

گزینه ۱

دلفین با شیرکوهی خویشاوندی نزدیک‌تری دارد تا با کوسه، بنابراین در بررسی دنا‌ی آن‌ها توالی‌های حفظ شده بیشتری وجود دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۲) توالی‌های حفظ‌شده توالی‌های نوکلئوتیدی مشترک بین گونه‌های مختلف جانوران است و ژن‌های رمزکننده صفات خاص هر گونه را در بر نمی‌گیرد.

(۳) وقتی گونه‌های مختلف را مقایسه می‌کنیم گاهی به ساختارهایی برمی‌خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در برخی دیگر کوچک یا ساده شده‌اند و حتی ممکن است فاقد کارایی خاصی باشند.

(۴) ساختارهای آنالوگ نشان‌دهنده سازش‌های مختلف جانداران برای پاسخ به یک نیاز مشترک است.

گزینه ۱

انتخاب طبیعی نمی‌تواند موجب افزایش میزان سازگاری افراد در یک جمعیت شود؛ بلکه با انتخاب افراد سازگارتر، چهرهٔ جمعیت را تغییر می‌دهد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۲) به فرآیندی که باعث تغییر فراوانی دگرهای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگرهای می‌گویند. طی این فرآیند فراوانی هر اللی (چه غالب و چه مغلوب) ممکن است کاهش یا افزایش یابد.

(۳) در هر دو نوع گونه‌زایی، جهش با ایجاد دگرهای جدید به ایجاد تنوع در جمعیت کمک می‌کند.

(۴) کراسینگ‌اور تنها زمانی می‌تواند منجر به تولید کامه‌های نو ترکیب شود که الل‌های جابه‌جا شده در آن باهم متفاوت باشند.

گزینه ۳

در هنگام گونه‌زایی گونه‌های حاصل نمی‌توانند با یکدیگر شارش ژن انجام بدهند زیرا دو گونهٔ جدید هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ ۱: برای گونه‌زایی هم‌میهنی درست نمی‌باشد.

گزینهٔ ۲: جهش عامل اصلی گونه‌زایی هم‌میهنی است.

گزینهٔ ۴: در گونه‌زایی هم‌میهنی ممکن است زاده‌های حاصل بتوانند با یکدیگر لقاح کنند.

وقوع فرآیند نو ترکیبی در پروفاز میوز یک که سبب تبادل قطعات فامتنی بین فامینک‌های غیرخواه‌ری می‌شود یکی از عوامل حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) همه جمعیت‌های زایا و زیستا می‌توانند در اثر آمیزش با افراد جمعیت خود زاده‌های زایا و زیستا تولید کنند.

(۲) در دومین مرحله از تقسیم میوز همانند تقسیم میتوز تعداد مجموعه‌های کروموزومی تغییری نمی‌کند.

(۳) در گیاهان پیشرفته مانند گل مغربی سانتیول وجود ندارد.

در آنافاز میوز ۲ آنزیم‌هایی با تجزیه پروتئین‌های ناحیه سانترومر سبب جدایی کروماتیدهای خواهری می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۲) فرآیند نو ترکیبی در پروفاز میوز یک رخ می‌دهد.

(۳) در صورتی که خطای کاستمانی در آنافاز میوز دو رخ دهد نیمی از گامت‌های تولید شده طبیعی خواهند بود.

(۴) در صورت لقاح گامت با یک گامت دیگر که حاصل از خطای کاستمانی است ممکن است در نهایت یاخته تخمی با تعداد مجموعه کروموزومی طبیعی تولید شود.

بررسی همه گزینه‌ها:

گزینه ۱: در رانش ژن احتمال از بین رفتن ال‌های نادر بیشتر است.

گزینه ۲: گونه‌زایی هم‌میهنی ارتباطی به شارش ژن ندارد.

گزینه ۳: احتمال آلودگی به مالاریا در تمام افراد جامعه یکسان است ولی احتمال بیمار شدن افراد ناقل کم‌خونی داسی‌شکل صفر است.

گزینه ۴: اگر یاخته‌ای بتواند کراسینگ‌اور یا چلیپایی شدن را در بین کروموزوم‌های جنسی خود انجام بدهد قطعاً XX است. برای همین همه سلول‌های حاصل از تقسیم توانایی تولید فرزند را ندارند.

