



BIOLOGIAN KOE 30.9.2016 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Tutkintoaineen sensorikokous on hyväksynyt seuraavat hyvän vastauksen piirteet.

Biologia on luonnontiede, joka tutkii biosfäärin elollisen luonnon rakennetta, toimintaa ja vuorovaikutussuhteita ulottuen molekyyli- ja solutasolle. Keskeisellä sijalla on myös ihmisen biologiaan liittyvien asioiden ja ilmiöiden ymmärtäminen. Biologialle tieteenä on ominaista havainnointiin ja kokeellisuuteen perustuva tiedonhankinta. Biotieteet ovat nopeasti kehittyviä tiedonaloja, joiden sovelluksia hyödynnetään laajasti yhteiskunnassa. Biologia tuo esille uutta tietoa elollisen luonnon monimuotoisuudesta ja huomioi ihmisen toiminnan merkityksen ympäristössä, luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa ja kestävän kehityksen edistämisessä.

Biologian ylioppilaskokeessa arvioidaan kokelaan biologisen ajattelun ja tietämyksen kehittyneisyyttä, kykyä esittää vaadittavat asiat jäsennellysti ja oikealla tavalla asiayhteyteen sidottuna. Kokeessa arvioidaan kokelaan kykyä tarkastella ilmiöiden vuorovaikutus- ja syy-seuraussuhteita. Peruskäsitteiden ja -ilmiöiden hallinnan lisäksi arvioidaan kokelaan taitoa tulkita kuvia, kuvaajia, tilastoja ja ajankohtaista tietoa sekä perustella vastauksensa. Hyvä vastaus tarkastelee ilmiöitä monipuolisesti ja havainnollistaa niitä esimerkein. Hyvä vastaus perustuu faktoihin, ei perustelemattomiin mielipiteisiin. Hyvässä vastauksessa taulukot, kuvaajat ja piirrokset on esitetty selkeästi.

Tehtävä 1

a) 4 p.

1. Tumajyvänen tuottaa ribosomaalista RNA:ta (rRNA), jota tarvitaan ribosomien rakentumiseen (ks. kohta 4).
2. Tumassa on DNA:ta, jossa ovat proteiinien tuotannosta vastaavien geenien nukleotidijaksot. DNA-jaksolle valmistetaan transkriptiossa koodaavaa juostetta vastaava esiaste-RNA. Silmukoinnissa esiaste-RNA:sta poistetaan intronit ja vaihtoehtoisessa silmukoinnissa eksoneista muodostetaan erityyppisiä lähetti-RNA-jaksoja ja siten samasta geenistä voidaan valmistaa valkuaisaineen eri muotoja (isoformit).
3. Mitokondrioissa tapahtuu soluhengitys, jossa tuotetaan proteiinisynteesin eri vaiheissa tarvittavaa ATP:hen sitoutunutta energiaa. Mitokondriaalinen DNA (MtDNA) koodaa joidenkin mitokondrioproteiinien tuotantoa. Mitokondrioissa on myös ribosomeja ja siten myös RNA:ta.
4. Karkeassa solulimakalvostossa (RER) sijaitsevat ribosomit, joiden pinnalla tapahtuu proteiinisynteesin translaatiovaihe. Translaatiossa aminohapot järjestetään syntyvään aminohappoketjuun lähetti-RNA:n emäskolmikko (kodoni) -järjestyksen mukaisesti siirtäjä-RNA:n ja ligaasientsyymin avulla.

b) 2 p.

Soluelin 1. Tumajyväsänen tuottama RNA eli ribonukleiinihappo on yksinauhainen molekyyli, joka koostuu emäksistä adeniini (A), guaniini (G), sytosiini (C) ja urasiili (U).

