



BIOLOGIAN KOE 28.9.2018 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. vettä kulkeutuu solusta suolaliuokseen ja solu kutistuu.
 - 1.2. DNA:n muodostusta lähetti-RNA:sta.
 - 1.3. kromosomisto on moninkertainen ja peräisin samalta lajilta.
 - 1.4. jotkin bakteerit.
 - 1.5. Lämpötilojen odotetaan nousevan ilmastonmuutoksen vuoksi enemmän tropiikissa kuin napa-alueilla.
 - 1.6. geneettinen ajautuminen.
 - 1.7. Imusuonisto kuljettaa happipitoista verta sydämelle.
 - 1.8. Iiris toimii silmässä supistaen ja laajentaen mykiötä.
 - 1.9. Kuivakakkutaikinan kohottaminen leivin jauheen avulla.
 - 1.10. DNA:sta ja proteiinivaipasta tai RNA:sta ja proteiinivaipasta.
-

OSA II

2. Ihmisen nivel (15 p.)

2.1. (10 p.)

1. Luuydin (luun ydinontelo). Luuytimessä on kaikkien verisolutyyppeiden kantasolut.
 2. Nivelrusto. Nivelrusto (lasirusto) muodostaa vastakkaisten luiden päihin kulutusta kestävä, helposti liukuvan pinnan. (Nivelrustossa ei ole hermoja eikä verisuonia).
 3. Nivelontelo/nivelneste. Nivelontelossa on nivelrustojen liikettä helpottavaa (voitelevaa) nivelnestettä.
 4. Nivelvoidekalvo/nivelpussi/nivelkalvo (nivelpussin sisäpinta) tuottaa nivelnesteen.
 5. Lihaksen (sidekudoksen) jänne kiinnittää lihaksen luun pintaan. Jänteessä olevat tunto-reseptorit kertovat lihasten jännitysasteesta ja toimivat näin asentoreseptoreina.
-

2.2. (5 p.)

5 seikkaa, kustakin 1 p.

- Luustolihakset ovat tahdonalaisia lihaksia, joiden supistumiskäsky lähtee isoivojen motorisesta kuoresta ja välittyy selkäytimestä lähtevien liikehermojen kautta lihakseen.
- Refleксеissä raajasta tuleva tuntoaistimus välittää hermoimpulssin suoraan selkäytimen kautta liikehermoon (esim. koukistusrefleksi).
- Liikehermopäätteestä erittyvä asetyylikoliini käynnistää lihassolujen kalsiumriippuvaisen supistumisen.
- Supistuminen perustuu aktiini- ja myosiinisäikeiden liukumiseen lomittain, jolloin säikeiden muodostamat sarkomeerit lyhenevät. Supistuminen vaatii ATP-energiaa.
- Lihaksen veltostuminen tapahtuu välittömästi ja automaattisesti liikehermoimpulssin mentyä ohitse, jolloin sarkomeerit palautuvat alkuperäiseen pituuteensa.

3. Antibiootit ja seerumihoito (15 p.)

3.1. (7 p.)

Petrimaljaan on levitetty bakteeriviljelmää, joka on kasvanut ja peittänyt kellertävänharmaana juovikkaana pintana koko petrimaljan (alue 3). Petrimaljaan on siirretty viisi siirränäistä *Penicillium*-hometta, jotka näkyvät mustina täplinä (alue 1). Homeen ympärillä bakteerit ovat kuolleet. Tämä näkyy kuvassa renkaina (alue 2). Fleming päätteli, että *Penicillium*-home on erittänyt tehokasta bakteereja tappavaa ainetta (antibioottia), jota voitaisiin käyttää lääkkeenä ihmisen bakteeritauteja vastaan.

3.2. (8 p.)