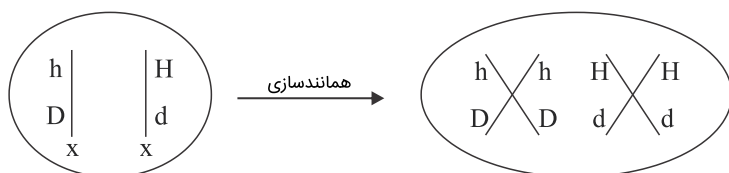
اگر قسمتی از یک فامتن به فامتن هم‌تا جابه‌جا شود، آنگاه در یک فامتن هم‌تا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش، مضاعف‌شدگی می‌گویند. سلول حاصل از تقسیم سلول جهش‌یافته، فاقد بعضی از ژن‌ها در ماده وراثتی خود است.

دو غلط علمی در متن وجود دارد.

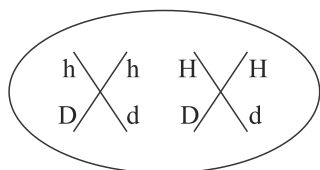
(۱) در صورتی که گامت‌های گیاه تتراپلوئید با گامت‌های گیاه طبیعی آمیزش کنند، یاخته تخم اصلی تریپلوئید خواهد شد (نه یاخته تخم ضمیمه).

(۲) پیدایش گیاهان تتراپلوئید (۴n) مثالی از گونه‌زایی بدون نیاز به سدهای جغرافیایی است.

باتوجه به اینکه پدر خانواده مبتلا به هموفیلی است و گروه خونی AB و دندان آسیاب دارد، ژنوتیپ آن به صورت $X_D^h Y$ خواهد بود. از طرفی فرزند اول خانواده $X_D^h Y$ و فرزند دوم خانواده $X_D^H Y$ است، بنابراین ژنوتیپ مادر نیز $X_D^h X_D^H$ خواهد بود و چون فرزند دوم گروه خونی A دارد، گروه خونی مادر هم BO است. حالا فرض کنید سلول زاینده مادر به صورت زیر باشد:



اگر طی کراسینگ‌اور، قطعات حاوی ال‌های D و d باهم جابه‌جا شوند، سلول ظاهر زیر را خواهد داشت:



درنتیجه این زن می‌تواند چهار گامت تولید کند (X_D^H , X_D^h , X_d^h , X_d^H) که دو مورد اولی والدی هستند و دو مورد دوم نوترکیب. همان‌طور که می‌بینید، باتوجه به اینکه پسر باید کروموزوم X خود را از مادر دریافت کند ممکن نیست پسری هموفیل با دندان آسیاب ($X_D^h Y$) از لقاح گامت نوترکیب مادر ایجاد شود. بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) از آمیزش گامت X_D^h مادر با گامت X_D^h پدر، دختر $X_D^h X_D^h$ متولد می‌شود که مبتلا به هموفیلی است و دندان آسیاب دارد.

(۲) از آمیزش گامت X_D^H مادر با گامت Y پدر، پسر $X_D^H Y$ متولد می‌شود که سالم است ولی دندان آسیاب ندارد.

(۴) از آمیزش گامت X_D^H مادر با گامت X_D^h پدر، دختر $X_D^H X_D^h$ متولد می‌شود که سالم است و دندان آسیاب دارد.

هر دو مورد از جهش‌های بزرگ اشاره شده، در مرحله آنافاز از تقسیم‌های هسته‌ای رخ می‌دهند و در مرحله بعد از آن (تئوفاز)، پوشش هسته در اطراف کروموزوم‌ها تشکیل می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): این گزینه در رابطه با پدیدهٔ چندلادی شدن صادق نیست. در چندلادی شدن، همهٔ فام‌تن‌ها بدون اینکه از هم جدا شوند به یک یاخته می‌روند. بنابراین یکی از یاخته‌ها دو برابر فام‌تن خواهد داشت و یاختهٔ دیگر فاقد فام‌تن خواهد بود.

گزینه (۳): تغییر در تعداد فام‌تن‌ها را ناهنجاری عددی می‌نامند. توجه کنید که ناهنجاری عددی باعث تولید دگرهٔ جدید نمی‌شود.

