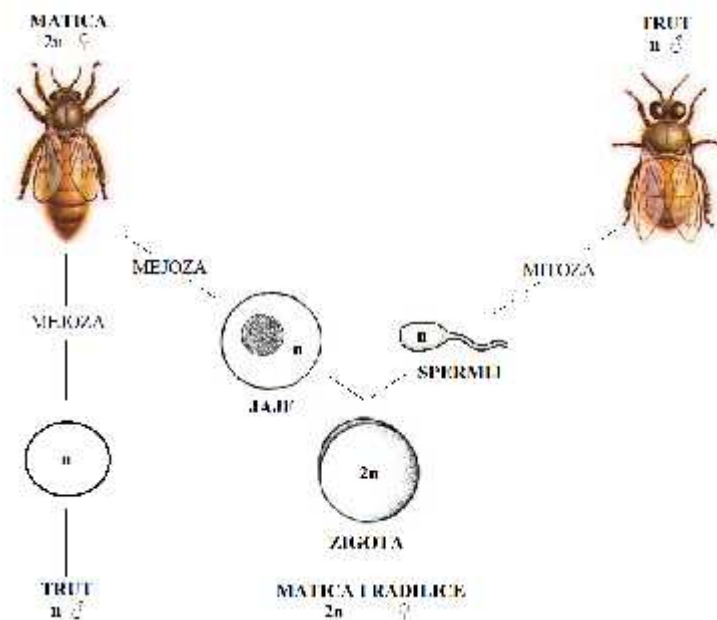
U jesen biljne uši ulaze u spolnu fazu. Ženke partenogenezom stvaraju mužjake na na in da se prilikom stvaranja jaja jedan kromosom odbaci u polarno tjelešce (Matoni kin i Erben 2002). Tako nastala jaja sadrže nepotpune setove kromosoma i iz njih se razvijaju mužjaci koji imaju jedan kromosom manje od ukupnog diploidnog broja kromosoma. Zbog toga prilikom stvaranja muških gameta dolazi do nejednolike raspodjele geneti kog materijala pri emu nakon prve mejoti ke diobe nastaju dvije haploidne stanice: jedna stanica sadrži nepotpuni broj kromosoma i propada, a druga sadrži potpuni haploidni set. Druga stanica prolazi i kroz drugu mejoti ku diobu daju i dvije muške gamete.

Pri oplodnji dolazi do spajanja gameta (od kojih svaka sadrži potpuni haploidni set kromosoma) nakon čega nastaju trajna jaja. Takva jaja prezimljuju i na proljeće se iz njih legu isključivo ženke.

### 3.3.4. Partenogeneza kod pčela

Pčele su životinje koje partenogenezu koriste za stvaranje i održavanje socijalnih zajednica. Svaka zajednica uključuje spolno zrele ženke, tj. matice koja može leći i oplodniti i neoplodnena jaja. Iz neoplodnih se jaja razvijaju trutovi ( $n$ ), dok se iz oplodnjenih jaja razvijaju matice i radilice (spolno nerazvijene ženke) koje imaju diploidni broj kromosoma (sl. 7).

Ukoliko zajednica naglo ostane bez matice, kod nekoliko radilica može doći do razvoja ovarija. Takve 'lažne matice' se ne pare, pa se iz njihovih jajašaca legu samo trutovi. Posljedično tome, a zbog nedostatka zdravog i kvalitetnog legla, takve zajednice ubrzo propadaju (<http://www.pcelinjak.hr/index.php/en/Veterinarstvo-i-entomologija/ususret-dalmatini.html>).



**Slika 7.** Životni ciklus pčele

(Prilagođeno prema [https://www.biol.pmf.hr/download/repository/Multipli\\_aleli.pptx%3B\\_Genetika\\_spola.pdf](https://www.biol.pmf.hr/download/repository/Multipli_aleli.pptx%3B_Genetika_spola.pdf))

Načesto, nisu sve zajednice koje ostanu bez matice osuđene na propast. Kod jedne južnoafričke podvrste *Apis mellifera capensis* Escholtz radilice mogu partenogenezom stvarati

diploidna jaja i tako nadomjestiti maticu ako ugrine. Kod ovih radilica može do i do razvoja ovarija, nakon čega su sposobne i neoplođena diploidna jaja iz kojih se razvijati ženke.

