پاسخ مثال ۲۷: ۱-

$$\underset{\frac{۶}{۱۰}=۶۰\,\%}{\overset{\text{سیاه}}{X_AO}}-\underset{\frac{۳}{۱۰}=۳۰\,\%}{\overset{\text{قرمز}}{X_BO}}-\underset{\frac{۱}{۱۰}=۱۰\,\%}{\overset{\text{زرد}}{X_CO}} \Rightarrow \begin{cases} N=۳\text{ف} \\ N=۳\text{ژ} \end{cases}$$

۲-

سیاه $\boxed{\underset{۳۶\,\%}{X_AX_A}-۲\underset{۳۶\,\%}{X_AX_B}-۲\underset{۱۲\,\%}{X_AX_C}}$

قرمز $\boxed{\underset{۹\,\%}{X_BX_B}}-\boxed{\underset{۶\,\%}{۲X_BX_C}}$ قرمز با رگه‌ی زرد

زرد $\boxed{\underset{۱\,\%}{X_CX_C}}$

ژ $۶=۱+۲+۳$ یا ژ $۶=\frac{\overset{\text{ن}}{(N+۱)N}}{۲}$

ف ۴ = ۲ فلش − ۶ کل ژنوتیپ‌ها

۳- ۴ نوع فنوتیپ و $۶+۳=۹$ نوع ژنوتیپ داریم.

۴- در بین ۱۰۰ تا ملخ نر تمام ۱۰۰ تا یک نوع الل دارند و در بین ۱۰۰ تا ملخ ماده ۴۶ تا یک نوع الل دارند. پس $\frac{۱۰۰+۴۶}{۲۰۰}$

۵- $\frac{۳۶+۱۲+۶}{\text{۲۰۰ کل جمعیت}}$

۶- از ۸۴ تا ملخ ماده سیاه، ۳۶ تا یک نوع الل دارند و از ۶۰ نوع ملخ نر، ۶۰ تا یک نوع الل دارند. $\frac{۳۶+۶۰}{۸۴+۶۰}$

۷- از ۱۰۰ تا ملخ نر، ۳۰ تا الل B دارند و از ۱۰۰ ملخ ماده، $۶+۹+۳۶ \Leftarrow$ ۵۱ ملخ الل B دارند. $\frac{۳۰+۵۱}{۲۰۰}$

درون آمیزی

گاه آمیزش میان خویشاوندان نزدیک محتمل‌تر از آمیزش با سایر افراد است. به این حالت درون‌آمیزی می‌گویند. به‌عنوان مثال، اگر دانه‌های یک گیاه به خوبی در محیط پراکنده نشوند، زاده‌های آن گیاه در فواصل نزدیک به هم می‌رویند و احتمال گرده‌افشانی بین آنها بیش‌تر می‌شود. شدیدترین حالت درون‌آمیزی خودلقاحی است که در آن گامت‌های نر هر فرد، گامت‌های ماده خود او را بارور می‌کند. اگر افراد جمعیتی که در آن سه نوع ژنوتیپ AA، Aa و aa وجود داشته باشد، شروع به خودلقاحی کنند، در هر نسل فراوانی افراد ناخالص در آن جمعیت نصف می‌شود؛ زیرا از هر آمیزش $Aa \times Aa$، فقط نیمی از زاده‌ها Aa هستند و نیم دیگر aa یا AA می‌شوند. در عوض، ژنوتیپ همه زاده‌ها حاصل از خودلقاحی هر فرد خالص، عیناً مانند خود او خواهدبود.

۱: گیاه نخود فرنگی اگر به حال خود رها شود خود لقاحی انجام می‌دهد. چون پرچم و مادگی توسط ۲ عدد گلبرگ احاطه شده‌اند.

