



BIOLOGIAN KOE 15.3.2019 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 kestäväen kehityksen edistämässä.

Biologian ylioppilaskokeessa arvioidaan kokelaan biologisen ajattelun ja tietämyksen kehittyneisyyttä, kykyä esittää vaadittavat asiat jäsenneilysti 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.

OSA I

1. Monivalintatehtävä biologian eri aihepiireistä (20 p.)

- 1.1. Kenttäkerroksessa kasvaa tyypillisesti varpuja ja pohjakerroksessa sammalia ja jäkäliä.
 - 1.2. Hajottajat hajottavat orgaanisen aineksen ja vapauttavat sen sisältämät ravinteet kasvien käyttöön.
 - 1.3. ekologinen pyramidi
 - 1.4. Rahkasammalet ja sarat runsastuvat soistuvassa metsässä.
 - 1.5. DNA-rihma kiertyy aitotumaisilla proteiinien ympärille.
 - 1.6. mahalaukusta mahanportin kautta pohjukaissuoleen.
 - 1.7. oksitosiini.
 - 1.8. viherhiukkanen ja mitokondrio
 - 1.9. lisätä ja poistaa DNA-jaksoja geeneissä.
 - 1.10. uutta DNA-juostetta tuottavaa DNA-polymeraasia
-

OSA II

2. Solukalvon toiminta (15 p.)

2.1. (6 p.)

Bakteeri – endosytoosi (fagosytoosi)

$C_6H_{12}O_6$ – kantajaproteiini (avustettu diffuusio)

O_2 – diffuusio

Na^+ – ionikanava

Solun tuottama proteiini – eksosytoosi

H_2O – akvaporiini (myös diffuusio hyväksytään)

Kussakin kohdassa oikea yhdistäminen tuottaa 1 pisteen.

2.2. (9 p.)

Diffuusiossa veteen lienneet aineet siirtyvät suuremmasta pitoisuudesta pienempään, esim. happi ja hiilidioksidi siirtyvät keuhkojen keuhkorakkuloissa hiussuonien seinämien ja keuhkorakkulan seinämän läpi. Diffuusioon ei tarvita ATP-energiaa.

Endosytoosissa "solu syö" isompia kappaleita. Ensin solu tunnistaa kohteen (solukalvon reseptorien avulla) ja solukalvo alkaa kääriytyä kappaleen, esim. mikrobin, ympärille. Solukalvo kuroutuu rakkulaksi, joka siirtyy solun sisälle, jossa solun entsyymit pilkkovat sen sisällön.

Ionikanava on kalvoproteiini, joka siirtää passiivisesti ioneja suuremmasta pitoisuudesta pienempään pitoisuuteen. Esimerkiksi hermosolussa siirtyy natriumia solukalvon läpi solun sisään ja kaliumia ulospäin. Ionikanava ei tarvitse ATP-energiaa toimintaansa.

Kussakin kohdassa saa selitetystä esimerkistä yhden pisteen ja kahdesta kuljetukseen liittyvästä seikasta yhteensä 2 pistettä.

3. Pajun kasvukoe (15 p.)

Hyvässä vastauksessa käsitellään kolmea asiaa, jotka selittävät, miksi kokeessa biomassassa kasvoihin huomattavasti ja miksi maan massa pieneni hieman.

Veden ja ravinteiden otto maaperästä kasvun edellytyksenä (5 p.)

Kasvit ottavat juurillaan maasta sekä vettä että mineraaliravinteita. Pääosa vedestä kulkeutuu johtosolukkoa (puu) pitkin lehtiin ja haihtuu ilmarakojen kautta. Vesi on soluissa tapahtuville kemiallisille reaktioille välttämätön aine ja pajun kasvu välttämättömän fotosynteesin lähtöaine (substraatti). Maa-aineksen massan vähäinen pieneneminen kokeessa selittyy ravinteiden otolla. (Ravinteita on myös saattanut huuhtoutua ruukusta kokeen aikana.) Maaperän mineraaliravinteet kulkeutuvat veden mukana johtosolukoissa kaikkialle kasviin, missä kasvi hyödyntää niitä solujen aineenvaihdunnassa.