Soluelin 2. DNA on kaksinauhainen/kaksoiskierteinen (mallijuoste ja koodaava juoste) deoksiribonukleiinihappo, jonka emäkset ovat A, G, C ja T (tymiini). DNA:ssa on sekä proteiineja koodaavia eksoneita että ei-koodaavia introneita (kuvan solu on aitotumainen, eukaryootti). Esiaste- ja lähetti-RNA:lla on rRNA:n kaltainen yksinauhainen perusrakenne.

Soluelin 3. Mitokondrioissa on mitokondriaalista DNA:ta (MtDNA), joka periytyy äidiltä lapselle. MtDNA on, kuten bakteereilla, rengasmaisen, eikä siinä ole introneita. (Ihmisellä MtDNA koostuu n. 16 600 emäparista.)

Tehtävä 2

Fotosynteesin (yhteyttäminen) valoreaktiot tapahtuvat viherhiukkasen eli kloroplastin kalvopinoissa eli graanoissa. Kalvorakenteissa on runsaasti yhteyttämisväriaineita, kuten klorofylliä ja apupigmenttejä (esim. karotenoideja), jotka absorboivat auringonvalon (fotonien) energiaa.

Kalvoissa vesi hajoaa vetyioneiksi ja hapeksi auringonvalon energian avulla. Valoenergia muuttuu ATP-molekyylien (ja NADPH:n) kemialliseksi energiaksi.

Happi poistuu kloroplasteista ja vapautuu ilmarakojen kautta ilmakehään.

Fotosynteesin pimeäreaktiot tapahtuvat kloroplastin välitilassa (strooma).

Valoreaktioiden tuottamien elektronien ja ATP:n energia käytetään ilmakehän hiilidioksidin sitomiseen monimutkaisessa entsyymien katalysoimassa reaktiosarjassa, jonka lopputuotteenä syntyy glukoosia.

Tehtävä 3

a) 4 p.

Hiiva (1–2 p.)

Hiiva on yksisoluinen, tumallinen (eukaryootti) sieni, joka toisenvaraisena eli heterotrofisena eliönä saa energiaa hajottamalla orgaanisia yhdisteitä (lähinnä sokereita) joko aerobisesti soluhengityksessä (aerobinen glykolyysi, mitokondrioiden sitruunahappokierto ja elektronin siirtoketju) tai anaerobisesti käymisreaktioissa (etanolia tuottava alkoholikäyminen solulimassa). Hiivasolut lisääntyvät suvuttomasti kuroutumalla.

Koe (2–3 p.)

Kokeen alkaessa lasipullossa on happea, jolloin hiivasoluissa tapahtuu soluhengitystä, jossa yhdestä glukoosimolekyylistä tuotetaan runsaasti ATP:ta (38 ATP-molekyyliä) ja hiilidioksidia (CO₂). Soluhengityksessä muodostuva vesi jää elatusnesteeseen.

Kun lasipullossa ollut happi loppuu, energiantuotanto jatkuu alkoholikäymisenä, joka tuottaa vain kaksi ATP-molekyyliä glukoosimolekyyliä kohden. Myös käymisreaktio alkaa sokerin hajoamisella eli glykolyysillä, ja siinäkin muodostuu välituotteena palorypälehappoa. Palorypälehapon muuttuessa asetaldehydiksi vapautuu ilmapalloon kulkeutuvaa hiilidioksidia. Asetaldehydi muutetaan etanoliksi.

Koe voitiin tehdä pimeässä, koska yhteyttämään kykenemätön hiiva ei tarvitse valoa.

b) 2 p.

Koe ei kestä muutamaa päivää pidempään, koska sokerin loputtua myös alkoholikäyminen loppuu.

Energialähteen hiipuminen, asetaldehydin, etanolin ja muiden haitallisten aineenvaihduntatuotteiden kertyminen elatusnesteeseen hidastaa hiivasolujen aineenvaihduntaa ja jakaantumista.

Tehtävä 4

a) 1 p.

