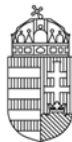


Kódszám:



OKTATÁSI HIVATAL

A 2025/2026. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
második forduló

BIOLÓGIA II.KATEGÓRIA
FELADATLAP ÉS VÁLASZLAP

Munkaidő: 300 perc
Elérhető pontszám: 75 pont

ÚTMUTATÓ

A munka megkezdése előtt nyomtatott nagybetűkkel ki kell tölteni a versenyző adatait tartalmazó részt! A beküldendő válaszlapra nem kerülhet sem név, sem más megkülönböztető jelzés!

A feladatlapot a tanulók csak a versenyző lejárta után vihetik el.

A feladatok megoldásához ceruzán, radíron, vonalzón, **kéken író, nem törölhető tollon kívül csak szöveges adatok megjelenítésére nem alkalmas számológép** használható, **más segédeszköz nem!**

A munkalapokon 70 feladat van. Minden versenyzőnek minden feladatot meg kell oldania. A feladatok megoldási sémája minden feladatnál megtalálható.

A megoldásokat tintával (golyóstollal) kell megjelölni! **A válaszlapon semmilyen módon nem javíthat!** Vigyázzon, mert amennyiben a sorban bármely más jelölés is van – akár kissé elkezdett bekarikázás is –, a feladat megoldása már nem fogadható el!

Elért pontszám:

Bizottsági tagok aláírása: _____

A VERSENYZŐ ADATAI

Kódszám:

A versenyző neve: _____ oszt.: _____

Az iskola neve: _____

Az iskola címe: _____ irsz. _____ város

_____ utca _____ hszt.

Az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyek megvalósulását az NTP-TMV-M-25 projekt támogatja



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM



Nemzeti Tehetség
Program

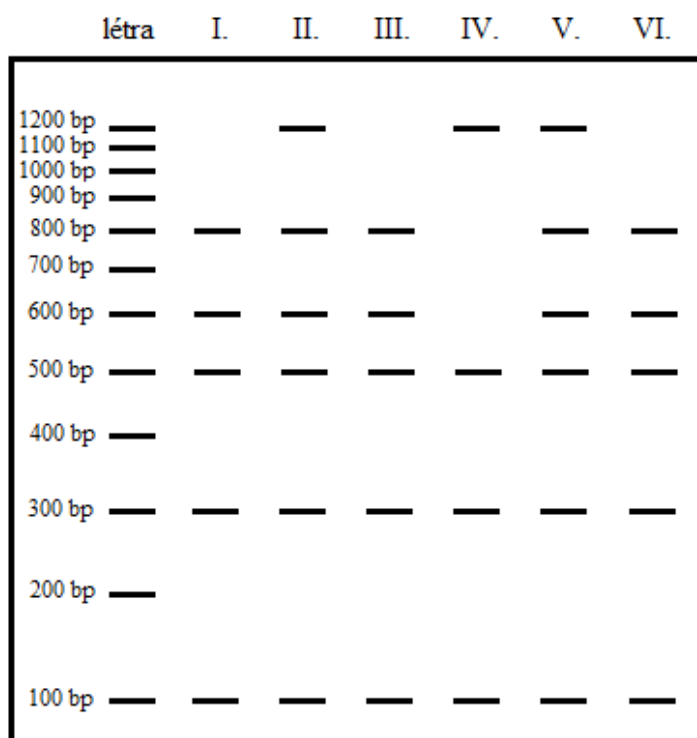
**A FELADATLAP A 3. OLDALTÓL A 38. OLDALIG A VERSENYZŐNÉL MARADHAT,
CSAK A BORÍTÓLAPOT (1., 2., 39., 40. OLDALT) KÉRJÜK TOVÁBBKÜLDENI!**

KÉRJÜK, ERRE AZ OLDALRA NE ÍRJON.

**GÉNKIFEJEZŐDÉS
ÉS GENETIKAI ROKONSÁG VIZSGÁLATA LEPKÉKNÉL (8 PONT)**

1. Az ismert genotípus sok esetben nem egyértelműen határozza meg a fenotípust még minőségi jellegek esetén sem. Mely tényezők állhatnak a jelenség mögött?
Válassza ki a nagybetűkkel jelzett válaszlehetőségek közül azt, amelyik mindegyik (kisbetűvel jelölt) igaz állítást tartalmazza, és nem tartalmaz hamisat!
- a. Más, eddig nem azonosított gén is kódolja a jelleget kialakító anyagcserefolyamat valamelyik lépését katalizáló enzimet.
 - b. Valamilyen, a jelleg kialakulásához szükséges előanyagot nem sikerül a táplálékkal felvenni.
 - c. Egy egyelőre nem azonosított gén által kódolt enzim hibás térszerkezete miatt nem gátlódik egy transzkripció faktor génjének átírása.
 - d. Tápanyaghiány miatt hormonhiány lép fel, így csökken az anyagcserefolyamat katalizálását elősegítő enzimek génjeinek gátlása.
- A. abcd
B. abc
C. abd
D. acd
E. bcd
2. Egy lepkefaj szárnyának színét egy gén két allélja (B és b) határozza meg. A B alléllal rendelkező lepkék 98,45% eséllyel barna foltosak; a homozigóta recesszívek 99,42% eséllyel fehérek. Ennél a fajnál csak ez a kétféle fenotípus létezik. Hány százalék eséllyel tartalmaz B allélt egy barna foltos lepke abban az ideális populációban, amelyben a két allél gyakorisága azonos?
Adja meg az értéket százalékban, század százalék pontossággal a válaszlap megfelelő helyén!

A két génváltozat szekvenálása során kiderítették, hogy a recesszív allélban egy jelentős méretű extra DNS-szakasz van beágyazódva a domináns allélhoz képest. Mindkét génváltozat tartalmaz hasító helyeket a SmaI restriktációs endonukleáz enzim számára. Hat egység B/b génjét polimeráz láncreakcióval felszaporították, majd a PCR terméket SmaI enzimmel kezelték. A kezelt mintákat gélelektroforézissel megfuttatták. A következő oldalon látható gélekép tanulmányozása után válaszoljon a 3–4. feladatok kérdéseire! (Csak a sávok helyét ábrázoltuk, a DNS-mennyiség nem olvasható le.)



3. Mely állítások igazak?

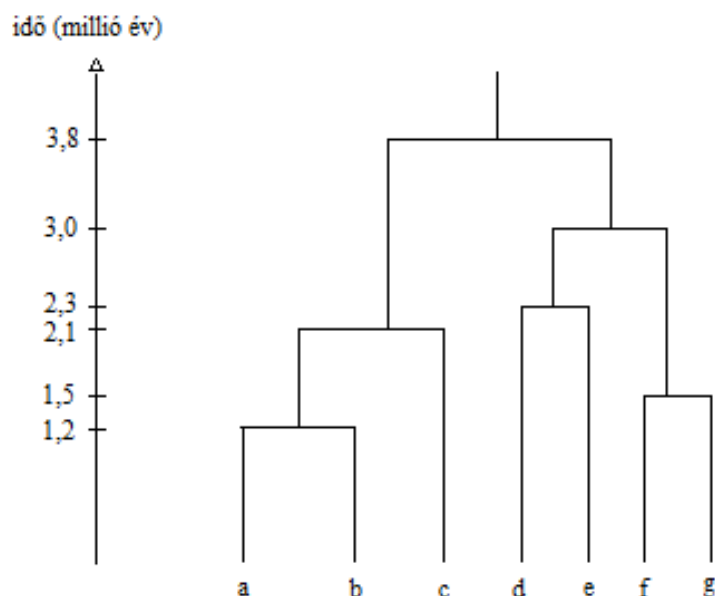
Válassza ki a helyes válaszok (2) betűjelét, és írja a válaszlap megfelelő helyére!

- A. Mindhárom genotípusból 2-2 egyed gélképét látjuk.
- B. A II. egyed 99,42% eséllyel fehér.
- C. A VI. egyed 0,58% eséllyel barna foltos.
- D. A IV. egyed heterozigóta.
- E. Az I. egyed genotípusa nem dönthető el egyértelműen.
- F. A III. egyed 99,42% eséllyel barna foltos.
- G. A IV. egyed genotípusa egyértelműen eldönthető.

4. Mekkora eséllyel azonos az I. és VI. egyedek fenotípusa?

Adja meg az értéket százalékban, század százalék pontossággal a válaszlap megfelelő helyén!

A vizsgált lepkefaj mellett még hat másik rokon faj DNS-ét is megszekvenálták, és az eredmények alapján a hét fajt (a–g) evolúciós törzsfán helyezték el. A szétválási időpontok leolvashatók az alábbi ábráról.



Az eredményeket az alábbi táblázatban is megjelentették, de az adatok közül kettő (* és **) a későbbiekben törölődött. A hét fajt a táblázatban sorszámokkal jelölték (nem feltétlenül a törzsfán alkalmazott sorrendben). A táblázat számértékei egytized százalékpontosággal adják meg a genetikai eltérés mértékét.

FAJ/FAJ	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1.	0	2,0	2,0	2,0	*	2,0	1,1
2.		0	**	0,8	2,0	1,6	2,0
3.			0	1,6	2,0	1,2	2,0
4.				0	2,0	1,6	2,0
5.					0	2,0	0,7
6.						0	2,0
7.							0

A törzsfá és a táblázat tanulmányozása után válaszoljon az 5–7. feladatok kérdéseire!

5. Melyik szám(ok) jelöl(het)ik a táblázatban a feladat első részében tárgyalt, a törzsfán c-vel jelzett lepkefajt?

Adja meg az összes lehetséges számot a válaszlapon megfelelő helyén!

6. Melyik szám(ok) jelöl(het)ik a táblázatban a törzsfán e-vel jelzett lepkefajt?

Adja meg az összes lehetséges számot a válaszlapon megfelelő helyén!

7. Melyik adat hiányzik a dupla csillaggal (**) jelzett helyről?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. 0,8
- B. 1,1
- C. 1,2
- D. 1,6
- E. 2,0

POLIPLOID NÖVÉNYEK (7 PONT)

8. Egy hexaploid ($6n$) szibériai páfrányfaj haploid kromoszómaszáma (n) 16. Adja meg sorrendben ...
- a. egy spórájának,
 - b. egy gyökér bőrszöveti sejtjének,
 - c. a spóratartó falának,
 - d. a megtermékenyített központi sejtjének,
 - e. a női előtelep egyik sejtjének kromoszómaszámát!

Ha valamelyik biológiailag kizárható, húzzon a megfelelő helyre vízszintes vonalat!
(pl. a. 24, b. -, c. 24, d. 96, e. 12)

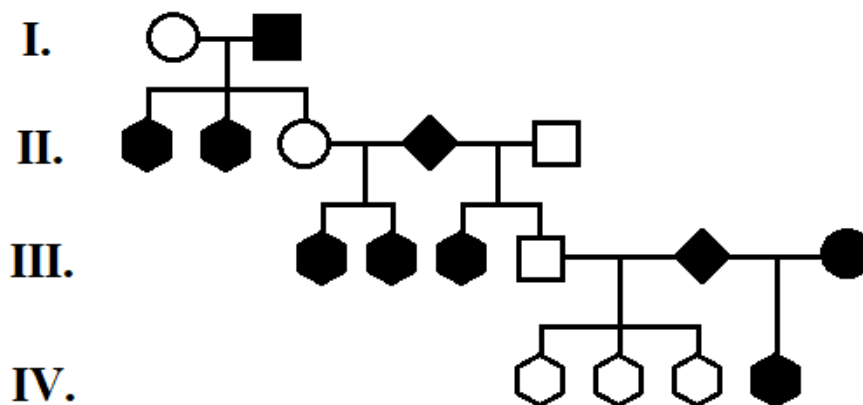
A válaszait írja a válaszlap megfelelő helyére!

Egy tetraploid ($4n$) vadalmafaj *ins* génje a 4. kromoszómán helyezkedik el. (A négy kromoszóma teljesen homológ, bármelyik bármelyikkel párba állhat a meiózis során.) Az *ins* egy viszonylag ritka allélja olyan hatóanyag keletkezéséért felelős, amelynek már egyetlen allélja is rezisztenssé teszi az adott növényt bizonyos rovarkártevőkkel szemben. Ennek az allélnak a gyakorisága 0,032. A vizsgált vadalma populáció ideálisnak tekinthető.

9. A vadalmafák hány százaléka tekinthető rezisztensnek ebben a populációban?
Adja meg az értéket tized százalék pontossággal a válaszlap megfelelő helyén!

10. A rezisztens vadalmafák hány százaléka homozigóta erre a génre nézve? (A homozigótaság itt azt jelenti, hogy az összes allél azonos.)
Adja meg az értéket százalékban, százezred százalék pontossággal a válaszlap megfelelő helyén!

Évtizedeken keresztül végeztek keresztezéseket az előzőekben leírt vadalmipopuláció egyedeivel. A családfa típusú jelölés azt jelképezi, hogy az adott egyed „anya” vagy „apa” növényként alkalmazták-e a keresztezésben. Olyan is előfordult, hogy egy adott egyed bizonyos keresztezésben „anya”, másokban „apa” növényként használták. Ezeket az egyedeket rombuszsal jelenítették meg. Hatszöggel ábrázolták a keresztezésben részt nem vevő egyedeket. Az alábbi családfán sötétítéssel jelölték a rovarrezisztens egyedeket. Az *ins* gén rezisztenciát okozó változatát I_1 -gyel, a másik allélt I_2 -vel jelöljük.



11. Hogyan végezhatték az I/1. és I/2. egyedek keresztezését? Állítsa időrendi sorrendbe a kisbetűvel jelzett lépéseket! Nem kell mindegyiket felhasználni, egy-egy betű többször is felhasználható. (pl. c–e–f–a–e) Felesleges lépéseket ne iktasson be!