Yhteyttäminen ja sokereiden muodostuminen lehdissä (4 p.)

Pajun kasvu perustuu fotosynteesiin lehtien viherhiukkasissa. Fotosynteesin valoreaktioissa auringon säteilyenergian avulla muodostuu ATP:tä ja NADPH:ta. Fotosynteesin pimeäreaktioissa ilmasta sitoutuu hiilidioksidia (CO_2) ATP:n sisältämän energian ja pelkistävien yhdisteiden avulla. Lopputuotteena muodostuu glukoosia.

Uuden biomassan muodostuminen yhteyttämistuotteista (4 + 2 p.)

Glukoosista syntetoidaan mm. selluloosaa ja muita orgaanisia yhdisteitä. Näitä yhdisteitä tarvitaan, kun solut jakautuvat ja uutta biomassaa muodostuu. Kaikki fotosynteesissä muodostunut glukoosi ei mene kasvuun, vaan osa kuluu kasvien soluhengityksessä. Pääosa kokeessa havaitusta biomassan kasvusta tulee sitoutuneen hiilidioksidin sisältämästä hiilestä ja hapesta. (4 p.)

Toisin kuin van Helmont päätteli, vesi ei yksinään selitä pajun massan kasvua. Pajun tuorepaimasta huomattava osa on vettä, mutta kuivapainon kasvu perustuu yhteyttämisessä tuotettiin hiilihydraatteihin, joista kasvi muodostaa selluloosaa ja muita kasvuun tarvittavia yhdisteitä. (2 p.)

4. Lipidit (15 p.)

4.1. (3 p.)

- **Varsinaiset rasvat** (triglyseridit) ovat ihmisen elimistön keskeisiä rasva-aineita. Ne koostuvat kolmesta rasvahaposta ja glyserolista.
- Pienikokoiset **fosfolipidit (kalvolipidit)** koostuvat kahdesta rasvahaposta, glyserolista ja fosfaatista.
- **Steroidit** ovat kolesterolijohdannaisia.

4.2. (6 p.)

Hyvässä vastauksessa on selitetty kolme seikkaa seuraavista (3 x 2 p.):

Varsinaiset rasvat ovat elimistössä tärkeä **energian varastomuoto** (rasvasolujen rasvavarastot).

Ihonalainen rasvakudos on keskeinen tekijä **kehon lämmönsäätelyssä**.

Elinten ympärillä oleva rasva tarjoaa **mekaanisen suojan**.

Fosfolipidit ja kolesteroli ovat keskeinen osa **solukalvojen rakennetta**.

Kolesterolia (alkoholi) tuottaa pääosin maksa. Se on rasvaliukoisten **hormonien** (esim. estrogeenit, androgeenit, D-vitamiini) **raaka-aine**.

Kolesteroli on tärkeä **sappisuolojen komponentti**.

Myös **vitamiinit A, E ja K** ovat kolesterolijohdannaisia.

4.3. (6 p.)

Maksan tuottama **sappineste** (sappisuolat) ja suoliston sekoitusliike edistävät ruoansulatuskanavassa isojen lipidipisaroiden hajottamista pieniksi miselleiksi (emulsioksi). (2 p.)

Haiman erittämä **lipaasi** (1 p.) pilkkoo rasvat **rasvahapoiksi** ja **glyseroliksi** (monoglyserideiksi). (1 p.)

Rasvahapot ja glyseroli (monoglyseridit) siirtyvät diffuusion avulla **ohutsuolen/nukka-lisäkkeiden epiteelisoluihin**. (1 p.)

Epiteelisoluista lipidit siirtyvät **imusuonistoon** (maitiaissuoniin) (1 p.) ja edelleen **laskimoverenkiertoon** (solislaskimoon). (1 p.)

5. Kalsium elimistössä (15 p.)

5.1. (11 p.)