Takva diploidna jaja nastaju automikotom telitokijom: nakon redukcijske diobe jezgra polarnog tjelešca spaja se sa jezgrom jajne stanice, a iz takve 'oplođene' jajne stanice razvijaju se samo jedinke ženskog spola.

### 3.4. PARTENOGENEZA KOD KRALJEŽNJAKA

Stvaranje potomaka bez oplodnje vrlo je rijetka pojava u svijetu kralježnjaka. Taj način razmnožavanja koriste neke ribe, vodozemci i više vrsta gmazova (macaklini, varani, zmije). Većina gmazova razmnožava se spolno, no kod nekih guštera iz roda *Cnemidophorus* i *Varanus* dolazi isključivo do partenogeneze ili izmjene partenogenetskog i spolnog načina razmnožavanja.

Komodski varan normalno se razmnožava spolnim načinom, no isto se tako može razmnožavati i partenogenezom. Naime, kod jedne je jedinice primijećeno da je nakon što je partenogenezom stvorila muškog potomka prešla na spolni način reprodukcije (<http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7122/full/4441021a.html>). Vjeruje se kako je to prilagodba koja bi mogla omogućiti kolonizaciju nekih izoliranih staništa (npr. otoka); izolirana ženska jedinica bi bez prisutnosti mužjaka na taj način bila sposobna osnovati (obnoviti) populaciju. Ženka varana bi u tom slučaju partenogenezom mogla stvoriti muškog potomka, a zatim s njim stvarati potomke putem spolnog razmnožavanja kako bi se održao visok stupanj genetičke raznolikosti. Gmazovi koriste ZW determinacijski sustav i kod njih su ženke heterogametni spol (ZW), tako da partenogenezom mogu stvarati samo jedinke muškog spola (ZZ), budući da nastale zigote WW nisu vijabilne.

Neke vrste morskih pasa porodice Sphyrnidae mogu automikotom partenogenezom (produkt mejoze, haploidna jajna stanica spaja se sa sekundarnim polarnim tjelešcem ponovno uspostavljaju i cjelokupni genom) stvarati potomke ženskog spola. Naime, determinacija spola kod morskih pasa (kao i kod sisavaca) ovisi o nasljeđivanju spolnih kromosoma X i Y, tako da ženke (XX) partenogenezom mogu stvarati samo ženske potomke. Kako produciraju samo potomke ženskog spola, jedinice nisu u mogućnosti obnoviti populaciju mužjaka ukoliko se nađu u nekom izoliranom području gdje jedinice muške vrste nisu dostupne.

### 3.5. UVJETI U KOJIMA SE ODVIJA PARTENOGENEZA



Partenogeneza se obično odvija kad vladaju povoljni uvjeti u okolišu, a to uključuje obilje hrane, pogodno podneblje, adekvatno sklonište, optimalan pH. Ovisno o vrsti životinje, uzroci odgovorni za odvijanje partenogeneze mogu biti različiti.

Neke vrste koje se normalno razmnožavaju spolnim načinom, mogu zbog izolacije (zbog manjka ili u potpunom nedostatku mužjaka iste vrste) prije i na produkciju potomaka partenogenezom (kao što kod guštera i morskih pasa).

Druge vrste (biljne uši, kolnjaci, vodenbuhe) partenogenezu koriste za brzo povećanje populacije. Naime, u uvjetima koji im to omogućuju, populacije se eksponencijalno povećavaju i sposobne su brzo iskorištavati sve dostupne resurse. U umjerenom pojasu to se dešava u proljeće i ljeto kada su okolišni uvjeti povoljni i obilje hrane može održavati generacije gustih populacija. Kad se izvori hrane iscrpe i okoliš postane neprijateljski, ili nastupe neke druge nepovoljne promjene koje mogu ugroziti preživljavanje, jedinke tih vrsta prebacuju se na spolni način razmnožavanja.

