

Tehtävien ratkaisut

1. Selvitä käsitteitä

- a. **In vivo**: soluja tutkitaan elävän eliön osana,
in vitro: soluja tutkitaan eliöstä irrallaan vaikkapa koeputkessa.
- b. **In silico** -tutkimuksia tehdään tietokoneella monenlaisten eri ohjelmien avulla. Se on välttämätöntä valtavan suurten aineistojen takia. Se mahdollistaa myös eri puolilla maailmaa toimivien tutkijoiden verkottumisen.
- c. **Soluteoria** on solujen rakennetta, toimintaa ja merkitystä tarkasteleva biologian teoria. Sen mukaan kaikki eliöt koostuvat soluista ja kaikki solut syntyvät muista soluista. Soluteoria on tärkeä eliöiden perustoimintoja selittävä teoria. Muita biologian teorioita on mm. evoluutioteoria.
- d. **Solubiologiassa** tutkitaan solujen rakennetta ja toimintaa. Biokemiassa tutkitaan eliöiden kemiallista koostumusta ja kemiallisia muutoksia. Orgaaninen kemia tarkoittaa soluissa tyypillisten hiiliyhdisteiden rakenteen ja toiminnan tutkimusta.

2. Solun koko

- a. Joitakin satoja tumallisia soluja mahtuu 1 cm janalle.
- b. Vähintään 100x – 200x suurennus tarvitaan.

3. Vesi on elämän edellytys



Vesimolekyylit ovat melko pysyviä. Ne ovat lievästi polaarisia ja siksi monet suolat ja sokerit liukenevat hyvin veteen. Vesi on myös mm. valkuaisaineiden, aminohappojen ja joidenkin vitamiinien liuotin. Solun kemialliset reaktiot tapahtuvat vedessä. Vesi mahdollistaa entsyymien katalysoimat reaktiot liukoisten substraattien kanssa. Vesimolekyylit ovat monien solun reaktioiden lähtöaine ja lopputuote (fotosynteesissä ja soluhengityksessä). -Vesimolekyylien ionisoituminen vaikuttaa veden happamuuteen (pH). Vesi on nestemäistä 0–100 °C. Vesi osallistuu solujen lämmönsäätelyyn, sillä sen lämmönsitomiskyky on suuri. Vesi kuljettaa ravinnon ja hapen soluihin ja kuona-aineet pois soluista. Vesiliuoksessa tapahtuu solujen toimintojen kannalta tärkeä diffuusio ja osmoosi. Joillakin eliöillä jäätyminenestoaineena toimiva glyseroli liukenee veteen ja estää soluja rikkovien jääkiteiden muodostuksen.



Luku 1 – Elämän ymmärtämiseksi on tutkittava soluja

4. Jäkäläpreparaatin teko

Laborointitehtävä – vastaukset vaihtelevat

Tehtävien ratkaisut

1. Fotosynteesin valo- ja pimeäreaktiot

	valo-reaktiot	pimeä-reaktiot
tapahtuu viherhiukkasessa	X	X
syntyy ATP:tä	X	
tarvitaan valoenergiaa	X	
syntyy glukoosia		X
tapahtuu yhteyttämiskalvostolla	X	
tapahtuu välitilassa		X
vesi hajoaa	X	
tarvitaan CO ₂		X
syntyy happea	X	
syntyy vetyä	X	

2. Ilmarakojen merkitys kasveille

- Ilmarakojen kautta kasviin siirtyy hiilidioksidia ja kasvista pois vettä ja happea.
- Kun ilmarakot ovat kiinni, kasviin ei pääse hiilidioksidia.

3. Viherhiukkanen tiedekeskuksen mallina



Viherhiukkasen eli kloroplastin kalvostoissa tapahtuvat fotosynteesin valoreaktiot. Kalvostossa on runsaasti yhteyttämisväriaineita, kuten klorofylliä ja muita väriaineita, jotka absorboivat Auringon valoenergiaa.

Valoreaktioissa vesi hajoaa vetyioneiksi ja hapeksi auringonvaloenergian avulla. Valoenergia muuntuu ATP-molekyylien kemialliseksi sidosenergiaksi.

Happi poistuu kloroplasteista ja vapautuu ilmarakojen kautta ilmakehään.

Kloroplastin välitilassa tapahtuvat fotosynteesin pimeäreaktiot

Valoreaktioista peräisin oleva vety yhdistyy ilmasta tulevaan hiilidioksidiin monimutkaisissa, entsyymien katalysoimissa reaktioissa. Reaktioissa syntyy glukoosia. Pimeäreaktioihin energia saadaan ATP-molekyyleistä.

4. Ympäristötekijöiden vaikutus fotosynteesiin

Lämpötila

Fotosynteesi alkaa, kun lämpötila on yli 0°C. fotosynteesin teho kasvaa lämpötilan noustessa ja on maksimissaan tietyssä ihannelämpötilassa, laji A +20°C ja laji B +30°C, ja laskee lämpötilan noustessa ihannelämpötilasta. Korkeassa lämpötilassa kasvien soluhengitys kiihtyy ja fotosynteesissä tarvittavat entsyymit tuhoutuvat. Kasvit A ja B ovat sopeutuneet kasvamaan eri ilmastovyöhykkeillä.

Valon määrä

Valon määrän nousu nostaa fotosynteesin tehoa vain tiettyyn rajaan saakka. Valokasvit tarvitsevat enemmän valoa kuin varjokasvit.

Hiilidioksidin määrä

Voimakkaassa valossa hiilidioksidipitoisuuden nousu lisää fotosynteesitehoa enemmän kuin heikossa valossa. Ilmakehä hiilidioksidipitoisuus on noin 0,04 %. Kasvien fotosynteesiteho kasvaa tätä suuremmissa hiilidioksidipitoisuuksissa tiettyyn rajaan saakka.

5. Fotosynteesi

- a. Vihreän värin aallonpituusalue heijastuu pääosin pois kasvin lehdistä.
- b. Syksyllä lehtivihreämolekyylit hajoavat ja varastoituvat kevättä varten. Silloin viherhiukkasten muut väriaineet tulevat esille.
- c. Tuulisella säällä lehtien ilmaraot ovat kiinni, jolloin niistä ei pääse fotosynteesissä tarvittavaa hiilidioksidia lehtien viherhiukkasiin.
- d. Kun lämpötila nousee yli +40 asteeseen, fotosynteesireaktioissa tarvittavat entsyymit tuhoutuvat. Lisäksi lämpimässä kasvista haihtuu runsaasti vettä. Ilmaraot sulkeutuvat veden puutteen vuoksi, jolloin hiilidioksidin pääsy kasviin estyy.
- e. Syvälle ei pääse valoa.
- f. Nestekaasun palamisessa syntyy hiilidioksidia.
- g. Talvella järvet ovat jäässä eikä jään läpi pääse liukenemaan happea veteen. Vesikasveissa ei tapahdu talvella myöskään fotosynteesiä.

- h. Eläimen, esim. naudan syömässä ruohossa tapahtuneessa fotosynteesissä Auringon valon energia on muuntunut glukoosin kemialliseksi sidosenergiaksi. Nauta on saanut energiaa syömällä ruohoa, joten naudasta valmistetun pihvin sisältämä energia on lähtöisin Auringon valosta.
- i. Kasvit sitovat fotosynteesissään hiilidioksidia, joka on yksi kasvihuonekaasuista.

6. Ihanteelliset kasvuolosuhteet

Valon määrä ja aallonpituus

- riittävästi valoa
- viherhiukkasen yhteyttämisväriaineet pystyvät sitomaan parhaiten sinisen ja punaisen värin aallonpituusalueita

Hiilidioksidin määrä

- riittävästi hiilidioksidia
- hiilidioksidipitoisuus kasvihuoneessa kannattaa pitää korkeampana kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus

Lämpötila

- fotosynteesi on tehokkainta +20-30°C lämpötilassa

Veden määrä

- kasvien riittävä veden saanti
- vesi on fotosynteesin lähtöaine
- ravinteet kulkevat kasviin veden mukana

Ravinteet

- riittävä ravinteiden, esimerkiksi fosfori, kalium, magnesium ja typpi, saanti
- kasvi tarvitsee ravinteita muun muassa fotosynteesissä toimivien entsyymien ja yhteyttämisväriaineiden rakennusaineiksi

7. ATP:n mallintaminen

Oppilaan oma vastaus.

8. Fotosynteesin tutkiminen

Hypoteesi

Opiskelijan oma vastaus

Kokeen tulosten selittäminen

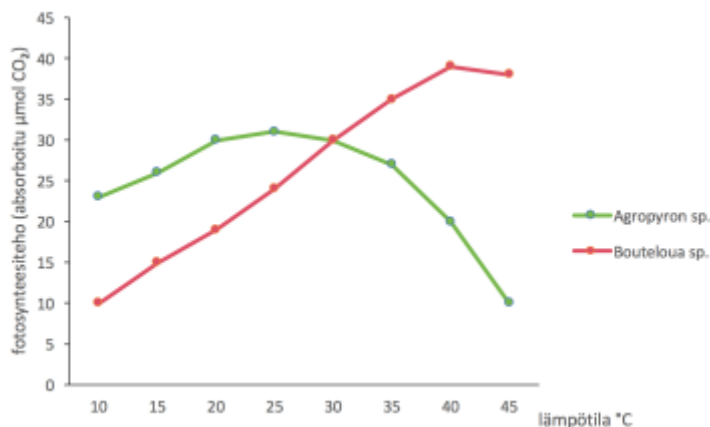
Koeputkessa, jossa ei ole vesikasvia, vesi on edelleen kellertävää.

Alumiinifoliolla peitettyssä koeputkessa vesi on kellertävää, vaikka siinä on vesikasvi. Vesikasvissa ei tapahdu fotosynteesiä, koska se ei saa valoa.

Koeputkessa, jossa on vesikasvi eikä alumiinifoliota, vesi on sinertävää, koska kasvi on käyttänyt vedessä olevan hiilidioksidin fotosynteesiinsä.

9. Fotosynteesin tehokkuus ja sen tutkiminen

a.



b. *Agropyron sp.* 30,5 ja *Bouteloua sp.* 21

c. *Bouteloua*, koska sen fotosynteesitehokkuus kasvaa lämpötilan noustessa ja optimi on +40°C. Se ei myöskään pysty yhteyttämään yhtä tehokkaasti alhaisissa lämpötiloissa kuin *Agropyron*. *Agropyronin* fotosynteesitehon optimilämpötila on 25°C eli se on sopeutunut kasvamaan viileämmässä ilmastossa.

d. Lämpötilan noustessa fotosynteesissä tarvittavien entsyymien kolmiulotteinen rakenne tuhoutuu, jolloin ne eivät enää pysty katalysoimaan reaktiota. Korkeassa lämpötilassa myös kasvin soluhengitys kiihtyy, ja kasvi kuluttaa enemmän glukoosia kuin ehtii sitä valmistamaan.

- e. Hiilidioksidipitoisuus: Mitä enemmän hiilidioksidia on, sitä tehokkaammin kasvi yhteyttää.
Veden määrä: Vesi on fotosynteesin toinen lähtöaine.
Ravinteet: Niitä tarvitaan veden pilkkomisessa valoreaktioissa.
Valon aallonpituus: punainen ja sininen valo on yhteyttämisen kannalta tehokkainta.

10. Valon vaikutus fotosynteesiin

Opiskelijan oma vastaus

Tehtävien ratkaisut

1. Fotosynteesi ja soluhengitys

	fotosynteesi	soluhengitys	molemmat
a. tapahtuu kasvisoluissa			X
b. tapahtuu eläinsoluissa		X	
c. tapahtuu leväsoluissa			X
d. tapahtuu sienisoluiissa		X	
e. tapahtuu syanobakteereissa			X
f. tarvitsee happea		X	
g. lopputuotteena syntyy happea	X		
h. tapahtuu vain valossa	X		
i. energiaa sitoutuu glukoosiin	X		
j. energiaa vapautuu solujen käyttöön		X	
k. tarvitsee hiilidioksidia	X		
l. lopputuotteena syntyy hiilidioksidia		X	
m. lopputuotteena syntyy vettä		X	

2. Viherhiukkasen ja mitokondrion vertailu

	viherhiukkanen	mitokondrio
rakenne	<ul style="list-style-type: none"> - kaksinkertaisen kalvon ympäröimä - sisällä yhteyttämiskalvostoja ja nestemäinen väli-tila - yhteyttämisväriaineita - DNA:ta ja ribosomeja 	<ul style="list-style-type: none"> - kaksinkertaisen kalvon ympäröimä - sisäkalvo poimuttunut - rengasmaista DNA:ta ja ribosomeja
tehtävä	<ul style="list-style-type: none"> - fotosynteesi - valoenergian muuntaminen glukoosin sidosenergiaksi 	<ul style="list-style-type: none"> - soluhengitys - glukoosin sidosenergian muuntaminen soluille käyttökelpoisessa muodossa olevaksi ATP-molekyylien sidosenergiaksi
minkä eliöiden soluissa esiintyy	<ul style="list-style-type: none"> - kasvit - levät 	<ul style="list-style-type: none"> - kasvit - sienet - alkueliöt - eläimet
alkuperä	Kehittyneet syanobakteereista, jotka elivät mutualistisessa suhteessa tumallisten solujen sisällä	Kehittyivät bakteereista, jotka elivät mutualistisessa suhteessa tumallisten solujen sisällä