Lisäkilpirauhasen tuottaman parathormonin erityys verenkiertoon lisääntyy veren kalsiumpitoisuuden vähentyessä tai pitoisuuden ollessa pieni. Parathormoni edistää kalsiumin vapautumista luustosta (luukudoksen väliaineesta) aktivoimalla luukudosta hajottavien osteoklastisolujen toimintaa. Parathormoni (D-vitamiinin välityksellä) edistää myös kalsiumin imeytymistä suolistosta verenkiertoon. Munuaisissa parathormoni vähentää kalsiumin erittymistä virtsaan. (4 p.)

Kilpirauhasen tuottaman kalsitoniinin erittyminen voimistuu veren kalsiumpitoisuuden suurentuessa. Kalsitoniini vähentää veren kalsiumpitoisuutta edistämällä kalsiumionien siirtymistä verenkierrosta takaisin luustoon, missä se edistää luun väliainetta muodostavien osteoblastien toimintaa. Munuaisissa kalsitoniini lisää kalsiumin erittymistä virtsaan. (4 p.)

Veren suuri kalsiumpitoisuus vähentää parathormonin tuotantoa ja pieni kalsiumpitoisuus vähentää kalsitoniinin tuotantoa (palautesäättely). Parathormonilla ja kalsitoniinilla on siten päinvastainen ja tasapainottava vaikutus veren kalsiumpitoisuuteen (homeostasia). (Veren normaali kalsiumpitoisuus on noin 10 mg / 100 ml.) (3 p.)

5.2. (4 p.)

Asetyylikoliini sitoutuu luustolihasolun solukalvorseptoreihin. (1 p.)

Tästä seuraa lihassolujen supistuminen. Supistuminen johtuu solun sisällä vierekkäin sijaitsevien aktiini- ja myosiinisäikeiden liukumisesta lomittain, jolloin niiden muodostama rakennkokonaisuus (sarkomeeri) lyhenee. (3 p.)

6. Metsätyypit (15 p.)

6.1. (4 p.)

Kyseessä on lehto(metsä). (2 p.)

Vastauksessa on mainittava kaksi esimerkiksi seuraavista perusteista (2 p.):

- Metsässä on lehtometsälle tyypillistä puustoa, esimerkiksi jaloja lehtipuita.
- Kenttäkerroksessa on runsaasti ruohovartisia lajeja.
- Pohjakerroksessa ei ole jäkäliä.
- Metsässä on rehevä/ravinteikas ja kalkkipitoinen maaperä.

- Metsän maannos on multaa.

6.2. (5 p.)

Vastauksessa on nimetty viisi lehdoille tyypillistä kasvilajia. Esimerkiksi seuraavat lajit hyväksytään:

Lehdoille tyypillisiä lehtipuita ovat esim. tammi, (metsä)lehmus, saarni, (metsä)vaahtera, vuorijalava, kynäjalava, tuomi ja tervaleppä.

Lehdoille tyypillisiä pensaita ovat esim. pähkinäpensas, lehtokuusama, taikinamarja, punaherukka ja koiranheisi.

Lehdoille tyypillisiä sammalia ovat esim. lehväsammat, lehtoruusukesammal ja isomyyrän-sammal.

Lehdoille tyypillisiä sanikkaisia ovat esim. kotkansiipi, metsäalvejuuri ja hiirenporras.

Lehdoille tyypillisiä ruohovartisia kasveja ovat esim. valkovuokko, sinivuokko, käenkaali, oranmarja, imikkä, sudenmarja, kiolo, mesiangervo, nokkonen, metsäkurjenpolvi, lehto-orvokki ja vuohenputki.

Myös muut tyypilliset lehtolajit hyväksytään. Lajistossa otetaan huomioon lehtojen maantieteellinen eroavuus Suomen eri alueilla.

6.3. (6 p.)