Ihmisen kemiallisia aisteja ovat haju- ja makuaisti. Hajuaistinreseptorit sijaitsevat nenäontelon katossa, missä ne ovat yhteydessä hajuhermoradan soluihin. Makuaistinreseptorit sijaitsevat kielen ja suuontelon makusilmuissa. Kemiallisille aisteille ärsyke on jokin molekyyli. Hajuaisti aktivoituu, kun ilman mukana tulevat molekyylit liukenevat nenäontelon katossa olevaan limaan. Makuaisti aktivoituu sylkeen liuenneista molekyyleistä.

b) 3 p.

Aistimuksen syntyminen perustuu kullekin aistille ominaiseen ärsykkeeseen, joka voi olla joko kemiallinen tai fysikaalinen (kuten värinä tai sähkömagneettinen säteily). Ärsykkeen on oltava riittävän voimakas, eli sen on ylitettävä vastaanottavan reseptorin kynnysarvo.

Kynnysarvon ylittävä ärsyke saa aistinelimen reseptoreissa/reseptorisoluissa aikaan muutoksen (kemiallinen/fysikaalinen), joka synnyttää aistimesta lähtevässä tuntohermosolussa (neuron) etenevän toimintajännitteen eli hermoimpulsin. Hermoimpulssi (toimintajännite/aktiopotentiaali) syntyy "kaikki tai ei mitään" -periaatteella, ja se perustuu hermosolun aksonissa tapahtuvaan jänniteherkkien Na^+ - ja K^+ -kanavien hetkelliseen avautumiseen, minkä seurauksena solukalvon lepopotentiaali/lepojännite (n. -70 mV) muuttuu myös hetkellisesti positiiviseksi (n. $+30$ mV). Jännitemuutos aiheuttaa ionikanavien avautumisen solukalvon viereisissä osissa, jolloin impulssivuo etenee ketjumaisesti kohti hermopäätettä (päätenapulat).

Hermopäätteestä sähköinen impulssi vapauttaa synapsirakoon hermovälittäjäainetta, joka avaa vastaanottajasolun solukalvon ionikanavia. Jos vastaanottaja on hermosolu, siinä syntyy uusi hermoimpulssien sarja. Impulssi etenee kullekin aistille ominaista hermorataa pitkin (esim. selkäytimen välityksellä) määrätyle isoajojen kuorikerroksen aistinalueelle, jossa aistimus tiedostetaan.

Hermoimpulssin synty ja sen etenemisvaiheet vaativat ATP:stä saatavaa energiaa.

c) 2 p.

Makuaistimuksella on merkitys ravinnon (ruoka ja juoma) kelvollisuuden (kuten ravinnon tuoreus) aistimisessa.

Makureseptoreita on pääosin kielessä olevien kielinystyjen makusilmuissa mutta myös muualla suuontelossa. Makusilmu koostuu tukisolusta ja makuhermosoluihin yhteydessä olevista aistinsoluista. (Aistinsolut aktivoituvat joko reseptorien tai ionikanavien välityksellä.)

Perusmakuja on viisi: makea, suolainen, hapan, karvas ja umami. Kielen pinnalla voidaan osoittaa tiettyä alueellista erikoistumista perusmakujen aistimiseen, mutta kielen "maku-kartat" eivät ole täysin yksiselitteisiä. Perusmakujen yhdistelmistä syntyy tuhansia erilaisia makuaistimuksia. Makuaistimukseen vaikuttavat myös muut aistit, etenkin haju- ja näköaisti, sekä aikaisemmat kokemukset.

Tehtävä 5

Lintulaji	Kalat	Kasvit, kasvinosat, levät ja siemenet	Selkärangat- tomat/ hyönteiset	Pikku- nisäkkäät	Linnut
1. sinisorsa		x	x		
2. punatulkku		x (siemenet)	x (kesällä)		
3. västäräkki			x		
4. laulujoutsen		x	x		
5. merimetso	x				
6. huuhkaja				x	x

Tehtävä 6

Alkaptonuria periytyy resessiivisesti, sillä oireettomat vanhemmat (Anni ja Mikko) ovat saaneet sairaan lapsen (Kati).