Gondoljon arra, hogy teljesen egyértelműnek kellett lennie a kutatók számára, melyik utód esetén melyik egyed 100% biztonsággal az „anya”- és „apanövény”! (A faj önbeporzásra is képes.)

Adja meg a sorrendet a válaszlap megfelelő helyén!

- I/1. legalább egy virágából kitepték a még éretlen porzókat.
- I/2. legalább egy virágából kitepték a még éretlen porzókat.
- I/1. legalább egy virágáról begyűjtötték a pollent.
- I/2. legalább egy virágáról begyűjtötték a pollent.
- Az a.-ban említett virágra zacskót húztak.
- A b.-ben említett virágra zacskót húztak.
- Az a.-ban említett virágról leveszik a zacskót.
- A b.-ben említett virágról leveszik a zacskót.
- A c.-ben említett virág pollenjével megporozták a b.-ben említett virágot.
- A d.-ben említett virág pollenjével megporozták az a.-ban említett virágot.

12. Tudjuk, hogy a II/2. egyed egyetlen, a IV/4. egyed négy példányban tartalmazza a rezisztenciát okozó allélt. Mely állítások biztosan igazak az alábbiak közül?

Válassza ki a helyes válaszok (2) betűjelét, és írja a válaszlap megfelelő helyére!

- Lehet, hogy a II/1. egyed genotípusa $I_1I_1I_1I_2$.
- Az I/2. egyed genotípusa nem lehet $I_1I_1I_1I_2$.
- A II/4. egyed legfeljebb egy I_1 allélt tartalmaz.
- A III/1. és III/2. egyedek azonos genotípusúak.
- A III/5. egyed pontosan két I_1 allélt tartalmaz.
- A III/6. egyed legfeljebb két I_1 allélt tartalmaz.
- A IV/4. egyeden kívül más nem lehet teljesen homozigóta I_1 allélra nézve.

A tetraploid vadalmazfaj más populációin végzett vizsgálatok kiderítették, hogy az *ins* génen kívül további két gén is befolyásolja a rovarrezisztenciát. Az egyik gén (B) vad allélja (B_1) kódolja azt az enzimet, amely előállítja az *ins* gén által kódolt enzim szubsztrátját. A B génnek nagyon ritkán előfordul egy működésképtelen fehérjeváltozatot kódoló allélja (B_2) is. A másik gén (W) egyik allélja (W_1) olyan enzimet kódol, amely elhasítja a rovarrezisztenciát okozó aktív hatóanyagot. A W_2 allél – a B_2 allélhoz hasonlóan – szintén működésképtelen fehérjét kódol.

13. Hányféle genotípus okozhat rovarrezisztens fenotípust a populáció egyedeinél, ha feltételezzük, hogy mindhárom génnek csak az említett két-két allélja létezik?

Adja meg a számot a válaszlapon megfelelő helyén!

KIS RNS-EK NAGY SZEREPE (7 PONT)

Egy kutatócsoport a *Caenorhabditis elegans* nevű fonálférget vizsgálta. Az egyik mutánsát „twitcher”-nek („rángatózónak”) nevezték el, mivel az egyedek rendellenes, rángatózó mozgást mutatnak. Az oka általában az *unc-22* gén recesszív, funkcióvesztéses mutációja.

A kutatók azt vizsgálták, hogy ha a gén vad típusú (nem mutáns) alléljának megfelelő bázissorrendű RNS-t juttattak vad típusú embriókba, az milyen hatással volt az embriókból kifejlődő egyedek fenotípusára. Külön vizsgálták az egy- és kétszálú RNS hatását, illetve az egyszálú RNS-ek esetében külön a sense (mRNS-nek megfelelő) és antisense (mRNS-sel komplementer) szál bejuttatásának hatását. Az eredményeket a **színes melléklet I. ábrája** mutatja. A kétszálú RNS esetében sejtenként már néhány RNS molekulának elég hatása volt a fenotípus kialakításához. Olyan hosszú kétszálú RNS, mint amit a kísérletben használtak, a természetben ritka, szinte kizárólag egyes vírusok örökítőanyagaként fordul elő.

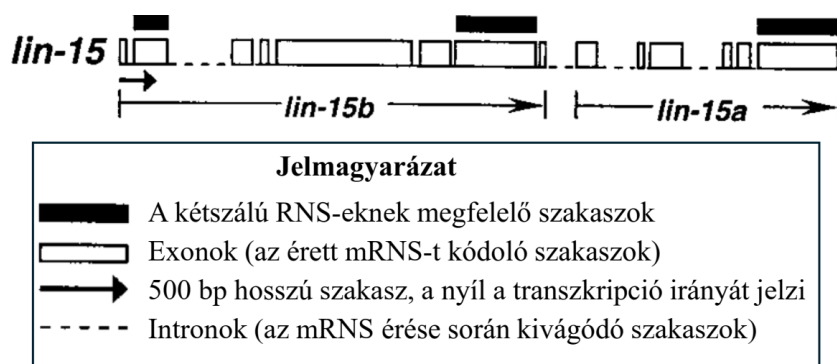
A fentiek mellett kimutatták, hogy a kétszálú RNS beadása esetén az érintett sejtek plazmájában jelentősen csökkent az *unc-22* mRNS-ek koncentrációja a kontrollhoz képest. (A többi mRNS koncentrációja változatlan maradt.) Ha olyan egyedeket kezeltek kétszálú RNS-sel, amelyek nem hordozták az *unc-22* „twitcher” mutációját, majd az egyedeket egymás között szaporították, az utódok mindig normál fenotípusúak (vad típusúak) lettek. Más génekkel elvégezve a kísérleteket, hasonló eredményeket kaptak.

14. Melyik állítás igaz a kísérlet eredményei alapján? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. A kétszálú RNS száalai azonnal szétválnak a sejtbe való bejuttatás után.
- B. A kétszálú RNS megváltoztatta a vele kezelt egyedek DNS-ének bázissorrendjét.
- C. A kétszálú RNS bejuttatása csökkentette az érintett gén aktivitását.
- D. A kétszálú RNS az RNS-polimerázhoz kötődve gátolta annak a működését.
- E. A kétszálú RNS változatlan formában képes az mRNS-hez kötődni.

A *C. elegans* fonálféreg különleges az eukarióták között, mivel a DNS-ében operonok találhatóak. Ezek működése a bakteriális operonokéhoz hasonló azzal a különbséggel, hogy a transzkripció során képződő RNS az érése során szétadarabolódik, így az érett mRNS-ek már csak egy-egy fehérje kódját tartalmazzák. Egy ilyen operon a *lin-15*, ami két fehérje génjét tartalmazza (*lin-15a* és *lin-15b*). Az operon működésének funkcióvesztéses hibája esetén a férgeknél több szülőnyílásszerű képződmény alakul ki (MUV fenotípus). A normál fehérjékből már kis mennyiség is elég vad típusú (nem mutáns) fenotípus kialakításához.

A kutatók ezt az operont vizsgálták a jelenség jobb megértéséhez. Az operon egyes szakaszainak megfelelő bázissorrendű kétszálú RNS-eket készítettek. Az operon szerkezetét és a kétszálú RNS-eknek megfelelő szakaszokat az 1. ábra mutatja. Az 1. táblázat azt mutatja, hogy az egyes kétszálú RNS-ek beadásakor milyen fenotípus arányok alakultak ki.



1. ábra A *lin-15* operon szerkezete és a beadott kétszálú RNS-eknek megfelelő szakaszok

Beadott kétszálú RNS(ek)	MUV fenotípusú egyedek aránya	
	%-ban	MUV egyed / összes egyed
a <i>lin-15b</i> 7. exonja	2	6/255
a <i>lin-15b</i> 2. és 7. exonja	0	0/173
a <i>lin-15a</i> 6. exonja	0	0/114
a <i>lin-15b</i> 7. exonja és a <i>lin-15a</i> 6. exonja	52	88/168
a <i>lin-15b</i> 2. exonja és a <i>lin-15a</i> 6. exonja	47	98/208

1. táblázat A MUV fenotípusú utódok aránya a beadott kétszálú RNS(ek) függvényében

15. Melyik állítás igaz a *lin-15* operon működésével kapcsolatban?

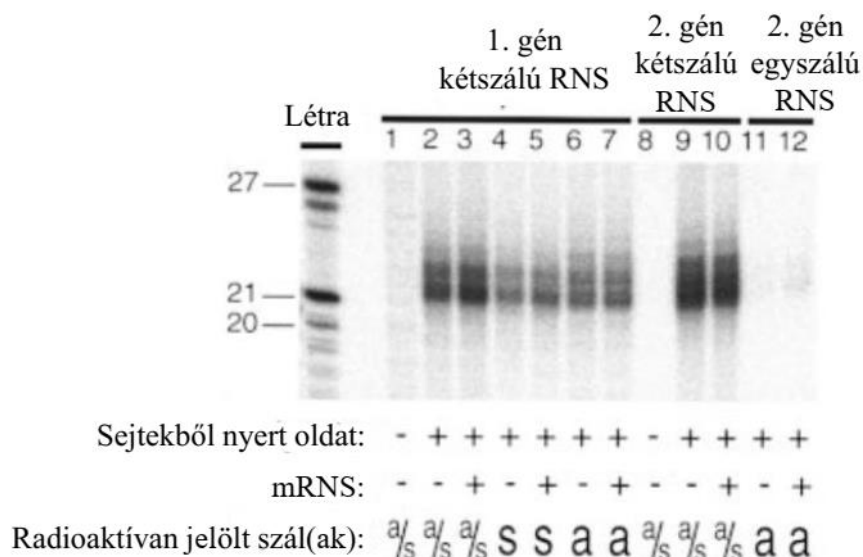
Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. Ha a *lin-15b*-ben leolvasási kereteltolódás történik, az biztosan kihat a *lin-15a*-ra is.
- B. A *lin-15a* és *lin-15b* egymástól függetlenül öröklődik.
- C. A *lin-15b* promótere rövidebb, mint a *lin-15a*-é.
- D. A *lin-15a* és a *lin-15b* fehérje funkciója hasonló.
- E. Mindkét génre nézve heterozigóta egyedek keresztezésekor az utódok 6,25%-a lesz MUV fenotípusú.

16. Melyik állítás igaz a kétszálú RNS-ek hatásával kapcsolatban a kísérletek eredményei alapján? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. A kétszálú RNS gátolja a megfelelő bázissorrendű gén transzkripcióját.
- B. A kétszálú RNS serkenti a megfelelő bázissorrendű mRNA translációját.
- C. A kétszálú RNS gátolja az RNS-polimeráz bekötődését a megfelelő promóterhez.
- D. A kétszálú RNS serkenti a megfelelő bázissorrendű mRNA lebontását.
- E. A kétszálú RNS megváltoztatja a megfelelő bázissorrendű gén promóterét.

Egy másik kutatócsoport ecetmuslicák segítségével vizsgálta tovább a jelenséget. Kétszálú RNS-ek egyik vagy mindkét szálát egyenletesen jelölték radioaktív foszforral. Ehhez muslica embriókból kinyert sejtek előléseével és centrifugálásával kapott oldatot adtak (a kontroll kísérlet kivételével, ahhoz pufferoldatot adtak). Egyes esetekben a kétszálú RNS-eknek megfelelő mRNA-t is adtak az oldathoz. (A vizsgált mRNA-eket kódoló gének muslicában nem találhatóak meg.) Két óra után nagy felbontású gélelektroforézist végeztek az RNS-eken. A kísérlet eredményét a 2. ábra mutatja. Az ábrán láthatón kívül más stabil radioaktív termék nem képződött. Két gén RNS-eivel is elvégezték a kísérletet: az 1. gén esetében csak kétszálú RNS-el (1–7. oszlopok), a 2. gén esetében kétszálú (8–10. oszlopok) és egyszálú (11–12. oszlopok) RNS-el is.



2. ábra A kísérlet eredménye

A létra sávjainak méreteit bázispárban adták meg. A sejtéből nyert oldat és az mRNA esetében + jel mutatja, ha hozzáadták a kísérleti oldathoz, - jel, ha nem. A legalsó sor azt jelöli, a beadott RNS melyik szálát vagy szálait jelölték radioaktívan: s = sense (mRNA-nek megfelelő) szál; a = antisense (mRNA-sel komplementer szál); a/s = mindkét szálát jelölték.

17. Melyik állítás igaz a kísérlet eredményei alapján? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. A gélen látható radioaktív sávok az mRNA bomlásából származnak.
- B. Az mRNA jelenléte serkenti a kétszálú RNS feldarabolódását.
- C. A sense és az antisense szál egyforma mértékben darabolódik fel.
- D. Az egyszálú és a kétszálú RNS feldarabolódása egyforma mértékű.
- E. A kétszálú RNS-ek maguktól kisebb méretű darabokra bomlanak.

18. Melyik állítás magyarázhatja a kísérletek eredménye alapján a 2. ábrán bemutatott kísérlet eredményét? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. Az egyszálú RNS gyorsabban feldarabolódik, így nem tudja kifejteni a hatását.
- B. Az egyszálú RNS a DNS-hez kötődik, emiatt nem tudja kifejteni a hatását.
- C. Csak a kétszálú RNS tud bejutni a sejtmagba, hogy a transzkripciót szabályozza, az egyszálú nem.
- D. Csak a kétszálú RNS okozhat mutációt, hiszen normál esetben nincs jelen a sejtben.
- E. A kétszálú RNS bontásából képződnek nagy mennyiségben az mRNA bontását serkentő kis méretű RNS-ek.

