

Tehtävä 1

Kysymys 1 ja vastauspisteet

Meioosi eläinsoluissa

Selitä meioosi eläinsoluissa (24p). Kuinka kromosomistomutaatiot tapahtuvat meioosin aikana? (12p). Selkeys- ja johdonmukaisuus (4p).

Vastaus:

Meioosi I jako eli vähennysjako:

-Ensin sukusolun kantasolussa ($2n$) tapahtuu DNAn kahdentuminen (1p);

-vastinkromosomit asettuvat rinnakkain (konjugoituvat) (3p);

-vastinkromosomit ovat kiinni toisissaan useita kohdista (kiasmat) ja kromosomien osat voivat vaihtaa paikkaa keskenään (tekijäinvaihto/ tekijänvaihdunta / crossing over) (4p), siis alleelit/geenit eri vastinkromosomeista voivat periytyä yhdessä (2p).

Vastinkromosomit asettuvat solun keskitasoon sattumanvaraisesti ja sukkularihmat vetävät ne vastakkaisille puolille (Mendelistinen rekombinaatio)(2p)

Meioosin I jaon jälkeen syntyy kaksi haploidia (n) tytärsolua (1p). DNA säilyy kahdentuneena. (1p)

Eläinsoluilla on seuraava välivaihe, kasvisoluilla meioosi jatkuu keskeytymättä (1p).

Meioosi II tasausjako:

Kromosomit asettuvat yksitellen jakautumistasoon, kuten mitosissa, sukkularihmat vetävät sisarkromatidit erilleen (3p). Lopussa tuma muodostuu (1p) Meioosin II tasausjaon jälkeen on syntynyt 4 haploidia (n) sukusolua (2p). Meioosi lisää geneettistä muuntelua (3p).

Kromosomistomutaatiot:

Mutaatio tapahtuu meioosin aikana, jos meioosin vähennysjako ei toimi niin kuin pitäisi, ja vastinkromosomit eivät eroa toisistaan. Tällöin meioosin jälkeen puolet soluista saa 2 kpl samaa kromosomia ja puolet ei saa kyseistä kromosomia ollenkaan (2p), seurauksena aneuploidia, esim. trisomia 21 (tai muut taudit) (1p). Monosomia ovat harvinaisia (1p).

Suurempia kromosomistomutaatioita ovat polyploidiat (kokonaisia kromosomistoja on enemmän kuin kaksi, esimerkiksi $3n$ $4n$) (3p). Tällöin meioosin vähennysjako ei toimi ollenkaan (2p).

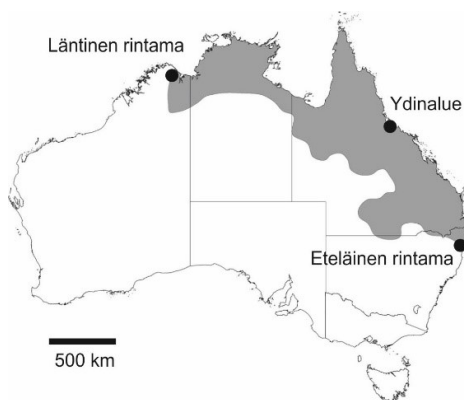
Eläinsoluissa polyploidiaa on harvoin, koska se voi vaikuttaa lisääntymiseen. Tetraploidit (kun $2n$ kromosomisto tuplaantuu) eläimet voivat mahdollisesti lisääntyä normaalisti ja osalla selkärangaisista tämä on tapahtunut evoluution aikana (2p). Kasveilla polyploidia on yleistä (1p).

Kysymys 2 TULOKASLAJIEN EKOLOGINEN MERKITYS?