مثال ۱: در یک جمعیت متعادل، اگر فراوانی دانه‌های نخود فرنگی صاف ۹۶ درصد باشد، در این جمعیت بعد از چهار نسل خودلقاحی فراوانی دانه‌های چگونه خواهد شد و چند درصد از دانه‌های صاف کاهش یافته است؟

۲: آمیزش‌های همسان پسندانه و درون‌آمیزی و خودلقاحی: نوعی آمیزش غیرتصادفی است.
الف) فراوانی ژنوتیپ هتروزیگوس را کاهش می‌دهند و فراوانی هموزیگوس غالب و هموزیگوس مغلوب را افزایش می‌دهد.
ب) فراوانی الل غالب و الل مغلوب (فراوانی گامت‌ها) تغییر نمی‌دهد.
پ) فراوانی فنوتیپ غالب را کاهش و فراوانی فنوتیپ مغلوب را افزایش می‌دهد.
ت) تعادل هاردی- واینبرگ را به هم می‌زنند پس از نیروهای تغییردهنده گونه‌ها محسوب می‌شود. باعث کاهش تنوع می‌شود و بر همانندی ژنی آن می‌افزاید برای همین توان بقای جمعیت‌ها را کاهش می‌دهد.

مثال ۲: در یک جمعیت متعادل، فراوانی نخود فرنگی‌های با گل ارغوانی ۸۴ درصد است بعد از سه نسل خودلقاحی:

۱- چند درصد گل ارغوانی داریم؟

۲- چند درصد دانه‌ها هموزیگوس هستند؟

۳- چند درصد گل‌ها الل مغلوب دارند؟

۴- نسبت الل مغلوب به غالب چقدر است؟

۵- چه نسبتی از گل‌های ارغوانی هتروزیگوس هستند؟

۶- چند درصد از فنوتیپ غالب کاهش یافته است؟

۷- نسبت ژنوتیپ‌های هتروزیگوس به هموزیگوس چقدر است؟

۸- نسبت دانه‌هایی که دو نوع گامت می‌دهند به دانه‌هایی که یک نوع گامت می‌دهند؟

۹- حداقل بعد از چند نسل خودلقاحی در جمعیت اولیه‌ی فراوانی هموزیگوس‌ها به بیش از ۹۹ درصد می‌رسد؟

مثال ۳: در جمعیتی فرضی و تعادلی، برای صفتی با دو الل A و a، سه نوع ژنوتیپ وجوددارد. اگر افراد این جمعیت تنها شدیدترین حالت درون‌آمیزی را انجام دهند. با گذشت زمان، فراوانی اولیه‌ی افراد ..... همانند افراد ..... خواهدیافت. (سراسری-۹۴)

۱) هتروزیگوس- غالب، کاهش
۲) غالب- مغلوب، افزایش
۳) هتروزیگوس- هموزیگوس، افزایش
۴) هموزیگوس- مغلوب، کاهش

مثال ۴: در یک جمعیت نخود فرنگی در حال تعادل، فراوانی الل دانه زرد ۳ برابر الل سبز است. بعد از ۳ نسل خودلقاحی .....

۱- نسبت الل مغلوب به غالب چقدر است؟

۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۲}{۳}$

۲- نسبت دانه‌های هتروزیگوس به هموزیگوس چقدر است؟

۱) $\frac{۳}{۲۹}$ ۲) $\frac{۳}{۶۴}$ ۳) $\frac{۶}{۱۲۲}$ ۴) $\frac{۱}{۶}$

مثال ۵: در مطالعه صفتی دو اللی اگر فراوانی هموزیگوس غالب سه برابر افراد هتروزیگوس باشد، بعد از ۳ نسل خودلقاحی نسبت نر هتروزیگوس به هموزیگوس‌ها چه‌قدر است؟

مثال ۶: در مطالعه صفتی دو اللی اگر فراوانی افراد مغلوب $\frac{۱}{۳}$ افراد هتروزیگوس باشد، بعد از ۴ نسل خودلقاحی نسبت هتروزیگوس به هموزیگوس‌ها چقدر است؟

مثال ۷: نیمی یعنی پنجاه درصد از افراد یک جمعیت با تعادل هاردی واینبرگ، ژنوتیپ ناخالص دارند و نیمی دیگر به‌طور مساوی ژنوتیپ خالص دارند با انجام چهار نسل خودلقاحی نسبت افراد هتروزیگوس به هموزیگوس ..... می‌شود.

