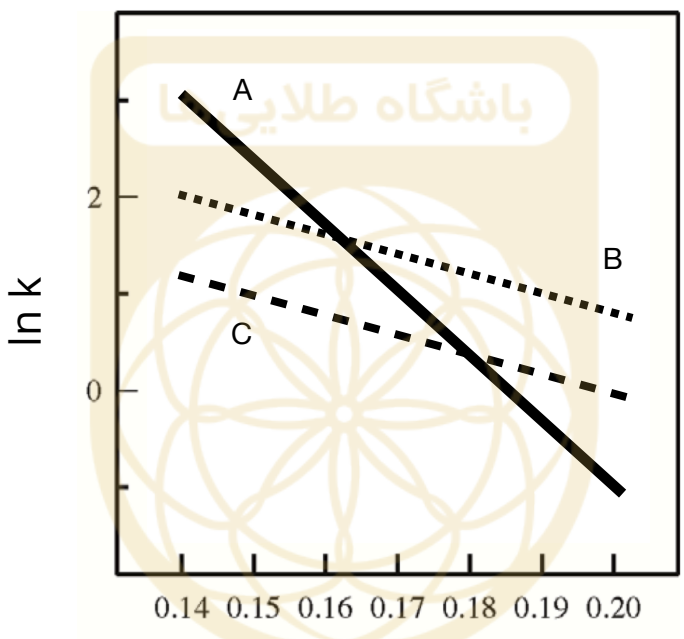
پرسش ۱ کروماتوگرافی فاز معکوس روشی پرکاربرد در بررسی نمونه‌های پروتئینی و پپتیدی است. در این نوع کروماتوگرافی فاز ثابت (ستون) غیرقطبی است. ابتدا نمونه پروتئینی که در فاز آبی حل شده است در این ستون بارگذاری می‌شود و سپس در روند جداسازی (elution) فاز متحرک که حاوی یک حلال آلی غیرقطبی است اعمال می‌شود، در نتیجه جداسازی اجزای نمونه بر اساس قطبیت رخ می‌دهد. برای بررسی کمّی این جداسازی از پارامتر نگهداشت با اختصار k استفاده می‌کنیم. این پارامتر به معنای نسبت حجم فاز متحرک به حجم ستون است که برای خارج شدن هر ماده اعمال شده است. پیچیدگی طراحی یک آزمایش کروماتوگرافی در این است که پارامتر k خود تابعی از ترکیب فاز متحرک است. رابطه لگاریتم طبیعی پارامتر k را با درصد حلال آلی استفاده شده در فاز متحرک برای سه ماده در شکل ۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۱. ارتباط لگاریتم طبیعی معیار نگهداشت نسبت به ترکیب فاز متحرک

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

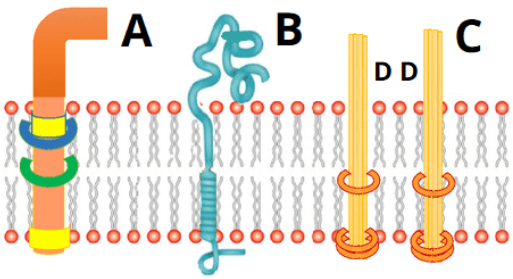
الف) در کروماتوگرافی با ۱۵ درصد حلال آلی، ماده A اولین ماده‌ای است که از ستون خارج می‌شود.

ب) قدرت جداسازی این سه ماده در کروماتوگرافی با ۲۰ درصد حلال آلی بیشتر از ۱۶ درصد است.

ج) فاصله زمانی خروج ماده A و B در کروماتوگرافی با ۱۴ درصد حلال آلی، نسبت به این فاصله زمانی، در کروماتوگرافی با ۲۰ درصد حلال آلی، بیشتر است.

د) ماده A نسبت به ماده B قطبی‌تر (آب‌دوست‌تر) است.

ه) نرخ کاهش پارامتر نگهداشت با افزایش درصد حلال آلی، کاهشی است.



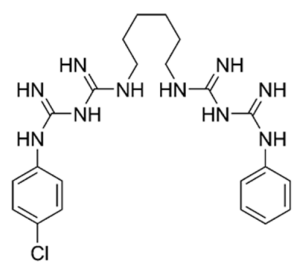
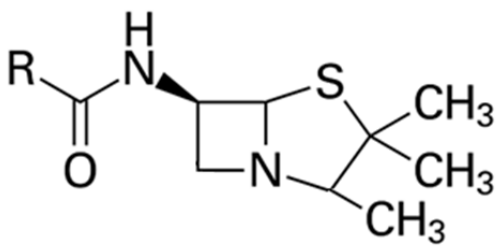
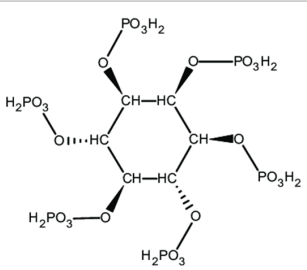
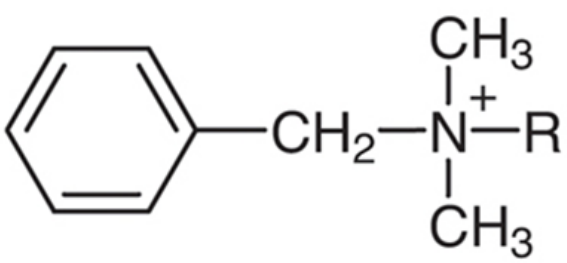
شکل ۱. گیرنده‌های غشای باکتری

پرسش ۲ مقاومت پاتوژن‌ها به ترکیبات ضدمیکروبی از جدی‌ترین خطراتی است که بشر را تهدید می‌کند. تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۵۰ میلادی تعداد مرگ‌ومیرهای ناشی از این مسئله به عدد ده میلیون نفر در سال برسد. به همین دلیل یافتن ترکیبات ضدمیکروبی (اعم از آنتی‌بیوتیک‌ها) مسئله مرگ و زندگی است! پژوهشی روی تکامل نوعی آنتی‌بیوتیک طبیعی انجام شد. در یک محیط کشت مشترک، یک گونه باکتری و یک گونه آغازی دیپلوئیدی تک سلولی (N=5) همزمان کشت داده شدند و در پی آن رقابت بر سر منابع محیطی محدود (یون‌ها، آمینواسیدها و گلوکز) به وجود آمد. همچنین در روند تکامل همراه این دو گونه، آغازی آنتی‌بیوتیک‌هایی بر علیه باکتری تولید و باکتری سازوکارهایی برای مقاومت به این آنتی‌بیوتیک‌ها پیدا کرد. آنتی‌بیوتیک‌های موثر بر این باکتری از طریق سه گیرنده اصلی (شکل ۱) روی غشا وارد سلول شده و منجر به مهار فعالیت آنزیم DNA Polymerase می‌شوند.

گیرنده A: یک کانال که تنها نسبت به آب و آنتی‌بیوتیک تراوا است.

گیرنده B: تمایل زیادی به گوگرد دارد و در صورت اتصال آنتی‌بیوتیک منجر به اندوسیتوز آن می‌شود.

گیرنده C: لوکوس این گیرنده، پروتئین D را تولید می‌کند. این پروتئین مونومر بوده و در غشا قرار می‌گیرد. هنگامی که دو بخش آروماتیک یک مولکول آنتی‌بیوتیک هم‌زمان به ۲ مونومر D وصل شود، این دو پروتئین تشکیل دیمر داده و به عنوان گیرنده C، آن را وارد می‌کنند. گونه آغازی، سه نوع آنتی‌بیوتیک متفاوت تولید می‌کند که هر کدام به وسیله یکی از این گیرنده ها وارد می‌شود. در شکل ۲، ساختار چند آنتی‌بیوتیک آورده شده که ۳ تا از آن‌ها، همان آنتی‌بیوتیک‌های مدنظر ما هستند.

2	1
	
4	3
	

شکل ۲. چهار آنتی‌بیوتیک بالقوه تولید شده توسط آغازی

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) ماده ۳ بر گیرنده C عمل می‌کند.

ب) یکی از سازوکارهای مقاومت باکتری می‌تواند افزایش جذب آمینواسید تیروزین از محیط و مصرف آن باشد.

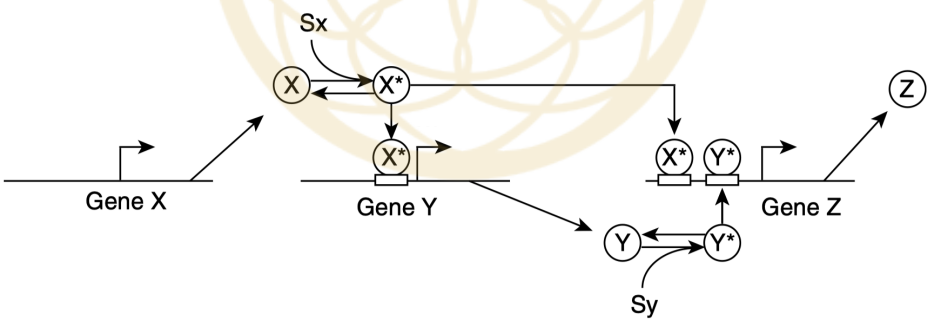
ج) آغازی‌هایی که همزمان ماده ۲ و ۳ را تولید می‌کنند، نسبت به آغازی‌هایی که تنها ماده ۲ را تولید می‌کنند شایستگی بالاتری دارند.

د) نمودار سرعت (نرخ) ورود آنتی‌بیوتیک از طریق گیرنده A نسبت به فراوانی آنتی بیوتیک در محیط، هایپربولیک (مشابه کینتیک میکائیلیس-منتن) است.

ه) ماده ۱ و ۴ به ترتیب روی گیرنده های B و A عمل می‌کنند.

پرسش ۳

چرخه پیش‌خورد یا Feed Forward Loop که به اختصار FFL نامیده می‌شود، یک مدار ژنتیکی در سلول‌ها است. سازوکار این مدار را در شکل ۱ مشاهده می‌کنید. عامل رونویسی X به طور معمول در سلول بیان می‌شود اما غیرفعال است. این عامل در حضور محرک X (Sx) فعال شده و بیان ژن Y، که محصول آن نیز یک عامل رونویسی است، را آغاز می‌کند. عامل رونویسی Y هم به طور معمول غیرفعال است و تنها در حضور محرک Y (Sy) فعال می‌شود. بیان ژن Z که پاسخ نهایی این مدار است، تنها در حضور هر دو عامل رونویسی فعال X و Y رخ می‌دهد. مقیاس زمانی فعال یا غیرفعال شدن عوامل رونویسی (به ترتیب در حضور و غیاب محرک‌ها) و همچنین اتصال و انفصال آن‌ها به پروموتر در قیاس با بیان ژن قابل چشم‌پوشی است.



شکل ۱. سازوکار مدار ژنتیکی FFL

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) اگر محرک X در محیط وجود داشته باشد، بلافاصله بعد از اضافه شدن محرک Y، بیان ژن Z آغاز می‌شود.