Tauti ei voi periytyä X-kromosomissa, sillä alleelin ollessa resessiivinen sairaan naisen (Alli, *aa*) kaikki pojat sairastuisivat. Näin ei ole, sillä Sami on terve.

Tauti ei voi myöskään periytyä Y-kromosomissa, sillä silloin vain miehet sairastuisivat. Kyseessä on siten autosomaalinen sairaus.

Koska tauti periytyy resessiivisesti, Allin genotyyppi on *aa*.

Koska Alli (*aa*) ja Yrjö ovat saaneet sairaita lapsia (Tommi, Vilma), myös Yrjö kantaa tautialleelia ja hänen genotyypinsä on *Aa*.

Antin isä Tommi on sairas (*aa*), joten Antti kantaa tautialleelia ja hänen genotyypinsä on *Aa*.

Oireettoman Tiinan genotyyppi voi olla joko *Aa* tai *AA*.

Tehtävä 7

a) 2 p.

1–A, 2–D, 3–C, 4–B, 5–E

b) 4 p.

Lajien välistä kilpailua (vuorovaikutus 1) ovat esimerkiksi kahden petolajin (kotka/susi) kilpailu samasta ravinnosta, kahden lintulajin kilpailu sopivasta pesäpaikasta (kottarainen/tiainen) tai kahden kasvilajin kilpailu vedestä, valosta tai ravinteista (kuusi/koivu).

Mutualistinen suhde hyödyttää molempia osapuolia. Tällainen suhde on esimerkiksi märehittäjän ja suolistobakteerin välillä, kasvin ja mettä keräävän pölyttäjähönteisen välillä tai kasvin (esim. herne) ja sen juurinystryöissä elävän typpeä sitovan bakteerin välillä.

Pöytävierassuhteessa toinen laji hyötyy ja toiselle lajille suhteesta ei ole hyötyä eikä haittaa. Esimerkiksi puun rungolla elävä epifyyttinen jäkälä saa puulta kasvupaikan vaikuttamatta puuhun, tai haaskaeläimet (esim. korppi) hyödyntävät ravintonaan petojen tappamia eläimiä.

Kaikki havainnolliset ja hyvin selitetyt lajiesimerkit hyväksytään.

Tehtävä 8

Elimen tunnistaminen 0,5 p., elinten 1, 3 ja 6 (á 1 p.) kaksi keskeistä tehtävää.

1. Kilpirauhanen

Umpirauhanen, jonka eritteet säätelevät elimistön aineenvaihduntaa (aineenvaihduntatasoa). Kilpirauhanen erittää tyroksiinia, joka vaikuttaa yksilön kasvuun ja kehitykseen, ja kalsitoniinia, joka vaikuttaa kalsiumin siirtoon verestä luukudokseen. Kilpirauhasen takapinnalla sijaitsevat nuppineulanpään kokoiset lisäkilpirauhaset. Niiden erittämä parathormoni on kalsitoniinin vastaanvaikuttaja, eli se suurentaa veren kalsiumpitoisuutta.

2. Keuhkot

3. Maksa

Aineenvaihdunnassa tärkeä ja monipuolinen elin, jossa valmistetaan ja varastoidaan aineenvaihduntatuotteita. Maksa toimii glykogeenivarastona, varastoi aminohappoja, vitamiineja ja tuottaa ureaa (virtsa-aine) ja ketoaineita sekä useita veriplasman proteiineja (esim. albumiini) ja veren hyytymistekijöitä. Maksa erittää sappea, joka edistää rasvojen imeytymistä suolistosta verenkiertoon. Maksa hajottaa hormoneja, verisoluja, vitamiineja, bakteereja ja muuttaa myrkyllisiä aineita ja lääkeaineita vaarattomiksi yhdisteiksi poistettavaksi elimistöstä.