۱) $\frac{۱}{۷}$ ۲) $\frac{۱}{۱۵}$ ۳) $\frac{۱}{۳۱}$ ۴) $\frac{۱}{۶۳}$

مثال ۸: در یک جمعیت نخودفرنگی از هر ۱۰۰۰ عدد نخودفرنگی ۲۰۰ الل چروکیده وجود دارد. بعد از یک نسل خودلقاحی چند درصد از فنوتیپ غالب کم می‌شود؟

۱) ۴/۵ ۲) ۹ ۳) ۱۶ ۴) ۸

مثال ۹: در یک جمعیت متعادل پس از چهار نسل خودلقاحی اگر ۲۲/۵ درصد به دانه‌های چروکیده اضافه شده باشد. فراوانی هتروزیگوت‌ها به چقدر رسیده است؟

۱) ۳ ۲) ۴۸ ۳) ۶ ۴) ۴۲

مثال ۱۰: جمعیت در حال تعادلی متشکل از سه نوع ژنوتیپ (AA , Aa , aa) مفروض است. اگر افراد این جمعیت شروع به خودلقاحی نمایند، پس از پنج نسل ..... از فراوانی هتروزیگوس اولیه به فراوانی افراد مغلوب افزوده خواهدگردید. (سراسری ۹۲)

۱) $\frac{۱۵}{۱۲۸}$ ۲) $\frac{۳۱}{۳۲}$ ۳) $\frac{۳۱}{۶۴}$ ۴) $\frac{۳۱}{۱۲۸}$

مثال ۱۱: در یک جمعیت تعادل بعد از سه نسل خودلقاحی نسبت الل مغلوب به غالب $\frac{۲}{۳}$ است. اگر جمعیت اولیه ۲ نسل خودلقاحی کند، نسبت افراد هتروزیگوس به هموزیگوس چقدر است؟

مثال ۱۲: در یک جمعیت ۷۵ درصد افراد هتروزیگوس هستند. بعد از ۴ نسل خودلقاحی نسبت افراد هتروزیگوس به هموزیگوس چقدر است؟

مثال ۱۳: در جمعیتی متعادل اگر بعد از یک نسل خودلقاحی فراوانی نخودفرنگی‌های غلاف زرد، سه برابر افراد هتروزیگوس است. نسبت الل غالب به مغلوب در این جمعیت چقدر بوده‌است؟

مثال ۱۴: جمعیت متعادلی با سه نوع ژنوتیپ AA، Aa و aa مفروض است. اگر با انجام یک‌بار خودلقاحی، ۱۲ % به فراوانی افراد مغلوب افزوده‌شده‌باشد، فراوانی ثانویه‌ی افراد هتروزیگوس به فراوانی اولیه‌ی افراد هموزیگوس کدام می‌تواند باشد؟ (سراسری-۹۳)

۱) $\frac{۳}{۱۳}$ ۲) $\frac{۶}{۱۳}$ ۳) $\frac{۶}{۱۹}$ ۴) $\frac{۱۲}{۱۳}$

مثال ۱۵: جمعیت متعادلی با سه نوع ژنوتیپ AA، Aa و aa مفروض است. اگر با انجام یک‌بار خودلقاحی، ۱۰/۵ % به فراوانی افراد مغلوب افزوده‌شده‌باشد، فراوانی ثانویه افراد غالب به فراوانی اولیه‌ی افراد مغلوب کدام می‌تواند باشد؟ (سراسری خارج از کشور-۹۲)

۱) ۶/۶۱ ۲) ۴/۶۶ ۳) ۸/۹۴ ۴) ۳/۱۲

مثال ۱۶: جمعیتی متعادل از نخودفرنگی که فراوانی الل غالب دو برابر مغلوب است، پس از دو نسل که به حال خود رهاشده‌اند، ..... فراوانی افراد ..... می‌شود.

۱- $\frac{۱}{۶}$ از- غالب کاسته ۲- $\frac{۱}{۳}$ از- غالب کاسته ۳- $\frac{۱}{۶}$ به- غالب اضافه ۴- $\frac{۱}{۳}$ به- غالب اضافه

مثال ۱۷: جمعیت متعادلی با سه نوع ژنوتیپ AA، Aa، aa مفروض است. با انجام چهار بار خودلقاحی فراوانی افراد هموزیگوس به ۹۷% رسیده‌است:

۱- چند درصد از فنوتیپ غالب کاسته‌شده‌است؟

۲- نسبت هموِ اولیه به هموِ بعد از سه نسل خودلقاحی چقدر است؟

مثال ۱۸: جمعیت متعادلی با سه نوع فنوتیپ AA، Aa، aa مفروض است. اگر فراوانی هموزیگوس غالب دو برابر افراد هتروزیگوس باشد:

۱- بعد از چند نسل خودلقاحی فراوانی افراد هموزیگوس به ۹۶% می‌رسد؟

پاسخ مثال‌ها

پاسخ مثال ۱: برای حل مسائل خود لقاحی ابتدا باید جمعیت اولیه را بدست آورید. سپس فراوانی هتروزیگوس‌ها را به تعداد نسل‌های خواسته نصف کنید. مثلاً در این جمعیت که فراوانی اولیه هتروزیگوس‌ها ۳۲ درصد است بعد از ۴ نسل خودلقاحی به ۲ درصد می رسد (۲ ← ۴ ← ۸ ← ۱۶ ← ۳۲). اکنون می‌بینید که ۳۰ درصد از فراوانی هتروزیگوس‌ها کاهش‌یافته و به هموزیگوس‌ها اضافه شده است. که از این ۳۰ درصد، نصف آن یعنی ۱۵ درصد به هموزیگوس غالب و نصف دیگر یعنی ۱۵ درصد به هموزیگوس مغلوب اضافه شده است.

$$\underset{\text{جمعیت اولیه}}{(\underset{۰/۸}{A}+\underset{۰/۲}{a})^۲} = \underbrace{\underset{۶۴\%}{AA}+\underset{۳۲\%}{۲Aa}}_{\text{صاف }۹۶\%}+\underbrace{\underset{۴\%}{aa}}_{\text{چروکیده}}$$

$$۱۵\% \swarrow \quad \downarrow \quad \searrow ۱۵\%$$

$$(۰/۸+۰/۲) = \underbrace{۷۹\%AA+۲\%Aa}_{\text{صاف}}+\underbrace{۱۹\%aa}_{\text{چروکیده}}$$

پاسخ مثال ۲: در جمعیت اولیه ۴۸٪ هتروزیگوس دارید پس بعد از ۳ نسل خودلقاحی فراوانی هتروزیگوس‌ها به ۶ درصد می‌رسد. $\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۳} \times ۴۸\% = ۶\%$

پس ۴۲٪ کم شده‌است. پس به هر طرف ۲۱ درصد اضافه می‌شود.

$$\underset{\text{الل غالب}}{(\underset{\downarrow}{A}+\underset{\downarrow}{a})^{۲}} = \overbrace{\underset{\downarrow}{AA}+\underset{\downarrow}{۲Aa}}^{\text{۸۴٪ گل ارغوانی}} + \underset{\text{گل سفید}}{\underset{\downarrow}{aa}}$$

$$\underset{\downarrow}{۰/۶} \quad \underset{\downarrow}{۰/۴} \qquad \underset{\downarrow}{۳۶\%} \quad \underset{\downarrow}{۴۸\%} \qquad \underset{\downarrow}{۱۶\%}$$

$$(۰/۶+۰/۴) = \underbrace{۵۷\%AA + ۶\%Aa}_{۲۱\%} + \underbrace{۳۷\%aa}_{۲۱\%}$$

۱- $۵۷+۶=۶۳\%$ ۲- $۵۷+۳۷=۹۴\%$ ۳- $۶+۳۷=۴۳\%$ ۴- تغییر نمی‌کند $\frac{۲}{۳}=\frac{۴}{۶}$

۵- $\frac{۶}{۶۳}$ ۶- ۲۱% ۷- $\frac{۶}{۹۴}$ ۸- $\frac{۶}{۹۴}=\frac{۶}{۵۷+۳۷}$

۹- زمانی که فراوانی هتروزیگوس‌ها به کم‌تر از یک درصد برسد. برای همین هتروزیگوس‌ها را آن‌قدر نصف کنید تا به کم‌تر از یک درصد برسید. پس ۶ نسل طول می‌کشد.