3. Soluhengityksen ja maitohappokäymisen vertailu

	soluhengitys	maitohappokäyminen
tapahtumapaikka solussa	<ul style="list-style-type: none"> • solulimassa glykolyysi • mitokondriossa sitruunahappokierto ja elektroninsiirtoketju 	<ul style="list-style-type: none"> • solulimassa
hapentarve	<ul style="list-style-type: none"> • tarvitaan happea, aerobinen 	<ul style="list-style-type: none"> • ei tarvita happea, anaerobinen
ATP-molekyylejä/ glukoosimolekyylä	<ul style="list-style-type: none"> • max 30-32 	<ul style="list-style-type: none"> • vain 2
reaktioiden lopputuotteet	<ul style="list-style-type: none"> • vesi ja hiilidioksidi 	<ul style="list-style-type: none"> • maitohappo

4. Energiaa soluille

- Kissan lihassolu:** ravinto sisältää energiaa, ravintoaineet pilkkoutuvat ruuansulatuselimistössä soluille käyttökelpoiseen muotoon ja niiden kemiallinen energia muutetaan lihassolun soluhengityksessä ATP-molekyylin sidosenergiaksi. Hapettomissa oloissa energian vapautuminen tapahtuu maitohappokäymisessä.
- Kissankellon lehden solu:** Auringon valoenergiaa sitoutuu fotosynteesissä glukoosin kemialliseksi sidosenergiaksi. Soluhengityksessä muutetaan glukoosin sisältämä energia ATP-molekyylin sidosenergiaksi.
- Kissankellon juuren solu:** lehden solujen fotosynteesissä syntynyttä glukoosia kuljetetaan johtojänteiden nilaosaa pitkin juuren soluille. Glukoosin energia muutetaan soluhengityksessä ATP-molekyylin sidosenergiaksi.
- Jäkälän leväosakkaan solu:** Auringon valoenergia sitoutuu fotosynteesissä glukoosin energiaksi. Se muutetaan soluhengityksessä ATP-molekyylin sidosenergiaksi.
- Jäkälän sieniosakkaan solu:** elää symbioosissa leväosakkaan kanssa, jolta saa glukoosia. Soluhengityksessä glukoosin energia muutetaan ATP-molekyylin sidosenergiaksi.
- Hajottajabakteerin solu:** kuollut orgaaninen aines, jota hajottajabakteeri hajottaa, sisältää energiaa. Tämä energia muutetaan soluhengityksessä ATP-molekyylin sidosenergiaksi.

5. Hiivasolun reaktioita



- a. Niin kauan kun lasipullossa on happea, hiivasoluissa tapahtuu soluhengitystä. Soluhengityksessä on seuraavat vaiheet: 1. glykolyysi, jossa glukoosi hajoaa palorypälehappomolekyyleiksi, 2. sitruunahappokierto ja elektroninsiirtoketju. Soluhengityksessä glukoosin energia muuntuu hiivasoluille käyttökelpoiseen muotoon, ATP-molekyylien sidosenergiaksi. Glukoosimolekyyliä kohti muodostuu 30-32 ATP-molekyyliä. Soluhengityksessä syntyy lisäksi vettä ja hiilidioksidia. Hiilidioksidia poistuu soluista ilmapalloon ja siksi ilmapakko laajenee. Kun lasipullossa happi loppuu lasipullosta, glukoosin energiaa muuntuu ATP-molekyylien sidosenergiaksi anaerobisesti alkoholikäymisessä, jossa syntyy vain kaksi ATP-molekyyliä glukoosimolekyyliä kohden. Myös käymisreaktio alkaa sokerin hajoamisella eli glykolyysillä. Siinä syntyneet palorypälehappomolekyylit muuttuvat etanoliksi, jolloin syntyy myös hiilidioksidia. Hiilidioksidia poistuu soluista ilmapalloon.
- b. Ilmapallo ei laajene enää lisää 3-4 päivän kuluttua, koska hiivasolujen aineenvaihdunnassa syntyy haitallisia aineita, joita kertyy lasipulloon. Ne vaikuttavat hiivasolujen aineenvaihduntaan ja lisääntymiseen. Myöskään energialähteen eli sokerin loputtua alkoholikäyminen ei ole enää mahdollista.

6. Maahengityksen osoittaminen

Opiskelijan oma vastaus.

7. Tasalämpöisen ja vaihtolämpöisen eläimen soluhengityksen tutkiminen

Opiskelijan oma tutkimus.

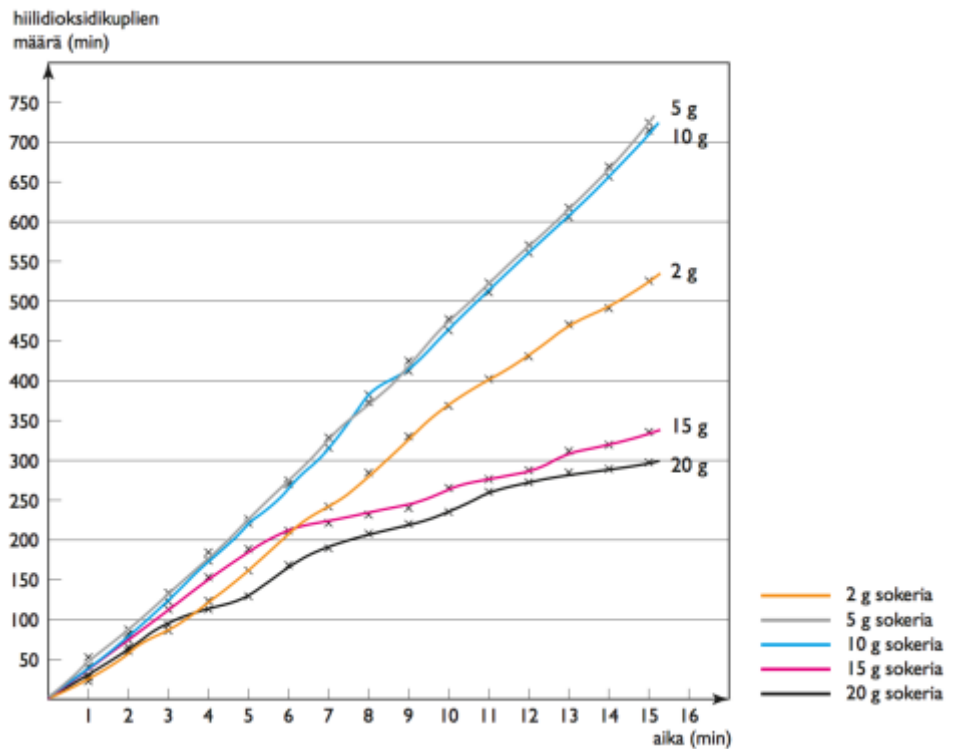
8. Sokeripitoisuuden vaikutus leiviniivan toimintaan

Opiskelijan oma tutkimus.

Suuntaa-antavat tulokset alla:

Hiilidioksidin yhteenlaskettu määrä ajan funktiona

min \ g	0	2	5	10	15	20
1	0	31	52	48	32	35
2	0	32	45	45	42	30
3	0	32	47	47	38	30
4	0	33	45	45	40	25
5	0	40	45	45	30	23
6	0	41	47	46	25	22
7	0	40	47	47	18	20
8	0	40	48	47	12	23
9	0	45	48	46	11	18
10	0	44	49	48	14	16
11	0	35	49	49	13	16
12	0	32	45	47	13	13
13	0	32	50	50	15	11
14	0	30	50	52	15	10
15	0	28	55	55	17	8



Tehtävien ratkaisut

1. Käsitteitä

Kohta d. Passiivinen kulkeutuminen. Kaikki muut kohdat ovat passiivisen kulkeutumisen muotoja.

2. Solukalvon rakennetta ja toimintaa



- Kuvasta tulee ilmetä, että solukalvo koostuu kahdesta fosfolipidikerroksesta. Molempien kerrosten fosfolipidimolekyylien hydrofobiset häntäosat osoittavat toisiaan, ja ne muodostavat solukalvon sisustan. Solukalvon rajapinnat muodostuvat fosfolipidimolekyylien hydrofiilisistä päistä. Edelleen piirroksessa tulee näkyä erilaiset proteiinit (reseptorit hiilihydraattiketjuineen, kantajaproteiinit, ionikanavat).
- Avustettu (helpotettu) diffuusio on aineiden passiivista kulkeutumista solukalvon läpi kantajaproteiinien avulla tai ionikanavien läpi. Avustetussa diffuusiossa ei tarvita energiaa. Aktiiviseen kuljetukseen tarvitaan energiaa, jota saadaan ATP:stä. Sen avulla aineita voidaan siirtää solukalvon kantajaproteiinien kautta pienemmästä pitoisuudesta suurempaan pitoisuuteen.

3. Suolan vaikutus soluihin



- Vettä siirtyy osmoosin kautta (diffuusio solukalvon läpi) siihen suuntaan, jossa liuos on väkevämpää. Kuvan 1 tilanteessa punasolun ulkopuolinen liuos on laimeampi kuin solulima, jolloin vettä virtaa soluun sisään ja solu hajoaa. Kuvan 2 tilanteessa soluliman ja liuoksen väkevyydet ovat yhtä suuret, jolloin solun vesipitoisuus ei muutu. Kuvassa 3 solun ulkopuolisen liuoksen pitoisuus on suurempi kuin solun. Tällöin vettä virtaa solusta ulospäin, ja solu kutistuu kasaan.
- Jos nestehukasta kärsivälle potilaalle annettaisiin puhdasta vettä, punasolut voisivat vaurioitua kuvan 1 osoittamalla tavalla. Noin 0,9 %:n suolaliuos (fysiologinen suolaliuos) vastaa kuvan 2 tilannetta, mikä on solujen toiminnan kannalta tavoiteltavaa.
- Kuivilla alueilla maa suolaantuu, kun kasteluveden sisältämä vähäinen suola vähitellen kertyy maaperään veden haihtuessa. Kasteluvesi voi myös ylläpitää pohjavedestä kapillaarivetenä tulevaa haihtumisvirtausta, jonka mukana suola niin ikään jää maahan veden haihtuessa kuivassa ilmastossa. Kasvien juurissa solun ulkopuolisen liuoksen suolapitoisuus vaikuttaa solun kykyyn ottaa vettä. Jos maa on suolaantunut, niukkaan suolaan sopeutuneiden viljelykasvien vedenotto häiriintyy ja sato pienenee. Suolalla voi olla myös muita, myrkyllisiä vaikutuksia kasveihin.

4. Perunaviipaleet eri liuksissa

Kymmenen leikattua perunaviipaletta punnittiin ja asetettiin sen jälkeen kymmeneen eri väkevyyttä olevaan sokeriliuokseen. Kolmenkymmenen minuutin kuluttua ne otettiin pois liuoksesta ja punnittiin. Painonmuutos laskettiin prosentteina.

a. Mikä ilmiö aiheutti painonmuutokset?

Osmoosi eli veden (liuottimen) siirtyminen puoliläpäisevän solukalvon läpi laimeammasta liuoksesta väkevämpään liuokseen.

b. Vertaile viipaleita A ja B. Mitä eroa niissä on?

Perunaviipale A on huomattavasti painavampi kuin viipale B. Perunaviipale A on ollut liuoksessa, jonka väkevyys on 0,1 M. Tällöin ulkopuolella oleva liuos on laimeampi kuin solun sisällä oleva liuos (solulima), joten vettä siirtyy perunan soluihin, jotka turpoavat. Perunaviipale B on ollut liuoksessa, jonka väkevyys on 0,4 M. Solun ulkopuolinen liuos on tuolloin väkevempi kuin solun sisällä oleva liuos, joten vettä siirtyy solusta ulkopuoliseen liuokseen ja solut menettävät painoaan (vettä).

c. Mikä selittää niiden välisen eron?

Solun ulkopuolisten liuosten konsentraatioerot suhteessa solun sisäiseen konsentraatioon.

d. Päättelä käyrän avulla, missä sokeripitoisuudessa perunaviipaleiden painossa ei tapahdu muutosta.

Painon muutos on nolla, kun sokeriliuoksen konsentraatio on 0,25 M. Tästä voidaan päätellä, että soluliman väkevyys on 0,25 M. Vettä siirtyy yhtä paljon solusta sisään ja sieltä ulos, joten perunaviipaleen paino ei muutu.

5. Aineiden kulkeutuminen

a. Miksi verenkiertoon tiputuksessa annettavan NaCl-suolaliuoksen on oltava väkevyydeltään 0,9 %?

Veri on saman väkevyyttä. Jos annettava suolaliuos olisi väkevämpää tai laimeampaa, veren soluissa tapahtuisi osmoosia.

b. Miksi kasveja ei pidä kastella merivedellä?

Kasvi kuivuu, koska juurten joutuessa meriveden väkevään ympäristöön ne veden ottamisen sijaan menettävät vettä.

c. Miksi vedenjuontikilpailu on huono idea?

Ylenmääräinen veden nauttiminen laimentaa verta, jolloin vettä siirtyy liikaa soluihin. Tästä aiheutuu vesimyrkytys.

6. Osmoosi ja veden otto

Kokeen muuttujana on veden sokeripitoisuus, jota vaihdellaan keitinlasissa. Dialyysiletkestä tehdään solumalli pipetin alapäähän. Erilaisissa sokeripitoisuuksissa pipetissä oleva vesipatsas on vaihtelevan korkuinen.