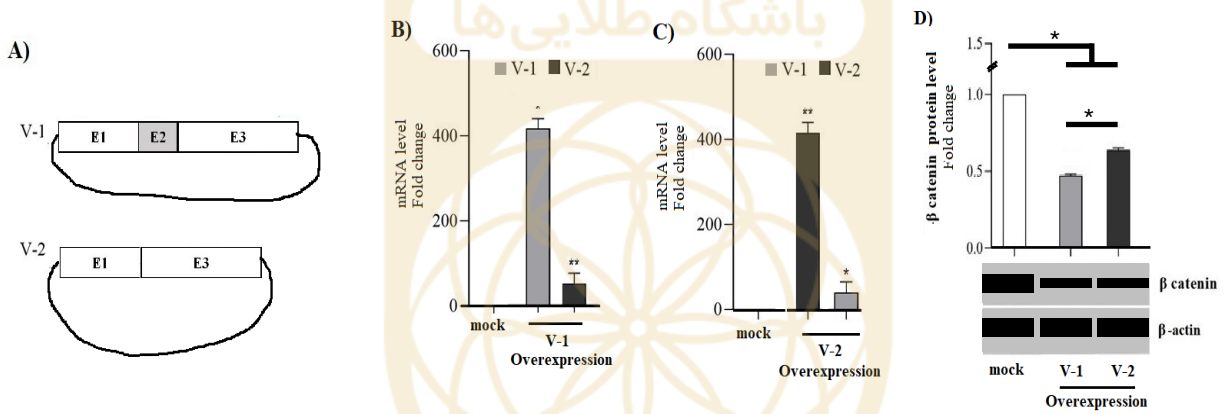
ب) اگر محرک Y در محیط وجود داشته باشد، بلافاصله بعد از اضافه شدن محرک X، بیان ژن Z آغاز می‌شود.

ج) با افزایش تمایل اتصال عامل Y فعال به پروموتر Z، مدت زمان تاخیر در بیان Z نسبت به آغاز محرک X افزایش پیدا می‌کند.

د) با ایجاد یک ضربان کوتاه مدت (pulse) از محرک‌های X و Y، پاسخ Z نیز به صورت یک ضربان ایجاد می‌شود.

ه) اگر ژن Z در حال بیان باشد، بلافاصله بعد از قطع شدن محرک X بیان ژن Z قطع می‌شود.

پرسش ۴ برای مطالعه عملکرد یک ژن انسانی (ژن X) آزمایشی طراحی کرده‌ایم. در این آزمایش از روی ژن X دو نسخه mRNA (Transcription Variants) به نام واریانت‌های V-1 و V-2 که از ترکیب‌های متفاوتی از اگزون‌ها (اختصار E در شکل) تولید شده‌اند را پس از تبدیل به cDNA، به درون پلازمیدهای بیانی کلون کردیم (شکل A.۱). در ادامه هر کدام از این سازه‌ها را به درون سلول‌های انسانیِ کشت شده منتقل کردیم، سطح بیان این واریانت‌ها را اندازه‌گیری و با حالتی که فقط پلازمید غیر نوترکیب (mock) وارد سلول شده، مقایسه کردیم (شکل B.۱ و C.۱). پیش بینی شده است که ژن X از طریق کاهش میزان پروتئین بتا-کاتنین سیتوپلاسمی، موجب تکثیر سلولی می‌شود. در شکل D.۱ نتایج آزمون وسترن بلات و مقادیر پروتئین بتا-کاتنین را در سیتوپلاسم در سلول کنترل (mock) و در حالات بیش‌بیان هر یک از دو واریانت نشان می‌دهد. اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها با علامت ستاره (*) مشخص شده است.



شکل ۱. A) دو واریانت بیانی. B) مقدار تغییرات MRNA هر دو واریانت در صورت بیش‌بیان V-۱. C) مقدار تغییرات MRNA هر دو واریانت در صورت بیش‌بیان V-۲. D) مقدار تغییرات پروتئین بتا-کاتنین در صورت بیش‌بیان دو واریانت. وسترن بلات برای بتا-کاتنین (ردیف بالای ژل) و بتا-اکتین (ردیف پایین ژل) نیز نشان داده شده است.

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) هر دو واریانت ژن X سرکوب‌گر تومور هستند.

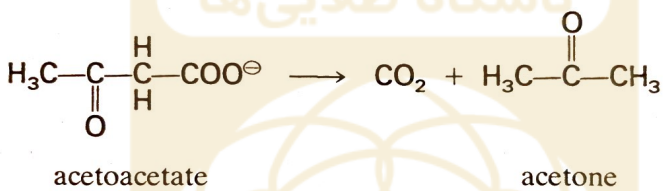
ب) بیش بیان (Overexpression) واریانت V-1 موجب کاهش بیان V-2 شده است.

ج) با کاهش بیان V-1 یا V-2 سطح پروتئین بتا-کاتنین کاهش یافته است.

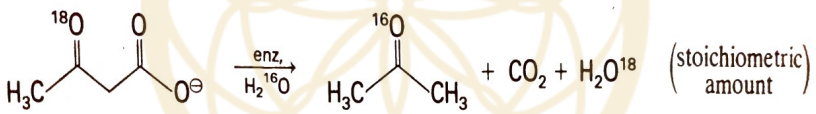
د) اگزون دوم این ژن رشد و تکثیر سلولی را تحریک می‌کند.

ه) ژن X از طریق کاهش ساخت‌وساز مجموعه پروتئین‌های سلول، اثر خود را اعمال می‌کند.

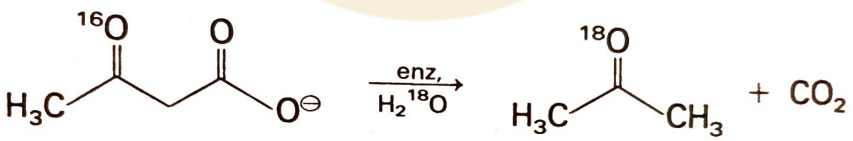
پرسش ۵ استواستات دکربوکسیلاز آنزیمی است که پیامدهای تاریخی مهمی در منطقه خاورمیانه، به ویژه در جنگ جهانی اول و ایجاد فلسطین اشغالی دارد. نیروهای متفقین در طی جنگ، به استون خالص به عنوان حلال برای نیتروسلولز (یک ترکیب بسیار قابل اشتعال که جزء اصلی باروت است) نیاز داشتند. بیوشیمی‌دانی به نام Chaim Weizmann در سال ۱۹۱۶، برای نخستین بار کلستریدیوم استوبوتیلیکوم یک باکتری گرم مثبت و بی‌هوازی را که در آن استواستات دکربوکسیلاز یافت می‌شود، جدا کرد. وایزمن توانست از توانایی ارگانیسم برای تولید استون از نشاسته به منظور تولید انبوه مواد منفجره در طول جنگ استفاده کند. این امر باعث شد که دولت‌های آمریکا و بریتانیا فرایند طراحی شده توسط Chaim Weizmann را در چندین کارخانه بزرگ در انگلستان، فرانسه، کانادا و ایالات متحده نصب کنند. به پاس این خدمات علمی وایزمن رئیس جمهور شد. آنزیم استواستات دکربوکسیلاز واکنش آنزیمی شکل ۱ را کاتالیز می‌کند. برای اثبات مکانیسم با استفاده از ایزوتوپ سنگین اکسیژن در ساختار استواستات (شکل ۲) و محیط رخداد واکنش (شکل ۳) دو آزمایش انجام شد.



شکل ۱. واکنش کاتالیز شده توسط آنزیم استواستات دکربوکسیلاز



شکل ۲. آزمایش اول با ایزوتوپ سنگین اکسیژن در ساختار استواستات



شکل ۳. آزمایش دوم با ایزوتوپ سنگین اکسیژن در محیط واکنش

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) این واکنش در چرخه کربس انجام می‌شود.

ب) این آنزیم نیازمند کوفاکتور بیوتین (ویتامین B7) است.

ج) اکسیژن کربن بتا (شماره ۳) به صورت آب ظاهر می‌شود.

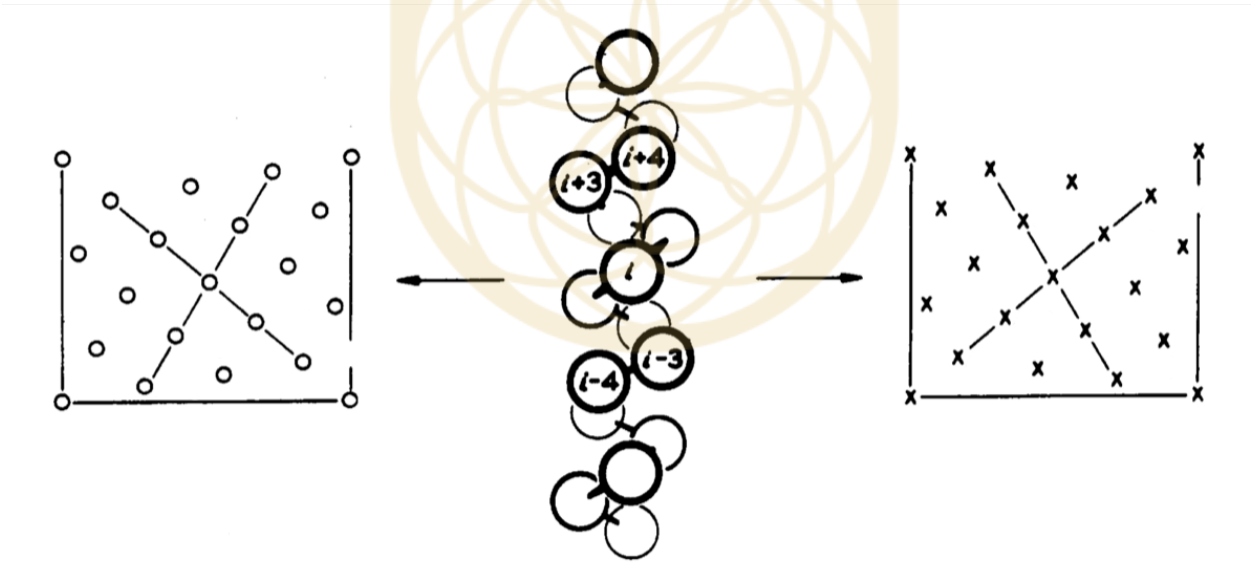
د) در مسیر انجام واکنش یک پیوند کوالان بین آنزیم و سوبسترا شکل می‌گیرد.

ه) انجام واکنش توسط آنزیم نیازمند NADH یا $FADH_2$ است.

با توجه به متن زیر به پرسش ۶ و مسئله ۱ پاسخ دهید.

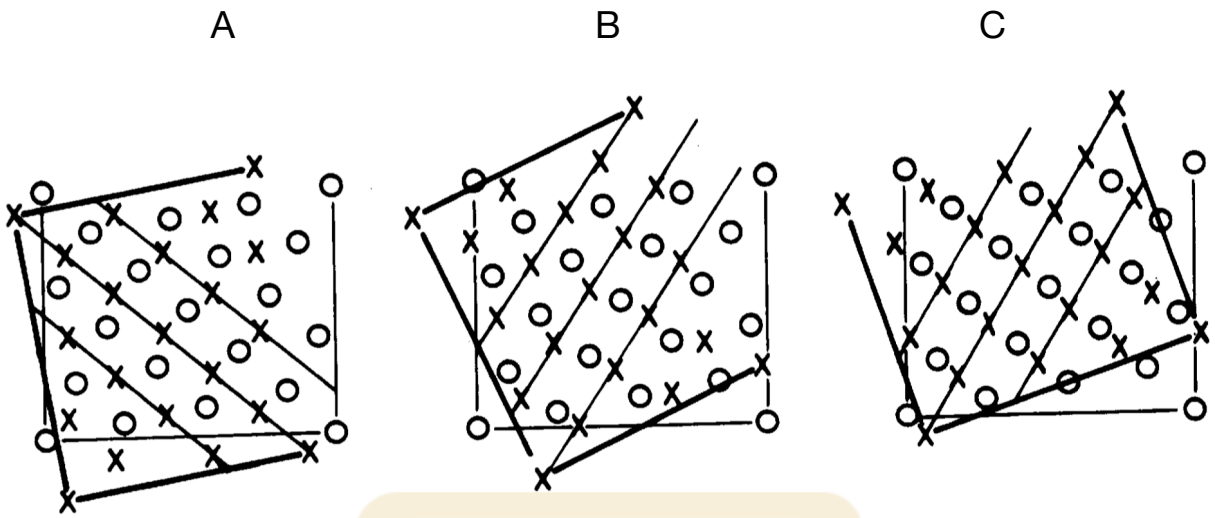
فرانسیس کریک در مقاله‌ای در سال ۱۹۵۳ تلاش کرد ساختار فضایی پروتئینی کراتین را از پراش اشعه X کریستال آن توجیه کند. این دسته پژوهش‌ها به کشف خانواده‌هایی از ساختار ابرثانویه (super-secondary) در پروتئین انجامید که سردسته آن را به عنوان مارپیچ‌های آلفای در هم تنیده یا coiled coil می‌شناسیم که ساختار آن در شکل زیر نشان داده شده است.