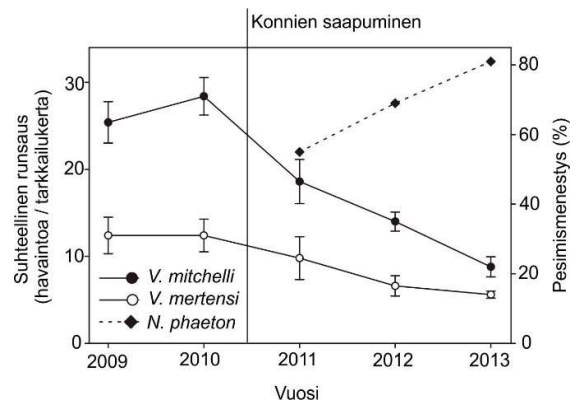
Agakonna (*Rhinella marina*) on amerikkalainen sammakkoeläin, joka istutettiin vuonna 1935 Koillis-Australiaan torjumaan sokeriruokaviljelysten tuhoeläimiä. Agakonna lähti nopeasti leviämään Australiassa (Kuva 1). Se on kuolettavan myrkyllinen useimmille sammakkoeläimille syöville pedoille.

- Agakongan levittäytyminen uusille elinympäristöille on aiheuttanut merkittäviä muutoksia paikallisissa lajiyhteisöissä. Kuvassa 2 on kahden sammakkoeläimiä ravintonaan käyttävän varaanilajin (*Varanus mitchelli* ja *V. mertensi*) kannan kehitys, sekä varaanien saalislajin punatuliperä -peipon (*Neochmia phaeton*) pesimämenestys agakongan levittäytymisen aikana. Punatuliperä on siemensyöjä, jonka pesimismenestyksen määrittää lähes yksinomaan varaanien saalistuspaine.
 - Miten varaanien ja tulipunaperän kannat muuttuivat agakongan levittäytyttyä alueelle? Miksi lajien kannat muuttuivat näin?
 - Mitä muutoksia ravintoverkon kuluttajatasoilla voi odottaa agakongan levittäytyessä uudelle alueelle?
- Tyypillisesti konnat eivät ole aktiivisia liikkujia, mutta agakonnalle on kehittynyt Australiassa erityinen nopeaan levittäytymiseen sopeutunut muoto, jonka takia laji voi leviä kymmeniä kilometrejä vuodessa. Tutkijat mittasivat konnien jalan pituutta suhteessa ruumiinpainoon eri alueilla, joille konnapopulaatio oli saapunut eri aikoina (Kuva 3A). Tutkijat mittasivat myös konnien kivesten painon kausittaista vaihtelua suhteessa konnan ruumiin painoon alueella, johon konnat alun perin tuotiin, sekä kahdella alueella, johon konnat olivat vastikään levittäytyneet (Kuva 3B, sijainnit Kuvassa 1)

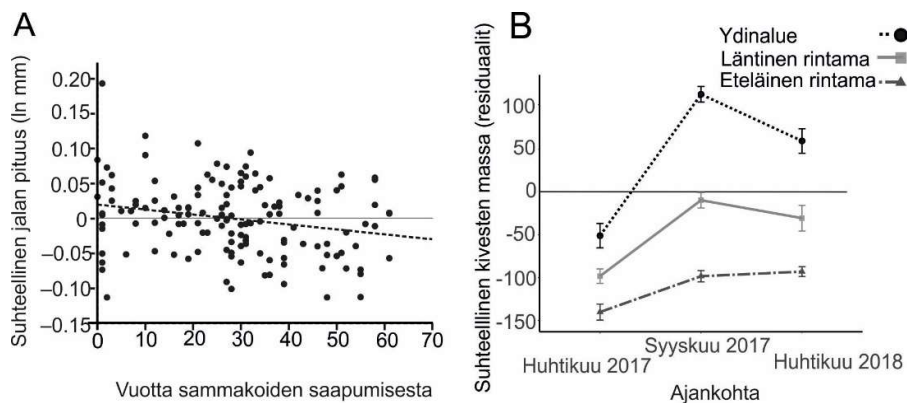
Miten konnien piirteet eroavat ydinalueen ja leviämisrintamien välillä? Mitkä tekijät voivat selittää erot?