7. Osmoosi punasipulin soluissa

Suola- tai sokeriliuokseen upotetussa näytteessä tapahtuu plasmolyysi eli solulima repeytyy irti soluseinästä.

8. Väkevyyden vaikutus punasipulin soluihin

Opiskelijan oma tutkimus. Ei mallivastausta.

9. Solukalvon mallintaminen

Opiskelijan oma tutkimus. Ei mallivastausta.

Tehtävien ratkaisut

1. Entsyymiaktiivisuus ja substraatin määrä

Entsyymimolekyylejä on solussa vain tietty määrä. Kun substraattien määrä lisääntyy, tulee jossain vaiheessa vastaan se raja, että entsyymimolekyylejä ei riitä kaikille substraateille.

2. Pyykinpesujauheen pesuteho

Taulukko A: Entsyymejä sisältävä pyykinpesujauhe poistaa tahrat tehokkaammin kuin sellainen, joka ei sisällä entsyymejä. Entsyymit toimivat katalyytteina eli nopeuttavat likatahrojen orgaanisten aineiden hajoamista, jolloin lika irtoaa kankaasta. Kun entsyymejä sisältävää pyykinpesujauhetta oli keitetty, sen pesuteho oli samaa tasoa kuin entsyymejä sisältämättömän, koska keittämisen vaikutuksesta entsyymit denaturoituivat eivätkä enää toimineet.

Taulukko B: Lämpötila vaikuttaa entsyymien toimintaan, sillä ne toimivat parhaiten tietyssä optimilämpötilassa. Pyykinpesujauheessa käytetyn entsyymin optimilämpötila on tutkimustulosten perusteella 40–50 °C. Lämpötilan noustessa ja laskiessa entsyymien toiminta hidastuu, koska sen proteiinimolekyylin rakenne muuttuu.

3. Malli entsyymien rakenteesta ja toiminnasta

Oppilaan oma projekti, ei mallivastausta.

4. Tuholaismyrkköjä pilkkova entsyymi

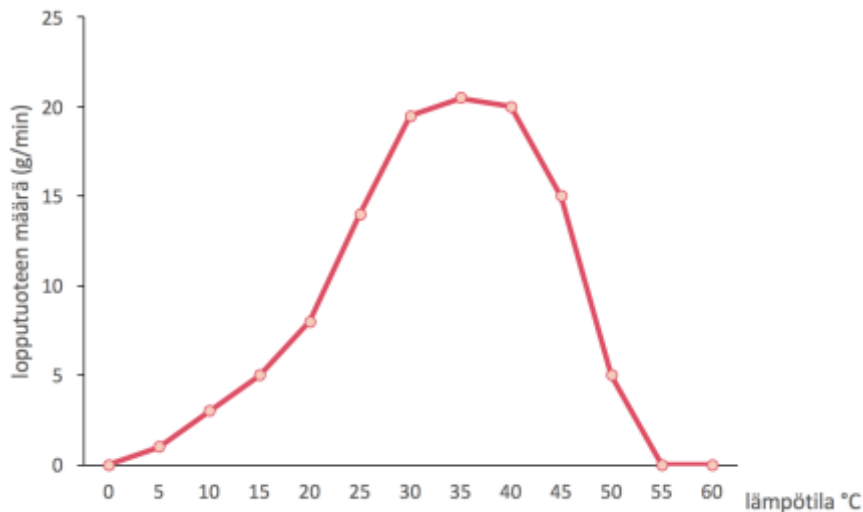
- a. Ei-resistentit kärpäset toimivat kontrolliryhmänä. Resistentit kärpäset jaettiin kahteen ryhmään sen vuoksi, että pystyttiin tutkimuksen avulla selvittämään, oliko resistenttisyys syy PM-entsyymien tehokkaammassa toiminnassa eli että oliko tutkijoiden hypoteesi oikein.
- b. Inhibiittori on molekyyli, joka pysäyttää entsyymien toiminnan väliaikaisesti. Inhibiittori voi kiinnittyä entsyymien aktiiviseen kohtaan, minkä seurauksena substraatti ei pysty kiinnittymään siihen. Inhibiittori voi myös kiinnittyä johonkin toiseen kohtaan entsyymimolekyylillä, mikä muuttaa aktiivisen kohdan muotoa eikä substraatti voi kiinnittyä siihen. Kun inhibiittori irtoaa entsyymistä, on entsyymi taas toimintakykyinen.

- c. Tutkijoiden hypoteesi piti paikkaansa. Kuolleisuus siinä karpäsryhmässä, joka oli käsitelty PM-inhibiittorilla, oli suurempi kuin resistenteillä karpäsillä. PM-inhibiittori oli siis estänyt PM-entsyymin toiminnan eivätkä karpäset pystyneet pilkkomaan tuholaismyrkkyä vaarattomaksi ja siksi kuolivat. Resistenteillä karpäsillä PM-entsyymi toimi tehden tuholaismyrkyn vaarattomaksi

5. Entsyymien toiminta



a.



- b. Entsyymien optimilämpötila on +37 °C, koska kyseisessä lämpötilassa entsyymien katalysoima reaktio on nopeimmillaan. Tästä voi päätellä, että kyseessä on jonkin tasalämpöisen eläimen, esimerkiksi ihmisen, entsyymi. Tasalämpöisten eläinten ruumiinlämpö on yleisimmin +37 °C joten niiden entsyymit toimivat tässä lämpötilassa tehokkaimmin.
- c. Kun lämpötila nousee yli +45 °C:een entsyymien toiminta alkaa hidastua ja se lakkaa kokonaan +55 °C:ssa. Syynä on entsyymien kolmiulotteisen proteiinin rakenteen tuhoutuminen. Kyseessä on peruuttamaton tapahtuma.
- d. Muita entsyymien toimintaan vaikuttavia tekijöitä ovat happamuus (pH), inhibiittorit, substraatin määrä sekä kofaktorit.

6. Maito ja energiajuoma

- a. Energiajuomat ovat erittäin happamia. Niiden pH-arvo vaihtelee välillä 2,5–4. Maidon pH on noin 6,5 eli neutraali.

- b. Maidon proteiinit denaturoituvat energiajuoman happamuuden vaikutuksesta, mikä näkyy maidon saostumisena.

7. Entsyimin toiminnan tutkiminen

A.

1. Katalaasi hajotti vetyperoksidin vedeksi ja hapeksi. Reaktio näkyy koeputkessa valkeana vaahtona. Reaktiossa vapautuu lämpöä, joten koeputken ulkopinta on reaktion jälkeen lämpimämpi kuin ennen reaktiota.
2. Koeputkeen 2 kaadettu neste on vettä. Kun siihen lisätään uusi maksapala, reaktiota ei tapahdu, koska vetyperoksidi on jo hajonnut.
3. Kun koeputkeen 1 lisätään maksapalan päälle uutta vetyperoksidia, syntyy taas valkeaa vaahtoa. Maksapalassa on vielä jäljellä katalaasia, ja se hajottaa vetyperoksidin vedeksi ja hapeksi.
4. Opiskelijan oma vastaus

B.

Katalaasi toimii parhaiten 37 °C:n lämpötilassa eli se on katalaasin optimilämpötila. Entsyimin toiminta hidastuu lämpötilan laskiessa, mutta ei lakkaa kokonaan edes lämpötilan ollessa 0 °C. Kun maksapala keitetään, katalaasientsyymi denaturoituu: sen kolmiulotteinen rakenne aukeaa ja aminohappoketju suoristuu, minkä seurauksena entsyymi menettää toimintakykynsä. Tapahtuma on peruuttamaton.

C.

Opiskelijan oma vastaus.

8. Juuston ja heran valmistus

- a. Koska silloin maidon proteiinit denaturoituvat.
- b. Juustonjuoksutin sisältää entsyymejä, esimerkiksi kymosiinia, jotka katalysoivat maidon kaseiiniproteiinien pilkkoutumista, mikä näkyy maidon saostumisena.
- c. Siinä astiassa, johon on lisätty laktaasitabletti, maidon laktoosi on hajonnut glukoosiksi ja galaktoosiksi laktaasientsyymien vaikutuksesta. Glukoosiliuskan väri antaa siis positiivisen tuloksen. Siinä astiassa, johon ei ole lisätty laktaasitablettia, laktoosi on säilynyt hajoamatta eli astiassa ei ole glukoosia.

Tehtävien ratkaisut

1. Geenistä proteiiniksi

DNA:n koodaavan juosteen emäsjärjestys on ATG CCG GGA TAA ATA TTA A

- a. Mikä on DNA:n mallijuosteen emäsjärjestys?

TAC GGC CCT ATT TAT ATT

- b. Mikä on syntyvän lähetti-RNA:n emäsjärjestys?

AUG CCG GGA UAA AUA UAA

- c. Mitkä ovat siirtäjä-RNA-molekyylien vastinemäskolmikot?

UAC, GGC, CCU, AUU, UAU, AUU

- d. Mikä on syntyvän proteiinin aminohappojärjestys tämän DNA-jakson osalta?

metioniini – proliini – glysiini – lopetuskolmikko

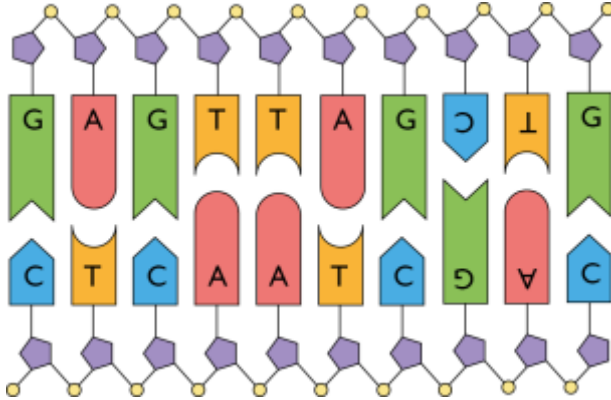
(Ilman lopetuskolmikkoa tämän jälkeen tulisi vielä isoleusiini ja leusiini)

2. Nukleiinihapon emäkset

- a. Koska tymiiniä oli 18 %, myös sen vastinemästä eli adeniinia oli 18 %. Niiden yhteenlaskettu %-määrä on 36 %. Emästen yhteismäärä on 100 %, ja kun siitä vähennetään 36 %, saadaan tulokseksi 64 %, mikä on jäljelle jääneiden emästen, sytosiinin ja guaniinin yhteismäärä. Niitä on saman verran, koska ne ovat toistensa vastinemäket. Sytosiinia on 64:2 eli 32 %, samoin guaniinia.
- b. Kyse on DNA:sta, koska yksi sen neljästä emäksestä on tymiini. RNA:ssa ei ole tymiiniä.

3. DNA-molekyylin nukleotidit

a. Esimerkiksi:



b. Oppilaan oma projekti, ei mallivastausta.

4. Emäskolmikot

- metioniini – glutamiini – proliini - alaniini
- CGA
- AUC
- Isoleusiini-aminohappoa
- UCU, UCC,UCA tai UCG
- UAC koodaa tyrosiinia, ja sytosiinin muuttuminen guaniiniksi muuttaa emäskolmikon lopetuskolmikoksi UAG. Proteiinisynteesi loppuisi kesken, eikä toimivaa proteiinia syntyisi.

5. DNA:n eristys mansikasta

Ei mallivastausta

6. Munasta perhoseksi

- a. Toukan kudosten sisältämä tietty proteiini hajotetaan aminohapoiksi. Toukan geeneissä on ohjeet kotelon ja perhosen rakentamiseksi. Uudet proteiinit rakennetaan geenien ohjaamina proteiinisynteesissä. Tumassa syntyy ensin esiaste-RNA, josta silmukoinnin jälkeen syntyy lähetti-RNA. Lähetti-RNA:n emäsjärjestykseen on kopioitunut tietyn proteiinin rakennusohje siten, että yksi emäskolmikko vastaa tiettyä proteiiniin tulevaa aminohappoa. Lähetti-RNA siirtyy tumasta ulos ja kiinnittyy ribosomille. Siirtäjä-RNA-molekyylit järjestävät aminohapot oikeaan järjestykseen aminohappoketjuksi. Siirtäjä-RNA-molekyylit kiinnittyvät –kaksi molekyylillä kerrallaan- lähetti-RNA:han omilla vastinemäskolmikoillaan ja jättävät kuljettamansa aminohapot aminohappoketjun kokoamispaikalle. Kun aminohappoketju on valmis, se muokataan ensin sekundaari- ja sitten tertiaarirakenteiseksi, ja on syntynyt valmis proteiini.
- b. Kotelovaiheen alussa kaikki kotelon kudokset hajoavat ja siksi myös RNA:n määrä on pieni. Sitten kotelossa alkaa uusien, kotelovaiheessa tarvittavien proteiinien valmistus. Siihen tarvitaan RNA-molekyylejä, joten RNA:n määrä nousee, kun kotelon ikä on 20 % sen kokoiästä. Toinen piikki RNA:n määrässä on kotelovaiheen lopussa, 80 % koko kotelovaiheen iästä, kun kotelo alkaa valmistautua perhosvaiheeseen ja tarvitaan taas uusia proteiineja.
- c. Entsyymi B katalysoi pyruvaatin muuttumista maitohapoksi eli osallistuu maitohappokäymiseen. Kyseisen entsyymin aktiivisuus on suurimmillaan, kun kotelon ikä on 0-6 vrk. Silloin kotelossa ei ole vielä ilmaputkia, eikä kotelo saa happea soluhengitykseensä. Kun ilmaputket ovat kehittyneet, kotelo saa tarvitsemansa energian soluhengitysreaktiosta. Sen yhtä vaihetta, sitruunahappokiertoa, katalysoi entsyymi A. Sen aktiivisuus lisääntyy selvästi, kun kotelo on saavuttanut kuuden vuorokauden iän. Siitä eteenpäin kotelon solujen energiantuotanto perustuu soluhengitykseen.