پرسش ۶ در روشی برای مصورسازی ساختار سه‌بعدی پروتئین فرض کنید یک برگه کاغذ را دور استوانه‌ی محاط به یک مارپیچ آلفا می‌پیچیم؛ این مارپیچ آلفا عمودی قرار گرفته است و ترمینال آمین در پایین است. در ادامه موقعیت آمینواسیدها را روی این کاغذ آن علامت‌گذاری می‌کنیم. حال برگه کاغذ را باز کرده و به هر دو سطح (پشت و رو) آن نگاه می‌کنیم. در شکل ۱ این روش مصورسازی برای یک مارپیچ آلفا نشان داده شده است.



شکل ۱. روش مصورسازی ساختار سه‌بعدی یک مارپیچ آلفا با استفاده از یک برگه کاغذ فرضی

برای مطالعه برهمکنش دو مارپیچ آلفا از این نوع مصورسازی استفاده می‌کنیم و یکی از مارپیچ‌های آلفا را با نمایش سطح x و دیگری را با نمایش سطح o نشان می‌دهیم. با قرار دادن آمینواسیدهای یک مارپیچ بین فضاهای خالی مارپیچ دیگر سه نوع برهمکنش ممکن برای مجاورت دو مارپیچ آلفا را متصور شده‌ایم (شکل ۲).



شکل ۲. سه فرضیه برای مجاورت دو مارپیچ آلفا

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) آن سطح برگه کاغذ که با x علامت‌گذاری شده، سطحی از کاغذ است که در تماس با مارپیچ بوده است.

ب) ارتفاع برگه کاغذی که برای مصورسازی ساختار سه‌بعدی مارپیچ از آن استفاده کردیم، ۲۷ آنگستروم است.

ج) دو مارپیچ آلفا در حالت مجاورت A نسبت به حالت B هم‌راستاتر هستند.

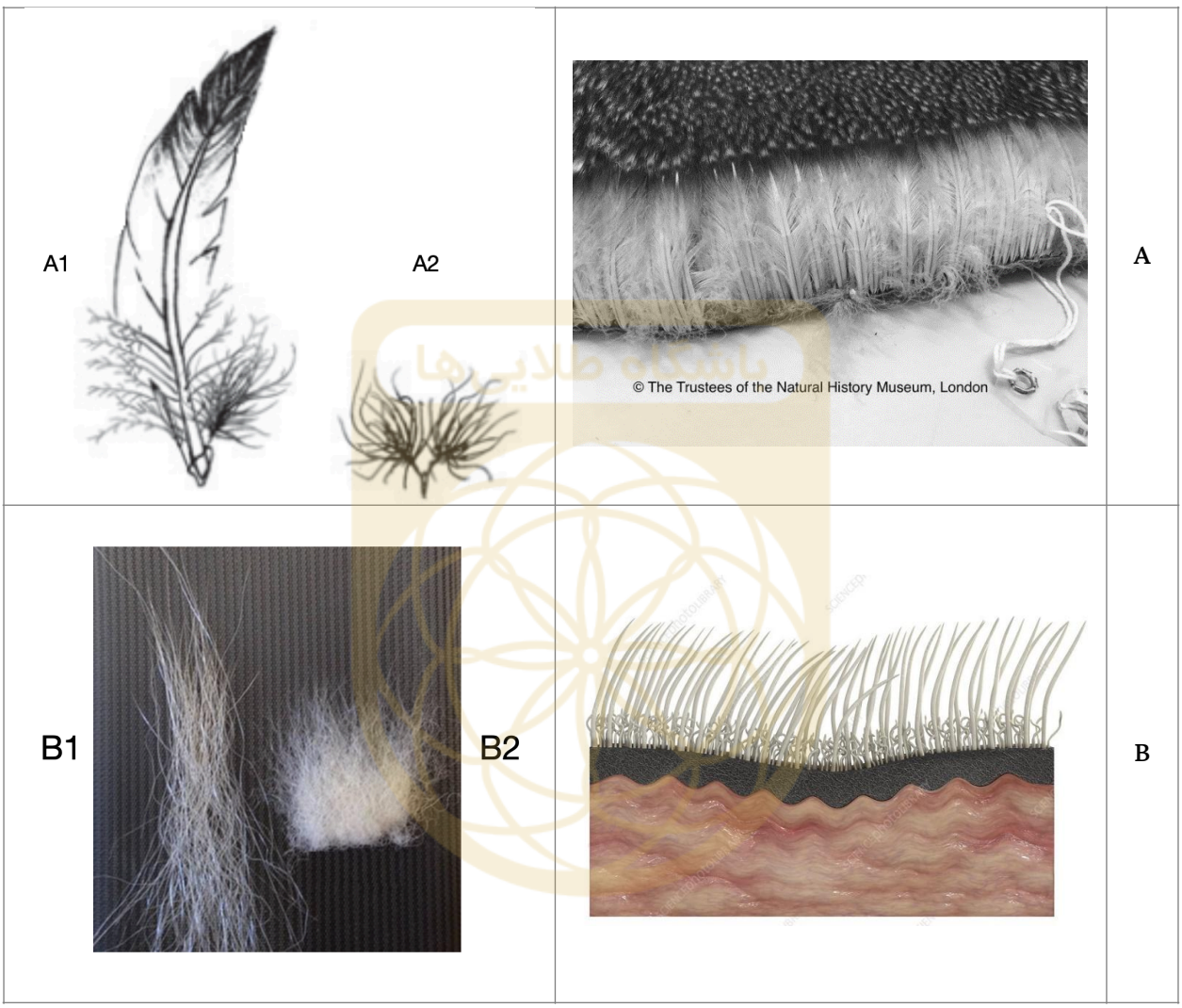
د) حالت مجاورت ابرمارپیچ (coiled coil) طبیعی از نوع C است.

ه) اگر یک مارپیچ آلفای راست‌گرد در یک ابرساختار راست‌گرد قرار گیرد، تعداد آمینواسید در هر دور چرخش همین مارپیچ آلفا کم می‌شود.

مسئله ۱ یک آلفا هلیکس معمولی در ۱ دور چرخش ۳.۶ آمینواسید و ۵.۴ آنگستروم است. یک آلفا هلیکس که در ابرمارپیچ قرار گرفته است، در ۲ دور چرخش ۷ آمینواسید دارد. طول یک دور چرخش کامل ابرمارپیچ (الگوی تکرار شونده در هم تنیدن دو مارپیچ آلفا) چند نانومتر است؟

مسئله ۲ عدد تبدیل یا turn over number که به اختصار K_{cat} شناخته می‌شود، تعداد مولکول های سوبسترایی است که توسط یک مولکول آنزیم در واحد زمان به محصول تبدیل می‌شود. در آزمایشی که در یک لوله آزمایش به حجم ۱۰ میلی‌لیتر انجام شد، غلظت آنزیم مورد استفاده (با وزن مولکولی ۲۵ کیلودالتون) برابر ۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بوده و سرعت بیشینه این آنزیم را برابر با ۱۰۰ میکرومول در دقیقه محاسبه کردیم. مقدار K_{cat} آنزیم در واحد دقیقه چیست؟

پرسش ۷ تصاویر A و B جهت بررسی سازشی پوشش دو جانور در یک منطقه جغرافیایی گرفته شده است. در ستون راست نمای کلی پوست این دو جانور و در ستون چپ اجزای تشکیل دهنده پوشش همان جانور را مشاهده می‌کنید (شکل ۱).



شکل ۱. نمای کلی پوست و اجزای تشکیل‌دهنده آن برای دو جانور

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) منطقه زیست این دو جانور احتمالا یک منطقه گرم و خشک است.

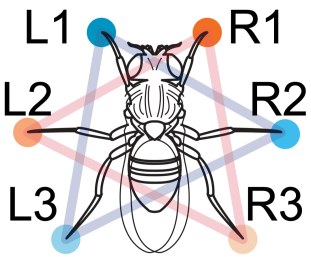
ب) هر دو جانوار بالا بخشی از روز را در خشکی و بخش دیگر را در آب سپری می‌کنند.

ج) تصاویر بالا نشان دهنده یک آنالوژی (هم‌عملکردی) هستند.

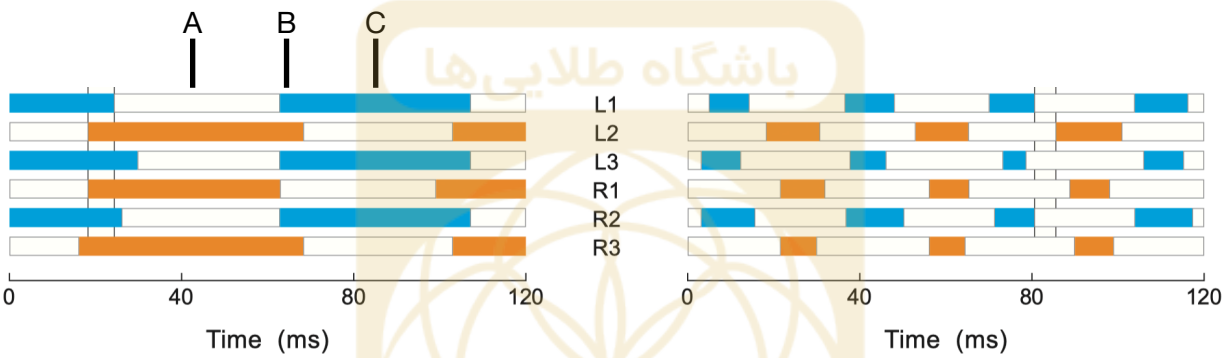
د) انتظار داریم فراوانی ساختار A1 روی پوست جانور A نسبت به ساختار A2 بیشتر باشد.

ه) انتظار داریم ساختار B2 با یک ماده به شدت هیدروفیل پوشانده شده باشد.

پرسش ۸ به منظور بررسی سازوکار راه رفتن حشرات، و تاثیرات سرعت حرکت در آن آزمایشی انجام دادیم. در شکل ۱ شش اندام حرکتی مگس دروزوفیلا نام‌گذاری شده است. در شکل ۲ با بررسی فیلم‌های حرکت آهسته از راه رفتن این مگس، زمان تماس هر اندام (ردیف وسط) با زمین به صورت نواحی توپر نشان داده شده است. محور افقی گذر زمان را نشان می‌دهد. سرعت حرکت مگس در نمودار سمت چپ ۵ میلی‌متر بر ثانیه و در نمودار سمت راست ۳۰ میلی‌متر بر ثانیه بوده است.



شکل ۱. اندام‌های حرکتی حشره



شکل ۲. بررسی گام‌های حشره در دو سرعت متفاوت

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) با افزایش سرعت حرکت طول هر قدم افزایش پیدا می‌کند.

ب) با افزایش سرعت حرکت فرکانس قدم برداشتن افزایش پیدا می‌کند.

ج) ارتفاع مرکز ثقل بدن حشره در نقطه A از B بیشتر است.

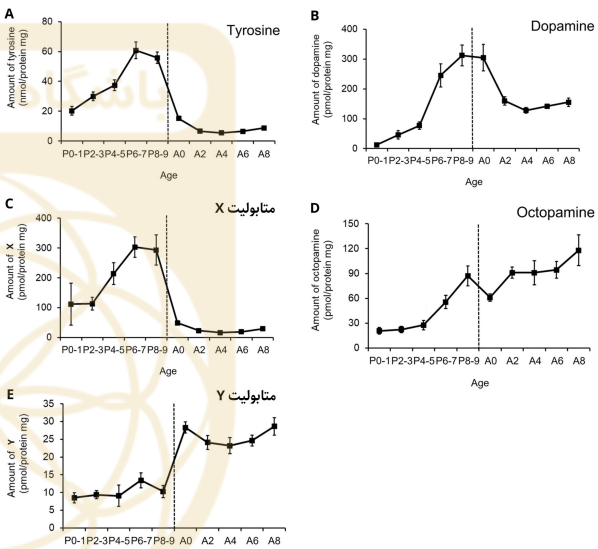
د) زاویه محور سری-دمی بدن در نقطه A نسبت به C ساعت‌گرد است.

ه) با افزایش سرعت حرکت مدت زمانی که حشره روی هر شش اندام حرکتی استوار است کاهش پیدا می‌کند.

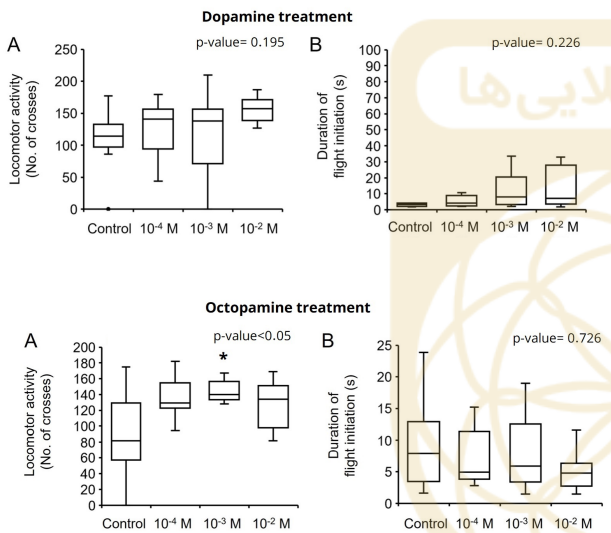
پرسش ۹ رفتارهای حرکتی حشرات در روند دگردیسی دچار تغییرات چشم‌گیری می‌شوند. پژوهشی نقش غلظت پنج آمین بیوژنیک در مغز را در بروز رفتارهای حرکتی در زنبورهای بزرگ (Bombus ignitus) بررسی کرده است. در بخش اول این مطالعه، پژوهش‌گران غلظت این آمین‌ها را در طی زمان از شفیرگی (P) تا بلوغ (A) اندازه‌گیری کرده‌اند (شکل ۱). در بخش دوم این مطالعه، پژوهش‌گران غلظت‌های مختلف دوپامین و اکتوپامین را به مغز حشره ۴ روزه تزریق کرده و سپس تحرک و پرواز زنبورها را بررسی کردند. (شکل ۲).

نکته ۱: این آمین‌ها بخشی از یک مسیر متابولیک هستند که با تیروزین آغاز می‌شود.

نکته ۲: مرز p-value معنادار را ۰.۰۵ در نظر بگیرید.



شکل ۱. میزان نسبی متابولیت‌های مختلف به پروتئین‌های مغز (P: دوران شفیرگی، A: حشره کامل؛ برای مثال P۲-۳ نشان دهنده روزهای دوم و سوم شفیرگی و A۲ نشان دهنده روز دوم بلوغ است)



شکل ۲. A) اثر متابولیت روی تحرک، B) اثر متابولیت روی مدت زمان لازم برای شروع پرواز

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) تولید بیشتر متابولیت‌ها به دلیل افزایش تعداد سلول‌های ترشح‌کننده در طی رشد و نمو حشرات است.

ب) افزایش غلظت دوپامین اثری روی مدت زمان لازم برای شروع پرواز ندارد.

ج) افزایش غلظت اکتوپامین همواره باعث تحرک بیشتر حشره می‌شود.

د) در این مسیر، متابولیت Y به متابولیت X تبدیل می‌شود.

ه) در این مسیر،متابولیت Y پیش‌ساز دوپامین است.

پرسش ۱۰ بزمجه‌ها گروه بزرگ و متنوعی از مارمولک‌ها هستند که به خانواده Varanidae تعلق دارند و در بخش‌های مختلف جهان، از جمله آفریقا، آسیا و استرالیا یافت می‌شوند. بزمجه‌ها به بدن و گردن بلند و چنگال‌های (Claw) تیزشان شناخته می‌شوند. اندازه این موجودات از گونه‌های کوچکی که تنها چند سانتی‌متر طول دارند تا بزرگترین مارمولک زنده (اژدهای کومودو) که می‌تواند تا ۳ متر طول ۷۰ کیلوگرم وزن داشته باشد، متغیر است. چنگال‌های بزمجه، یک سازش مهم است که آن‌ها را قادر به بقا در محیط‌های متنوع می‌سازد. چنگال‌ها، این موجودات را قادر به صعود و نزول در محیط شیب‌دار، حفاری خاک و شکار می‌کند. مطالعه‌ای با هدف بررسی اثر زیستگاه بر ریخت شناسی چنگال‌ها، شکل چنگال انگشت چهارم از اندام جلویی را برای ده گونه بزمجه از جنس Varanus در منطقه کیمبرلی استرالیا مورد بررسی قرار داده است. این منطقه به طور عمده سه منطقه زیستگاهی علفزارهای ساوانا، صخره‌ای-سنگی و درختی را شامل می‌شود. شکل ۱ نتایج این مطالعه را نشان می‌دهد. هر تصویر میانگین یک چنگال را برای گونه و پاره خط اندازه معیار دو میلی‌متر را نشان می‌دهد.

علفزار های ساوانا (حفار)	V. panoptes	
	V. gouldii	
	V. mertensi	
مناطق سنگی-صخره‌ای	V. acanthurus	
	V. kingorum	
	V. glebopalma	
	V. glauerti	
درختی	V. scalaris	
	V. mitchelli	
؟	V. tristis	

شکل ۱. شکل چنگال گونه‌های بزمجه در زیستگاه‌های متفاوت

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) افزایش انحنای(curvature) انگشتان در افزایش توانایی بالا رفتن از درخت موثر است.

ب) افزایش نسبت ضخامت(Height) به طول چنگال ها سازشی برای بهبود توانایی حفر زمین است.

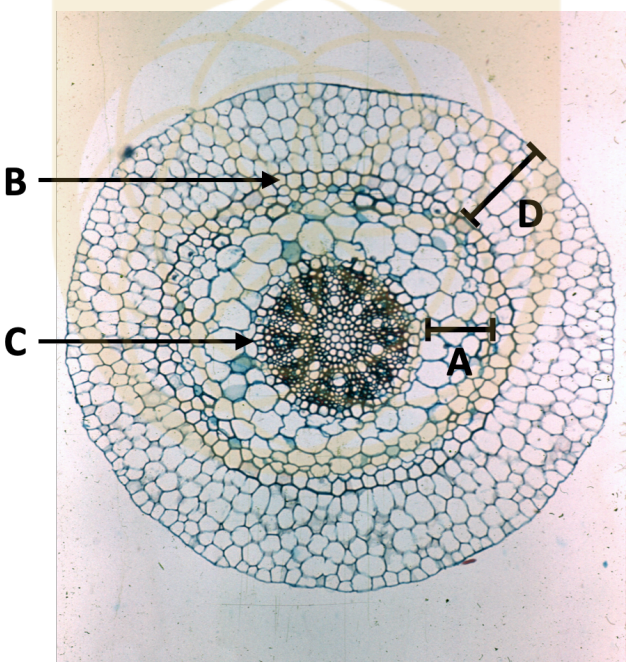
ج) گونه V. glauerti نسبت به V. acanthurus در مناطقی با شیب تند تر زندگی می‌کند.

د) گونه V. tristis با احتمال بیشتری درخت‌زی است تا صخره‌زی.

ه) زاویه بین انگشتان ۱ و ۵ دست در گروه حفار نسبت به درخت‌زی کمتر است.

پرسش ۱۱

دانش‌پژوهی در گردش علمی گیاهی را براي اولین بار دید. او بدون بیرون آوردن گیاه از خاک، قطعاتی از آن را جدا کرد و برای مشاهده با میکروسکوپ به آزمایشگاه برد. دانش‌پژوه از یکی از قطعه‌ها برش عرضی تهیه با میکروسکوپ مشاهده کرد. نتیجه را در شکل ۱ می‌بینید.



شکل ۱. برش عرضی گیاه موردنظر

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) این برش مربوط به ساقه است.

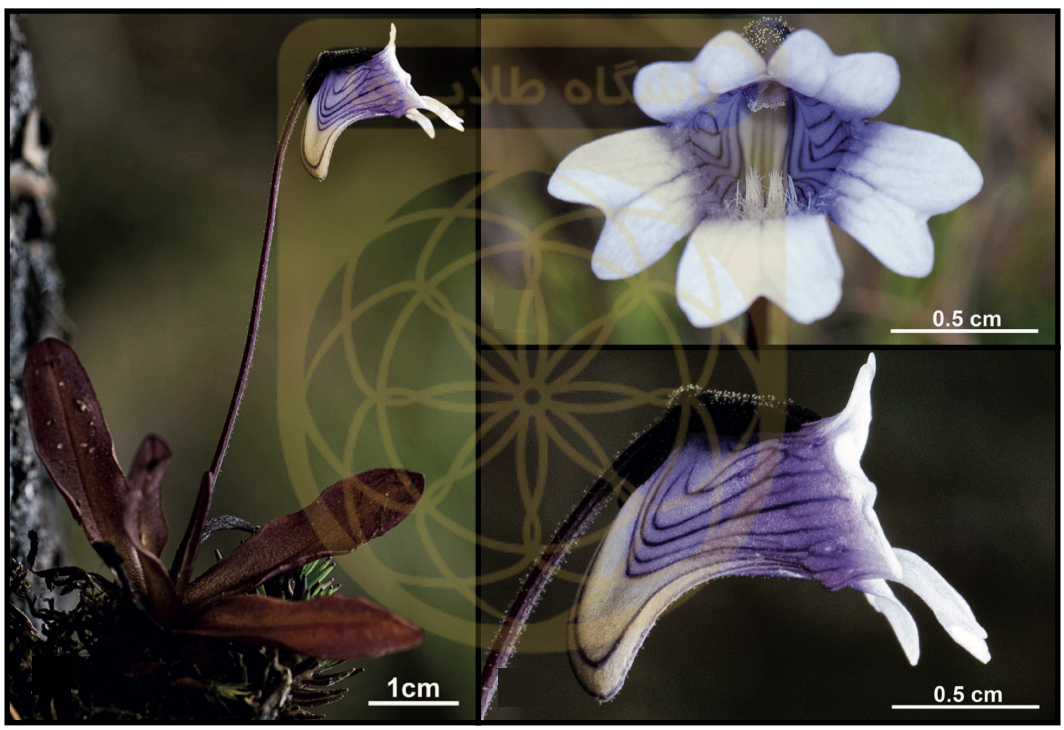
ب) منشا تکوینی بخش A مریستم زمینه است.

ج) در صورتی که این گیاه گل داشته باشد، تعداد گل‌برگ‌ها مضربی از ۳ خواهد بود.

د) هر دو لایه B و C دارای نوار سوبرینی هستند.

ه) بخش D در جذب و ذخیره آب نقش دارد.

پرسش ۱۲ چرب‌گیاهان یا butterworts از سرده Pinguicula گیاهانی گوشت‌خوار هستند. کُنراد گِسنر، حکیم سوئیسی در سال ۱۵۶۱ برگ‌های برّاق این گیاه را مشاهده و به عنوان pinguia et tenera folia (لاتین: به معنای برگ‌های چرب و لطیف) توصیف کرد. حدود ۱۱۵ گونه از این جنس شناخته شده است که با به دام انداختن و تجزیه حشرات کوچک تغذیه می‌کنند. اکثر گونه‌های این سرده در نیم‌کره شمالی پراکنده‌اند. پیش از این یک گونه در کشور اکوادور کشف شده بود اما در یک پژوهش اخیر دو گونه جدید نیز در اکوادور کشف و بررسی شده است. در شکل ۱ برگ‌ها و گل گونه تازه کشف‌شده Pinguicula jimburensis را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱. نمای کلی اندام‌های رویشی و زایشی گیاه مورد نظر

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) محیط زندگی این گیاه از نظر محتوای نیترات فقیر است.

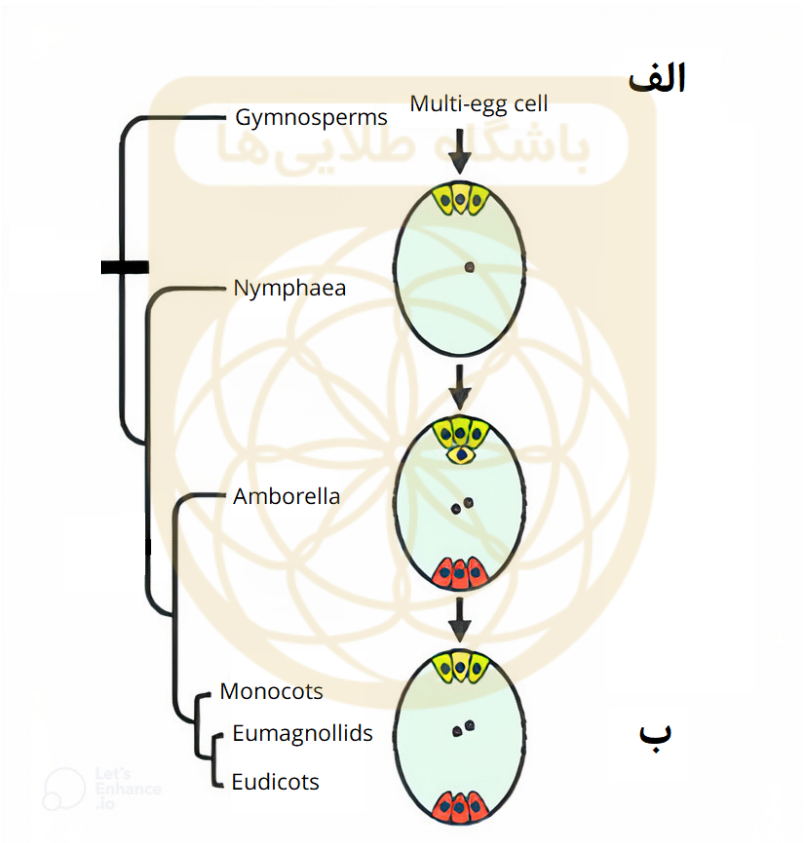
ب) افزایش فاصله گل از برگ‌ها، سازشی جهت افزایش موفقیت گرده‌افشانی توسط حشرات است.

ج) اگر گرده‌افشانی این گل توسط حشرات انجام شود این حشرات احتمالا در روز فعالیت دارند.

د) گلبرگ‌های این گل به هم متصل شده و با تشکیل ساختار جام محفظه‌ای را برای به دام انداختن طعمه ساخته‌اند.

ه) تقارن این گل از نوع شعاعی (radial) است و پنج محور تقارن دارد.

پرسش ۱۳ نهان‌دانگان حدود ۱۳۰ الی۱۵۰ میلیون سال پیش به طور ناگهانی بر روی زمین ظاهر شدند و ۱۰ الی ۱۲ میلیون سال بعد از آن اشتقاق گسترده ای یافتند. مطالعات تبارزایشی اخیر، عمدتاً آمبورلا (Amborella) و به دنبال آن نیلوفرهای آبی (Nymphaea) یا آمبورلا به علاوه نیلوفرهای آبی (که در شاخه ای شامل Amborella, Nymphaeales, Austrobaileyaceae ، Illiciaceae, Trimeniaceae قرار می گیرند و به اختصار ANITA نامیده می شوند) را به عنوان نخستین نهاندانگان معرفی می‌کنند. با این حال، مطالعات تکوینی و جدید نشان می‌دهد که اولین نهاندانه دارای یک گامتوفیت ماده ۴ سلولی- ۴ هسته‌ای و یک آندوسپرم دیپلوئیدی است و جدیدترین مطالعات مولکولی نیز این مورد را تأیید می‌کند در شکل ۱ محتوای کیسه رویانی و بافت تغذیه کننده جنین را برای چند گروه گیاهی می‌بینید.



شکل ۱. درخت تبارزایی نهان‌دانگان اولیه و بررسی کیسه رویانی و بافت مغذی جنین

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) سطح پلوئیدی بافت تغذیه کننده جنین در گروه «الف» بیشتر از آمبورلا و گروه «ب» است.

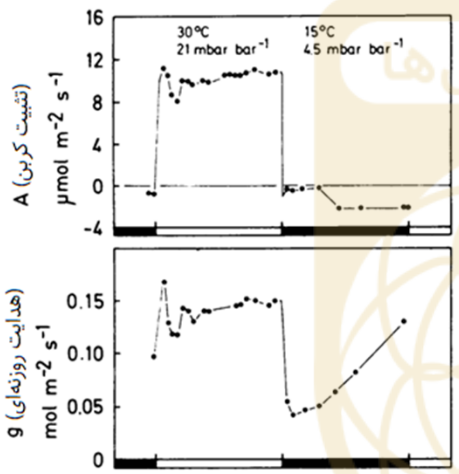
ب) سطح پلوئیدی بافت تغذیه کننده جنین در دو گروه نیلوفر آبی و آمبورلا یکسان است.

ج) بافت تغذیه کننده جنین در گروه «ب» قبل از لقاح تشکیل می‌شود.

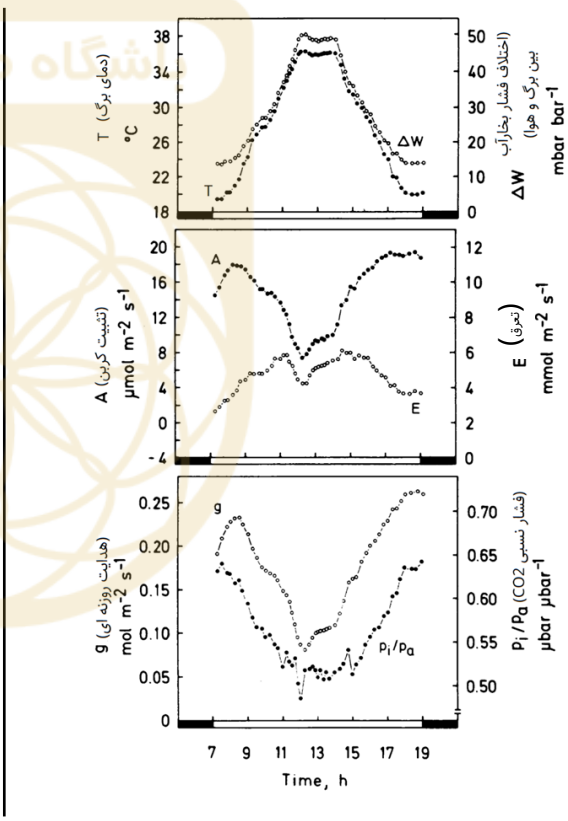
د) منشأ تکوینی بافت تغذیه کننده جنین در گروه «ب» همانند گروه «الف» است.

ه) سطح پلوئیدی بافت تغذیه کننده جنین در گروه «الف» همانند سطح پلوییدی گامتوفیت ماده آن است.

پرسش ۱۴ گیاه Welwitschia mirabilis گونه‌ای منحصربه‌فرد و جالب است که در بیابان نامیب ، یک بیابان ساحلی در جنوب غربی آفریقا، دیده می‌شود. ویژگی بارز آن دو برگ بلند است که طویل‌ترین برگ بین گیاهان به شمار می‌رود و در تمام طول زندگی گیاه رشد می‌کند. سازش‌های ویژه این گیاه مورد توجه گیاه‌شناسان بوده است. در پژوهشی دو آزمایش روی این گیاه انجام شد. در آزمایش اول (شکل ۱) گیاه در شرایط طبیعی و در بازه زمانی روز بررسی شد. در آزمایش دوم (شکل ۲) با استفاده از یک دستگاه، دمای برگ در در طول روز ۳۰ درجه و در طول شب ۱۵ درجه و ثابت نگه داشته شد تا اثر نور به تنهایی بررسی شود. چندین متغیر مختلف در زمان‌های مختلف روز (مستطیل سفید در محور افقی هر نمودار) و شب (مستطیل سیاه) اندازه‌گیری شد. (T دمای برگ، A تثبیت کربن، g هدایت روزنه‌ای که معکوس مقاومت در مسیر حرکت بخار آب از طریق روزنه است، ΔW اختلاف فشار بخار آب بین برگ و هوا، E تعرق، Pi فشار درون سلولی و Pa فشار محیطی را نشان می‌دهد).



شکل ۲. نتایج آزمایش دوم



شکل ۱. نتایج آزمایش اول

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) با توجه به باز شدن روزنه‌های این گیاه در طول شب این گیاه متابولیسم CAM دارد.

ب) به دلیل داشتن برگ‌های چرمی با باز شدن روزنه ها تبخیر از برگ افزایش نمی‌یابد.

ج) همزمان با کاهش هدایت روزنه‌ای در ابتدای شب تنفس سلولی کاهش یافته است.

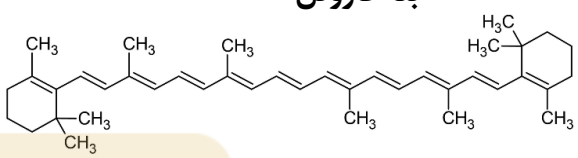
د) انتظار داریم بیشترین جذب آب از طریق ریشه‌ها در ساعات میانی روز باشد.

ه) در این گیاه فشار نسبی Co2 نسبت به اختلاف فشار بخار آب در بازگشایی روزنه‌ها در طی روز موثرتر است.

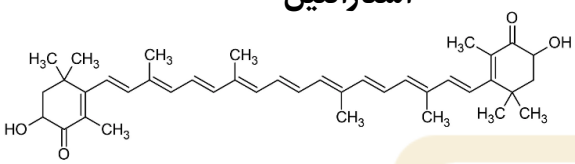
با استفاده از متن زیر، به دو پرسش ۱۵ و ۱۶ پاسخ دهید.

کاروتنوئید ها گروهی از رنگیزه های کمکی جذب کننده نور در فتوسنتز هستند که باعث ایجاد رنگ زرد، قرمز یا نارنجی در برگ ها می‌شوند. این رنگیزه ها معمولاً به شکل متصل به پروتئین، در کمپلکس های پروتئین-رنگیزه غشای تیلاکوئیدی یافت می‌شوند. کاروتنوئیدها به دو گروه کاروتن‌ها (شامل بتا-کاروتن) و زانتوفیل‌ها (شامل آستازانتین) تقسیم می‌شوند. شکل زیر، ساختار بتا-کاروتن و آستازانتین را نشان می دهد:

بتا-کاروتن

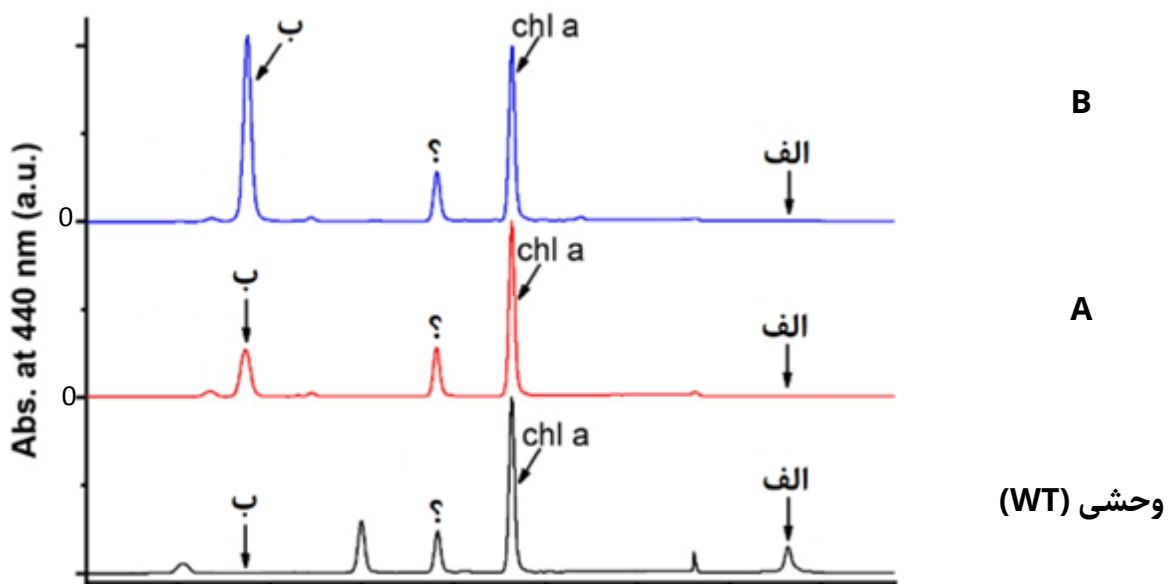


آستازانتین



فتوسیستم‌های ۱ و ۲، جایگاه اتصال به کاروتنوئید دارند که به طور طبیعی توسط بتا-کاروتن اشغال می‌شوند. به همین دلیل، فرض می‌شود وجود بتا-کاروتن برای تشکیل ساختار فتوسیستم ضروری بوده و نقش مهمی در توانایی گیاه برای فتوسنتز ایفا می‌کند. جهت بررسی این فرضیه، از نوعی گیاه تنباکو جهش یافته (Asta) استفاده شد. این جهش‌یافته با تغییر مسیر سنتز کاروتنئیدی در ژنوم کلروپلاست تنها قادر به تولید آستازانتین است. این مسیر بیوسنتزی در برگهای جوان فعال‌تر است.

پرسش ۱۵ نتایج کروماتوگرافی ستونی را برای رنگیزه‌های مختلف در گیاه وحشی و دو برگ جوان و بالغ جهش‌یافته (Asta) مشاهده می‌کنید (شکل ۱). محور افقی زمان خروج هر ماده از ستون و محور عمودی میزان جذب نوری در طول موج ۴۴۰ نانومتر را نشان می‌دهد. هر قله مربوط به یک نوع رنگیزه است (الف و ب دو کاروتنوئید نام‌برده و Chl A کلروفیل A است).



شکل ۱. کروماتوگرافی رنگیزه‌های گیاهان نوع وحشی و جهش‌یافته

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) نمودار A مربوط به برگ جوان در گیاه جهش یافته است.

ب) رنگیزه «الف» نسبت به رنگیزه «ب» غیرقطبی تر است.

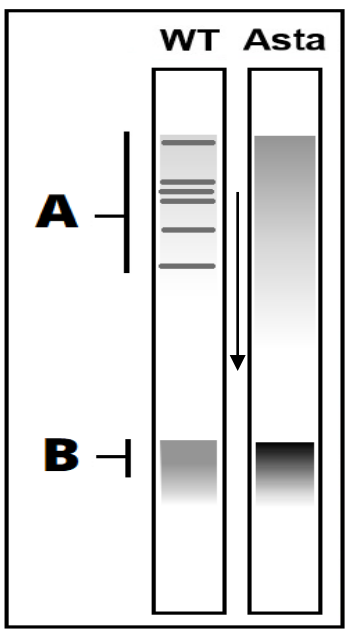
ج) رنگیزه مشخص شده با علامت سوال (؟) نوعی زانتوفیل است.

د) در گیاهان جهش یافته، رنگ برگ های بالغ نسبت به برگ های جوان سبزتر است.

ه) طبق نمودار، انتظار داریم هر گرم برگ جهش یافته جوان نسبت به همان مقدار از برگ جهش یافته بالغ به میزان بیشتری فتوسنتز کند.

پرسش ۱۶

فتوسیستم ۲ (PSII) از اتصال کمپلکس‌های پروتئینی متنوعی به یکدیگر تشکیل می‌شود. این کمپلکس‌های پروتئینی هسته‌های مونومری نامیده می‌شوند به همین دلیل فتوسیتم 2 یک سوپرکمپلکس پروتئینی است. در آزمایشی، کمپلکس‌های فتوسنتزی غشای تیلاکوئیدی از هر دو گیاه وحشی (WT) و جهش یافته (Asta) استخراج و الکتروفورز شد. برای سادگی، فقط نتیجه مربوط به سوپرکمپلکس‌های فتوسیستم ۲ و هسته‌های مونومری سازنده آن نشان داده شده است (شکل ۱).



شکل ۱. الکتروفورز هسته‌های مونومری و سوپرکمپلکس‌های گیاهان نوع وحشی و جهش‌یافته

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) بخش A نشان دهنده سوپرکمپلکس و بخش B نشان دهنده هسته‌های مونومری است.

ب) وجود آستازانیتن به تنهایی برای پایداری کامل ساختار سوپرکمپلکس‌های فتوسیستم ۲ کافی است.

ج) نتیجه این آزمایش، فرضیه ضروری بودن بتا-کاروتن برای ساخته شدن فتوسیستم ۲ را در گیاه تنباکو رد می‌کند.

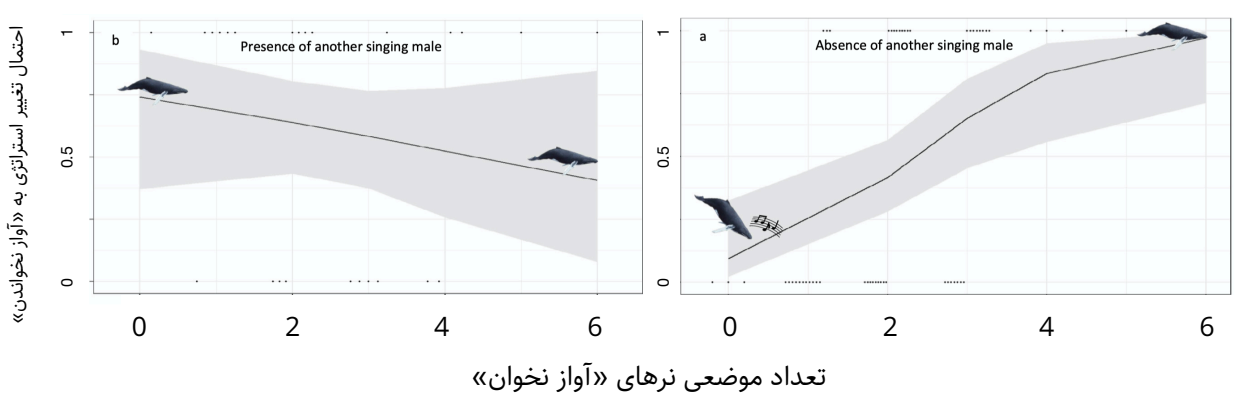
د) مقدار هسته‌های مونومری فتوسیستم ۲ در گیاه جهش‌یافته نسبت به گیاه طبیعی کمتر است.

ه) گیاه جهش یافته (Asta) قادر به ساختن سوپرکمپلکس‌های فتوسیستم ۲ نیست.

مسئله ۳ یک سلول اشرشیا کلای با حجم $0.5\mu m^3$ و $pH = 7$ در آستانه تقسیم به دو نیمه است. با فرض اینکه حجم و احتمال توزیع هر یک مولکول بین دو سلول دختری یکسان باشد، احتمال اینکه اختلاف pH این دو سلول دختری بیش از 0.2 واحد باشد چند درصد است؟ (تنها مولکول موثر بر pH یون هیدروژن است و عدد آووگادرو را $6 \cdot 10^{23}$ در نظر بگیرید)

مسئله ۴ هنگام کشت سلول باکتری در انکوباتور، نیاز است هر لوله کشت مقداری فضای خالی داشته باشد تا سلول‌ها از اکسیژن اتمسفر برای تنفس هوازی استفاده کنند. قصد داریم در یک لوله به حجم $100mL$ جمعیتی از سلول‌های باکتریایی را کشت دهیم. محیط کشت مورد استفاده حاوی $0.3\ \%$ گلوکز (جرمی/حجمی) است. اگر سلول‌ها نیمی از گلوکز را در تنفس هوازی مصرف کنند (و نیم دیگر را در ساخت بیومس) برای رشد بهینه سلول‌ها، در این لوله چند میلی‌لیتر محیط کشت بریزیم؟ (فرض کنید چگالی هوای اتمسفر $1g/L$ و بیست درصد جرم اتمسفر از اکسیژن تشکیل شده است)

پرسش ۱۷ شکار نهنگ‌ها در چند صد سال اخیر آثار وسیعی بر پویایی جمعیت و رفتارهای گونه‌های نهنگ داشته است. تخمین زده می‌شود حدود ۱.۸ میلیون وال در قرن بیستم در اقیانوس منجمد جنوبی شکار شده‌اند. نهنگ گوژپشت استرالیایی شرقی، یا گونه Megaptera novaeangliae از جمله گونه‌هایی است که تحت تأثیر قرار گرفته، به طوری که در دهه ۱۹۶۰ تنها حدود ۲۰۰ فرد از این گونه باقی‌مانده بود. با ممنوعیت شکار نهنگ‌ها اندازه جمعیت این گونه بازیابی شده و اکنون بین ۲۰ تا ۳۰ هزار فرد تخمین زده می‌شود. در پژوهشی آثار این تغییرات اندازه جمعیت روی استراتژی‌های تولیدمثلی این گونه بررسی شد. نرهای بالغ این گونه دو استراتژی برای یافتن و جفت‌گیری با افراد ماده در پیش می‌گیرند؛ وال‌های نر گاهی «آواز می‌خوانند» که پژواک آن تا شعاع چند کیلومتری شنیده می‌شود؛ در صورت پاسخ‌دادن ماده به این آواز به او ملحق شده و مدتی فرد ماده را مشایعت می‌کنند. از طرفی نرها گاهی به روش‌های دیگر از جمله نزاع نر-نر روی می‌آورند که این رفتارها را مجموعا «آواز نخواندن» برمی‌شماریم. در پی این رفتارها معمولا گروه‌های تولیدمثلی متشکل از افراد نر و ماده تشکیل می‌شود اما هر نر در این گروه لزوما موفق به تولیدمثل نمی‌شود. مزایا و معایب و در پی آن بسامد این دو استرتژی در طی سال‌های پس از پایان شکار وال‌ها تغییراتی داشته است. شکل ۱ احتمال آواز نخواندن وال نر را نسبت به تراکم موضعی نرهای دیگر (که استراتژی آواز نخواندن را در پیش گرفته‌اند) در دو حالت حضور (نمودار چپ) و عدم حضور (نمودار راست) نر آوازه‌خوان دیگر نشان داده شده است.



شکل ۱. نمودار تغییر استراتژی وال نر نسبت به تراکم موضعی نرهای دیگر

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) یک نرِ تنها، در صورت شنیدن صدای آواز نر دیگر، آواز خواندن را قطع می‌کند.

ب) یک نر آوازه‌خوان در صورت مشاهده نرهای دیگر در شعاع نزدیک، همواره آواز خواندن خود را قطع می‌کند.

ج) انتظار داریم در دهه ۱۹۶۰ که جمعیت وال‌ها رو به انقراض بوده نسبت رفتار آواز خواندن بیشتر بوده باشد.