### 3.6. POZITIVNE I NEGATIVNE STRANE PARTENOGENEZE

Životinje koje se razmnožavaju partenogenezom sav nasljedni materijal dobivaju od jednog roditelja, pa se može činiti da ta metoda stavlja životinje koje se njome koriste u nepovoljniji položaj u odnosu na životinje koje se razmnožavaju spolnim načinom. No to nije u potpunosti točno, jer iako ima neke negativne strane, partenogeneza može biti vrlo korisna životinjama koje se njome koriste.

Negativna strana partenogeneze je ta da se njome dobivaju potomci smanjene genetičke varijabilnosti što može biti presudno u preživljavanju u prirodi (postoji mala vjerojatnost da se takve jedinke brzo prilagode okolišu koji se mijenja). Stvaranje organizama koji nemaju nove kombinacije gena može dovesti do nekih neželjenih mutacija koje, ako se dogode, mogu utjecati na čitavu populaciju.

Jedna od pozitivnih strana partenogeneze je ta da ne zahtijeva prisutnost mužjaka (koji kod nekih vrsta mogu biti vrlo agresivni prema rivalima ili čak prema ženkama). To u svakom slučaju može pomoći ženkama koje se nalaze u izolaciji, da stvore potomstvo.

Reprodukcija partenogenezom puno je brži i efikasniji način dobivanja potomstva. Vrste koje se razmnožavaju spolno moraju uložiti puno vremena i energije za traženje partnera i parenje i obično daju manji broj potomaka. Za razliku od njih, vrste koje se

razmnožavaju partenogenezom ne troše vrijeme i energiju za pronalazak partnera i obično daju veliki broj potomaka u vrlo kratkom periodu.

#### **4. PARTENOGENEZA-SPOLNO ILI NESPOLNO RAZMNOŽAVANJE?**

Jesu li partenogeneza i spolno razmnožavanje dva potpuno odvojena pojma ili je partenogeneza oblik spolnog razmnožavanja u kojem je došlo do izostanka oplodnje muškom gametom?

Ovaj seminar je od samog početka rađen na temelju znanstvenih članaka i knjiga koje partenogenezu svrstavaju u nespolno razmnožavanje. Na prvi pogled, logično je zaključiti da se radi o nespolnom razmnožavanju kad ženke bez prisutnosti mužjaka i njihovog genetičkog materijala stvaraju potomke. No je li tome zaista tako?

Nespolnim razmnožavanjem stvaraju se isključivo klonovi, što nije slučaj i kod partenogeneze. Nespolno razmnožavanje se još u jednoj bitnoj stvari razlikuje od partenogeneze: dioba, pupanje i fragmentacija su procesi u kojima se bez ikakvog posredovanja reproduktivnog sustava dobivaju potomci.

Kod partenogeneze je situacija drugačija. Potomci nastaju i razvijaju se iz stanice koja potječe iz gonade – jajne stanice. Bez obzira na to kojim je mehanizmom ta jajna stanica kasnije obnovila diploidni broj kromosoma i tako omogućila razvitak organizma, važna je činjenica da je ženski reproduktivni sustav bio uključen u njenu formaciju.

Ne smatram da je potpuno krivo odnositi se prema partenogenezi kao prema nespolnom razmnožavanju, no mislim da postoji potreba da se istakne uključenost spolnog sustava; stoga je možda JEDNOSPOLNO RAZMNOŽAVANJE termin koji najbolje opisuje ovaj prirodni fenomen (<http://www.scribd.com/doc/46258408/10-POPULACIJE-MORSKIH-ORGANIZAMA>).

