
4. BIOLOĢIJAS KOMANDU OLIMPIĀDE

Uzdevumu komplekts

11.–12. klašu grupa



AUTORI UN ORGANIZATORI:

Nauris Prikšāns, Markuss Gustavs Ķēniņš, Kristians Lelis,
Huberts Zimackis, Marta Uzkalne, Eliāna Meiere, Arnolds Pirāgs,
Elza Strumpe, Līga Blumfelde, Kalvis Olivers Kālis, Evita Mārtinsone

MŪS ATBALSTA:

Skolotāji Daina Mazmača, Anita Rozenblate un Jānis Zeimanis
Rīgas Valsts 1. ģimnāzija un Rīgas Valsts 3. ģimnāzija,



**BRAIN
GAMES**



RĪGA STRADIŅŠ
UNIVERSITY

UNIVERSITAS RIGENSIS STRADINA
MUSEUM ANATOMIÆ



2025. GADA 13. DECEMBRIS

Preambula/noteikumi

Pirms sākat risināt uzdevumus, iepazīstieties ar turpmāko informāciju!

1. **Komandas nosaukums ir jāuzraksta uz KATRAS LAPAS!**

2. Pārliecinieties, ka esat saņēmuši visus uzdevumus: # I, II, III, IV, V!

#	Nosaukums	Tēma
I	“Sēnes, es apčur*** sēnes”	Sēnes
II	“Kur ir gēns?”	Ģenētika
III	“Potsa šūnu modelis”	Teorētiskā bioloģija
IV	“ <i>No one mourns the WICKED (T-cells)</i> ”	Imunoloģija
V	“Atšifrē sugu”	Bioloģiskā daudzveidība

Laboratorijas darbam (# VI) nepieciešamās lietas saņemsit pēc teorētiskās daļas beigām.

Ja kaut kā trūkst, informējiet organizatorus līdz plkst. 10.15!

3. Uzdevums “Atšifrē sugu” (# V) un laboratorijas darbs (# VI) ir identisks abām klašu grupām (9.–10. un 11.–12.).

4. **Dienas plāns:**

10:00–12:30 Teorētiskās daļas uzdevumi (# I, II, III, IV, V – Atšifrē sugu).

12:30–12:50 Atpūtas pauze.

12:50–13:50 HOP tests un laboratorijas darbs (uzdevums # VI).

5. Praktiskās daļas/HOP testa ietvaros (12:45–13:45) komandai ir jāsadalās:

Dalībnieku skaits komandā	# dalībnieku iet uz HOP testu	# dalībnieku paliek pildīt laboratorijas darbu
4	2	2
3	2	1
2	1	1

Jūs varat paši izvēlēties savā starpā kuri komandas biedri dosies HOP testu un kuri paliks klasē pildīt laboratorijas darbu.

Tēmas: Laboratorijas darbs būs par sūnām.
HOP tests būs par bioloģisko daudzveidību un bioloģiju vispārīgi.

Brīvprātīgie parādīs, kur jāiet uz HOP testu.

HOP tests 1. ģimnāzijā norisināsies Aulā (217. kab.). Aula atrodas foajē otrajā stāvā pa vidu trepju beigām. Bet 3. ģimnāzijā – bioloģijas kabinetos (402./403. kab.).

6. Drīkstat pārkārtot telpu un izmantot tāfeli, bet olimpiādes beigās telpa jāatstāj tādā pašā stāvoklī, kādā to saņēmt. Ja radāt bojājumus skolas inventāram, esat par to atbildīgi.

7. Lūdzam uzdevumu risināšanas laikā nepamest klasi. Ir atļauts apmeklēt labierīcības.

8. Jautājumu gadījumā varat vērsties pie brīvprātīgā, kurš atrodas jūsu gaitenī vai klasē.

Lai veicas! ☺
— Uzdevumu autori



I UZDEVUMS [50 P.]

SĒNES, ES A***** SĒNES!



Komandas nosaukums

1. Sēņu pamatprincipi un daudzveidība [11 p.]

Sēņu valsts bioloģu starpā tiek parasti uzskatīta par mazsvarīgu un gan vidusskolā, gan universitātē par to māca ļoti maz. Šajā uzdevumā atklāsi satriecošas sēņu sugas un struktūras, kā arī apstiprināsi to ekoloģisko nozīmi.

1.1. jaut. [6 p.] Zemāk dotajā tekstā par sēnēm ar k. apzīmēti trūkstoši vārdi. Atbilžu lodziņos ieraksti trūkstošos vārdus, kas atbilst katram skaitlim!

Parasti vārds “sēne” saistās ar gaileņu mērci vai nagu infekciju. Taču sēnes ir visapkārt un veido saikni ar visdažādākajiem organismiem. Sēnes ir heterotrofi, visbiežāk 1. , proti, tās iegūst barības vielas no trūdošiem organismiem, izdalot gremošanas enzīmus vidē. Sēnes ir veidotas no vienas vai vairākām šūnām, kuras sedz no 2. veidots šūnāpvalks. Daudzšūnu sēnes sastāv no cauruļveidīgiem pavedieniem jeb 3. , kuras parasti atdala šķērssienas jeb septas. Sēnes var vairoties divos veidos. Bezdzimuma vairošanās ceļā šūnas dalās mitotiski un veido pumpurus (vienšūnas sēnēm) vai 4. , kas bieži tiek izplatītas tālu no mātes organisma. Alternatīvi šīs (4.) struktūras var veidoties, šūnām daloties 5. , lai iegūtu ģenētiski atšķirīgus pēcnācējus. Pēc tam divas atšķirīgas gametas saplūst un veido 6. , atjaunojot organisma diploiditāti.

(1.)

(4.)

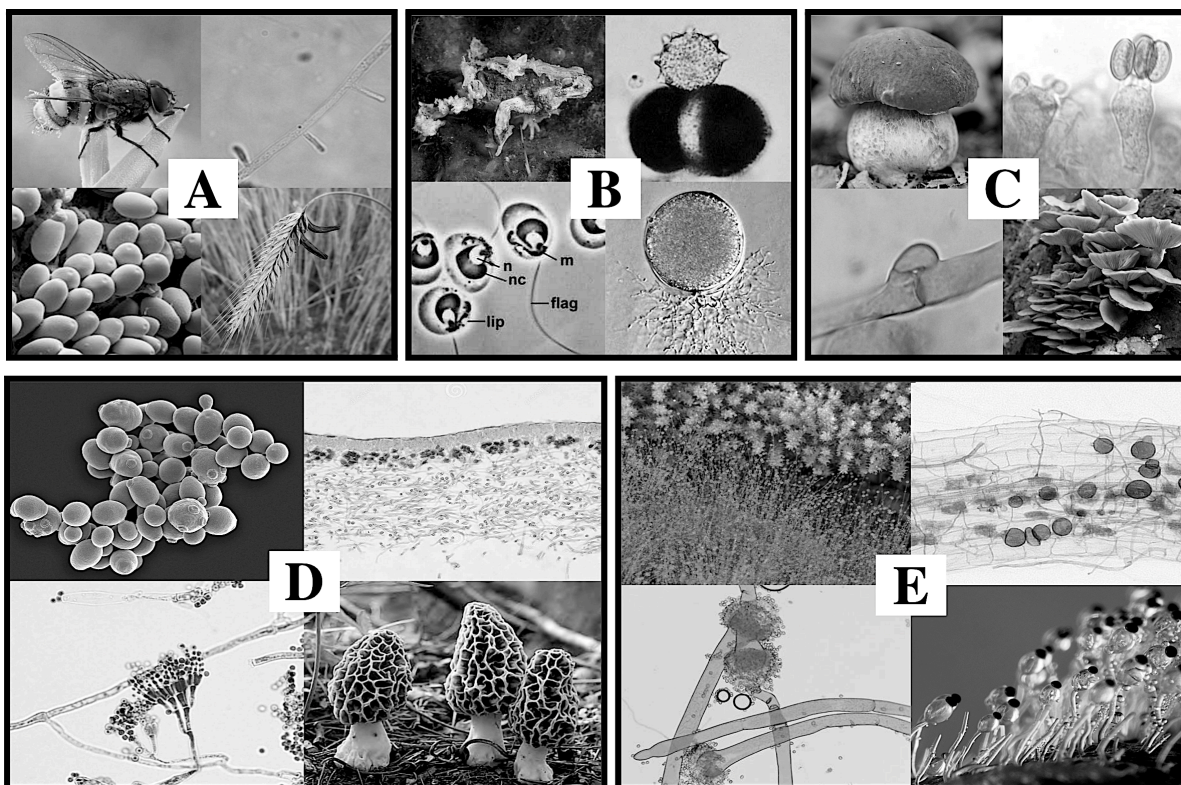
(2.)

(5.)

(3.)

(6.)

1.2. jaut. [5 p.] Izlasi sēņu taksonomisko grupu aprakstus un nosaki katrā 1. attēlā ilustrēto sēņu grupu! Katrai grupai atbilst tieši viena kolāža. Padoms: uzdevums ir samērā garš, pievērs uzmanību atlikušajam laikam!



1. attēls. Piecu sēņu taksonomisko grupu galvenās pazīmes.

Sēņu galveno taksonomisko grupu (no evolucionāri senākās līdz jaunākajai) apraksti:

Hitrīdijsēnes: senākā sēņu grupa ar kriptisku izskatu. Tām ir kustīga zoospora, un tās spēj augt uz dažādiem substrātiem: putekšņiem, celulozes, keratīna un hitīna. Ievērojama daļa ir mugurkaulnieku parazīti.

Zoopagomicētes: šīs sēnēm ir 'nedraudzīgs' dzīvesveids – tās ir gan vaskulāro augu, gan posmkāju parazīti un patogēni. Tām raksturīgas nekustīgas sporas un hifas bez septām.

Mukoromicētes: spēj veidot mikorizu ar augiem ar un bez vadaudiem, turklāt to hifām ir septas. Cilvēkiem labi pazīstamais maizes pelējums pieder šai grupai. Zinātniekiem interesē mukoromicēšu spēja ražot biodegvielu.

Asku sēnes: izplatīti piemēri ir zilā siera pelējums, raugi, ķērpji un murķeļi jeb lāčpurni. To hifām ir septas, un tās vairojas, veidojot askus – iegarenas struktūras, kas satur astoņas sporas.

Bazīdijsēnes: šajā grupā iedalāma lielākā daļa no ēdamajām sēnēm. To hifām ir septas, un zināms, ka tās ir spējīgas veidot plašu un attīstītu mikorizas tīklu ar kokiem. Tās vairojas ar bazīdijām – struktūrām, kuru galos veidojas četras sporas.

Taksonomiskā grupa	Attēla burts
Hitrīdijsēnes	B
Zoopagomicētes	A
Mukoromicētes	E
Asku sēnes	D
Bazīdijsēnes	C

2. Sēnes — attiecību speciālistes [39 p.]

Sēnes veido visdažādākās attiecības ar citiem organismiem, parasti augiem un dzīvniekiem. Taču, lai labāk izprastu turpmākos piemērus, nepieciešams vispirms saprast šo mijiedarbību pamatus.

2.1. jaut. [1 p.] Savieno dotos attiecību veidus, kas raksturīgi sēnēm, ar atbilstošo definīciju!

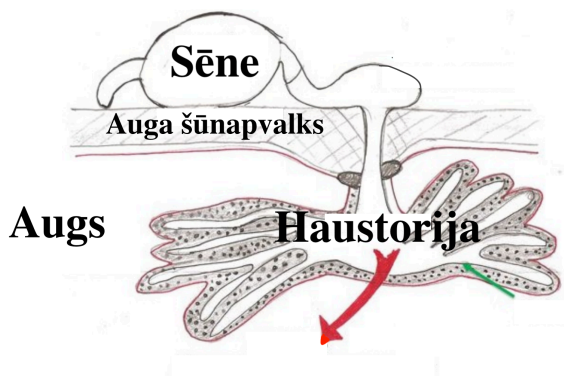
- Parazitisms – mijiedarbība, kurā organisms ilgstoši gūst labumu, barojoties (+/-).
- Mutuālisms – mijiedarbība, kas ir izdevīga abiem organismiem (+/+).
- Plēsonība – mijiedarbība, kurā viens organisms nogalina citu, lai iegūtu barību (+/-).

Sēņu attiecības ar augiem ir labi izziņātas, kā arī ekoloģiski, lauksaimnieciski nozīmīgas. Mikoriza ir mutuālistiska attiecība starp vairumu augu saknēm un sēni, kurā smalkās sēņu hifas palielina sakņu virsmas laukumu.

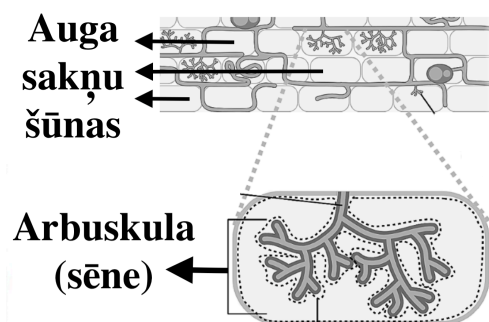
2.2. jaut. [1 p.] Kuru no šīm vielām sēne var iegūt labāk, ja veido attiecības ar augu? Apvelc pareizo burtu!

- (A) Ūdeni (B) Ogļhidrātus (C) Fosforu (D) Kalciju

Tāpat arī izplatītas ir sēnes, kas parazitē uz augiem, piemēram, miltrasa. Šādas sēnes bieži veido specializētas struktūras – haustorijas. Attēlā 2. redzama shematiska haustorijas uzbūve un attēlā 3. – arbuskulas uzbūve (arbuskulas veido lielākā daļā mikorizālo sēņu).



2. attēls. Shematiska haustorijas uzbūve.



3. attēls. Shematiska arbuskulas uzbūve.

2.3. jaut. [2 p.] Kāds strukturāls pielāgojums ir kopīgs haustorijai un arbuskulai? Kā tas ir noderīgs uzturvielu apmaiņai?

Liels virsmas laukums, lai varētu labāk apmainīties ar vielām.

Manipulējošās sēnes

Aptuveni 1500 sēņu sugu ir entomopatogēnas (inficē kukaiņus), un daļa no tām ietekmē kukaiņu uzvedību. Slavenākā no tām – *Ophiocordyceps unilateralis* – ieguva savu popularitāti kā iedvesmas avots videospēlei un TV seriālam “Pēdējais no mums” (The Last of Us). Šīs sēnes sporas inficē skudru un pakāpeniski pārņem tās uzvedību. Inficēta skudra atrod vietu virs zemes, kur var iekosties auga lapā vai stumbrā. Neilgi pēc tam sēne pilnībā pārņem skudru, tai ejot bojā. Visbeidzot sēne izaug ārpus skudras un izdala miljoniem sporu.

2.4. jaut. [2 p.] Kāpēc sēnei varētu būt izdevīgi un neizdevīgi izmantot kukaiņus savā augšanas/vairošanās procesā? Mini vismaz vienu priekšrocību un vienu trūkumu!

Priekšrocības: kustība ļauj izplatīt sporas un nogādāt tās labākos apstākļos. Trūkumi: kukaiņi ir mazi tādēļ slikts uzturvielu avots, grūti iegūt uzturvielas ilgstoši un nenogalinot kukaiņi.

2.5. jaut. [2 p.] Piedāvā skaidrojumu, kādēļ vairākas sēņu sugas liek kukaiņiem rāpties auga galotnes virzienā!

Labāka pārnese ar vēju.

2.6. jaut. [2 p.] Mini divas idejas, ar kādu mehānismu palīdzību (vispārīgi) sēne varētu manipulēt kukaiņu uzvedību!