د) یک وال نر پس از یافتن و ملحق شدن به فرد ماده آواز خواندن را قطع می‌کند.

ه) اگر معیار هزینه-اثربخشی هر استراتژی تولیدمثلی را تعداد نرهای دارای آن استراتژی نسبت به نرهای فاقد آن تعریف کنیم که به یک گروه تولیدمثلی (حاوی افراد ماده) ملحق می‌شوند، انتظار داریم هزینه-اثربخشی رفتارهای آواز خواندن در طی سال‌های بعد از ممنوعیت شکار افزایش یابد.

با توجه به متن زیر به پرسش ۱۸ و ۱۹ پاسخ دهید.

همانطور که از آزمون مرحله اول به یاد دارید، آنزیم PTE که قابلیت جدا کردن فسفات را از حشره کشی به نام paraoxon دارد، به باکتری‌ها اجازه می‌دهد در محیط کشت فاقد فسفات و دارای paraoxon رشد کنند. فعالیت آنزیمی هر باکتری تحت تاثیر تعداد و کارایی کاتالیتیک هر مولکول آنزیم است.

پرسش ۱۸ با قرار گرفتن یک سویه از این باکتری در محیطی دارای paraoxon و فاقد فسفات، انتخاب طبیعی در راستای افزایش بیان و کارایی کاتالیتیکی آنزیم عمل می‌کند؛ تا هنگامی که میزان فعالیت آنزیمی سلول به حد کافی برسد. پرسشی که مطرح است این است که کدام‌یک از این دو فرایند نقش پررنگ تری در سازش تکاملی دارند. برای پاسخ دادن به این سوال یک آزمایش طراحی کردیم؛ یک جمعیت باکتری را (که از نظر ژنتیکی یک‌دست است) برای ۱۰۰ نسل در محیطی قرار دادیم که داشتن فعالیت آنزیمی بیشتر مزیت انتخابی دارد و جمعیت نهایی را از نظر کارایی کاتالیتیک و میزان بیان آنزیم با جمعیت اجدادی مقایسه کردیم (فرض کنید جمعیت تکامل یافته هم از نظر ژنتیکی یک‌دست است). آین آزمایش را ۵ بار انجام داده و میانگین نتایج در جدول ۱ آورده‌ایم. همه این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار هستند.

	جمعیت تکامل یافته بزرگ	جمعیت تکامل یافته کوچک	جمعیت اجدادی
میزان بیان پروتئین در محیط کشت پایه	۱۲۰	۱۱۵	۱۰۰
کارایی کاتالیتیک آنزیم	۲۰	10	۵
نرخ رشد جمعیت در محیط انتخابی	۰/۳	۰/۲	۰/۱
تعداد جهش های تثبیت شده	۲۰	۳۰	—

جدول ۱. نتایج مقایسه جمعیت اولیه و اجدادی

می‌دانیم جهش‌های مختلف پیوسته به‌وجود آمدن می‌آیند اما تثبیت شدن (رسیدن به فراوانی ۱۰۰٪) یا نشدن آن‌ها یک فرایند تصادفی است؛ به طوری که حتی جهش‌های مضر نیز شانس کمی برای تثبیت شدن دارند. همچنین می‌دانیم اهمیت فرایند های تصادفی در جمعیت کوچک بیشتر است.

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) هرچه نرخ جهش‌هایی که میزان بیان آنزیم را افزایش می‌دهند بیشتر باشد انتظار داریم که افزایش بیان نقش پررنگ‌تری در سازش باکتری‌ها داشته باشد.

ب) هرچه درصد بیشتری از جهش‌هایی که در توالی آنزیم بوجود می‌آیند کارایی کاتالیکی آنزیم را کاهش دهند، انتظار داریم افزایش بیان در سازش باکتری ها نقش پررنگ‌تری داشته باشد.

ج) اگر این آزمایش را به مدت زمان کافی ادامه دهیم انتظار داریم جمعیت تکامل یافته کوچک هم به نرخ رشد مشابهی با جمعیت تکامل یافته بزرگ برسد.

د) انتظار داریم در جمعیت بزرگ نسبت به جمعیت کوچک درصد بیشتری از جهش‌های تثبیت شده کارایی کاتالیتیک آنزیم یا میزان بیان پروتئین را کاهش دهند.

ه) نتایج نشان می‌دهد جهش‌هایی که در جمعیت کوچک تثبیت شده‌اند، هرکدام تاثیر کوچک‌تری روی کارایی کاتالیتیک آنزیم دارند.

پرسش ۱۹

هرچند پروموتر (راه انداز) آنزیم PTE تنظیم‌پذیر نیست، گروهی از محققان باور دارند اندازه‌گیری میزان بیان آنزیم در محیط کشت پایه نمی‌تواند برآورد خوبی از میزان بیان آنزیم در محیط انتخابی باشد. بنابراین تصمیم گرفتیم میزان بیان را پس از رشد به مدت کافی در هر دو محیط پایه و انتخابی اندازه‌گیری کنیم. نتایج در جدول ۱ آورده شده است. همه این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار هستند. شگفت‌آور است که جمعیت اجدادی که ضعیف ترین آنزیم را دارد در محیط کشت انتخابی بیشترین میزان بیان را دارد! برای توجیه این پدیده یک مدل پیشنهاد شده است:

	جمعیت تکامل یافته بزرگ	جمعیت تکامل یافته کوچک	جمعیت اجدادی
میزان بیان پروتئین در محیط پایه	۱۲۰	۱۱۵	۱۰۰
میزان بیان پروتئین در محیط انتخابی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰
کارایی کاتالیتیک آنزیم	۲۰	۱۰	۵

جدول ۱. نتایج مقایسه دو جمعیت تکامل‌یافته با اندازه‌های متفاوت با جمعیت اجدادی مشترک

در جمعیتی از باکتری‌ها، افراد تعداد متفاوتی از یک پروتئین خاص (برای مثال PTE) دارند و این به علت اثر رخدادهای تصادفی در تولید و تجزیه پروتئین‌هاست. افزون بر این تعداد مولکول‌های پروتئین PTE یک سلول تا حدی وراثت‌پذیر است. با اینکه تعداد مولکول‌های پروتئین PTE در طی زندگی یک باکتری کم و زیاد می‌شود، وقتی یک باکتری مقدار زیادی PTE دارد، احتمالا ۲ سلول حاصل از تقسیم آن هم مقدار زیادی PTE دارند. تنوع بین سلول‌ها در تعداد PTE به همراه وراثت‌پذیری نسبی آن، منجر به ترجیح سلول‌هایی با تعداد PTE بیشتر توسط انتخاب طبیعی می‌شود. این فرایند بدون تغییر ژنتیکی در جمعیت، منجر به تغییر فنوتیپی در راستای افزایش شایستگی می‌شود.

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) هرچه تنوع در تعداد پروتئین در سطح جمعیت بیشتر باشد، انتخاب طبیعی بیشتر می‌تواند در سطح فنوتیپی روی تعداد پروتئین‌ها عمل کند.

ب) هرچه نوسانات در تعداد پروتئین های یک باکتری در طول زمان بیشتر باشد، توارث پذیری تعداد پروتئین ها بیشتر است.

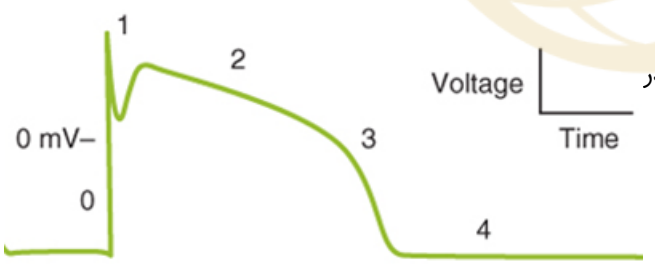
ج) برای اینکه انتخاب طبیعی در سطح فنوتیپ منجر به افزایش بیان آنزیم شود، باید سود ناشی از داشتن تعداد بیشتر از آنزیم از هزینه اختصاص منابع برای تولید بیشتر از آن آنزیم بیشتر باشد.

د) در این سیستم، انتخاب طبیعی در سطح فنوتیپ، با جبران کردن نسبی کمبود فعالیت آنزیمی در ژنوتیپ های ضعیف تر، باعث افزایش شدت انتخاب طبیعی بر روی تفاوت های ژنتیکی می‌شود.

ه) انتخاب طبیعی در سطح فنوتیپ می‌تواند میزان بیان آنزیم را در محیط انتخابی توضیح دهد.

پرسش ۲۰

شکل ۱ فازهای مختلف پتانسیل عمل در سلول عضله بطن قلب را نشان می‌دهد.



شکل ۱. پتانسیل عمل یک سلول عضله بطنی

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) استفاده از آنتاگونیست کانال‌های کلسیم باعث کاهش زمان فاز کفه می‌شود.

ب) استفاده از آنتاگونیست کانال‌های کلسیم باعث کاهش شیب فاز صفر می‌شود.

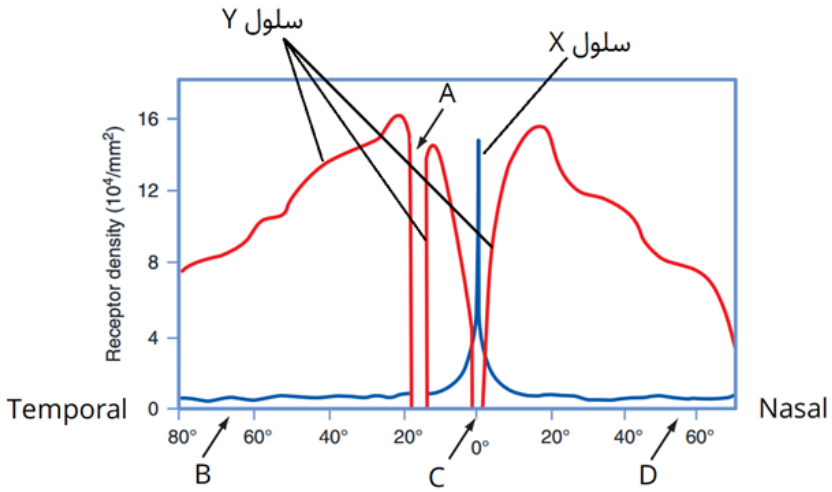
ج) استفاده از آنتاگونیست کانال‌های پتاسیم باعث افزایش زمان فاز کفه می‌شود.

د) افزایش غلظت پتاسیم خارج سلولی باعث کاهش شیب فاز صفر می‌شود.

ه) استفاده از آنتاگونیست کانال‌های پتاسیم باعث کاهش شیب فاز صفر می‌شود.

پرسش ۲۱

شبکیه چشم از چندین لایه سلولی تشکیل شده است. اطلاعات بینایی توسط گیرنده‌های نوری (مخروطی و استوانه‌ای) دریافت و از طریق سلول‌های گانگلیونی و عصب بینایی به تالاموس و در نهایت به قشر بینایی منتقل می‌شود. شکل ۱ تراکم انواع گیرنده‌های نوری را در مناطق مختلف شبکیه، از ناحیه گیجگاهی (temporal) تا بینی (nasal) نشان می‌دهد.



شکل ۱. تراکم گیرنده‌های نوری در مناطق مختلف شبکیه

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) فلش A منطقه fovea (بخش مرکزی لکه زرد) در شبکیه را نشان می‌دهد.

ب) تطابق به تاریکی در سلول‌های Y نسبت به X، به زمان بیشتری نیاز دارد.