4. Mahalaukku (maha)

5. Paksusuoli

6. Ohutsuoli

Ruoansulatuselimistön osa, missä ruokasulaa pilkotaan ja suuri osa vedestä ja ravintoaineista imeytyy verenkiertoon ja rasvat maitiaissuoniin (imusuoniin). Ohutsuoli erittää ruokasulaan hiilihydraatteja pilkkovaa maltaasia, sakkaraasia ja laktaasia sekä peptidisidoksia pilkkovia peptidaaseja. Ohutsuolessa haiman erittämistä entsyymeistä rasvoja pilkkovat lipaasi, proteiineja trypsiini ja hiilihydraatteja amylaasi.

Tehtävä 9

a) 3 p.

Maaperässä elävillä agrobakteereilla on erityinen luontainen kyky siirtää plasmideissaan (rengasmainen DNA-molekyylä) kasveihin (kaksisirkkaisten kasvien vahingoittuneisiin soluihin) geenejä, jotka saavat isäntäkasvissa aikaan syövän kaltaista kasvua (aitosyöpä).

Agrobakteerin plasmideissa (Ti-plasmitit; engl. Tumor inducing) siirtyvät jaksot ovat nk. T-DNA:ta (eng. transfer DNA). Siirtogeenisten kasvien valmistamiseksi plasmideista poistetaan syöpäkasvua aiheuttavat geenit ja niiden tilalle liitetään sopivilla katkaisuentyymeyillä käsitelty halutunlainen siirtogeeni. Siirtogeeni liitetään plasmidiin ligaasientyymeyillä. Yhdistelmäplasmidiin lisätään myös geenisiirron onnistumisen seuraamista helpottava antibioottiresistenssigeeni (tai vastaava tunnistus, kuten torjunta-aineresistenttisyysgeeni). Kasvisolut, jotka kasvavat antibiootin (tai torjunta-aineen) läsnä ollessa, sisältävät siirretyn geenin.

Yhdistelmäplasmidin saamiseksi kasvisoluun on vaurioitettava solun seinärakenteita. Kasvisoluja, joihin geeni on onnistuneesti siirtynyt, kasvatetaan sopivissa olosuhteissa kasvu-hormonien avulla solukoiksi ja taimiksi.

b) 3 p.

Transformaatio

Bakteerin kuollessa (esimerkiksi ravinteiden loppuessa) siitä vapautuu plasmideja ja kromosomaalisen DNA:n paloja, jotka viereinen bakteeri voi ottaa sisäänsä ja liittää genomiinsa. Plasmidit siirtyvät uuteen isäntäsoluun sellaisinaan. Kromosomaalisen DNA:n jaksot voivat asettua isäntäsolussa vastaavien geenijaksojen tilalle.

Konjugaatio

Konjugaatiossa bakteerit siirtävät kahdentamaansa perintöainesta viereiseen vastaanottajabakteeriin erityisen ulokkeen (pilus) välityksellä. Yleisemmin konjugaatiossa siirretään plasmidista tuotettu kopio.

Transduktiossa kromosomaalisen perintöaineksen siirtyminen bakteerista toiseen tapahtuu virusten (bakteriofagin) välityksellä. Bakteeri-DNA:ta virus saa genomiinsa ja siirtää mukanaan aiemmin infektoimastaan isäntäbakteerista.

Transformaatio, konjugaatio ja transduktio mahdollistavat bakteerien genomien nopean muuntelun ja siten niiden nopean evoluution. Tämä heijastuu mm. bakteerien alati muuttuvana kykyinä vastustaa käytössä olevia antibiootteja, antibioottiresistenssinä.

Tehtävä 10

a) 3 p.

Sytokromi c:n polypeptidiosa koodaavassa geenissä on evoluution vaikutuksesta tapahtunut mutaatioita. Mitä pidempi aika on kulunut, sitä enemmän mutaatioita on ehtinyt tapahtua ja sitä enemmän myös polypeptidin aminohappokoostumus eroaa lajien välisessä vertailussa.