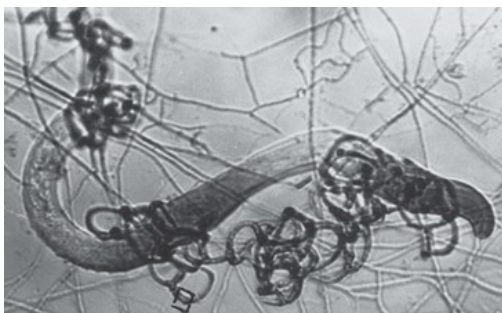
1. Izdalīt neurotransmiterus kukaiņa smadzenēs; 2. Atņemt uzturvielas, stimulējot uzvedību, kas saistīta ar bada stāvokli.

2.7. jaut. [2 p.] Viena sēņu suga, kas inficē cikādes, izmaina šo kukaiņu seksuālo uzvedību. Vīrišķās cikādes veic rituālus, kas raksturīgi sievišķajām, turklāt tās mēģina vairoties ar abu dzimumu īpatņiem. Kā šāda ietekme uz uzvedību varētu būt izdevīga sēnei?

Infekcijas pārnese fiziska kontakta ceļā.

Agresīvās sēnes

Plēsonība evolucionējusi vairākas reizes dažādās sēņu grupās. Tās medī nelielus dzīvniekus augsnē, visbiežāk nematodes jeb veltņtārpus. Dažas sēņu sugas, piemēram, *Arthrobotrys oligospora* veido sarežģītus slazdus, kuros tiek notvertas nematodes (4.). Tomēr parasti šādi slazdi tiek veidoti tikai tad, kad nematodes ir netālu.



4. attēls. Cērme *A. oligospora* slazdā.

2.8. jaut. [2 p.] Kāpēc sēnei varētu būt izdevīgs plēsonīgs dzīvesveids?

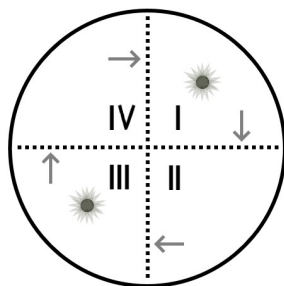
Lai iegūtu uzturvielas, piemēram, slāpekli, kas var trūkt augsnē (daudz slāpekļa proteīnos).

2.9. jaut. [1 p.] Kā sauc evolucionāru fenomenu, kad viena pazīme neatkarīgi parādās dažādās evolucionārās grupās? Konverģence/konverģentā evolūcija

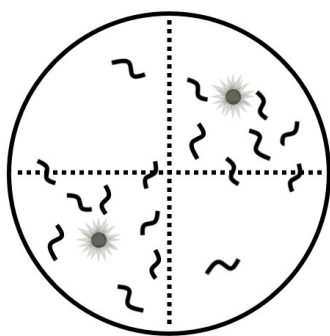
2.10. jaut. [2 p.] Piedāvā skaidrojumu, kāpēc sēne neveido plēsonīgās struktūras nepārtraukti!

Struktūru veidošanai visticamāk nepieciešams daudz enerģijas, līdz ar to nav izdevīgi tās veidot bez vajadzības.

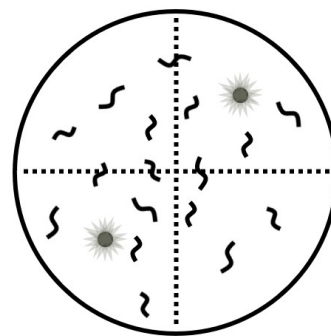
Lai ievilinātu nematodes slazdā, sēne var izdalīt pievilinošus savienojumus, lai veicinātu nematožu hemotaksiju – virzīšanos ķīmiska savienojuma gradienta virzienā. Tika veikts 4 punktu hemotaksijas tests (skatīt 5. attēlu): uz petri plates divos kvadrantos tika audzēta A. oligospora kultūra un pēc tam 17 cērmes tika ievietotas petri plates centrā. Lai noteiktu hemotaksijas indeksu, nepieciešams saskaitīt nematodes katrā no kvadrantiem un pielietot formulu $(I + III - II - IV) / (I + III + II + IV)$, kur romiešu cipars norāda cērmju skaitu attiecīgajā kvadrantā. Ja cērme atrodas kvadrantā daļēji, pieskaiti to tikai tad, ja tā ir uz robežas (punktotās līnijas) pulksteņrādītārvirzienā no šī kvadranta. Skaidrībai 5. attēlā ar bultiņām norādīta robeža, kas jāpieskaita. Aplūko rezultātus ar pieaugušām (6. attēla) un jaunām (7. attēla) cērmēm.



5. attēls. Shematisks 4 punktu hemotaksijas testa attēlojums. Ar bultiņām norādīta robeža, kas jāpieskaita attiecīgajam kvadrātam. Starainās figūras apzīmē plēsonīgo sēni.



6. attēls. Eksperimenta rezultāti ar pieaugušām cērmēm.



7. attēls. Eksperimenta rezultāti ar jaunām cērmēm.

2.11. jaut. [2 p.] Nosaki katras eksperimentālās grupas hemotaksijas indeksu!

Pieaugušām cērmēm: 0.76; jaunām cērmēm: 0.18.

2.12. jaut. [1 p.] Kuras cērmes – jaunās vai pieaugušās – vairāk reaģē uz sēnes pievilinošajiem signāliem? Pieaugušās.

2.13. jaut. [2 p.] Piedāvā skaidrojumu, kādēļ varētu atšķirties rezultāti dažāda vecuma cērmēm, domājot par pievilinošo savienojumu potenciālo identitāti! Zināms arī, ka dzimums ietekmē hemotaksijas indeksu.

Zinot, ka dzimums ietekmē hemotaksijas indeksu un ka tieši pieaugušās cērmes tiek pievilinātas, ticams skaidrojums būtu, ka pievilinošie savienojumi ir feromoni (saistīti ar vairošanos - attiecas uz dzimumnobriedušām cērmēm).

Viltīgās ziedošās sēnes

Nereti vien Jāņos dzirdam jokus par kaisliem mīlētājiem, kas iet meklēt neeksistējošos papardes ziedus. Kaut gan varētu šķist, ka sēnēm ziedu arī nav, jauni atklājumi liecina, ka šāda svētku tradīcija varētu nebūt mīts. *Puccinia monoica* ir parazitiska rūsas sēne, kas klasificēta kā bazīdijāsēne. Tā ar sporām un vēja palīdzību inficē vairākus augus. Tā rezultātā sēne ne tikai iegūst uzturvielas no auga, bet arī liek tam veidot gundegu ziediem līdzīgas struktūras no dzeltenām lapām. Šie pseidoziedi satur sēnes spermatogonijus un attēlo gundegas gan redzamajā, gan ultravioletā gaismā, kā arī izdala nektāram līdzīgu vielu un smaržu.

2.14. jaut. [2 p.] Kā sēnei varētu noderēt aprakstītā stratēģija?

Kukaiņu pārnese uzlabo sēnes seksuālās apaugļošanas iespējas, jo ļauj pārnest gametas (uz šo norāda fakts, ka pseidoziedi satur sēnes spermatogonijus). Seksuālā apaugļošana bieži ir izdevīga organismam, jo ļauj labāk pielāgoties mainīgiem apstākļiem (veido ģenētiski daudzveidīgus pēcnācējus, no kuriem kāds var izdzīvot).

2.15. jaut. [1 p.] Kā sauc procesu, kad kāds organisms attēlo citu organismu?

Mimikrija

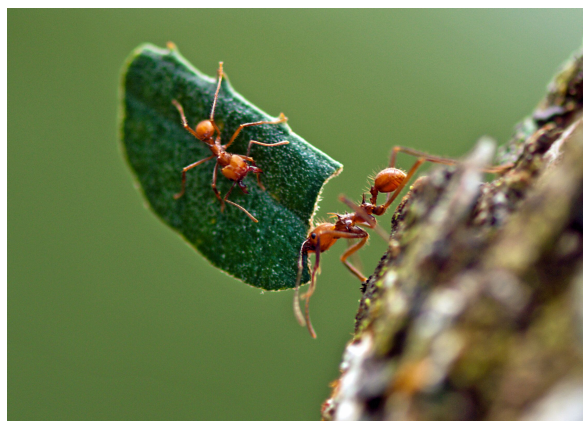
2.16. jaut. [2 p.] Piedāvā skaidrojumu, kādēļ gundegas tiek attēlotas arī UV gaismā?

Kukaiņi bieži vien spēj saskatīt gaismu ultravioletajā reģionā. Līdz ar to gundegu attēlošana UV gaismā iespējams noder, lai vēl vairāk pievilinātu kukaiņus.

Īstās skudru karalienes

Vai kādreiz dokumentālās filmās esi ievērojis satriecošu fenomenu: sarkanu skudru brigādes, kas taciņās pa lietusmežu nes lapu fragmentus? Tā nebūt nav fantāzija, un šīs lapgriezējskudras ir notvērušas mikologu uzmanību pavisam interesanta iemesla dēļ – to izdzīvošana ir saistīta, un bieži vien arī atkarīga no sēnēm! Lapgriezējskudras savāc lapas, lai barotu pūznī dzīvojošās sugas *Leucocoprinus gongylophorus* sēni, kas tālāk apgādā saimi ar barības vielām, tostarp aminoskābi arginīnu, ko skudra nav spējīga sintezēt patstāvīgi. Šī “sēņu dārza” kopšana līdzinās cilvēku lauksaimniecībai, norādot uz skudru aprīņojamo attīstību un saimes intelektu. Zinātniekiem ir arī vērtīgi pētīt sēņu un skudru kopdzīvi un evolūciju, lai atklātu faktorus, kas ietekmē organismu koevolūciju. Pirmās sēņu kultivējošās skudras radās pirms 55-60 miljoniem gadu, turklāt lapgriezējskudras, kas ir unikāli atkarīgas no mutualisma ar *Leucocoprinus gongylophorus* evolucionēja pirms 10 miljoniem gadu. Tiek plaši uzskatīts, ka šīs skudras uzsāka sēņu dārza kultivāciju barības trūkuma iespaidā, kamēr citas sugas, piemēram, kļuva plēsonīgas, lai apmierinātu ēdiena nepieciešamību.

Mūsdienās ir saglabājušās divas skudru ģintis (*Atta*, *Acromyrmex*), kas ietilpst lapgriezējskudru (*Attini*) ciltī. Lai nodrošinātu sēnes klātbūtni katrā pūznī, karalienes lidojumā pārnēs nokostu sēnes fragmentu uz sevis izvēlēto dzīvesvietu. Abās ģintīs arī sastopama tāda interesanta parādība kā sociālie parazīti. Nereti kādas sugas saime zaudē spēju kopt sēņu dārzus, taču tā ir arvien atkarīga no sēnes radītajām barības vielām. Rezultātā rodas jaunas, lapgriezējskudrām tuvi radniecīgas sugas, kas slepus barojas citas saimes uzturētā sēņu dārzā, un gūst labumu no tā.

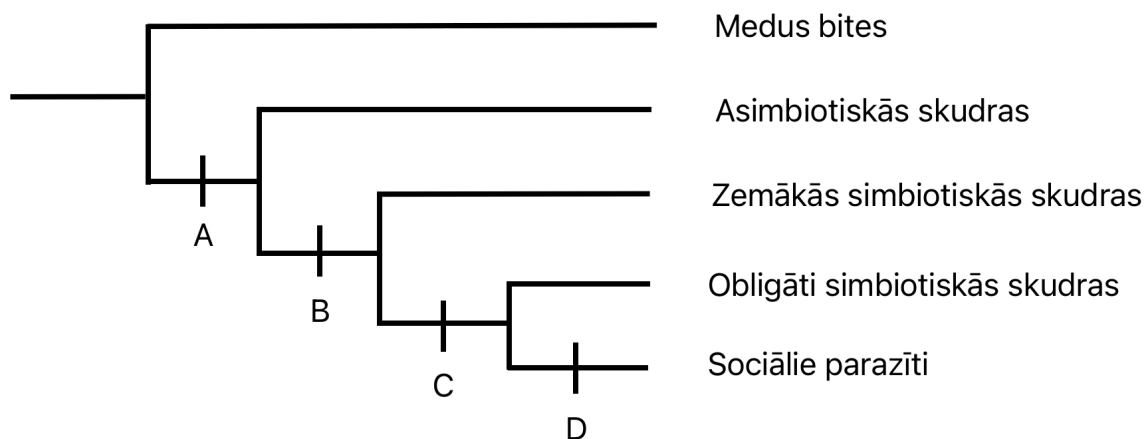


8. attēls. Lapgriezējskudra 'sērfo' uz citas darbas-kudras lapu fragmenta.

2.17. jaut. [2 p.] Daudzas sugas, tostarp augi un to apputeksnētāji, specializējas un iegūst konkrētas nišas savā ekosistēmā. Nereti koevolūcijas rezultātā šādi organismi kļūst savstarpēji atkarīgi un nespēj viens bez otra izdzīvot. Kādus labumus no specializācijas gūst lapgriezējskudras un mutuālistiskās sēnes?

Specializācijas iespaidā mazinās sēnes konkurence par barības resursiem, turklāt sēne nodrošina skudru izdzīvi, barojot skudru nimfas. Var minēt arī, ka skudru karalienes nodrošina sēņu vairošanos, izplatīšanos.

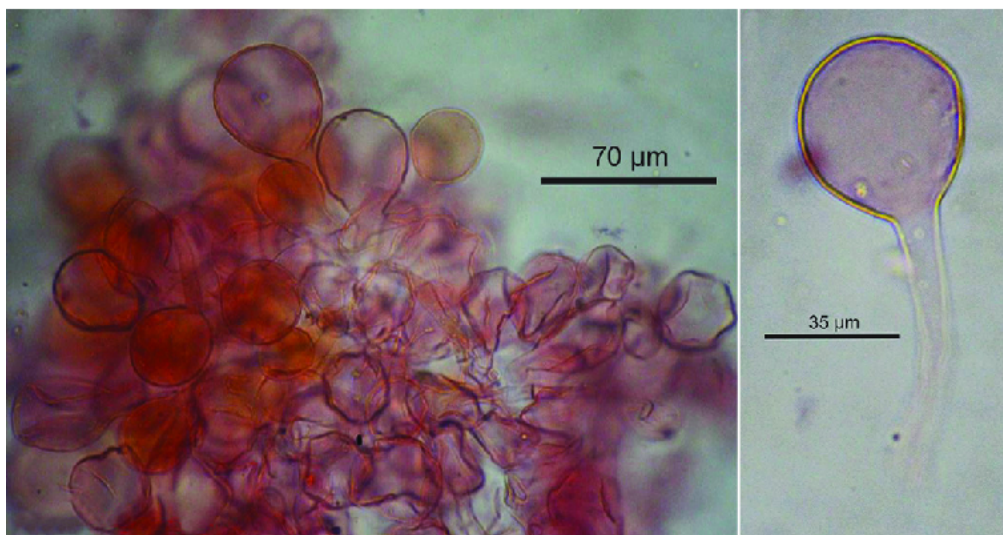
2.18. jaut. [2 p.] Izvēlies atbilstošu pazīmi katram filoģenētiskā koka nogrieznim (9. attēls)!



9. attēls. Lapgriezējskudru un radniecīgu grupu filoģenētiskais koks.