گزینه (۴): طبق متن کتاب درسی، اشتباه در تقسیم می‌تواند هم در کاستمان و هم در رشتمان رخ دهد. بنابراین الزامی بر تولید یاخته‌های جنسی وجود ندارد.

یاخته‌های شماره ۱ تا ۳، به ترتیب یاخته‌های اسپرماتوسیت اولیه، اسپرماتوسیت ثانویه و اسپرماتید هستند. طبق متن کتاب درسی، فشرده‌سازی هسته یاخته زودتر از کشیده شدن یاخته اسپرماتید رخ می‌دهد.

مراحل تمایز یافتن یاخته اسپرماتید به اسپرم به این صورت است: ۱- یاخته‌ها از هم جدا و تازک‌دار می‌شوند. ۲- سپس مقدار زیادی از سیتوپلاسم خود را از دست می‌دهند. ۳- هسته آن فشرده شده در سر زامه به صورت مجزا قرار می‌گیرد. ۴- یاخته حالت کشیده پیدا می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ ۱) دقت کنید جهش مضاعف‌شدگی، در یاخته‌های دارای کروموزوم‌های هم‌تا رخ می‌دهد. یاخته اسپرماتوسیت ثانویه هاپلوئید است و کروموزوم‌های هم‌تا ندارد.

گزینهٔ ۲) در صورت وقوع کراسینگ‌اور، تنوع گامت‌های تولیدی افزایش می‌یابد؛ اما دقت کنید که کراسینگ‌اور، جهش نیست!

گزینهٔ ۳) تازک موجود در اسپرمی که به تازگی تولید شده، فاقد توانایی حرکت‌دادن تازک است. اسپرم این توانایی را در اپی‌دیدیم که در بالای بیضه قرار دارد کسب می‌کند. توجه کنید یاخته شماره (۳)، اسپرماتید است؛ نه اسپرم!

ژن عامل بیماری هموفیلی روی کروموزوم X قرار دارد درحالی که ژن بیماری فنیل کتونوری روی یک کروموزوم غیرجنسی است. بنابراین قرارگیری این ژن‌ها در کنار هم نشان‌دهنده نوعی جهش جابه‌جایی است که در تخمک هم می‌تواند رخ دهد.
بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) پلاکت‌ها یاخته نیستند و هسته و دنا ندارند.

(۲) ژن گروه خونی Rh روی کروموزوم شماره ۱ و ژن گروه خونی ABO روی کروموزوم شماره ۹ قرار دارد. بنابراین قرارگیری این ژن‌ها در کنار هم نشان‌دهنده نوعی جهش جابه‌جایی است که در لنفوسیت هم می‌تواند رخ دهد.
(۳) اگر دو ژن عامل انعقادی VIII در کنار هم قرار بگیرند، یعنی یکی از آن‌ها از یک کروموزوم X جدا شده و طی جهش مضاعف‌شدن در مجاورت ژن دیگر در کروموزوم هم‌تا قرار گرفته است. اسپرم هاپلوئید است و کروموزوم هم‌تا ندارد.

جهش حذفی با کاهش دادن طول کروموزوم در کاریوتیپ سلول قابل مشاهده است. جهش واژگونی نیز تنها در صورتی که بتواند محل سانترومر را در کروموزوم تغییر دهد، قابل تشخیص در کاریوتیپ می‌باشد.
بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) هم در جهش حذفی و هم در جهش مضاعف‌شدگی بخشی از یک کروموزوم از آن جدا می‌شود و در نتیجه طول کروموزوم کاهش پیدا می‌کند.

(۳) در جهش جابه‌جایی بخشی از کروموزوم جدا شده و به همان کروموزوم و یا کروموزوم غیرهم‌تا متصل می‌شود. در جهش واژگونی نیز بخشی از یک کروموزوم جدا شده و برعکس در جای قبلی خود قرار می‌گیرد. همان‌طور که می‌بینید هیچ بخشی از ژنوم جاندار در این جهش‌ها حذف نمی‌شود و از بین نمی‌رود.