A fenti kísérletekben felfedezett mechanizmust később számos más eukarióta élőlényből (állatokból, növényekből és gombákból) is kimutatták.

19. Az alábbiak közül melyik állítás lehet igaz a mechanizmus evolúciós szerepével kapcsolatban? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. Kialakulása következtében csökkenhetett a mutációk száma a sejtekben.
- B. Kialakulása segíthette a sejteket megtámadó egyes baktériumok elleni védekezést.
- C. Kialakulása segíthette a sejteket megtámadó egyes vírusok elleni védekezést.
- D. Segítheti a transláció általános gátlását a petesejtekben.
- E. Valószínűleg nincs erős szelekció a mechanizmus fennmaradására.

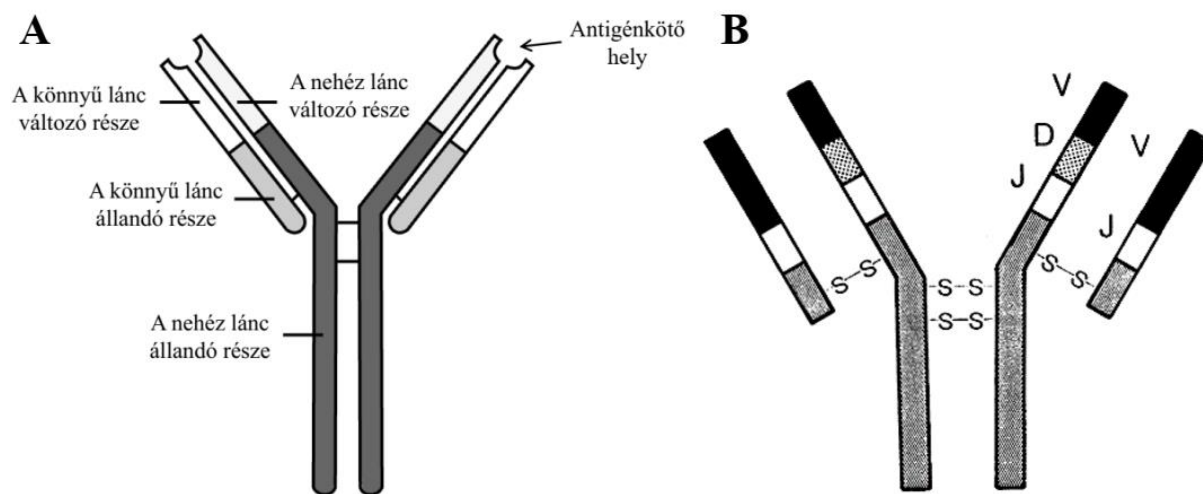
20. Melyik lehet az alábbiak közül a felfedezett mechanizmus egy gyakorlati alkalmazása? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. Segítségével célzottan lehet a DNS-t módosítani, így a génszerkesztésben hasznos.
- B. Segítségével ki lehet kapcsolni egy-egy gént, így tanulmányozva a szerepüket.
- C. Segítségével közvetlenül fokozható az inzulin gén kifejeződése cukorbetegségeknél.
- D. Segítségével általánosan szabályozható a sejtekben a transzkripció mértéke.
- E. Segítségével növelhető egyes mRNA-ek élettartama a sejtben, így azok könnyebben kinyerhetőek és vizsgálhatóak.

AZ ANTITESTEK KIALAKULÁSA (5 PONT)

A B- és T-nyiroksejtek érésének egyik kulcsfolyamata a DNS V(D)J átrendeződése. A folyamatot a B-sejtek antitestait (és receptorait) kódoló gén átrendeződésén keresztül mutatjuk be.

Egy antitest négy láncból áll: két könnyű és két nehéz láncból (1. ábra A része). (Egy antitesten belül a két könnyű lánc ugyanolyan. Ugyanez igaz a nehéz láncokra is.) Mindkét láncnak van egy állandó és egy változó része, utóbbi nyiroksejtenként eltérő. Az antigénköti helyeket a láncok változó részei alakítják ki. A változó részek több szakaszra oszthatóak (a nehéz lánc esetén V, D és J szakaszokra, a könnyű esetén V és J szakaszokra, 1. ábra B része). A könnyű és nehéz lánc V, illetve J szakaszai nem egyformák. A változó részek összes szakasza részt vesz az antigénköti hely kialakításában.



1. ábra

A– Egy antitest vázlatos szerkezete

B– A változó részek szakaszai

A változó részek mindegyik szakaszát egy-egy különálló génszegmens (a teljes gén egy részlete) kódolja. Minden génszegmens több, eltérő bázissorrendű példányban van meg a DNS-ben a B-sejtek érése előtt. A V(D)J átrendeződés során mindkét lánc génje átrendeződik. A nehéz lánc esetében egy-egy véletlenszerűen kiválasztott V, D és J génszegmens fog összekapcsolódni (2. ábra). (A kiválasztott szegmensek közötti szakaszok kivágódnak a DNS-ből. Az esetleg megmaradó további V és J szakaszok inaktív maradnak.) Az összekapcsolt V-D-J szegmens az állandó rész szegmensével együtt alkotják az antitest génjét. A könnyű lánc V és J szegmensének átrendeződése hasonlóan történik. (Az átrendeződés bemutatását leegyszerűsítettük a feladat érthetősége kedvéért.)

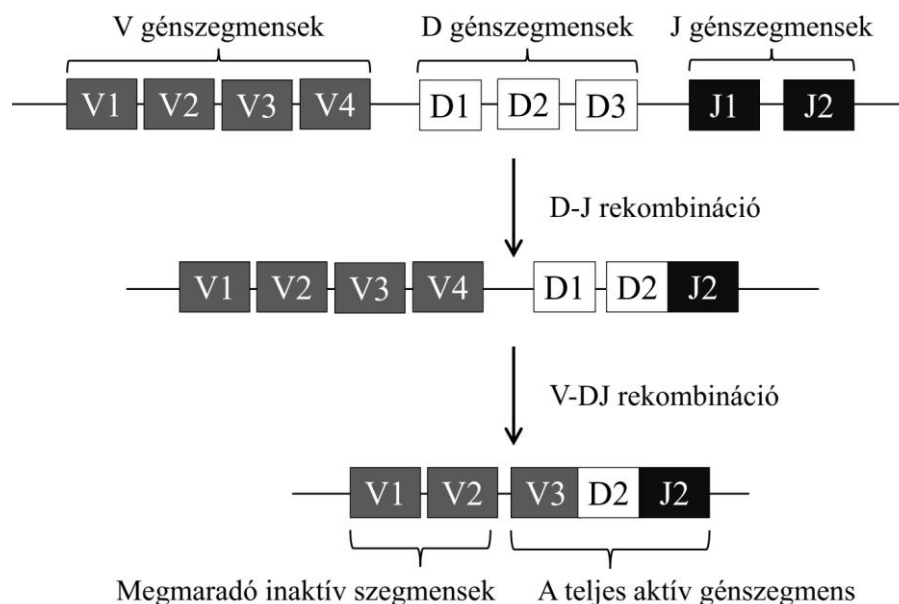
Az átrendeződés az érő nyiroksejtekben egymástól függetlenül történik. Egy adott sejtben csak a gén egyik szülői példánya esik át V(D)J átrendeződésen (a feladatban tegyük fel, hogy minden sejtben ugyanaz). A génszegmensek száma az eredeti DNS-ben:

Nehéz lánc:

- V szegmens: 65 db
- D szegmens: 27 db
- J szegmens: 6 db

Könnyű lánc:

- V szegmens: 40 db
- J szegmens: 5 db



2. ábra A V(D)J átrendeződés folyamata a nehéz lánc esetében

Az ábrán a nehéz lánc állandó részét kódoló DNS szakaszt nem tüntettük fel. Ezt egy intron választja el a könnyű szakasz DNS-étől, ami csak az mRNA érése során vágódik ki.

21. Egy adott ember testében legfeljebb hányféle különböző antigénkötőhelyű antitest jöhet létre a könnyű és nehéz lánc gének V(D)J átrendeződés segítségével? (Tegyük fel, hogy minden szegmens eltérő aminosavsorrendű peptidet kódol.)

Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!

22. Melyik állítás igaz a V(D)J átrendeződéssel kapcsolatban?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. Hasonló folyamat a falósejtek érése során is végbe kell, hogy menjen.
- B. Az átrendeződés során válogatódnak ki az idegen antigéneket felismerő nyiroksejtek.
- C. Segítségével viszonylag kis mennyiségű DNS nagyon sokféle receptort kódolhat.
- D. Az átrendeződés során létrejövő összes nyiroksejt részt vesz az immunitás kialakításában.
- E. A V(D)J átrendeződés már a nyiroksejteket létrehozó őssejtben lezajlik.

23. Melyik betegség kialakulását okozhatja az alábbiak közül, ha az átrendeződés rendellenesen nem csak az antitest génjét, hanem más géneket is érint?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. Tumor kialakulását.
- B. Az ivarsejtekben megjelenő mutációk miatt bekövetkező meddőséget.
- C. 2-es típusú cukorbetegséget.
- D. AIDS-et.
- E. Down-szindrómát.

A GFP (green fluorescent protein) egy olyan fehérje, ami UV fény hatására zölden fluoreszkál. A molekuláris biológiában gyakran használják fehérjék jelölésére. A GFP összekapcsolható más fehérjékkel úgy, ha a GFP-t kódoló DNS szakaszt közvetlenül a vizsgált fehérjét kódoló szakasz végére úgy ültetik be, hogy egy leolvasási keretbe kerüljenek. Ekkor egyetlen polipeptidlánc képződik, ami mindkét fehérje aminosav-szekvenciáját tartalmazza. Megfelelően megtervezve a GFP lánc képes megfelelően feltekeredni, és így fluoreszkálni, ezáltal meg tudjuk vizsgálni a fehérje helyét a sejten belül. (A feladat megoldása során tegyük fel, hogy a GFP hozzákapcsolása nem befolyásolja a fehérje mozgását a sejten belül.)

24. Ha a GFP-t kódoló DNS szakaszt az antitest nehéz láncát kódoló DNS-szakasz végéhez ültetjük be a fenti módon, melyik válaszlehetőségek fogja leírni a fluoreszcencia megjelenésének időbeli sorrendjét? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. sejtmag–sejtplazma–endoplazmatikus retikulum–Golgi-készülék–sejtmembrán
- B. sejtplazma–endoplazmatikus retikulum–lizoszóma
- C. sejtplazma–vezikulumok–sejten kívüli tér
- D. endoplazmatikus retikulum–Golgi-készülék–sejten kívüli tér
- E. endoplazmatikus retikulum–Golgi-készülék–mitokondrium–sejtmembrán

Egy egér csontvelő őssejtjeibe a nehéz lánc egy-egy V, D és J szegmensének helyére beültetjük a GFP gént úgy, hogy csak akkor fejeződjön ki, ha az adott szegmens bekerül az átrendeződés során az aktív antitest-génbe (akkor viszont mindenképpen). Tegyük fel, hogy ez nem befolyásolja a nyiroksejtek túlélését.

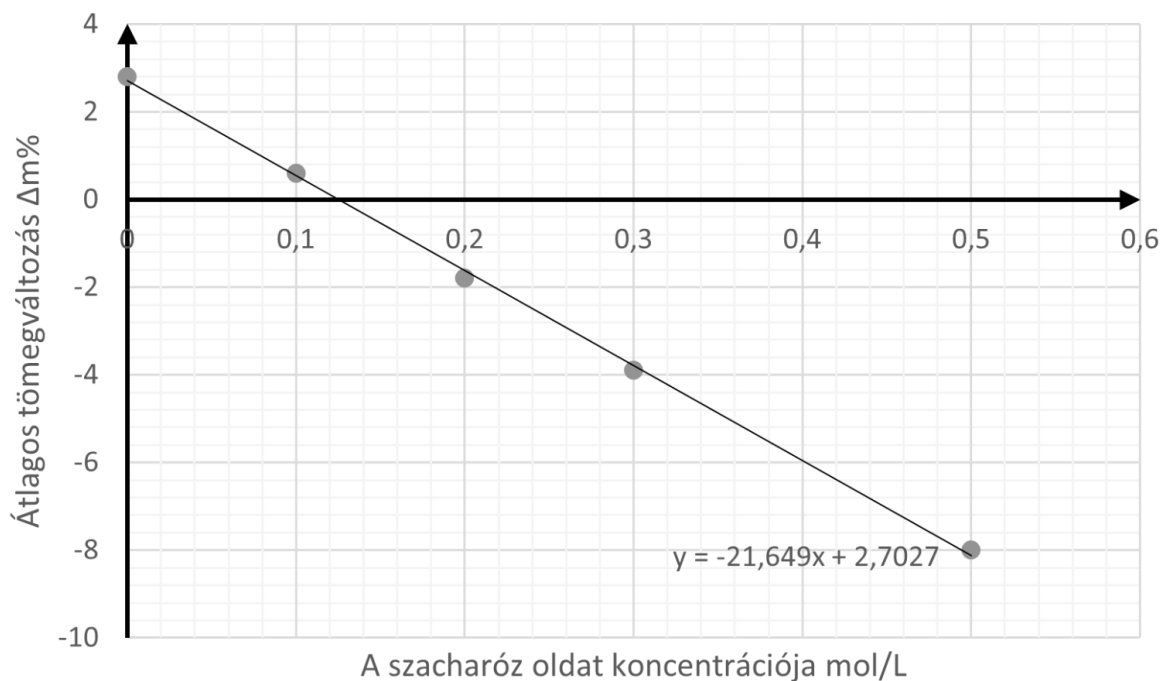
25. Az egér érett B-nyiroksejtjeinek várhatóan hány százaléka fog fluoreszkálni UV fény hatására? Az eredményt %-ban, egész számra kerekítve adja meg!

Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!

SZÁMÍTÁSOK (4 PONT)

Egy kísérlet során burgonyagumóból kivágott hengereket azonos ideig áztatunk desztillált vízben, illetve különböző töménységű szacharóz oldatokban. A kísérlet befejezését követően megállapítjuk a burgonyahengerek átlagos tömegváltozásának százalékos értékét ($\Delta m\%$), Ennek az értéknek a koncentráció függvényében való változását mutatja be az 1. ábra.

Az egyenes egyenlete: $y = -21,649x + 2,7027$.



1. ábra

26. Számítsa ki a burgonyagumó sejtjeinek ozmotikus koncentrációját!

Válaszát három tizedesjegy pontossággal, mol/L mértékegységben adja meg, és írja a válaszlap megfelelő helyére!

A 27. és 28. feladat megoldásához használja a **színes melléklet II. ábráját**, amely a glükóz vesén belüli transzportfolyamatait mutatja be.

27. A grafikon alapján a szűrletbe kerülő glükóz hány százaléka szívódik vissza, ha a vérplazma glükózkoncentrációja 20 mmol/L?

Válaszát egész szám pontossággal százalékban adja meg, és írja a válaszlap megfelelő helyére!

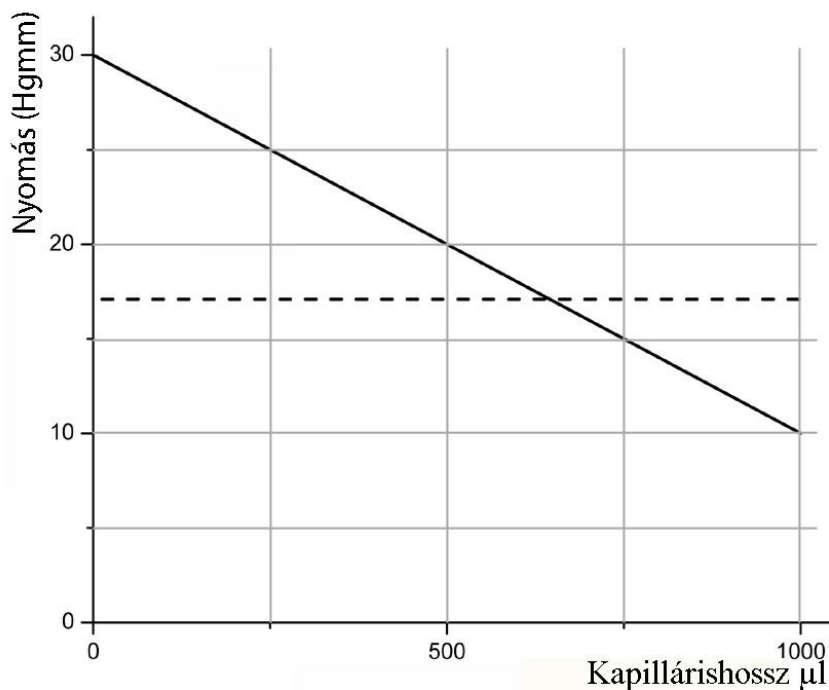
Tegyük fel, hogy a glükóz koncentrációja a vörösvértestekben a plazmáénak kb. 85%-a, a vörösvértestek és a plazma térfogataránya 1:1,222. A többi alakos elem szerepét ebből a szempontból elhanyagoljuk.

28. Határozza meg a beteg teljes vére vonatkoztatott glükózkoncentrációját!

($M_{\text{glükóz}} = 180 \text{ g/mol}$)

Válaszát egy tizedesjegy pontossággal mmol/L mértékegységben adja meg, és írja a válaszlap megfelelő helyére!

A Starling-hipotézis szerint a szövetnedv áramlását a kapilláris falának két oldala között fellépő hidrosztatikainyomás-különbség (ez gyakorlatilag megegyezik a vérnyomással) és az érfal két oldala között mérhető ozmotikuszívóerő-különbség (ami lényegében a plazmafehérjék ozmotikus nyomásának feleltethető meg) viszonya határozza meg. Ennek a két nyomáskülönbségnek a kapilláris hosszában mérhető változását mutatja be a 2. ábra. A két egyenes és a függőleges tengely által kialakított két háromszög nagysága arányos a kapilláris falán átáramló folyadék mennyiségével.



2. ábra

29. Határozza meg, hogy a kapilláris hámnján keresztül a vérplazmát elhagyó folyadék hány százaléka kerül visszaszívásra a 2. ábra alapján! A hajszálér hossza 1 mm.

Válaszát egy tizedesjegy pontossággal, a vérplazmát elhagyó folyadékra vonatkoztatva adja meg, és írja a válaszlapon megfelelő helyére!

A RIZS ALKALMAZKODÁSA (8 PONT)

A rizs (*Oryza sativa*) az egyszikű pászitfűvek közé tartozik, a világ egyik legfontosabb gabonaféléje, eredetileg trópusi, melegkedvelő növény. A csapadék mennyisége és eloszlása kulcsfontosságú: bár a legtöbb hazai rizsföldet öntözéssel látják el, a nyári aszályok és hőhullámok kihívást jelenthetnek. A rizs termesztéséhez a legideálisabbak a kötött, agyagos, vízzáró réteggel rendelkező talajok, amelyek lehetővé teszik a tartós vízborítást. A víz minősége sem elhanyagolható: túl magas sótartalom (sóstressz) vagy szennyeződés gátolhatja a növény fejlődését. A vegetatív növekedés és a termésérés során a növényi szövetek ozmotikus szabályozása gyorsabb és stabilabb, mint a csíranövény-állapotban és a generatív szakasz korai, virágzással összefüggő fázisaiban. A sóstressz hatására az abszcizinsav szintje megnő, ami K^+ kiáramlást okoz a gázcserenyílás zárósejtjeiből. Az ozmotikus potenciál azt mutatja meg, hogy az oldott anyagok milyen mértékben csökkentik a vízpotenciált az oldatban a tiszta vízhez képest. Értéke negatív, mert a desztillált víz vízpotenciálját 0-nak tekintjük, az oldott anyagok jelenléte pedig csökkenti azt. A növényi sejtekben és a talajban a vízpotenciál (Ψ) egyszerűsítve a következő módon bontható fel: $\Psi = \Psi_p + \Psi_s$, ahol Ψ_p nyomáspotenciál (ami megfelel a turgornyomásnak, illetve a hidrosztatikai nyomásnak), Ψ_s pedig az ozmotikus potenciál. A vízpotenciál (Ψ) azt is megmutatja, hogy a víz a nyomáspotenciál (Ψ_p) és az ozmotikus potenciál (Ψ_s) együttes hatására a magasabb vízpotenciálú hely felől az alacsonyabb vízpotenciálú hely felé áramlik.

30. Melyik ábra mutatja a rizsnövényt! Válassza ki a helyes válasz betűjelét!



A.



B.



C.

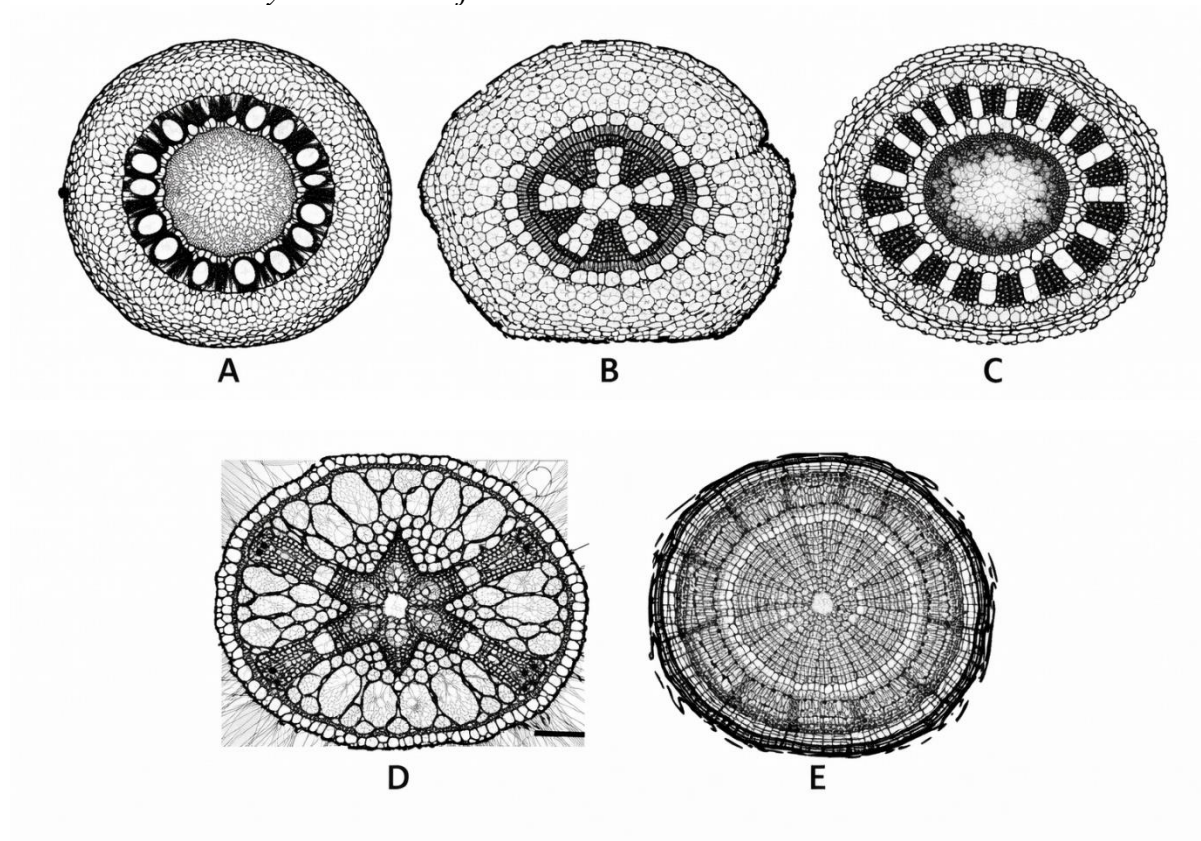


D.



E.

31. Melyik ábra mutatja az érett rizs gyökerének (hajtáshoz közeli) keresztmetszeti képét!
Válassza ki a helyes válasz betűjelét!



32. Egy rizsnövény gyökérsejtje sóstressz hatására hirtelen magasabb oldottanyag-koncentrációjú talajoldattal kerül kapcsolatba. A sejtmembrán ép, az anyagszere működik, de kezdetben nem halmoz fel további oldott anyagokat a sejt belsejében. Az alábbi állítások közül melyik írja le helyesen a sejtben bekövetkező kezdeti változásokat a vízpotenciál (Ψ), az ozmotikus potenciál (Ψ_s) és a turgornyomás (Ψ_p) tekintetében?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. A sejt vízpotenciálja csökken, mert a turgornyomás nő a megnövekedett külső sókoncentráció hatására.
 B. A sejt ozmotikus potenciálja a sóstressz kezdeti szakaszában még nem változik jelentősen, miközben a turgornyomása csökken a víz kiáramlása miatt.
 C. A sejt vízpotenciálja nő, mert a külső oldat magasabb sótartalma fokozza a víz beáramlását.
 D. A turgornyomás pozitív marad, mivel a sejtfa megakadályozza a vízvesztést.
 E. A sejt vízpotenciálját kizárólag az ozmotikus potenciál határozza meg, ezért a turgornyomás szerepe elhanyagolható.
33. Az alábbiak közül melyik változás nem a folyamatos sóstressz következménye?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. Csökken a növényi sejtek turgornyomása.
 B. A gázcsereenyílások záródnak.
 C. Gátlódik a fotoszintézis.
 D. A facsövekben a nyomáspotenciál abszolút értékben megnő.
 E. A sejtekben az ozmotikus potenciál abszolút értékben csökken.

34. Egy rizsnövény nappali, intenzív párologtatás során aktívan szállítja a vizet a talajból a levelek felé. Az alábbi állítások közül melyik írja le helyesen a vízpotenciál (Ψ) viszonyait ebben az esetben?

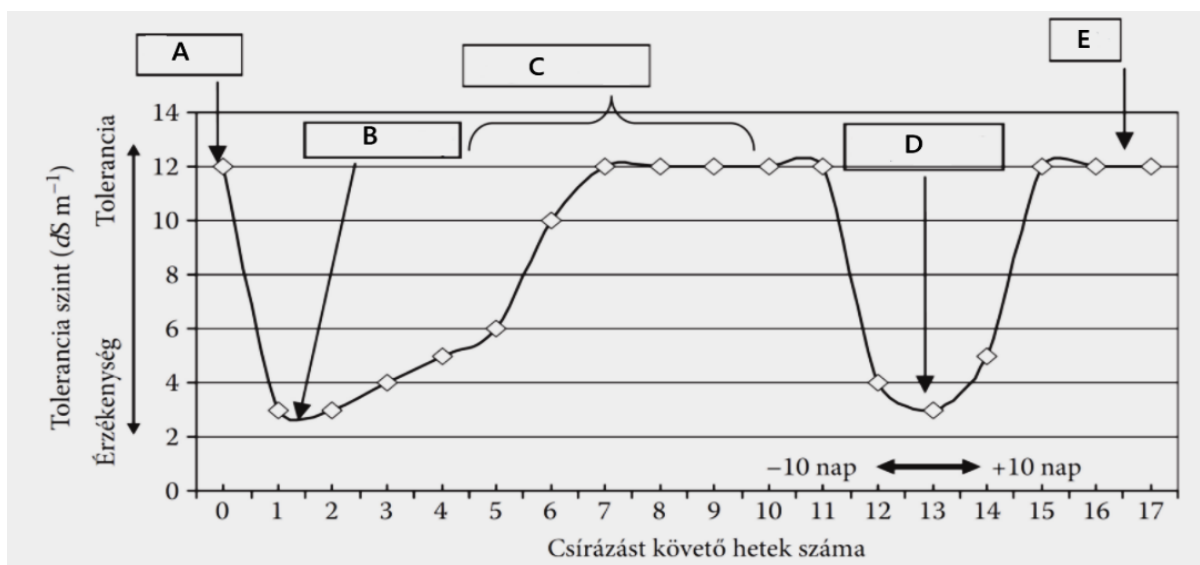
Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. A facsövek vízpotenciálja magasabb (kevésbé negatív), mint a talajoldaté.
- B. A gyökérsejtek vízpotenciálja alacsonyabb (negatívabb), mint a levélsejteké.
- C. A facsövek vízpotenciálja a gyökérsejtekénél alacsonyabb, de a levélsejtekénél magasabb.
- D. A talajoldat és a facsövek vízpotenciálja közel azonos, mivel a víz szabadon áramlik köztük.
- E. A levélsejtek vízpotenciálja magasabb, mint a talajoldaté, mivel fotoszintézis zajlik bennük.