Pazīme	Nogrieznis
Sēņu dārzs	B
Zudis arginīna sintēzes gēns	C
Nesociāls dzīvesveids	D
Grauzējtipa mutes orgāns	A

Gongilīdijas (10. attēlā) ir struktūras, kas sastopamas evolucionāri jaunākās mutuālistiskās sēnes, tostarp *Leucocoprinus gongylophorus*. Tās būvētas no vairākiem hifu izaugumiem jeb stafilām un sastāv no ogļhidrātiem un lipīdiem. Ar gongilīdijām barojas skudru nimfas, turklāt tās nodrošina nieka 5% no darba skudru uzturvielām. Skudru karalienes barojas no neauglīgo mātīšu olniņām, turklāt tās pārnēs nokostu gongilīdiju fragmentu uz nākamo pūzni, lai nodrošinātu sēnes klātesamību nākamajai saimei. Šī iemesla dēļ *Leucocoprinus gongylophorus* ir praktiski zudusi spēja veidot augļķermeņus, proti, dzimumvairošanās.



10. attēls. Gongilīdijas (*L. gongylophorus* hifu pārveidnes) zem gaismas mikroskopa.

2.19. jaut. [1 p.] Kāds risks pastāv *Attini* cilts skudrai, kas uzturu gūst tikai un vienīgi no gongilīdijām?

- (A) nepietiekami glikozes (B) apnīk garša (C) neiegūst taukskābes (D) slāpekļa trūkums

Sēņu dārza apsaimniekošana ir izmēra ziņā pielīdzināma cilvēku industrializētai lauksaimniecībai – viena skudru saime var apstrādāt visas pieauguša eikalipta koka lapas vienas nakts laikā. Šādai lapu griešanai sēnes audzēšanas nolūkiem ir arī lielas sekas subtropiskajā vidē, kuru *Attini* cilts skudras apdzīvo. Kā augēdājiem, lapgriezējskudrām ir ievērojama ietekme uz ekosistēmas floru. Piemēram, gada laikā tās spēj iznīcināt 15% augu lapas un 50% augu sugu savā teritorijā. Tā iespaidā, apgabalos ar lapgriezējskudru pūžņiem sastopami 18% mazāk meža seguma, atbrīvojot gaismas pieejamību zemākos ekosistēmas slāņos. Dažos apgabalos, *Attini* skudras arī darbojas kā lauksaimniecības kaitēklis, iznīcinot iesēto ražu un bojājot ceļus un lauksaimniecības zemi ar pūžņu veidošanu. Viena daudzsološa pieeja lapgriezējskudru *Acromyrmex lobicornis* uzbrukumu atturēšanai kultūraugiem ir atkritumu savākšana no ligzdas un to izklāšana uz stādiem vai ap kultūraugiem.

2.20. jaut. [2 p.] Izmantojot iepriekš doto informāciju, paskaidro divus veidus, kā lapgriezējskudras ar savu darbību pozitīvi ietekmē lietusmeža ekosistēmu!

Piemēram, ļauj mazākiem apēnotiem augiem izaugt – jaunas sēklas var izdīgt, jo saules gaisma sasniedz arī zemākos meža slāņus. Arī apēd visizplatītākās sugas, iznīcina monokultūras un traucē lauksaimniecību, kas citādāk apdraudētu ekosistēmu. Abi minētie piemēri uzlabo sugu daudzveidību. Var minēt arī augsnes augšējo slāņu apstrādi un putnu, skudrulāču, parazitisko sēņu u.c. no skudrām atkarīgo sugu iedzīvi ekosistēmā.

Dažkārt sastopami organismi, kuru šūnās ir vairāk par diviem hromosomu komplektiem, tādā gadījumā organismu dēvē nevis par haploīdu vai diploīdu, bet gan poliploīdu. Ievērojama daļa augu, kurus audzē lauksaimniecības nolūkiem ir poliploīdi, piemēram, lai rastu miltus zemnieki audzē parasto kviesi (*Triticum aestivum*) – heksaploīdu sugu. Pateicoties heterozei jeb hibrīdsparam (no angļu val. ‘hybrid vigour’), kam ir vairāki iespējami skaidrojumi, poliploīdi augi ir izturīgāki un aug lielāki par diploīdām sugām, turklāt hromosomu pārmērība (‘gene redundancy’) mazina nukleotīdu delēciju ietekmi uz auga izdzīvotību.

Šādai hromosomālajai anomālijai ir arī būtiski riski. Poliploīdu šūnu kodoli var būt ievērojami lielāki par diploīdām šūnām, un tiem daļoties bieži veidojas aneiploīdas meitšūnas ar nevienādu hromosomu skaitu. Tā kā gametas ar atšķirīgu hromosomu skaitu saplūstot veido organismu, kas nav savienojams ar dzīvību, poliploīdija izraisa organisma neauglību. Šī iemesla dēļ poliploīdija ir riskanta īpašība, kas parasti nevar pārdzimt sugās, kuras paļaujas uz dzimumvairošanos.

2.21. jaut. [2 p.] Līdzīgi kā cilvēku kultivētiem augiem, tā arī *Leucocoprinus gongylophorus* raksturīgas poliploīdas šūnas. Nosauc divus iemeslus, kādēļ poliploiditāte ir neriskanta sēnei un izdevīga skudrai!

Hibrīdspara rezultātā sēnei var veidoties lielākas gongilīdijas, kas spēj pilnvērtīgāk pabarot skudru saimi. Poliploiditāte ir neriskanta sēnei, jo tā nereproducējas dzimumvairošanas ceļā, bet gan tiek pārnēsāta no vienas saimes uz citu (skatīt apakšuzdevuma ievadrindkopu).

2.22. jaut. [1 p.] *Leucocoprinus gongylophorus* šūnās sastopami arī vairāki kodoli, to vidējais skaits vienā hifas šūnā ir 9,4. Kādēļ, iespējams, polikariotiskas (vairākus kodolus saturošas) sēnes ir izdevīgākas lapgriezējskudrām?

- (A) efektīvāka enzīmu ekspresija (C) labāks oksidatīvais metabolisms
(B) skudras zog kodolus no senēm, pārtiek no tiem (D) efektīvāka fotosintēze

Lapgriezējskudru pūžņos mīt dažādi mikroorganismi. Piemēram, asku sēņu *Escovopsis* ģints satur sēnes, kas pārtiek no *Leucoagaricus gongylophorus* sēnes, izraisot sēņu dārza infekciju. Lapgriezējskudru pūžņus apdzīvo arī aktinobaktērijas no ģints *Pseudonocardia*, kas spēj sintezēt kandididīnu C – savienojumu, kas ir toksisks *Escovopsis* ģints sugām, taču ne *L. gongylophorus*. Šīs baktērijas uzturas skudru kutikulā un mutes dobumā. Skudras ir spējīgas cīnīties pret asku sēņu infekciju, ar antenām apziežot savu eksoskeletu un “aplaizot” mutuālistisko sēni, kā arī izgraužot inficētos bazīdijāsēnes fragmentus un iznesot tos no pūžņa.

2.23. jaut. [2 p.] Atzīmē ‘X’ atbilstoši tam, kā *Attini* cilts skudru saimi ietekmēs sekojošie faktori (A, B, C, D)!

Faktors A – *Escovopsis* sēne.

Faktors B – Kandicidīna C rezistences mutācija *Escovopsis* hromosomā.

Faktors C – *Pseudonocardia*, kad pūznī nav sastopama *Escovopsis*.

Faktors D – *Escovopsis* un aktinobaktērijas ar delēciju Kandicidīna C sintēzes saistītā gēnā.

Faktors	Pozitīva ietekme	Neitrāla ietekme	Negatīva ietekme
A	☐	☐	☒
B	☐	☐	☒
C	☐	☒	☐
D	☐	☐	☒



II UZDEVUMS [53 P.] KUR IR GĒNS?



PAREIZĀS ATBILDES

Skolas bioloģijas kursa ģenētikas stundās esam ļoti daudz klausījušies par gēniem uz hromosomām: “vainaglapu krāsu nosaka gēns uz 1., bet zirņu formas gēns uz 2. hromosomas...”, utml. Nu, bet, kur tad īsti uz hromosomas ir tas gēns?! Šajā uzdevumā aplūkosim

“ko bioloģijas skolotāji Jums nestāsta!”,

proti, kas notiek, ja divi gēni atrodas uz vienas hromosomas!

1. Vecais labais Mendelis [20 p.]

Lai pēc tam spētu noteikt no skaldījuma rezultātiem, vai gēni atrodas uz vienas hromosomas, sākumā aplūkosim situāciju, kad tā nav – gēni atrodas uz divām atšķirīgām hromosomām.

Apzīmēsim gēnus ar A un B un to alēles ar A , a un B , b , kur ar lielo burtu apzīmēta dominantā alēle.

1.1. jaut. [6 p.] Norādi īsas definīcijas dotajiem terminiem! **NB!** Iespējamās vairākas pareizās atbildes.

gēns	–	hromosomas segments, kas iekodē pazīmi
alēle	–	gēna veids
fenotips	–	pazīmju kopums individuā
genotips	–	alēļu kopums individuā
homozigots	–	vienādas alēles vienā gēnā
heterozigots	–	atšķirīgas alēles vienā gēnā

Puķuzirņu gēni A un B atrodas uz autosomālām hromosomām. Gēns A nosaka vainaglapu krāsu: ja būs A alēle, tad vainaglapas būs violetas, citādi – baltas. Atkal gēns B nosaka zirņu formu: ja genotips saturēs alēli B , tad zirņi būs apaļi, citādi – krunkulaini. Pieņem, ka gēns A atrodas uz citas autosomālas hromosomas nekā gēns B .

Jānītis divos dārzos audzēja puķuzirņus; viņš neļāva bitēm apputeksnēt puķuzirņus, kā arī neļaut pašiem apputeksnēties, apsedzot auglenīcu ar plēvi. Vienā (1.) dārzā visiem puķuzirņiem bija violetas vainaglapas un krunkulaini zirņi, bet otrā (2.) – baltas vainaglapas un apaļi zirņi. Katrā paaudzē viņš viena dārza puķuzirņiem nogrieza putekšņlapas ar nobriedušiem putekšņiem, sajauca tos kastītē un ar otu apzieda tā paša dārza puķuzirņu auglenīcas; katra dārza puķuzirņiem viņš to darīja atsevišķi. Pazīmes nemainījās vairāku paaudžu laikā. Apzīmēsim šo par P paaudzi.

Tad P paaudzes puķuzirņus savstarpēji krustoja – 1. dārza putekšņus uzziēda uz 2. dārza puķuzirņu auglenīcām un otrādi. Nākamajā vasarā iegūtos puķuzirņus sauksim par F_1 paaudzi. Pēc tam F_1 paaudzes puķuzirņus krustoja savā starpā, iegūstot F_2 paaudzi.

1.2. jaut. [3 p.] Uzzīmē Penneta režģi pirmajam krustojumam (no P paaudzes uz F_1 paaudzi) un nosaki iegūto(s) fenotipu(s) un genotipu(s) – vairāku gadījumā, kādā proporcijā tie ir (piem., 1 : 3 vai 1 : 1)!

Penneta režģis ir [1 p.]:

$$\begin{array}{c} P : AAbb \times aaBB \\ F_1 : \begin{array}{c|c} \varphi \backslash \sigma & aB \\ \hline Ab & AaBb \end{array} \end{array}$$

Tātad visiem genotips ir $AaBb$ [1 p.], kas atbilst violetām vainaglapām un apaļiem zirņiem [1 p.].

1.3. jaut. [2 p.] Apvelc pareizos burtus! Visiem izaudzētajiem F_1 paaudzes puķuzirņiem bija (a) *violetas*, (b) *baltas*, (c) *gaiši violetas*, (d) *gan baltas, gan violetas vainaglapas* un (a) *apaļi*, (b) *krunkulaini*, (c) *mazliet krunkulaini*, (d) *gan apaļi, gan krunkulaini* zirņi.

1.4. jaut. [8 p.] Uzzīmē Penneta režģi otrajam krustojumam (no F_1 paaudzes uz F_2 paaudzi) un nosaki iegūtos fenotipu(s) un genotipu(s)!

Režģis:

Par katru pareizu rindu tabulā [1 p.]:

P : AaBb × AaBb					
♀\♂		AB	Ab	aB	ab
F ₁ :	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Fenotipu skaldījums: Proporcijai summā jāsanāk 16 (piem., 1 : 2 : 6 : 7).

Fenotips	Atbilstošie genotipi	Proporcija
violeti, apaļi	A–B–	9
violeti, krunkulaini	A–bb	3
balti, apaļi	aaB–	3
balti, krunkulaini	aabb	1

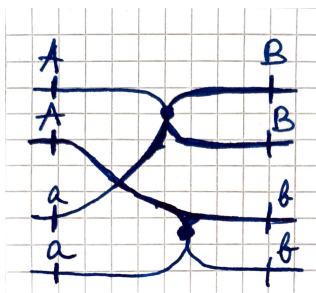
Piezīme: Mīnuss A– norāda, ka otra alēle nav nozīmīga: atbilst, gan AA, gan Aa. Tiks ieskaitīti abi pieraksta veidi: gan “A–”, gan “AA un Aa”. Par katru pareizu rindu [1 p.].

1.5. jaut. [1 p.] Ir zināms, ka alēles iekodē olbaltumvielu aminoskābju sekvenču. Norādi vienu iespējamu iemeslu, kā atšķirība starp A un a var noteikt ziedu krāsu!

Alēle A iekodē aktīvu enzīmu, bet a – neaktīvu.

2. Divi gēni [33 p.]

Mazliet teorija. Aplūkosim vienu hromosomu auglmušā (diploīds organisms!). Ir zināms, ka pat, ja gēni atšķiras, starp indivīdiem šī hromosoma ir vairāk nekā 99% vienāda. Mejozes I laikā, aplūkojot divas hromosomas (abas no viena vecāka) zem mikroskopa, iespējams redzēt, ka tās var veidot X formas struktūras – vienas hromosomas viena hromatīda krustota ar otras hromosomas hromatīdu, kā redzams zemāk:



Šajā gadījumā iegūtajām četrām gametām alēles būs AB, Ab, aB un ab. Gametas AB un ab mēs saucam par *vecāku tipa* gametām, bet Ab un aB par *rekombinantām* gametām. Gēns A iekodē tievas spārnu dzīslas (A) (aa – resnas), bet gēns B – sarkanas acis (B) (bb – brūnas acis).

No šī brīža uzdevumā organisma genotipu norādīsim uz abām hromosomas kopijām šūnā:

$$P : \frac{A\ b}{A\ b} \times \frac{a\ B}{a\ B}$$

Proti, virs daļsvītras ir viena hromosoma, bet zem – otra. Proti, P norāda krustojumu starp homozigotām augļmušām ar tievām dzīslām un brūnām acīm ar augļmušām ar resnām dzīslām un sarkanām acīm. No šī krustojuma iegūto paaudzi sauksim par F_1 , ko tad krustosim savstarpēji, iegūstot F_2 paaudzi.

2.1. jaut. [2 p.] Kāds būs iegūtās F_1 paaudzes fenotips? tievas dzīslas, sarkanas acis
Iegūtās F_1 paaudzes genotips būs

$$F_1 : \begin{array}{|c|} \hline Ab \\ \hline aB \\ \hline \end{array}$$

2.2. jaut. [6 p.] Pēc tam F_1 paaudzi savstarpēji krustoja. Ja visas iegūtās gametas būs vecāku tipa, norādi visas diploidās gametu kombinācijas, ko var iegūt, krustojot F_1 paaudzi savstarpēji!

$$F_2 : \begin{array}{|c|} \hline Ab \\ \hline Ab \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline Ab \\ \hline aB \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline aB \\ \hline Ab \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline aB \\ \hline aB \\ \hline \end{array}$$

Kādu F_2 fenotipu skaldījumu iegūs? *Aizpildi tikai tik rindas un genotipus, cik nepieciešams!*

Fenotips	Atbilstošie genotipi				Proporcija
tievas dzīslas, brūnas acis	Ab Ab				1
tievas sarkanas	aB Ab	Ab aB			2
resnas sarkanas	aB aB				1
—					—

Attālums starp gēniem

No šī brīža pieņemsim, ka hromosomas *vienmēr* veido X formas struktūras (viena hromatīda X struktūrā, otra nav).