Kuva 1: Agakongan alkuperäinen istutusalue (ydinalue) ja harmaalla merkittynä nykyinen levinneisyys.



Kuva 2: Varaanien (*V. mitchelli* ja *V. mertensi*) suhteellinen runsaus ja punatuliperän (*N. phaeton*) pesimämenestys ajan suhteen. Pystyviiva osoittaa agakongan saapumisen alueelle. Lähde: Doody ym., 2015, doi: 10.1890/14-1332.1:.



Kuva 3: Konnien suhteellinen jalan pituus ruumiinkokoon verrattuna konnapopulaation iän funktiona (A, lähde: Phillips ym., 2006 doi: 10.1038/439803a) ja konnien suhteellisen kivesten koon vaihtelu kolmessa eri populaatiossa: ydinalueella, jota konnat ovat asuttaneet yli 70 vuotta ja alueilla, joille konnat olivat juuri levinneet etelään ja länteen alkuperäisestä leviämispiisteestä (B, lähde: Friesen ym. 2019, doi: 10.1098/rsbl.2019.0339).

BIOLOGIAN VALINTAKOEKYSYMYS 2021

Mallivastaus ja pisteytys

TULOKASLAJIEN EKOLOGINEN MERKITYS? Agakonna (<i>Rhinella marina</i>) on amerikkalainen sammakkoeläin, joka istutettiin vuonna 1935 Koillis-Australiaan torjumaan sokeriruokaviljelysten tuhoeläimiä. Agakonna lähti nopeasti leviämään Australiassa. Se on kuolettavan myrkyllinen useimmille sammakkoeläimiä syöville pedoille.	
1. Agakongan levittäytyminen uusille elinympäristöille on aiheuttanut merkittäviä muutoksia paikallisissa lajiyhteisöissä. Kuvassa 2 on kahden sammakkoeläimiä ravintonaan käyttävän varaanilajin (<i>Varanus mitchelli</i> ja <i>V. mertensi</i>) kannan kehitys, sekä varaanien saalislajin punatuliperä -peipon (<i>Neochmia phaeton</i>) pesimämenestys agakongan levittäytymisen aikana. Punatuliperä on siemensyöjä, jonka pesimämenestyksen määrittää lähes yksinomaan varaanien saalistuspaine.	22 p. =
1a. Miten varaanien ja tulipunaperän kannat muuttuivat agakongan levittäytyttyä alueelle? Miksi lajien kannat muuttuivat näin? Varaanien kannat romahtivat tutkimusjakson aikana n. puoleen, peippojen lisääntymismenestys parani merkittävästi ja sen myötä oletettavasti myös kanta kasvaa. Varaanit myrkyttyvät ja kuolevat yrittäessään syödä agakonnaa, varaanien vähentyessä tulipyrstöjen lisääntymismenestys paranee kun varaanit eivät enää syö peippoja ja sen myötä peippojen kanta kasvaa	3 p + 5 p.
1b. Mitä muutoksia ravintoverkon kuluttajatasoilla voi odottaa agakongan levittäytyessä uudelle alueelle? <i>Suorat vaikutukset:</i> ylemmällä trofiatasolla agakonnaa syövät pedot kuolevat myrkytykseen; samalla trofiatasolla lajien välinen kilpailu voimistuu, joka voi muuttaa kilpailijalajien kantojen suhteita ja aiheuttaa mahdollisia lajistomuutoksia; alemmalla trofiatasolla agakongan saaliseläimet vähenevät ja muuttunut lajien välinen kilpailutilanne muuttaa lajiston suhteita <i>Epäsuorat vaikutukset:</i> vaikutus huippupetoihin ei selvä, pedot jotka eivät syö agakonnaa hyötyvät kun kilpailu vähenee, agakonnaa syövien petojen vähentyminen hyödyttää niiden saalislajeja (esim. tuliperä); kilpailu siemensyöjien kesken kasvaa, vaikutukset tuottajatasolle riippuu siemensyöjien spesialisti/generalistipiirteistä.	+ 14 p. Vastauksessa tulee huomioida suorat ja epäsuorat vaikutukset (7 p.) ja eri trofiatasoilla (7 p.)