7. Geeni, lähetti-RNA ja intronit

- a. Intronit on geenin koodaavalla alueella oleva jakso, joka ei sisällä perinnöllistä informaatiota.
- b. Geeniin lasketaan mukaan sekä säätelyalue että koodaava alue. Lähetti-RNA:ssa on mukana pelkästään koodaavan alueen eksonit, eikä välttämättä niistäkään kaikkia.
- c. Vaihtoehtoinen silmukointi tarkoittaa sitä, että intronien lisäksi esiaste-RNA:sta voidaan poistaa myös osa eksoneista. Siten samasta geenistä saadaan tuotettua erilaisia lähetti-RNA-molekyylejä ja erilaisia proteiineja.
- d. $2400:3 = 800$ emäskolmikkoo \rightarrow 799 aminohappoa sekä lopetusemäskolmikko.

Tehtävien ratkaisut

1. Bakterisolun ja tumallisen solun erot

tyypilliset piirteet	bakteerisolun	tumallinen solu
koko	pieni (kymmenesosa tumallisesta solusta)	isompi, 10-100 mikrometriä
soluelinten määrä	vähän, ei lainkaan kalvollisia soluelimiä	paljon erilaisia soluelimiä
perintöaineksen sijainti	solulimassa: yhdessä kromosomissa sekä plasmideissa	tumassa kromosomeissa sekä pieniä määriä mitokondrioissa ja viherhiukkasissa
soluseinän rakenne	koostuu mureiinista	kasvisolujen soluseinä koostuu selluloosasta, sienisolujen kitiinistä

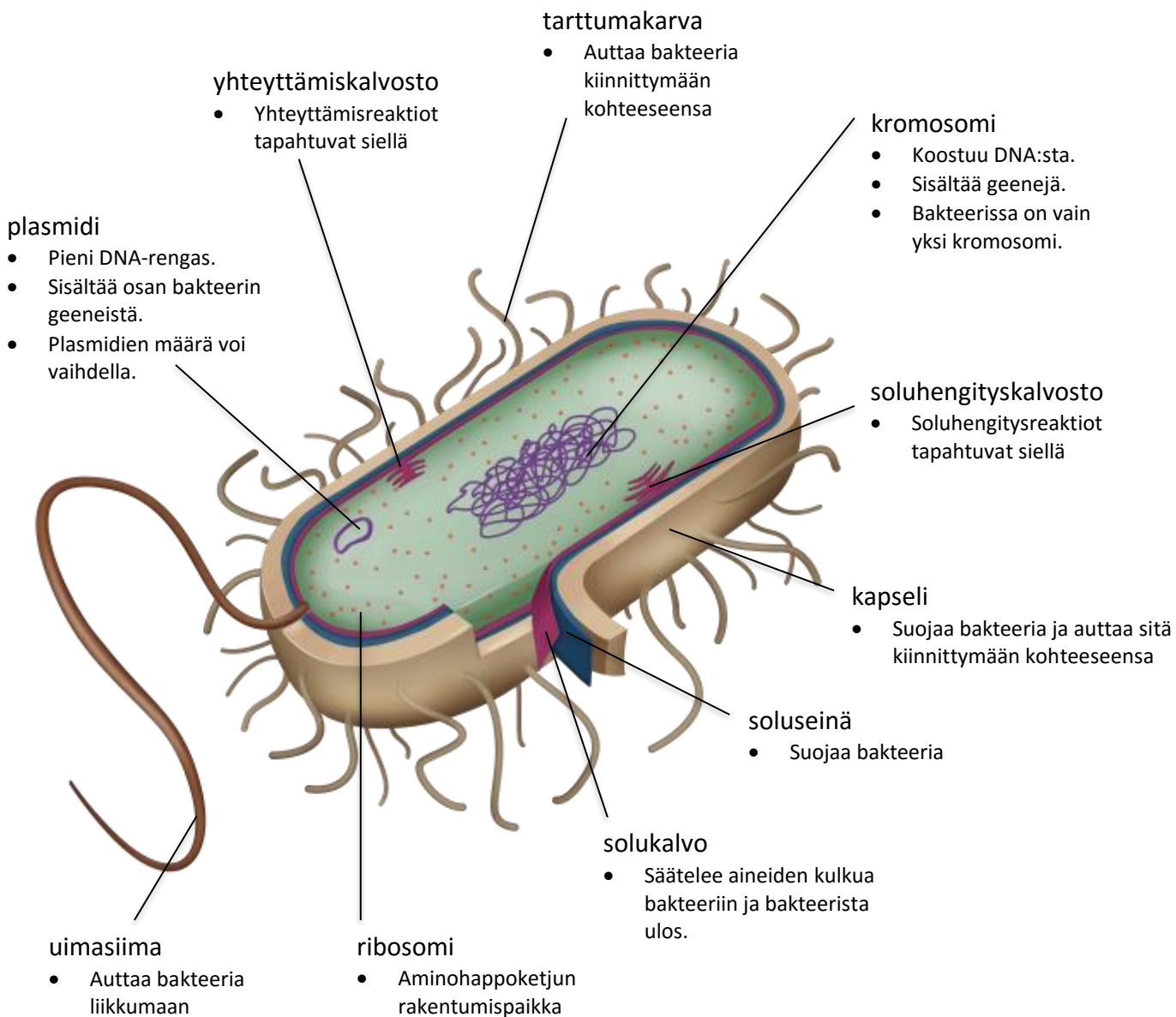
2. Solumalli

Opiskelijan oma vastaus.

3. Mitokondriot

- Mitokondriossa tapahtuu soluhengitys, jossa energiaa ladataan ATP-molekyyleihin. Soluhengitys on monivaiheinen reaktiosarja, jossa tarvitaan useita entsyymejä. Kun syanidi estää entsyymien toiminnan, ei ATP-molekyylejä lataudu eivätkä solut siten saa energiaa aineenvaihduntareaktioihinsa. Seurauksena on yksilön kuolema.
- Lihasten ja aivojen hermosolujen toiminta vaatii paljon energiaa, jota saadaan soluhengityksessä latautuneista ATP-molekyyleistä. Mitokondrioiden virheelliset geenit saavat aikaan sen, että soluhengitysreaktiot eivät tapahdu kunnolla eikä ATP-molekyylejä lataudu niin paljon. Siksi lihas- ja hermosolut kärsivät energian puutteesta, mikä näkyy häiriöinä niiden toiminnassa.

4. Bakterisolu



BIOS3

Luku 7 – Soluissa on yhtäläisyyksiä ja eroja

5. Solurakenteita

solurakenne	bakteeri-solu	sieni-solu	kasvi-solu	eläin-solu	solurakenteen tehtävä
tumakotelo		x	x	x	Rajaa tuman ja sisältää kromosomit.
tumajyvänen		x	x	x	Tuottaa ribosomi-RNA:ta.
kromosomi	x	x	x	x	Sisältävät geenit, jotka ohjaavat solujen toimintaa.
plasmidi	x	(x)*			Pieniä DNA-renkaita, jotka sisältävät osan geeneistä.
soluseinä	x	x	x		Tukee solua, suojaa sitä ja antaa sille muodon.
solukalvo	x	x	x	x	Kontrolloi aineiden pääsyä sisään ja ulos solusta.
kapseli	x				Suojaa solua ja auttaa sitä tarttumaan kohteeseensa.
ribosomi	x	x	x	x	Kokoavat aminohappoketjuja lähetti-RNA:n informaation perusteella.
Golgin laite		x	x	x	Muokkaa solussa valmistuvia proteiineja.
solulimakalvosto		x	x	x	Siinä valmistuu ja siinä kuljetetaan solussa valmistuvia aineita.
viherhiukkanen			x		Sitovat valoenergiaa ja muuntavat sen kemialliseksi energiaksi.
mitokondrio		x	x	x	Vapauttaa glukoosin energiaa solujen käyttöön hapen läsnä ollessa.
lysosomi		x		x	Hajottaa ja kierrättää solun aineita ja soluelimiä.
peroksisomi		x	x	x	Niiden sisältämät entsyymit pilkkovat haitallisia yhdisteitä.
vakuoli			x		Pilkkoo ja varastoi aineita, säätelee solun nestejännitystä.

*hiivasolussa

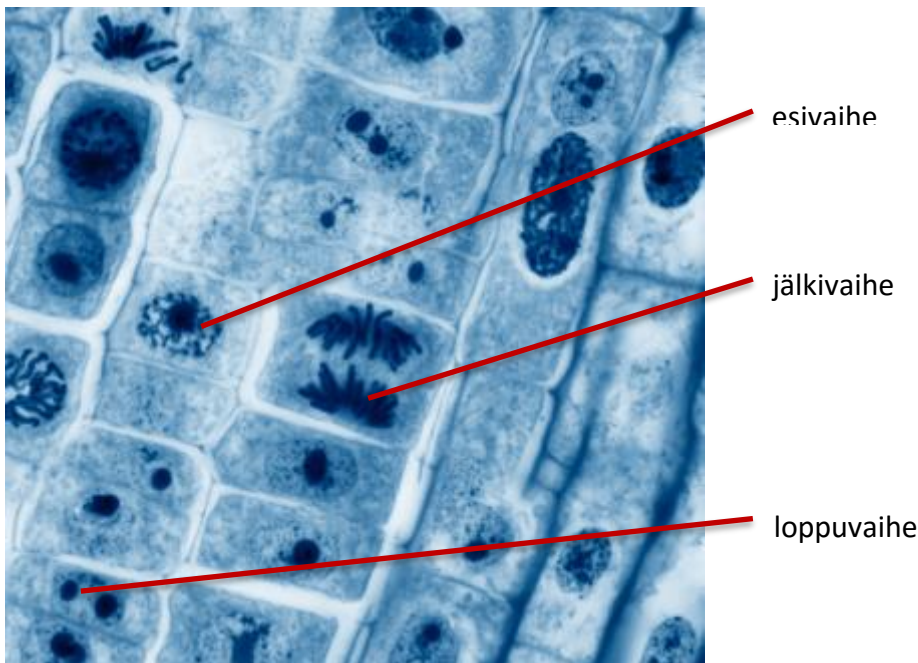
Tehtävien ratkaisut

1. Sipulin juuren jakautuvia soluja

- Näytteessä ei ole ollenkaan välivaiheessa olevia soluja. Esivaiheessa olevien solujen suuri määrä osoittaa sen, että solut jakautuvat nopeasti juuren kärjessä.
- Muissa soluissa olisi ollut runsaasti välivaiheessa olevia soluja.

2. Mitoosin vaiheet

- Kuvassa on esivaiheessa, jälkivaiheessa ja loppuvaiheessa olevia soluja.



- Välivaihe** on solun aktiivisen toiminnan aikaa. Silloin solu kasvaa, DNA kahdentuu, ja solu valmistautuu seuraavaan jakautumiseen.

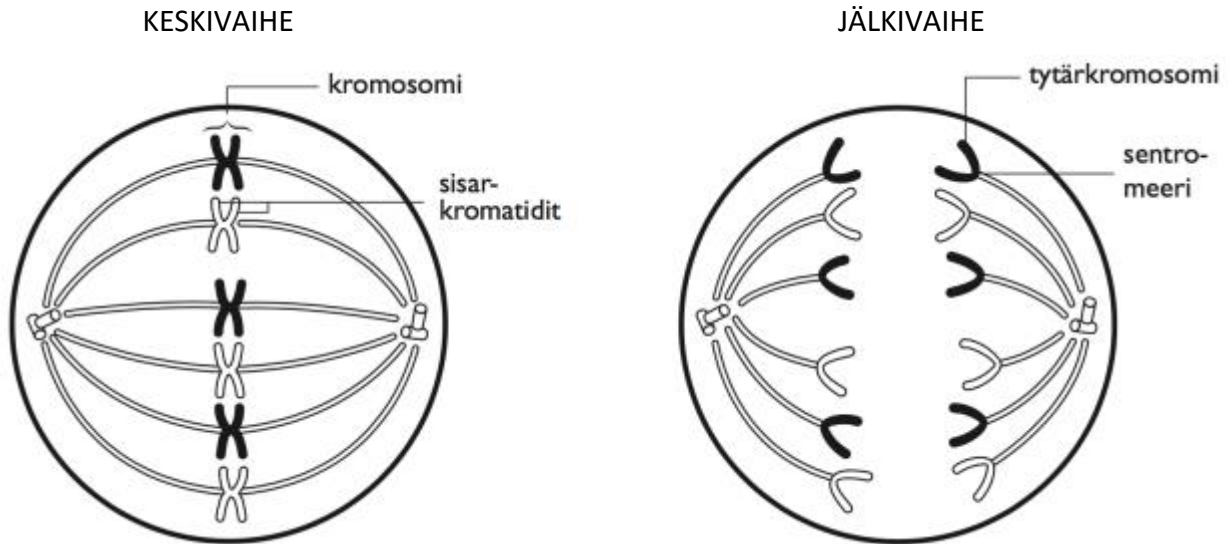
Esivaiheessa tumassa olevat kromatiinirihmat pakkautuvat. Kahdentuneessa kromosomissa sisarkromatidit ovat kiinni toisissaan sentromeerin kohdalta. Tumasukkula alkaa muodostua ja keskusjyväset liikkuvat solun vastakkaisille puolille.