Az ábra a növény teljes életciklusában mutatja be, hogyan reagál a rizs a sóstresszre az egyes életszakaszaiban. A vizsgálat során az elektromos vezetőképességet mérték, ami jó indikátora a sótartalomnak. Az elektromos vezetőképesség mértékegysége dS/m (deciSiemens/méter).

35. Melyik betűvel jelzett időszakban fejlődik ki a bugavirágzat?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!



36. A rizs virágzását több szabályozó gén irányítja. Rövid nappalon aktiválódik a *Hd1* és ez aktiválja a *Hd3a* gént, ami a virágzást indítja el, viszont hosszú nappalon gátolja ugyanett a gént. Az *Ehd1* egy kulcsfontosságú transzkripciós faktor, amely aktiválja a *Hd3a*-t, míg a *Ghd7* erős virágzásgátló gén hosszú nappalon. Mely megállapítások lehetnek igazak az eddigi leírások alapján? Válassza ki a nagybetűvel jelzett válaszlehetőségek közül azt, amelyik mindegyik (kisbetűvel jelölt) igaz állítást tartalmazza, és nem tartalmaz hamisat!

- a. A hazai rizsfajtákban a *Hd1* génváltozat csökkent vagy nem működő funkciót mutat.
- b. A hazai rizsfajtákban található *Ghd7* génváltozat nem nyomja el az *Ehd1* gén hatását.
- c. A hazai rizsfajtákban az *Ehd1*-expresszió lényegében nem függ a nappal hosszától.

- A. a, c
- B. a, b
- C. b, c
- D. a, b, c
- E. egyik sem

37. A rizsben a női ivarsejtek kialakulásának folyamata abból a szempontból hasonló az emberi szervezetben zajlóhoz, hogy egy diploid (csíravonalbeli) sejtből meiózissal azonos számban válnak funkcionálissá női ivarsejtek. Hány rizsszem keletkezik 100 makrospóra-anyasejtől, ha 100%-ban normális folyamatokat feltételezünk?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. 25 B. 50 C. 100 D. 400 E. 800

MATEMATIKAI MODELLEK A POPULÁCIÓÖKOLÓGIÁBAN (6 PONT)

A populációökológiában számos matematikai modellt használnak. Ilyenek a populációk egyedszámváltozásait leíró populációdinamikai modellek (mint például a korlátlan és korlátozott növekedési modell).

Egyes fajoknak jól elkülönülő generációi vannak. Ilyen például a nagy rókalepke. Ennek a fajnak a kifejtett egyedei telelnek át, tavasszal rakják le a petéiket, majd elpusztulnak. A petékből a következő generáció kifejtett egyedei nyárra fejlődnek ki. Az ilyen fajok egyedszámváltozásainak leírásához használt modellek elkülönülő generációkkal számolnak (diszkrét modellek). Az alább látható 1. modell is ilyen:

$$N_{t+1} = N_t \cdot \left[1 + A \cdot \left(1 - \frac{N_t}{B} \right) \right]$$

- N_t = A populáció egyedszáma egy adott generációban.
- N_{t+1} = A populáció egyedszáma a következő generációban.
- A, B: A modell paraméterei. Értékük függ a fajtól és a környezeti tényezőktől. Adott környezetben, adott faj esetében állandónak tekinthetők.

38. Mely állítások igazak az 1. modell alapján az alábbiak közül?

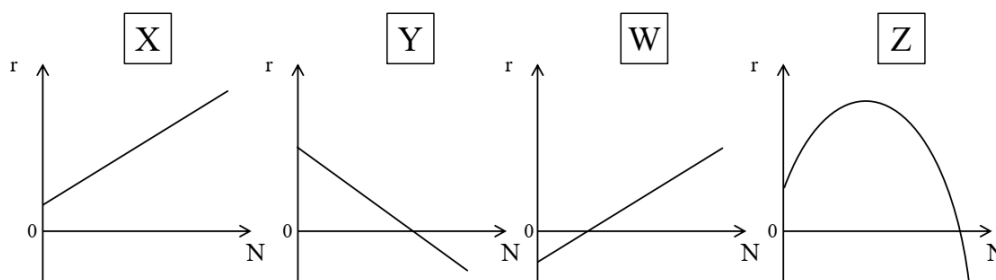
Válassza ki a helyes válaszok (2) betűjeleit, és írja a válaszlap megfelelő helyére!

- A. A populáció egyedszáma végig exponenciálisan növekszik.
 B. A modellben a B jelöli az egyensúlyi egyedszámot.
 C. Minél nagyobb az A értéke, annál lassabban növekszik a populáció mérete.
 D. Az, hogy hányszorosára növekszik a populáció mérete egy generáció alatt, független az egyedszámtól.
 E. Ha a populáció mérete a B értéke alá csökken, ki fog halni a populáció.
 F. Ha a populáció mérete az A értéke alá csökken, ki fog halni a populáció.
 G. A vizsgált modell egy korlátozott növekedési modell.

A populáció egy főre jutó növekedési rátáját (r) úgy tudjuk kiszámolni, hogy a populáció időegység alatt (jelen esetben egy generáció alatt) bekövetkező egyedszámváltozását elosztjuk a populáció egyedszámával.

39. Az alábbi grafikonok (X–Z) azt ábrázolják, hogyan függ egy-egy populáció egy főre jutó növekedési rátája (r) a populáció egyedszámától (N). A felsorolt állítások (1–4) arra vonatkoznak, hogyan jelenik meg az 1. modellben szereplő B érték a grafikonokon. Válassza ki az 1. modellnek megfelelő grafikon és állítás kombinációját!
Válaszát a megfelelő grafikon és a megfelelő állítás kombinációjának megadásával (pl. X1) írja a válaszlap megfelelő helyére!

A grafikonok:

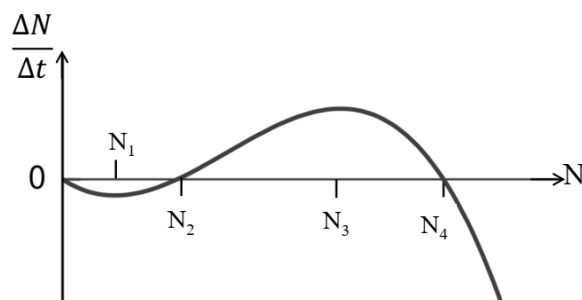


Az állítások:

1. A B értéke megegyezik a függvény x tengellyel alkotott metszéspontjával.
2. A B értéke megegyezik a függvény y tengellyel alkotott metszéspontjával.
3. A B értéke megegyezik a függvény meredekségével.
4. Egyik állítás sem igaz a fentiek közül.

Más fajok esetében nincsenek elkülönülő generációk. A gorillák csoportjaiban különböző korú állatok élnek együtt éveken keresztül, így nincs értelme elkülönülő generációkról beszélni (folytonos modellek).

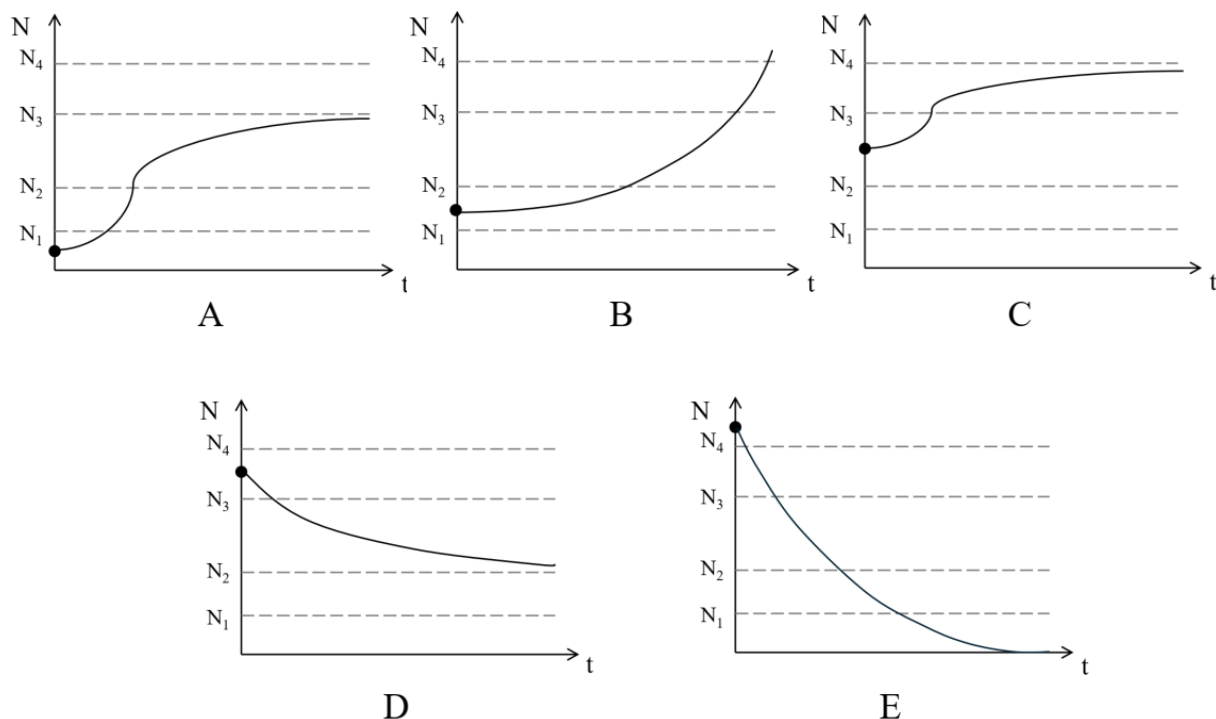
Ilyen például a 2. modell, amire az alábbi grafikon vonatkozik. Ez azt ábrázolja, hogyan függ a az időegység alatt történő egyedszámváltozás ($\Delta N/\Delta t$) az egyedszámtól (N).



Az N_1 , N_2 , N_3 és N_4 jelek olyan egyedszámokat jelentenek, amelyek a 41. feladat grafikonjain is szerepelnek.

40. Melyik állítás igaz a 2. modellel kapcsolatban? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*
- A. Ez egy korlátlan növekedési modell.
 - B. A modell alapján a populáció egy egyedre jutó növekedése annál nagyobb, minél kisebb az egyedszáma.
 - C. A környezet eltartóképessége az N_3 egyedszámnak felel meg.
 - D. A modell alapján a populációnak van kihalási küszöbe.
 - E. A modell alapján a modellezett populáció hosszútávon ki fog halni.

41. Melyik grafikon mutatja a 2. modellnek megfelelően a populáció egyedszámának (N) változását az idő (t) függvényében a megadott, fekete pontokkal (●) jelölt kiindulási egyedszámok esetén? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*



42. Az alábbi modellek közül melyik lehet a 2. modell egyenlete?
(N=az aktuális egyedszám; t=idő; $\Delta N/\Delta t$ =a populáció egyedszámváltozásának pillanatnyi, előjeles sebessége; $r_{\max}$ =a maximális egy főre jutó növekedési ráta, teljesen ideális körülmények között; N_1, N_2, N_3, N_4 =a korábbi grafikonon megadott egyedszám értékek.)
Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. $\frac{\Delta N}{\Delta t} = r_{\max} \cdot N$
 B. $\frac{\Delta N}{\Delta t} = r_{\max} \cdot N \cdot \left(1 - \frac{N}{N_4}\right)$
 C. $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -r_{\max} \cdot N \cdot \left(1 + \frac{N}{N_3}\right)$
 D. $\frac{\Delta N}{\Delta t} = r_{\max} \cdot N \cdot \left(1 - \frac{N}{N_1}\right) \cdot \left(1 + \frac{N}{N_3}\right)$
 E. $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -r_{\max} \cdot N \cdot \left(1 - \frac{N}{N_2}\right) \cdot \left(1 - \frac{N}{N_4}\right)$

SZÍVCIKLUS ÉS ELEKTROKARDIOGRAM (EKG) (7 PONT)

A szív ciklus a szív egyszeri összehúzódása és elernyedése. Egyezményesen a pitvarok összehúzódását tekintjük a szív ciklus kezdő lépésének.

A szív ciklus lépései, nem időrendi sorrendben:

1. A kamrák összehúzódása, miközben vér áramlik ki a zsebes billentyűkön keresztül.
2. A kamrák összehúzódása, miközben a billentyűk zárva vannak, és a pitvarok elernyednek.
3. A kamrák elernyedése, miközben vér áramlik be a pitvarokból a vitorlás billentyűkön keresztül.
4. A pitvarok összehúzódása, miközben vér áramlik be a kamrákba a vitorlás billentyűkön keresztül.
5. A kamrák elernyedése, miközben a billentyűk zárva vannak.