Antibioottihoito perustuu antibioottien bakteereja tappavaan vaikutukseen. Antibiootit estävät bakteerien soluseinämateriaalin synteesin (penisilliini, vankomysiini), proteiinisynteesin (erytromysiini, tetrasykliini) tai nukleiinihapposynteesin (rifampisiini). Ne siis vaikuttavat johonkin bakteerin elintoimintojen kannalta keskeiseen seikkaan, jonka estyessä bakteerit kuolevat. Antibioottien teho perustuu bakteerien ominaisuuksiin, siksi ne eivät tapa eukaryoottisoluja.

Seerumi- eli vasta-ainehoidossa potilaalle annetaan suoraan vasta-ainetta. Vasta-aineet ovat ihmiselle tai muille eläimille tyypillisiä spesifisiä proteiineja, jotka tarttuvat esimerkiksi bakteerien pintaproteiineihin eli antigeneihin (tai bakteerien erittämiin myrkkyihin) sekä auttavat syöjäsoluja tunnistamaan haitalliset bakteerit ja tuhoamaan ne.

4. Solubiologia (15 p.)

4.1. (3 p.)

1 = tumajyvänen

2 = kromatiinirihma/kromatiinirihmoja/kromatiini/kromosomi/DNA

3 = tumakotelo (tumakotelon sisäkalvo)

4.2. (4 p.)

Tumajyvänen (kuvassa numero 1) muodostuu solunjakautumisen välivaiheen aikana, ja se sisältää proteiineja, DNA:ta ja RNA:ta. Se sisältää myös ribosomien osina toimivien RNA-molekyylien geenit. Tumajyvänen tuottaa siten ribosomien aineosia.

Tumakotelo (kuvassa numero 3) rajaa tuman muusta solusta. Tumakotelon ulkokalvo jatkuu solulimakalvostona. Tumakotelossa on tumahuokosia, jotka läpäisevät valikoivasti molekyylejä tumaliman ja sytoplasman välillä. (Kromatiinirihmat kiinnittyvät tumakotelon sisäkalvoon.)

4.3. (8 p.)

Tumahuokoksen (kuvassa numero 4) kautta kulkee tumasta solulimaan esimerkiksi:

- lähetti-RNA-molekyylejä, joiden sisältämä geneettinen informaatio kääntyy sytoplasmassa tapahtuvassa translaatiossa aminohappojärjestykseksi.
- tumajyvänen tuottamia ribosomien osia, joista solulimassa muodostuu toimivia ribosomeja; näiden pinnalla tapahtuu proteiinisynteesi.

Tumahuokoksen kautta kulkee solulimasta tumaan esimerkiksi:

- transkriptiotekijöitä, jotka säätelevät transkription alkamista
- polymeeraaseja ja muita entsyymejä, joita tarvitaan tuman toiminnassa
- ATP-molekyylejä, joita tarvitaan energialähteenä tumassa tapahtuvissa reaktioissa
- nukleotideja, joita tarvitaan DNA:n ja lähetti-RNA:n/esiaste-RNA:n synteesiä varten
- solulimassa tuotettuja histoniproteiineja, joiden ympärille DNA kiertyy muodostaen nukleosomeja.

5. Metsäekologia (15 p.)

5.1. (6 p.)

Aukkohakkuun jälkeen metsän kenttäkerros on valoisampi. Lisääntyvä valo, lämpö ja tuulisuus tehostavat sekä mustikan että maaperän haihdutusta, jolloin maaperä kuivuu. Pohjakerroksen sammat voivat kärsiä kuivuudesta.

Koneellinen harvennus muokkaa maata ja vapauttaa ravinteita varsinkin nopeasti kasvavien kasvien käyttöön. Myös hakkuutähteet ravitsevat maaperää.

Eläimistö muuttuu hakkuun jälkeen, esimerkiksi isoja kuusia hyödyntäneet linnut vähenevät. Selkärangattomien, esimerkiksi mustikkaa pölyttävien hyönteisten, määrä ja lajisto muuttuvat.

5.2. (6 p.)

Aukkopaikoissa kasvava vadelma (kuvassa käyrä A) on ns. valokasvi, joka maksimaaliseen yhteyttämiseen päästäkseen tarvitsee enemmän valoa kuin B-käyrän kuvaamat varjokasvit. Voimakkaassa valossa vadelman yhteyttämisenopeus on suurempi kuin varjokasvien. Vadelma runsastuu nopeasti metsään hakatuissa aukoissa.