Keskivaiheessa sukkularihmat kiinnittyvät kromosomien sentromeerikohtiin ja rihmat alkavat vetää sisarkromatideja irti toisistaan.

Jälkivaiheessa tytärokromosomit eli toisistaan irronneet sisarkromatidit siirtyvät sukkularihmojen vetäminä solun vastakkaisille puolille.

Loppuvaiheessa kromosomiryhmien ympärille muodostuu vähitellen tumakotelo. Solukalvo muodostuu syntyvien solujen ympärille ja lopputuloksena on kaksi täysin emosolun kaltaista solua.

3. Jakautuva solu



4. DNA:n määrä solusyklin eri vaiheissa

- Jakautumisen jälkeen solun elämänkierrossa seuraa uusi välivaihe. Välivaiheen aikana DNA kahdentuu.
- Se on välivaiheen loppupuoli, jolloin DNA on jo kahdentunut.
- Kyseessä on mitoosin loppuvaihe eli kahdentuneiden kromosomien sisarkromatidit ovat solun vastakkaisilla puolilla ja vähitellen niiden väliin muodostuu solukalvo eli myös solulima jakautuu.
- Kohdassa A, joka on juuri jakautuneesta solusta, on puolet C kohdan DNA määrästä. Jakautumisen jälkeen DNA on siis kahdentunut. Mitoosin aikana DNA:n määrä solussa puolittuu, kun kahdentuneiden kromosomien identtiset sisarkromatidit siirtyvät sukkularihmojen vetäminä syntyviin kahteen soluun.

5. Mitoosin vaiheet sipulin juurisoluissa

Tutkimustehtävä, ei mallivastausta.

6. DNA:n kahdentumisen tutkiminen

Bakteereja kasvatettiin ensin kasvatusalustalla, jossa oli raskasta tyyppiä N^{15} . Koska bakteereja kasvatettiin monta sukupolvea, DNA:n emäsosat sisälsivät vain tätä raskaan tyyppien muotoa (sukupolvi 0). Tämän jälkeen bakteerit siirrettiin kasvatusalustalle, jossa oli kevyempää N^{14} -typpiä. Ensimmäisen jakautumisen jälkeen jokaisessa kaksoisjuosteessa toinen juoste sisältää N^{15} ja toinen juoste N^{14} eli niitä voidaan sanoa ”hybrideiksi”. Siksi ensimmäisessä sukupolvessa sentrifugoinnin jälkeen DNA:n tiheys on pienempi kuin pelkkää N^{15} sisältävässä sukupolvessa 0, mutta suurempi kuin seuraavan sukupolven DNA:ssa. Toisen jakautumisen jälkeen 50 % juosteista sisältää pelkästään N^{14} -typpiä ja tästä eteenpäin jokaisen jakautumisen jälkeen DNA sisältää yhä enemmän N^{14} .

Tämän kokeen perusteella Meselson ja Stahl päättelivät DNA:n jakautuvan semikonservatiivisesti.

7. Kromosomien ja mitoosin mallintaminen

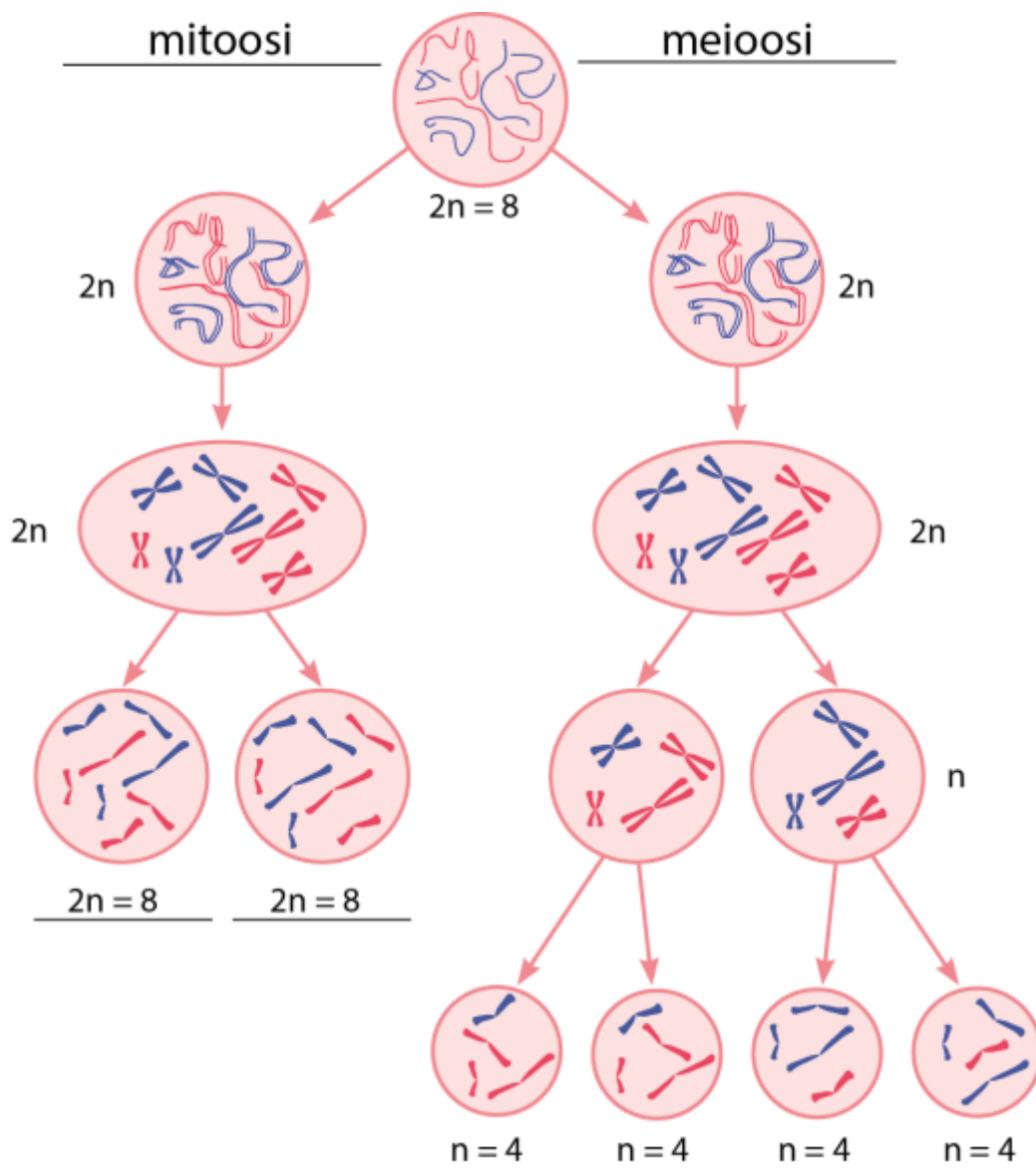
Opiskelijan oma työ. Ei mallivastausta.

Tehtävien ratkaisut

1. Meioosiin liittyviä käsitteitä

- a. Eläimillä sukupuolen määräävät sukupuolikromosomit, muita kromosomeja kutsutaan autosomeiksi. Ihmisen kromosomipareista numerot 1-22 ovat autosomeja ja 23. pari muodostuu sukupuolikromosomeista.
- b. Kaksinkertainen eli diploidinen kromosomimäärä sisältää molemmilta vanhemmilta perityt vastinkromosomit. Sukusoluissa kustakin kromosomiparista on vain toinen, ja tällöin kyseessä on haploidinen kromosomimäärä. Sukusolut ovat haploidisia.
- c. Eläinsoluissa on kaksi keskusjyvästä eli sentriolia. Niihin kiinnittyy sukkularihmoja tumanjakautumisen aikana. Sukkularihmat liikuttelevat kromosomeja ja ne vetävät vastinkromosomiparit ja tytärkromosomit erilleen.
- d. Sisarkromatideiksi kutsutaan DNA:n kahdentuessa muodostuneita kromatiinirihmoja, jotka ovat kiinni toisissaan sentromeerin kohdalta. Tytärkromosomi on sisarkromatidi, joka on sukkularihmojen vetämänä irronnut toisesta vastaavasta sisarkromatidista. Tytärkromosomi on mitoosin tai meioosin aikana siirtynyt syntyvään tytärsoluun. Vastinkromosomeilla tarkoitetaan kromosomipareja, jotka ovat samankaltaisia ja joista toinen on peritty toiselta vanhemmalta ja toinen toiselta.

2. Mitoosin ja meioosin vertaaminen

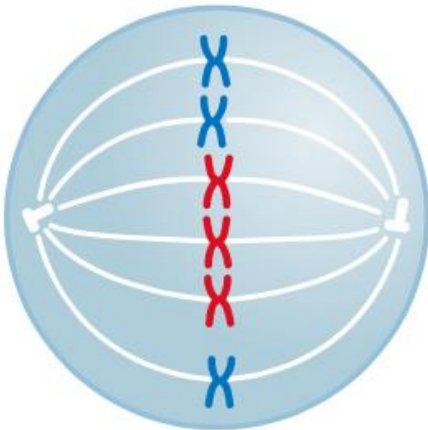


3. Kromosomiluvun merkitys

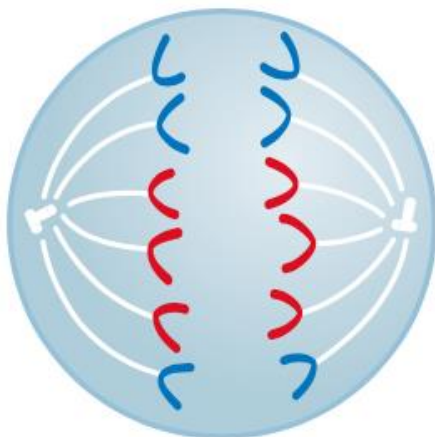
- a. DNA kahdentuu ennen solun jakautumista. Kahdentumisen seurauksena kromosomi koostuu kahdesta identtisestä sisarkromatidista eli tällöin kromosomi on kahdentuneena. Kaksinkertainen kromosomisto tarkoittaa, että jokaista peruskromosomiston kromosomia on solussa kaksi kappaletta. Kaksinkertaista kromosomistoa kutsutaan myös diploidiseksi kromosomistoksi ($2n$).
- b. Mitoosissa emosolusta syntyy kaksi identtistä tytärsolua. Tytärsolut ovat emosolun kaltaisia ja ne ovat kromosomistoltaan kaksinkertaisia eli diploidisia. Meioosissa yhdestä emosolusta syntyy neljä sukusolua. Niissä kussakin on vain toinen vastainkromosomeista eli sukusolujen kromosomisto on haploidinen.
- c. Meioosin vähennysjaon aikana.
- d. Sukusolujen yhtyessä kromosomiluku on taas diploidinen eli ilman puolittumista kromosomiluku kaksinkertaistuisi sukupolvi sukupolvelta.

4. Mitoosin ja meioosin vaiheet

Mitoosi



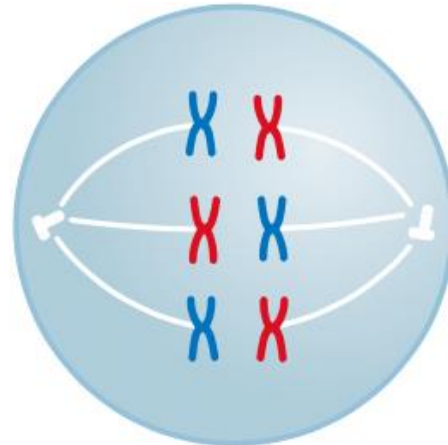
Jokaisen kromosomin sentromeeri-kohtaan tarttuu molemmilta puolilta sukkularihma. Tämän jälkeen kromosomit liukuvat sukkularihmojen vetäminä solun keskitasoon ja asettuvat riviin.



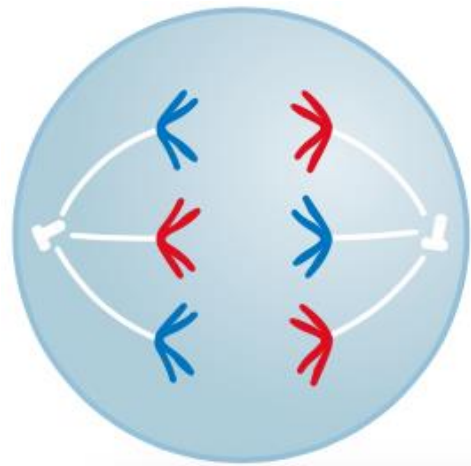
Sisarkromatidit irtoavat toisistaan sukkularihmojen vetäminä ja liukuvat solun vastakkaisille puolille.

Kromosomiluku 6

Meioosi



Jokaisen kromosomin sentromeeri-kohtaan tarttuu sukkularihma, joka ohjaa kunkin kromosomin vastinkromosominsa viereen solun keskitasoon.



Vastinkromosomit siirtyvät sukkularihmojen lyhentyessä solun vastakkaisille puolille. Kromosomit ovat edelleen kahdentuneita.