43. Milyen időrendi sorrendben követik egymást a szív ciklus egyes lépései?

Adja meg a lépések sorrendjét az őket jelölő számok segítségével a válaszlap megfelelő helyén!

A szív ciklus során az ingerület az ingerületképző és -vezető rendszerben keletkezik és terjed, majd a munkaizomsejtek depolarizációja váltja ki az összehúzódást, és a repolarizációt a szívizom elernyedése követi.

44. Milyen időrendi sorrendben követik egymást az alábbi, nagybetűkkel jelölt események?

- A. kamrai repolarizáció
- B. pitvari repolarizáció
- C. kamrai depolarizáció
- D. pitvari depolarizáció

Adja meg az események sorrendjét az őket jelölő nagybetűk segítségével a válaszlap megfelelő helyén!

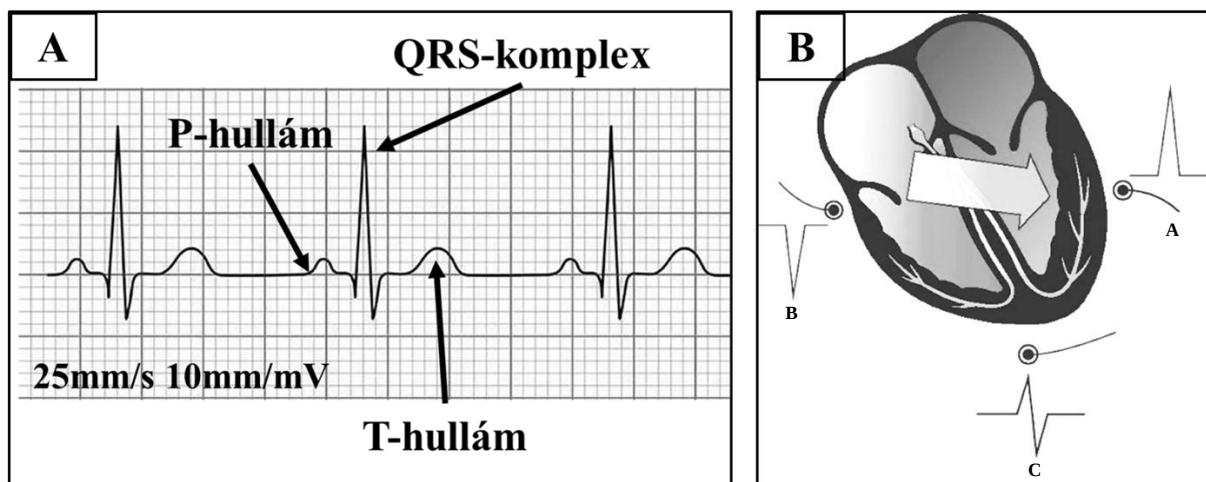
Az időben egymás utáni eseményeket "→", a közel egy időben végbemenő eseményeket vessző választja el.

Az EKG a szívizomsejtek elektromos feszültségváltozásainak eredőjét rögzíti. A ma használt EKG elvezetések egyik típusa a végtagelvezetés. Ekkor egy elektródát az egyik bokán, egy elektródát a bal és egyet a jobb csuklón helyeznek el. Ezek különböző kombinációkban (I., II. és III. elvezetés) a pozitív és a negatív elektródák. Az I. elvezetés esetén a jobb csukló a negatív pólus, a bal csukló a pozitív pólus. Az I. elvezetés egészséges felnőtt emberen a következő oldalon található 1. ábra A részén látható, milliméterpapíron rögzítve. Az 1. ábra B része mutatja be, hogyan alakulnak ki a különböző irányú jelek az EKG-n. A kép közepén a kamraizomzat depolarizációjának eredő haladási vektora látható vastag nyíllal. Ha különböző módon helyezzük el a szívhez képest a pozitív elektródot, akkor eltérő jeleket kapunk az EKG-n.

Ha a pozitív elektródot

- az A helyre tesszük, akkor pozitív hullámot,
- a B helyre tesszük, akkor negatív hullámot,
- a C helyre tesszük, akkor bifázisos (a hullám eleje pozitív a vége negatív) hullámot kapunk.

Repolarizáció esetén fordított előjelűek a hullámok.



1. ábra

A– Normál szinusz (szinusz csomó által generált) ritmus I. elvezetés esetén milliméterpapíron (egy beosztás 1 mm).

B– A sejtek depolarizációjának eredő vektora és különböző pozitív pólusokon (A, B, C) rögzített feszültségváltozások.

A P-hullám a pitvari depolarizációt, a QRS komplex a kamrai depolarizációt (negatív Q-hullám (kamrai válaszfal), pozitív R-hullám (kamra fő izomzata), negatív S-hullám (a kamra külső, pitvarokhoz közelebbi része)), a T-hullám a kamrai repolarizációt jelöli.

45. Mennyi a pulzus az 1.A képen rögzített EKG alapján?

Adja meg az értéket egész számra kerekítve a válaszlap megfelelő helyén!

46. Melyik állítás igaz a szív működésével kapcsolatban?

Válassza ki a helyes válaszok (2) betűjeleit, és írja a válaszlap megfelelő helyére!

- A. Először a bal pitvar depolarizálódik, majd kis késéssel a jobb pitvar.
- B. A kamrai repolarizáció ellentétes irányú, mint a kamra fő izomzatának depolarizációja.
- C. A kamrák közötti válaszfal balról jobbra depolarizálódik.
- D. A legtöbb szívizomsejt a P-hullám során depolarizálódik.
- E. A pitvarok és a kamrák depolarizációja időben eltolts, de a repolarizációjuk egyszerre megy végbe.
- F. A kamrák a pitvaroktól a szív csúcsa fele depolarizálódnak, majd repolarizálódnak.
- G. Ha fordítva kerül fel a két karra a pozitív és a negatív elektróda, akkor a T- és a P-hullám fordított lesz, a QRS-komplex nem változik.



2. ábra Kóros EKG felvétel

47. Melyik következtetés helyes a 2. ábrán látható EKG felvétel 3. szívciklusa alapján?
Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. A pitvarok idő előtt összehúzódtak.
- B. A kamrák összehúzódtak.
- C. A kamrák normál módon elernyedtek.
- D. A kamrák a normál ritmus idejében húzódtak össze.
- E. A ciklus hossza nem tért el a normálistól.

48. Melyik állítások magyarázhatják a 3. szívciklus EKG képét?

Válassza ki a nagybetűkkel jelzett válaszlehetőségek közül azt, amelyik mindegyik (kisbetűvel jelölt) lehetséges magyarázatot tartalmazza!

- a. A pitvar-kamrai csomó idő előtt aktiválódott.
- b. A kamra ingerületvezető rendszere nem a normál módon vezette az ingerületet.
- c. A szinuszcsomóban létrejött depolarizáció szétterjedt a pitvarokon, de nem tudott a kamrákra áttérjedni.
- d. Az pitvar-kamrai csomó önmagától aktiválódott.
- e. A kamrai repolarizáció iránya fordított a normál szívciklushoz képest.

- A. a, b
- B. c, d, e
- C. a, b, d, e
- D. d, e
- E. c

ÉLETTANI JELENSÉGEK VIZSGÁLATA BÉKÁN (7 PONT)

A gerincvelői reflexek közvetlen vizsgálatához az egyik legismertebb preparátum az ún. spinális (gerincvelői, agytalanított) béka. A béka előkészítése során a fej levágásával megszüntetjük a kapcsolatot az agyvelő és a gerincvelő között, ezt egy 5–10 perces ún. spinális sokk követi, amit az agyi felsőbb szabályozás hirtelen megszűnése okoz. Ebben az állapotban a béka ernyedten fekszik. A sokk elmúltá után a béka reflexei vizsgálhatóak. Ekkor a béka enyhén behúzza tartja a végtagjait még akkor is, ha felemeljük és a végtagok lógnak. A béka központi idegrendszerének pályarendszerei anatómiailag és funkcionálisan az emberéhez hasonlóak.

49. Mely megállapítások igazak a békára a spinális sokkot követően?

Válassza ki a nagybetűkkel jelzett válaszlehetőségek közül azt, amelyik mindegyik (kisbetűvel jelölt) igaz állítást tartalmazza, és nem tartalmaz hamisat!

- a. Nincs pulzusa.
- b. Nincs torokoszcillációja és tüdőlégzése.
- c. Vérnyomása minimális.
- d. Van izomtónusa.
- e. A bolygóideg (X. agyideg) normál paraszimpatikus hatása megszűnik.

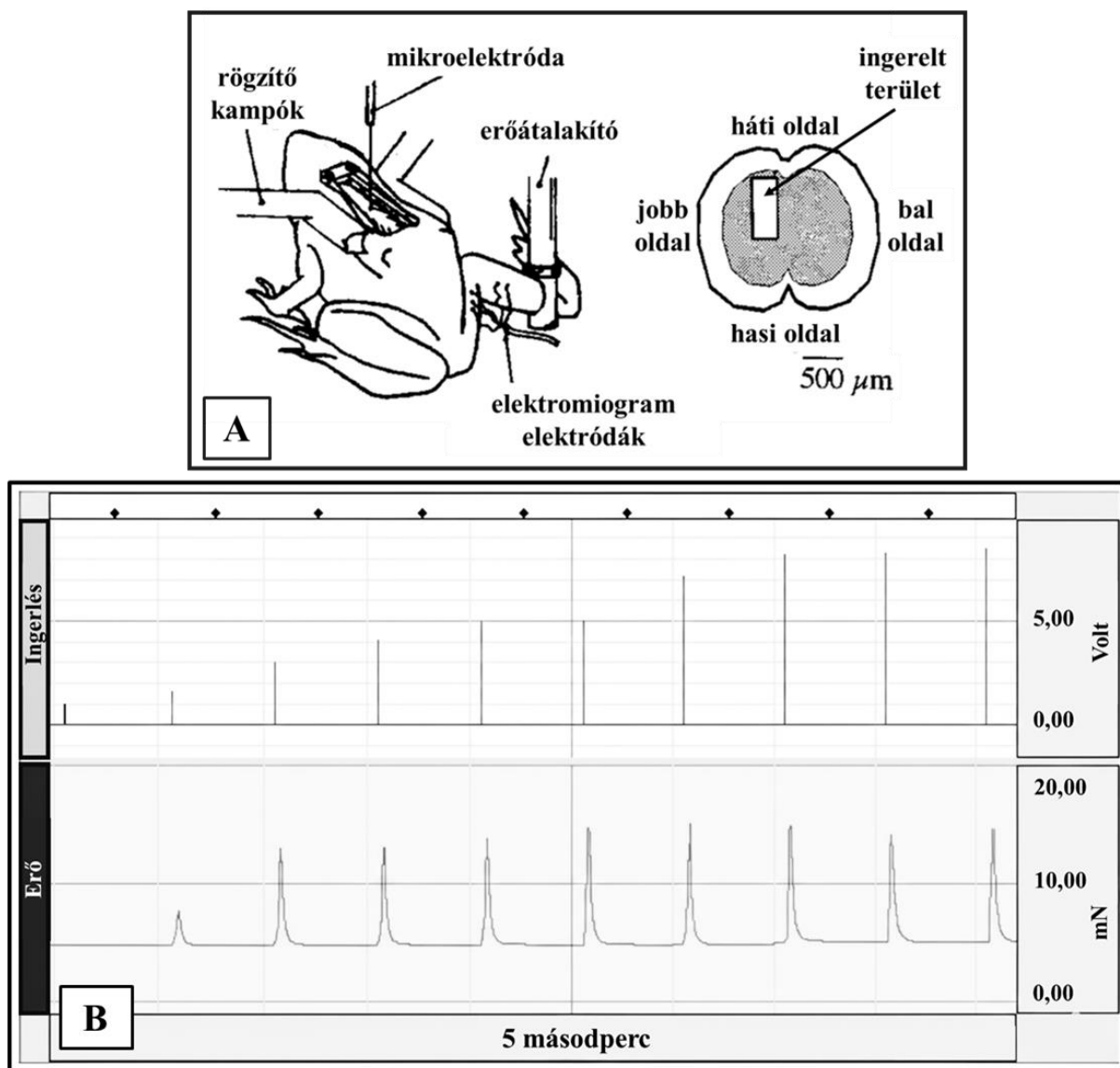
- A. a
- B. a, b,
- C. a, b, c, d
- D. b, c, d, e
- E. a, b, c, d, e

A békát egy madzag segítségével lelógatják egy állványzatról. A reflexvizsgálathoz a béka egyik lelógó, kissé behúzott hátsó lábát megcsípi csipesszel. A béka ennek hatására behajlítja a megcsípett lábat, más változást nem tapasztalnak.

50. Mely állítások igazak a szövegben leírt reflexre? *Válassza ki a helyes válaszok (2) betűjeleit, és írja a válaszlap megfelelő helyére!*

- A. A csípéssel egy izomeredetű reflexet váltottak ki.
- B. Az álegynyűlványú neuron axonja a gerincvelő elülső szarváig fut.
- C. Gátló interneuronból jelátvivő anyag szabadul fel a reflex során.
- D. A combhajlító izom mozgatóneuronján akciós potenciál halad végig.
- E. A combfeszítő izom mozgatóneuronján akciós potenciál halad végig.
- F. Serkentő interneuronból nem szabadul fel jelátvivő anyag a reflex során.
- G. A reflexív átlépi a test középvonalát.