## 5. LITERATURA

- Benzie, J.A.H. (2005): Cladocera: The Genus Daphnia (including Daphniopsis). Kenobi Productions, Ghent, pp. 376
- Matonkin, I., Erben, R. (2002): Opa zoologija, Školska knjiga Zagreb, pp. 384
- Moyes, C. D., Schulte, P. M. (2006): Principles of Animal Physiology, Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings, San Francisco, pp. 734
- Wallace RL, Snell TW, Ricci C. (2006): Rotifera: Volume 1: Biology, Ecology and Systematics. In Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Volume 23. Edited by: Segers H. Ghent: Kenobi Productions; Leiden: Backhuys Publishers; pp. 299

[fhs-bio-wiki.pbworks.com/w/page/17008730/meiosis](https://fhs-bio-wiki.pbworks.com/w/page/17008730/meiosis)

[www.biol.pmf.hr/download/repository/Multiplialeli.pptx%3B\\_Genetika\\_spola.pdf](http://www.biol.pmf.hr/download/repository/Multiplialeli.pptx%3B_Genetika_spola.pdf)

[www.d.umn.edu/biology/courses/bio3701/Pseudocoelomates\\_2004.htm](http://www.d.umn.edu/biology/courses/bio3701/Pseudocoelomates_2004.htm)

[www.nature.com/nature/journal/v444/n7122/full/4441021a.html](http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7122/full/4441021a.html)

[www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2042/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2042/)

[www.pcelinjak.hr/index.php/en/Veterinarstvo-i-entomologija/ususret-dalmatini.html](http://www.pcelinjak.hr/index.php/en/Veterinarstvo-i-entomologija/ususret-dalmatini.html)

[www.scribd.com/doc/46258408/10-POPULACIJE-MORSKIH-ORGANIZAMA](http://www.scribd.com/doc/46258408/10-POPULACIJE-MORSKIH-ORGANIZAMA)

## 6. SAŽETAK

Razmnožavanje je osnovna funkcija svih organizama i sav živi svijet koji nas okružuje rezultat je razmnožavanja. Bilo da se radi o spolnom ili nespolnom načinu razmnožavanja, cilj je uvijek isti: stvoriti potomstvo i na taj način osigurati nastavak svoje vrste.

Spolno razmnožavanje i partenogeneza imaju svoje prednosti i nedostatke. Spolno razmnožavanje zahtijeva više vremena i daje manji broj potomaka. No, ti potomci sadrže nove kombinacije gena što omogućuje bolju prilagodbu na uvjete u okolišu i iskorištavanje najraznolikijih ekoloških niša.

Iako partenogeneza daje potomke smanjene genetičke varijabilnosti, ima neke prednosti u odnosu na spolno razmnožavanje. Partenogeneza je proces koji ne zahtijeva prisutnost mužjaka iste vrste i njome se organizmi mogu brže reproducirati, pri čemu nastaje veći broj potomaka.

Obje su ove metode razmnožavanja zajedno sa svim svojim prednostima i nedostacima prisutne kod najraznolikijih životinjskih vrsta. Iako je spolni način razmnožavanja češći, razmnožavanje partenogenezom vrlo je važna komponenta u životu nekih vrsta. Oboje su prednosti koje partenogeneza nudi više nego dovoljne organizmima koji se njome koriste. Dokaz toga je činjenica da se partenogeneza kod tih vrsta usprkos postojanju spolnog razmnožavanja uspjela održati.

## 7. SUMMARY

Reproduction is fundamental function of all organisms, and all the living world that surrounds us is the result of it. Whether it's sexual or asexual type of reproduction, the goal is always the same: to create an offspring and thus ensure extension of one own species.

Sexual reproduction and parthenogenesis have their own advantages and disadvantages. Sexual reproduction requires a great deal of time and it results in fewer of offspring. These offspring have new gene combinations which provide them better adaptation to environmental conditions and exploitation of diverse ecological niches.

Although parthenogenesis results in offspring with reduced genetic diversity, it does have some advantages over sexual reproduction. The advantage of parthenogenesis is that organisms can reproduce rapidly and it doesn't require the presence of the males. Parthenogenic organisms also produce a greater quantity of offspring.

Both of these methods together with all their benefits and drawbacks exist among diversified animal species. Although sexual reproduction is the most common form of reproduction, reproduction by parthenogenesis is important component in life of some species. Obviously, the advantages that parthenogenesis offers are more than satisfactorily to these organisms. In accordance with that is the fact that parthenogenesis maintains by them in spite of possibility of sexual reproduction.