Hyvässä vastauksessa käsitellään kuusi seikkaa esimerkiksi seuraavista:

- Lehtometsissä on rehevä maaperä, joten niitä on raivattu paljon maanviljelystarkoituksiin.
- Lehtoja on hyödynnetty eläinten laidunnukseen.
- Nykyään lehtometsiä pyritään myös hoitamaan esimerkiksi mahdollistamalla eläinten laiduntaminen alueella (erityisesti ns. perinnebiotoopeissa).
- Ihminen on hyödyntänyt lehtojen puustoa metsätaloudessa, esimerkiksi hakkaamalla lehtojen kuusikoita.
- Myös lehdoissa kasvavia jalopuita (esim. tammi) on hyödynnetty.
- Lehtoja on raivattu asutuksen, rakennusten ja teiden tieltä, etenkin Etelä-Suomessa.
- Nykyään lehtometsien vähenemistä pyritään ehkäisemään useilla eri tavoilla. Monet lehtometsät ovat nykyään virkistysalueita, joissa tapahtuu retkeily- ja virkistystoimintaa.
- Monet lehtometsäalueista on nykyään suojeltu ja useat lehtometsien lajit on rauhoitettu.

7. Muovit ympäristöongelmana (15 p.)

7.1. (7 p.)

Tuotteen ekologiseen selkäreppuun lasketaan kaikki sen valmistamiseen, jakeluun, käyttöön ja kunnossapitoon sekä jätehuoltoon tarvittavat luonnonvarat (materiaalimäärät). Muovituotteiden raaka-aineina käytetään maaperän uusiutumattomia öljyvarantoja, ja öljyn poraaminen, kuljettaminen ja jalostaminen kuluttavat energiaa. Mahdolliset öljyonnettomuudet aiheuttavat energiaa kuluttavia operaatioita ja ympäristönkorjaustöitä. Energiaa kuluu myös varsinaisten tuotteiden valmistamiseen ja kuljetukseen. Lisäksi muovijätteen keräämiseen kuluva energia ja siihen tarvittava laitteisto kasvattavat muovin ekologista selkäreppua. (4 p.)

Ekotehokkuudella tarkoitetaan sitä, että raaka-aineita, materiaaleja, energiaa ja teknologiaa käytetään mahdollisimman tehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti. Tuotteen ekotehokkuus paranee, jos sen tuottamiseen tarvittavaa materiaalianpanosta onnistutaan pienentämään ja käyttökertoja (kestävyyttä) lisäämään. Muovituotteiden ekotehokkuutta heikentävät niiden lyhyt käyttöikä ja vaikea korjattavuus. Ekotehokkuutta parantaa jätemuovien uusiokäyttö. Muovijätteen poltosta saadaan energiaa. (3 p.)

7.2. (8 p.)

Muovien päätyminen ympäristöön (4 p.)

Muovijätettä syntyy määrällisesti paljon, sillä muovit ovat edullisia valmistaa ja teknisten ominaisuuksiensa ansiosta muoveilla voidaan korvata monia materiaaleja. Muovijätettä leviää ympäristöön puutteellisen jätehuollon seurauksena (sekä suoraan kuluttajilta että huonosti hoidetuilta kaatopaikoilta). Jos muovia poltetaan, siitä voi vapautua raskasmetalleja ja myrkyllisiä yhdisteitä.

Niin sanottua mikromuovia (pieniä muovipartikkeleita) päätyy luontoon kosmetiikkatuotteista ja keinokuituvaatteiden (esimerkiksi fleece) pesusta. Pienen partikkelikoon vuoksi mikromuovit läpäisevät jätevesien puhdistuksen ja päätyvät siten vesistöihin. Mikromuoveja päätyy ympäristöön jätevedenpuhdistamoilla syntyvän lietteen mukana. Mikromuovia irtoaa myös ajoneuvojen renkaista.

Muovien haitalliset vaikutukset (4 p.)