2.3. jaut. [2 p.] Kāda ir maksimālā iespējamā rekombinantu gametu daļa (maksimums starp visiem gēnu pāriem uz hromosomas)? Jeb cik % rekombinantu nekad nav iespējams pārsniegt. Proti, rekombinanto gametu skaits dalīts ar visu gametu skaitu. 50 %

Atzīmē, kur uz hromosomas (zemāk dota viena hromatīda) atrodas gēni A un B , starp kuriem veidojas maksimāls rekombinantu gametu skaits!

A •————• B

Piezīme: A un B secību var mainīt.

2.4. jaut. [2 p.] Kāds F_2 fenotipu skaldījums tiks iegūts (P kā iepriekš), ja gēni A un B ir tik tuvu viens otram, ka X forma nekad neizveidojas pa vidu abiem gēniem?

Tāpat kā 2.2. jautājumā: 1 : 2 : 1.

Aplūkosim divus gēnus, kas ir tik tuvu, ka tie tiek sadalīti rekombinantās hromosomās reti, bet ne pārāk reti. Mērīsim attālumu starp tiem centiMorganos [cM] – cik % pēcnācēju F_2 paaudzē ir ar rekombinantām hromosomām? Šis attālums būs starp 0 cM un maksimālo vērtību (skat. 2.3. jaut.).

Tāpat kā iepriekš, A nosaka spārnu dzīslu biezumu, bet B – acu krāsu.

Krustosim

$$P : \frac{A\ B}{A\ B} \times \frac{a\ b}{a\ b}$$

2.5. jaut. [2 p.] Iegūtās F_1 paaudzes genotips būs

$$F_1 : \begin{array}{|c|} \hline AB \\ \hline ab \\ \hline \end{array}$$

un fenotips – tievas, sarkanas.

Tagad F_1 paaudzi krustosim ar $\frac{a}{a} \frac{b}{b}$ indivīdiem, proti,

$$F_2 : F_1 \times \frac{a}{a} \frac{b}{b}$$

2.6. jaut. [12 p.] Norādi visus iespējamās F_2 paaudzes genotipus; atzīmē, kuri veidojas tikai, ja ir izveidojusies X forma starp gēniem A un B ! Norādi arī fenotipa numuru (no zemāk dotajiem)!

$$\begin{array}{lcl} F_2 & : & \begin{array}{|c|} \hline AB \\ \hline ab \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline Ab \\ \hline ab \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline aB \\ \hline ab \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline ab \\ \hline ab \\ \hline \end{array}; \\ \text{Tikai, ja X} & : & \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline X \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline X \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array}; \\ \text{Fenotipa №} & : & \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline 4 \\ \hline \end{array}. \end{array}$$

Fenotipu numuri: 1 – tievas dzīslas, sarkanas acis; 2 – tievas dzīslas, brūnas acis; 3 – resnas dzīslas, sarkanas acis; 4 – resnas dzīslas, brūnas acis; 5 – neviens no dotajiem.

2.7. jaut. [7 p.] Ja attālums starp A un B ir 0,5 cM, cik % pēcnācēju būs genotips, kur bija jānotiek rekombinācijai starp A un B ? 0,5 % **[1 p.]**

Cik daudz katra fenotipa F_2 pēcnācēju iegūs? Atbildes norādi procentos ar divām zīmēm aiz komata.

Fenotips	Atbilstošie genotipi				Daudzums
1	AB ab				49,75 %
2	Ab ab				0,25 %
3	aB ab				0,25 %
4	ab ab				49,75 %

Piezīme: Par katru pareizu rindu **[1.5 p.]**.

Paldies par piedalīšanos! Ceru, ka patika uzdevums! ☺

– MGK.



III UZDEVUMS [52 P.]

POTSA ŠŪNU MODELIS



Komandas nosaukums

Šajā uzdevumā vēlos jūs iepazīstināt ar īpašu bioloģijas apakšnozari no sērijas ”ko bioloģijas skolotāja jums nestāsta?” — teorētisko (jeb kvantitatīvo) bioloģiju. Teorētiskā bioloģija ietver mazāk zināmas apakšnozares kā datorbioloģiju, bioinformātiku, biofiziku, matemātisko bioloģiju. Pieaugot datoru skaitļošanas jaudai, zinātnieki septiņdesmitajos gados sāka izmantot datorus evolūcijas pētīšanai vai bioloģisku parādību modelēšanai. Vienu šādu modeli mēģināšu parādīt šajā uzdevumā. No sākuma gan ir jāiziet cauri matemātikas un fizikas principiem, kas veido modeli — bioloģija ir sarežģīta! Uzdevumā esmu devis daudzus piemērus, kuri palīdzēs, ja teksts nav uzreiz saprotams!

1. No matemātikas līdz fizikai. [15 p.]

Tā kā modeli izdomāja fiziķi, tā uztverei nepieciešamas priekšzināšanas par summas simbolu:

$$\sum_{k=1}^5 a(k)$$

Diagrama ar anotācijām:

- beigu indekss (green) — 5
- funkcija, kas ir atkarīga no indeksa (purple) — $a(k)$
- summēšanas indekss (orange) — k
- sākuma indekss (orange) — 1

Piemēri:

$$\sum_{x=1}^5 x = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15;$$

$$\sum_{y=2}^4 y^2 = 4 + 9 + 16 = 29$$

1.1. jaut. [2 p.] Tagad tavs gājieni. Aprēķini $\sum_{x=1}^6 x$.

$$\sum_{x=1}^6 x = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21$$

1.2. jaut. [2 p.] Aprēķini $\sum_{x=2}^3 x^3$.

$$\sum_{x=2}^3 x^3 = 2^3 + 3^3 = 35$$

Locekļi, kuri nav atkarīgi no summēšanas indeksa (šeit — x), ir konstantes:

$$\sum_{x=1}^3 (x^2 + a) = (1 + a) + (4 + a) + (9 + a) = 14 + 3a$$

$$\sum_{x=1}^2 (x + 5) = (1 + 5) + (2 + 5) = 13$$

1.3. jaut. [2 p.] Tavš gājiens. Aprēķini $\sum_{y=1}^3 (y - b)$.

$$\sum_{y=1}^3 (y - b) = (1 - b) + (2 - b) + (3 - b) = 6 - 3b$$

Summēt var arī mainīgos pēc to indeksiem:

$$\sum_{n=1}^3 E_n = E_1 + E_2 + E_3; \quad \sum_{n=1}^3 a_n E_n = a_1 E_1 + a_2 E_2 + a_3 E_3; \quad \sum_{n=1}^k E_n = E_1 + E_2 + \dots + E_k.$$

1.4. jaut. [2 p.] Izraksti summu $\sum_{n=1}^k a_n E_n$.

$$\sum_{n=1}^k a_n E_n = a_1 E_1 + a_2 E_2 + \dots + a_k E_k$$

Matemātika nebeidzas (tūlīt beigsies) — summēt var arī, piemēram, elementus režģī. Piemēram, summa režģim attēlā 1.a ir

$$\sum_{i,j} a_{ij} = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 = 45$$

Ievēro, ja beigu indekss nav dots, tas nozīmē summēt visus dotos elementus, šajā gadījumā — visus režģa elementus.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

(a) režģis

1	2
3	4

(b) režģis
1. attēls.

2	3
4	5

(c) režģis

1.5. jaut. [2 p.] Aprēķini $\sum_{i,j} a_{ij}$ režģim attēlā 1.b!

$$\sum_{i,j} a_{ij} = 1 + 2 + 3 + 4 = 10$$

Summēšana var kļūt aizraujoša — summēt var, piemēram, arī elementa kaimiņus (ne diagonālos)! Šo var pierakstīt dažādi, bet es rakstīšu $\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij}$. Režģim attēlā 1.b:

$$\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij} = (2 + 3) + (1 + 4) + (1 + 4) + (2 + 3) = 20.$$

1.6. jaut. [2 p.] Aprēķini $\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij}$ režģim attēlā 1.c!

$$\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij} = (3 + 4) + (2 + 5) + (2 + 5) + (3 + 4) = 28$$

Uzdevumā būs jāveic līdzīgi aprēķini, tāpēc dodu trenēties jau tagad. Summēt var arī elementa un tā kaimiņu reizinājumus. Režģim attēlā 1.b to pierakstīšu šādi:

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j = \frac{1}{2} [(1 \times 2 + 1 \times 3) + (2 \times 1 + 2 \times 4) + (3 \times 1 + 3 \times 4) + (4 \times 3 + 4 \times 2)] = 25$$

Turpmāk uzdevumā pirms kaimiņu summām būs $\frac{1}{2}$, lai kompensētu to, ka katrs kaimiņu pāris tiek ieskaitīts divreiz.

1.7. jaut. [3 p.] Aprēķini $\frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j$ režģim attēlā 1.c!

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j = \frac{1}{2} [(2 \times 3 + 2 \times 4) + (3 \times 2 + 3 \times 5) + (4 \times 2 + 4 \times 5) + (5 \times 3 + 5 \times 4)] = \frac{95}{2}$$

2. No fizikas līdz bioloģijai. [15 p.]

19. gs. divdesmitajos gados, Lenzs un Īzings izveidoja un raksturoja feromagnētisma modeli, kurā

- režģa elementi ir spini (nav svarīgi, ko tas nozīmē);
- spinam ir orientācija — uz augšu ($\sigma = 1$) vai uz leju ($\sigma = -1$);
- katrs spins mijiedarbojas tikai ar kaimiņiem uz augšu, uz leju, pa labi vai pa kreisi.

Par režģa konfigurāciju sauc vienu no veidiem, kā orientēt visus spinus. Divas konfigurācijas ir dotas 3. attēlā. Konfigurācijas iespējamība P ir atkarīga no tās enerģijas $\mathcal{H}$:

$$P \propto e^{-\beta \mathcal{H}}, \quad (1)$$

kur " $\propto$ " nozīmē "proporcionāls" un β ir konstante, kura mums nav svarīga. Tāpēc, jo lielāka ir konfigurācijas enerģija, jo mazāka ir varbūtība, ka šī konfigurācija izveidosies. Lai aprēķinātu $\mathcal{H}$, jāveic tā pati procedūra, kas 1.7. jautājumā: saskaita elementa un tā kaimiņu reizinājumus. Atkārto katram elementam un iegūtās vērtības saskaita:

$$\mathcal{H} = -\frac{J}{2} \sum_{i,j} \sigma_i \sigma_j, \quad (2)$$

kur J ir konstante, kura apzīmē mijiedarbību stiprumu. Turpmāk ņem $J = 1$. σ_i un σ_j ir spinu vērtības kaimiņatomiem, piemēram,

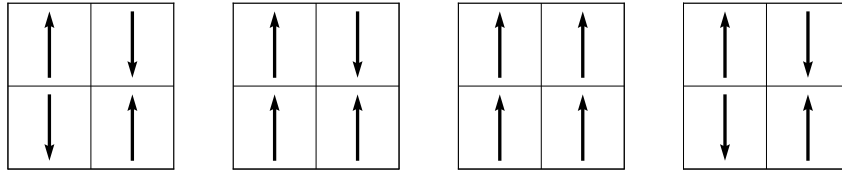
$$\sigma_{\uparrow} \sigma_{\uparrow} = 1 \cdot 1 = 1; \quad \sigma_{\uparrow} \sigma_{\downarrow} = 1 \cdot (-1) = -1.$$

Enerģijas aprēķins konfigurācijai 2.a attēlā:

$$\mathcal{H} = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} \sigma_i \sigma_j = -\frac{1}{2} [(1 \times -1 + 1 \times -1) + (-1 \times 1 + -1 \times 1) + (-1 \times 1 + -1 \times 1) + (1 \times -1 + 1 \times -1)] = 4.$$

2.1. jaut. [4 p.] Aprēķini enerģiju konfigurācijai 2.b attēlā!

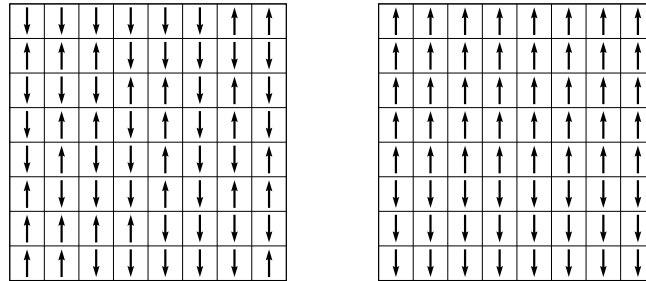
$$\mathcal{H} = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} \sigma_i \sigma_j = -\frac{1}{2} [(1 \times -1 + 1 \times 1) + (-1 \times 1 + -1 \times 1) + (1 \times 1 + 1 \times 1) + (1 \times 1 + 1 \times -1)] = 0$$



(a) konfigurācija (b) konfigurācija (c) konfigurācija (d) konfigurācija
2. attēls.

2.2. jaut. [4 p.] Paskaidro, kurai no konfigurācijām 3. attēlā ir lielāka varbūtība ($P \propto e^{-\beta\mathcal{H}}$)!

Lielāka P ir 3.b konfigurācijai, jo bultiņas vienā virzienā dod pozitīvus locekļus, padarot enerģiju negatīvu, tāpēc P ir augsta. Savukārt 3.a konfigurācijā dažādas bultiņas dod negatīvus locekļus, padarot enerģiju pozitīvu, un P zemu.



(a) konfigurācija (b) konfigurācija

3. attēls.

Lai modelī iekļautu laiku, jāievieš veids, kā sistēma var pāriet no vienas konfigurācijas uz citu. To dara ar dažādiem algoritmiem. Neiedziļinoties tajos — ja jaunās konfigurācijas enerģija ir mazāka par vecās, tad tā tiek pieņemta ar varbūtību 1 (vienmēr pieņemta). Ja jaunās konfigurācijas enerģija ir lielāka, tad tā tiek pieņemta ar varbūtību $P = e^{-\beta\Delta\mathcal{H}}$, kur $\Delta\mathcal{H} = \mathcal{H}_{\text{jaunā}} - \mathcal{H}_{\text{vecā}}$. Citiem vārdiem, elementi uzvedas tā, lai minimizētu sistēmas enerģiju. Šis ir svarīgi turpmākajam uzdevumam.

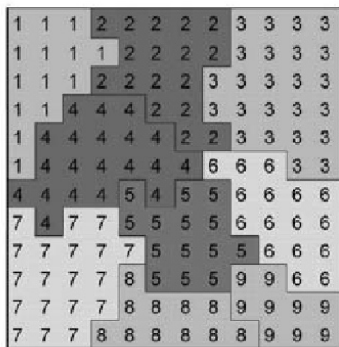
2.3. jaut. [7 p.] 2.b attēlā ir dota sākotnējā konfigurācija. Nosaki varbūtības šai konfigurācijai pāriet uz 2.c un 2.d attēlā redzamajām (atstāj nezināmos mainīgos). Uz kuru pāriet ir lielāka varbūtība un kāda ir šī sistēma — sakārtota vai sajaukta? Ieteikumi: $\mathcal{H}_{\text{vecā}}$ tu cerams aprēķināji 2.1. jautājumā. Tagad jāaprēķina $\mathcal{H}_{\text{jaunā}}$ un abas jāievieto P izteiksmē.