A békát ezután az 1. ábra A részén látható módon rögzítették. A mikroelektroda segítségével a gerincvelőnek azt a szakaszát stimulálják, ami a láb mozgásáért felel. Az elektródát addig igazították a kijelölt területen, amíg az előbb vizsgált reflexszel megegyező mozgást tudtak kiváltani az állatból az ingerlés hatására. Ezután több ingerlést is végeztek (1. ábra B része). Elektromiogrammal és erőátalakítóval tudták vizsgálni, mely izmok húzódtak össze és mekkora izommunkát végeztek.



1. ábra

A– kísérleti összeállítás és gerincvelő keresztmetszet (anatómiai irányoknak megfelelően).

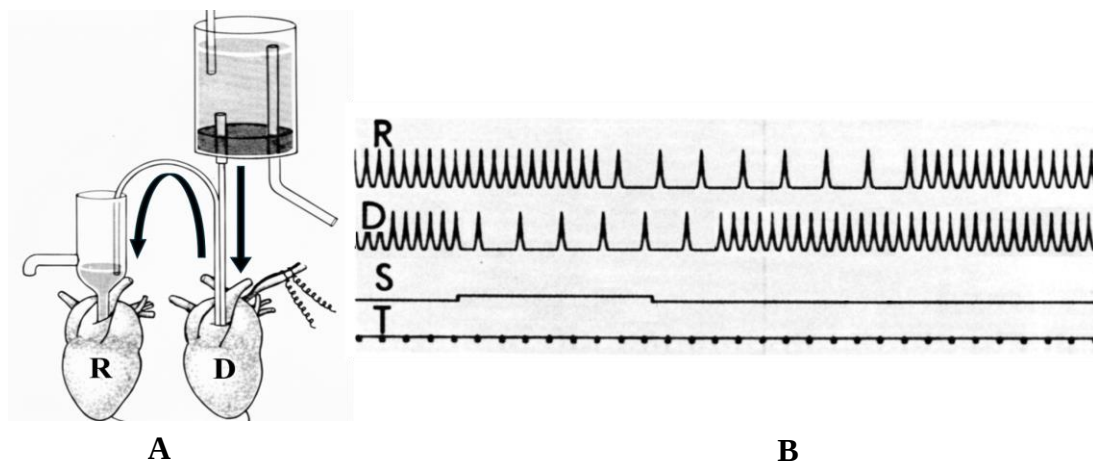
B–felső grafikon: Az ingerlések során alkalmazott feszültségek.

alsó grafikon: A kiváltott izomösszehúzódások ereje.

51. Melyik állítás igaz a leírás és a képek alapján? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. A kísérlet során közvetlenül a mozgó neuronokat ingerelték.
- B. Az ingerlő feszültség mindig ugyanakkora erejű izom összehúzódást vált ki.
- C. A vizsgált izmot egynél több motoros idegsejt idegzi be.
- D. A térdreflexszel megegyező interneuron-motoneuron hálózat aktiválódik ingerlés hatására.
- E. Egy stimulus többszöri izomösszehúzódást is kiváltott.

Otto Loewi kísérlete egy másik, szintén békával végzett híres vizsgálat. Az 1921-ben elvégzett kísérlet alapvetően meghatározta, hogy ma miként gondolkodunk a szinaptikus jelátvitelről. Loewi békaszíveket izolált a bolygóideggel együtt. A 2. ábra A részén látható, hogy a D betűvel jelölt szíven a bolygóideghez elektródákat kapcsolt. Ennek a szívnek a pitvarába fiziológiai sóoldatot vezetett, ami egy csövön keresztül az R betűvel jelölt szívbe továbbítódott.



2. ábra

A– A két szív az összekötő csőrendszerrel és a bolygóideghez kötött stimulátor elektróddal
B– R és D a megfelelő szívről elvezetett szívösszehúzódások jelei; S a stimulátor elektród jele; T az idő.

52. Mely megfigyelések igazak a leírtak és az ábra alapján?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. A D betűvel szív hosszabb időn keresztül vert lassabban, mint az R betűvel jelölt szív.
- B. A bolygóideg stimulálásának befejezésével a D betűvel jelölt szív normál ritmusa késés nélkül helyreáll.
- C. A bolygóideg stimulálásának befejezésével mindkét szív ritmusa késés nélkül helyreáll.
- D. Az R betűvel jelölt szív frekvenciája késleltetve csökken a bolygóideg ingerlésekor.
- E. Az izolált szív rendszertelenül ver.

53. Mit bizonyít a kísérlet? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. Az elektromos jelek terjedése késleltetett a sejtek között.
- B. Az idegsejtek és a szívizomsejtek között kémiai jelátvitel történik.
- C. Az ingerületátvitel a bolygóideg és a szív között hormonális jellegű, mivel az átvitt anyag a véráramba kerül.
- D. Elektromos jelek folyadékokon keresztül is továbbadhatnak szervezetben.
- E. A bolygóideg ingerlése során felszabaduló jelátvivő anyag közvetlenül a szívizomsejtek akciós potenciáljának kialakulását gátolja.

Loewi kísérlete a szív vegetatív beidegzésén keresztül vizsgálta az idegi működések mechanizmusát.

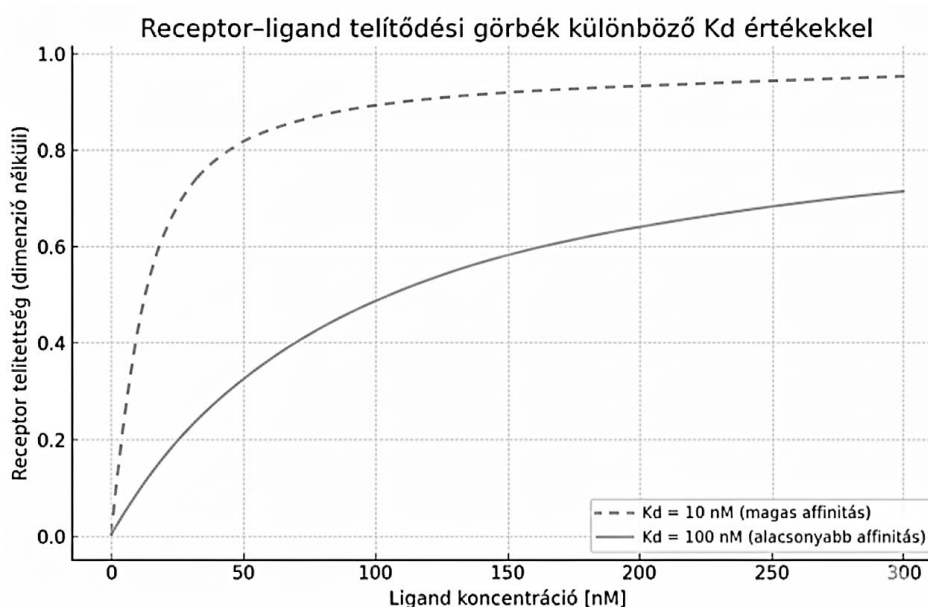
54. Melyik állítás igaz a szív szimpatikus beidegzésére? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. A beidegzést a nyaki gerincvelői idegek adják.
- B. Nem ingerületképző, hanem az ingerületképzés szabályozója.
- C. Aktiválódásakor a szívfrekvencia csökken.
- D. A szimpatikus vegetatív dúc a szív falában található.
- E. A központi vegetatív idegsejt a gerincvelő elülső szarvából indul ki.

PRERECEPTORSPECIFITÁS, HATÁS (4 PONT)

A prereceptorhatás kifejezés azokat az enzimatis folyamatokat foglalja össze, amelyek egy adott hormon szerkezetét azelőtt módosítják a célsejtben, mielőtt az a receptorhoz kapcsolódna. A prereceptorhatás lehetővé teszi, hogy a vérben eltérő koncentrációjú, azonos receptoron kötődő hormonok közül a nagyobb koncentrációban jelen lévő hormon ne zavarja a kisebb koncentrációban jelenlévő hormont hatásának kifejtésében. A prereceptorhatás tehát lehetővé teszi annak szabályozását, hogy egy hormon mely sejtekben tudjon receptorokhoz kötődni. A különböző jellegű prereceptorhatások következtében egy hormon koncentrációja csökkenhet és nőhet is a sejtben a vérplazmához képest attól függően, hogy az adott hormonnak melyik szervben, mi a feladata.

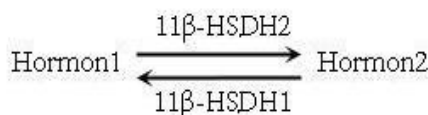
A receptorok és a hozzá kötődő hormonok kapcsolatának specifikusságát a K_d értékkel jellemezzük. A K_d érték (disszociációs állandó) a receptor–ligand kötődés erősségének, vagyis az affinitásnak a mértéke. A K_d érték megmutatja, mekkora ligand koncentráció szükséges a receptorok 50%-ának telítéséhez, és így közvetlenül jelzi a receptor–ligand kötődés affinitását. Ezt mutatja az 1. ábra.



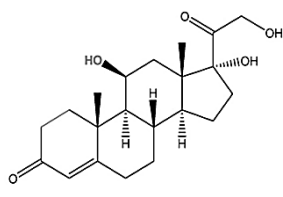
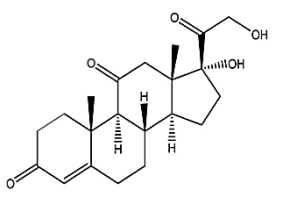
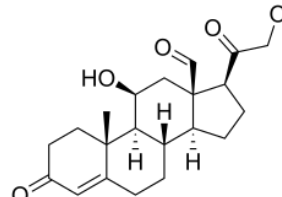
1. ábra

A K_d értelmezése két eltérő affinitással ugyanahhoz a receptorhoz kötődő hormon esetében

Vizsgáljuk meg a prereceptorhatást az aldoszteron, a kortizol és a kortizon (egy harmadik szteroid hormon) esetében! A három hormon két eltérő receptorhoz kapcsolódhat a szervezetben: az I. típusú receptor a vese, a nyálmirigy és a vastagbél sejtjeiben, míg a II. típusú a máj sejtjeiben, a nyiroksejtekben és a vázizomrostokban fejeződik ki. A prereceptorhatás kialakításában két enzim kap szerepet: a 11β -HSDH1 a máj, míg a 11β -HSDH2 a vese sejtjeiben termelődik. A 11β -HSDH1 génjét érintő funkcióvesztéses mutáció az emberben alacsony vércukorszint kialakulásához vezet. A prereceptorhatás kialakítása során a két enzim ugyanannak a két hormonnak az egy lépésben történő átalakítását katalizálja, az egyik enzim az egyik irányba, a másik a másikba:



Az alábbi táblázatban az A, B, illetve C betűvel jelölt hormonokkal kapcsolatos ismert adatokat az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

	A hormon	B hormon	C hormon
Szerkezeti képlet			
Koncentrációja a vérplazmában	100–700 nmol/dm ³	10–70 nmol/dm ³	0,1–1 nmol/dm ³
Az I. típusú receptorhoz való kötődés K_d értéke	1 nmol/dm ³	sokkal nagyobb, mint 1 nmol/dm ³	1 nmol/dm ³
A II. típusú receptorhoz való kötődés K_d értéke	5 nmol/dm ³	nem tud a receptorhoz kapcsolódni	nem tud a receptorhoz kapcsolódni

55. Mely hormon mely hormonná történő átalakítását végzi el a prereceptorhatás kialakítása során a 11 β -HSDH1 enzim? *Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!*

56. Mely hormon mely hormonná történő átalakítását végzi el a prereceptorhatás kialakítása során a 11 β -HSDH2 enzim? *Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!*

57. Az itt felsorolt nukleotid jellegű molekulák közül melyik szükséges biztosan a 11 β -HSDH2 enzim által katalizált reakció végbemeneteléhez? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

A. Koenzim-A B. ATP C. NAD⁺ D. NADH E. cAMP

Nagy mennyiségű édesgyökér-tartalmú tea elfogyasztásánál jelentkezhetnek olyan tünetek, amelyek a prereceptorhatás hiányával magyarázhatók. Az édesgyökér ugyanis tartalmaz glicirrizinsav alkaloidot, ami képes másodrendű kölcsönhatással a 11 β -HSDH2 enzim aktív centrumába kötődni.

58. Mely megállapítások igazak az édesgyökér-tartalmú tea fogyasztásának hatására kialakuló tünetekkel, illetve a glicirrizinsav hatásával kapcsolatban?

Válassza ki minden oszlopból a helyes válasz betűjelét, és a három betűt írja a válaszlap megfelelő helyére!

A. Magas vércukorszint	E. Magas vérnyomás	G. A glicirrizinsav hatása kompetitív (versengő) gátlás
B. Alacsony vércukorszint	F. Alacsony vérnyomás	H. A glicirrizinsav hatása irreverzibilis gátlás
C. Alacsony Na ⁺ -koncentráció a vérben		
D. Magas Na ⁺ -koncentráció a vérben		

RECESSÍV FENOTÍPUSRA HATÓ TELJES SZELEKCIÓ (6 PONT)

Egy tenyésztő egy autoszomálisan öröklődő, monogénes, azaz egy gén által meghatározott domináns tulajdonság megjelenését tapasztalja a tenyészetében. A jelleget létrehozó allélt jelöljük A-val, a vad típust a-val! A tenyésztő a domináns jellegre szeretne létrehozni egy új fajtát, ennek eléréséhez mesterséges szelekciót alkalmaz: a véletlenül megjelenő heterozigóta egyedeket pároztatja egymással (1. generáció), az utódok közül (2. generációtól kezdve) csak a domináns fenotípusú egyedeket szaporítja tovább, melyeket véletlenszerűen keresztez egymással. A tenyésztő folyamatosan figyelte, hogy a generációk során hogyan változik a domináns fenotípust kialakító genotípusok aránya.