Kromosomiluku 3

5. Sukusolujen synty ihmisellä

- Diploidinen kromosomiluku on 46 ja haploidinen 23.
- 22 kpl.
- Meioosin vähennysjaon jälkivaihetta.
- Siittiöiden, koska vain siittiöissä esiintyy Y –kromosomi.

6. Kasvisolun mitoosi ja meioosi

Kuva A on mitoosista, koska kahdentuneet kromosomit ovat asettuneet yksittäin toisistaan riippumatta jakautumistasoon.

Kuva B on meioosin vähennysjaon keskivaihe, koska kromosomit ovat asettuneet jakotasoon pareittain. Vastinkromosomit muodostavat keskenään parin, josta meioosi sitten jatkuu.

Kuva C esittää meioosin tasausjaon keskivaihe, koska kromosomeja on puolet vähemmän kuin ensimmäisessä meioosin keskivaiheessa ja kromosomit asettuvat jakotasoon samoin kuin mitoosissa. Meioosi jatkuu siten, että lopputuloksena on puolittunut kromosomimäärä, eivätkä kromosomit ole enää kahdentuneina.

7. Sukusolujen synnyn mallintaminen

Oppilaan oma työ. Ei mallivastausta.

8. Solunjakautuminen

Kuva esittää meioosin vähennysjaon jälkivaihetta. Sukkularihmat vetävät vielä kahdentuneina olevat vastinkromosomit eri puolille jakautuvaa solua. Tätä ennen on tapahtunut tekijäinvaihduntaa (crossing over), joka näkyy piirroksessa eri väristen osien vaihtumisena sisarkromatidien välillä.

Tätä vaihetta on edeltänyt välivaihe. Välivaiheessa DNA kahdentuu, solussa rakentuu uusia soluelimiä ja aineenvaihdunta on vilkasta. Välivaiheen pituus riippuu solusta. Välivaiheen jälkeen on esivaihe, jolloin kahdentuneet sisarkromatidit pakkautuvat ja vastinkromosomit asettuvat pareittain. Keskusjyväset toimivat sukkularihmojen kiinnityskohtina ja toinen pää sukkularihmasta kiinnittyy kromosomien sentromeerikohtaan. Sukkularihmat liikuttavat kromosomeja koko meioosin ajan. Esivaiheen jälkeen seuraa keskivaihe, jolloin kromosomit asettuvat sukkularihmojen vetäminä solun keskitasoon kunkin vastinkromosomiparin kanssa.

Jälkivaiheessa kromosomiluku puolittuu ja solukalvon muodostuttua tuloksena on kaksi haploidista solua. Kromosomit ovat kuitenkin vielä kahdentuneina, joten ensimmäistä jälkivaihetta seuraa meioosin tasausjako.

Tasausjaossa kromosomit asettuvat ensin yksittäin jakotasoon (tasausjaon keskivaihe), jonka jälkeen seuraa tasausjaon jälkivaihe, jossa sukkularihmat vetävät sisarkromatidit erilleen. Tasausjaon seurauksena syntyy neljä sukusolua. Siittiöiden muodostuksessa syntyy neljä siittiösolua, mutta munasolujen muodostuessa kolme soluista on poistosoluja ja vain yksi on munasolu.

Tehtävien ratkaisut

1. Mutaatiotyyppejä

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Pistemutaatio | c. Nukleotidi korvautuu toisella. |
| 2. siirtymä | f. Kahdesta eri kromosomista on samanaikaisesti irronnut osa, ja osat vaihtavat paikkoja keskenään. |
| 3. liittymä | a. Kromosomista irronnut palanen siirtyy saman kromosomin eri paikkaan. |
| 4. monosomia | e. Kromosomistosta puuttuu yksi kromosomi. |
| 5. autopolyplodia | d. Lajin peruskromosomisto on moninkertaistunut. |
| 6. allopolyploidia | b. Monistunut peruskromosomisto on peräisin kahdesta eri lajista. |

2. Mutageenit

- Mutageeni on mutaatioita aiheuttava ympäristötekijä, esim. ionisoiva säteily ja monet kemikaalit.
- Röntgen- ja gammasäteily sekä UV-säteily ja radon.
- PAH-yhdisteet, tupakan savun karsinogeenit, kolkisiini, formaldehydi ja PCP-yhdisteet.

3. Lajiristeymä

- $2n$ tarkoittaa kromosomiluvultaan diploidia yksilöä, jolla on kaksi peruskromosomistoa (kaksi kpl kutakin kromosomia), $4n$ tarkoittaa tetraploidia kromosomistoa, jossa peruskromosomistoja on neljä.
- Risteymä (A) on steriili, koska sen kaksi peruskromosomistoa ovat peräisin kahdelta eri lajilta ja ovat siksi keskenään erilaiset. Kromosomit eivät löydä paria meiosisissa, vastinkromosomit eivät siis konjugoidu (ainakaan täydellisesti). Siksi ei synny kelvollisia sukusoluja.
- Risteymän on pystyttävä tuottamaan suvullisesti itsensä kaltaisia lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä.

- d. Kromosomit kahdentuvat ja jakautuvat, mutta tuma ja solu eivät jakaudu. Tätä tapahtuu monilla kasvilajeilla luonnostaan. Sukusolujen kromosomistojen moninkertaistuminen voidaan saada aikaan laboratorioissa esim. kolkisiinilla, joka estää sukkularihmaston muodostumisen meioosin aikana.

4. Ihmisen ja simpanssin kromosomit

- a. Simpanssin diploidinen kromosomiluku on 48. Ihmisen diploidinen kromosomiluku on 46.
- b. Kromosomimutaatioita on tapahtunut kaiken kaikkiaan kymmenessä kromosomissa.
- c. Kahdentuma: simpanssin kromosomi 13.
Kääntymä: ihmisen kromosomit 9 ja 18, simpanssin kromosomit 4, 5, 12, 15, 17.
Häviämä: ihmisen kromosomi 18.
Siirtymä: ihmisen kromosomi 1, simpanssi kromosomit 2, 13 ja 18.

5. DNA:n eristys mansikasta

- a. Sytosiinin vaihtuminen guaniiniksi aiheuttaa kysteiini-aminohapon muuttumisen tryptofaaniksi. Kyseessä on pistemutaatio. Kysteiinin puuttuminen tekee oksitosiinista toimimattoman.
- b. Myös nukleotidi TGT on kysteiinia vastaava emäskolmikko. Pistemutaatio ei siis aina muuta proteiinin aminohappokoostumusta.
- c. Jos ensimmäisestä emäskolmikosta (TGC) häviää guaniiniemäs, muuttuu koko oksitosiinin tuotantoa ohjaava geneettinen koodi ja sen seurauksena ainoastaan yksi aminohappo (CCC:tä vastaava proliini) säilyy. Oksitosiinihormonia ei synny.
- d. Oksitosiini on aivolisäkkeen takalohkon erittämä hormoni, joka vaikuttaa muun muassa maidoneritykseen ja kohdun seinämän lihaksiin synnytyksen aikana.

Tehtävien ratkaisut

1. Geeni ja alleeli

1. – b.
2. – c.
3. – b.
4. – c.

2. Albinismin periytyminen

Ensimmäisen risteytyksen tuloksista ilmenee, että mustan värin aiheuttava alleeli (V) dominoi albinismin alleelia (v), koska jälkeläisissä esiintyi vain mustia yksilöitä. Mustan marsun on hyvin suurella todennäköisyydellä oltava homotsygoottinen (VV), koska 12 jälkeläisestä yksikään ei ollut valkea. Toisen risteytyksen tuloksesta ilmenee, että mustan marsun tulee olla heterotsygoottinen (Vv), koska muuten ei ole mahdollista, että jälkeläisissä olisi resessiivistä piirrettä ilmentäviä valkoisia jälkeläisiä (vv).

3. Kanin karvan periytyminen

lyhytkarvaisuus = L ja pitkäkarvaisuus = l

P-polvi Ll x ll
 sukusolut L ja l
 jälkeläiset Ll (50 %) ja ll (50 %),
 lukusuhte 1:1

munasolut	L	l
siittiöt	L	l
L	Ll lyhytkarvainen	Ll lyhytkarvainen
l	Ll lyhytkarvainen	ll pitkäkarvainen

Lyhytkarvaisia 6 kpl ja pitkäkarvaisia 2 kpl, lukusuhte 3:1. Lukusuhte poikkeaa teoreettisesta jakaumasta. Syynä tähän on sattuma, jonka vaikutus korostuu näin pienessä jälkeläismäärässä.

4. Undulaattien höyhenet

a. Uroslinnut olivat genotyyppiä SS ja naaraat genotyyppiä ss. Päätelmä löytyy alta.

S = vihreän värin aiheuttava alleeli
s = sinisen värin aiheuttava alleeli

vanhemmat	fenotyyppi	vihreä	x	sininen
	genotyyppi	SS		ss
	sukusolut	S		s

jälkeläiset	fenotyyppi	vihreä
	genotyyppi	Ss

b.

fenotyyppi	vihreä	x	vihreä
genotyyppi	Ss		Ss
sukusolut	S ja s		S ja s

	munasolut	S	s
siittiöt			
S		SS vihreä	Ss vihreä
s		Ss vihreä	ss sininen

vihreitä sinisiä
3 : 1

Vihreitä ja sinisiä jälkeläisiä syntyy todennäköisesti lukusuhteessa 3 : 1.

- c. Testiristeytyksellä eli risteyttämällä vihreä lintu sinisen linnun kanssa. Mikäli jälkeläisistä puolet on sinisiä ja puolet vihreitä on vihreä lintu heterotsygoottinen eli genotyypiltään Ss.

fenotyyppi vihreä x vihreä
 genotyyppi Ss ss
 sukusolut S ja s s

siittiöt	S	s
munasolut	S	s
S	Ss vihreä	ss sininen
	vihreitä sinisiä	
	1 : 1	

Mikäli kaikki jälkeläiset ovat vihreitä, on vihreä lintu homotsygoottinen eli genotyypiltään SS.

5. Lapsen veriryhmä

Veriryhmää A olevan henkilön genotyyppi voi olla I_AI_A tai I_Ai.

Tapaus 1: vanhemmat genotyyppiä I_AI_A x I_AI_A

Kaikki lapset ovat veriryhmältään A eli todennäköisyys on 100 %.

Tapaus 2: vanhemmat genotyyppiä I_AI_A x I_Ai

siittiöt	I _A	i
munasolut	I _A	i
I _A	I _A I _A A-veriryhmä	I _A i A-veriryhmä

Kaikki lapset ovat veriryhmältään A eli todennäköisyys on 100 %.

Tapaus 3: vanhemmat genotyyppeä $I_A i$ x $I_A i$

siittiöt	I_A	i
munasolut	I_A	i
I_A	$I_A I_A$ A-veriryhmä	$I_A i$ A-veriryhmä
i	$I_A i$ A-veriryhmä	ii O-veriryhmä

A- ja O-veriryhmän lapsia syntyy 3:1 eli A-ryhmän todennäköisyys on 75 %.

Veriryhmä O: Jotta lasten joukossa voi olla veriryhmä-O:ta, tulee molemmilla vanhemmilla olla i-alleeli. Todennäköisyys on tällöin 25 % (katso edellinen taulukko).

Veriryhmä B: Ei mahdollinen, koska alleeli I_B on dominoiva i:n suhteen ja yhteisvallitseva alleelin I_A suhteen.

6. Letaalialleeli hevosella

- a. W = valkoinen
w = musta

musta ori x valkoinen tamma
ww x Ww

munasolut	W	w
siittiöt	w	w
w	Ww valkoinen	ww musta

Valkoisia ja mustia syntyy 1:1. Todennäköisyys 50 %.

- b. Kk x Kk risteytettiin useita kertoja. Jälkeläisiä saatiin lukuisissa risteytyksissä seuraavassa suhteessa: keltaisia ja harmaita hiiriä lukusuhteessa 2:1

munasolut	K	k
siittiöt	K	k
K	KK kuolee	Kk keltainen
k	Kk keltainen	kk harmaa

keltaisia harmaita
2 : 1

Selitys: Keltaisen värin aiheuttava alleeli (K) on letaali-alleeli. Siksi homotsygotit (KK) letaali-alleelin perineet kuolevat jo sikiöasteella. Eläviä jälkeläisissä on keltaisia hiiriä ja harmaita hiiriä lukusuhteessa 2:1.

8. Jälkeläisten lukusuhteet

- a. Kyseessä on takaisinristeytys eli kurttuusiemenninen (kk) risteytettiin heterotsygoottisen sileäsiemenisen yksilön kanssa (Kk).

K=sileä

k=kurttuinen

sileä x kurttuinen
Kk x kk

munasolut	K	k
siittiöt	K	k
k	Kk sileä	kk kurttuinen

Jälkeläisistä sileä- ja kurttuusiemennisiä 1:1.

106:102 vastaa tätä lukusuhdetta ja pieni ero jälkeläisten määrässä johtuu sattumasta.

- b. Kyseessä on välimuotoinen periytyminen eli heterotsygoottisella yksilöllä molemmat alleelit vaikuttavat ominaisuuteen.

C^P = punaisen värin aiheuttava alleeli, C^V = valkoisen värin aiheuttava alleeli

vaaleanpunainen x vaaleanpunainen
 $C^P C^V$ x $C^P C^V$

munasolut siittiöt	C^P	C^V
C^P	$C^P C^P$ punainen	$C^P C^V$ vaaleanpunainen
C^V	$C^P C^V$ vaaleanpunainen	$C^V C^V$ valkoinen

Punaisia, vaaleanpunaisia ja valkoisia syntyy lukusuhteessa 1:2:1.