Pēc tādiem pašiem aprēķiniem kā 2.1. jautājumā, $\mathcal{H}_c = -4$ un $\mathcal{H}_d = 4$. $P_c = e^{4\beta}$ un $P_d = e^{-4\beta}$. Tātad pāriet uz 2.c konfigurāciju ir lielāka iespējamība. 2.c konfigurācija ir sakārtota, nevis sajaukta.

Laika gaitā tika veikti modeļa papildinājumi, kas gluži nejauši pavēra iespējas pielietojumiem bioloģijā. Lielu daļu papildinājumu veica Renfrijs Pots (1925–2005), kura vārdā modeli visbiežāk dēvē.

1. Modelis tika vispārināts no divām spina orientācijām līdz neierobežotam skaitam dažādu stāvokļu vai objektu. Piemēram, 4. attēlā ir redzami deviņi objekti, piemēram, šūnas.
2. Tika ieviests objekts, kas apzīmē vidi, piemēram, ūdeni, kurā atrodas šūnas.

3. Algoritmam tika pievienots nosacījums, ka kāds objekts nevar parādīties cita objekta iekšienē, kas nozīmēja, ka tikai objektu robežas var mainīt formu.
4. Tika pievienoti bioloģiski nosacījumi (skatīt tālāk). Tālāk par objektiem saukšu tikai šūnas un vidi.



4. attēls. Potsa šūnu modeļa režģa elementi veido objektus, piemēram, šūnas.

3. Bioloģija. [22 p.]

Šūnas ir sarežģītākas par metāliem, tāpēc sistēmas enerģija $\Delta\mathcal{H}$ tika atjaunināta. Jaunais vienādojums ir

$$\Delta\mathcal{H} = \Delta\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{perimetra}}. \quad (3)$$

Kad šūnas simulācija tiek ieslēgta, parādās šūna kā 8.b attēlā un, vienkāršotā valodā, katru sekundes simtdaļu tiek izmēģināta jauna šūnas konfigurācija, un, ja tā tiek pieņemta, šūna pamaina savu formu, un izveidojas jauks video. $\Delta\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}}$ ir līdzīgs vienādojuma loceklis tam, ko rēķinājām ar spiniem, taču tagad ņem vērā arī diagonālos kaimiņus, kā arī **ņem vērā tikai tos pikseļu pārus, kuri nepieder vienai šūnai vai videi:**

$$\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}} = \sum_{\substack{i,j \text{ kaimiņi} \\ \text{šūna}(i) \neq \text{šūna}(j)}} \frac{J}{2}, \quad (4)$$

kur J ir adhēzijas konstante. Jo lielāku J izvēlas, jo spēcīgāka ir adhēzija (viena objekta elementu spēja turēties kopā). Joprojām $J = 1$. Izteiksmē vairs nekas nav atkarīgs no summēšanas indeksiem i, j . Tas ir saīsināts pieraksts, jo pilnu pierakstu būtu grūti saprast (un sakarīgi uzrakstīt).

Attēlā 5.a, neskaitot kaimiņus divreiz un tāpēc nedalot ar divi:

$$\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}} = J_{1,\text{kaimiņi}} + J_{2,\text{kaimiņi}} + J_{3,\text{kaimiņi}} = 6 + 1 + 3 = 10$$

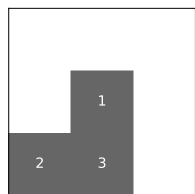
Ar sarkanu ir atzīmēts labojums, kurš tika veikts olimpiādes laikā.

3.1. jaut. [6 p.] Aprēķini $\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}}$ šūnu konfigurācijām 5.b un 5.c attēlā!

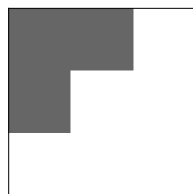
$$\mathcal{H}_{\text{adhēzijas, b}} = 3 + 1 + 3 = 7 \text{ un } \mathcal{H}_{\text{adhēzijas, c}} = (3 + 1 + 3) + (6 + 3 + 1) = 17.$$

3.2. jaut. [2 p.] Ja $J \neq 0$ un ir pozitīvs, paskaidro, uz kuru no konfigurācijām 6. attēlā tieksies kāda nejauša 20×20 režģa konfigurācija.

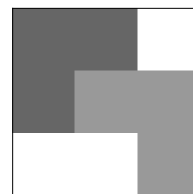
Kāda nejauša konfigurācija tieksies uz 6.b konfigurāciju, jo tai ir mazāka $\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}}$, jo elementi ir novietojusies tā, lai minimizētu saskarsmi ar cita veida elementiem.



(a) viena šūna



(b) viena šūna

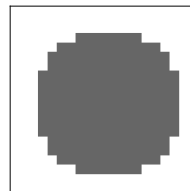


(c) divas šūnas

5. attēls. Šūnu konfigurācijas.



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija

6. attēls. 20×20 režģa konfigurācijas.

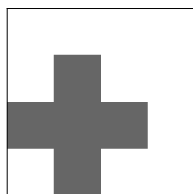
Nākamais vienādojumā ir tilpuma loceklis

$$\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = \sum_{i \in \text{šūnas}} \lambda_{\text{tilpuma}} (V_i - V_m)^2,$$

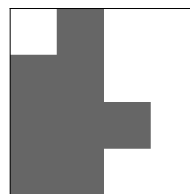
kur λ_{tilpuma} ir konstante un V_m ir konstante, ko sauc par mērķa tilpumu (šūnai definēts tilpums, piemēram, 10 pikseļi). Jo vairāk šūnas tilpums atšķiras no mērķa tilpuma, jo lielāka $\Delta\mathcal{H}$. Atgādinu, ka $\Delta\mathcal{H} = \mathcal{H}_{\text{jaunā}} - \mathcal{H}_{\text{vecā}}$.

3.3. jaut. [4 p.] Šūna ar $V_m = 5$ pikseļi un $\lambda_{\text{tilpuma}} = 1$ ir dota 7.a attēlā. Kāda ir $\Delta\mathcal{H}_{\text{tilpuma}}$, kad šūna izplešas no 7.a uz 7.b attēlā redzamo? Ieteikums: attēlā ir tikai viena šūna, tāpēc $\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = \lambda_{\text{tilpuma}}(V - V_m)^2$.

$\mathcal{H}_{\text{tilpuma, a}} = 0$, jo $V = V_m$. $\mathcal{H}_{\text{tilpuma, b}} = 1 \times (8 - 0)^2 = 64$. Tātad $\Delta\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = 64 - 0 = 64$.



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija

7. attēls. Šūnas izplešanās.

3.4. jaut. [2 p.] Paskaidro, kas notiktu, ja $\lambda_{\text{tilpuma}} = 0$ vai $V_m = 0$!

Šādā gadījumā tilpuma mērķis būtu 0 un šūna pazustu.

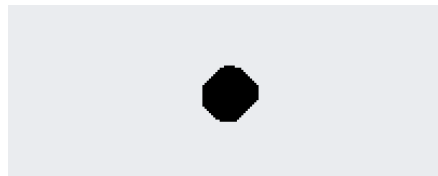
Pēdējais vienādojumā ir perimetra loceklis, kurš stādā līdzīgi kā tilpuma loceklis:

$$\mathcal{H}_{\text{perimetra}} = \sum_{i \in \text{šūnas}} \lambda_{\text{perimetra}} (P_i - P_m)^2,$$

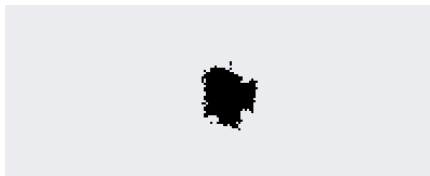
kur $\lambda_{\text{perimetra}}$ ir konstante, un P_m ir konstante, ko sauc par mērķa perimetru. Šis loceklis neļauj šūnai neloģiski mainīt savu perimetru.

3.5. jaut. [4 p.] 8.a un 8.b attēlā ir izmainīts tikai P_m . Paskaidro, kāds tas ir katrā no attēliem un kāpēc!

8.a P_m ir mazs, jo šūna ir kompakta un 8.b P_m ir liels, jo šūna ir izplūdusi.



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija



(c) konfigurācija

8. attēls. Konfigurācijas ar mainītu mērķa perimetru.

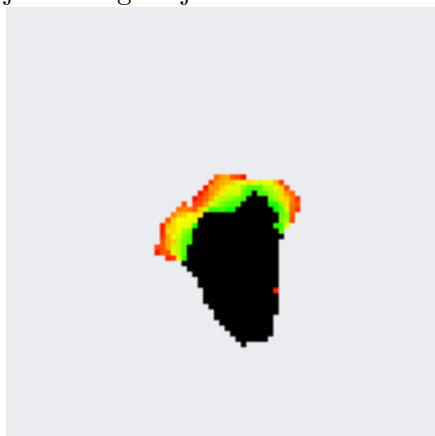
3.6. jaut. [4 p.] J ir līdzīga P_m konstantei. Kā ir jāmaina (jāsamazina/ jāpaaugstina) J konstante, lai šūna mainītos no 8.b uz 8.c attēlā redzamo? Atbildi uz iepriekšējo jautājumu, bet priekš P_m konstantes! Paskaidro, kādā veidā J un P_m konstantes ir līdzīgas!

J ir jāsamazina. P_m ir jāpaaugstina. J un P_m ir antagonistiskas konstantes (dara to pašu, bet pretēji) — augsta J un zema P_m tur šūnas elementus kopā.

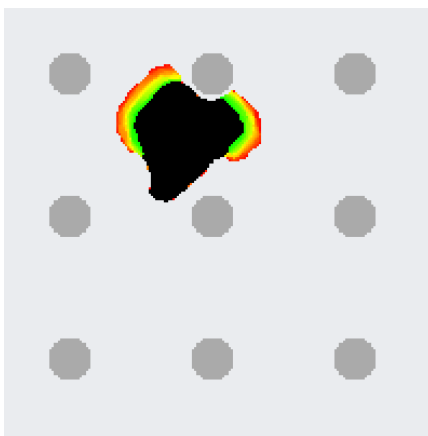
3.7. jaut. [4 p.] Konfigurāciju 8.c attēlā var iegūt vēl vienā veidā. Bonusa jautājums: kuras konstantes(-šu) vērtība(s) (J , λ_{tilpuma} vai $\lambda_{\text{perimetra}}$) ir jāizvēlas 0, lai rastos šī konfigurācija? Vēl viens bonusa jautājums: Kas notiktu, ja izvēlētos negatīvu J ?

Jāizvēlas $J = 0$ un $\lambda_{\text{perimetra}} = 0$, jo tad nebūtu enerģijas locekļu, kas turētu šūnu kopā. Ja $J < 0$, tad elementiem piemistu "anti-adhēzija", un ja enerģijas perimetra loceklis nespēj konkurēt, tad elementi mēģinātu izvairīties viens no otra, un izveidotos "anti-šūna".

Diemžēl nepaguvu parādīt modeļa pielietojumus, modelējot šūnu šķirošanos vai amēbveida šūnu kustīgumu (9. attēlā). Taču tu par to vari mācīties, ja izvēlies studēt bioloģijas programmā universitātē ar pieejamiem kursiem teorētiskajā bioloģijā. Vai, ja tev interesē tieši pamati un principi, pēc kuriem modeļi strādā, izvēlies studēt fiziku un maģistrā specializēties bioloģiskajā fizikā.



(a) Šūna pārvietojas tajā virzienā, kurā ir izveidojusies aktīva mala.



(b) Var modelēt, kā šūna mijiedarbojas ar šķēršļiem.

9. attēls.



IV UZDEVUMS [52 P.]

NO ONE MOURNS THE WICKED (T-CELLS)



Komandas nosaukums

Imunoloģija ir sarežģīta un vēl joprojām līdz galam neizpētīta bioloģijas nozare, tomēr ļoti daudzi plaši zināmi un arī praktiski pielietojami atklājumi, kā vakcīnas, medikamenti, ko pielieto infekcijas slimību ārstēšanā, kā arī vēl nesen eksperimentālu, taču šobrīd jau plaši konvencionāli pielietojamu audzēju terapiju tehnoloģiskie pamatprincipi, kas ir virzījuši medicīnas progresu un veicinājuši veselību gan sabiedrības, gan arī individuālā līmenī, ir nākuši tieši no imūno šūnu daudzveidības un molekulāro īpatnību izpētes.

Šogad arī Nobela prēmija medicīnā tika piešķirta par atklājumiem un darbu saistībā ar imūno šūnu apakšpopulācijām, to īpašībām un funkcijām, tāpēc šajā uzdevumā uzzināsi vairāk par to, kā norisinās imūno šūnu attīstība, kā imūnsistēma spēj sevi regulēt un kādas varētu būt sekas, ja šie regulācijas mehānismi tiek traucēti.

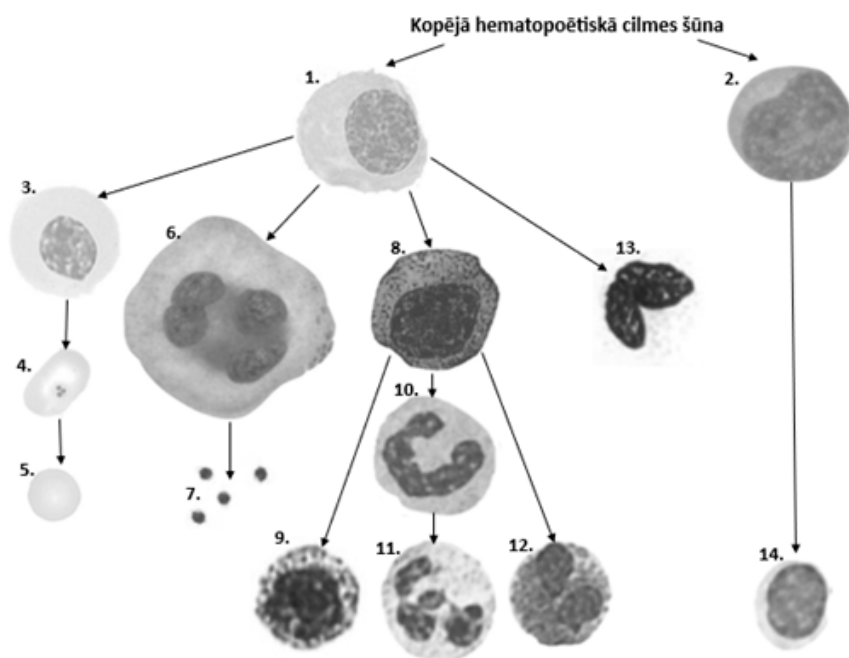
1. I know I'm just a mere munchkin, but even munchkins have feelings...[26 p.]

*"I have a personal score to settle with El—
With the WITCH!"*

1.1. jaut. [14 p.] Aplūko asinsķermenīšu attīstības shēmu no kopējām hematopoētiskajām cilmes šūnām un izvēlies katram asinsķermenītim atbilstošo nosaukumu. Ņem vērā, ka 5., 7. un 14. šūnai nosaukums nav dots un tas Tev ir jāuzraksta pašam. Visiem dotajiem nosaukumiem ir jātiek izmantotiem.

Dotie asinsķermenīšu nosaukumi:

- granulocītu priekštečšūna,
- limfoblastiskā priekštečšūna,
- mieloblastiskā priekštečšūna,
- monocīts, • eritroblasts,
- stabiņkodolainais neitrofilais leukocīts,
- eozinofilaais leukocīts, • retikulocīts,
- bazofilaais leukocīts, • segmentkodolainais neitrofilais leukocīts, • megakariocīts.