Mitä suurempia aminohappokoostumuksen väliset erot ovat kahden lajin välillä, sitä kaukaisempaa sukua ne ovat toisilleen.

b) 3 p.

1 = mustamamba, 2–3 = keisaripingviini ja kana, 4–5 = aasi ja hevonen

Mustamamba eroaa selvästi kaikista muista taulukon lajeista, joten se on sukupuussa muista erillään oleva laji 1.

Lajit 4 ja 5 ovat aasi ja hevonen, sillä niiden aminohappojärjestyksen erot mustamambaan ovat suurimmat.

Lajit 2 ja 3 ovat keisaripingviini ja kana, sillä niiden erot mustamambaan ovat vähäisemmät kuin hevosen ja aasin.

Tehtävä +11

Hyvässä vastauksessa tulee käsitellä kaikkia kysytyjä jalostusmuotoja.

1. Valintajalostus

Valintajalostuksessa valitaan ihmisen toimintaan parhaiten soveltuvat kasviyksilöt jatkamaan sukua. Yleensä tämä tapahtuu viljalajikkeiden välillä, ja jalostuksen lopputuotteena saadaan uusia lajikkeita, joissa vanhojen lajikkeiden ominaisuudet ovat yhdistyneet uudella tavalla. Valinta ei sellaisenaan luo uutta. Usean sukupolven ajan tehty valinta johtaa puhtaaseen linjaan (homotsygotiaan), jonka jälkeen haluttua ominaisuutta ei saada enää lisättyä.

2. Risteytysjalostus

Risteytysjalostuksessa pyritään saman lajin tai jopa eri lajien väliseen risteytykseen, jolloin jälkeläisiin voidaan saada aivan uusia perinnöllisiä ominaisuuksia. Näin voidaan lisätä uuden lajikkeen tuottavuutta, taudinkestävyyttä, sadon aikaisuutta tai muita haluttuja piirteitä. Risteytysjalostuksella voidaan karsia pois lähtömuotojen haitallisia ominaisuuksia. Jotta ominaisuudet säilyisivät jälkeläisille, on tässäkin pyrittävä puhtaaseen linjaan.

3. Heteroosijalostus

Heteroosijalostus on risteytysjalostusta, jossa hyödynnetään heteroosi-ilmiötä. Siinä kaksi homotsygoottista vanhempaa risteytetään keskenään, jolloin heterotsygootit jälkeläiset ovat voimakaskasvuisia ja hyvin tuottoisia. Heteroosi perustuu todennäköisesti siihen, että resessiiviset haitalliset alleelit peittyvät heterotsygootissa vallitsevien (dominoivien) alleelien alle. Heteroosi ilmenee vain ensimmäisessä sukupolvessa (F_1), jonka jälkeen se purkautuu.

4. Mutaatiojalostus

Mutaatiojalostuksessa pyritään lisäämään kasvien perinnöllistä muuntelua mutageeneilla, esimerkiksi käsittelemällä siemeniä radioaktiivisella säteilyllä tai mutaatioita aiheuttavalla kemikaalilla. Mutaatiojalostuksen tuloksena saadaan suuri määrä satunnaisia geenimutaatioita, joista vain pieni osa on hyödyllisiä. Uudet ominaisuudet saadaan uusiin lajikkeisiin risteytys- ja valintajalostuksen avulla. Eräs mutaatiojalostuksen muoto on polyploidiajalostus, missä pyritään moninkertaistamaan peruskromosomiluku (n) esim. kolkisiinikäsettelyllä. Yleensä polyploidiset yksilöt ovat kookkaampia kuin diploidit, ja siten myös sadon määrä voi olla suurempi. Autopolyploidian/allopolyploidian esittely.