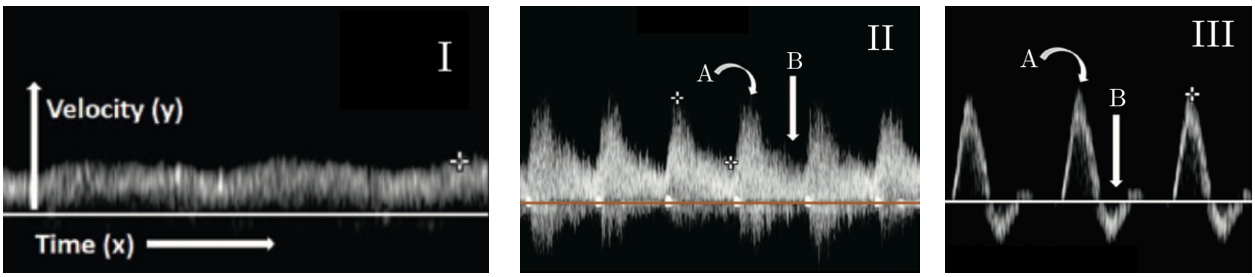
ج) نور باعث باز شدن کانال‌های سدیمی و در نتیجه دپولاریزاسیون سلول Y می‌شود.

د) یک سلول گانگلیونی در ناحیه C نسبت به سلولی مشابه در ناحیه D، از تعداد بیشتری سلول گیرنده اطلاعات دریافت می‌کند.

ه) وضوح بینایی در هنگام شب، در ناحیه B بیشتر از C است.

پرسش ۲۲

سونوگرافی یا فراصوت‌نگاری یک ابزار تصویربرداری تشخیصی است که از امواج صوتی با فرکانس بالا برای مشخص کردن مکان و ویژگی‌های بافت مورد بررسی استفاده می‌کند. فراصوت‌نگاری داپلر نوعی فراصوت‌نگاری است که در آن مبدل دستگاه یک سیگنال با فرکانس مشخص از خود ساطع می‌کند و پس از چند میلی‌ثانیه پژواک منعکس‌شده از بافت را دریافت و فرکانس آن را با فرکانس سیگنال ساطع‌شده مقایسه می‌کند. به این شکل دستگاه می‌تواند با استفاده از اثر داپلر اطلاعاتی راجع‌به جهت و سرعت حرکت بافت مورد بررسی به دست آورد. این نوع تصویربرداری به خصوص در بررسی جریان خون در رگ‌های بدن کاربردی است. خروجی در نوع طیفی از فراصوت‌نگاری داپلر (Spectral Doppler Ultrasonography) یک نمودار موج‌شکل است که نمایانگر سرعت جریان بافت در طی زمان در یک مکان مشخص است. به صورت قراردادی جریان به سمت مبدل دستگاه سونوگرافی در بالای خط مبنا و جریان در حال دور شدن از مبدل در پایین خط مبنا نشان‌داده می‌شود. شکل ۱، نتایج تصویربرداری طیفی داپلر از سه رگ انسانی طبیعی را نشان می‌دهد. در تمامی نمودارها محور X نشانگر زمان و محور Y نشانگر سرعت جریان است.



شکل ۱. نتایج تصویربرداری طیفی داپلر از سه منطقه متفاوت

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) در نقاط A فرکانس پژواک‌های دریافت شده از فرکانس سیگنال‌های تولید شده توسط دستگاه بیشتر است.

ب) تصویر I مربوط به یک ورید و تصویر III مربوط به یک شریان است.

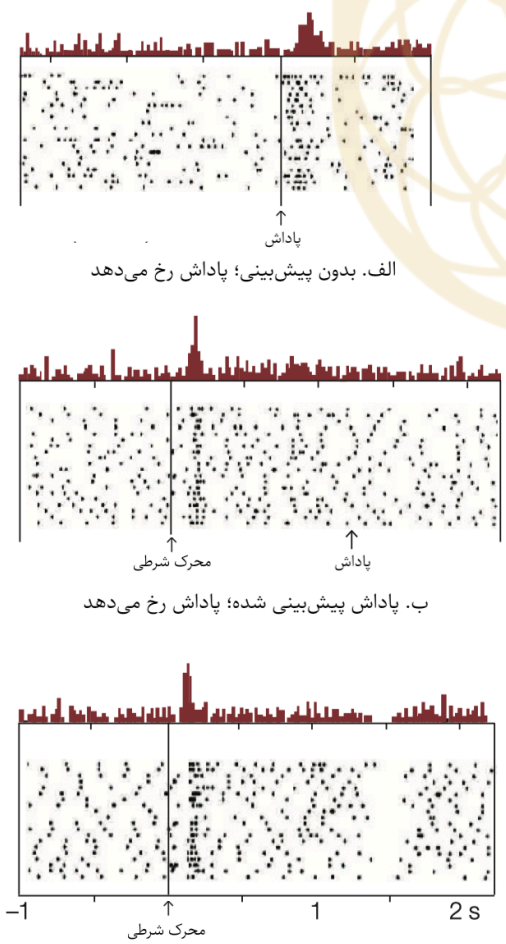
ج) نقاط A مربوط به سیستول و نقاط B مربوط به دیاستول است.

د) مقاومت بستر مویرگی مربوط به رگ II از مقاومت بستر مویرگی مربوط به رگ III بیشتر است.

ه) در صورت تنگی رگ، مقادیر نمودار فراصوت‌نگاری داپلر طیفی به خط پایه نزدیک‌تر می‌شوند.

پرسش ۲۳

پاداش، به ویژه پاداش‌های مربوط به تقویت‌کننده‌های اولیه مانند مواد غذایی و رابطه جنسی، از بنیان‌های رفتاری همه جانوران است. از دهه ۱۹۵۰ شواهدی در دست است که نوروترانسمیتر دوپامین در بازنمایی پاداش نقش دارد: اگر در مسیرهای دوپامینرژیک موش‌ها الکترود نصب شود، این موش‌ها دائما و دیوانه‌وار دکمه تحریک الکترود را خواهند فشرد. در دهه ۱۹۹۰، ولفرام شولتز و همکاران آزمایش‌هایی روی پردازش پاداش در میمون‌ها انجام دادند و فعالیت نورون‌های دوپامینرژیک ناحیه تگمنتوم شکمی (VTA) را در حین آزمایش ثبت کردند. گروهی از میمون‌ها در زمان‌هایی تصادفی یک جرعه آب‌میوه به عنوان پاداش دریافت می‌کردند. گروه دیگری از میمون‌ها جرعه آب‌میوه را همواره حدودا ۱.۵ ثانیه پس از دیدن یک جرقه نور (محرک شرطی) دریافت می‌کردند تا بتوانند رخداد پاداش را پیش‌بینی کنند. پس از شرطی شدن این میمون‌ها، در زیرگروهی از آن‌ها آزمایش سومی انجام شد که در آن جرقه نور ایجاد شده ولی آب‌میوه‌ای داده نشد. نمودارهای شکل ۱ فعالیت



الف. بدون پیش‌بینی؛ پاداش رخ می‌دهد

ب. پاداش پیش‌بینی شده؛ پاداش رخ می‌دهد

ج. پاداش پیش‌بینی شده؛ پاداش رخ نمی‌دهد

شکل ۱. نتایج آزمایش‌ها

نورونی ثبت شده را در این آزمایش‌ها نشان می‌دهند. هر سطر از هر نمودار شطرنجی مربوط به فعالیت یک نورون است و زمان از چپ به راست حرکت می‌کند. مربع سیاه در مختصات (x, y) به معنای ایجاد پتانسیل عمل در نورون y در زمان x است. داده مربوط به همه نورون‌های هر آزمایش در هیستوگرام بالای هر تصویر خلاصه‌سازی شده است.

درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) یادگیری میمون‌ها در این آزمایش نوعی یادگیری پاولفی است.

ب) فعالیت نورون‌های دوپامینرژیک VTA بازنماینده حضور پاداش است.

ج) فعالیت نورون‌های دوپامینرژیک VTA بازنماینده تفاوت بین پاداش پیش‌بینی شده و پاداش دریافت شده است.

د) اگر یادگیری با دو محرک شرطی A و B که به ترتیب با ۱۰٪ و ۹۰٪ احتمال دریافت پاداش همراهی دارند انجام شود، فعالیت نورون‌های دوپامینرژیک VTA پس از دریافت پاداش در پی محرک A نسبت به محرک B قوی‌تر خواهد بود.

ه) محاسبه تفاوت پاداش پیش‌بینی شده و پاداش دریافت شده در نورون‌های دوپامینرژیک VTA یا بالادست این نورون‌ها انجام می‌شود.

پرسش ۲۴

پس از مرگ، فرایندهای تولیدکننده حرارت در بدن متوقف شده ولی از دست دادن حرارت از طریق سطح بدن ادامه می‌یابد. برود نعشی (Algor mortis) تغییرات دمای بدن یک فرد پس از مرگ او است. در پزشکی قانونی، می‌توان با اندازه‌گیری دمای جسد برآوردی از زمان مرگ فرد به دست آورد. یکی از معادلات استفاده شده برای این برآورد، معادله گلیستر است:

$$t - t_d = \frac{98.4 - T}{1.5}$$

که در آن $t - t_d$ زمان سپری شده از مرگ به ساعت و T دمای جسد در واحد فارنهایت است. حداکثر دقت این معادله مربوط به جسد انسانی بالغ با وزن طبیعی در اتاقی با دمای ۶۸ درجه فارنهایت است.

در کدام حالات زیر، زمان مرگ برآورد شده توسط معادله گلیستر اخیرتر از زمان واقعی مرگ فرد خواهد بود؟

الف) خانمی ۳۴ ساله که هنگام مرگ یک پالتوی ضخیم پوشیده بوده است.

ب) آقایی ۲۲ ساله که در آب با دمای ۶۸ درجه فارنهایت غرق شده است.

ج) آقایی ۴۶ ساله که در سرمای قطب جان باخته است.

د) خانمی ۷۱ ساله که هنگام مرگ تب داشته است.

ه) پسری ۲ ماهه که به علت ناشناخته‌ای جان باخته است.

مسئله ۵ قانون تبرید نیوتن بیان می‌کند که نرخ تغییر دمای یک جسم با اختلاف دمای بین جسم و محیط طبق عبارت زیر متناسب است:

$$\frac{dT}{dt} = r(T_{env} - T(t))$$

T و T_{env} به ترتیب دمای جسم و دمای محیط به کلوین، t متغیر زمان و r ضریب انتقال حرارت است. اگر بدن پس از مرگ از قانون تبرید نیوتن پیروی کند، چند ساعت از مرگ جسدی با دمای ۳۳ درجه سانتیگراد گذشته است؟ (دمای اولیه بدن = ۳۷ درجه سانتیگراد، دمای محیط = ۲۵ درجه سانتیگراد، ضریب انتقال حرارت = 9.4×10^{-6} بر ثانیه)

مسئله ۶ دولایه لیپیدی غشای سلولی دارای ظرفیت خازنی است. ظرفیت خازنی به معنای توانایی یک نارسانای الکتریکی برای جداسازی بارهای الکتریکی در دو طرف خود است. جدا شدن بارها در سطوح داخلی و خارجی غشای سلولی باعث ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در سراسر غشاء می‌شود. اختلاف پتانسیل الکتریکی یا ولتاژ در یک خازن طبق این عبارت محاسبه می‌شود:

$$V = \frac{Q}{C}$$

در این عبارت Q اختلاف بار بین دو طرف خازن و C ظرفیت خازن است. ظرفیت با واحد فاراد و بار با واحد کولن اندازه گیری می‌شود (۹۶۵۰۰ کولن از یک یون تک ظرفیتی معادل ۱ مول از آن یون است). بار جدا شده توسط غشای یک سلول کروی با قطر ۵۰ میکرومتر، ظرفیت غشای ۱ میکروفاراد بر هر سانتی‌متر مربع و پتانسیل استراحت ۶۰- میلی‌ولت معادل چند یون تک‌ظرفیتی است؟ پاسخ را به دست آورید، بر 10^6 تقسیم کرده و با رعایت قوانین در پاسخ‌نامه وارد کنید. (عدد آووگادرو را $6 \cdot 10^{23}$ در نظر بگیرید)