(۴) در جهش مضاعف شدن بخشی از کروموزوم کنده شده و به کروموزوم هم‌تا متصل می‌شود. توجه داشته باشید که کروموزوم هم‌تا از قبل هم یک نسخه از این ژن‌ها داشته و اکنون با دریافت قطعه جدید، تعداد نسخه‌های ژنیش افزایش می‌یابد اما در جهش جابه‌جایی اینگونه نیست زیرا کروموزومی که قطعه جدید را دریافت می‌کند غیرهم‌تا است و اصلاً از قبل آن ژن‌ها را نداشته است.

ایجاد جدایی جغرافیایی تنها در گونه‌زایی دگرمیهنی دیده می‌شود برای مثال در نتیجه پدیده کوه‌زایی ممکن است در یک منطقه کوه، دره و یا دریاچه ایجاد شود و یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم کند. بررسی سایر گزینه‌ها:

- (۱) در همه انواع گونه‌زایی جدایی خزانه ژنی و جدایی تولیدمثلی بین افراد گونه رخ می‌دهد.
- (۲) در همه گونه‌ها جهش و رانش دگرهای از عوامل برهم‌زننده تعادل جمعیت می‌باشند که تعادل نسبی دگرها و ژنوتیپ‌ها را از نسلی به نسل دیگر تغییر می‌دهند.
- (۴) همه جمعیت‌های زایا و زیستا می‌توانند در اثر آمیزش با افراد جمعیت خود زاده‌های زایا و و زیستا تولید کنند.

بررسی گزینه‌ها:

- گزینه ۱: زمانی که دیمر تیمین در اثر تابش اشعه فرابنفش شکل می‌گیرد، کار آنزیم دنابسپاراز مختل می‌شود، آنزیمی که تنها یکبار در هر چرخه یاخته‌ای فعالیت می‌کند.
- گزینه ۲: با اختلال در ویرایش، جهش نقطه‌ای از نوع جانشینی شکل می‌گیرد.
- گزینه ۳: هر جهش باعث می‌شود تا تغییر غیرقابل برگشتی در دنا شکل بگیرد.
- گزینه ۴: با ایجاد جهش، رنای حاصل از ژن هم حتماً تغییر می‌کند.

باتوجه به اینکه یک نوکلئوتید به ژن اضافه شده و تنوع آمینواسیدها نیز تغییر کرده است، قطعا جهش از نوع تغییر چارچوب است. بررسی سایر گزینه‌ها:

- (۱) اگر جهش حذف و اضافه مضرب سه نوکلئوتید باشد، می‌تواند منجر به تغییر چارچوب نشود.
- (۳) در بعضی از جهش‌های دگرمعنا (تغییر کدون آغاز)، طول رشته پلی‌پپتیدی می‌تواند کاهش یابد.
- (۴) در همه انواع جهش‌های کوچک در ژن، توالی رنای حاصل از رونویسی نیز تغییر می‌کند.

پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار دنا آسیب می‌زنند و سبب ایجاد سرطان می‌شوند. نقطهٔ واریسی G_1 یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند. اگر دنا آسیب‌دیده باشد و اصلاح نشود، فرآیندهای مرگ یاخته‌ای پیش از ورود یاخته به مرحلهٔ S و همانندسازی دنا، به راه می‌افتد. یاخته‌های سرطانی با مرگ برنامه‌ریزی شده می‌میرند. در این فرآیند با رسیدن علایمی به یاخته، در چند ثانیه پروتئین‌های تخریب‌کننده در یاخته شروع به تجزیهٔ اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱: پرفورین از لنفوسیت‌های T کشنده و یاختهٔ کشندهٔ طبیعی ترشح می‌شود. همانطور که گفته شد، یاخته‌های سرطانی با مرگ برنامه‌ریزی شده می‌میرند. حذف یاخته‌های اضافی از بخش‌های عملکردی مانند پرده‌های بین انگشتان پا در پرندگان نیز با مرگ برنامه‌ریزی شده صورت می‌گیرد. دقت کنید که پرفورین مستقیماً سبب مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته‌های سرطانی نمی‌شود بلکه با ایجاد منافذی در غشاء آن‌ها، سبب ورود نوعی آنزیم به یاخته می‌شود که عامل راه‌اندازی مرگ برنامه‌ریزی شده است.