Az alábbi, hiányosan kitöltött táblázat mutatja az első két generációban a homozigóta domináns és a heterozigóta egyedek egymáshoz viszonyított arányát. A keresztezésekben csak a domináns fenotípusú egyedek vesznek részt.

n-dik generáció		(n+1)-dik generáció	
	A generáció tagjainak keresztezései	$\frac{N_{AA}}{N_{Aa}}$ arány a következő generációban	Recesszív fenotípusú egyedek aránya a következő generációban
1. generáció	Aa x Aa	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
2. generáció	AA x AA AA x Aa Aa x Aa	1	

59. Mekkora a AA és Aa genotípusú egyedek keresztezésének relatív gyakorisága a 2. generáció keresztezései között? *Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!*

60. Mekkora a 4. generációban a homozigóta domináns és a heterozigóta genotípusú egyedek aránya, azaz az $\frac{N_{AA}}{N_{Aa}}$ arány? *Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!*

Figyelje meg a recesszív fenotípus arányának változását az egymást követő generációkban! A következő feladat megoldását segíti annak felismerése, hogy az adott generációban megfigyelhető recesszív fenotípus arány, milyen matematikai összefüggést mutat a generáció sorszámával!

61. Mekkora a recesszív fenotípus relatív gyakorisága a teljes 6. generációban? *Az eredményt tört alakban adja meg! Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!*

Figyelje meg a domináns homozigóta és a heterozigóta egyedek arányának változását az egymást követő generációkban! A 62–64. feladatok megoldását segíti annak a felismerése, hogy az adott generációban megfigyelhető domináns homo- és heterozigóták aránya milyen matematikai összefüggést mutat a generáció sorszámával!

62. Hányadik generációnál lesz az $\frac{N_{AA}}{N_{Aa}}$ arány 10? *Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!*

63. Hány százalék a valószínűsége annak, hogy a 8. generációban születő összes egyed közül véletlenszerűen egy olyan tenyészpárt választunk ki, melyek szaporulatában csak homozigóta domináns egyedek vannak?
Az eredményt tized pontossággal adja meg! Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!

64. Hányad részére csökkentette a szelekció a teljes 12. nemzedékben a recesszív allél gyakoriságát a teljes 2. nemzedékhez viszonyítva?
Az eredményt tört alakban adja meg! Válaszát írja a válaszlap megfelelő helyére!

DEFEKTES EFFEKTEK (6 PONT)

A Warburg- és a Crabtree-effektusra is jellemző, hogy az ebben részt vevő sejtek oxigén jelenlétében is erjedéssel nyernek energiát. Az eltérés az, hogy míg az élesztő sejtekben jelentkező Crabtree-effektus kialakulása a tartósan magas glükózkoncentrációnak köszönhető, addig a rákos sejteknél megfigyelhető Warburg-effektus mutációk hatására alakul ki.

A Warburg-effektusban résztvevő sejtek anyagcseréjét radioaktív fluor izotópot tartalmazó fluorodezoxi-glükóz (FDG) segítségével lehet vizsgálni. Az FDG nem képes végighaladni a glikolízis folyamatán (1. ábra), ennek következtében az először kialakuló foszfátészter formájában halmozódik fel. Mennyisége a radioaktív sugárzás révén meghatározható, ami arányos a sejt által felvett glükóz mennyiségével. A mérést glükózt és FDG-t egyaránt tartalmazó tápoldat segítségével végzik el, melyből a sejtek az oldatban megfigyelhető arányban veszik fel a glükózt és az FDG-t, a glükóz és az FDG aránya a különböző koncentrációjú tápoldatokban megegyezik.

65. Melyik megállapítás igaz az FDG sejtben belüli átalakításával kapcsolatban a feladatban leírtak és az 1. ábra alapján?

Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- A. Ha a sejt csak FDG-t használna fel a glikolízishez, akkor a glikolízis enzimei közül a hexokináznak volna a legnagyobb az aktivitása.
- B. Amennyiben az FDG a glikolízisbe belépő molekula, akkor a glikolízis enzimei közül a legnagyobb aktivitással a foszfoglukóz-izomeráz enzim rendelkezik.
- C. Amennyiben az FDG a glikolízisbe belépő molekula, akkor a glikolízis enzimei közül a legnagyobb aktivitással az aldoláz enzim rendelkezik.
- D. Az FDG glikolízis során történő átalakítása következtében nem változik a sejt ATP szintje.
- E. Az FDG átalakítása azért áll le, mert a glikolízis során keletkező NADH nem képes NAD⁺-koenzimmé vissza alakulni.

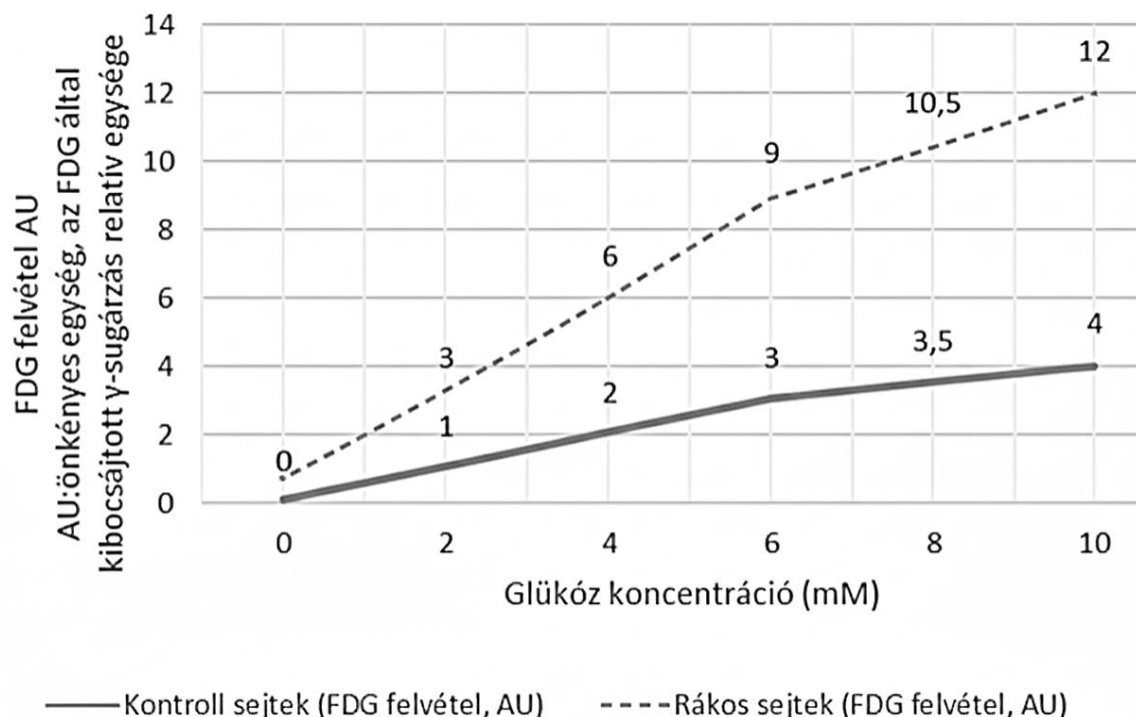
66. Melyik megállapítás igaz az alábbiak közül? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. A kontroll (nem rákos) és a rákos sejtek glükóz felvétele között megfigyelhető eltérés valószínűleg az FDG radioaktivitása miatt kialakuló mutációknak köszönhető.
- B. Az FDG sejthártyán keresztül történő felvételéhez a glükóz molekulához képest eltérő glükóztranszport rendszer szükséges.
- C. A rákos és az egészséges sejtek anyagcseréjének eltérését vizsgálni lehetne a sejt által leadott oxigén térfogatának mérésével.
- D. A rákos és az egészséges sejtek anyagcseréjének eltérését vizsgálni lehetne a sejten kívüli oldat radioaktív fluoridion tartalmának mérésével.
- E. Egyik megállapítás sem helyes.



1. ábra A glikolízis folyamata

A sejtek által felvett FDG segítségével összehasonlították a kizárólag biológiai oxidációt folytató kontroll és a Warburg-effektust mutató rákos sejtek lebontó anyagcseréjét (2. ábra).



2. ábra FDG felvétel kontroll és rákos sejtek esetében a tápoldat glükóz koncentrációjának függvényében (AU: önkényes egység, az FDG által kibocsátott γ -sugárzás relatív egysége)

A grafikon az FDG-felvételt mutatja azonos, előre rögzített időtartam alatt, különböző glükózkoncentrációjú tápoldatokban. Feltételezzük, hogy a tápoldatokban a glükóz és az FDG aránya azonos, és hogy az FDG-felvétel arányos a sejtek glükózfelvételével. A kontroll sejtekben a felvett glükóz teljes egészében biológiai oxidációval bomlik le, amely során 1 mol glükózból 32 mol ATP keletkezik. A rákos sejtekben a glükóz a Warburg-effektusra jellemző módon, kizárólag tejsavas erjedéssel hasznosul.

67. Melyik következtetés igaz a kontroll és a rákos sejtek azonos időegység alatti energia termelésével kapcsolatban? *Válassza ki a helyes válasz betűjelét!*

- A. Azonos mennyiségű ATP-t termel a két sejtípus.
- B. 5,3333-szor több ATP-t termel a kontroll sejt a rákos sejthez képest.
- C. 10,6666-szor több ATP-t termel a kontroll sejt a rákos sejthez képest.
- D. 5,3333-szor több ATP-t termel a rákos sejt a kontroll sejthez képest.
- E. Mivel a feladat nem adta meg, hogy a sejtközi tér mely glükóz koncentrációjánál kell az összehasonlítást végezni, ezért a kérdést nem lehet megválaszolni.

A rákos sejt Warburg-effektusa csak akkor képes hosszú távon működni, ha a sejtben itt leírt transzportrendszerek mindegyike aktiválódik. Ezek hatásai egymást befolyásolják.

- MCT4 (monocarboxylate transporter) rendszer csatornafehérjéjén a szerves savak transzportálódnak.
- H^+ ATP-ázok protonpumpák, elsődleges aktív transzportot folytatnak.
- NHE-1: Na^+ -t és H^+ -t mozgat úgy, hogy közben a sejt töltése és ATP szintje nem változik
- A sejtfelszíni szénsavanhidráz a $H_2O + CO_2 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$ átalakulást katalizálja, ezáltal biztosítja a HCO_3^- utánpótlását és a megfelelő pH-viszonyokat, amelyek szükségesek a Na^+/HCO_3^- transzporter hatékony működéséhez. A transzport energetikai hajtóerejét a Na^+/K^+ -ATPáz által fenntartott Na^+ -gradiens adja.

68. A **színes melléklet III. ábráján** látható táblázatban található lehetőségek közül melyek azok, amelyek helyesen írják le a Warburg-effektussal glükózt átalakító rákos sejt sejtmembránján az MCT4 és a H^+ ATP-áz transzport rendszereken keresztül megvalósuló folyamatokat?

A helyes válasz betűjeleit írja a válaszlapon megfelelő helyére!

69. Az **színes melléklet IV. ábráján** látható táblázatban található lehetőségek közül melyek azok, amelyek helyesen írják le a Warburg-effektussal glükózt átalakító rákos sejt sejtmembránján a és az a NHE-1 és a Na^+/HCO_3^- transzport rendszereken keresztül megvalósuló folyamatokat? *A helyes válasz betűjeleit írja a válaszlapon megfelelő helyére!*

70. Az alább felsoroltak közül melyik megállapítás igaz?

Válassza ki a helyes megoldás betűjelét!

- A. Azonos anyagcseretermék keletkezik a két effektus során.
- B. Mindkét effektus a környezeti tényező megváltozására adott adaptív válasznak tekinthető.
- C. Mindkét effektusnál azonos mennyiségű glükózból, azonos mennyiségű ATP szabadul fel.
- D. Mindkét effektus esetében a glükóz bontása pozitív NADH mérleggel zárul.
- E. A vörösvértest lebontó anyagcseréjét magyarázni lehet a Crabtree-effektus segítségével.

VÁLASZLAP

1. A B C D E
2. _____ %
3. _____
4. _____ %
5. _____
6. _____
7. A B C D E
8. a: b: c: d: e:
9. _____ %
10. _____ %
11. _____
12. _____
13. _____
14. A B C D E
15. A B C D E
16. A B C D E
17. A B C D E
18. A B C D E
19. A B C D E
20. A B C D E
21. _____
22. A B C D E
23. A B C D E
24. A B C D E
25. _____ %

26. _____ mol/L
27. _____ %
28. _____ mmol/L
29. _____ %
30. A B C D E
31. A B C D E
32. A B C D E
33. A B C D E
34. A B C D E
35. A B C D E
36. A B C D E
37. A B C D E
38. _____
39. _____
40. A B C D E
41. A B C D E
42. A B C D E
43. _____ → → → →
44. _____ → , →
45. _____
46. _____
47. A B C D E
48. A B C D E
49. A B C D E
50. _____

A jó válaszok száma:

A jó válaszok száma:

A rossz válaszok száma:

A rossz válaszok száma:

51. A B C D E
52. A B C D E
53. A B C D E
54. A B C D E
55. _____ hormont _____ hormonná
56. _____ hormont _____ hormonná
57. A B C D E
58. _____
59. _____
60. _____
61. _____
62. _____ . generációban
63. _____ %
64. _____ részére
65. A B C D E
66. A B C D E
67. A B C D E
68. MCT4: H⁺ATP-áz:
69. NHE1: Na⁺/HCO₃⁻:
70. A B C D E

A jó válaszok száma:

A rossz válaszok száma: