



IBO Challenge 2020

A Substitute for The 31st IBO 2020 Nagasaki, JAPAN



Clypeaster japonicus



Saccharina japonica



Utricularia japonica



Leucosthea japonica



Branchiostoma japonicum



Maummys japonica



Hyla japonica



Anguilla japonica



Harelda japonica



Eutrema japonicum



Cryptomeria japonica



Corbicula japonica



Ulmaria japonica

THEORETICAL EXAM 2

signature

2020.8.12.



Hydrophilus japonicus



Luehobrya japonica



Halichondria japonica



Aethanassa japonica



Pericometes japonica



Aspergillus japonicus



Fibrocapsa japonica



Meyersia japonica



Aiveopora japonica



Omphelotus japonicus



Etmadelta japonica



Ephra japonica



Columba japonica



Oxycomanthus japonicus



Parus japonicus



Nephela japonica



Scolopendra subspinipes japonica



Perophora japonica



Lychaeia japonica



Gelsia japonica



Prasola japonica



Lotus japonicus



Camunda japonica



Corallophila japonicum



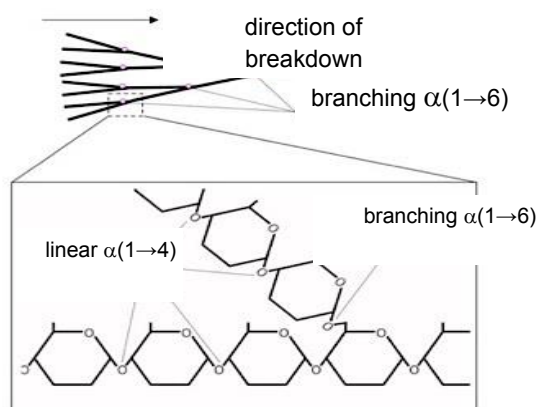
Nipponia nippon

Part B

بیوشیمی

Q1

گلیکوژن (و آمیلوپکتین) یک پلیمر گلوکز است که دارای برخی از شاخه های مختلف است. زنجیره های خطی این پلیمرها از پیوندهای $\alpha(1\rightarrow4)$ تشکیل شده و انشعاب فرعی توسط پیوند $(\alpha(1\rightarrow6))$ شکل می گیرد (شکل 1). برای تخریب در سلول ها ، باقیماندهای گلوکز بصورت یک به یک از انتهای زنجیره ها توسط فسفوریلاز تا محل انشعاب آزاد می شود. سپس ، محل انشعاب $\alpha(1\rightarrow6)$ توسط آنزیم شاخه شکن (Debranching enzyme) برداشته می شود.



شکل 1- نحوه شکست مولکول گلیکوژن در سلول

-Q1-1

با توجه به اینکه یک گلیکوژن خاص متشکل از 10000 باقیمانده گلوکز است و در هر 10 باقی مانده یک شاخه می شود ، چند زنجیره انتهایی برای فسفوریلاز در دسترس است؟ 1 (1 امتیاز)

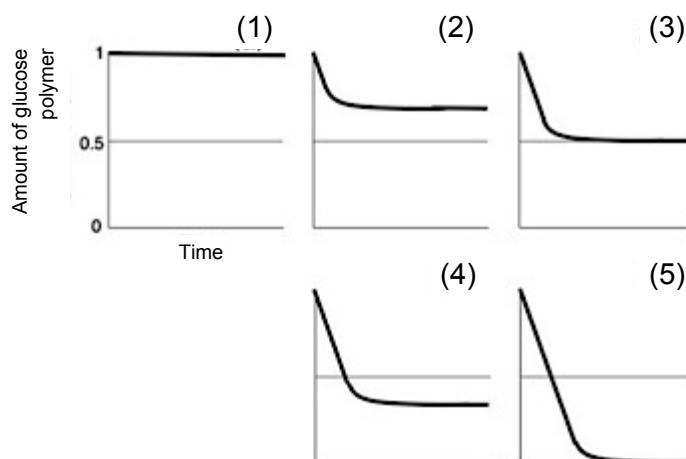
(1) حدود 10 (2) حدود 50 (3) حدود 100 (4) حدود 500 (5) حدود 1000 (6) حدود 5000

Q1-2 -

برای تخریب این گلیکوژن توسط مقادیر زیادی فسفوریلاز یا آنزیم شاخه شکن ، یکی از نمودارهای مناسب زیر برای تجزیه آن را انتخاب کنید. فرض کنید که فسفوریلاز تمام بقایای گلوکز را از یک زنجیره خطی بدون انشعاب آزاد می کند. (هر یک 1 امتیاز)

فسفوریلاز: 2

آنزیم شاخه شکن : 3



Q1-3

آمیلوپکتین گیاهی شبیه به گلیکوژن است اما شاخه دار شدن بسیار کمتر اتفاق می افتد. با توجه به اینکه انشعاب فرعی در یک آمیلوپکتین با اندازه مشابه گلیکوژن به ازای هر 25 باقی مانده گلوکز است ، نشان دهید ترکیب کدام یک از توضیحات زیر در مورد تخریب آمیلوپکتین توسط فسفوریلاز صحیح است. 4

(1 امتیاز)

(a) سرعت تجزیه نسبت به گلیکوژن کندتر است.

(b) سرعت تجزیه شبیه به سرعت تجزیه گلیکوژن است.

(c) سرعت تجزیه سریعتر از گلیکوژن است.

(d) میزان شکست نهایی نسبت به گلیکوژن کوچکتر است.

(e) میزان شکست نهایی شبیه به گلیکوژن است.

(f) میزان شکست نهایی از گلیکوژن بزرگتر است.

(1) (a), (d)

(2) (a), (e)

(3) (a), (f)

(4) (b), (d)

(5) (b), (e)

(6) (b), (f)

(7) (c), (d)

(8) (c), (e)

(9) (c), (f)

Q2

هیدرولازهایی که بیوپلیمرها را تخریب می کنند را می توان به دو نوع طبقه بندی کرد: (1) نوع آندو که پیوندهای داخلی پلیمر را هیدرولیز می کند ، و (2) نوع اگزو که واحد انتهایی را از پلیمر آزاد می کند. این هیدرولازهای نوع اگزو و آندو غالباً به نقشهای بیولوژیکی آنها مرتبط هستند.

اگر آنزیم های ذکر شده در زیر (الف تا د) از نوع آندو است ، (1) را انتخاب کنید و اگر از نوع اگزو است (2) را انتخاب کنید.

(هر یک 1 امتیاز)

الف) پروتئازهای هضم کننده در معده مانند پپسین. 5

ب - پروتئین هایی که پپتید سیگنال (نشانه) جابجایی را از بین می برند. 6

ج - نوکلئازهای تصحیح کننده در DNA پلیمراز که باعث حذف نوکلئوتیدهای نادرست در طول تکثیر DNA می شود. 7

د- نوکلئاز Cas9 از سیستم CRISPR-Cas9 برای ویرایش ژنوم. 8

Q3

الکل دهیدروژناز تبدیل اتانول به استالدهید را انجام می دهد که در نهایت در انسان و بسیاری از ارگانیسم های دیگر تبدیل به CO_2 و H_2O می شود. آنزیم همچنین تبدیل متانول به فرمالدئید سمی را کاتالیز می کند ، اما با راندمان کمتری همراه است. این به طور طبیعی بدان معنی است که اتانول سوبسترای فیزیولوژیکی آنزیم است. با این حال ، ما ممکن است در نظر بگیریم که اتانول یک مهار کننده رقابتی کارآمد برای آنزیم در برابر واکنش با متانول در شرایط خاص است. به عنوان مثال ، مصرف اتانول ممکن است از تبدیل متانول جلوگیری کند ، هنگامی که مقدار کمی متانول به غلط مصرف شود. در این سوال ، غلظتی از اتانول را محاسبه کنید که 90٪ از تولید اولیه فرمالدئید را در یک لوله آزمایش حاوی 5 میلی متر متانول و الکل دهیدروژناز مهار می کند. در این محاسبه، براساس معادلات و با فرض ثابت های سینتیکی متانول و اتانول (به ترتیب 10 و 1 میلی مولار است) محاسبه کنید.

Ethanol concentration: mM (اگر 3 رقم صحیح باشد 3 امتیاز)

سرعت اولیه (v_0) تبدیل متانول را می توان با استفاده از معادله 1 بدست آورد.

مقدار α از معادله 2 بدست می آید.

[S]: the methanol concentration

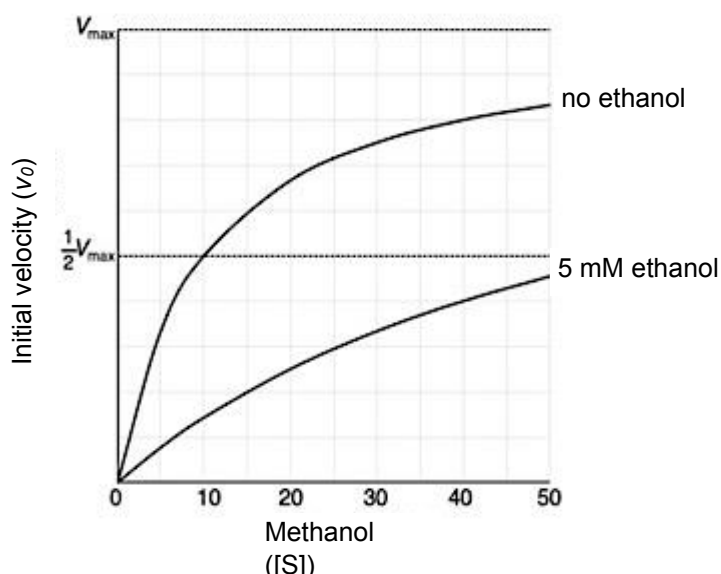
K_M : kinetic constant for methanol

[I]: the ethanol concentration

K_I : the kinetic constant for ethanol

$$v_0 = \frac{V_{\max} [S]}{\alpha K_M + [S]} \quad \text{equation 1}$$

$$\alpha = \left(1 + \frac{[I]}{K_I} \right) \quad \text{equation 2}$$



شکل 1- مصرف متانول در حضور و عدم حضور اتانول.

Q4

در اینجا مخلوطی حاوی ویروس ها ، پروتئین های گلوبولار و هسته های سلولی وجود دارد که فرض می شود چگالی مشابهی حدود 1.3 گرم در میلی لیتر دارند. ما می خواهیم آنها را با استفاده از سه روش مختلف سانتریفیوژ ، همانطور که در شکل 1 نشان داده شده است ، از هم جدا کنیم.

روش اول شامل سانتریفیوژ کردن مخلوط (Mix) پس از قرار دادن آن در بالای یک محیط (medium) (Med) است که دارای چگالی یکنواخت می باشد (Exp. A).

روش دوم (Exp. B) مستلزم سانتریفیوژ کردن مخلوط با استفاده از محیطی است که دارای شیب چگالی از 1.0 تا 1.6 گرم در میلی لیتر (از بالا به پایین) باشد.

روش نهایی مستلزم استفاده از لوله سانتریفیوژ با همان شیب چگالی است که در Exp. B استفاده شد، اما این بار مخلوط در انتهای لوله قرار دارد (Exp. C).

g جهت نیروهای گریز از مرکز داده شده به نمونه ها را نشان می دهد.

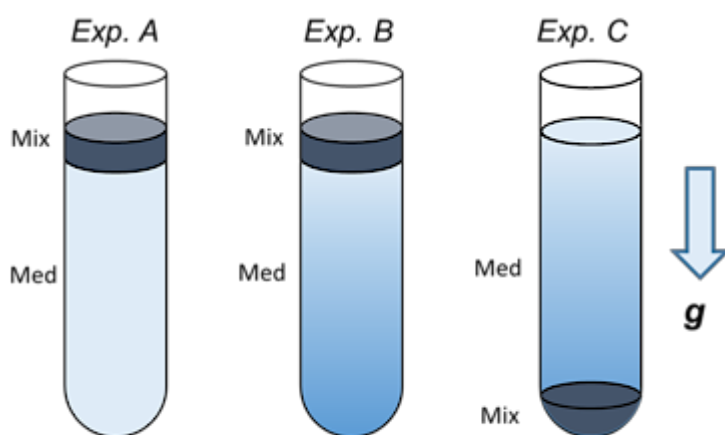


Figure 1

در Exp. A ، ویروس ها ، پروتئین های کروی و هسته ها چگونه رسوب می کنند؟

مناسب ترین نمودار را از 1 ، 2 ، 3 ، 4 در شکل 2 انتخاب کنید که روند رسوب گذاری نمونه ها را نشان می دهد. 12 (1 point)

علاوه بر این ، در نمودار انتخابی خطوط مناسب از a (1) ، b (2) یا c (3) را انتخاب کنید که به ترتیب دوره های رسوبگذاری ویروس ها 13 ، پروتئین های کروی 14 و هسته ها 15 را نشان می دهد. (1 point if 3 correct answers)

در Exp B، ویروس ها ، پروتئین های کروی و هسته ها چگونه رسوب می کنند؟

مناسب ترین نمودار را از I (1) ، II (2) ، III (3) ، IV (4) در شکل 2 انتخاب کنید که روند رسوب گذاری نمونه ها را نشان می دهد. (1 point) **16**

علاوه بر این ، در نمودار انتخابی خطوط مناسب از a (1) ، b (2) یا c (3) را انتخاب کنید که به ترتیب دوره های رسوبگذاری ویروس ها **17** ، پروتئین های کروی **18** و هسته ها **19** را نشان می دهد. (1 point if 3 correct answers)

در Exp C ، چگونه ویروس ها ، پروتئین های کره و هسته ها قرار دارند شناور شوند؟

مناسب ترین نمودار را از V (1) ، VI (2) ، VII (3) ، VIII (4) در شکل 3 انتخاب کنید که روند شناور شدن نمونه ها را نشان می دهد. (1 point) **20**

علاوه بر این ، در نمودار انتخابی خطوط مناسب از a (1) ، b (2) یا c (3) را انتخاب کنید که دوره های زمانی شناور شدن ویروس ها **21** ، پروتئین های کروی **22** و هسته ها **23** را به ترتیب نشان می دهند. (1 point if 3 correct answers)

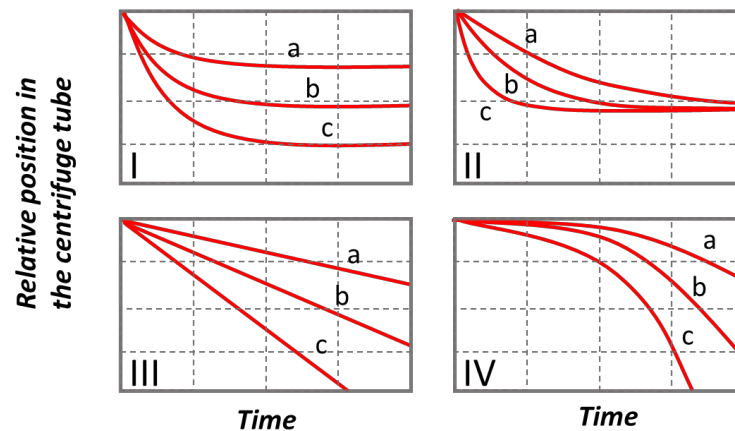


Fig. 2

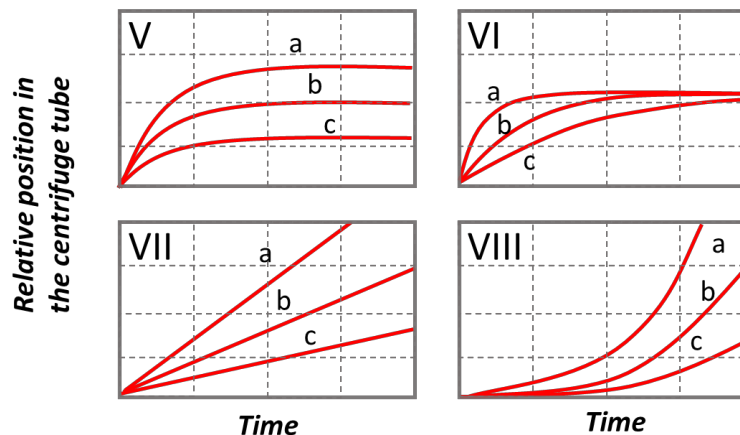


Fig. 3

سیتوپلاسم به طور کلی توسط غلظتهای بسیار زیاد بیومولکول ها و اندامک های تغلیظ شده اشغال می شود.

این خاصیت "molecular crowding" نام دارد که بر میزان انتشار داخل سیتوپلاسمی و واکنش های آنزیمی تأثیر می گذارد. گلبول های قرمز پستانداران (RBCs، شکل 1) یک مورد معمولی است که نشان دهنده "molecular crowding" می باشد.

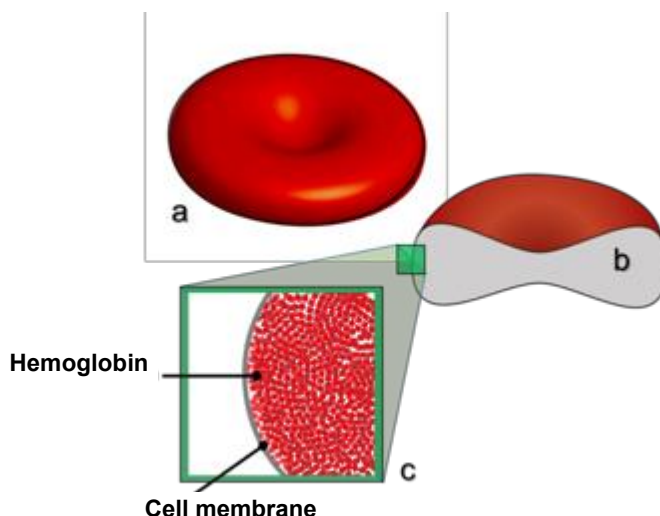


Figure 1 Schematic drawing of red blood cells (RBCs). c, Hemoglobin molecules assumed in a RBC cross section (b).

غلظت مولکولهای هموگلوبین (جرم مولی ، 64000 گرم بر مول) در داخل گلبولهای قرمز "میانگین غلظت هموگلوبین بدن" (MCHC) نامیده می شود. در انسان این عدد حدود 320 میلی گرم در میلی لیتر است. از این غلظت می توان میانگین حجم سیتوپلاسمی را در که در یک گلبول قرمز توسط یک مولکول واحد هموگلوبین اشغال شده تخمین زد. اگر مولکول هموگلوبین دارای چگالی معمول پروتئین ها باشد (به طور معمول چگالی مولکول های پروتئین حدود 1.35 گرم در میلی لیتر است)، می توانیم تخمین بزنیم که حجم هر مولکول هموگلوبین چقدر است. با استفاده از این مقادیر ، تخمین زده می شود که مولکول های هموگلوبین حدود 24٪ از کل حجم سیتوپلاسمی در RBCs را اشغال می کنند.

Q5-1 نزدیک ترین عدد را برای وارد کردن در [24] انتخاب کنید. در صورت لزوم عدد آوگادرو را برابر 6.02×10^{23} در نظر بگیرید.

(3 point)

- (5) 48 (4) 24 (3) 12 (2) 6 (1) 3

Q5-2 این غلظت هموگلوبین چگونه بر میزان انتشار در RBC های واقعی تأثیر می گذارد؟ دانشمندان موفق به اندازه گیری میزان انتشار یون های هیدروژن شدند. آنها ابتدا گلبول های قرمز را با اسمولاریته متفاوت در نمک قرار داده و چگونگی تغییر

حجم سلول را بررسی کردند (Figure. 2a)، و سپس میزان انتشار یون های هیدروژن را اندازه گیری کردند (Figure. 2b). میزان انتشار همچنین برای گلبول های قرمز از گونه های مختلف (انسان، مرغ، آلیا، به ترتیب 320، 305 و 450 میلی گرم بر میلی لیتر از MCHC) بررسی شد، همانطور که در Figure. 3 نشان داده شده است.

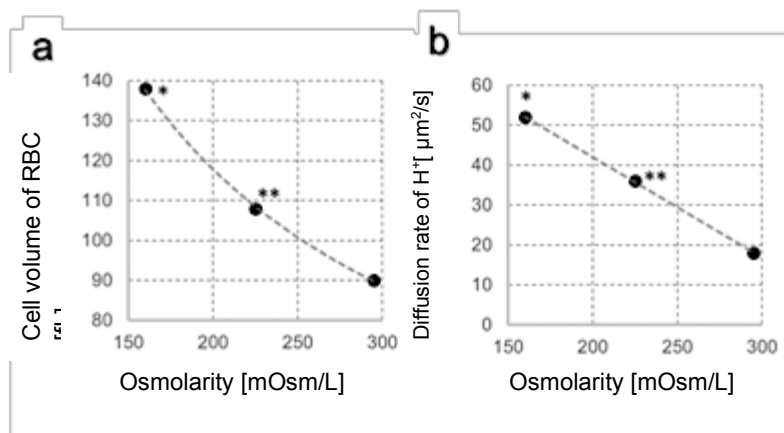


Figure 2 بررسی رابطه بین (a) حجم سلول RBC ($fL = 1 \times 10^{-15}$ L) و (b) میزان انتشار اندازه گیری یون های هیدروژن [$\mu m^2/s$] در مقابل اسمولاریته [$mOsm / L$] محلول نمک. 300 mOsm / L برابر با اسمولاریته بدن در یک انسان سالم است.

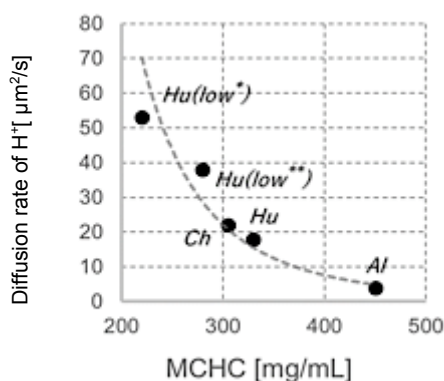


Figure 3 نرخ انتشار یون های هیدروژن درون سلولی با استفاده از گلبول های قرمز از گونه های مختلف جانوری اندازه گیری شد. *Ch*، *Hu* و *Al* نشان دهنده humans، chickens و alpacas است که RBC از آنها بدست آمده است. *Hu (low*)* و *Hu (low**)* به ترتیب از غلظت های 155 و 225 mOsm / L به دست آمده اند (* و ** در Figure. 2) را نشان می دهد.

مشخص کنید که آیا هر یک از گفته های زیر درست (1) یا نادرست (2) می باشد. (1 point each)

A. گلبول های قرمز Alpaca، که غلظت هموگلوبین آن حدود 1.5 برابر بیشتر از انسان است، نرخ انتشار یون داخلی کمتر از 50 درصد از گلبول های قرمز انسانی را دارند. [25]

B. نرخ انتشار یون در گلبولهای قرمز خون در اسمولاریته پایین، به دلیل کاهش حجم گلبول های قرمز، کم است. [26]

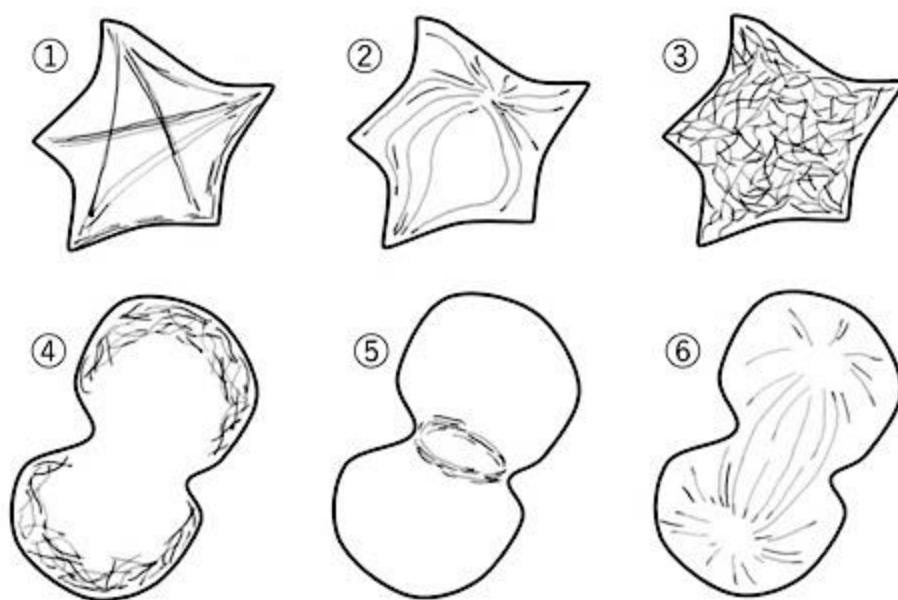
C. بین غلظت هموگلوبین و میزان انتشار یون در گلبول های قرمز رابطه متناسب (proportional relationship) وجود دارد. [27]

D. گلبولهای قرمز Alpaca به طور تکاملی در جهت افزایش غلظت هموگلوبین و انتقال مقادیر زیادی اکسیژن در عین افزایش انتشار O_2 و CO_2 ، بهینه شده است. [28]

Q.6

سلولهای جانوری به طور کلی دارای سه نوع اسکلت سلولی هستند: (1) میکروتوبول ها ، (2) رشته های اکتین و (3) رشته های حد واسط .
 شکل 1 مورفولوژی یک اسکلت سلولی را در طول متافاز میتوزی یا در اینترفاز نشان می دهد. برای هر عبارت زیر A-E ، نوع مربوط به اسکلت سلولی از (1) تا (3) در کادر اول (به عنوان مثال 29) و نمودار شماتیک از (1) تا (6) در شکل 1 در کادر دوم (به عنوان مثال 30) نشان دهید. (1 point if 2 correct answers)

Figure 1



Statements	Type of cytoskeleton	Schematic diagram
A	29	30
B	31	32
C	33	34
D	35	36
E	37	38

- A. آنها درون سلول های اینترفاز یک ساختار مشبک بوجود می آورند، خاصیت ارتجاعی سلول ها را تقویت کرده و یک ساختار پشتیبان مکانیکی برای سلول ارائه می دهند. 29 30 .
- B. به آن ها الیاف استرس (stress fiber) گفته می شود که نوعی باریکه های پشتیبانی (support beam) در داخل سلول ها ایجاد می کنند و در حفظ شکل سلول در اینترفاز موثر هستند. 31 32 .
- C. این ساختار دوک مانند در طی تقسیم سلولی شکل می گیرد که در جداسازی دقیق کروموزوم های همانند سازی شده در سلولهای دختری نقش ایفا می کند. 33 34 .
- D. پس از جداسازی کروموزومی ، یک ساختار حلقه را تشکیل می دهد و به طور مکانیکی دو سلول دختر را از هم جدا می کند. 35 36 .
- E. با داشتن توزیع شعاعی که از نزدیکی هسته شروع می شود ، این ساختار فیبری فرض می شود که دارای قطبیدگی یا جهت گیری می باشد. 37 38 .

GLUT1، پروتئین موجود در غشای گلبولهای قرمز، یک حمل کننده است که گلوکز را به داخل سلول منتقل می کند. رابطه بین غلظت گلوکز خارج سلولی (S) و میزان جذب گلوکز (V) با گلبول های قرمز در شکل 1 نشان داده شده است. این رابطه بین V و S با معادله زیر قابل توصیف است (1).

$$V = \frac{V_{max}}{1 + \frac{K_M}{S}} \dots (1)$$

Q7-1 مقادیر تقریبی عدد صحیح برای V_{max} و K_M را در این معادله از منحنی شکل زیر برآورد کنید. (1 point each)

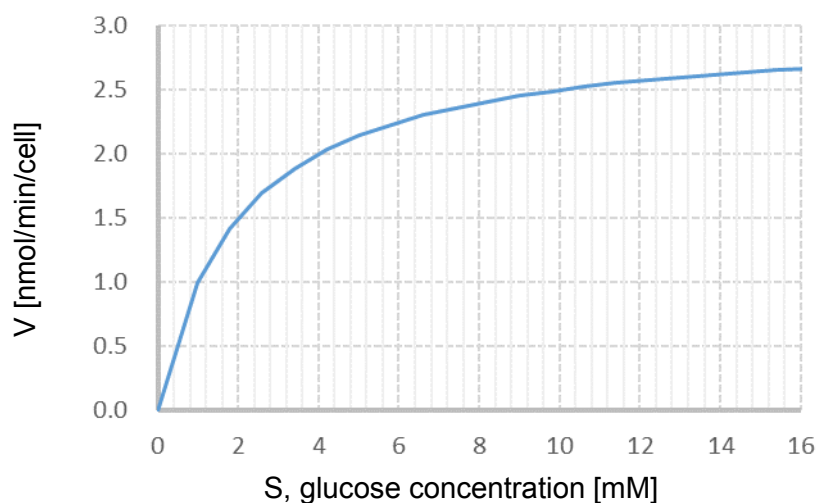


Figure 1 Relationship between S (extracellular glucose concentration, mM) and V (the rate of glucose uptake into red blood cells).

V_{max} : (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4 (5) 5 (6) 6 (7) 7 (8) 8 (9) 9

K_M : (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4 (5) 5 (6) 6 (7) 7 (8) 8 (9) 9

GLUT2 یک پروتئین انتقال گلوکز است که به صورت مستقل از انسولین در سلولهای کبدی بیان می شود و V_{max} و K_M به ترتیب 2 nmol/min/cell و 9 mM هستند.

GLUT4 انتقال دهنده کننده دیگری است که در عضلات یا سلولهای کبدی به صورت وابسته به انسولین عملکرد دارد و V_{max} و K_M به ترتیب $0.85 \text{ nmol/min/cell}$ و 0.8 mM هستند.

Q7-2 مشخص کنید که آیا هر یک از گفته های زیر درست (1) یا نادرست (2) می باشد. (1 point each)

A. قند خون انسان های سالم به طور معمول 4 تا 6 mM دارند. نرخ انتقال گلوکز در هر مولکول GLUT2 تقریباً با GLUT4 برابر است. 41

B. اگرچه نرخ انتقال گلوکز توسط GLUT1 و GLUT4 در انسانهای سالم تقریباً اشباع شده است ، اما GLUT2 ظرفیت بیشتری برای افزایش میزان حمل و نقل دارد. 42

جذب کربن در فتوسنتز از زمانی آغاز می شود که ریبولوز-بیس فسفات کربوکسیلاز / اکسیژناز (Rubisco) یک مولکول CO_2 را به ریبولوز 1.5-بیس فسفات (RuBP) متصل می کند تا دو مولکول 3-فسفو گلیسرات تشکیل شود. روبیسکو به دلیل توانایی تولید ترکیبات کربن آلی که تقریباً نیاز همه موجودات زنده را پشتیبانی می کند یکی از مهم ترین آنزیم های روی کره زمین محسوب می شود.

O_2 can bind to the active site of Rubisco instead of CO_2 , in which case one molecule of 3-phosphoglycerate and one molecule of 3-phosphoglycorate are formed. Thus, CO_2 and O_2 function as antagonists. The following values show the enzymatic properties of Rubisco of a seed plant and the environmental condition in vivo.

O_2 می تواند به جای CO_2 به محل فعال روبیسکو متصل شود ، در این حالت یک مولکول 3-فسفوگلیسرات و یک مولکول 3-فسفوگلیکورات تشکیل می شود. بنابراین ، CO_2 و O_2 به عنوان آنتاگونیست عمل می کنند. مقادیر زیر خصوصیات آنزیمی روبیسکو یک گیاه دانه دار و شرایط محیطی in vivo را نشان می دهد.

(a) Kinetic characteristics of Rubisco (substrate concentration at 50% of saturation at 25°C)

$K_M [X]$: the affinity of the enzyme for substrate X.

$$K_M [\text{CO}_2] = 9 \mu\text{M}, K_M [\text{O}_2] = 535 \mu\text{M}, K_M [\text{RuBP}] = 28 \mu\text{M}$$

(b) Maximum activity (number of repetitions of enzyme reaction per second)

$k_{\text{cat}} [X]$: the maximum reaction rate when the enzyme catalyzes the reaction of substrate X.

$$k_{\text{cat}} [\text{CO}_2] = 3.3 / \text{s}, k_{\text{cat}} [\text{O}_2] = 2.4 / \text{s}$$

(c) Concentration in water in equilibrium with air (assuming 0.035% CO_2 and 21% O_2) at 25°C

$$\text{CO}_2 = 11 \mu\text{M}, \text{O}_2 = 253 \mu\text{M}$$

RuBP concentration in chloroplast stroma is 4 to 10 mM.

Which properties from (a) to (c) above are necessary to explain the following facts from A to D?

Choose the most suitable set from the following ones. (1 point each)

(1) (a) (b) (c), (2) (a) (b), (3) (a) (c), (4) (b) (c), (5) (a), (6) (b), (7) (c)

A. فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو با کاهش غلظت اکسیژن در هوا افزایش می یابد. 43

B. در محیط جهانی فعلی ، فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو بالاتر از فعالیت اکسیژنازی آن است. 44

C. گیاهان برای حفظ ظرفیت کامل فتوسنتزی خود باید مقادیر زیادی از روبیسکو داشته باشند. 45

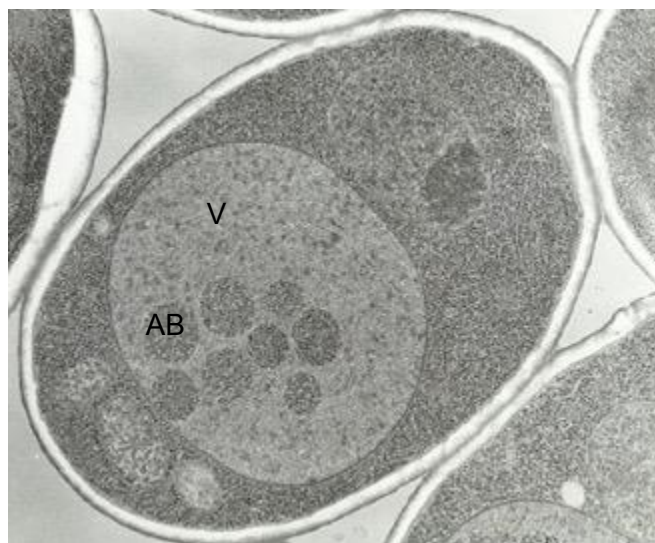
D. افزایش غلظت CO_2 در هوا باعث افزایش فعالیت کربوکسیلاز روبیسکو می شود. 46

همه سلول ها باید به طور مداوم مواد و ساختارهای داخل سلول را سنتز و تخریب کنند ، یکی از این فرآیندها اتوفاژی است.

در اتوفاژی ، ساختار داخل سلولی به طور غیر خاص یا به طریقی به طور خاص توسط لیزوزوم ها و واکوئل ها تجزیه می شود.

اولین تجزیه و تحلیل مولکولی اتوفاژی توسط برنده جایزه نوبل ، دکتر اوسومی ، با استفاده از مخمر های جهش یافته انجام شد ، به شرح زیر است.

1. این گروه مخمر های جهش یافته را در شرایط محدودیت نیتروژن کشت دادند.
2. پس از یک دوره معین ، ساختارهای کروی زیادی (autophagic bodies) (بخش AB در تصویر) در واکوئل ها (بخش V در تصویر) ظاهر شدند.
3. هنگامی که با یک میکروسکوپ الکترونی مشاهده شد ، ریبوزوم ها در autophagic bodies یافت شدند.
4. جهش یافته های این فرآیند جدا شده و ژن های زیادی که در سیستم اتوفاژی کار می کنند ، کشف شدند.



Q9-1 What kind of gene had a mutation in this experiment? 47 (1 point)

- (1) Phosphatase
- (2) Protease
- (3) Cellulase
- (4) DNA polymerase

Q9-2 What was the organelle found in the autophagic body? 48 (1 point)

- (1) Chloroplast
- (2) Mitochondrion
- (3) Melanosome
- (4) Cell wall

الگوهای رشد سلول های گیاهی شامل موارد زیر می باشد:

A. Diffuse growth: کل سلول کم و بیش در تمام جهات رشد می کند.

B. Tip growth: فقط نوک سلول رشد می کند

C. Inclusive growth: ترکیبی از A و B.

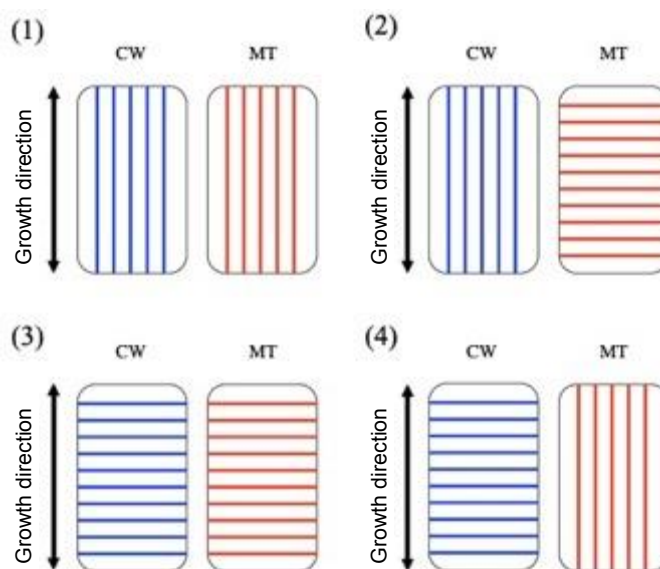
هنگامی که diffuse growth در سلول های گیاهی رخ می دهد ، باید دیواره سلولی شل شده و جهت رشد ، توسط میکروفیبریل های سلولزی تشکیل دهنده دیواره سلولی تعیین شود. در سلول هایی که diffuse growth دارند ، یک مجموعه سلولز سنتاز، میکروفیبریل های سلولز را در حین حرکت بر روی غشای سلولی در امتداد جهت گیری میکروتوبول های زیر غشا، سنتز می کند.

Q10-1 Select a combination of the following (1) to (6) that correctly matches the types of growth (A to C) and the types of plant cells. 49 (1 point)

- | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| (1) A—Pollen tube, Root hair, | B—Leaf epidermal cells, | C—Root cortical cells |
| (2) A—Pollen tube, Root hair, | B—Root cortical cell, | C—Leaf epidermal cell |
| (3) A—Root cortical cells, | B—Leaf epidermal cells, | C—Pollen tube, Root hair |
| (4) A—Root cortical cells, | B—Pollen tube, root hair, | C—Leaf epidermal cells |
| (5) A—Leaf epidermal cells, | B—Pollen tube, root hair, | C—Root cortical cells |
| (6) A—Leaf epidermal cells, | B—Root cortical cells, | C—Pollen tube, Root hair |

Q10-2 نمودارهای شماتیک زیر (1) تا (4) جهت گیری میکرو فیبرهای سلولز دیواره سلولی (CW) و جهت گیری میکروتوبول های

زیرغشا (MT) در سلول های گیاهی که در جهت طولی رشد رشد می کنند، نشان می دهد. مناسب ترین ترکیب را انتخاب کنید. 50 (1 point)



یک سلول کشت شده از سلول سوماتیک A و یک سلول کشت شده از سلول سوماتیک B از یک حیوان تهیه شد.

یک ظرف کشت حاوی مقدار مناسب سلول تهیه شد و تعداد سلول ها پس از مدت معینی (در شروع آزمایش) و تعداد سلول ها پس از 48 ساعت شمارش شد. نتایج در جدول 1 نشان داده شده است.

Table 1: Cell numbers of somatic cell A and somatic cell B.

Cell number ($\times 10^5$)		
Time from start of experiment (hours)	0	48
somatic cell A	7.2	115.2
somatic cell B	9.7	77.6

Q11-1 How long are the cell cycles of somatic cell A and somatic cell B, respectively? **Write the letter of your answer in the space provided.** (1 point each)

(1) 3, (2) 4, (3) 6, (4) 8, (5) 10, (6) 12, (7) 16, (8) 24, (9) 32

somatic cell A: hours

somatic cell B: hours

Q11-2 هنگامی که سلولهای سوماتیک A و B با نسبت مشخصی مخلوط شدند و کشت در یک ظرف کشت شروع شد، نسبت تعداد سلولهای A و B پس از 4 روز 2: 1 شد. نسبت سلول های سوماتیک A و سلول های سوماتیک B هنگام شروع کشت چقدر بوده است؟

عدد گزینه پاسخ خود را در فضای ارائه شده بنویسید. (فرض بر این است که چرخه سلولی سلول های سوماتیک A و B به طور مستقل پیشرفت می کند. مواد مغذی مورد نیاز سلول ها در طول کشت به خوبی تامین می شوند) (1 point)

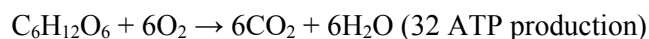
(1) A : B = 1 : 1

(2) A : B = 2 : 3

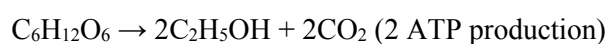
(3) A : B = 1 : 2

مخمر می تواند با استفاده از تنفس هوازی و تخمیر الکلی بسته به شرایط محیطی گلوکز را متابولیزه کند. فرمول هر کدام واکنش به شرح زیر است.

تنفس هوازی



تخمیر الکلی



مخمر در یک محلول گلوکز در شرایط A و B کشت داده شد و میزان ورود و خروج گاز از دستگاه جوجه کشی برای بدست آوردن نتایج نشان داده شده در جدول 1 اندازه گیری شد.

به سؤالات زیر پاسخ دهید (فرض بر این است که مقدار یکسان گلوکز تحت شرایط A و B کاملاً متابولیزه شد).

Table1

Conditions	O ₂ absorption (mL)	CO ₂ emissions (mL)
A	0	20
B	30	40

Q12-1 گلوکز به ترتیب در شرایط A و B از چه طریقی متابولیزه می شود؟ (1 point each)

- (1) aerobic respiration only
- (2) alcohol fermentation only
- (3) aerobic respiration and alcohol fermentation

Condition A:

Condition B:

Q12-2 با فرض اینکه 100 اکی والان ATP تحت شرایط A تولید شد ، چند اکی والان ATP تحت شرایط B تولید می شود؟

(1 point)

- (1) 50 (2) 100 (3) 300 (4) 500 (5) 750 (6) 850 (7) 1000 (8) 1200 (9) 1400

لیزا دختر کارل (گروه خونی B) و جین (گروه خونی AB) است. گروه خونی لیزا O است. در حالت عادی ارتباط والد-فرزندی بین گروه خونی AB و O ممکن نیست. آزمایش‌های عادی نشان داد که گروه خونی لیزا O بمبئی است، که اتفاق نادری به شمار می‌رود (Figure 1).

سیستم گروه خونی ABO توسط خارجی‌ترین آنتی‌ژن زنجیره‌قندی روی غشای گلبول‌های قرمز تعیین می‌شود، که ژن این آنتی‌ژن روی کروموزوم ۹ قرار دارد. گروه خونی A آنتی‌ژن A، گروه خونی B آنتی‌ژن B و گروه خونی AB هر دو آنتی‌ژن را دارد. گروه خونی O نیز هیچ کدام از آنتی‌ژن‌ها را ندارد. از آنجا که آنتی‌ژن A و B به قند آنتی‌ژن H متصل می‌شوند، در غیاب آنتی‌ژن H، صرف نظر از ژنوتیپ، فنوتیپ O بروز پیدا خواهد کرد. فرد هوموزیگوس برای ال h با ایراد در ژن آنتی‌ژن H روی کروموزوم ۱۹، قادر به سنتز آنتی‌ژن H نبوده و همواره فنوتیپ O بمبئی را بروز خواهد داد (Figure 2).

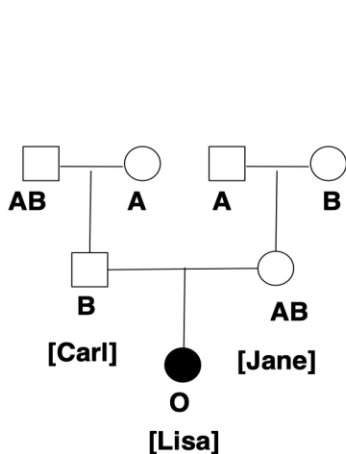


Figure 1

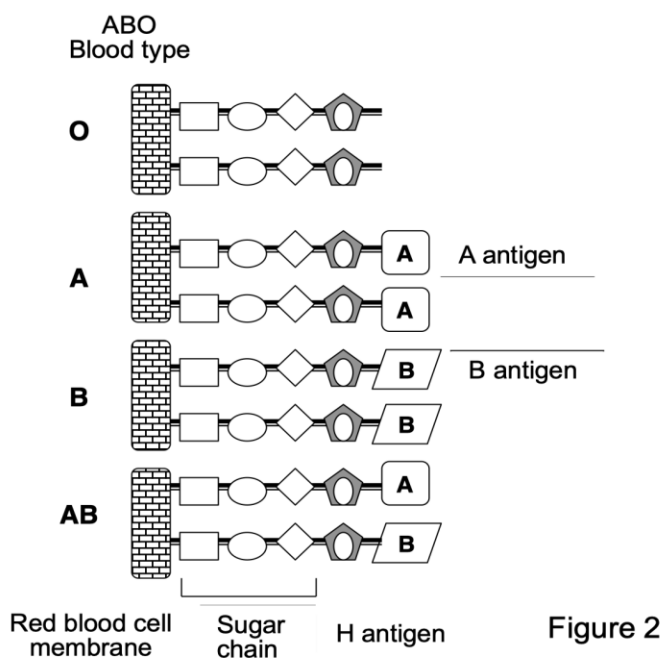


Figure 2

احتمال اینکه گروه خونی فرزند بعدی کارل و جین B باشد...

When Carl and Jane have another child, the chance of their child's blood type being B

is . %. (3 points)

یک چرخه از واکنش PCR، تعداد قطعات DNA را دو برابر می‌کند. همچنین، با گذشت هر چرخه واکنش PCR، جفت پرایمر، dNTP های پیش ماده و مولکول DNA polymerase در مقدار دو برابر مورد نیاز است. در نتیجه مقدار این ترکیبات، مقدار کل DNA را که می‌تواند در PCR سنتز شود محدود می‌کند.

طول قطعه DNA مورد تکثیر، با احتساب پرایمرها ۱۰۰ جفت نوکلئوتید بوده و واکنش PCR با پرایمرهایی به طول ۲۰ نوکلئوتید آغاز شد. چهار نوع باز A, C, G و T به مقدار یکسان در توالی مورد تکثیر وجود دارند. بازده تکثیر PCR برابر ۱۰۰٪ است. با پیشرفت PCR، واکنش در مرحله خاصی، به علت اتمام یکی از این ترکیبات متوقف خواهد شد.

Choose the correct No. of the reaction stop cycle and the limiting component. 60 (3 points)

Template DNA fragment : 4 copies

Primer : 1,000 sets

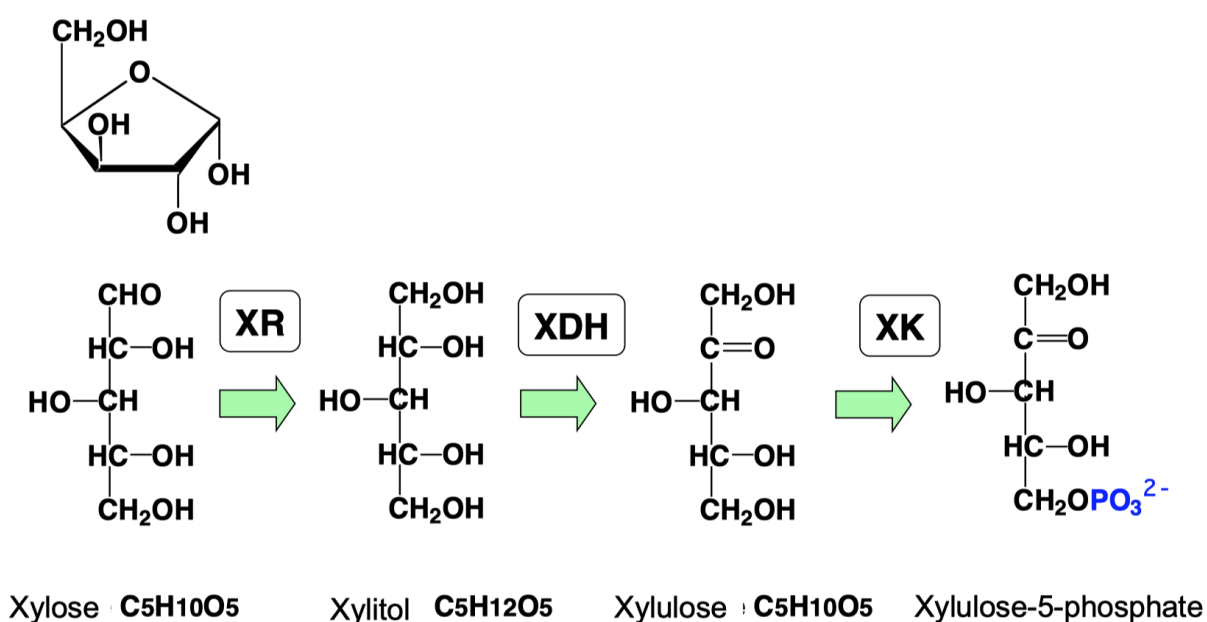
dNTPs (dATP, dTTP, dGTP, dCTP) : 48,000 molecules (12,000 molecules each)

DNA polymerase : 1,200 molecules

No.	Cycles	Limiting component
(1)	7	Primer pairs
(2)	7	dNTPs
(3)	7	DNA polymerase
(4)	8	Primer pairs
(5)	8	dNTPs
(6)	8	DNA polymerase
(7)	9	Primer pairs
(8)	9	dNTPs
(9)	9	DNA polymerase
(0)	Others	

باکتری *Streptococcus mutans* که باعث خرابی دندان می‌شود، قادر به استفاده از xylitol ($O_{12}C_5H$) نیست. به همین دلیل و برای جلوگیری از خرابی دندان، از xylitol به عنوان شیرین کننده استفاده می‌شود. Xylitol توسط میکروب‌ها از xylose موجود در همی سلولز ساخته می‌شود.

سویه مخمر *Candida tropicalis* AT36 می‌تواند از xylose به عنوان تنها منبع کربن استفاده کرده و رشد کند (Figure 1). در این سویه فعالیت آنزیم‌های XR، XDH، XK و تقریباً متناسب با تعداد کپی از هر ژن است.



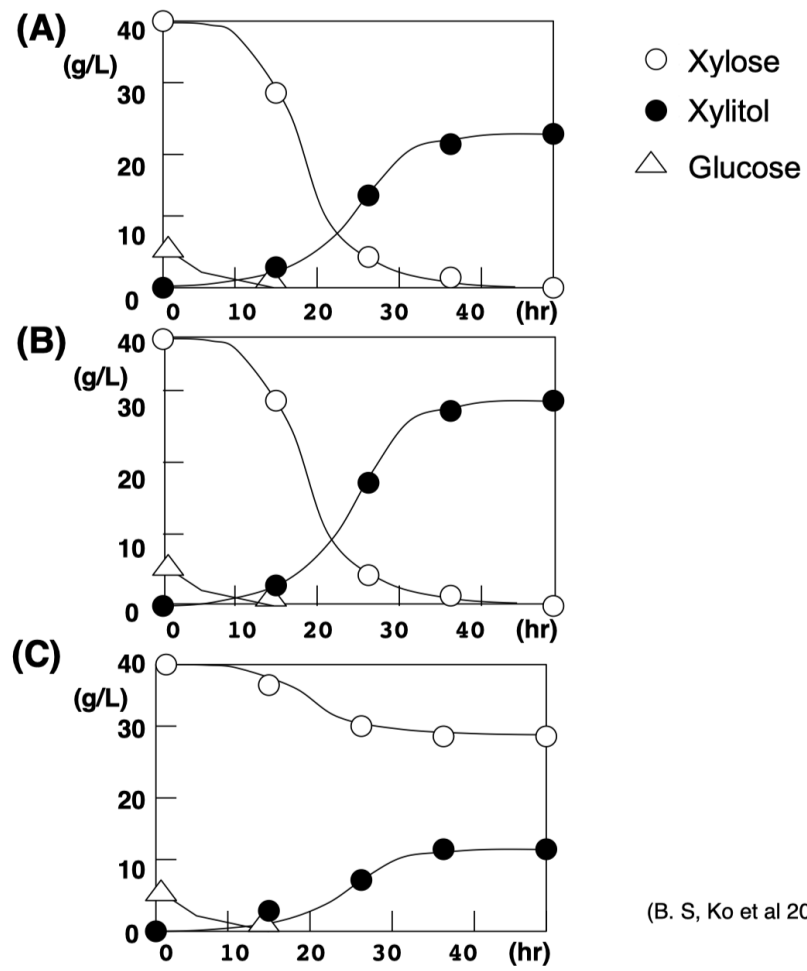
XR: Xylose reductase(XYL1 gene)

XDH: Xylitol dehydrogenase(XYL2 gene)

XK: Xylulokinase

Figure 1

سویه AT36 با افزودن ۴۰ گرم xylose و ۵ گرم گلوکز به عنوان منبع کربن به محیط کشت (1 L)، کشت داده شد. در نتیجه حدود ۲۵ گرم xylitol تولید شد (graph A in Figure 2). در ادامه به هدف افزایش تولید xylitol سویه‌های جهش‌یافته زیر ساخته شده و با روش گفته شده کشت داده شدند.



(B. S. Ko et al 2006)

Figure 2

(Disruptant A) One of the *XYL1* genes of the AT36 strain was disrupted.

(Disruptant B) Both of the *XYL1* genes of the AT36 strain were disrupted.

(Disruptant C) One of the *XYL2* genes of the AT36 strain was disrupted.

(Disruptant D) Both of the *XYL2* genes of the AT36 strain were disrupted.

Based on the above information, select the number of the most appropriate combination of the culture progress graph (Figure 2) and the disrupted strain. (2 points)

	Graph A	Graph B	Graph C
(1)	AT36	Disruptant A	Disruptant D
(2)	AT36	Disruptant A	Disruptant C
(3)	AT36	Disruptant B	Disruptant D
(4)	AT36	Disruptant C	Disruptant D
(5)	AT36	Disruptant D	Disruptant C
(6)	AT36	Disruptant C	Disruptant B

به هدف آموزش اصول و روش‌های همانندسازی DNA، پروفیسور A دانشجوهای B و C را بر آن داشت که آزمایش کلاسیک همانندسازی DNA در شرایط *in vitro* را با مخلوط کردن اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌هایی که هر کدام از سلول‌های *E. coli* استخراج شده بودند، تکرار کنند. پروفیسور A با دیدن نتایج این آزمایش‌ها سرافکنده شد.

نتایج دانشجوی B: قطعات تک رشته‌ای و طویل DNA، و قطعات تک رشته‌ای و کوتاه DNA متصل به قطعات RNA، تولید شده بودند. اما DNA دورشته‌ای کامل تولید نشده بود.

R1: دانشجوی B پلی‌مراز ۱ (polymerase I) را اضافه نکرده است.

R2: دانشجوی B پلی‌مراز ۳ (polymerase III) را اضافه نکرده است.

R3: دانشجوی B لیگاز (DNA ligase) را اضافه نکرده است.

نتایج دانشجوی C: قطعات تک رشته‌ای و طویل DNA، و قطعات تک رشته‌ای و کوتاه DNA بسیاری، تولید شده بودند. اما DNA دورشته‌ای کامل تولید نشده بود.

R4: دانشجوی C پلی‌مراز ۱ (polymerase I) را اضافه نکرده است.

R5: دانشجوی C پلی‌مراز ۳ (polymerase III) را اضافه نکرده است.

R6: دانشجوی C لیگاز (DNA ligase) را اضافه نکرده است.

Choose the combination of the number that most likely caused the failures of students B and C.

62 (2 points)

No.	Student B	Student C
(1)	R1	R5
(2)	R1	R6
(3)	R2	R4
(4)	R2	R6
(5)	R3	R4
(6)	R3	R5

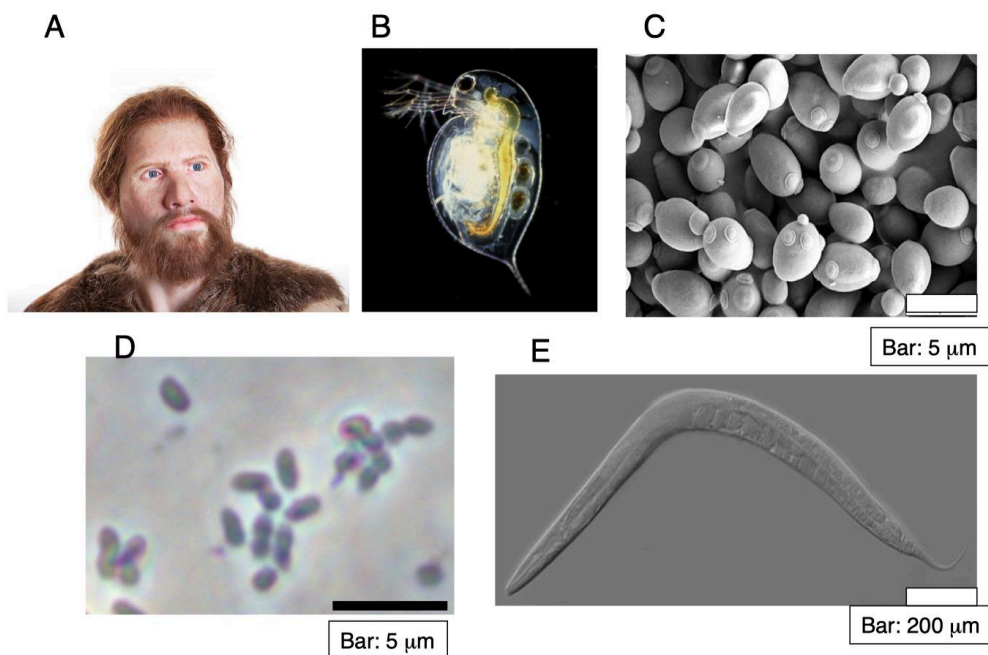
با پیشرفت پژوهش‌های در سطح ژنوم، ژنوم جانداران بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است و مشخص شده است که اندازه ژنوم جانداران مختلف بسیار متفاوت است.

به طور کلی جاندارانی با ساختار ساده‌تر و سرعت رشد بیشتر ژنوم کوچک‌تری دارند. ژنوم اکثر پستانداران بین ۲.۵ تا ۳.۳ میلیارد باز متغیر است. ژنوم انسان حدود ۳ میلیارد باز طول دارد.

ژنوم جانداران تصویر زیر را به

ترتیب نزولی مرتب کنید.

Choose the correct one by number. 63 (2 points)



	Genome size (large - small)
(1)	A – B – C – D – E
(2)	A – B – C – E – D
(3)	A – C – B – D – E
(4)	A – C – B – E – D
(5)	A – B – E – D – C
(6)	A – B – D – E – C
(7)	A – B – E – C – D
(8)	A – C – B – E – D

مخمر نانوائی *Saccharomyces cerevisiae* در طی چرخه زندگی، مراحل هاپلوئید و دیپلوئید دارد. مخمر هاپلوئید دارای دو نوع تولید مثلی α -type و a-type است که به طور مستقل رشد می‌کنند. زمانی که سلول‌های α -type و a-type به هم می‌رسند، دچار الحاق شده و به سلول دیپلوئید (a/α -type) تبدیل می‌شوند. در زمان کمبود نیتروژن سلول دیپلوئید تقسیم میوز کرده و چهار اسپور (دو سلول a-type و دو سلول α -type) داخل سلول تولید می‌کند. ژن‌های نوع وحشی با حروف بزرگ، و ژن‌های جهش یافته با حروف کوچک نوشته می‌شود. به عنوان مثال ژن‌های کد کننده آنزیم‌های نوع وحشی تولید لوسین LEU1، LEU2 و ... و ژن‌های جهش یافته leu1، leu2 و ... نوشته می‌شوند. جهش یافته‌هایی که ژن LEU2 را ندارد، نمی‌توانند در محیط کشت فاقد لوسین رشد کنند. سویه هاپلوئید XY-1A (genotype: a, ura3, leu2) برای رشد به یوراسیل و لوسین نیاز دارد. سویه هاپلوئید XY-2B (genotype: α , his3, leu1) برای رشد به هیستیدین و لوسین نیاز دارد. سویه دیپلوئید XY-3C (a/α , ura3/URA3, leu2/LEU2, LEU1/leu1, HIS3/his3) با آمیزش سویه XY-1A و سویه XY-2B به دست آمد. از بین ۱۶۰ اسپور به دست آمده از سویه XY-3C، تقریباً 64 اسپور می‌توانند در محیط دارای یوراسیل و فاقد لوسین/هیستیدین رشد کنند.

ژن‌های تعیین کننده mating type، URA3، LEU1، LEU2 و HIS3 همه روی کروموزوم‌های جدا وجود دارند.

Choose the appropriate number that is most likely. 64 (2 points)

No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
spores	10	20	25	40	50	80	120	150

در مراحل بررسی عملکردی ژن April موجود در یک گیاه دیپلوئید، یک سویه جهش یافته کشف شد که در آن یک قطعه DNA (T-DNA) به طول 3 kb یا بیشتر درون ژن April قرار گرفته بود. از آنجا که این سویه برای ژن April هتروزیگوت به شمار می‌رود، دانه‌ها با خودلقاحی به دست آمدند.

در (Figure 1) نقشه ژن april و جایگاه اضافه شدن T-DNA نشان داده شده است. فلش‌های درون شکل نواحی اتصال پرایمرهایی را نشان می‌دهد که برای PCR ژنوتایپینگ طراحی شدند. دانه‌های حاصل رشد داده شده، DNA ژنومی از سه گیاه A، B و C استخراج شد. PCR با استفاده از پرایمرهای طراحی شده انجام شد.

نتایج الکتروفورز ژل آگارز نشان داده شده در (Figure 2) ژنوتیپ سه گیاه A، B و C را برای ژن April نشان می‌دهد. ترکیب درست هوموزیگوس، هتروزیگوس و نوع وحشی برای اینسرشن T-DNA در سه سویه A، B و C را مشخص کنید.

Choose the correct homozygous, heterozygous, and wild-type combination for T-DNA insertions in Strain A, B, and C. (2 points)

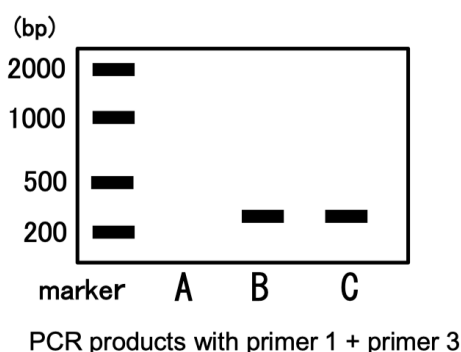
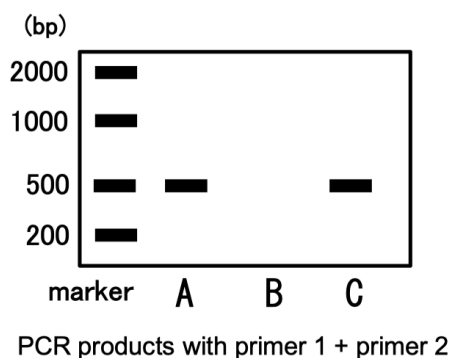
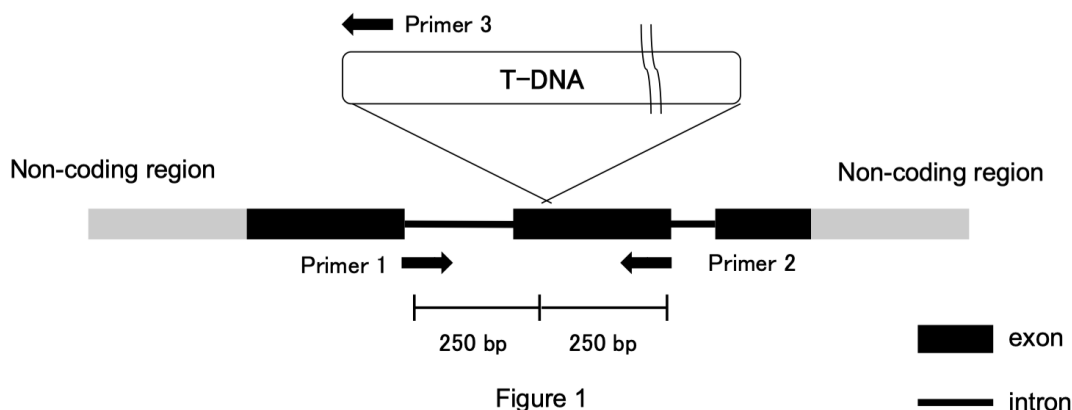


Figure 2

	Strain A	Strain B	Strain C
(1)	homo	hetero	wild type
(2)	homo	wild type	hetero
(3)	hetero	homo	wild type
(4)	hetero	wild type	homo
(5)	wild type	homo	hetero
(6)	wild type	hetero	homo

گیاهان کشف شده در یک جزیره دورافتاده گل‌های بنفش، بنفش مایل به قرمز، قرمز، آبی، آبی روشن و سفید دارند. مشاهده این گیاهان به مدت چندین سال نتایج زیر را در بر داشت.

- A. این گیاه قادر به خود-لقاحی (self-pollination) و دگر-لقاحی (cross-pollination) است.
- B. ارتباطی بین رنگ گل و بازدهی تولید گرده در این گیاه وجود ندارد.
- C. با خودلقاحی افراد دارای گل‌های سفید، همه افراد نسل F1 دارای گل‌های سفید هستند. این سویه به عنوان سویه خالص گل سفید در نظر گرفته و به عنوان سویه WW مشخص شد.
- D. با خودلقاحی افراد دارای گل‌های آبی، همه افراد نسل F1 دارای گل‌های آبی هستند. این سویه به عنوان سویه خالص گل آبی در نظر گرفته و به عنوان سویه BB مشخص شد.
- E. پس از خودلقاحی افراد دارای گل‌های آبی روشن، گل‌های آبی، آبی روشن و سفید در نسل F1 ظاهر شدند.
- F. پس از خودلقاحی افراد دارای گل‌های قرمز، گل‌های قرمز و سفید در نسل F1 ظاهر شدند.
- G. پس از خودلقاحی افراد دارای گل‌های بنفش، گل‌های بنفش، و آبی در نسل F1 ظاهر شدند.
- H. پس از خودلقاحی افراد دارای گل‌های بنفش مایل به قرمز، همه رنگ‌های گل در نسل F1 ظاهر شدند.
- I. پس از آمیزش گل‌های آبی و گل‌های سفید، گل‌های آبی روشن در نسل F1 ظاهر شدند.
- J. پس از آمیزش فرد با گل قرمز و فرد با گل سفید، افراد با گل‌های قرمز و سفید در نسل F1 ظاهر شدند. سپس با تکرار خودلقاحی افراد با گل‌های قرمز، یک سویه خالص گل قرمز که در آن همه افراد با گل قرمز پدیدار شدند، به دست آمد. و به عنوان سویه RR نام‌گذاری شد.
- K. پس از آمیزش سویه BB و سویه RR، افراد با گل‌های بنفش مایل به قرمز در نسل F1 ظاهر شدند. این سویه به عنوان سویه BR نام‌گذاری شد.
- احتمال آنکه افراد با گل‌های بنفش مایل به قرمز در نسل F2 حاصل از خودلقاحی سویه BRWW ظاهر شوند...

The probability that reddish-purple individuals appear in the F2 generation obtained by self-pollination of the BRWW strain is . %. Mark the appropriate numbers in the Answer boxes. (3 points)

توجه: در این پرسش، زاده‌گان خودلقاحی نیز به عنوان نسل F1 در نظر گرفته شده‌اند. ژن‌های مربوط به رنگ گل در این گیاه به هم متصل نیستند.

ویروس‌های جانوران طبق ساختار نوکلئیک اسید موجود در کپسید طبقه‌بندی می‌شوند. علاوه بر نوکلئیک اسید، بعضی ویروس‌ها آنزیم‌های پروتئینی، مانند RNA polymerase، درون کپسید دارند. از بین ویروس‌های جانوری پیش رو، مناسب‌ترین ترکیب از آن ویروس‌هایی که برای تقسیم، باید درون کپسید خود آنزیم داشته باشند را انتخاب کنید...

From the following animal viruses, select the most appropriate combination of those that must contain an enzyme in the capsid for replication from the answer group, from (1) to (8). 69 (2 points)

Type	Virus	Nucleic acids
A	Smallpox virus	Double-stranded DNA
B	B19 parvovirus	Single-stranded DNA
C	Rotavirus	Double-stranded RNA
D	Rhinovirus	Single-stranded RNA (mRNA)
E	Influenza virus	Single-stranded RNA (template of mRNA)
F	HIV (retrovirus)	Single-stranded RNA

Answer group

(1)	A, C	(5)	B, F
(2)	B, C	(6)	C, E
(3)	B, D	(7)	D, E
(4)	B, E	(8)	E, F

در دهه ۱۹۸۰، وکتور پلازمیدی pBR322 اغلب برای آزمایش‌های نوترکیبی DNA مورد استفاده قرار می‌گرفت. pBR322 یک پلازمید به طول 4361 bp و دارای ژن‌های مقاومت به آمپی‌سیلین و تتراسیکلین است که ۲۰ جایگاه برش توسط آنزیم‌های محدود کننده دارد. نقشه این پلازمید در Figure 1 نشان داده شده است.

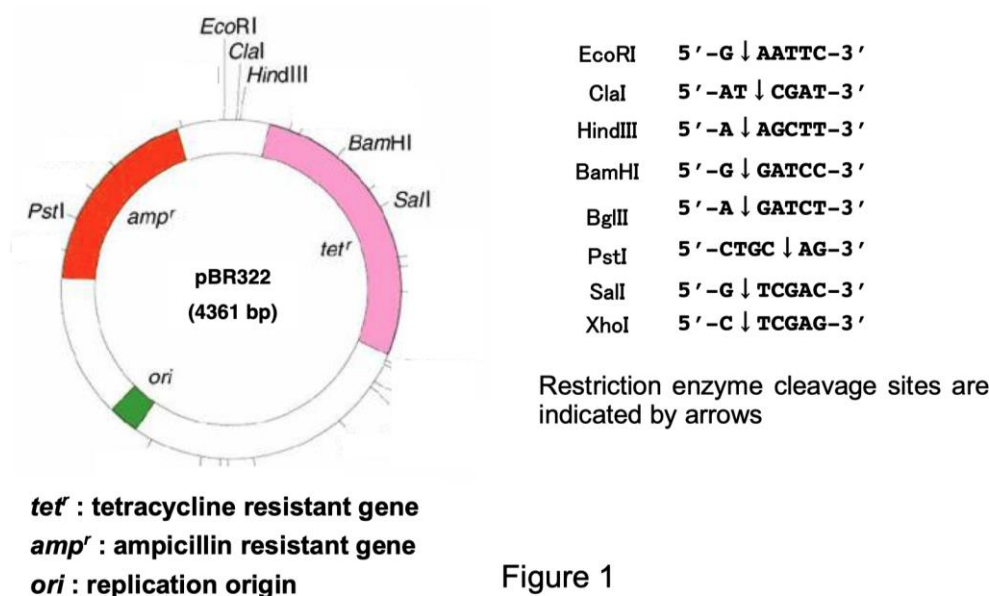


Figure 1

به هدف یادگیری روش آزمایش نوترکیبی DNA، آزمایش را طوری طراحی کردیم که هر دو ژن P (plasmid 1) و ژن Q (plasmid 2) با استفاده از آنزیم محدود کننده و لیگاز به pBR322 وارد شوند. (Figure 2) مراحل آزمایش به شرح زیر است. مرحله ۱: برش پلازمید ۱ یا پلازمید ۲ با آنزیم محدود کننده مناسب و انجام الکتروفورز برای به دست آوردن قطعه DNA حاوی ژن P یا Q.

مرحله ۲: برش pBR322 با آنزیم محدود کننده مناسب.

مرحله ۳: اتصال قطعه DNA حاوی ژن P یا Q به وکتور برای به دست آوردن پلازمید نوترکیب اول.

مرحله ۴: برش پلازمید دیگر با آنزیم محدود کننده مناسب و انجام الکتروفورز برای به دست آوردن قطعه DNA حاوی ژن P یا Q.

مرحله ۵: برش پلازمید نوترکیب اول با آنزیم محدود کننده مناسب.

مرحله ۶: اتصال قطعه DNA حاوی ژن P یا Q به پلازمید نوترکیب اول.

سلول‌های E.coli نو ترکیب توسط مقاومت به آمپی‌سیلین سنجیده می‌شوند. حضور همزمان دو مبدا همانندسازی در یک پلازمید باعث کاهش شدید پایداری شده و باید از آن جلوگیری شود. واکنش‌های هضم توسط آنزیم‌های محدودکننده کامل انجام می‌شوند.

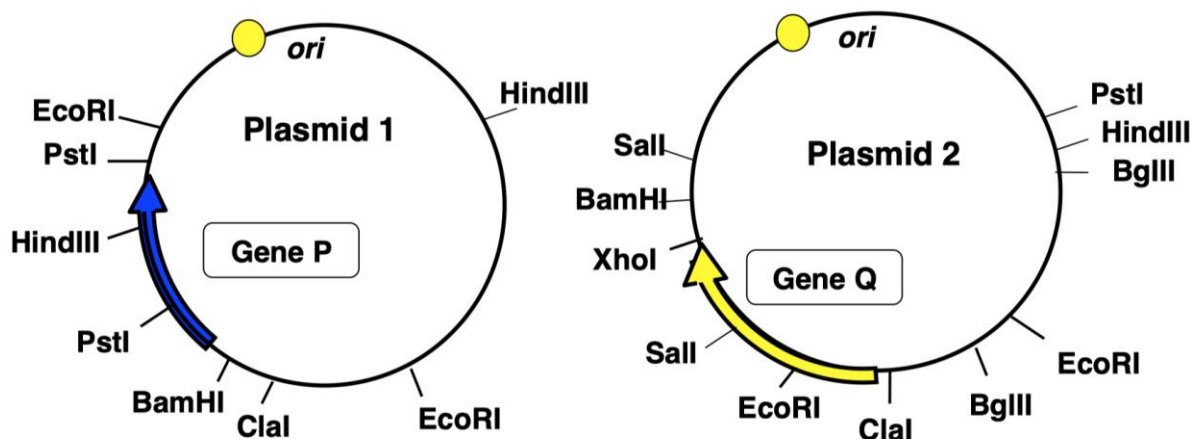


Figure 2

ori : replication origin

اعمال مراحل ۱ تا ۶ به صورت A-I و X-Y مشخص شده‌اند. از اعمال نشان داده شده در جدول عدد فرایند مناسب جهت رسیدن به قطعه نو ترکیب مورد نظر را مشخص کنید....

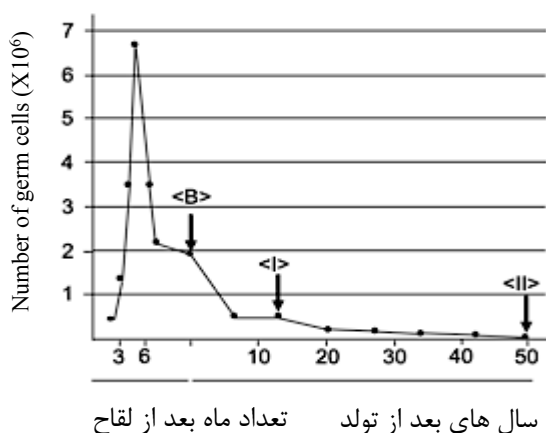
The operations of Step 1 to Step 6 are indicated by A - I, X, and Y. From the procedures shown in the table, select the number that indicates the appropriate procedure for producing the desired recombinant plasmid. (3 points)

- A: Cleavage of plasmid 1 with EcoRI and BamHI to obtain a DNA fragment containing gene P.
- B: Cleavage of plasmid 1 with EcoRI and ClaI to obtain a DNA fragment containing gene P.
- C: Cleavage of plasmid 2 with ClaI and BamHI to obtain a DNA fragment containing gene Q.
- D: Cleavage of plasmid 2 with ClaI and SalI to obtain a DNA fragment containing gene Q.
- E: Cleavage of plasmid 2 with ClaI and XhoI to obtain a DNA fragment containing gene Q.
- F: Cleavage of pBR322 plasmid with EcoRI and ClaI
- G: Cleavage of pBR322 plasmid with EcoRI and BamHI
- H: Cleavage of pBR322 plasmid with ClaI and BamHI
- I: Cleavage of pBR322 plasmid with ClaI and SalI
- X: Ligation of the DNA fragment containing the gene P with the cleaved pBR322 plasmid.
- Y: Ligation of the DNA fragment containing the gene Q with the cleaved pBR322 plasmid.

توجه: پلازمید pBR322 اولیه و پلازمید نو ترکیب اول که از مراحل ۱-۳ به دست میاید، هر دو به نام pBR322 نشان داده شده اند.

	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6
(1)	A	G	X	C	H	Y
(2)	C	H	Y	A	G	X
(3)	A	G	X	D	I	Y
(4)	D	I	Y	A	G	X
(5)	B	F	X	D	I	Y
(6)	D	I	Y	B	F	X
(7)	B	F	X	E	I	Y
(8)	E	I	Y	B	F	X

تخمندان جنین ۵ ماهه انسان بیشترین تعداد اووسیت ها را دارد که این عدد تقریباً معادل ۷ میلیون اووسیت است. سپس این عدد به سرعت کاهش میابد تا تقریباً به ۲ میلیون در زمان تولد برسد.



سن یائسگی: <II> سن منارک: <I>. تولد:

Q23-1 درستی (۱) یا نادرستی (۲) هر یک از گزاره های زیر را مشخص کنید. (هر مورد ۱ نمره)

تعداد سلول های زایا تا زمان تولد با توجه به اینکه اووسیت ها طی دوره میوز ۲ میمیرند، ۷۰٪ کاهش یافته است.

71

Q23-2 از بین گزینه های زیر بهترین عدد را برای پر کردن جای خالی انتخاب کنید. (۱ نمره)

تعداد اووسیت هایی که در طول دوره باروری فرد تخمک گذاری می شوند، کمتر از 72 از سلول های زایایی است که تا منارک زنده بوده اند.

(1) 0.001% (2) 0.01% (3) 0.1% (4) 1%

Q23-3 ریسک بروز سندرم داون با بالا رفتن سن مادر افزایش می یابد. نسبت فرزندان دارای سندرم داون که از یک مادر باردار در دهه پنجم زندگی به دنیا می آیند، ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از یک مادر باردار در دهه سوم زندگی است.

مناسب ترین جمله برای علت این مساله را از بین گزاره های زیر انتخاب کنید. (۱ نمره) 73

- (1) تجمع کردن جهش ها بر روی DNA اووسیت
- (2) طولانی تر شدن زمان سیناپس های کروموزومی در اووسیت اولیه.
- (3) بیشتر شدن دوک های غیر استاندارد در اووسیت.
- (4) دگرگونی (transformation) اووسیت ها.

تصویر شماره ۱ نشان دهنده ی تغییرات در فشار آئورت (Ao)، دهلیز چپ (At)، بطن چپ (Ve) و همچنین تغییرات حجم بطن چپ در طول یک چرخه قلب انسان است. طی این چرخه، دریچه های دهلیزی-بطنی با بیشتر شدن فشار دهلیز ها از بطن ها باز می شوند، همچنین دریچه آئورت زمانی که فشار بطن چپ از آئورت بالاتر برسد باز می گردد. تصویر شماره ۲، تغییرات در فشار و حجم بطن قبل (خط نقطه چین) و بعد (خط ممتد) از ۱۰ دقیقه ورزش کردن را نشان می دهد.

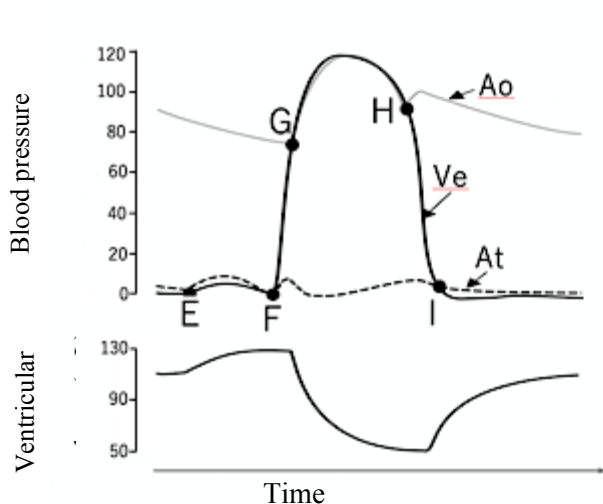


Figure 1

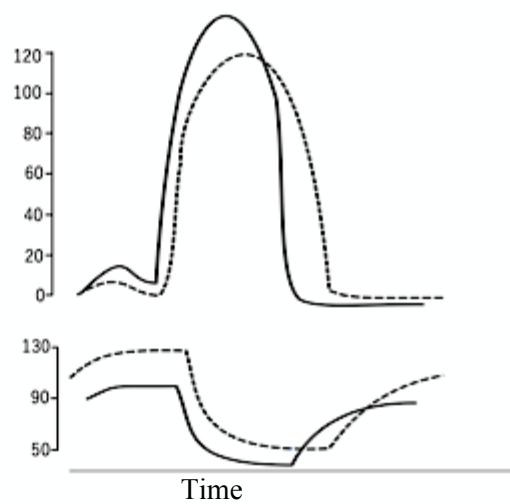


Figure 2

Q24-1 درستی (۱) یا نادرستی (۲) گزاره ی زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

بیشتر شدن ضربان قلب، تغییر در مدت زمان بین نقطه های E و F در تصویر شماره ۱ ایجاد نمی کند. 74

Q24-2 در نمودار حجم فشار بطن چپ (تصویر شماره ۳)، بازه زمانی مرتبط با فاصله H تا I در تصویر ۱ را از بین گزینه های ۱-

۴ انتخاب کنید. (۱ نمره) 75

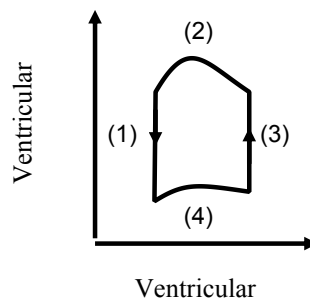


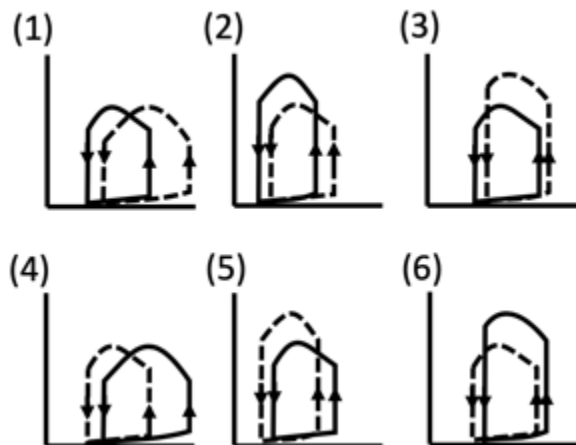
Figure 3

Q24-3 درستی (۱) یا نادرستی (۲) گزاره ی زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

بعد از نقطه I در تصویر شماره ۱، خون هم در بطن ها و هم در دهلیز جاری می گردد. 76

Q24-4 از بین گزینه های ۱ تا ۶ زیر، بهترین شکل را برای نشان دادن رابطه بین حجم و فشار بطن چپ قبل (خط نقطه چین) و

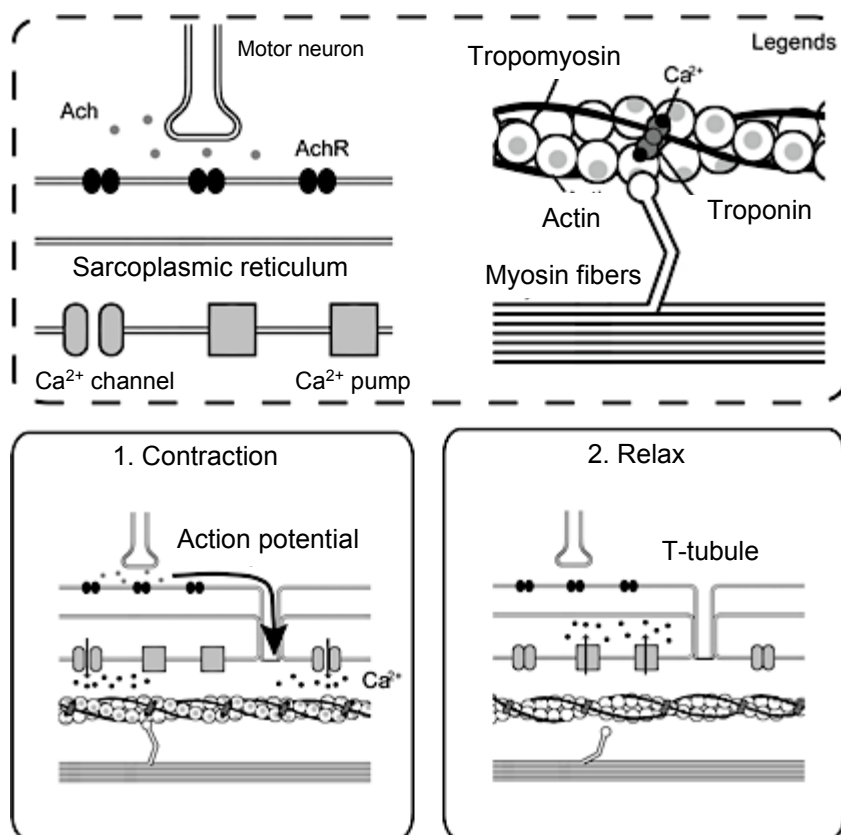
بعد (خط ممتد) از فعال شدن سیستم عصبی سمپاتیک انتخاب کنید. (۱ نمره) 77



اشکال زیر، مولکول های درون فیبر عضلانی را در دو حالت به تصویر می کشند: ۱. انقباض ۲. استراحت. وجود جهش و یا عملکرد ناکافی این مولکول ها با عملکرد غیر طبیعی عضله همراهی دارد. برای نمونه، یک جهش در کانال یون کلسیم یا گیرنده استیل کولین (AChR)، می تواند به میوپاتی ارثی منجر شود.

در نظر داشته باشید که گزینه های اختلالات عضلانی گزاره های زیر هستند:

1. میوپاتی (ضعف عضله)
2. وجود سختی (Difficulties) در باز کردن بازو
3. تتانی (حرکات غیر ارادی عضله)
4. Hypercontractility (انقباض تند اتفاق می افتد ولی استراحت کند و به آرامی رخ می دهد).



مشخص کنید در هر یک از اختلالات عضلانی زیر (A-D)، کدامیک از علامت های بالا (۱-۴) رخ می دهند. (هر مورد ۱ نمره)

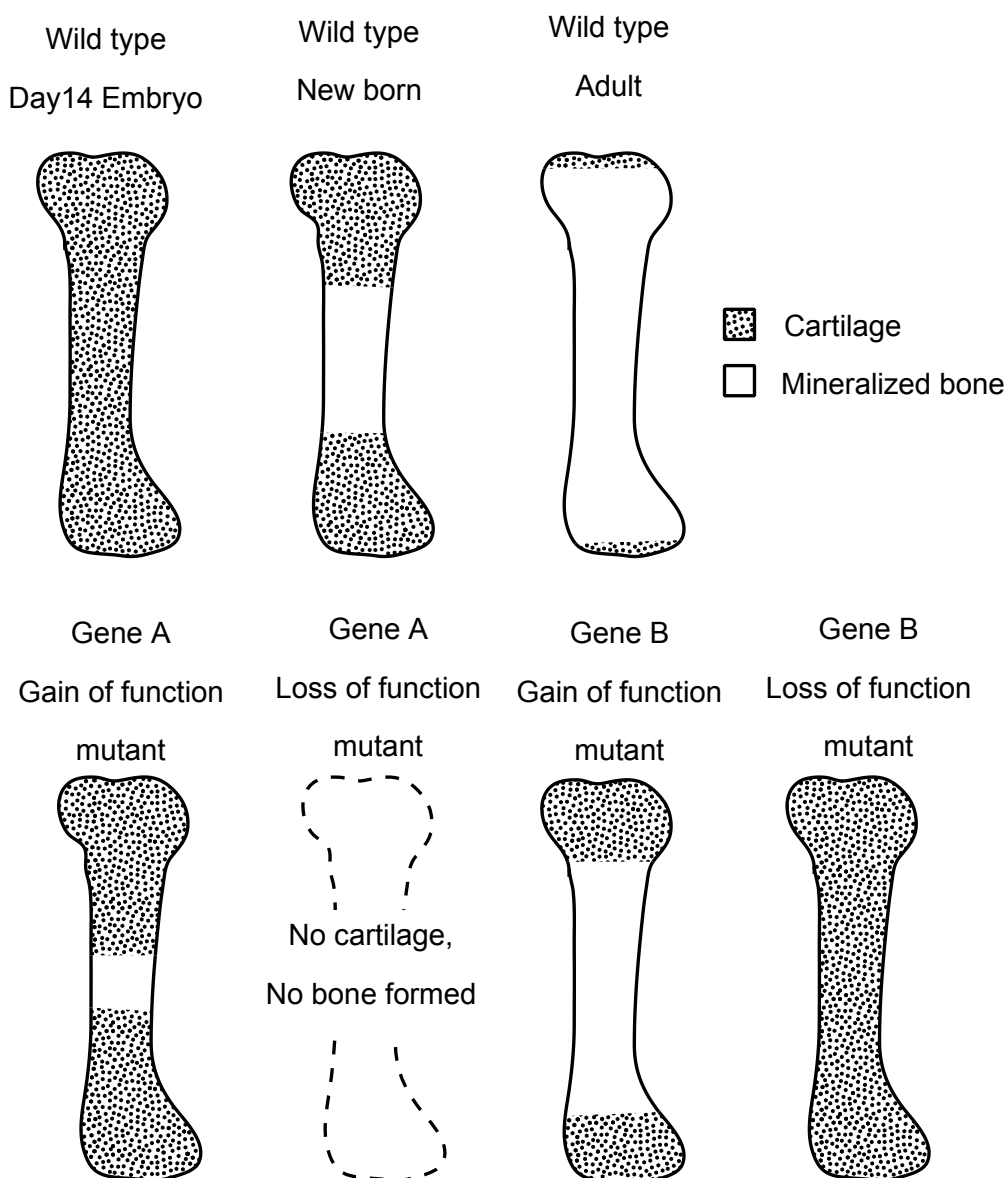
A. جهشی بد معنی (Missense) اکتین در محل اتصال آن به تروپومیوزین، که باعث حساسیت بیشتر عضله به غلظت های یون کلسیم درون سلولی می گردد. 78

B. بلوک کردن آزاد سازی استیل کولین توسط سم بوتولیسم. 79

C. جهش بی معنی (Nonsense) در ژن پمپ کلسیم، که باعث نقص در پاکسازی یون کلسیم از فضای سیتوزول می گردد. 80

D. غلظت پایین یون منیزیم در خون، که باعث رخدادن دیلاریزاسیون های بیشتر و غیر کنترل شده می گردد. 81

بیشتر استخوان ها در پستانداران طی فرآیندی به نام استخوان سازی درون غضروفی (Endochondral ossification)، تشکیل می شوند. در این فرآیند عناصر غضروفی در ابتدا فرم اولیه اجزای اسکلت را شکل می دهند و بعدا بیشتر آن توسط استخوان های معدنی شده جایگزین می گردند. در قسمت بالای تصویر زیر، شمای کلی فرآیند استخوان سازی درون غضروفی یک استخوان بلند موش را مشاهده می کنید. همچنین در قسمت پایین شکل، این فرآیند در شرایط Gain of function یا Loss of function ژن های A و B برای استخوان بلند موش نشان داده شده است. هر دو ژن A و B در فرآیند تکوین اسکلت دخیل هستند. از بین گزینه های ۱ تا ۹ در جدول، بهترین تفسیر را برای فرآیند Endochondral ossification و نقش ژن های A و B انتخاب کنید. (۲ نمره) 82



Choices	Gene A		Gene B	
	Cartilage formation	Cartilage-bone replacement	Cartilage formation	Cartilage-bone replacement
(1)	Not required	Promote	Required	Promote
(2)	Required	Promote	Required	Promote
(3)	Required	Promote	Required	Repress
(4)	Required	Promote	Not required	Promote
(5)	Required	Promote	Not required	Repress
(6)	Required	Repress	Required	Promote
(7)	Required	Repress	Required	Repress
(8)	Required	Repress	Not required	Promote
(9)	Required	Repress	Not required	Repress

زنبور عسل (*Apis mellifera*) برای نشان دادن میزان فاصله با منبع غذایی، از رقصیدن استفاده می کند. این زنبور هنگامی که منبع غذایی (Feeder) تا ۵۰ متر فاصله داشته باشد رقص گرد (Round dance) را اجرا می کند. هنگامی که منبع غذایی بیش از ۵۰ متر فاصله داشته باشد رقص پیچشی (Waggle dance) را اجرا می کند. در تصویر شماره ۱ نمودار میانگین زمان اجرای رقص پیچشی (میلی ثانیه، ms) را مشاهده می کنید.

برای بررسی این مساله که زنبور ها چگونه فاصله را اندازه گیری می کنند، ۲ نوع تونل چوبی حاوی مواد غذایی در فضای باز قرار داده شد (تصویر شماره ۲، استوانه موجود در تونل ها نشان دهنده مکان منبع غذایی است). ابعاد مکان و جهت خورشید را نشان می دهد، همچنین انتهای دیگر تونل بسته بود. دیواره ها و کف تونل در آزمایش های ۱، ۲ و ۴ به صورت الگوی شانس طراحی شده (با استفاده از پیکسل های سفید و سیاه ۱*۱ سانتی متر)، و در آزمایش ۳ به صورت طولی راه راه رنگ آمیزی شده. در تصویر شماره ۲ نوع رقصی که زنبور در هر آزمایش اجرا نموده است نشان داده شده است. در آزمایش های ۲ و ۴ میانگین زمان رقص پیچشی اجرا شده به ترتیب ۵۲۹ و ۴۴۱ میلی ثانیه بوده است.

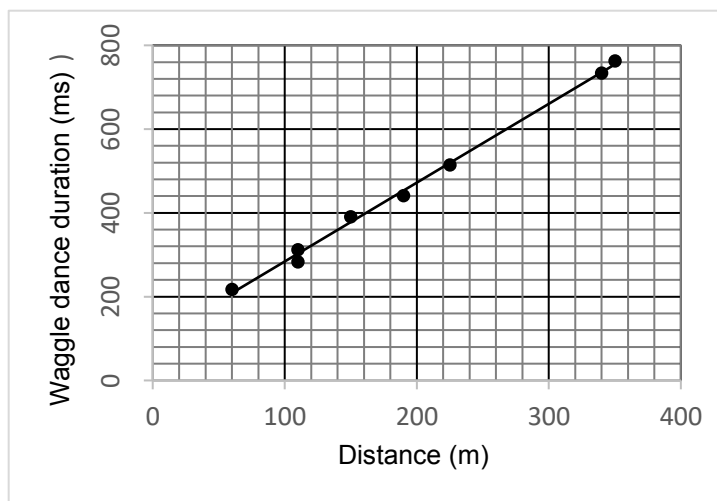


Figure 1









Experiment	Dance	Experimental condition
1	 round	 35 m
2	 waggle	 35 m
3	 round	 35 m
4	 waggle	 6 m

Figure 2

* الگو شانس سیاه-سفید با ابعاد ۱ * ۱ سانتی متر

Q27-1 در آزمایش شماره ۲ اگر طول تونل را در خلاف جهت کندو دو برابر کنیم، زمان رقص پیچشی چند میلی ثانیه خواهد بود؟

(از بین گزینه های زیر بهترین گزینه را انتخاب کنید) (۳نمره) 83

(1) 634 ms (2) 740 ms (3) 846 ms (4) 952 ms

Q27-2 بهترین گزینه را از بین گزینه های زیر انتخاب کنید (۱ نمره) 84

1. اگر دیواره ها و کف تونل در آزمایش شماره ۳ به صورت راه راه های عمودی رنگ آمیزی شوند، بیشتر زنبور ها به صورت پیچشی خواهند رقصید.

2. زنبور ها برای دو منبع غذایی متفاوت، با مدت زمانی یکسان رقص پیچشی رقصیدند. اگر این زنبور ها با سرعت یکسان به سمت این دو منبع پرواز کنند، همزمان با هم به این دو منبع غذایی می رسند.

3. اگر زنبور ها در ارتفاع های مختلفی پرواز کنند، مدت زمان رقص پیچشی تفاوتی نخواهد کرد.

CYP2C19 عضوی از خانواده سیتوکروم P450 است که گروهی از آنزیم ها هستند که در کبد برای سم زدایی بیان می شوند. این آنزیم یکی از اصلی ترین عوامل متابولیز کننده و غیر فعال کننده بسیار از دارو هاست. اگرچه چندین پلی مورفسیتم ها تک نوکلئوتیدی (SNPs) برای ژن CYP2C19 وجود دارد (جدول ۱ برای ترکیب این SNPs ها که با علامت *1,*2,*3 مشخص شده اند) همچنین فراوانی آلل ها برای این SNP ها در جمعیت های آسیایی و اروپایی متفاوت است. (جدول شماره ۲)

Ompeprazole دارویی است که برای بیماری رفلاکس و زخم معده استفاده می شود. بخش عمده این دارو توسط CYP2C19 متابولیزه و غیرفعال می شود. از طرف دیگر clopidogrel دارویی است که برای پیشگیری از سکته قلبی و مغزی استفاده می شود. clopidogrel نیز توسط آنزیم CYP2C19 متابولیزه می گردد اما همین متابولیت حاصل، مولکول هدف بر روی سطح پلاکت ها را مهار کرده و باعث بروز اثر دارو می شود.

Table 1

Genotype of <i>CYP2C19</i>	Phenotype
*1/*1	Extensive metabolizer
*1/*2, *1/*3	Intermediate metabolizer
*2/*2, *2/*3, *3/*3	Poor metabolizer

Table 2

Country	Allele frequency (%)		
	*1	*2	*3
Sweden	69.4	27.8	2.7
France	56.7	37.2	6.1
China	38.2	47.2	14.6
Japan	27.7	49.9	22.5

(هر یک از A تا D یک نمره)

A. دارو هایی که به صورت خوراکی از دهان تجویز می گردند و در اپیتلیوم روده جذب می شوند، در مرحله اول به کدامیک

از گزینه های زیر انتقال میابند؟ **85**

1. ورید اجوف تحتانی

2. کبد

3. قلب (دهلیز راست)

4. پانکراس

5. روده بزرگ

B. کدام گزینه برای نشان دادن ترتیب از بیشترین مدت زمان اثر به کوتاه ترین مدت زمان اثر دارو omeprazole تجویز

شده از راه دهان صحیح است؟ **86**

(1) $*1/*1 > *1/*3 > *2/*2$ (2) $*1/*1 > *3/*3 > *1/*2$

(3) $*3/*3 > *1/*2, > *1/*1$ (4) $*3/*3 > *1/*1, > *1/*3$

C. کدام کشور ها دارای بیشترین نسبت جمعیتی هستند که omeprazole برای آنها خوب اثر می کند؟ **87**

(1) Sweden (2) France (3) China (4) Japan

D. اگر در بیماری تجویز Clopidogrel به علت SNP ژن CYP2C19 به اندازه کافی اثر نشان ندهد، اگر Omeprazole

را به رژیم دارویی وی اضافه کنیم، چه نتیجه ای برای اثر Clopidogrel انتظار می توان داشت؟ **88**

1. اثر را بیشتر می کند

2. تاثیری بر میزان اثر ندارد

3. اثر را کاهش می دهد

پیش از آنکه یک بیماری Zoonotic به مرحله پاندمی در جامعه انسان ها برسد، سه مرحله از انتقال لازم است تا اتفاق بیوفتد. (تصویر شماره ۱) کورونا ویروس ها گروهی از ویروس ها هستند که می توانند چنین پاندمی هایی ایجاد کنند. باور بر این است که میزبان طبیعی این ویروس ها خفاش ها هستند.

Q29-1 کدام فاکتور تنوع ژنی کورونا ویروس ها را در A افزایش می دهد؟ (ترکیبی از گزاره های صحیح را انتخاب کنید) (۱)

نمره) 89

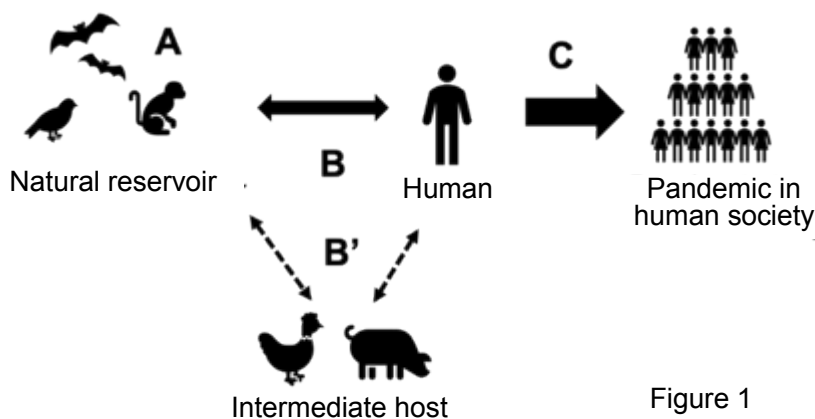


Figure 1

- a. ژنوم ویروس با کپسید احاطه شده است
- b. ویروس envelope دارد
- c. فرآیند همانندسازی DNA در میزبان مکانیسم های اصلاح خطا (proofreading) دارد
- d. اندازه ژنوم برای یک RNA ویروس بزرگ است
- e. ژنوم با چند قطعه ژنی چند سیسترونی (polycistronic) تقسیم بندی شده است.

(1) a), b) (2) a), c) (3) a), e) (4) b), c) (5) b), d) (6) c), d) (7) c), e) (8) d), e)

Q29-2 کدامیک از گزاره های زیر در انتقال در مرحله های B و B' مشارکت دارد؟ (ترکیبی از گزاره های صحیح را انتخاب کنید) (۱ نمره)

90

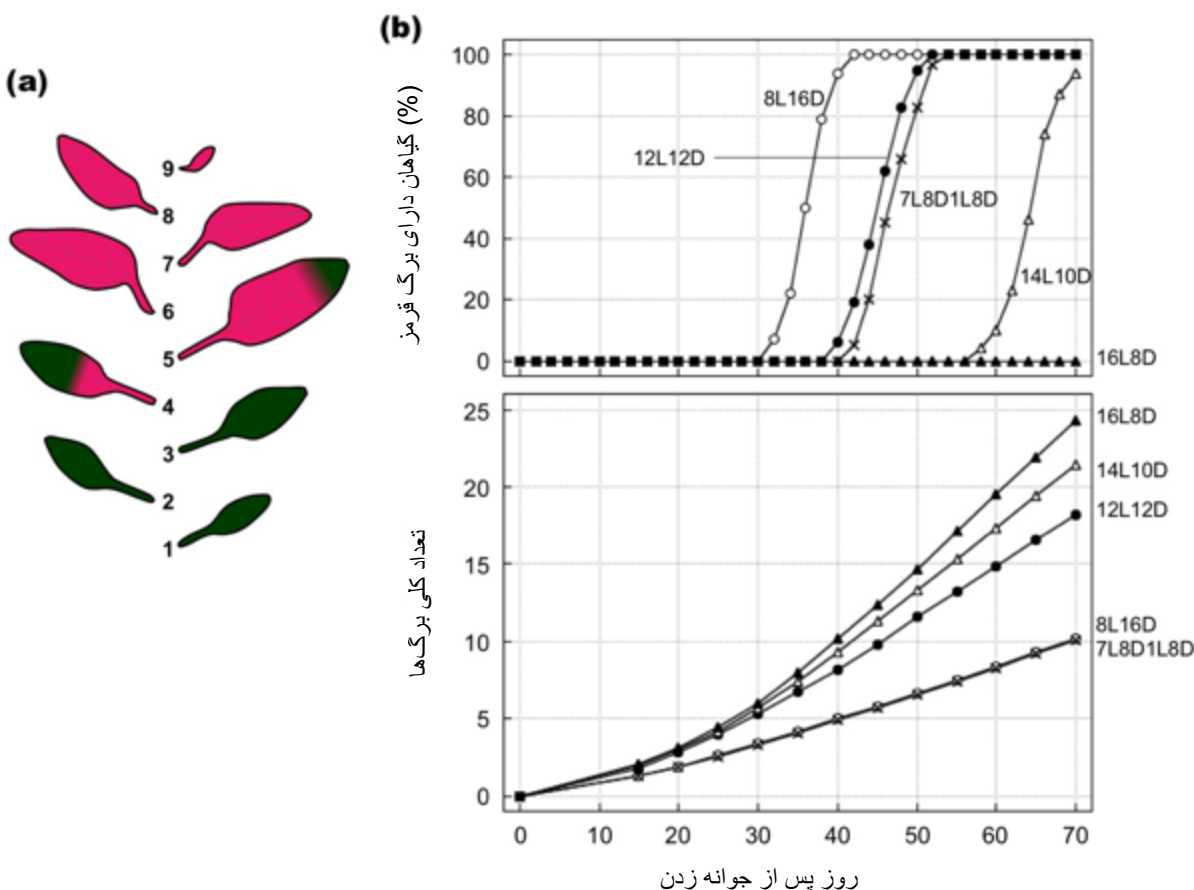
- a. بیماری در خفاش ها به عنوان میزبان های طبیعی بروز پیدا نمی کند.
- b. چندین نوع از کورونا ویروس ها در مدفوع خفاش های یک غار با استفاده از RT-PCR پیدا می شوند.
- c. تعداد زیادی از گونه های خفاش شب زی (Nocturnal) هستند.

d. تغییرات محیطی ناشی از تغییرات آب و هوایی (Climate change).
e. تعداد زیادی از خفاش ها از گونه های متنوعی از حشرات تغذیه می کنند.

(1) a), b), c) (2) a), b), d) (3) a), b), e) (4) a), c), e)

(8) b), c), e) (7) b), c), d) (6) b), d), e) (5) b), c), d)

گیاه تاج خروس سه رنگ، ارقامی از تاج خروس زینتی (*Amaranthus tricolor*) پس از تولید برگ‌های کاملاً سبز، در اواخر تابستان تا اوایل پاییز شروع به تشکیل برگ‌های قرمز می‌کند. چند برگ اول قرمز، فقط تا حدی قرمز هستند و هر یک از آن‌ها از مناطق سبز دور و مناطق قرمز نزدیک تشکیل شده است. سرانجام، برگ‌های کاملاً قرمز پس از تشکیل برگ‌های نیمه‌قرمز شکل می‌گیرند (شکل ۱.a). الگوی رنگ هر برگ پس از ظهور آن برگ، بدون تغییر باقی می‌ماند. زمان تشکیل برگ قرمز به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط فتوپریودیک (دوره نوردهی یا طول روز) قرار گرفته است (شکل ۱.b).



شکل ۱

(a) طرح برگ‌های قطع شده از یک گیاه ۶۰ روزه که در شرایط نور ۸ ساعته و تاریکی ۱۶ ساعته کشت داده شده است. اعداد نشان‌دهنده موقعیت برگ از پایه تا نوک ساقه هستند.

(b) گیاهان در نور ۱۶ ساعته و تاریکی ۸ ساعته کشت داده شدند (مثلث‌های بسته، ۱۶ ساعت نور ۸ ساعت تاریکی، ۱۴ ساعت نور ۱۰ ساعت تاریکی (مثلث‌های باز، ۱۴ ساعت نور ۱۰ ساعت تاریکی)، ۱۲ ساعت نور/ ۱۲ ساعت تاریکی (دایره‌های بسته ۱۲ ساعت نور ۱۲ ساعت تاریکی) ۸ ساعت نور/ ۱۶ ساعت تاریکی (دایره‌های باز ۸ ساعت نور ۱۶ ساعت تاریکی) یا ۷ ساعت نور/ ۸ ساعت تاریکی/ ۱ ساعت نور/ ۸ ساعت تاریکی (شورت‌تر، ۷ ساعت نور/ ۸ ساعت تاریکی ۱ ساعت نور ۸ ساعت تاریکی) کشت داده شدند. «گیاهان دارای برگ قرمز» گیاهانی هستند که حداقل یک برگ قرمز جزئی دارند. «تعداد کلی برگ» میانگین تعداد کل برگ‌های هر بوته را نشان می‌دهد.

۳۰-۱ زمان تشکیل برگ‌های قرمز و سرعت رشد می‌تواند به تعداد برگ‌های قرمز مربوط باشد. به ترتیب میانگین تعداد برگ‌های قرمز آن‌ها، گیاهان ۷۰ روزه را که در شرایط مختلف فتوپریودیک کاشته شده‌اند، مرتب کنید.

91 > 92 > 93 > 94 > 95 (3 points)

- (1) 16L8D
- (2) 14L10D
- (3) 12L12D
- (4) 8L16D
- (5) 7L8D1L8D

۳۰-۲ با فرض این که برخی از سیگنال‌های X حاوی برگ قرمز در پاسخ به شرایط فتوپریودیک در برگ‌های گسترش یافته تولید می‌شوند و به قیاس با تنظیم گلدهی فتوپریودیک به ناحیه رأسی منتقل می‌شوند، دو فرضیه زیر برای توضیح الگوی رنگی برگ‌های تا حدودی قرمز در نظر گرفته شده‌اند.

- I. قسمت دور هر بنیان برگی (پریموریوم برگ) نیاز به غلظت بیشتری از سیگنال‌های X برای رنگ قرمز نسبت به مقدار مورد نیاز قسمت نزدیک دارد.
 - II. در طول رشد پریموریوم برگ، قسمت دور برای رنگ‌آمیزی زودتر از قسمت نزدیک مشخص می‌شود.
- برای تمایز بین این فرضیه‌ها کدام یک از آزمایش‌های زیر اطلاعات بیشتر می‌دهند؟ (۹۶) (۲ نمره)

- (1) بررسی الگوهای رنگ برگ‌های تازه روی پیوند، پس از پیوند زدن قلمه ۶۰ روزه ۸ ساعت نور ۱۶ ساعت تاریکی روی گیاه پایه ۶۰ روزه با ۱۶ ساعت نور ۸ ساعت تاریکی.
- (2) بررسی الگوهای برگ‌های تازه تشکیل‌شده روی قلمه پس از پیوند زدن قلمه ۶۰ روزه ۱۶ ساعت نور ۸ ساعت تاریکی روی گیاه پایه ۶۰ روزه ۸ ساعت نور ۱۶ ساعت تاریکی.
- (3) بررسی الگوهای برگ‌های تازه تشکیل‌شده روی قلمه پس از پیوند زدن قلمه ۶۰ روزه از شرایط ۸ ساعت نور ۱۶ ساعت تاریکی به شرایط ۱۶ ساعت نور ۸ ساعت تاریکی.
- (4) بررسی الگوهای برگ‌های تازه تشکیل‌شده روی قلمه پس از پیوند زدن قلمه ۶۰ روزه از شرایط ۱۶ ساعت نور ۸ ساعت تاریکی به شرایط ۸ ساعت نور ۱۶ ساعت تاریکی.

هنگامی که پروتونما های خزه *Physcomitrella patens* بدون تبادل محیط کشت رشد داده می شوند ، برخی از سلول ها جوانه هایی را تشکیل می دهند که به گامتوفورها تبدیل می شوند (شکل 1).

محیط کشت در ابتدا حاوی هیچ هورمون گیاهی نبود ، اما اکسین و سیتوکینین پس از کشت پروتونما در محیط کشت شناسایی شدند.

در مرحله بعد ، پروتونما در حالی که محیط کشت، با استفاده از دستگاهی که در شکل 2 نشان داده شده است دائما تجدید شده و تازه نگه داشته می شود و اثرات افزودن اکسین و/یا سیتوکینین به محیط بر تشکیل جوانه در این سیستم مورد بررسی قرار گرفت (جدول 1).

پروتونما های جهش یافته X که در شرایط طبیعی جوانه تشکیل نمی دهند ، به محیط عاری از هورمون ، محیط حاوی اکسین یا محتوی سیتوکینین تلقیح شده و بدون تبادل محیط کشت، کشت داده شدند تا اثرات افزودن اکسین یا سیتوکینین بر جوانه زنی را بررسی کنند. (جدول 1).

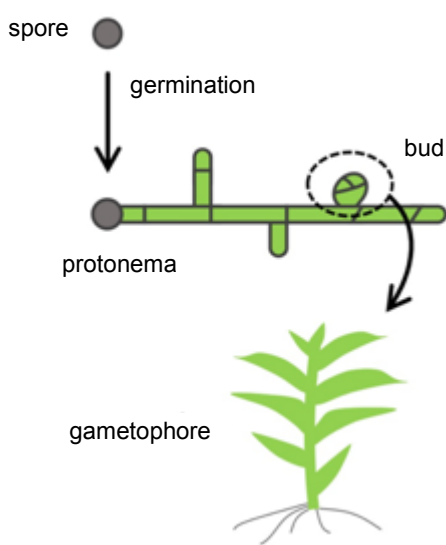


Figure 1

Part of the lifecycle of *Physcomitrella patens*

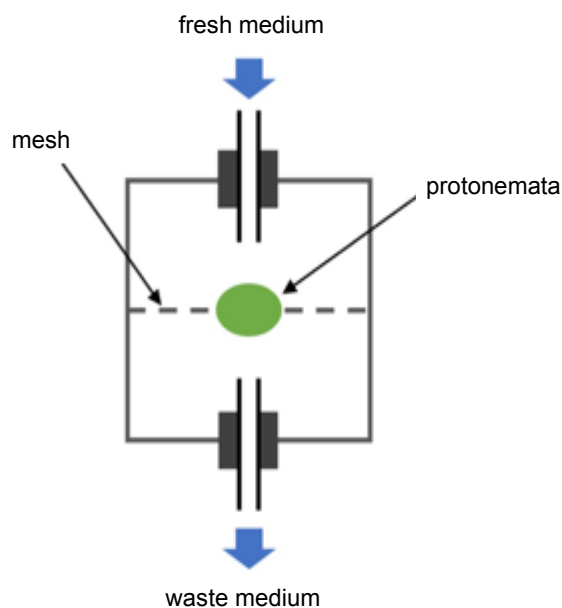


Figure 2

Apparatus for keeping the medium fresh by continuous medium exchange

Table 1

Genotype	Medium exchange	Addition of auxin	Addition of cytokinin	Bud formation
wild type	No	No	No	Occurred
wild type	Yes	No	No	Did not occur
wild type	Yes	Yes	No	Did not occur
wild type	Yes	No	Yes	Did not occur
wild type	Yes	Yes	Yes	Occurred
mutant <i>x</i>	No	No	No	Did not occur
mutant <i>x</i>	No	Yes	No	Did not occur
mutant <i>x</i>	No	No	Yes	Occurred

Choose the most appropriate answer set to fill in the following blanks (A, B and C). 97

(2 points)

- The wild-type protonemata secrete (A).
- Auxin sensitivity is (B) in mutant *x*.
- Protonemata are more likely to form buds when their growing density is (C).

	A	B	C
(1)	both auxin and cytokinin	lost	higher
(2)	both auxin and cytokinin	lost	lower
(3)	both auxin and cytokinin	normal	higher
(4)	both auxin and cytokinin	normal	lower
(5)	auxin but not cytokinin	lost	higher
(6)	auxin but not cytokinin	lost	lower
(7)	auxin but not cytokinin	normal	higher
(8)	auxin but not cytokinin	normal	lower

در برخی از گیاهان، میوه به صورت انفجاری باز می شوند تا بذرها پراکنده شوند. در حالی که، در بسیاری موارد، کاهش آب در پیچه های میوه باعث تحریک این حرکت انفجاری می شود، در پیچه های میوه *Cardamine hirsuta* خم شده و به محض تحریک مکانیکی (به عنوان مثال توسط حیوانات) وقتی میوه ها هنوز تازه و آبدار هستند به صورت انفجاری باز و خم می شوند

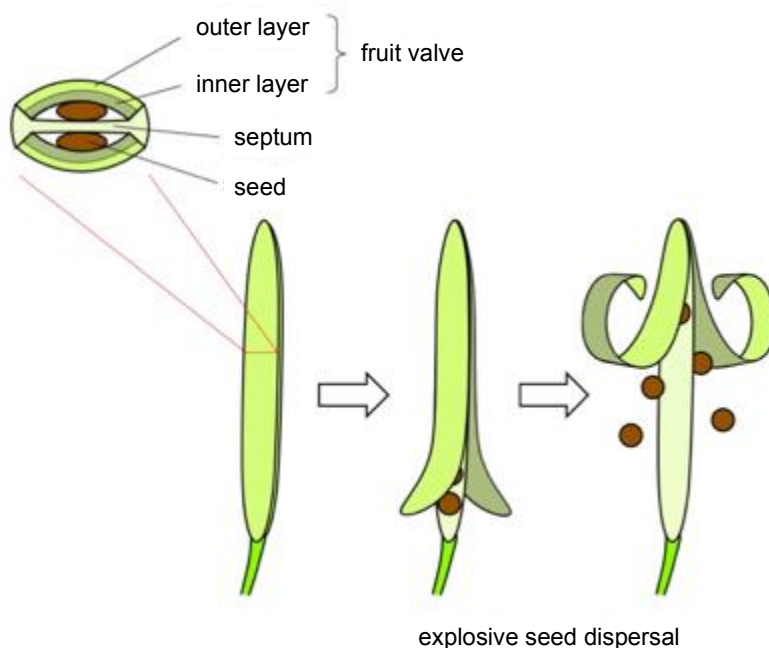


Figure 1. Explosive bending and coiling of a fruit valve of *C. hirsuta*

(شکل 1).

به منظور بررسی اینکه در پیچه های این گیاه از چه طریقی انرژی لازم برای باز شدن انفجاری را تامین می کنند، بررسی هایی بر روی تاثیر عوامل مختلف بر خم شدن این در پیچه ها انجام شد. در این آزمایش، خم شدن در پیچه های میوه سالم دست نخورده با تمام لایه های آن در هوا، آب خالص و محلول 4M NaCl مشاهده شد. در پیچه های میوه ای که با روش یخ زدن غشا سلول هایشان کشته شدند و میوه هایی که لایه درونی یا لایه خارجی آنان جدا شده بود نیز برای بررسی خم شدن در آب خالص مورد آزمایش قرار گرفتند.

Table 1 Bending (خم شدن) of fruit valves after various treatments and in various conditions

all layers combined				outer layer only	inner layer only
living	living	living	killed	living	living
air	water	4 M NaCl	water	water	water
+	++	—	—	— به صورت طولی جمع شده (است)	— (unchanged in length)

++, strong bending; +, bending; —, little or no bending.

Choose the most appropriate answer set to fill in the following blanks (A, B and C). 98

(3 points)

- Higher turgor pressure leads to (A) bending of a fruit valve in *C. hirsuta*.
- A shallow cut (برش کم عمق) made on an intact fruit valve of *C. hirsuta* in the (B) direction would cause the shallow cut to open immediately.
- The outer layer cells of fruit valves of *C. hirsuta* are (C) in water as compared to those in air.

	A	B	C
(1)	increased	longitudinal	narrower and/or thinner
(2)	increased	longitudinal	wider and/or thicker
(3)	increased	transverse	narrower and/or thinner
(4)	increased	transverse	wider and/or thicker
(5)	decreased	longitudinal	narrower and/or thinner
(6)	decreased	longitudinal	wider and/or thicker
(7)	decreased	transverse	narrower and/or thinner
(8)	decreased	transverse	wider and/or thicker

بسیاری از گیاهان رونده دارای tendril هستند ، اندامی مانند نخ که مخصوص پیچیدن در اطراف یا چسبیدن به یک تکیه گاه می باشد. در حالی که tendril به طور معمول برگ های تغییر یافته هستند ، برخی از tendril ها ساقه های اصلاح شده هستند که با بررسی های مورفولوژیکی می توان آنها را تشخیص داد.



Vicia sativa



Cayratia japonica

به منظور بررسی یک نمونه tendril ، کدام یک از مشاهدات زیر به منظور تشخیص ساقه یا برگ بودن این نمونه مهم تر است؟

99 (2 points)

- (1) بررسی سطح نمونه به منظور فهم بودن یا نبودن روزنه
- (2) بررسی سطح نمونه به منظور فهم بودن یا نبودن کرک
- (3) بررسی سطح نمونه به منظور اندازه گیری ضخامت لایه کوتیکول
- (4) بررسی سطح نمونه به منظور فهم شکل سلول های اپی درمی
- (5) بررسی برش عرضی نمونه به منظور مشاهده چینش آوند های چوب و آبکش نسبت به یکدیگر
- (6) بررسی برش عرضی نمونه به منظور شمارش تعداد دسته های آوندی
- (7) بررسی بافت های درونی نمونه به منظور بررسی وجود یا عدم وجود کلروپلاست توسعه یافته
- (8) بررسی بافت های درونی نمونه به منظور بررسی وجود یا عدم وجود فضای خالی بین سلولی

برگهای گیاه در اطراف ساقه به صورت قاعده مند مرتب می شوند. نمونه بارز آن مارپیچ فیبوناچی است ، جایی که زاویه بین برگ های پی در پی نزدیک به زاویه طلایی 137.5 درجه می باشد. چنین الگوی منظمی از چیدمان برگ ، رابطه موقعیتی یک برگ جدید را با برگ های موجود نشان می دهد هنگامی که در حاشیه مرستم راسی شاخه بوجود می آید. می دانیم که موقعیت تشکیل برگ جدید تحت اثر مهاری از طریق اپیدرم از مبدا برگ های موجود مشخص می شود. برای فهم این اثر ، آزمایش های میکروسکوپی زیر با استفاده از گیاهان گوجه فرنگی انجام شد.

محققان برای جدا کردن ناحیه رو به راس برگ اولیه P_0 برش سطحی در بالای آن ایجاد کردند (شکل 1) و اندازه گیری زاویه بین برگهای پی در پی پس از برگ بعدی P_1 و برگ پس از آن P_2 را انجام دادند (شکل 2)

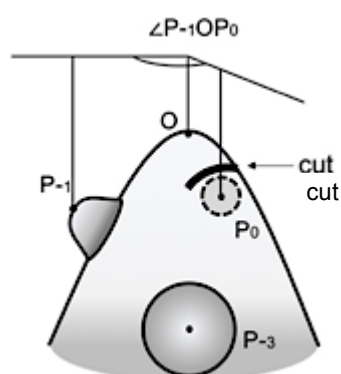


Figure 1. Schematic drawing of the microsurgical experiment

P_{n-1} indicates the leaf immediately preceding to P_n and O represents the center of the stem. P_{-4} and P_{-2} are not

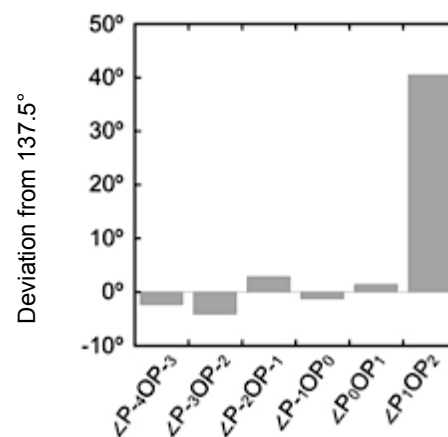


Figure 2. Deviation of the angle between successive leaves from 137.5 degrees

از آزمایش فوق چه می توان نتیجه گرفت؟ مناسب ترین مجموعه از نتیجه گیری های منطقی را انتخاب کنید. 100 (3 points)

- A. در بین برگهای موجود ، فقط برگ بلافاصله قبل برای تعیین موقعیت تشکیل یک برگ جدید ضروری است.
- B. در بین برگهای موجود ، دو برگ بلافاصله قبل از آن برای تعیین موقعیت تشکیل یک برگ جدید ضروری هستند.
- C. وقتی یک برگ تازه به وجود می آید ، موقعیت برگ بعدی هنوز مشخص نشده است.
- D. هنگامی که یک برگ تازه به وجود می آید ، موقعیت برگ بعدی در حال حاضر مشخص شده است اما موقعیت برگ دوم بعدی هنوز مشخص نشده است.
- E. اگر n به اندازه کافی بزرگ باشد ، انحراف زاویه $\angle P_n O P_{n+1}$ از 137.5 درجه نزدیک به 0 می باشد.
- F. اگر n به اندازه کافی بزرگ باشد ، انحراف زاویه $\angle P_n O P_{n+1}$ از 137.5 درجه نزدیک به 42.5 می باشد.

- | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| (1) A, C, E | (2) A, C, F | (3) A, D, E | (4) A, D, F |
| (5) B, C, E | (6) B, C, F | (7) B, D, E | (8) B, D, F |

تثبیت نیتروژن فرایندی است که نیاز به عامل کاهنده قابل توجهی دارد. در سلول های برگ تحت شرایط نوری متوسط ، این فرآیند با تثبیت کربن در چرخه کالوین برای کاهنده های تأمین شده توسط سیستم فتوسنتزی ، در صورت حضور همزمان با هم ، رقابت می کند (شکل 1). این رقابت بر روی معیار جذب کربن (CAQ) تأثیر می گذارد ، پارامتری که به عنوان نسبت میزان جذب CO₂ به میزان تولید O₂ تعریف می شود. علاوه بر این ، CAQ همچنین تحت تأثیر منبع نیتروژن بکار رفته در گیاهان می باشد.

این اثر توسط ΔCAQ بیان شده است ، که به عنوان تفاوت CAQ بین گیاهان با آمونیوم و گیاهانی که با نیترات به عنوان منبع نیتروژن رشد می کنند محاسبه می شود.

$$CAQ = \text{CO}_2 \text{ absorption rate} / \text{O}_2 \text{ evolution rate}$$

$$\Delta CAQ = CAQ_{\text{ammonium}} - CAQ_{\text{nitrate}}$$

* CAQ_{ammonium} : CAQ of plants grown with ammonium as the only source of nitrogen

* CAQ_{nitrate} : CAQ of plants grown with nitrate as the only source of nitrogen

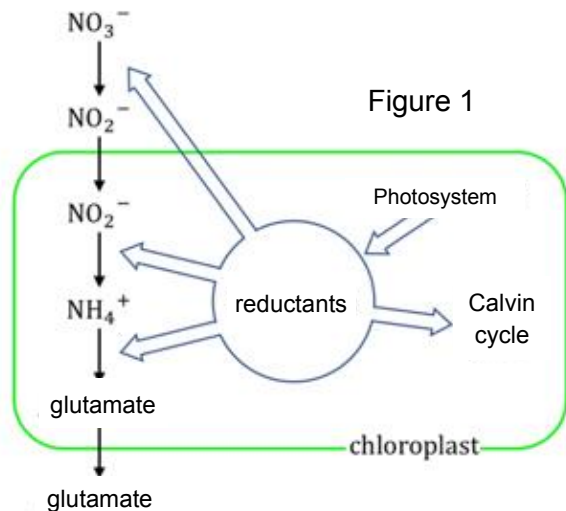


Figure 1

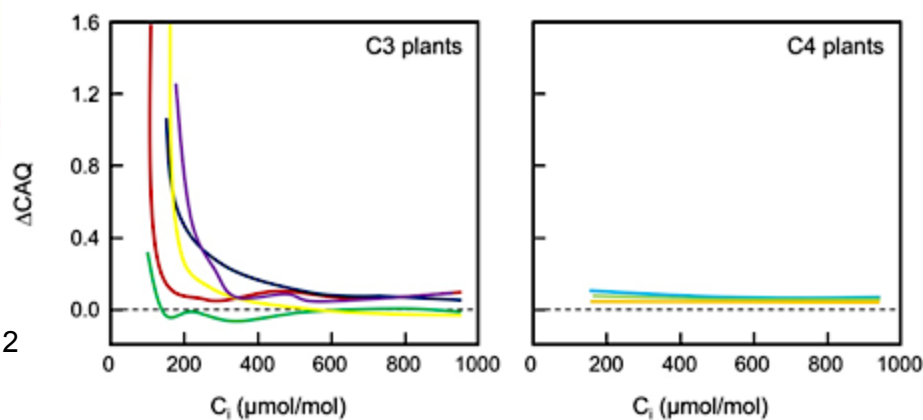


Figure 2

Figure 2 shows ΔCAQ values as a function of the leaf internal CO₂ concentration (C_i) measured in various C3 and C4 plant species. Different colors indicate different species.

Q35-1 مجموعه پاسخ مناسب را برای پر کردن موارد خالی زیر (A, B) انتخاب کنید . (2 point) 101

رقابت برای کاهنده ها بین تثبیت نیتروژن و تثبیت کربن باعث (A) CAQ می شود.

چون استفاده از آمونیوم باعث بی نیازی از مراحل بالادستی تثبیت نیتروژن می شود، ΔCAQ با فعالیت فرآیند تبدیل نیترات به آمونیوم در جذب نیتروژن ارتباط (B) دارد.

	A	B
(1)	افزایش	مثبت
(2)	افزایش	منفی
(3)	کاهش	مثبت
(4)	کاهش	منفی

Q35-2 در گیاهان C4 ، کدام سلول احتمالاً مسئول فرآیندهای تبدیل نیترات به آمونیوم و آمونیوم به گلوتامات در

جذب نیتروژن است؟ (2 point) 102

	نیترات به آمونیوم	آمونیوم به گلوتامات
(1)	mesophyll cell	mesophyll cell
(2)	mesophyll cell	bundle sheath cell
(3)	mesophyll cell	cannot determine from the data provided
(4)	bundle sheath cell	mesophyll cell
(5)	bundle sheath cell	bundle sheath cell
(6)	bundle sheath cell	cannot determine from the data provided
(7)	cannot determine from the data provided	mesophyll cell
(8)	cannot determine from the data provided	bundle sheath cell
(9)	cannot determine from the data provided	cannot determine from the data provided

تکامل

Q36

در یک ارگانیسم فرضی، یک نر حدود ۴۰ جهش جدید را وقتی که در 20 سالگی با جنس ماده جفت گیری می کند، به زاده خود منتقل می کنند. همچنین، هر سال حدود ۲ جهش جدید در سلول های زاینده ی نرها رخ می دهد. با توجه به این شرایط، تعداد جهش های مضر که انتظار داریم یک زاده به ترتیب از یک پدر ۲۰ ساله و ۴۰ ساله دریافت می کند، چقدر است؟ توجه کنید که اندازه ی ژنوم، تعداد ژن ها، طول متوسط هر ژن و احتمال اینکه یک جهش مضر باشد به ترتیب 1Gbp ، 10,000 ، 1Kbp و 70% است. همچنین توجه کنید که فرض می کنیم تمام جهش های مضر در ژنوم زاده باقی بماند.

۲۰ ساله : 104 103 0. (۲ نمره)

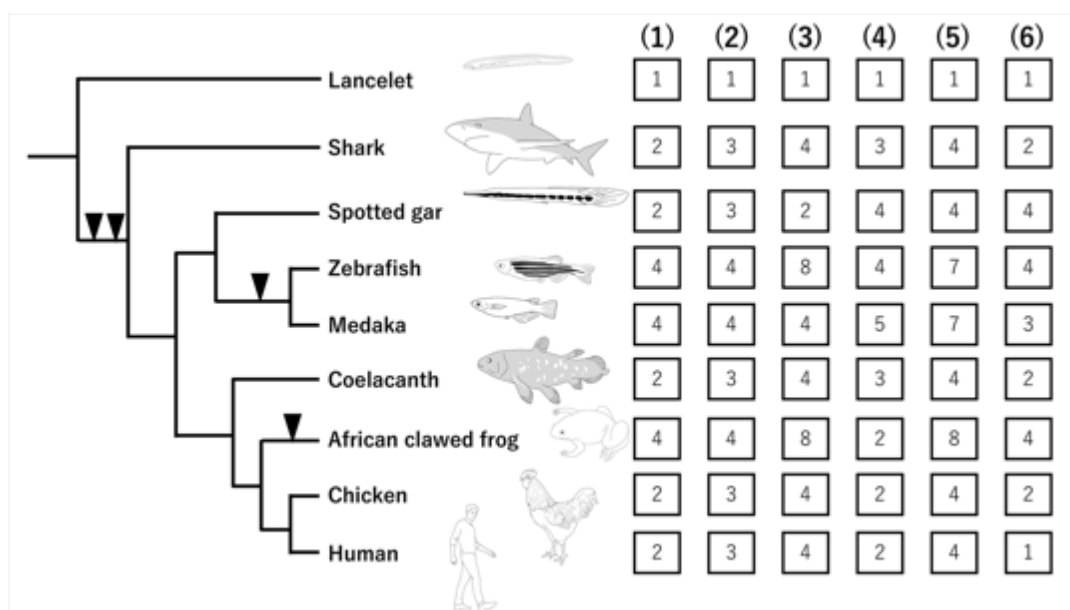
۴۰ ساله : 106 105 0. (۲ نمره)

تکامل

Q37

در طول تاریخچه تکامل مهره داران، چندین مورد کل ژنوم مضاعف شده است که اعتقاد بر این است که تنوع ژنوم و تکامل پویا را تسهیل می کند.

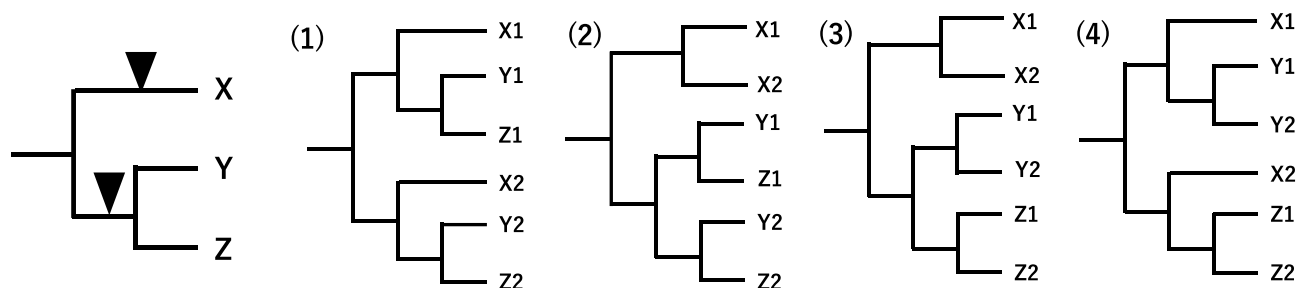
A. شکل ۱ درخت فیلوژنتیکی طیف وسیعی از مهره داران و lancelet (جد مهره داران) و زمان های مضاعف شدگی کل ژنوم (نوک فلش ها) را نشان می دهد. Lancelet یک مجموعه از ژن های Hox در ژنوم خود دارد.



شکل ۱. (چپ) درخت فیلوژنتیکی طیف وسیعی از مهره داران و lancelet (یک جد مهره داران). (راست) گزینه های جواب که تعداد مجموعه ژن های Hox است را از (1) تا (6) نشان می دهد.

مناسب ترین ترکیب تعداد مجموعه ژن های Hox در مهره داران مربوطه را از بین (1) تا (6) انتخاب کنید. قابل توجه است که در طول تکامل مجموعه ژن های Hox به ندرت حذف شده اند. **107** (۱ نمره)

B. در درخت فیلوژنتیکی گونه های X ، Y و Z ، دوبار کل ژنوم مضاعف شده است، که با نوک فلش ها نشان داده شده است. (شکل ۲ چپ). در نتیجه، هر یک از گونه های X ، Y و Z دارای ژن های $X1$ ، $X2$ ، $Y1$ ، $Y2$ ، $Z1$ و $Z2$ هستند.



شکل ۲. (چپ) درخت فیلوژنتیکی گونه های X ، Y و Z . (راست) گزینه های جواب از (1) تا (4) برای درخت فیلوژنتیکی ژن های $X1$ تا $Z2$ ی گونه های X ، Y و Z .

درخت فیلوژنتیکی مناسب برای این ژن ها ($X1$ تا $Z2$) را از بین (1) تا (4) انتخاب کنید. زمان کافی بین مضاعف شدن ژن و گونه زایی وجود دارد. (۱ نمره) 108

تکامل

Q38

Pauling و Zuckerkandl فرضیه ی ساعت مولکولی را مطرح کردند که در آن تفاوت آمینواسیدی یک پروتئین بین گونه ها با نرخ یکنواختی انباشته می شود. این مفهوم برای تخمین زمان اشتقاق گونه های مختلفی از جانداران استفاده شده است. همچنین، به دلیل تفاوت در اهمیت عملکرد مشخص شده است که نرخ جانشینی آمینواسیدی بین پروتئین ها متفاوت است. در این سوال ما روی دو پروتئین X و Y تمرکز می کنیم. طول این پروتئین ها (X: 400 آمینواسید – Y: 600 آمینواسید) و نرخ جانشینی آن ها ($X: 0.625 \times 10^{-9}$, $Y: 1.25 \times 10^{-9}$ substitution/site/year) متفاوت است.

A. انتظار داریم حداکثر چند جانشینی در هر کدام از پروتئین های X و Y، بین انسان و موش که 80 میلیون سال پیش از یکدیگر اشتقاق یافتند، انباشته شود؟

گزینه مناسب را انتخاب کنید. 109 (۱ نمره)

- (1) X: 25, Y: 40 (2) X: 40, Y: 100 (3) X: 40, Y: 120 (4) X: 10, Y: 40

B. در پروتئین X، 6 جانشینی آمینواسیدی بین انسان و یک گونه پستاندار مشاهده شد. گزینه درست برای زمان واگرایی این دو گونه را انتخاب کنید. 110 (۱ نمره)

- (1) 3 MYA (2) 6 MYA (3) 9 MYA (4) 12 MYA

C. همچنین اگر اهمیت عملکردی دامین های مختلف پروتئین، متفاوت باشد، نرخ جانشینی آمینواسیدی بین دامین های مختلف یک پروتئین هم متفاوت می شود. انسولین انسانی یک هورمون پپتیدی است، که نخست به عنوان یک پلی پپتید واحد به نام preproinsulin سنتز می شود (با 110 آمینواسید). preproinsulin متعاقباً با جدا شدن predomain (24 آمینواسید) و دامین C (31 آمینواسید) به انسولین فعال بالغ می شود که شامل دامین های A و B است (51 آمینواسید). ما انتظار داریم اهمیت عملکردی این دامین ها متفاوت باشد.

مناسب ترین گزینه برای مقایسه ی نسبی نرخ جانشینی a. Predomain، b. دامین A-B، c. دامین C را انتخاب کنید. 111 (۱ نمره)

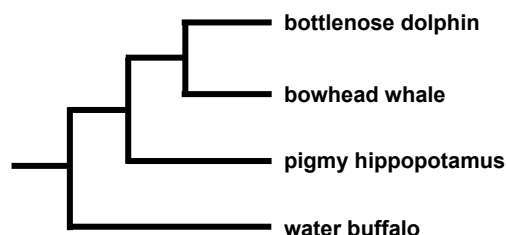
(1) $a < b < c$

(2) $b < c < a$

(3) $c < b < a$

(4) $a < c < b$

در یک آزمایشگاه، DNA استخراج شده از گونه های مختلف پستانداران نگه داری می شود. یک روز یکی از کارکنان آزمایشگاه در حال بررسی لوله های DNA ذخیره شده بود و سه لوله ی بدون label پیدا کرد. او همچنین سه label کننده شده در همان طبقه که لوله ها بودند پیدا کرد. این سه label: "bowhead whale"، "pigmy hippopotamus" و "water buffalo" بودند. همچنین یک لوله دیگر با label "bottlenose dolphin" در آن طبقه بود. او یک بخش مشخص از ژنوم این سه لوله ی بدون label (#4،#3،#2) و bottlenose dolphin (#1) را توالی یابی کرد. روابط فیلوژنتیکی این چهار گونه و alignment توالی های آن ها نشان داده شده اند. فرض شده است که این ناحیه ژنومی با نرخ ثابتی بین جفت سمسانان تکامل پیدا کرده است.

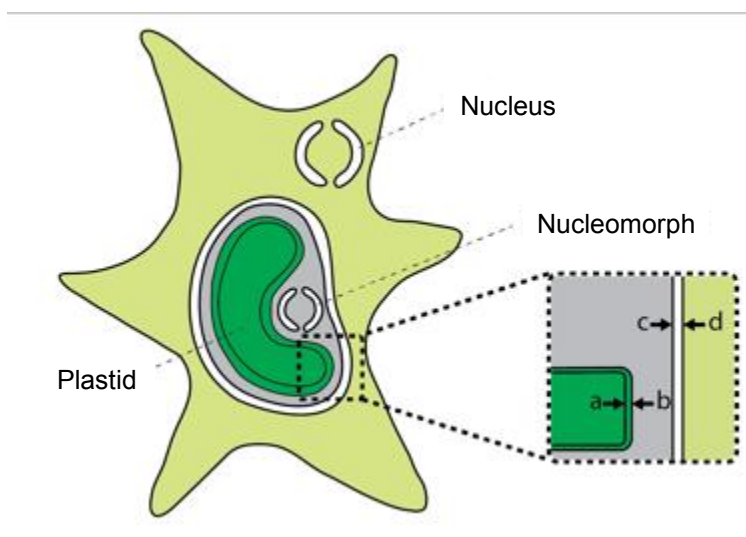


Tube #1 bottlenose dolphin	T	A	A	A	T	A	T	C	G	C	A	T	T	T	A	G	T	T	G	C	C
Tube #2	A	T	A	A	T	T	T	G	G	C	A	A	A	T	T	C	A	T	G	T	G
Tube #3	T	A	A	A	T	A	T	C	C	C	A	T	A	T	A	G	T	A	G	C	C
Tube #4	T	A	T	A	T	T	T	C	G	C	A	T	A	A	T	G	T	T	G	G	C

	Tube #1	Tube #2	Tube #3	Tube #4
(1)	bottlenose dolphin	bowhead whale	pigmy hippopotamus	water buffalo
(2)	bottlenose dolphin	bowhead whale	water buffalo	pigmy hippopotamus
(3)	bottlenose dolphin	pigmy hippopotamus	bowhead whale	water buffalo
(4)	bottlenose dolphin	pigmy hippopotamus	water buffalo	bowhead whale
(5)	bottlenose dolphin	water buffalo	bowhead whale	pigmy hippopotamus
(6)	bottlenose dolphin	water buffalo	pigmy hippopotamus	bowhead whale

با توجه به نتایج فوق، در پاسخبرگ مشخص کنید کدام ترکیب لوله ها و label ها محتمل تر است. 112 (۲ نمره)

به خوبی مشخص شده که یوکاریوت های فتوسنتز کننده (برای مثال جلبک ها و گیاهان) پلاستید ها را توسط جذب یک سیانوباکتری به عنوان درون همزیستی اولیه به دست آورده اند. پلاستید ها دو غشا دارند. همچنین، اعتقاد بر این است که اجداد chlorarachniophytes، که هیچ پلاستییدی نداشتند، پلاستید های خود را از طریق جذب یک جلبک سبز به عنوان درون همزیستی ثانویه به دست آورده اند. پلاستید chlorarachniophytes دارای چهار غشا است (شکل ۱). هر کدام از غشا ها از کدام ارگانیسم مشتق شده است؟

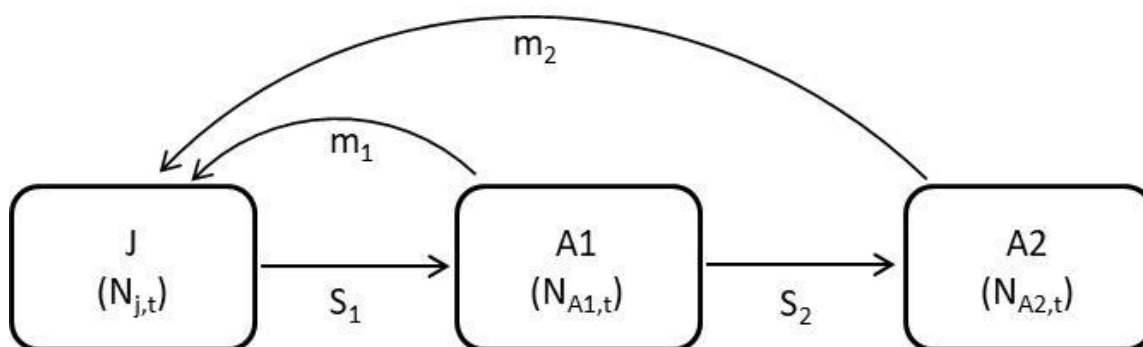


شکل ۱. تصویر شماتیک ساختار chlorarachniophytes. ناحیه جعبه بزرگنمایی شده تا نشان دهد که پلاستید توسط چهار غشا محدود شده است.

مناسب ترین ترکیب را از بین گزینه های زیر را انتخاب کنید. 113 (۲ نمره)

- (1) (a) cyanobacterium; (b) green alga; (c) ancestor of chlorarachniophytes; (d) ancestor of chlorarachniophytes.
- (2) (a) cyanobacterium; (b) green alga; (c) green alga; (d) ancestor of chlorarachniophytes.
- (3) (a) cyanobacterium; (b) cyanobacterium; (c) green alga; (d) ancestor of chlorarachniophytes.
- (4) (a) cyanobacterium; (b) cyanobacterium; (c) green alga; (d) green alga.
- (5) (a) cyanobacterium; (b) cyanobacterium; (c) ancestor of chlorarachniophytes; (d) ancestor of chlorarachniophytes.

پویایی جمعیت با نرخ تولد و مرگ و میر مشخص می شود. شکل زیر چرخه زندگی یک گونه جانوری با سه ساختار سنی با نام های نوجوانی (J)، بلوغ 1 (A1) و بلوغ 2 (A2) را نشان می دهد. اندازه جمعیت (فقط ماده ها) در هر مرحله در سال مربوطه (t) داخل پرانتز ها نشان داده شده اند. S_1 و S_2 نرخ بقا بین دو مرحله پی در پی نشان می دهد و m_1 و m_2 تعداد نوجوان های تولید شده توسط بالغین موجود در دو مرحله را نشان می دهد. تمام بازمانده ها وارد سال آینده وارد مرحله ی بعدی می شوند و مادر ها به محض ورود به مرحله بعد نوجوانان را به دنیا می آورند. برای مثال، تعداد نوجوان ها در سال اول ($N_{J,1}$) برابر است با تعداد کل زاده های تولید شده توسط بالغین 1 ($m_1 \times N_{A1,1}$) و بالغین 2 ($m_2 \times N_{A2,1}$). تمام افراد گروه بالغین 2، سال آینده می میرند.



Q41-1 با استفاده از پارامتر های جمعیتی و اندازه اولیه جمعیت ($\text{year} = 0$) داده شده، تعداد افراد هر یک از مراحل دو سال بعد چگونه خواهد بود؟ توجه کنید که اندازه جمعیت در اینجا فقط نشان دهنده ی افراد ماده است.

$$S_1=0.2, S_2=0.5, m_1=3, m_2=2, N_{J,0}=100, N_{A1,0}=20, N_{A2,0}=20$$

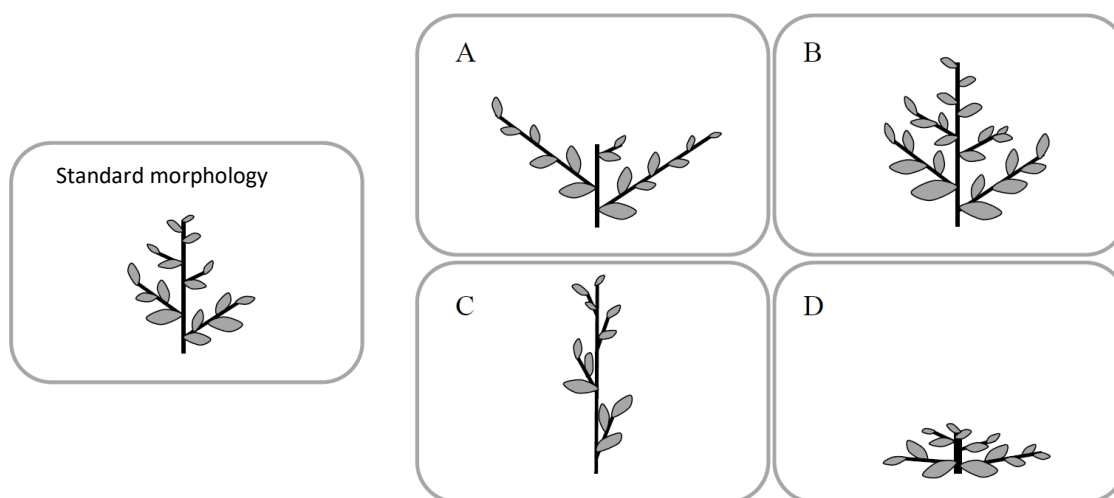
مقدار مناسب را در هر یک از این جایگاه ها پر کنید. (۲ نمره در صورتی که هر دو رقم صحیح باشد).

$$N_{J,2} = \boxed{114} \quad \boxed{115} \quad N_{A1,2} = \boxed{116} \quad \boxed{117} \quad N_{A2,2} = \boxed{118} \quad \boxed{119}$$

Q41-2 جمعیت با پارامترهای بالا در آینده ی نزدیک منقرض می شود. برای جلوگیری از انقراض، حداقل یکی از پارامتر ها باید افزایش پیدا کند. اگر بقیه ی پارامتر ها ثابت نگه داشته شوند، m_1 باید افزایش یابد تا جایی که $\boxed{120} \leq m_1$

مقدار مناسب را برای جای خالی پیدا کنید. (۱نمره)

گیاهان انعطاف پذیری مورفولوژیکی را نشان می دهند و می توانند مورفولوژی خود را در پاسخ به شرایط مختلف محیطی تغییر دهند. چهار شکل زیر (A تا D) شکل های ساده شده ی پاسخ معمول گیاهان به شرایط محیطی را نشان می دهد.



گزاره های زیر را (a تا d) به شکل های بالا (A تا D) تطبیق دهید و عدد مناسب را از جدول زیر انتخاب کنید.

121 (۲ نمره)

- a. پاسخ به کوددهی خاک
- b. پاسخ به آسیب راسی (apical)
- c. پاسخ به شرایط سایه
- d. پاسخ به فشار پایمال شدن

	A	B	C	D
(1)	a	d	c	b
(2)	a	c	d	b
(3)	b	a	c	d
(4)	b	d	c	a
(5)	c	a	d	b
(6)	c	a	b	d

جدول زیر، اطلاعاتی درمورد موفقیت تولیدمثلی چهار ژنوتیپ مختلف، A تا D یک حشره از Hymenoptera را نشان می دهد. تعیین جنسیت در حشرات Hymenoptera (زنبر ها و wasp ها) به صورت هاپلودیپلوئیدی است: نرها از یک تخم لقاح نیافته به وجود می آیند و به همین دلیل هاپلوئید هستند و ماده ها از تخم های لقاح یافته به وجود می آیند و دیپلوئید هستند. اگر یک ماده فقط با یک نر آمیزش کند، دو دختر این فرد به طور میانگین، $3/4$ ژن هایشان را با یکدیگر به اشتراک می گذارند.

Females	Number of their own offspring	Number of siblings	Average number of offspring produced by each sibling
Genotype A	12	3	7
Genotype B	2	8	12
Genotype C	8	4	6
Genotype D	9	6	5

Q43-1 شایستگی مستقیم (direct fitness) ژنوتیپ A را مشخص کنید. فرض کنید که تمام زاده ماده هستند و ماده های دارای ژنوتیپ های مختلف نمی توانند با یکدیگر رقابت کنند. (122) (۱ نمره)

Q43-2 ژنوتیپ های A تا D را بر اساس شایستگی کل (inclusive fitness) رتبه بندی کنید، با این فرض که تمام زاده ها ماده هستند. عدد را از جدول زیر انتخاب کنید. (123) (۱ نمره)

(1)	A>B>D>C
(2)	A>D>B>C
(3)	B>A>D>C
(4)	B>D>A>C
(5)	C>A>D>C
(6)	C>D>A>C

شکل ۱ یک شبکه غذایی ساده شده در جنگل های معتدل را نشان می دهد. عنکبوت هایی که روی بوته ها و درختان زندگی می کنند شکارچی های عمومی هستند که از گیاهخواران و پوده خواران (detritivores) تغذیه می کنند. حشرات پوده خوار که مراحل لاروی خود را در زیر خاک می گذرانند ولی به عنوان بالغین بالدار به روی زمین می آیند، یک شکار احتمالی برای عنکبوت به حساب می آیند. گنجشک ها (Passerine birds) هم شکارچی های عمومی هستند که گیاهخواران، پوده خواران و عنکبوت ها را مصرف می کنند. بنابراین عنکبوت ها و گنجشک ها دو مسیر به شبکه های غذایی روی زمین علفخواری و پوده خواری دارند.

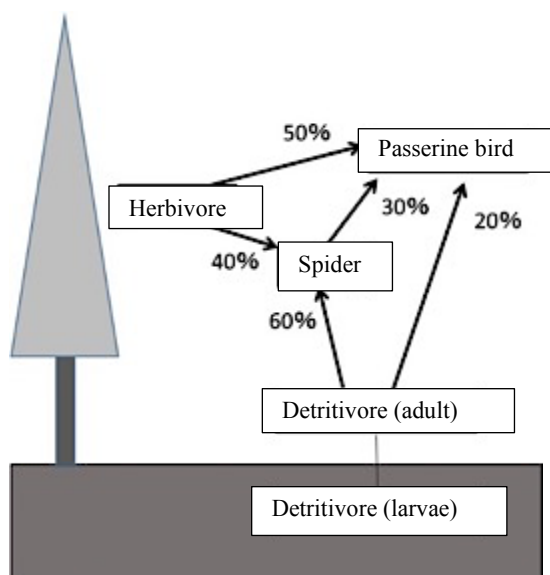
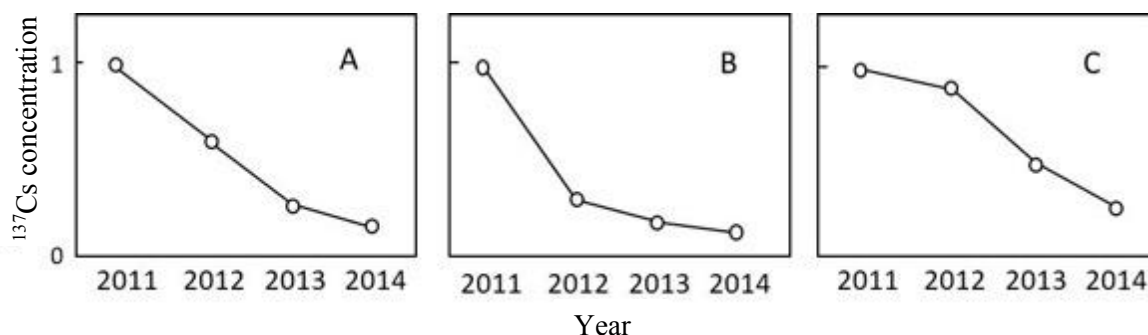


Figure 1

Q44-1 بیومس شکار های عنکبوت شامل 40% گیاهخواران و 60% پوده خواران می شود، در حالی که برای گنجشک ها شامل 50% گیاهخواران، 30% عنکبوت ها و 20% پوده خواران می شود. سهم مسیر از شبکه غذایی پوده خواری به گنجشک چند درصد است (که برابر با درصد بیومس پوده خواران نسبت به جمع بیومس پوده خواران و گیاهخواران است)؟ توجه کنید که بازده انتقال بین هر دو سطح تغذیه ای مجاور 10% است. جواب ها باید به صورت دورقمی با قطع کردن بخش اعشاری وارد شود. 124 125 (در صورت درست بودن هر دو رقم ۲ نمره)

Q44-2 مقدار زیادی از رادیونوکلئید ها از حادثه ی نیروگاه انرژی هسته ای فوکوشیما دایچی بعد از زلزله و سونامی متعاقب آن در مارس ۲۰۱۱ به محیط زیست آزاد شدند. سزیم ^{137}Cs یکی از نگران کننده ترین رادیونوکلئید ها است که از طریق اتمسفر به جنگل ها منتقل شد. ^{137}Cs در ابتدا روی سطح گیاهان باقی ماند و سپس همراه با باران یا ریزش برگ ها وارد خاک شد. ^{137}Cs یا به مواد آلی خاک با تبادل یونی متصل شده یا به طور خیلی قوی به کانی های میکا در خاک وصل می شود که باعث می شود جذب سزیم از ریشه های گیاهان آوندی چند سال بعد دشوار شود. با این حال، قارچ ها می توانند مقادیر بالایی از ^{137}Cs را جذب و انباشته کنند، که توسط پوده خواران مصرف می شوند. شکل ۲ یک تصویر شماتیک از این که چگونه غلظت ^{137}Cs در طی چند سال بعد از ریزش اولیه سزیم در بدن سه ارگانیسم مختلف تغییر می کند را نشان می دهد.



شکل ۲ تغییرات غلظت ^{137}Cs در طول چند سال. غلظت یک مقدار نسبی را نشان می دهد که مقدار سال ۲۰۱۱، یک قرار داده شده است.

با توجه به اطلاعات فوق، انتظار داریم ارگانیسم هایی که در جایگاه غذایی مختلف در شبکه غذایی جنگل هستند، روند تغییرات غلظت سزیم متفاوتی را نشان دهند. نمودارهای بالا (A,B,C) نشان دهنده ی پاسخ سه ارگانیسم مختلف است. ترکیب درست ارگانیسم ها را از جدول زیر انتخاب کنید. توجه کنید که اطلاعات در پاییز جمع شده و تجمع زیستی مواد در سطح های غذایی رخ نمی دهد. 126 (۱ نمره)

	A	B	C
(1)	Grasshopper	Spider	Earthworm
(2)	Grasshopper	Earthworm	Spider
(3)	Spider	Earthworm	Grasshopper
(4)	Spider	Grasshopper	Earthworm
(5)	Earthworm	Grasshopper	Spider
(6)	Earthworm	Spider	Grasshopper

توالی اولیه می تواند در مناطق کاملاً فاقد حیات رخ بدهد که با حضور گیاهان پیشرو (سری-اولیه) مشخص می شود و سپس جایگزینی این گونه ها توسط سایر گیاهان سری های بعدی رخ می دهد. یک مثال از این فرآیند را می توان در آلاسکا دید، جایی که به علت گرم شدن اقلیم در طول هولوسن، یخچال های طبیعی عقب نشینی کرده اند. در طی این توالی، خصوصیات کلیدی خاک مثل محتوای نیتروژن و فسفر تغییر می کند. نیتروژن با مسیر های زیستی تثبیت نیتروژن، وارد خاک می شود (یعنی تبدیل N_2 به فرم هایی که بتوانند برای سنتز مواد آلی استفاده شوند). فسفر توسط فرسایش سنگ ها به خاک اضافه می شود. گیاهان در هر مرحله ای از توالی از این مواد برای رشد و بقا استفاده می کنند. بعد از مرگ گیاهان، عناصری که در گیاهان ذخیره شده اند می توانند با فعالیت میکروارگانیسم های تجزیه کننده دوباره به خاک وارد شوند. مواد معدنی خاک می تواند در طول زمان بارها توسط گیاهان جذب و مصرف شود، ولی بعضی طی خارج شدن از اکوسیستم از بین می روند.

از (1) تا (4) یک نمودار انتخاب کنید که تغییرات موقتی انباشت مواد معدنی در خاک را در طول توالی اولیه بعد از عقب نشینی یخچال های آلاسکا به درستی نشان دهد. حالت های اوج جنگل های شمالی (تایگا) است. در این نمودار ها، N و P کل مقدار را نشان می دهند. (۲ نمره)