5. Geenitekniologia

Geenitekniologia voi tuoda uusia ominaisuuksia viljalajikkeisiin, sillä se tarjoaa mahdollisuuden täysin uusien ominaisuuksien siirtämisen viljoihin. Geenitekniikan avulla kasvinjalostusta voidaan nopeuttaa ja täsmentää verrattuna perinteiseen jalostukseen. Uudet geenit voidaan siirtää muista kasvilajeista tai jopa eläimistä. Näin niiden avulla voidaan tuottaa sellaisia ominaisuuksia, joita kyseisessä viljalajissa ei ole aiemmin ollut. Siten voidaan esimerkiksi lisätä lajikkeiden rikkaruohomyrkkujen sietoa (esim. Roundup Ready -kasvit) tai lajin kestävyttä tuholaisia ja kasvitauteja vastaan.

Jotta siirtogeeni ilmenisi, on säätelyosien toimittava geenimuunnellussa kasvissa.

Geeninsiirron jälkeen valitaan yksilöistä ne, jotka ilmentävät haluttua geeniä. Se siirretään risteytyksen kautta uusiin jälkeläisiin, joista voidaan taas valintajalostuksen avulla saada aikaan uusi viljalajike.

Tehtävä +12

a) 6 p.

Vastauksessa tulee tarkastella yhden Suomessa elävän uhanalaisen eläinlajin geneettisen monimuotoisuuden kaventumiseen vaikuttavia lajityypillisiä seikkoja.

Suomessa eläviä uhanalaisia eläinlajeja ovat mm. naali, saimaannorppa, itämerennorppa, jouhisorsa, rupilisko, jokihelmisimpukka, harjusinisiipi ja monet lohikalat. Myös Suomessa elävät susi- ja karhukannat ovat pieniä, joskin niiden geneettistä monimuotoisuutta täydentää/ylläpitää Venäjän puolelta saapuva geenivirta.

Lajinsisäinen perinnöllinen muuntelu

Lajinsisäisellä perinnöllisellä muuntelulla tarkoitetaan populaatiossa ilmenevää alleelimuuntelua. Alleeli tarkoittaa geenistä syntynyttä uutta muunnosta/varianttia. Perinnöllinen muuntelu/alleelivariaatio tarjoaa materiaalia luonnonvalinnalle ja evoluutiolle, ja se auttaa populaatiota/lajia sopeutumaan ja selviämään ympäristön muuttuessa.

Lajikohtainen käsittely

Populaation koon pienenemiseen ja lisääntymismenestykseen, ja siten lajin geneettisen monimuotoisuuden kaventumiseen, voivat vaikuttaa mm. seuraavat seikat:

- lajin kapeat ja spesifit reviiri vaatimukset
- lajille ominaiset käyttäytymispiirteet
- ympäristömuutosten aiheuttama stressaantuminen ja esim. siitä johtuva elinkyvyn ja lisääntymiskyvyn (fitness) heikentyminen
- haitallisten mutaatioiden kertyminen pienentyvään populaatioon, pullonkaulailmiö, perustajavaikutus
- elinympäristön/reviirin pirstaloituminen, lisääntymisesteet ja geenivirran estyminen
- lajia saalistavien petojen lisääntyminen, lajin metsästys/saalistus
- ympäristön pilaantuminen/saastuminen, ilmastonmuutoksesta johtuvat haitalliset heijastusvaikutukset.

b) 3 p.

Ihminen voi turvata uhanalaisten lajien säilyttämistä mm. seuraavilla toimenpiteillä:

- lajin rauhoittaminen / riittävän geenireservin turvaaminen
- ympäristön saastumisen ja pirstaloitumisen estäminen, askelkivet (populaatioita yhdistävien luontoalueiden säilyttäminen), luonnonsuojelualueiden, eläintarhojen, alkio- ja sukuosulupankkien perustaminen
- (säilyttämällä kotieläinten maatiaisrotuja, koska niiden geneettinen monimuotoisuus on yleensä suurempi kuin jalostetuilla roduilla).