$۴۸ \rightarrow ۲۴ \rightarrow ۱۲ \rightarrow ۶ \rightarrow ۳ \rightarrow ۱/۵ \rightarrow ۰/۷۵$

پاسخ مثال ۳: گزینه‌ی ۱

پاسخ مثال ۴:

$$\underset{\text{الل زرد}}{(\underset{\downarrow}{A}+\underset{\text{الل سبز}}{\underset{\downarrow}{a}})^{۲}} = \overbrace{\underset{\downarrow}{AA}+\underset{\downarrow}{۲Aa}}^{\text{دانه زرد}} + \underset{\text{دانه سبز}}{\underset{\downarrow}{aa}}$$

$$\underset{\downarrow}{\frac{۳}{۴}} \quad \underset{\downarrow}{\frac{۱}{۴}} \qquad \underset{\downarrow}{\frac{۹}{۱۶}} \quad \underset{\downarrow}{\frac{۶}{۱۶}} \qquad \underset{\downarrow}{\frac{۱}{۱۶}}$$

۱) $\frac{۱}{۳}$ فراوانی الل‌ها تغییر نمی‌کند.

۲) هر نسل خودلقاحی فراوانی هتروزیگوس‌ها نصف می‌شود. پس بعد از ۳ نسل خودلقاحی فراوانی هتروزیگوس‌ها به $\frac{۶}{۱۶}\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۳}=\frac{۳}{۶۴}$ می‌رسد و فراوانی هموزیگوس‌ها به $۱-\frac{۳}{۶۴}=\frac{۶۱}{۶۴}$ می‌رسد. پس نسبت $\frac{\text{هتروزیگوس ۳}}{\text{هموزیگوس ۶۱}}$ می‌رسد. پس گزینه‌ی ۳ صحیح است.

پاسخ مثال ۵: ابتدا جمعیت اولیه را به‌دست آورید.

$$\begin{cases} A\cancel{A} = ۳(۲\cancel{A}a) \\ \boxed{A = ۶a} \end{cases} \Rightarrow \underset{\downarrow\ \downarrow}{(A+a)^{۲}} = \underset{\downarrow}{AA}+\underset{\downarrow}{۲Aa}+\underset{\downarrow}{aa}$$

$$\frac{۶}{۷}\ \frac{۱}{۷} \qquad \frac{۳۶}{۴۹} \quad \frac{۱۲}{۴۹} \quad \frac{۱}{۴۹}$$

در جمعیت اولیه $\frac{۱۲}{۴۹}$ هتروزیگوس هستند، پس بعد از ۳ نسل خودلقاحی به $\frac{۱۲}{۴۹}\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۳}=\frac{۳}{۹۸}$ می‌رسد و نسبت هموها به $\frac{۹۵}{۹۸}$ می‌رسد. $\frac{\text{۳ هترو}}{\text{۹۵ همو}} = \frac{\frac{۱}{۲}\times ۳}{۹۵} = \frac{۳}{۱۹۰}$

پاسخ مثال ۶:

$$\begin{cases} a\cancel{a} = \frac{۱}{۳}(۲A\cancel{a}) \\ a = \frac{۲}{۳}A \end{cases} \Rightarrow \underset{\downarrow\ \downarrow}{(A+a)^{۲}} = \underset{\downarrow}{AA}+\underset{\downarrow}{۲Aa}+\underset{\downarrow}{aa}$$

$$\frac{۳}{۵}\ \frac{۲}{۵} \qquad \frac{۹}{۲۵} \quad \frac{۱۲}{۲۵} \quad \frac{۴}{۲۵}$$

$$\frac{۱۲}{۲۵}\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۴}=\frac{۳}{۱۰۰} \text{ نسبت هترو} \Rightarrow \frac{۹۷}{۱۰۰} \text{ نسبت همو} \Rightarrow \frac{\text{هترو ۳}}{۹۷}$$