Mustikka (kuvassa käyrä B) yhteyttää vähäisessä valossa tehokkaammin kuin ns. valokasvit (esim. kissankello ja muut ketokasvit). Lisääntyvä valo ei juuri tehosta mustikan yhteyttämistä, koska se on varjokasvi. Mustikka kärsii heti hakkuun jälkeen, koska varjostavia heiniä ja muita kasveja ei juurikaan ole. Liika valo saa mustikan lehdet punertumaan (tuottamaan antosyaneja lehtiinsä) liiallisen säteilyn suojaksi.

5.3. (3 p.)

Vadelman lisäksi muut paljon valoa vaativat kasvit, kuten heinät ja maitohorsma, voivat vallata valoisampia paikkoja. Kuivemmille mättäille voi ilmestyä puolukkaa. Lehtipuiden taimia, kuten koivua ja pihlajaa, kasvaa runsaasti valoisammilla alueilla.

Kyseessä on sukcession ensimmäinen vaihe, jossa lehtipuut eivät vielä taimina varjosta kenttäkerrosta (sukcession kakkosvaiheen alku).

6. Kihokin biologiaa (15 p.)

6.1. (5 p.)

Kihokit kasvavat soilla, useimmiten rahkasammalen joukossa. Kasvuympäristönä suot ovat valoisia, kosteita, happamia ja vähäravinteisia.

6.2. (10 p.)

Videossa näkyy, miten kihokki käyttää ravinnon/ravinteiden lähteenään hyönteistä (kirvaa). Kyseessä on peto–saalissuhde; kihokki on lihansyöjäkasvi. Kihokin lehtien mettä jäljittelevät tahmaiset limapisarat houkuttelevat hyönteisiä, jotka juuttuvat pisaroihin.

Pisaroiden entsyymit pilkkovat saaliin proteiinit, joista kihokki saa tarvitsemaansa lisätyn tyyppiä. Tyyppiä kasvit tarvitsevat proteiinien ja nukleinihappojen rakennusosiksi. Lisätyn tyyppiä voimistaa kihokin kasvu. Kihokin lehdistä on lehtivihreää, joten kasvi pystyy fotosynteesiin ja voi siten turvata energiatarpeensa. Kihokilla on myös juuret, joiden avulla se saa vettä ja tarvitsemiin ravinteita maaperästä.

7. Kasvihuoneilmiö (15 p.)

7.1. (10 p.)

Hyvässä vastauksessa tarkastellaan keskeisimpiä ihmistoiminnasta johtuvia kasvihuonekaasujen lähteitä:

Hiilidioksidi (CO₂): fossiilisten polttoaineiden (öljy, kivihiili, maakaasu ja turve) ja muiden orgaanisten aineiden polttaminen, (trooppisten) metsien tuhoaminen, maan muokkaus, liikenteen pakokaasut.

Metaani (CH₄): kivihiilikaivokset, kaasukentät, riisinviljely, kaatopaikat (mätänevä orgaaninen jäte), jäteveden käsittely, maaperän muokkaaminen, nautakarjatalous (ruoansulatuskanavan bakteeritoiminta), ikiroudan sulaminen.

Dityppioksidi (typpioksiduuli) (N₂O): typpilannoitteiden käyttö ja maaperän mikrobitoiminnan muutokset, karjanlanta, polttoprosessit ja katalysaattorien käyttö.

Fluorattuja hiilivetyjä (esim. CFC, HFC) syntyy ainoastaan ihmistoiminnan tuloksena: käyttö sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa (esim. kylmä- ja ilmastointilaitteet), palontorjunta-aineissa, muovien valmistuksessa sekä aerosoleina ja liuottimina. (Klooria sisältävien CFC-yhdisteiden, esim. freoneiden, käyttö markkinoitavissa tuotteissa on nykyään kielletty.)

7.2. (5 p.)

Kasvihuonekaasut muodostavat ilmakehään kaasukerroksen ("kasvihuoneen lasikaton"), joka päästää läpi auringosta tulevan lyhytaaltoisen säteilyenergian, mutta absorboi maan pinnan säteilemää pidempiaaltoista lämpösäteilyä ja estää siten energian palautumista avaruuteen. Osa lämpösäteilystä myös palautuu takaisin maan pinnalle. Kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kasvu voimistaa kasvihuoneilmiötä, jonka seurauksena on ilmakehän ja maan pinnan lämpeneminen ja siitä johtuva ilmastomuutos. Ilmaston lämpeneminen on suhteellisesti voimakkainta napa-alueilla.

8. Marsun turkin ominaisuuksien periytyminen (15 p.)

8.1. (10 p.)

Koska valkoinen väri (m) ja pitkäkarvaisuus (l) ovat resessiivisiä ominaisuuksia, ne ilmentyvät vain, jos yksilö on niiden suhteen homotsygoottinen. Siten tämä jälkeläinen on saanut kyseiset alleelit kummaltakin vanhemmaltaan. Koska vanhemmat ovat mustia ja lyhytkarvaisia, ne ovat heterotsygoottisia kummankin ominaisuuden suhteen.

Vanhemmat: MmLl x MmLl

Vanhempien sukusolut	ML	MI	mL	ml
ML	MMLL	MMLl	MmLL	MmLl
MI	MMLl	MMll	MmLl	Mmll
mL	MmLL	MmLl	mmLL	mmLl
ml	MmLl	Mmll	mmLl	mmll

- Jälkeläiset ovat mustia ja lyhytkarvaisia (MMLL, MMLl, MmLL, MmLl), osuus 9/16.
- Jälkeläiset ovat mustia ja pitkäkarvaisia (MMll, Mmll), osuus 3/16..
- Jälkeläiset ovat valkoisia ja lyhytkarvaisia (mmLL, mmLl) osuus 3/16.
- Jälkeläiset ovat valkoisia ja pitkäkarvaisia (mmll), osuus 1/16.

Jälkeläisten fenotyyppien lukusuhteet ovat siten 9:3:3:1. Lukusuhteet pätevät, jos geenit eivät ole kytkeytyneet.

8.2. (5 p.)

Koska kaikki jälkeläiset olivat mustaturkkisia, mustaturkkisen vanhemman täytyy olla dominoivan värialleelin suhteen homotsygoottinen. Koska eläimen koko on polygeeninen ominaisuus, kookas ja pienikokoinen marsu saavat monen kokoisia jälkeläisiä. (Risteytyksessä olisi otettava huomioon kaikki kokoon vaikuttavat geenit, jolloin kyseessä ei olisi tehtävän ensimmäisen osan tavoin dihybridiristeytys.)

OSA III

9. Haitalliset vieraslajit (20 p.)

9.1. (5 p.)

Vieraslajit ovat lajeja, jotka ovat levinneet luontaiselta levinneisyysalueeltaan uudelle alueelle ihmisen mukana. Ihminen levittää niitä sekä tahattomasti että tarkoituksella. Jotkin vieraslajeista menestyvät erityisen hyvin ja leviävät kontrolloimattomasti. Ne ovat huomattava uhka, koska ne voivat aiheuttaa vakavaa vahinkoa alkuperäislajeille, ekosysteemeille, viljelykasveille sekä metsätaloudelle tai muille elinkeinoille.

Vieraslajit voivat myös aiheuttaa huomattavaa taloudellista haittaa heikentämällä ihmisten, eläinten tai kasvien terveyttä tai laskemalla kiinteistöjen arvoa. Haitat voivat myös olla sosiaalisia tai esteettisiä. Tällaisia selkeitä haittoja aiheuttavia vierasperäisiä lajeja kutsutaan haitallisiksi vieraslajeiksi.

Yleensä vieraslajit sopeutuvat huonosti uuteen elinympäristöönsä ja tuhoutuvat nopeasti. Joissakin tapauksissa vieraslajit kuitenkin menestyvät, muodostavat lisääntyvän kannan ja vaikiintuvat osaksi uutta elinympäristöään.

9.2. (15 p.)

Hyvässä vastauksessa kuvataan kolme lajia (5 p./laji). Jokaisen nimetyn lajin kohdalla kuvankaappauksesta saa 1 pisteen ja neljästä seikasta perusteltuina 1 pisteen kustakin.

- Kuvataan kullekin valitulle vieraslajille tyypillinen ympäristö, missä se viihtyy (vaaditaan yksi seikka per laji).
- Esitetään tunnetut syyt valittujen lajien leviämiseen uudessa ympäristössä. Nämä ovat usein seurausta siitä, että vieraslajit ovat tehokkaita leviämään (siemenet, juurakot, poikasten lukumäärä) ja viihtyvät sellaisissa ympäristöissä, joita on runsaasti. (Vaaditaan kaksi seikkaa per laji.)
- Vieraslajien haittavaikutukset voivat liittyä niiden myrkyllisyyteen tai siihen, että ne vievät paikallisilta luonnonlajeilta kasvupaikat/elinympäristön. Vieraslajit ovatkin usein vahvoja kilpailijoita. Haittavaikutuksiin voi liittyä myös esteettisiä seikkoja. (Vaaditaan kaksi seikkaa per laji.)

Tehtävässä mainituista lajeista löytyy tarkempaa lajikohtaista tietoa osoitteesta www.vieraslajit.fi.

10. DNA ja restriktioentsyymit (20 p.)

10.1. (4 p.)

Mitokondriaalinen DNA periytyy aina äidiltä lapsille munasolun mukana. Koska mitokondriaalissa DNA:ssa tapahtuu pieniä mutaatioita, muutosten avulla voidaan seurata tietyn äitilinjän suvun vaiheita vuosisatojen ajan. Mitokondriaalinen DNA on haploidista, eikä siinä tapahdu rekombinaatiota.

10.2. (4 p.)

Soluorganellit eristetään murskatusta kudoksenäytteestä (esim. valkosolut, lihaskudos). Näyte sentrifugoidaan, jotta painavimmat soluorganellit, kuten tumat, saadaan poistettua ensin (fraktioiva sentrifugointi). Jatkosentrifugoinnilla mitokondriot eristetään ja niiden kalvot hajoitetaan. Liuoksesta uutetaan pois orgaanisilla liuottimilla proteiinit, lipidit ja muut kalvojen osat. DNA eristetään saostamalla se kylmän etanolin avulla ja sentrifugoimalla koeputken pohjalle.

10.3. (8 p.)

Tutkittaessa mitokondriosta eristettyä DNA:ta tehtävän aineiston mukaisilla menetelmillä tarvitaan seuraavia työvaiheita:

- Vertailtavat näytteet pilkotaan samoilla restriktioentsyymeillä.
- Näytteet värjätään niin, että ne näkyvät geelissä.
- Ajoa varten tarvitaan myös standardi, johon DNA-palojen kokoa voi vertailla.
- Agarosigeeli (sokeria) valmistellaan ja valetaan ns. kelkkaan, jonka toiseen päähän tehdään kammalla kuopat eli kaivot näytteitä varten.
- Valmis geeli laitetaan ajolaitteeseen.
- Ajolaitteeseen kaadetaan puskuriliuosta niin, että se peittää geelin.
- Kaivoihin pipetoidaan näytteet.
- Ajolaitteeseen kytketään virta.
- Negatiivisesti varautuneet palat kulkevat laitteen --navasta kohti +-napaa.
- Mitä suurempi /pidempi DNA-pala on, sitä hitaammin se kulkee geelissä.
- DNA-juovat erottuvat geelissä värjäytyneinä.

10.4. (4 p.)