Ympäristöön kulkeutuneet muovit ovat pitkäikäisiä, sillä useimmat hajottajat eivät pysty hajottamaan muovia. Erityisen haitallista muovijäte on merissä, minne sitä päätyy sekä laivoilta että maalta. Muovijätettä kasaantuu valtamerien keskiosien suuriin jätetyrteisiin. Merinisäkkäitä ja lintuja kuolee, kun ne takertuvat verkkoihin, naruihin tai muovipusseihin. Eläimet saavat muovia elimistöönsä ravinnon mukana, ja muovi voi jopa tukkia ruoansulatuksen.

Mikromuovit rikastuvat ravintoverkoissa, ja sitä kautta muovipartikkeleita päätyy ihmisenkin ravintoon. Mikromuovipartikkeleita voi olla myös talousvedessä. Mikromuovien terveysvaikutukset tunnetaan puutteellisesti.

8. Veriryhmät (15 p.)

8.1. (2 p.)

Potilaalle voidaan antaa seuraavien perusveriryhmien verta: A+, A-, O+ tai O-.

8.2. (5 p.)

- Veriryhmä määritellään sen mukaan, millaisia pintarakenteita punasolujen pinnalla on.
- Immuunipuolustus tunnistaa punasolujen pintarakenteita (antigeenejä).
- O-veriryhmän henkilöiden punasolujen pinnalla ei ole A-veriryhmän tai B-veriryhmän antigeenejä.
- Jos veriryhmä on O- (ABO-luokituksen mukaan O ja Rh D -negatiivinen), punasolujen pinnalla ei ole myöskään reesustekijää (D-antigeeniä).
- Veriryhmän O- verta voidaan siis antaa kaikille vastaanottajille, sillä siinä ei ole sellaisia antigeenejä (veriryhmätekiäjiä), joita vastaan veren vastaanottajan immuunipuolustus hyökkäisi.

8.3. (8 p.)

Reesustekijä on dominoiva ominaisuus. Jos AB+-vanhempi on reesustekijää koodaavan geenin suhteen homotsygoottinen (DD), kaikilla lapsilla on reesustekijä. Jos AB+-vanhempi on reesustekijää koodaavan geenin suhteen heterotsygoottinen (Dd), lapsilla voi olla reesustekijä. (Lapset voivat siis olla reesuspositiivisia tai -negatiivisia.) (2 p.)

ABO-veriryhmä määräytyy yhden geenin perusteella. Resessiivinen i-alleeli saa aikaan O-veriryhmän, I^A-alleeli A-veriryhmän ja I^B-alleeli B-veriryhmän. Jos veriryhmä on AB, genotyyppi on I^AI^B. (2 p.)

Vanhempien genotyypit:

- O- = iidd
- AB+ = I^AI^BDD tai I^AI^BDd

Vaihtoehto 1:

P-polvi I^AI^BDD x iidd

Sukusolut I^AD/I^BD, id

	I ^A D	I ^B D
id	I ^A iDd	I ^B iDd

F1-polvessa voi syntyä yksilöitä, joiden genotyyppi on I^AiDd tai I^BiDd . Tämä tuottaa veriryhmän A+ tai B+.

Vaihtoehto 2:

P-polvi I^AI^BDd x iidd
Sukusolut I^AD/I^BD/I^Ad/I^Bd, id

	I ^A D	I ^B D	I ^A d	I ^B d
id	I ^A iDd	I ^B iDd	I ^A iidd	I ^B iidd

F1-polvessa voi syntyä yksilöitä, joiden genotyyppi on I^AiDd, I^BiDd, I^Aiidd tai I^Biidd. Tämä tuottaa veriryhmän A+, A-, B+ tai B-.

Johtopäätös: Vaihtoehtojen 1 ja 2 perusteella lasten veriryhmä voi olla siis A+, A-, B+ tai B-.

Oikea johtopäätös tuottaa 2 pistettä ja perustelut 2 pistettä.

Myös vastaukset, joissa ABO-veriryhmätekijä ja reesustekijä tarkastellaan erikseen, hyväksytään, jos lopputulos on oikea.

OSA III

9. Miljoonakalojen evoluutio (20 p.)

9.1. (16 p.)