- c. Hännättömyyden aiheuttaa letaali alleeli.

H = hännätön, h = hännällinen

hännätön kissa x hännätön kissa
Hh x Hh

munasolut siittiöt	H	h
H	HH kuolee	Hh hännätön kissa
h	Hh hännätön kissa	hh hännällinen

Hännättömiä ja hännällisiä syntyy lukusuhteessa 2:1.

9. Hevossiittolan omistajan ongelma

Punaruskea = V^P

Kerma = V^K

Voikko = Välimuotoinen, voikonvärinen ori = $V^P V^K$

Vaihtoehdot:

1. Punaruskea tamma $V^P V^P$
2. Kermanvärinen tamma $V^K V^K$
3. Voikonvärinen tamma $V^P V^K$

Tapaus 1:

siittiöt	V^P	V^K
munasolut	V^P	V^K
V^P	$V^P V^P$ punaruskea	$V^P V^K$ voikko

Todennäköisyys 50 % voikkoja ja 50 % punaruskeita.

Tapaus 2:

siittiöt	V^P	V^K
munasolut	V^P	V^K
V^K	$V^P V^K$ voikko	$V^K V^K$ kerma

Todennäköisyys 50 % voikkoja ja 50 % kermanvärisiä.

Tapaus 3:

siittiöt	V^P	V^K
munasolut	V^P	V^K
V^P	$V^P V^P$ punaruskea	$V^P V^K$ voikko
V^K	$V^P V^K$ voikko	$V^K V^K$ kerma

Todennäköisyys 50 % voikkoja, 25 % punaruskeita ja 25 % kermanvärisiä.

Kuten risteytystaulukot osoittavat, tamman värillä ei ole väliä.

10. Sirppisoluanemia-alleeli

- Sirppisoluanemia on haitallinen tauti. siinä punasolujen muoto muuttuu pyöreästä epämääräisen sirpinmuotoiseksi. Sirppimäiset punasolut eivät toimi normaalisti. Niiden hapenkuljetuskyky on huono ja ne saattavat takertua toisiinsa, jolloin verisuonet voivat tukkeutua. Sirppisoluanemiaa sairastavan fyysinen suorituskyky heikkenee ja hän hengästyy pienistäkin ponnisteluista.
- Malaria on lähinnä tropiikissa ja lämpimillä alueilla esiintyvä vaarallinen kuumetauti. Malarian oireita ovat jaksottainen korkea kuume, ripuli ja anemia. Sen aiheuttaa malarialoisio niminen alkueläin Plasmodium, jota horkkasääski levittää. Loisio lisääntyy punasoluissa ja tuhoaa niitä. Malariaan kuolee nykyisinkin miljoonia ihmisiä joka vuosi.
- Niillä alueilla, joissa sirppisoluanemiaa esiintyy – ja mutanttialleelia on väestössä heterotsygoottisena (Ss), - malariaa on vähemmän. Heterotsygooteilla osa punasoluista on normaaleja ja osa sirpinmuotoisia. Malarialoisiot eivät pysty lisääntymään sirppimäisissä punasoluissa ja tämä antaa heterotsygooteille sirppisolumutaation kantajille ainakin osittaisen suojan malariaa vastaan.

d.

Kinshasa	5,9
Kanaga	6,9
Ibandan	6,5
Kampala	3,0

- Taulukon perusteella sirppisolualleelia kantavat heterotsygoottiset henkilöt kuolevat muuta väestöä vähemmän malariaan, koska heidän osuutensa on selvästi alhaisempi kuin tilastollinen odotusarvo. Taulukon arvoista voidaan päätellä, että sirppisolualleeli heterotsygoottisena vähentää riskiä kuolla malariaan. Niillä trooppisilla alueilla, missä sirppisolualleelia on väestössä runsaasti, malariaan kuolleita on vähemmän.
- Koska heterotsygooteilla sen aiheuttamat haitat voivat olla oikeastaan etuja pienemmät. Ei alenna juurikaan heterotsygoottien elinkelpoisuutta, vaan voi estää malariaan sairastumisen.

Tehtävien ratkaisut

1. Kirjavia ja valkoisia kanoja

Z_v = kirjava

Z_v = valkea

valkea kukko x kirjava kana

$Z_v Z_v$

$Z_v W$

munasolut		Z_v	W
		Z_v	W
siittiöt	Z_v	$Z_v Z_v$ kirjava kukko	$Z_v W$ valkea kana
	W		

Jälkeläisissä on ainoastaan kirjavia kukkoja ja valkeita kanoja lukusuhteessa 1:1 eli todennäköisesti 50 % kumpiakin

2. Geno- ja fenotyypit

Punavihersokeuden aiheuttaa x-kromosomissa sijaitseva resessiivinen alleeli, joten punavihervärisokean tytön genotyyppi on $X_d X_d$. Hänen tulee periä alleeli sekä isältään että äidiltään.

Genotyyppi: isä $X_d Y$ äiti **a.** $X_D X_d$ tai **b.** $X_d X_d$
 Fenotyyppi: punavihersokea kantaja punavihersokea

tapaus a.

$X_D X_d \times X_d Y$

siittiöt	X_d	Y
munasolut		
X_D	$X_D X_d$ Tyttö: normaali näkökyky (kantaja)	$X_D Y$ Poika: normaali näkökyky
X_d	$X_d X_d$ Tyttö: punavihersokea	$X_d Y$ Poika: punavihersokea

lukusuhte 1:1:1:1

3. Hemofilia

- a. normaali-alleeli = X_H
hemofilia-alleeli = X_h

isä X_hY x äiti $X_H X_H$, (koska hänen suvussa ei esiinny kyseistä sairautta).

siittiöt	X_h	Y
munasolut		
X_H	$X_H X_h$ terve tyttö (kantaja)	$X_H Y$ terve poika

Lapset eivät voi sairastua, koska kaikki pojat ovat aina terveitä ja tytöt kantajia, kuten taulukko osoittaa. Lasten todennäköisyys sairastaa hemofiliaa on siis 0.

- b.

1) Perheen tytöt

tytöt $X_H X_h$ x terve aviomies $X_H Y$

siittiöt	X_H	Y
munasolut		
X_H	$X_H X_H$ terve tyttö	$X_H Y$ terve poika
X_h	$X_H X_h$ terve tyttö (kantaja)	$X_h Y$ sairas poika

Poikien todennäköisyys sairastaa hemofiliaa on 50 % ja kaikkien lasten todennäköisyys 25 %.

2) Perheen pojat

pojat $X_H Y$ × terve vaimo $X_H X_H$

siittiöt	X_H	Y
munasolut	X_H	Y
X_H	$X_H X_H$ terve tyttö	$X_H Y$ terve poika

Kaikki lapset ovat terveitä eli todennäköisyys on 0.

4. Periytyminen mehiläisillä



- Partenogeneesillä (neitseellisellä lisääntymisellä) tarkoitetaan munasolun kehittymistä ilman hedelmöitystä. Haploidia tarkoittaa yksinkertaista kromosomistoa (merkitään n).
- V = tumma
 v = vaalea

kuningatar Vv × kuhnuri V

Mikäli hedelmöitys tapahtuu:

munasolut	V	v
siittiöt	V	v
V	VV tumma naaras	Vv tumma naaras

Mikäli hedelmöitystä ei tapahdu:

Munasoluista V syntyy tummia koiraita ja munasoluista v vaaleita koiraita, kuhnureita

5. Perinnöllinen sairaus

a. Taudin aiheuttaa resessiivinen alleeli, koska Magdaleena ei ole sairas, mutta hänen äitinsä ja tyttärensä ovat ("tauti hyppää sukupolven yli")

b. Mikäli taudin aiheuttaisi resessiivinen alleeli X_a niin

Rebekka x Frederico

$X_a X_a$ $X_A Y$

siittiöt	X_A	Y
munasolut		
X_a	$X_A X_a$ terve tyttö	$X_a Y$ sairas poika

c. Frederico Aa

Juan Aa

Manuel Aa

Maria aa

d. Voi, koska hän voi periä sairautta aiheuttavan alleelin isältään Juanilta. Todennäköisyys on 50 % riippumatta siitä, onko äiti Jessica genotyypiltään AA tai Aa .

Hypoteesi 2: Keltaisen värin aiheuttama alleeli sijaitsee resessiivisenä sukupuolikromosomissa. On tärkeää käyttää keltaisia mutanttinaaraita

normaalin väriset urokset x keltaiset naaraat
 $X_V Y$ $X_v X_v$

siittiöt	X_V	Y
munasolut	X_V	Y
X_V	$X_V X_v$ normaalin värinen naaras	$X_V Y$ keltainen uros

Molempien hypoteesien testaaminen selviää yhdellä risteytyksellä, mikäli risteytyksessä käytetään mutanttinaaraita ja vilttejä koiraita.

Tutkimuksen toteuttaminen käytännössä

- Aluksi tulee opetella nukuttamaan kärpäset sekä tunnistamaan urokset naaraista.
- tulee opetella erottamaan paritelleen naaraan neitsyestä
- Neitsyitä naaraita saa risteytykseen poistamalla mutanttikärpästen kasvatuspulloista kaikki kärpäset n 2 vrk ennen kärpästen siirtoa tutkimuspulloihin, koska tällöin kaikki kärpäset ovat vastakuoriutuneita ja eivät ole vielä alkaneet parittelemaan keskenään
- P-polven kärpäset tulee poistaa pulloista noin 4-6 vuorokauden päästä, jotta ne eivät sekoitu laskettaessa jälkeläisiin
- Risteytyksen tulokset ovat saatavissa reilun viikon päästä, kun F1-polven jälkeläisiä on kuoriutunut riittävästi (vähintään 50 tarvitaan, jotta aineisto on tilastollisesti luotettava).
- Risteytyksiä kannattaa tehdä useissa pulloissa, koska näin vähenee tunnistusvirheiden vaikutus tuloksiin ja johtopäätöksiin.
- tulokset tulee raportoida käyttäen seuraavaa tutkimusraportin kaavaa:

1. Johdanto:

- tutkimuksen tavoitteet ja käytetyt hypoteesit

2. Tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja välineet

3. Tutkimustulokset

- diagrammeja ja taulukoita

4. Johtopäätökset

5. Yhteenveto

- arvio tulosten luotettavuudesta
- mahdolliset virhelähteet

Kaikki jälkeläiset ovat punaruskeita yksivärisiä, genotyyppiä ppTt

Tapaus 2

sukusolut	ppTt pT ja pt	x	ppTt pt
siittiöt	pT		pt
munasolut			
pt	ppTt punaruskea, yksivärinen		ppTt punaruskea, täplikäs

Todennäköinen lukusuhte 1:1

Puolet jälkeläisistä on punaruskeita yksivärisiä ppTt ja puolet punaruskeita täplikkäitä ppTt.

- b. Koska pentueessa on yksi molempia resessiivisiä ominaisuuksia ilmentävä pentu, voidaan vanhempien genotyypit päätellä

genotyyppi	musta ja täplikäs uros	x	punaruskea yksivärinen narttu
sukusolut	PpTt Pt ja pt		ppTt pT ja pt

siittiöt	Pt	pt
munasolut		
pT	PpTt musta yksivärinen	ppTt punaruskea yksivärinen
pt	Pppt punaruskea, yksivärinen	ppTt punaruskea, täplikäs

todennäköinen lukusuhte 1:1:1:1

Pentujen lukusuhte 3:1:0:1 ei vastaa odotettua lukusuhdetta sattumasta johtuen.

5. Vehnän siementen värijakauma

V1 ja V2: lisäävät tummanpunaista väriainetta

v1 ja v2: eivät lisää väriä

Koska siementen (jälkeläisten) jakauma noudattaa normaalijakaumaa, vanhempien tulee olla heterotsygoottisia molempien alleeliparien suhteen.

fenotyyppi vaalean punaruskea x vaaleanpunruskea
 genotyyppi V₁ v₁ V₂ v₂ x V₁ v₁ V₂ v₂

sukusolut	V ₁ V ₂	V ₁ v ₂	v ₁ V ₂	v ₁ v ₂
V ₁ V ₂	V ₁ V ₁ V ₂ V ₂ tumman punaruskea	V ₁ V ₁ V ₂ v ₂ punaruskea	V ₁ v ₁ V ₂ V ₂ punaruskea	V ₁ v ₁ V ₂ v ₂ vaalean punaruskea
V ₁ v ₂	V ₁ V ₁ V ₂ v ₂ punaruskea	V ₁ V ₁ v ₂ v ₂ vaalean punaruskea	V ₁ v ₁ V ₂ v ₂ vaalean punaruskea	V ₁ v ₁ v ₂ v ₂ vaalean ruskea
v ₁ V ₂	V ₁ v ₁ V ₂ V ₂ punaruskea	V ₁ v ₁ v ₂ V ₂ vaalean punaruskea	v ₁ v ₁ V ₂ V ₂ vaalean punaruskea	v ₁ v ₁ v ₂ V ₂ vaalean ruskea
v ₁ v ₂	V ₁ v ₁ V ₂ v ₂ vaalean punaruskea	V ₁ v ₁ v ₂ v ₂ vaalean ruskea	v ₁ v ₁ V ₂ v ₂ vaalean ruskea	v ₁ v ₁ v ₂ v ₂ valkoinen

todennäköinen lukusuhte: 1:4:6:4:2

6. Heinäkasvin pituuden periytyminen



a. fenotyyppi 120 cm 30 cm
 genotyyppi AABBCC x aabbcc
 sukusolut: ABC abc
 kaikki jälkeläiset AaBbCc

Jälkeläisten pituus: 30 cm + (3 x 15 cm) = 75 cm

b. fenotyyppi 75 cm 60 cm
 genotyyppi: AABbcc x aaBbCc
 sukusolut: ABC, Abc aBC, aBc, abC, abc

sukusolut	aBC	aBc	abC	abc
ABc	AaBBCc 90 cm	AaBBcc 75 cm	AaBbCc 75 cm	AaBbcc 60 cm
Abc	AaBbCc 75 cm	AaBbcc 60 cm	AabbCc 60 cm	Aabbcc 45 cm

todennäköinen lukusuhte 1 : 3 : 3 : 1

Jälkeläiset: pituus 90 cm, 75cm, 60 cm ja 45 cm

7. Siementen koon periytyminen

Oppilaan oma vastaus.