گزینه ۲: دیمر تیمین تحت تاثیر پرتو فرابنفش خورشید ایجاد می‌شود. پرتو فرابنفش با آسیب به دنا از عوامل ایجاد سرطان است. یاخته‌های سرطانی با مرگ برنامه‌ریزی شده می‌میرند، نه مرگ تصادفی که در بافت‌مردگی رخ می‌دهد.

گزینه ۴: عوامل محیطی در بافت‌مردگی و مرگ برنامه‌ریزی شده نقش دارند. این گزینه فقط برای مرگ برنامه‌ریزی شده صدق می‌کند و برای بافت‌مردگی صادق نیست. در بافت‌مردگی، مرگ یاخته‌ها تصادفی است؛ مثلاً در پیری، یاخته‌ها آسیب می‌بینند و از بین می‌روند.

تنها مورد "ج" صحیح می‌باشد. تغییرات ماندگار ماده وراثتی، جهش نام دارد؛ اما دنباسپاراز تنها تغییر موقتی رشته دنا را اصلاح می‌کند.

بررسی سایر موارد:

الف) باتوجه به شکل کتاب درسی، هر ۵ نوع نوکلئوتید در ناحیه انجام این فرآیند می‌توانند حضور داشته باشند! حتی باز یوراسیل!

ب) آنزیم‌های هلیکاز مؤثر در همانندسازی دنا سیئوپلاسمی، در مرحله G_1 فعال هستند.

د) باز شدن پیچ‌وتاب دنا و جدا شدن پروتئین‌های همراه، قبل از همانندسازی، و باز شدن مارپیچ دنا و دو رشته دنا پس از شروع همانندسازی رخ می‌دهد.

هنگامی که جهشی با تغییر طول کروموزوم همراه است، به طور حتم یک یا چند نوکلئوتید به دنا اضافه و یا از آن کم شده است. شرط انجام کم و زیاد شدن نوکلئوتیدها در دنا تجزیه یا تشکیل پیوندهای فسفودیاستر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) گروهی از جهش‌های بزرگ هم ممکن است در کاریوتیپ قابل تشخیص نباشند، مثل بعضی از انواع جهش‌های واژگونی و جابه‌جایی.

(۲) توجه داشته باشید که جهش‌هایی که نوکلئوتیدهای دنا را کاهش می‌دهند، اگر مضرب سه نوکلئوتید باشند ممکن است موجب تغییر چارچوب نشوند.

(۳) ممکن است جهش از نوع بزرگ مثل مضاعف‌شدگی یا جابه‌جایی باشد.

انتخاب طبیعی افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، گوناگونی و در نتیجه تفاوت‌های فردی کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): جهش، با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند. بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر رخ‌نمود ندارند؛ بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند؛ اما با تغییر شرایط محیط ممکن است (نه به طور حتم!) دگره جدید، سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.

گزینه (۲): رانش دگره‌ای از عوامل خارج‌کننده جمعیت از حال تعادل است که فراوانی دگره‌ها را در خزانه ژنی جمعیت تغییر می‌دهد و می‌تواند موجب کاهش توانایی بقاء جمعیت شود.

گزینه (۳): توان بقاء جمعیت وابسته به تنوع افراد جمعیت است. توجه داشته باشید که تنوع افراد نیز وابسته به ژنوتیپ و نحوه کنار هم قرار گرفتن ال‌ها در افراد می‌باشد. ممکن است با حذف کلی یک نوع خاص ژنوتیپ از افراد جمعیت، تنوع افراد کاهش یابد؛ اما همچنان هیچ ال‌ی از جمعیت حذف نگردد. چراکه این ال در ژنوتیپ سایر افراد وجود دارد.

بندپایانی مثل حشرات سامانه گردش خون باز دارند.