Pohjan laadun merkitys (8 p.)

Miljoonakalojen värimuuntelu on perinnöllistä: se pohjautuu **alleelien muunteluun** populaatiossa. Koiraiden värin ja kuvioinnin evoluutioon vaikuttaa **seksuaalivalinta** (sukupuolivalinta): naaraat suosivat koiraita, joiden väri ja kuviointi poikkeavat pohjan väristä ja kuvioinnista.

Pohjan väryksestä poikkeavien koiraiden **kelpoisuus** on suurin, eli ne tuottavat eniten lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Tämän seurauksena pohjan väryksestä poikkeavan kuvioinnin mahdollistavat **alleelit yleistyvät populaatiossa**.

Petokalojen merkitys (8 p.)

Pohjan soraa muistuttava kuviointi toimii miljoonakalojen **suojavärinä**. Petokalojen **saalistus** kohdistuu pohjasta erottuviin yksilöihin, mikä saa aikaan **suuntaavaa valintaa**. Värykseltään pohjan kuviointia muistuttavien koiraiden kelpoisuus on suurin. Tämän vuoksi suojavärin mahdollistavat **alleelit yleistyvät populaatiossa**. (Kalojen värykseen vaikuttava valintapaine ohjaa vastakkaiseen suuntaan kuin petokalojen puuttuessa.)

9.2. (4 p.)

Kokeen tulokset kalojen kuvioinnin muutoksista ovat esimerkki miljoonakalojen **mikroevoluutiosta** (1 p.). Mikroevoluutio on lajin sisäistä evoluutiota, jossa alleelien osuudet populaatiossa muuttuvat valinnan seurauksena.

Maantieteelliset ja muut **isolaatiotekijät** (1 p.) voivat **estää geenivirran** (1 p.) populaatioiden välillä. Tämä johtaa **makroevoluutioon** (1 p.), kun populaatioiden välille on muodostunut **lisääntymisesteitä**. (1 p.)

10. Ihmisen ihonväri (20 p.)

10.1. (5 p.)

Ihmisen ihonväri on polygeeninen ominaisuus (1 p.). Siihen vaikuttaa pääasiassa ihon melanosyyttien (1 p.) tuottama melaniinipigmentti (1 p.). Ihon pigmentin määrään vaikuttaa perimän lisäksi ympäristö (1 p.), sillä ihon altistuminen UV-säteilylle (1 p.) lisää melaniinipigmentin määrää (ruskettuminen).

10.2. (15 p.)

Alkuperäisväestön ihonvärin tulkinta kartoista (3 p.)

- Suomessa vaalea ihonväri on alkuperäisväestön keskuudessa tyypillisin.
- Australiassa aavikkoalueilla tumma ihonväri on alkuperäisväestön keskuudessa tyypillisin.
- Brasilian sademetsäalueen alkuperäisasukkailla tummahko ihonväri on tyypillisin.

UV-säteilyn määrä ja siihen vaikuttavat tekijät (6 p.)

- Suomi sijaitsee **pohjoisilla leveysasteilla**, joten maan pinnalle saapuvan **UV-säteilyn määrä on vähäistä**. Myös pilvipeite vähentää UV-säteilyn määrää.
- Australian aavikoilla auringon säteilyä ja **UV-säteilyä saapuu maanpinnalle paljon**, sillä se sijaitsee lähempänä päiväntasaajaa kuin Suomi. **Ilmasto on kuiva** ja pilvisuus on vähäistä. Arojen ja aavikoiden vähäinen kasvillisuus ei suojaa UV-säteilyltä.
- Vaikka Brasilia sijaitsee päiväntasaajan alueella, Brasilian sademetsien alueella maanpinnalle saapuu **vähemmän UV-säteilyä kuin Australiassa**, koska trooppinen ilmasto on **pilvisempi ja sateisempi**. Lisäksi myös rehevä trooppinen kasvillisuus suojaa säteilyltä jonkin verran.

UV-säteilyn määrän vaikutus ihonväriin (6 p.)