1. attēls. Asinsķermenīšu attīstības shēma

- | | |
|------|------------------------------|
| (1.) | Mieloblastiska priekštečšūna |
| (2.) | Limfoblastiska priekštečšūna |
| (3.) | Eritroblasts |
| (4.) | Retikulocīts |
| (5.) | Eritrocīts |
| (6.) | Megakariocīts |
| (7.) | Trombocīti |

- | | |
|-------|---------------------------------|
| (8.) | Granulocītu priekštečšūna |
| (9.) | Bazofilaais leukocīts |
| (10.) | Stabiņkodolainais neitr. leuk. |
| (11.) | Segmentkodolainais neitr. leuk. |
| (12.) | Eozinofilaais leukocīts |
| (13.) | Monocīts |
| (14.) | Limfocīts |

1.2. jaut. [1 p.] Attīstoties 5. šūnai (no 3. uz 5. šūnu), ir redzama kādas centrāli izvietotas, tumšākas struktūras izzušanas process. Šīs struktūras atliekas vēl ir novērojamas 4. šūnā, ko sauc arī par Hauela-Džolija ķermeņiem, taču 5. šūnā struktūra ir izzudusi pilnībā. Kas ir šī struktūra?

Kodols

1.3. jaut. [1 p.] Kāda procesa rezultātā norisinās šīs struktūras izžušana?

Enukleācija (arī eksocitoze)

1.4. jaut. [2 p.] Nosauc divus iemeslus, kāpēc 5. šūnai ir funkcionāli izdevīga struktūras izžušana.

Membrānas virsmas laukuma palielināšana (virsmas laukuma/šūnas tilpuma attiecības palielināšana), lai veicinātu gāzu veismīgāku difūziju uz/no citosola, brīvas vietas nodrošināšana citosolā, lai radītu maksimāli lielu hemoglobīna koncentrāciju šūnā, diskveida formas gūšanai, kas ļauj eritrocītiem deformēties un ciešāk piegult vienam pie otra, veidojot stabiņveida struktūras, kas atvieglo izklūšanu cauri kapilāriem, kuru lūmena diametrs ir mazāks par eritrocītu diametru. Arī citi pamatoti iemesli tiks ieskaitīti.

1.5. jaut. [1 p.] Zināms, ka putniem atšķirībā no zīdītājiem šīs struktūras izžušana 5. šūnas nobriešanas procesā nenorisinās. Kāpēc putniem struktūra saglabājas arī 5. šūnā?

Lai veicinātu lidspēju, liela daļa putnu kaulu ir dobi un tajos, izņemot ķīli un skriemeļus, nav sarkano kaulu smadzeņu, kurās pastāvīgi varētu attīstīties jauni eritrocīti, līdz ar ko tiem ir jā saglabā sava spēja dalīties (interesanti, ka kaulu smadzeņu trūkuma dēļ arī daudzu limfocītu šūnu attīstība atšķirībā no zīdītājiem, putniem norisinās pamatā limfmezglos, kā Fabriķija gļotsomiņas limfmezglos).

1.6. jaut. [4 p.] 1.6. Asinsķermenīši pilda atšķirīgas funkcijas, lai gan to attīstības process un nobriešanas regulatorie mehānismi ir līdzīgi. Dažām šūnām – 9., 11. un 12. – ir raksturīgi īpaši ieslēgumi, kas piešķir tiem graudainu izskatu, taču katrai organismā ir sava funkcija. Iepazīsties ar 3 klīniskajām situācijām. Katrā no šīm situācijām pacientam ir ticis novērots paaugstināts paaugstināts konkrētas šūnas (9., 11. vai 12.) skaits. Izvērtējot pacientam novērotās pazīmes un sūdzības un arī izmantojot savas zināšanas, apraksti katras šūnas funkciju.

• **9. šūna:** Pacientei, 30 gadus vecai sievietei, pēdējo divu gadu laikā ir bijušas vairākas anafilakses epizodes, kas izpaudusās pēc kāda jauna ēdiena pagaršošanas. Epizodēm ir raksturīgs pēkšņs aizsmakums, sārti izsitumi, kas strauji nokļājuši visu ķermeni un ir spēcīgi niezējuši. Pēc šīm epizodēm vienmēr ir saukta ātrā palīdzība, kas ir pacientei ievadījusi adrenalīnu, pēc kā simptomi mazinājušies, tomēr arī ikdienā ārpus šīm epizodēm paciente turpina izjust aizliktu degunu un nelielu niezi.

Mijiedarbība un līdzdalība alergisko reakciju nodrošināšanā. Bazofili, tiekot aktivēti ar Imunoglobulīna E vai interleikīnu-3/18/33 palīdzību, pastiprināti izdala histamīnu un interleikīnu-4, kas veicina limfocītu un makrofāgu hemotaksi, asinsvadu caurlaidības palielināšanos un tūskas un izsitumu veidošanos, kā arī ierosina mazo elpceļu krampjus - bronhospazmas -, kas apgrūtina elpošanu

• **11. šūna:** Paciente ir 45 gadus veca sieviete, kurai ir raksturīgas dedzinošas sāpes dzimumorgānu apvidū, sāpēm pastiprinoties urinēšanas laikā. Papildus tam ir attīstījies arī drudzis (temperatūra ir 38°C) un vispārējs nogurums. Veicot urīna uzsmērējumu uz mikroorganismu barotnēm, tajā tiek noteikta *Escherichia coli* klātbūtne.

Nespecifisku primāri antibakteriālu imūno aizsargreakciju nodrošināšana un akūtas iekaisuma reakcijas veicināšana. Neitrofili piedalās dažādu organisma aizsargmehānismu nodrošināšanā, gan fagocitējot patogēnu un nodrošināt tā līzi, gan veicinot atsevišķu kodola segmentu eksocitozi un veidojot neitrofīlo leukocītu ekstracellulāros DNS tīklus, kas veicina patogēna satveršanu, gan izdalot dažādus iekaisuma citokīnus, kā interleikīnu-1, gan audzēju nekrozes faktoru-alfa, kas veicina gan citu imūnšūnu aktivāciju, gan arī konstitucionālo iekaisuma simptomu, kā drudzi, nespēku, galvassāpju ierosināšanu, mediējot asinsvadu diametru, CNS termoregulācijas centru aktivitāti, atsevišķu metabolo procesu intensitātes maiņu, apetītes sajūtas veidošanos.

• **12. šūna:** Pacients, vīrietis, 40 gadi, jau ilgstošu laiku cieš no vēdera diskomforta, kā arī ir novērojis svara zudumu. Pirms mēneša restorānā ir ēdis termiski neapstrādātu liellopa gaļu. Pēdējo reizi izkārnījumos arī pamanījis gaišus, gareniskus un posmotus veidojumus. Laboratorijā tika apstiprināts, ka pacienta fēcēs ir atrodams hermafrodīts organisms ar posmveida uzbūvi, kas sākas ar skoleksu un turpinās ar kakliņu un līdz pat tūkstoš proglotīdiem. Pirms tam pacients veicis asins analīzes pavasarī, kad arī tika noteikts paaugstināts šo šūnu skaits. Ārsta kabinetā tika apstiprināts, ka abas reizes savā starpā nav saistītas.

Pacientam balstoties uz anamnēzi un parazitiskā organisma atradni fēcēs, visdrīzāk ir raksturīga tenioze, ko ierosinājis govju vai cūku lentenis (lai veikto precīzāku diagnostiku, nav sniegts pietiekoši informācijas, par parazīta morfoloģiskajām pazīmēm), eozinofilie leukocīti ir, kā pieņemts uzskatīt, specifiski evolucionāri attīstījušās šūnas, kas piedalās lielu, pie dzīvnieku valsts piederošu parazitisku organismu, kā arī viēnšūņu eliminācijā, kas parasti notiek ar frustrētās fagocitozes palīdzību, aktīvi ārvidē izdalot lizosomālos enzīmus un nodrošinot patogēna iznīcināšanu, kā arī iesaistoties tālāku specifisko vai hronizējošo iekaisumu veidošanā. Papildus tam pateicoties spējai izdalīt Interleikīnu-5, kas nodrošina B limfocītu specifiskāciju un īpašas somatiskās hipermutācijas, lai tie specializētos tieši imunoglobulīna E sintēzē, pastarpināti piedalās alerģisko reakciju mediēšanās, līdzīgi kā bazofilās šūnās, bet caur pilnīgi citādākiem mehānismiem.

1.7. jaut. [2 p.] Kāda simptoma novēršanai ātrā palīdzība ievadīja pacientei adrenalīnu. Kāpēc būtu svarīgi pēc iespējas ātrāk novērst tieši šo simptomu?

Adrenalīns primāri tika ievadīts bronhospazmu izraisīta elpas trūkuma novēršanai, tā kā elpceļu muskulatūras relaksāciju regulē beta-2-adrenerģiskie receptori, kurus adrenalīns attiecīgi spēj aktivēt. Šo simptomu ir īpaši svarīgi novērst pēc iespējas ātrāk, tā kā pat dažas minūtes ilgs skābekļa deficīts jeb išēmija var izraisīt neatgriezeniskas sistēmiskas izmaiņas īpaši centrālajā nervu sistēmā, veicinot pastiprinātu neironālo bojājumu, perineirālo iekaisumu, glijas funkcionālās izmaiņas un var ietekmēt pacienta turpmāko kognitīvo, afektīvo un kā arī smadzeņu bazālo funkcionalitāti.

1.8. jaut. [1 p.] Izmantojot doto informāciju, ja Tev būtu iespēja kā ārstam dod šai pacientei vienu ieteikumu, kas saistāms ar epizožu rašanos neparedzētos brīžos, kāds tas būtu?

Vienmēr nēsāt līdz adrenalīna injekciju pildspalvas, nodrošināt injekciju pildspalvu pieejamību darba vietā, informēt radniekus, draugus, kolēģus par atbilstošu rīcību alerģiskas reakcijas aizsākšanās brīdī, kā arī jebkurš cits loģisks un pamatots ieteikums.

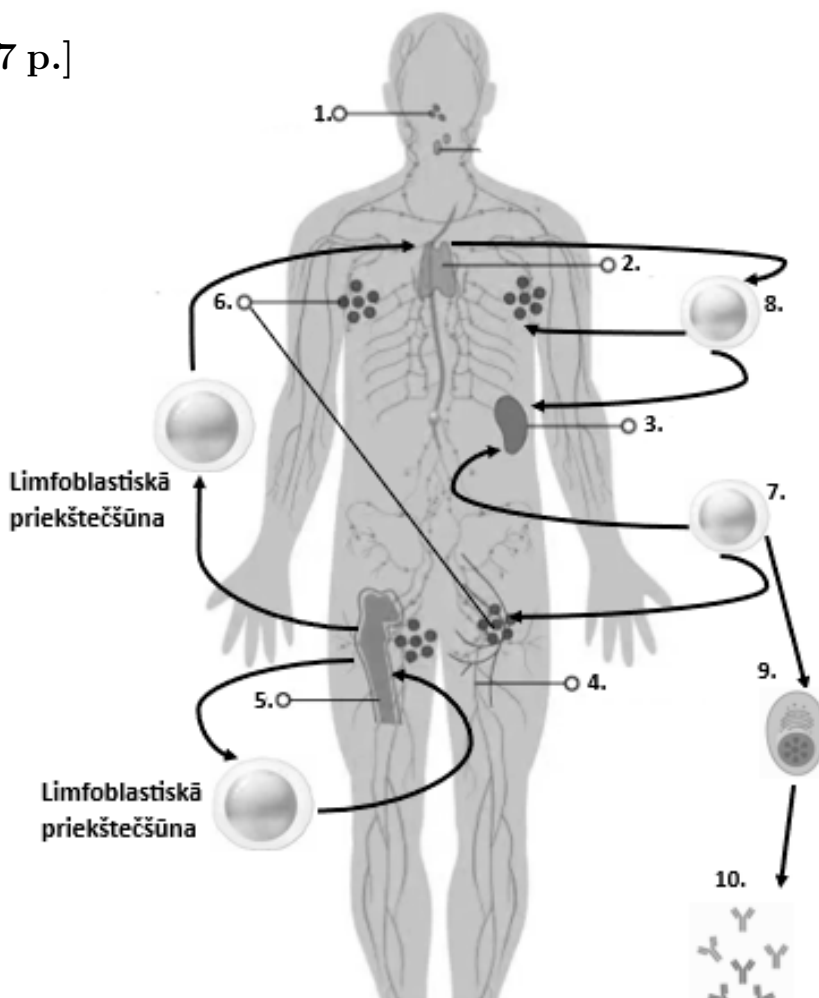
2. Every day more wicked [17 p.]

*“Every day more wicked
Every day, the terror grows
All of Oz is ever on alert”*

Tomēr hematoloģisko šūnu attīstība bieži vien nebeidzas ar histoloģiski novērojamām šūnas izmaiņām. Tai seko šo šūnu apakšpopulāciju veidošanās, ko biežāk nosaka dažādu šūnas virsmas proteīnu ekspresija.

2.1. jaut. [10 p.] Aplūko doto attēlu un uzraksti limfoīdo orgānu, šūnu, kā arī olbaltumvielu (10.) nosaukumus.

- (1.)
- (2.)
- (3.)
- (4.)
- (5.)
- (6.)



- (7.)
- (8.)
- (9.)
- (10.)

2.2. jaut. [2 p.] Nosauc divas funkcijas, ko veic olbaltumviela, kas atzīmēta ar skaitli 10.

Patogēnu opsonizācija, patogēna agregācija, limfoīdo šūnu attīstības regulācija, receptorfunkcija (piemēram, veidojot B limfocītu receptorus (BCR), tuklo šūnu aktivācija un alerģisko reakciju indukcija, komplementa sistēmas aktivācija, dabīgo galētājšūnu aktivācija un citas

2.3. jaut. [1 p.] Zināms, ka orgāns, kas atzīmēts ar skaitli 2., savu maksimālo masu un funkcionalitāti sasniedz pubertātes laikā, taču pēc tam lēnām degradējas, pamataudiem tiekot lēnām aizvietotiem ar taukaudiem un blīvajiem saistaudiem. Šo procesu sauc par involūciju. Balstoties uz doto attēlu, paskaidro, kāpēc šis process norisinās.