8. Banaanikarpäsen kaksi mutanttialleelia

- a. valkosilmäisyyttä aiheuttava alleeli = X_w
 punasilmäisyyttä aiheuttava alleeli = X_w
 pitkäsiipisyyttä aiheuttava alleeli = T
 tynkäsiipisyyttä aiheuttava alleeli = t

fenotyyppi:	valkosilmäinen naaras normaalit siivet	×	tynkäsiipinen koiras normaalit silmät
genotyyppi:	TT $X_w X_w$		tt $X_w Y$
sukusolut:	TX_w		tX_w ja tY

siittiöt	tX_w	tY
munasolut	<p>TtX_wX_w pitkäsiipinen ja punasilmäinen naaras</p>	<p>TtX_wY pitkäsiipinen ja valkosilmäinen koiras</p>
TX_w		

Todennäköinen lukusuhte: 1:1

b. fenotyyppi pitkäsiipinen ja × pitkäsiipinen ja
 punasilmäinen naaras valkosilmäinen koiras
 genotyyppi Tt X_w X_w Tt X_wY

siittiöt munasolut	TX _w	tX _w	TY	tY
TX _w	TTX_wX_w pitkäsiipinen ja punasilmäinen naaras	TtX_wX_w pitkäsiipinen ja punasilmäinen naaras	TTX_wY pitkäsiipinen ja punasilmäinen koiras	TtX_wY pitkäsiipinen ja punasilmäinen koiras
TX _w	TTX_wX_w pitkäsiipinen ja valkosilmäinen naaras	TtX_wX_w pitkäsiipinen ja valkosilmäinen naaras	TTX_wY pitkäsiipinen ja valkosilmäinen koiras	TtX_wY pitkäsiipinen ja valkosilmäinen koiras
tX _w	TtX_wX_w pitkäsiipinen ja punasilmäinen naaras	ttX_wX_w tynkäsiipinen ja punasilmäinen naaras	TtX_wY pitkäsiipinen ja punasilmäinen koiras	ttX_wY tynkäsiipinen ja punasilmäinen koiras
tX _w	TtX_wX_w pitkäsiipinen ja valkosilmäinen naaras	ttX_wX_w tynkäsiipinen ja valkosilmäinen naaras	TtX_wY pitkäsiipinen ja valkosilmäinen koiras	ttX_wY tynkäsiipinen ja valkosilmäinen koiras

todennäköiset lukusuhteet:

punasilmäisiä 50 % ja valkosilmäisiä 50 % eli 1:1 (8:8)
 pitkäsiipisiä 75 % ja tynkäsiipisiä 25 % eli 3:1 (12:4)
 valkosilmäisiä ja tynkäsiipisiä 2/16 = 0,125 = 12,5 %

9. Siperianhuskyn harvinaisemmat värimuodot

- a. R = musta
 r = ruskea
 S = yksivärinen
 sⁱ = "irish"
 s^p = "piebald"

Isä: rr sⁱsⁱ tai rr sⁱs^p

Emä: RR s^ps^p tai Rr s^ps^p

Tapaus 1:

	isä	x	emä
	rr s ⁱ s ⁱ		RR s ^p s ^p
sukusolut	r s ⁱ		R s ^p
jälkeläiset	Rr s ⁱ s ^p , musta "irish"		

Tapaus 2:

	isä	x	emä
	rr s ⁱ s ⁱ		Rr s ^p s ^p
sukusolut	r s ⁱ		R s ^p ja r s ^p

munasolut	R s ^p	r s ^p
siittiöt	Rr s ⁱ s ^p musta "irish"	rr s ⁱ s ^p ruskea "irish"
r s ⁱ		

todennäköinen jälkeläisten lukusuhte: 1:1

10. Banaanikarpäsen geenien lokukset

a. AaBb x aabb

sukusolut	AB	Ab	aB	ab
ab	AaBb (25 %)	Aabb (25 %)	aaBb (25 %)	aabb (25 %)

Jälkeläisten todennäköiset lukusuhteet: 1:1:1:1

Johtopäätös: Koska vanhemmista poikkeavia jälkeläisiä oli yhtä paljon testiristeytyksessä, niin geenien lokukset sijaitsevat eri kromosomeissa. Tapaus on esimerkki mendelistisestä rekombinaatiosta.

b.

sukusolut AaCc x aacc
 AC, ac ac

sukusolut	AC	ac
ac	AaCc (50 %)	aacc (50 %)

Johtopäätös: Koska uusia ominaisuusyhdistelmiä ei syntynyt testiristeytyksessä, geenien lokukset sijaitsevat samassa kromosomissa ja niiden välillä ei tapahdu tekijäinvaihduntaa eli crossing-overia. Kiasmat syntyvät sattumanvaraisesti ja aivan toistensa lähellä olevien geenien väliin niitä ei synny. Tapaus on esimerkki vahvasti kytkeytyneistä geneistä.

c.

sukusolut AaDd x aadd
 AD, Ad, aD ja ad ad

sukusolut	AD	Ad	aD	ad
ad	AaDd (46 %)	Aadd (4 %)	aaDd (4 %)	aadd (46 %)

Johtopäätökset: Koska testiristeytyksessä syntyi vanhemmista poikkeavia jälkeläisiä huomattavan vähän, voidaan päätellä, että geenien lokukset sijaitsevat samassa kromosomissa ja kromosomien välillä on tapahtunut tekijäinvaihduntaa. Geenien lokukset ovat kromosomin eri osissa ja niiden väliin on syntynyt kiasmoja, jolloin vastinalleelit ovat vaihtaneet paikkojaan keskenään. Crossing-over-prosentti, 8 %, kertoo geenien välisen suhteellisen etäisyyden. Tapaus on esimerkki heikosti kytkeytyneistä geneistä.

Tehtävien ratkaisut

1. Evoluution käsitteitä

- a. muuntelu, mutaatiot ja rekombinaatio

Muuntelu tarkoittaa saman lajin yksilöiden tai populaatioiden välistä vaihtelua yhden tai useamman ominaisuuden suhteen. Mutaatiot tarkoittavat geneissä, kromosomeissa tai kromosomistoissa tapahtuvia muutoksia. Rekombinaatio tarkoittaa jälkeläisten perimässä tapahtuvaa geenien uudelleen järjestymistä.

Mutaatiot tuottavat uusia alleeleita tai muuttavat olemassa olevien alleelien lukumäärää. Suvullisessa lisääntymisessä geneettinen rekombinaatio järjestää alleeleita uudelleen, joten jälkeläisiin tulee uusia alleeliyhdistelmiä. Tämä aiheuttaa populaatiossa muuntelua.

- b. luonnonvalinta ja mikroevoluutio

Mikroevoluutio tarkoittaa populaatiossa tapahtuvaa alleelikoostumuksen muuttumista. Luonnonvalinta tarkoittaa populaation kelpoisimpien yksilöiden kykyä tuottaa eniten lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Luonnonvalinnan seurauksena parhaiten eliöiden sopeutumista lisäävät alleelit alkavat yleistyä populaatiossa eli populaatiossa tapahtuu mikroevoluutiota.

- c. isolaatio ja makroevoluutio

Isolaatio tarkoittaa populaation eristymistä muista saman lajin populaatioista. Makroevoluutio tarkoittaa populaatioissa tapahtuvaa evoluutiota, joka johtaa uusien lajien syntyyn. Isolaatio katkaisee populaatioiden välisen geenivirran, mikä johtaa niiden kehittymisen erilaisiksi. Aikojen kuluessa erilaisista populaatioista kehittyy usein uusia lajeja.

2. Oletko todella ymmärtänyt?

- a. Luonnonvalinta kohdistuu fenotyyppiin. Fenotyyppi tarkoittaa ominaisuuden rakenteisiin, elintoimintoihin ja käyttäytymiseen liittyviä piirteitä, jotka ilmenevät yksilössä. Genotyyppi tarkoittaa yksilön kaikkia vanhemmiltaan perimiä alleeleita. Yksilön kelpoisuus riippuu siitä, miten geenit ilmenevät eivät geneistä sinänsä.
- b. Monet geenivirheet ovat resessiivisiä ja luonnonvalinta kohdistuu fenotyyppiin. Luonnonvalinta siis karsii vain homotsygoottisia yksilöitä. Heterotsygoottisilla yksilöillä, joita on populaatiossa enemmän kuin homotsygoottisia yksilöitä, sairaus ei ilmene. Näin sairauden kantajat säilyttävät sairausalleelin (geenivirheen) populaatiossa.

- c. Geenit eroavat yksilöillä monesti vähemmän kuin geenien ulkopuoliset alueet, koska geeneihin kohdistuu luonnonvalintaa, koska geenit vaikuttavat fenotyyppiin. Geeneissäkin tavataan yksittäisten nukleotidien välisiä eroja, sippejä, mutta ei riittävästi isyytutkimuksen tekemiseen (snippejä käytetään apuna väestön alkuperän selvittämisessä). Toistojaksot sen sijaan poikkeavat hyvin yksilöllisesti ja jos toistojaksoja on riittävä määrä (16-24) analyysitulokset ovat erittäin luotettavia.

3. Albinismi

- a. Albinismin aiheuttaa resessiivinen alleeli, joka periytyy autosomissa. Alleeli on resessiivinen, koska sitä esiintyy piilevänä. Toinen pojista on kantaja. Geenin lokus on autosomissa, koska kantaja pojan tytär on albiino. Tämä ei ole mahdollista, koska tytär ei voisi ilmentää X-kromosomissa sijaitsevaa resessiivistä albinismialleelia, mikäli isä ei olisi albiino.
- b. Albinismin aiheuttava alleeli on autosomaalinen ja resessiivinen, joten albiinot ovat homotsygoottisia genotyypiltään aa. Sen sijaan heterotsygoottiset yksilöt ovat albinismin kantajia, ei ilmentäjiä. Populaatiossa heterotsygoottisten yksilöiden määrä on kaksinkertainen verrattuna albiinoihin. Luonnonvalinta kohdistuu fenotyyppiin, joten albinismi alleeli säilyy heterotsygoottisten yksilöiden perimässä.

4. Rekombinaation merkitys evoluutiossa

Oppilaan oma vastaus.

Käsitteet alla:

- geneettinen rekombinaatio,
- mendelistinen rekombinaatio,
- tekijäinvaihdunta,
- meioosi
- uusi ominaisuusyhdistelmä
- muuntelu
- luonnonvalinta
- kelpoisuus
- fenotyyppi
- genotyyppi
- periytyminen
- mutaatiot
- alleeli
- mikroevoluutio
- makroevoluutio

5. Ole kriittinen mediaa kohtaan

Oppilaan oma vastaus.

6. Geenitieto yhteiskunnassa

Oppilaan oma vastaus.

7. Vastustuskyvyn kehittymisen tutkiminen

- a. Toukat, jotka kerättiin viiden kuukauden sisällä myrkytyksen aloittamisesta, eivät olleet lainkaan resistenttejä DDT:lle, koska niiden kuolleisuus oli noin 100 % altistuskokeissa. Noin kymmenen kuukauden jälkeen noin puolet toukista oli resistenttejä ja 17 kuukauden jälkeen noin 80 %.
- b. Myrkyttäminen muutti hyttysten elinympäristöä. Luonnonvalinta alkoi suosia uudenlaisessa ympäristössä kelpoisimpia, myrkyille resistenttejä, yksilöitä. Ne saivat eniten lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä ja resistenssi alkoi yleistyä hyttyspopulaatiossa.
- c. Y-kanta sietä noin tuhat kertaa suurempia myrkkypitoisuuksia kuin X-kanta ja sata kertaa suurempia myrkkypitoisuuksia kuin Z-kanta.
- d. Syy eroihin DDT-resistenssissä, johtuu resistenssialleelien määrästä. Y-populaation yksilöillä, joka oli populaatiosta selvästi vastustuskykyisin, oli resistenssialleeli 250 kopiona. X-populaation yksilöillä geeniä oli vain yksi kappale. Z-populaation yksilöt puolestaan olivat resistenssin suhteen edellisten populaatioiden väliltä, koska jälkeläiset oli saatu risteyttämällä X- ja Y-populaation hyttysiä.
- e. Orgaanisten ympäristömyrkkujen teho hyönteisten torjunnassa heikkenee hyvin nopeasti, koska hyönteisille kehittyy vastustuskyky käytettyä myrkyä kohtaan.