- Suomessa tumman ihonvärin suojaavasta vaikutuksesta ei ole erityistä hyötyä, mutta vaalea ihonväri mahdollistaa sen, että D-vitamiinia syntyy iholla tehokkaasti. Vaalea ihonväri on ollut tehokkaamman D-vitamiinituotannon vuoksi valintaetu, minkä johdosta se on yleistynyt eurooppalaisessa populaatiossa.
- Australian aavikkoalueilla tummasta ihonväristä on tällöin hyötyä, sillä se suojaaa auringon UV-säteilyltä tehokkaasti. Tumma ihonväri on ollut valintaetu, minkä vuoksi se on yleistynyt australialaisessa populaatiossa.
- Brasilian sademetsäalueilla tummasta ihonväristä on jonkin verran hyötyä, mutta toisaalta vaalea ihonväri mahdollistaa tehokkaamman D-vitamiinituotannon. Näissä olosuhteissa on tapahtunut tasapainottavaa valintaa, minkä seurauksena ihonväri on tummuusasteeltaan Australian ja Suomen välistä.

Korvaavaa tietoa: muut ihonväriin vaikuttavat tekijät

- Alkuperäisväestön ihonväriin on voinut vaikuttaa satunnaisajautuminen (perustajavaikutus), myös eri populaatioiden välillä.

11. Muuntogeeninen tomaatti (20 p.)

11.1. (6 p.)

Promootorilla tarkoitetaan geenin edellä (sääätelyalueella) olevaa kohtaa, johon RNA-polymeraasi kiinnittyy ja aloittaa transkription. Erilaisten promootorien avulla voidaan säädellä geenin luentaa. (2 p.)

Työssä käytetään kahta erilaista promootoria, koska *PG*-geenin halutaan ilmentyvän vain tomaattikasvin hedelmissä, ei koko kasvissa. Ilmentyminen koko kasvissa saattaisi aiheuttaa ongelmia kasvin normaalissa kasvussa ja kehityksessä. (2 p.)

Kanamysiiniresistenssigeenin halutaan ilmentyvän kaikissa transformoituneissa soluissa, koska kanamysiiniresistenssiä käytetään hyväksi niiden kasvien valinnassa, jotka ovat saaneet genomiinsa siirretyt geenit. (2 p.)

11.2. (14 p.)

Hyvässä vastauksessa käsitellään plasmidin siirtämistä agrobakteereihin ja antibioottivalintaa (4 p.), tomaatin solukkoviljelmän transformaatiota (6 p.) ja tomaattikasvien tuottamista solukkoviljelmästä (4 p.). Keskeisiä vaiheita ovat seuraavat:

- Plasmidia lisätään *A. tumefaciens* -viljelmään, jolloin osa bakteereista ottaa sen sisäänsä transformaation kautta.
- Bakteereja kasvatetaan antibioottialustalla, jolloin vain ne, joissa on ko. plasmidi, jatkavat kasvuaan ja voidaan valita jatkokasvatukseen.
- Agrobakteeri-infektio vaatii kasvisolujen vaurioittamisen, jotta plasmidi pääsee solujen sisään.
- *A. tumefaciensin* plasmidi sisältää T-DNA-alueen, jonka keskelle sijoitetut siirrettävät geenit siirtyvät kasvisolun tuman genomiin.
- Tomaattisoluviljelmään lisätään bakteeriviljelmää, jolloin osa kasvisoluista saa ko. plasmidin sisäänsä (transformaatio).
- Tomaatin soluviljelmästä valitaan ne solut tai soluryhmät, joihin on siirtynyt haluttu geeni ja kanamysiiniresistenssin aiheuttava geeni, kasvattamalla niitä alustalla, jossa on kanamysiiniä.
- Vain ne solut, joissa on halutut geenit, voivat kasvaa, muut kuolevat.
- Solukkoviljelmän soluista kasvatetaan taimia. Solujen erilaistumiseen tarvitaan kasvihormoneja.