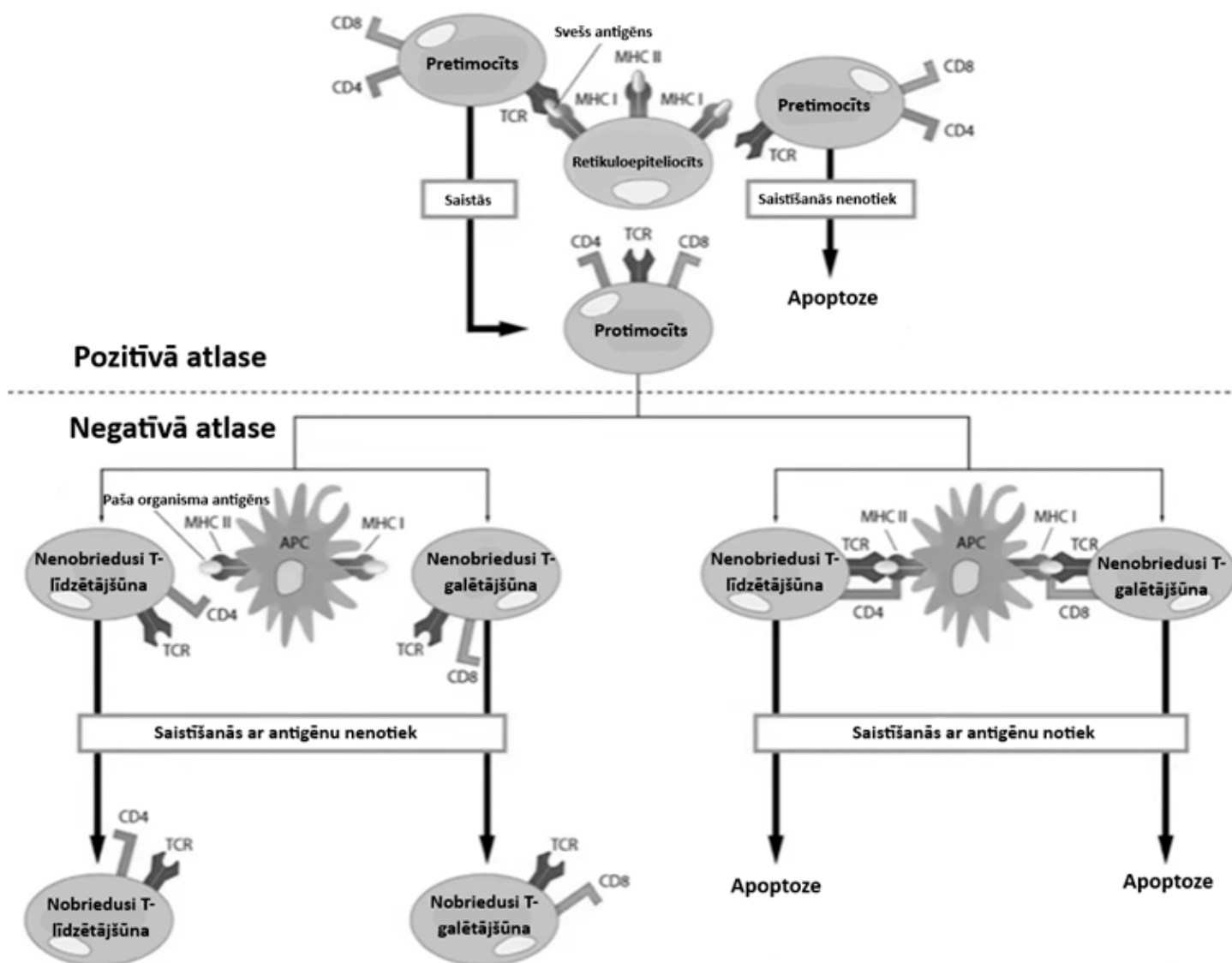
Līdz pubertātes vecumam pacienta T limfocīti tiek eksponēti praktiski visiem iespējamajiem (robežās, ko pats organisms vai saskares intensitāte spēj nodrošināt) patogēnu antigēniem un ir izstrādājušas katram antigēnam relatīvi specifiskas T limfocītu populācijas, kas spēj jau pastāvīgi proliferēt ar atmiņas šūnu palīdzību

2.4. jaut. [2 p.] Aplūko 3. attēlu, kurā parādīta T limfocītu primāro apakšpopulāciju veidošanās, kas norisinās 2. orgānā, un izskaidro pozitīvās un negatīvās atlases nozīmi.

Poītīvā atlase primāri nodrošina pret citu organismu patogēniem reaģētspējīgu T limfocītu atlasī, kas ir pietiekami aktīvi, lai ierosinātu imūno atbildi. Negatīvā atlase nodrošina pāraktīvu un pret paša organisma saviem antigēniem reaģētspējīgu T limfocītu iznīcināšanu no tiem limfocītiem, kas jau iepriekš ir tikuši pozitīvi selektēti.

2.5. jaut. [2 p.] Atzīmē, vai apgalvojums ir patiess vai aplams balstoties uz sniegto informāciju.

- | | P | A |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (1.) Ja nenobriedusi T līdzētājšūna spēs saistīties ar antigēnu, kuru tai prezentē makrofāgs, tajā palielināsies mitohondriju caurlaidība un citoplazmatiskā Ca^{2+} jonu koncentrācija. | ☒ | ☐ |
| (2.) Protimocītam, uztverot retikuloepiteliocīta prezentētu kolagēna fragmentu un ar to saistoties, tā attīstība turpināsies par protimocītu. | ☐ | ☒ |
| (3.) Nenobriedušai T-galētājšūnai, nespējot saistīties ar antigēnu prezentējošo šūnu, sāksies aktīvs kodola vezikulācijas process. | ☐ | ☒ |
| (4.) CD4 proteīns ārpus negatīvās atlases procesa nespēj saistīties ar paša organisma antigēniem veselam cilvēkam. | ☒ | ☐ |



3. attēls. Limfocītu primāro apakšpopulāciju veidošanās process ar pozitīvo un negatīvo atlasī. APC – antigēnu prezentējošā šūna.

3. The Girl in the Bubble [9 p.]

*“For the girl in the bubble
The pink shiny bubble
It’s time for her bubble to pop”*

Iepriekšējos uzdevumos varēji iepazīties ar situācijām, kad imūno šūnu produkcija pārlietu lielā daudzumā var radīt kaitējumu arī pašam organismam. Tieši tāpēc tas ir izveidojis papildu mehānismus, kā šo produkciju vai konkrēto šūnu funkciju varētu ierobežot. Viens no tiem ir T-regulatorie limfocīti.

T-regulatorie limfocīti ir īpašas nobriedušas T-līdzētājšūnas, kas ir aktīvi sākušas ekspresēt FoxP3 proteīnu, kas ļauj tām piesaistīties pie citiem T limfocītiem un iniciēt to apoptozi, tādējādi mazinot to skaitu.

Kādā pētījumā tika salīdzināts: 1. T-regulatoro limfocītu relatīvais skaits attiecībā pret visām T-līdzētājšūnām, 2. neprolifērējošo T-regulatoro limfocītu skaits pret visiem T-regulatorajiem limfocītiem, 3. aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus nesekrējošo T-regulatoro limfocītu skaits pret visiem T-regulatorajiem limfocītiem, 4. aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits pret visiem T-regulatorajiem limfocītiem. Šo šūnu skaits tika noteikts gan Alzheimeras slimības pacientiem, kas ir neirodeģeneratīva slimība, kurā nervu šūnu bojāeju izraisa nekorekti konformētu proteīnu uzkrāšanās to citoplazmā, gan multiplās sklerozes pacientiem, kas ir neirodeģeneratīva slimība, kurā nervu šūnu bojāeju izraisa autoimūns iekaisums.

3.1. jaut. [3 p.] Balstoties uz sniegtajiem grafikiem 4. attēlā, izskaidro, kuras slimības gadījumā būs raksturīgs

aktīvāks iekaisums, pamatojot to gan ar datiem no grafikiem, gan ar sniegto informāciju par slimību.

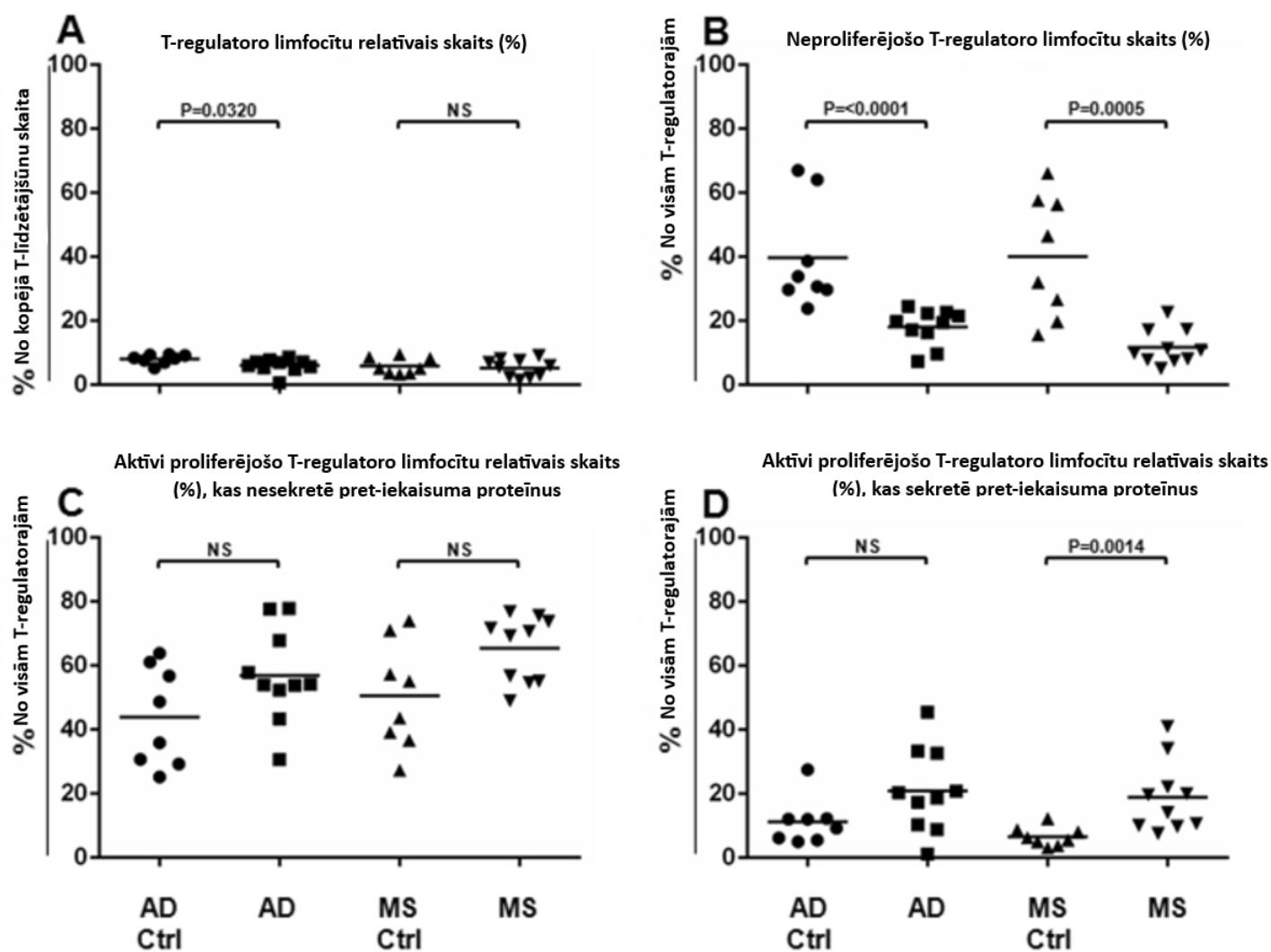
Zināms, ka multiplā skleroze ir autoimūna saslimšana, kuras patoģenēzē attiecīgi ir hronisks un destruktīvs iekaisums, kuru ierosina palielināts uz paša organisma antigēnu reaģētspējīgu T citotoksisko un T līdzētājšūnu skaits, līdz ar ko primāri multiplās sklerozes gadījumā iekaisumam būtu jābūt intensīvākam nekā Alzheimer slimības gadījumā. Taču arī Alzheimer slimība viennozīmīgi var ierosināt iekaisumu, šūnu bojājuma dēļ, kas izraisa endogēnu reakciju uz šūnu satura nonākšanu starpsūnu matricē, taču tas būs sekundārs. Doto spriedumu balstoties uz uzdevuma nosacījumiem pamato arī 4. grafika dati, kurā aktīvi proliferējošo un pret iekaisuma citokīnus sekretējošo regulatoro T-limfocītu skaits ir statistiski būtiski palielināts tieši multiplās sklerozes gadījumā. Jebkurš cits, taču loģisks un pamatots spriedums arī tiks ieskaitīts.

3.2. jaut. [3 p.] Analizējot grafikus un izmantojot savas zināšanas, izskaidro, kāpēc, aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits ir relatīvi palielināts multiplās sklerozes gadījumā, bet nav Alzheimer slimības gadījumā? Kāpēc kopējais relatīvais T regulatoro limfocītu skaits multiplās sklerozes gadījumā būtiski palielināts nav, taču Alzheimer slimības gadījumā šī atšķirība ir būtiska?

Multiplās sklerozes gadījumā aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits ir statistiski būtiski palielināts, tā kā tā ir autoimūna saslimšana ar raksturīgu primāras ģenēzes neirālu iekaisumu, līdz ar ko T-regulatoro limfocītu skaits ir palielināts kā atbildes reakcijas uz daudz intensīvāku iekaisuma reakciju, salīdzinot ar Alzheimer slimību, kurai tā nav tik spēcīga. Alzheimer slimības gadījumā atšķirība starp relatīvo regulatoro T-limfocītu skaitu ir statistiski būtiska atšķirīga, taču jāpievērš uzmanība, ka limfocītu skaits slimības gadījumā ir tieši samazināts, salīdzinot ar kontroli, ko varētu, iespējams, skaidrot, ar primāro Alzheimer slimības incidences vecumu - 50-70 gadiem, un šim vecuma raksturīgo hematopoētisko šūnu proliferācijas aktivitātes mazināšanos -, jo nav zināms, vai izveidojot kontroles populāciju, tās vidējais vecums tika pielīdzināts Alzheimer slimības vidējam vecumam, taču visdrīzāk tas liecina par mērenas intensitātes, hronisku iekaisumu, pie kura T-regulatoro limfocītu skaits īsti neattīstās iekaisuma mazās aktivitātes dēļ, taču T-līdzētājšūnu skaits turpretī var būt palielināts, jo šo šūnu pamatpopulācija piedalās iekaisuma reakciju veicināšanā, un šajos grafikos T-regulatoro šūnu skaits ir izteikts proporcijā pret kopējā līdzētājšūnu skaiti. Statistiski būtiskas atšķirības starp relatīvo T-regulatoro šūnu skaitu multiplās sklerozes gadījumā nav novērojamas, jo salīdzinoši aktīvākas iekaisuma dabas dēļ, kas piemīt lielai daļai autoimūno slimību un īpaši multiplajai sklerozei, slimības gadījumā ir palielināts gan T regulatoro šūnu, gan kopējais T-līdzētājšūnu skaits.

3.3. jaut. [3 p.] Paskaidro, kā atšķiras aktīvi proliferējošo un iekaisuma proteīnus nesekretējošo T-regulatoro limfocītu relatīvais skaits abu slimību gadījumā, pamato kāpēc.

Abu slimību gadījumā aktīvi proliferējošo, bet iekaisuma proteīnus nesekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits būtiski neatšķiras, ko var skaidrot ar to, ka tie nav īsti funkcionāli nozīmīgi un drīzāk atspoguļo šūnu populāciju no kā tālāk var attīstīties vai arī var arī neattīstīties atkarībā no iekaisuma izpausmēm pret-iekaisuma proteīnus sekretējošie T-regulatorie limfocīti.



4. attēls. T-regulatoro limfocītu relatīvā skaita un to apakšpopulāciju salīdzinājums multiplās sklerozes pacientiem (MS) un Alcheimera slimības pacientiem (AD) ar sev speciāli piemeklētām kontroles grupām (MS Ctrl un AD Ctrl attiecīgi). NS apzīmē statistiski nebūtiskas rezultātu atšķirības.



V UZDEVUMS [47 P.] ATŠIFRĒ SUGU



Komandas nosaukums

Varbūt dažiem jau no pagājušo gadu uzdevumiem ir pieredze ar šifrētajām sugām, bet šeit noteikumi! Zemāk ir doti vairāki sugu apraksti, kur katrā aprakstā tiek raksturota cita suga, apzīmēta ar **X**. Apraksti ir neatkarīgi un sugas neatkārtojas. Jūsu uzdevums ir atšifrēt, kas ir šī suga! Sugu nosaukumus atļauts ierakstīt **latviski, angļiski vai latīniski**.