2. Tyypillisesti konnat eivät ole aktiivisia liikkujia, mutta agakonnalle on kehittynyt Australiassa erityinen nopeaan levittäytymiseen sopeutunut muoto, jonka takia laji voi levitä kymmeniä kilometrejä vuodessa. Tutkijat mittasivat konnien jalan pituutta suhteessa ruumiinpainoon eri alueilla, joille konnapopulaatio oli saapunut eri aikoina (Kuva 3a). Tutkijat mittasivat myös konnien kivesten painon kausittaista vaihtelua suhteessa konnan ruumiin painoon alueella, johon konnat alun perin tuotiin, sekä kahdella alueella, johon konnat olivat vastikään levittäytyneet (Kuva 3b, sijainnit Kuvassa 1)	14 p. =
Miten konnien piirteet eroavat ydinalueen ja leviämisrintamien välillä? Mitkä tekijät voivat selittää erot? Konnilla on pidemmät jalat ja pienemmät kivekset leviämisrintamilla. Fenotyyppieroja voi tarkastella siten että niiden taustalla on joko evolutiiviset tai ei-evolutiiviset syyt. Evolutiiviset syyt voivat johtua joko valinnasta tai muista syistä. <i>Evolutiiviset syyt:</i> Valinnan kautta: Pidemmät jalat mahdollistavat konnien nopeamman leviämisen; suuremmat kivekset voivat olla tulosta kovemmasta lisääntymiskilpailusta ydinalueella; ympäristön ja geenien yhteisvaikutus. Trade-off nopean leviämisen (jalan pituus) ja lisääntymismenestyksen (kivesten koko) välillä Muista syistä: <i>spatial sorting</i>, satunnaisajautuminen <i>Ei-evolutiiviset syyt:</i> Fenotyyppinen plastisuus, ympäristötekijöiden vaikutus, ravintomäärä, yms.	4 p. + 10 p. Vastauksessa tulee huomioida sekä geneettiset että ympäristötekijät, mutta yksi selitys per piirre riittää.
Selkeys ja johdonmukaisuus	4 p.
Yhteensä	40 p.

Solukkoviljely

Olet luonut siirtogeenisen kasvin, jota haluat seuraavaksi lisätä (kloonata) solukkoviljelyn avulla. Kasvatat kasveja suljetuissa purkeissa kiinteällä alustalla ja haluat, että solukkoviljely on mahdollisimman tehokasta. Mitä abioottisia tekijöitä sinun tulee ottaa huomioon ja miksi, kun suunnittelet kasvatusalustan (22 p) ja muut kasvatusolosuhteet solukkoviljelylle (8 p)? Pohdi, miksi kasvatusalusta vaihdetaan uuteen noin kahden viikon välein, ja miksi myös bakteerit menestyvät hyvin kasveille tarkoitetulla kasvatusalustalla (6 p)? Selkeys ja johdonmukaisuus (4 p)

Kasvatusalusta:

- Ravinteet: Kasvatusalustan tulee sisältää riittävästi ravinteita (1 p), sillä ravinteiden puute rajoittaa kasvien kasvua (2 p). Tärkeimpiä ovat fosfaatit (fosfori), kalium, magnesium, typpi (ammonium- tai nitraatti-ionit) ja kalkki (vähintään kaksi mainittu = 2 p). Kasvit tarvitsevat ravinteita muun muassa entsyymien ja yhteyttämisväriaineiden rakennusaineiksi (esim. klorofyllissä magnesium) (3 p).
- Happamuus: Kasvatusalustan happamuus (pH) tulee säätää oikeaksi (1 p). Väärä happamuus haittaa ravinteiden ottoa / kasvin aineenvaihduntaa (2 p).
- Vesi: Kasvatusalustan tulee sisältää riittävästi vettä (1 p). Vesi on tärkeä, koska sen avulla kasvit kuljettavat ravinteita (2 p). Lisäksi vesi on fotosynteesin lähtöaine (1 p) ja auttaa ylläpitämään nestejännitystä eli tukemaan kasvia (1 p).
- Hiilenlähde: Kasvatusalustassa tulee olla sokeria (1 p). Sokerin lisääminen kasvatusalustaan tekee kasvit vähemmän riippuvaisiksi fotosynteesin kautta tuotetusta energiasta (2 p).
- Suolapitoisuus: Oikea suolapitoisuus (1 p) auttaa ylläpitämään osmoottista tasapainoa (2 p)

Olosuhteet:

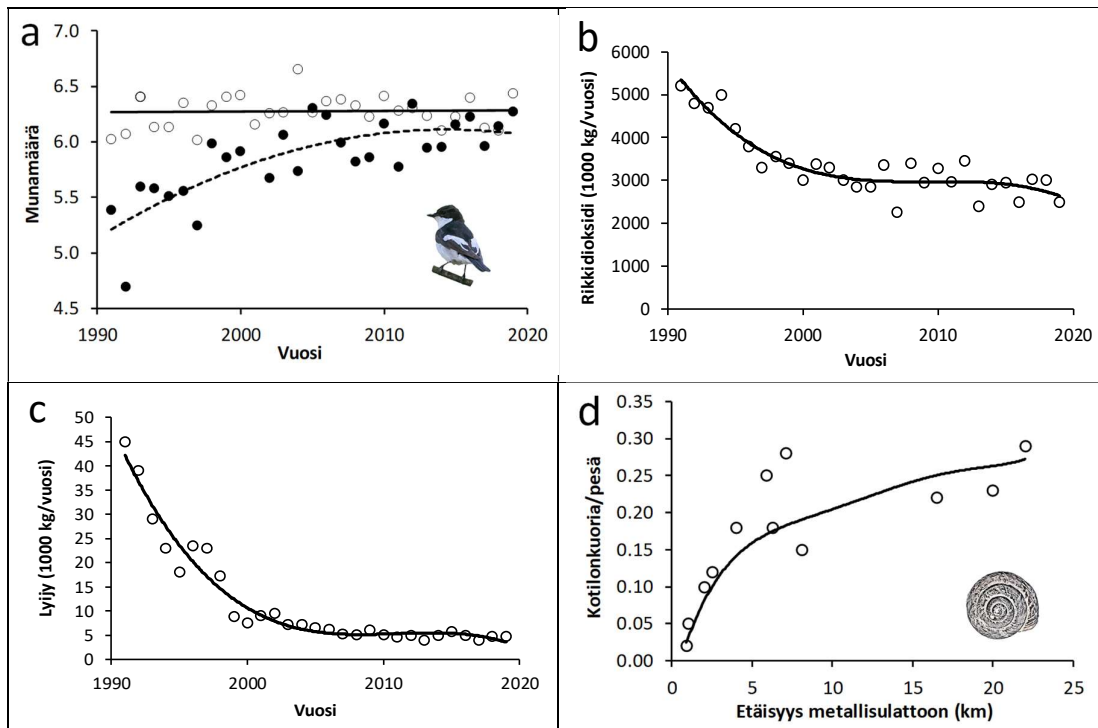
- Valo: Valon määrän tulee olla oikea (1 p) ja valon oikeaa laatua (sininen ja punainen) (1 p). Valoenergiaa tarvitaan fotosynteesin valoreaktioissa (1 p).
- Lämpötila: Lämpötila ei saa olla liian alhainen eikä myöskään liian korkea (2 p). Fotosynteesi on tehokkainta +20-30 C lämpötilassa (optimaalinen lämpötila fotosynteesin kannalta 1 p). Liian korkea lämpötila haittaa fotosynteesiä ja saa kasvit haihduttamaan liikaa vettä / sulkemaan ilmaraot / denaturoi proteiineja (1 p).
- Kaasut: Kasvit tarvitsevat myös happea ja hiilidioksidia (soluhengitykseen ja fotosynteesiin) (1 p).

Vaihto:

- Kasvatusalusta pitää vaihtaa, sillä muuten kasvatusalustalta loppuvat ravinteet (2 p) ja vesi (1 p). Bakteerit kasvavat alustoilla hyvin, sillä kasveille tarkoitetut kasvatusalustat sisältävät optimaaliset olot myös bakteereille (sokerit, ravintoaineet, ei kilpailua) (3 p).

Tehtävä 4. Saastumisen vaikutukset lintuihin

Venäjän Tiedeakatemian vanhempi tutkija laati yhteenvedon pitkäaikaisista kirjosiieppotutkimuksistaan Jekaterinburgin lähistöllä sijaitsevan metallisulaton päästöjen vaikutuksista alueella pesivän muuttolinnun, kirjosiiepon pesintään. Hän piirsi kirjosiieppopesien munien määrästä voimakkaasti saastuneella alueella ja puhtaammalla vertailualueella Kuvassa 1a näkyvät aikasarjat. Muistiinpanojen mukaan saastuneen alueen kirjosiieppojen munankuoret olivat tutkimusjakson alkuaikoina huonolaatuisia (ohuita ja huokoisia), mutta tutkimusjakson loppupuolella huonokuorisia munia esiintyi harvoin. Käytettävissä olivat myös sulaton pahimpien saastukkeiden, rikkidioksidin (Kuva 1b) ja lyijyn (Kuva 1c) vuosittaiset päästömäärät. Lintututkijan kollega on tehnyt samoilla tutkimusalueilla maakotilotutkimuksia. Hän on selvittänyt kotiloiden määrää kirjosiieppojen reviireillä käyttäen epäsuorana mittarina kirjosiieponpesistä löytyneitä kotilonkuoria, joita emot tuovat ravinnoksi poikasille ja joista osa putoaa pesän pohjalle (Kuva 1d). Kirjallisuudesta löytyi vielä tietoa kirjosiiepon munankuorten ja erään kotilolajin hivenainepitoisuuksista (Taulukko 1). Tutkijat päättivät vertailla aineistoja keskenään.



Kuva 1. a) Kirjosiiepon munamäärien vuosittaiset keskiarvot saastuneella alueella (●, katkoviiva) ja puhtaammalla vertailualueella (○). b) Metallisulaton vuosittaiset rikkidioksidipäästöt. c) Metallisulaton vuosittaiset lyijypäästöt. d) Kirjosiiepon pesistä löytyneiden kotiloiden lukumäärien keskiarvot tutkimusalueilla tutkimusjakson aikana.

Taulukko 1. Kirjosiiepon munankuorten ja erään maakotilolajin kuorten hivenaineiden pitoisuuksia (mg/kg kuiva-ainetta).

	Magnesium	Rauta	Kalsium	Sinkki
Munankuori	3102	101	317000	2.0
Maakotilon kuori	3800	115	19000	9.0

Vastausohje: Merkitse vastaustilaan pilkulla erotettuna oikeat vaihtoehdot. Vastausesimerkki: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3.

A. Mitkä seuraavista väittämistä saavat tukea aineistosta. Oikeasta vastauksesta saa 2 pistettä ja väärästä –2 pistettä. Maksimipistemäärä: $8 \times 2 = 16p$.

- A1. Kaukana sulatosta pesivät linnut munivat enemmän munia 1990-luvulla kuin myöhemmin.
- A2. Tutkimuksen viimeisinä vuosina saastuneen alueen munamäärä on lähes yhtä suuri kuin vertailualueella.
- A3. Saastepäästöjen lisääntymisen myötä munamäärien ero saastuneen ja puhtaan alueen välillä on pienentynyt.
- A4. Kirjosiepon keskimääräinen munien määrä on normaalisti yli kuusi munaa.
- A5. Vuosien välinen vaihtelu munamäärässä on suurempaa puhtaassa ympäristössä.
- A6. Munamäärän lisääntymisen ja saasteiden vähenemisen välillä voidaan havaita ajallinen yhteys.
- A7. Munamäärä on kasvanut enemmän metallisulaton lähiympäristössä kuin puhtaammalla vertailualueella.
- A8. Kotiloiden määrä on lisääntynyt samanaikaisesti päästöjen vähenemisen myötä.

B. Mitkä seuraavista väittämistä voisivat oleellisesti selittää saastepäästöjen vaikutuksia kirjosieppojen pesintään. Oikeasta vastauksesta saa 2 pistettä ja väärästä –2 pistettä. Maksimipistemäärä: $8 \times 2 = 16p$.

- B1. Raskasmetallit kulkeutuvat ravintoketjussa lintuihin ja aiheuttavat linnuille lisääntymishäiriöitä.
- B2. Happamoitunut metsä harsuuntuu ja puiden lehvästössä on vähemmän ravintoa hyönteissyöjille.
- B3. Ympäristön pH:n nousu lisää myrkyllisten metallien siirtymistä maaperästä lintuihin.
- B4. Saastuneen alueen eliölajisto muuttuu.
- B5. Rikkidioksidi rikastuu ravintoketjussa ja aiheuttaa lisääntymishäiriöitä erityisesti ravintoketjussa korkealla oleville lajeille.
- B6. Ravinnon mukana saatu lyijy aiheuttaa häiriöitä hermostossa, aineenvaihdunnassa ja lisääntymiselimistössä.
- B7. Maaperän happamuuden vähentyessä kotiloiden määrä lisääntyy.
- B8. Saastuneella alueella ilmansaasteille herkkien jäkälien ja samalla jäkälien seassa talvehtivien hyönteisten määrä vähenee, mikä heikentää kirjosieppojen talvista ravinnonsaantia.

C. Mitkä seuraavista väittämistä ovat mahdollisia selityksiä tutkijoiden havaitsemille ajallisille muutoksille lintujen pesinnässä ja saavat tukea aineistosta. Oikeasta vastauksesta saa 1:n pisteen ja väärästä –1 pistettä. Maksimipistemäärä: $8 \times 1 = 8p$.

- C1. Saasteiden vähentyessä kalsiumpitoisen ravinnon määrä on lisääntynyt ja linnut ovat alkaneet munia enemmän ja parempikuorisia munia.
- C2. Lyijyn päästömäärät ovat pienentyneet, mikä on parantanut munien kuorten laatua.
- C3. Rikkidioksidin päästömäärät ovat pienentyneet, mikä on parantanut munien kuorten laatua.
- C4. Lyijyn päästömäärät ovat pienentyneet, mikä on lisännyt munien määrää.
- C5. Ilmastomuutos on lisännyt kotiloiden määrää ja sitä kautta lintujen munamäärää.
- C6. Happamoittavan rikkidioksidin päästömäärät ovat pienentyneet, mikä on lisännyt linnuille tärkeiden kotiloiden määrää.
- C7. Munamäärän lisääntyminen metallisulaton lähellä johtuu todennäköisesti muista syistä kuin saasteiden vähenemisestä.
- C8. Kasvillisuuden laatu on parantunut päästöjen vähenemisen myötä, mikä lisää kotilomäärää ja parantaa sitä kautta lintujen pesimätulosta.

Oikeat vastaukset:

A2, A4, A6, A7, B1, B2, B4, B6, B7, C2, C3, C4