بررسی موارد:

الف) گامت‌هایی که توانایی عبور از نقاط واریسی را دارند، منظور گامتی است که بتواند تقسیم بشود. بعضی حشرات مثل زنبورعسل بکرزایی دارد. طبق متن کتاب درسی تخمک بدون لقاح در بکرزایی شروع به تقسیم می‌کند و موجود تک‌لاد را به وجود می‌آورد یا از روی فام‌تن‌های تخمک یک نسخه ساخته می‌شود تا فام‌تن‌های تخمک دو برابر شوند و سپس شروع به تقسیم می‌کند و موجود دولا را به وجود می‌آورد. به هر حال طبق متن کتاب درسی تخمک در بکرزایی تقسیم می‌شود، چون زنبورعسل نوعی حشره است و بکرزایی دارد؛ پس این مورد غلط خواهد بود.

ب) زنبورهای عسل گل‌هایی را گرده‌افشانی می‌کنند که شهد آن‌ها قند فراوانی داشته باشد. گرده‌افشانی نوعی آمیزش غیرتصادفی محسوب می‌شود. چرا؟ چون انتخاب صورت می‌گیرد. پس جمعیت از حال تعادل خارج می‌شود. پس تغییر فراوانی نسبی خواهیم داشت. قسمت دوم متن این مورد جانداران دارای آنتوسیانین در کریچه منظورش گیاهان هست. دقیقاً هم گل‌های گیاهان توسط زنبورعسل گرده‌افشانی می‌شوند. پس این مورد کاملاً صحیح است.

ج) روی هر یک از پاهای جلویی جیرجیرک یک محفظه هوا وجود دارد که پرده صماخ روی آن کشیده شده است. لرزش پرده در اثر امواج صوتی گیرنده‌های مکانیکی را که در پشت پرده صماخ قرار دارند تحریک و جانور صدا را دریافت می‌کند. این مورد هم کاملاً صحیح است.

(معمولاً) در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، نیمی از فام‌تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. اینکه هر گامت کدام یک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهارتاییه‌ها (تتراده‌ها) در میوزا بستگی دارد. در متافاز میوزا، فام‌تن‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد.

گزینه "۴" نمی‌تواند رخ بدهد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) ایجاد دیمر تیمین در یک رشته دنا رخ می‌دهد.

۲) حذف رونوشت اینترون در هسته یاخته یوکاریوتی رخ می‌دهد.

۳) در مرحله S می‌توانیم شاهد انجام همانندسازی (الگو قرارگرفتن هر دو رشته دنا) باشیم.

موارد "الف" و "ب" صحیح می‌باشند.

الف) نوترکیبی یکی از عوامل حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها با وجود فرآیند انتخاب طبیعی است.

ب) اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد آنگاه خزانه ژنی آن‌ها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود.

بررسی موارد نادرست:

ج) تغییر تعداد مجموعه‌های کروموزومی در نتیجه پلی‌پلوئیدی شدن، از ویژگی‌های گونه‌زایی هم‌میهنی است.

د) خزانه ژنی احتمال تشکیل گونه جدید را فراهم می‌کند، در این حالت افراد گونه‌های جدید می‌توانند در آمیزش با یکدیگر زاده‌های زایا و زیستا تولید کنند.

در صورتی که مادر ناقل بیماری کم‌خونی داسی‌شکل باشد ($Hb^A Hb^S$) احتمال تولد فرزندی با ژن‌نمود ناخالص ($Hb^A Hb^S$) وجود دارد. افراد ناخالص در برابر بیماری مالاریا مقاوم هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱: در صورتی که مادر ناقل بیماری کم‌خونی داسی‌شکل باشد، احتمال تولد فرزندی با ژن‌نمود $Hb^A Hb^A$ و $Hb^A Hb^S$ وجود دارد. فقط افراد ناخالص ($Hb^A Hb^S$) سبب تداوم گوناگونی در جمعیت می‌شوند.

گزینه ۳: در صورتی که مادر ناقل بیماری هموفیلی باشد ($X^H X^h$) احتمال تولد دخترانی با ژن‌نمودهای $X^H X^H$ و $X^H X^h$ وجود دارد. می‌دانید که افراد $X^h X^h$ بیمار و افراد $X^H X^H$ و $X^H X^h$ سالم هستند.

گزینه ۴: در صورتی که مادر ناقل بیماری هموفیلی باشد، دختران بیمار دارای دو جایگاه ژنی برای دگره بیماری هموفیلی هستند ($X^h X^h$). بنابراین استفاده از لفظ "حداکثر" صحیح نیست.