Ir liela iespēja, ka daļa no jums zina ārkārtīgi daudz sugu, bet tādā gadījumā ir svarīga sekojošā piezīme: jēdziens “suga” šajā uzdevumā lietots ļoti liberāli un var apzīmēt vairākas ļoti līdzīgas sugas, kuru nosaukumi satur vienu vārdu. Tādā gadījumā atbildē, visticamāk, prasīts viens vārds, un pareizā atbilde ir kopīgais vārds visu šo sugu nosaukumā. Piemēram, ja no apraksta nevar izšķirt sugu starp biešu mārīti, bezpunktu mārīti, sešpadsmitpunktu mārīti, rakstaino mārīti un citām, tad pareizā atbilde ir “mārīte”; ja šādā gadījumā ierakstīsiet jebkuru no iespējamajām sugām, iegūsiet pilnus punktus. Atkal, ja var izšķirt specifisku sugu, jāraksta tieši tā suga.

1. Metāla putni (droni?) noēd visus manus [...] [5,5 p.]

Suga **X** ir 2025. gada putns Latvijā. Ir teiciens, ka šie putni vienmēr apēd visus **A** (augļi no kādiem augļkokiem). To spalvojums ir gaismu lauзоšs, kas liek izskatīties metāliski spīdīgiem. Šie putni ir gājputni, bieži dzīvo veidotos putnu būros. Sugas **X** putnēni izšķiļas kaili un akli. Šādus putnus sauc par **B** (specifisks termins, kas raksturo šo situāciju). Sugai **X** novēroti 13 apakštaksoni, kurus sauc par **C**. **C** ir savstarpēji ģenētiski ļoti līdzīgi, indivīdi spēj veidot veselus un auglīgus pēcnācējus viens ar otru, tomēr parasti ir ģeogrāfiski nodalīti un ar specifiskām ģenētiskām atšķirībām.

1.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? (Pilns nosaukums) [Mājas strazds](#)

1.2. jaut. [1 p.] Kas katru gadu izvēlas gada putnu? [Latvijas Ornitoloģijas biedrība](#)

1.3. jaut. [1 p.] Kas ir **A**? [Ķirši](#)

1.4. jaut. [1 p.] Kas ir **B**? [Ligzdgulī](#)

1.5. jaut. [1 p.] Kas ir **C**? [Pasugas](#)

2. Britu imperiālā ūdensroze? [5 p.]

Suga **X** ir ūdensrožu dzimtas augs, pazīstams neparasti lielo, šķīvja veida lapu dēļ, kuru diametrs var pārsniegt 2,5 m. Sugas **X** nosaukums sākotnēji dots par godu Anglijas karalienei **A**, kura 19. gadsimtā simbolizēja Britu impērijas globālās ietekmes virsotni (karalienes vārds iekļauts latviskajā sugas **X** nosaukumā). Sugai **X** ir labi attīstīti vēdinātājaudi jeb audi **B**, kas nodrošina peldspēju, lai balstītu lielās lapas. Milzīgo ziedu atplaukšana notiek naktīs, pirmajā no tām izplatot spēcīgu, ananasiem līdzīgu aromātu. Sezonas laikā katrs sugas **X** augs spēj radīt 40 līdz 50 lapas. Plašu sabiedrības rezonansi ieguvis notikums plašsaziņas medijos “*The Waterlily Weigh-Off 2025*”, kurā tiek noteikta maksimālā masa, kādu sugas **X** (un arī citu ģints **C** sugu) lapa spēj noturēt. Šī gada rekords ir 83 kg.

2.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? (Pilns nosaukums) [Karaliskā viktorija](#)

2.2. jaut. [0,5 p.] Nosauc Anglijas karalieni **A**! [Viktorija](#)

2.3. jaut. [1 p.] Kas ir audi **B**? [Aerenhīma](#)

2.4. jaut. [1 p.] Kāda ir aromāta funkcija? [Piesaista apputeksnētājus](#)

2.5. jaut. [1 p.] Kas ir ģints **C**? [Viktorijas](#)

3. Truba ar zobiem vai delikatese? [4,5 p.]

Suga **X** ir viens no vispirimitīvākajiem mugurkaulniekiem, kam vēl nav pilnībā izveidojies mugurkauls. Kaulu vietā šī dzīvnieka skeletu veido audi **A**. Sugas **X** ķermeni sedz kaila, glotaina āda, bet mute atgādina piltuvveida piesūcekni. Tradicionāli, lai zvejotu sugu **X**, uz upēm tiek veidotas speciālas struktūras **B**, kas ir īpaša laipa, no kuras upē iegremdē murdus, kur tiek ķerta suga **X**. Vairākās Latvijas pilsētās, piemēram, **K** un **L**, pat tiek rīkoti īpaši sugai **X** veltīti svētki, kur parasti arī iespējams nobaudīt sugu **X** dažādos pagatavošanas veidos, taču visbiežāk sugu **X** var baudīt ceptu želejā.

3.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Nēģis](#)

3.2. jaut. [1 p.] Kas ir audi **A**? [Skrimšļi](#)

3.3. jaut. [1 p.] Kas ir struktūra **B**? [Tacis](#)

3.4. jaut. [1 p.] Kas ir pilsētas **K** un **L**? [Carnikava, Salavgrīva vai Pāvilosta](#)

4. Miris vai tikai tēlo? [3,5 p.]

Suga **X** ir visvairāk uz Ziemeļiem sastopamais somainis. Citi sugas **X** dzimtas pārstāvji dzīvo arī Centrālamerikā un Dienvidamerikā. Arī valstīs **K** un **L**, kur dzīvo lielākā daļa somaiņu, dzīvo dzīvnieki ar līdzīgu nosaukumu, taču tie pieder citai kārtai un ir diezgan attāli sugas **X** radinieki. Šie dzīvnieki ir aktīvi naktīs, un tiem ir ļoti laba redze tumsā. Izmērā šī suga līdzinās mājas kaķim. Līdzīgi kā sugai **Y**, arī sugas **X** pārstāvjiem ir garas astes bez apmatojuma. Angļu valodā ir izteiciens “tēlot **X**” (*playing X*), kas nozīmē “izlikties par beigtu”, kas ir šo dzīvnieku viena no stratēģijām, lai izvairītos no plēsēju uzbrukuma. Mazuļi piedzimstot ir aptuveni bites izmērā, un īsi pēc dzimšanas tie ierāpjas mātītes somā, bet, kad tie ir paaugušies, mātīte mazulus nēsā uz savas muguras.

4.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X** [Oposums](#)

4.2. jaut. [1 p.] Kas ir valstis **K** un **L**? [Austrālija un Jaunzēlande](#)

4.3. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Y**? [Žurka](#)

5. Ak... par šo mēs vairs nerunāsim. [5,5 p.]

Ne-suga **X** (ko patiesībā nemaz nevar dēvēt par sugu, jo uz to neattiecas sugas definīcija) radās pirms 6 gadiem, turklāt tai ir bijis neappraktams iespaids uz Zemeslodi. Tā ir ievērojami samazinājusi gaisa piesārņojumu, pasargājusi ekosistēmas, mazinājusi aktīvo konfliktu skaitu pasaulē un paātrinājusi cilvēces inovāciju noteiktās nozarēs. Tomēr cilvēki, lai apstādinātu ne-sugas **X** eksponenciālo pavairošanos un drausmīgo ietekmi uz sabiedrību, attīstījuši specializētu veidu, kā no tās atbrīvoties — izgudrojumu **A**. Ne-sugas **X** dēļ izgudrojums **A** attījies un zinātnieki izveidojuši jaunu izgudrojuma paveidu, kas satur trīsburta molekulu **B**. Ar izgudrojuma palīdzību ne-sugas **X** negatīvā ietekme uz cilvēku, precīzāk, orgānu sistēmu **C**, ir mazināta. Interesanti, ka ne-sugas **X** latīņu nosaukums atgādina par kādu vēsturisku objektu **D**, kas nesen atrasts, nomests uz zemes pie muzeja Parīzē.

5.1. jaut. [1,5 p.] Ne-sugai **X** patiesībā ir neskaitāms klāsts ar nosaukumiem. Nosauc patieso! (1,5 punkti par pilno nosaukumu, 1 punkts par triviālo, 0,5 punkti par neprecīzo) [SARS-CoV-2](#)

5.2. jaut. [1 p.] Kas ir izgudrojums **A**? (Viens vārds) [Vakcīna](#)

5.3. jaut. [1 p.] Kas ir molekula **B**? [RNS](#)

5.4. jaut. [1 p.] Kas ir orgānu sistēma **C**? [Elpošanas orgānu sistēma](#)

5.5. jaut. [1 p.] Kas ir vēsturiskais objekts **D**? (Viens vārds) [Kronis](#)

6. Prometejs no Dieviem nozaga uguni [4,5 p.]

Sugai **X** (dažreiz arī uzskatīta par apakšsugu) ir pavisam nozīmīga loma sugas **Y** vēsturē. Zināms, ka abas sugas dalījušas biotopu apmēram 5000 gadus un pat ka **Y** tēviņi vairojušies ar **X** mātītēm. Kaut arī suga **X** noteikti izmira pirms 40 tūkstošiem gadu, tas novedis pie tā, ka vairākās sugas **Y** populācijās sastopamas radniecīgās sugas DNS sekvences. Kaut gan ir aplami pieņemts, ka sugas **X** gēni ir saistīti ar zemāku intelektu, mūsdienās arvien vairāk indivīdos tiek atklātas radniecīgās sugas pēdas, ar visaugstāko ģenētisko līdzību Ziemeļeiropas populācijās. Līdz mūsdienām izdzīvojuši suga **Z** ir visradniecīgākā sugai **Y**, tā dzīvo Āfrikas tropu mežos. Visas trīs iepriekšminētās sugas ir unikālas ar orgāna **A** lielo izmēru.

6.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? *Homo neanderthalensis*

6.2. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Y**? *Homo sapiens*

6.3. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Z**? Šimpanze

6.4. jaut. [1 p.] Kas ir orgāns **A**? Smadzenes

7. Visi par vienu un viens par visiem [4,5 p.]

Suga **X** ir viens no populārākajiem kontinenta **A** dzīvniekiem. Šī iemesla dēļ tie ir plaši sastopami zoodārzos visapkārt pasaulei. Tie pieder plēsēju kārtai, kaķu apakškārtai un galvenokārt pārtiek no kukaiņiem. Suga **X** ir unikāla ar attīstītu sociālu struktūru. Ģimenes locekļi viens ar otru nemitīgi sazinās vai nu ar skaņu (svilpieniem, rējieniem, pīkstieniem), vai arī ar ķermeņa valodu (cīkstoties, rotaļājoties utml). Viena no galvenajām aktivitātēm, kuru var arī uzskatīt par sugai īpatnēju, ir **B** (forma: darbības vārds nenoteiksmē + lietvārds lokatīvā). Ar tās palīdzību sugas **X** indivīdi paplašina redzes lauku un palīdz aizsargāt savu baru. Lai to īstenotu, nepieciešamas divas mehāniski noturīgas pakalķājas. Kaut gan sugas **X** indivīdi ir ļoti, ļoti mīļīgi, izbēgot no zoodārza, tie var nodarīt lielu postījumu vietējai ekosistēmai.

7.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? Surikats

7.2. jaut. [1 p.] Kas ir kontinents **A**? Āfrika

7.3. jaut. [1 p.] Kas ir aktivitāte **B**? (forma: darbības vārds nenoteiksmē + lietvārds lokatīvā)
Stāvēt sardzē

7.4. jaut. [1 p.] Kādus sugas **X** īpatņus zoodārzi atlasa eksponācijai, lai novērstu invazīvu sugas **X** vairošanos?
Tēviņus vai mātītes (tikai vienu dzimumu)

8. Au! Au! Au! Auuu! [5 p.]

Suga **X** ir viens no pasaulē lielākajiem grauzējiem, kas dzīvo Dienvidāzijā un Tuvajos Austrumos, kā arī Himalajos līdz 2400 m augstumam. Lielākoties suga **X** ir aktīva diennakts laikā **A**, kā arī tai patīk slēpties klinšu plaisās un pašu vai citu dzīvnieku raktās alās. Šo sugu var labi atpazīt, pēc tai raksturīgajām melnbaltajām struktūrām **B**, kas ir pat tikko dzimušiem mazulim, lai gan tad struktūra **B** ir mīkstāka. Šiem dzīvniekiem pie astes ir īpašas struktūras **B**, kas galā ir paresnīnātas un dobjas, tās ir iespējams reizē vibrēt, lai radītu šalcošu graboņu. Kad suga **X** jūtas apdraudēta, cenšoties aizbiedēt uzbrucēju, tās spēj arī izmantot struktūras **B**, lai izskatītos gandrīz divas reizes lielākas. Sugas **X** nosaukums ir saliktenis, kura otrais vārds ir plaši izplatīts, inteliģents mājlops **Y**.

8.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? Dzelončūka

8.2. jaut. [0,5 p.] Kāds diennakts laiks apzīmēts ar burtu **A**? Nakts

8.3. jaut. [1 p.] Kas ir struktūra **B**? Adata

8.4. jaut. [1 p.] Kāda ir īpašo struktūru **B** grabināšanas funkcija? Censties aizbiedēt uzbrucēju

8.5. jaut. [1 p.] Kas ir mājdzīvnieks **Y**? Čūka

9. Arktikas ūdeņu idillē adata rādīs ceļu [4,5 p.]

Suga **X** dzīvo aukstajos Ziemeļu Ledus okeāna ūdeņos. Tā ir īpaša ar to, ka tēviņu ilknis nekad nebeidz augt. Ilkņus bieži izmanto cīņos savā starpā. Reizēm gan arī dažām mātītēm attīstās ilknis. Šīs sugas kārtai pieder arī tādas sugas kā **Y** un **Z**. Sugai **Y** raksturīgas izteikti matriarhālas sociālas struktūras, kā arī okeānos var būt augstākie plēsēji. Atsevišķiem ekotipiem (grupas dažādās populācijās) raksturīgas savas tradīcijas jeb medību metodes, kas bieži ir ļoti advancētas. Suga **Z** mēdz būt **Y** ēdienkartē. Arī suga **Z** veido sociālas struktūras jeb barus. Tie ir augsti inteligenti dzīvnieki, kas spēj atpazīt sevi spoguļī un izmantot rīkus. Medišanai izmanto eholokāciju, izmanto specifiskus svilpienus indivīdu atpazīšanai, kā arī reizēm kožlā balonzivis, lai gūtu narkotisku efektu.

9.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Narvalis](#)

9.2. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Y**? [Zobenvalis](#)

9.3. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Z**? [Delfīns](#)

9.4. jaut. [1 p.] Pie kādas klases pieder sugas **X**, **Y** un **Z**? [Zīdītāju](#)

10. Aristokrāti mirst! Nekad neēd uz svina šķīvjiem! [4,5 p.]

Suga **X** ir nakteņu dzimtas augs. Ikdienā gan biežāk ar vārdu “**X**” saprot šīs sugas augli, kas parasti ir sarkans, taču var būt arī citās krāsās. Bez sugas **X** nav iedomājama vairāku Eiropas kultūru virtuve, taču patiesībā tā nāk no Dienvidamerikas, un uz Eiropu to atveda spāņu konkistadori. Suga **X** piedar tai pašai ģintij kā suga **Y**, kuras tumši violetie augļi arī ir lietojami pārtikā, kā arī suga **Z**, kuras augļi nav ēdami, taču pārtikā tiek plaši lietotas auga daļas **A**.

10.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Tomāts](#)

10.2. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Y**? [Baklažāns](#)

10.3. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Z**? [Kartupelis](#)

10.4. jaut. [1 p.] Kas ir auga daļa **A**? [Bumbulis](#)