Kaivon III näyte vastaa kuvan 10.1 A restriktioentsyymeillä käsiteltyä näytettä, koska näyte pilkkoutuu näillä entsyymeillä neljäksi erikokoiseksi pätkeksi (8, 5, 3 ja 1 ke), jotka näkyvät geelissä erillisinä raitoina.

Muut näytteet eivät ole pilkkoutuneet samoin, eli niissä ei ole ollut samaa määrää katkaisukohtia eri entsyymeille eivätkä katkaisukohdat ole olleet samoissa paikoissa.

11. Syanobakteerit (20 p.)

11.1. (8 p.)

Hyvässä vastauksessa kuvataan syanobakteerien solurakennetta ja asemaa eliökunnassa huomioiden esimerkiksi seuraavia seikkoja:

- esitumallisia, kuuluvat bakteereihin
- vanhimpia tunnettuja eliöitä: ensimmäiset stromatoliitit ovat n. 2,7 miljardia vuotta vanhoja (arkeinen maailmankausi)
- yksisoluisia tai rihmamaisia
- DNA rengasmaisena rakenteena
- soluseinä, jonka ulkopuolella limamainen kapseli
- autotrofeja: kykenevät fotosynteesiin
- kalvojen ympäröimät soluorganellit (mitokondriot ja kloroplastit) puuttuvat
- fotosynteesi tapahtuu soluliman yhteyttämiskalvostossa
- kykenevät sitomaan ilmakehästä typpeä
- joillakin rihmamaisilla lajeilla typensidontaan erikoistuneita paksuseinäisiä soluja (heterokystejä)
- osalla lajeista leposoluja, jotka säilyvät elossa epäsuotuisan kauden yli
- aiotumallisten kloroplastien on esitetty syntyneen syanobakteerisolun endosymbioosin kautta

11.2. (6 p.)

Hyvässä vastauksessa pohditaan syanobakteerien aiheuttamien ”leväkukintojen” esiintymistä huomioiden esimerkiksi seuraavia seikkoja:

- Ns. sinileväkukintoja on sekä merissä (Itämeri) että järvissä.
- Koska syanobakteerit pystyvät sitomaan ilmakehästä typpeä, niiden kasvua rajoittaa yleensä fosforin puute.
- Leväkukintoja edistää (hapettomasta) pohjasta vapautuva fosfori (sisäinen kuormitus).
- Myös ulkoisen kuormituksen, esim. maatalouden hajakuormituksen tai teollisuuden ja kaupunkien jätevesien pistekuormituksen fosfori, edistää leväkukintoja
- Tyyne ja lämmin vesi edistää syanobakteerien lisääntymistä, joten leväkukintojen huippu on yleensä loppukesällä.
- Voimakas tuuli voi sekoittaa sinileväkukinnan pintaveteen.
- Syanobakteereilla on kaasurakkuloita, joiden avulla ne nousevat pinnan lähelle.

11.3. (6 p.)

Hyvässä vastauksessa pohditaan syanobakteerien muille eliöille aiheuttamia haittoja ja hyötyjä esimerkiksi seuraavista näkökulmista:

- Elämän esiajalla syanobakteereilla oli merkittävä rooli ilmakehän hapen synnyssä.
- Tuottajina syanobakteerit ovat ravintoa eläinplanktonille.
- Sinileväkukinnoissa osa lajeista tuottaa myrkyllisiä yhdisteitä (maksa- ja hermomyrkyjä).
- Syanobakteerit voivat aiheuttaa myrkytysoireita esimerkiksi ihmisille, koirille tai lehmille.
- Leväkukinnat haittaavat vesien virkistyskäyttöä.
- Osa sinilevistä elää endosymbionteina (jäkälän yhteyttävä leväosakas).

- Nämä jäkälälajit saavat lisätyn syanobakteerien typensidonnasta.
- Vapaana elävien syanobakteerien typensidonta tuo ekosysteemiin typpeä, joka on usein minimiravinne.
- Syanobakteerien käyttöä biopolttoaineiden tuotossa tutkitaan.
- Syanobakteereja käytetään myös ravintona (esim. Spirulina-jauhe).