پاسخ مثال ۷:

$$(A+a)^{۲} = AA+۲Aa+aa$$

$$\frac{۱}{۲} \rightarrow \frac{۱}{۴} \rightarrow \frac{۱}{۸} \rightarrow \frac{۱}{۱۶} \rightarrow \frac{۱}{۳۲} \text{ نسبت هترو بعد از ۴ نسل} \Rightarrow \frac{۳۱}{۳۲} \text{ نسبت همو} \Rightarrow \text{نسبت} = \frac{\text{هترو}}{\text{همو}} = \frac{۱}{۳۱}$$

پاسخ مثال ۸: گزینه‌ی ۱ صحیح است.

$$f(a) = \frac{\text{۲۰۰ ژن چروکیده}}{\text{۱۰۰۰ نخود} \times ۲} = ۰/۱ \text{ فراوانی الل چروکیده}$$

$$(A+a)^{۲} = AA+۲Aa+aa$$

$$(۰/۹+۰/۱) = ۸۱\%+۱۸\%+۱\%$$

در جمعیت اولیه ۱۸ درصد هترو داریم. بعد از یک نسل خودلقاحی، هتروها به ۹ درصد می‌رسند که نصف آن یعنی ۴/۵ درصد به چروکیده‌ها اضافه می‌شود و ۴/۵ % به صاف خالص اضافه می‌شود.

پاسخ مثال ۹: گزینه‌ی ۱ صحیح است. اگر ۲۲/۵ درصد به چروکیده اضافه شده‌باشد پس ۲۲/۵ درصد هم به صاف‌های خالص اضافه شده‌است. پس بعد از ۴ نسل ۴۵ درصد از هتروها کم شده‌است. اگر جمعیت اولیه هتروزیگوس‌ها را x فرض کنید بعد از چهار نسل خودلقاحی هتروزیگوس‌ها به $\frac{۱}{۱۶}x$ می‌رسد و $\frac{۱۵}{۱۶}x$ از آن کم شده‌است. پس:

$$\frac{۱۵}{۱۶}x = ۴۵\ \% \ \Rightarrow\ \boxed{x = ۴۸\ \%}$$

بعد از چهار نسل خودلقاحی $\frac{۱}{۱۶}\times ۴۸\% = ۳\%$

پاسخ مثال ۱۰: گزینه‌ی ۳؛ اگر مقدار هتروزیگوس‌های اولیه را x فرض کنیم بنابراین بعد از ۵ نسل فراوانی هتروزیگوس‌ها به $x\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۵} = \frac{۱}{۳۲}x$ می‌رسد. پس $\frac{۳۱}{۳۲}x$ از مقدار آن کاسته شده‌است. دقت کنید که نصف این مقدار یعنی $\frac{۳۱}{۶۴} = \frac{۳۱}{۳۲}\times\frac{۱}{۲}$ به هموزیگوس‌های مغلوب اضافه شده‌است.

پاسخ مثال ۱۱: خودلقاحی فراوانی جمعیت اولیه‌ی آلل‌ها را تغییر نمی‌دهد. بنابراین در جمعیت اولیه نسبت آلل‌ها همین بوده‌است. $\underset{\frac{۳}{۵}\ \ \frac{۲}{۵}}{(A+a)^{۲}} = \underset{\frac{۹}{۲۵}}{AA} + \underset{\frac{۱۲}{۲۵}}{۲Aa} + \underset{\frac{۴}{۲۵}}{aa}$

مقدار هتروزیگوس‌های اولیه $\frac{۱۲}{۲۵}$ است. بعد از ۲ نسل خودلقاحی به $\frac{۱۲}{۲۵}\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۲} = \frac{۳}{۲۵}$ می‌رسد. بنابراین هموزیگوس‌ها به $\frac{۲۲}{۲۵}$ می‌رسند. پس نسبت هترو به همو به $\frac{۳}{۲۲}$ می‌رسد.

پاسخ مثال ۱۲: هتروزیگوس اولیه $\frac{۳}{۴}$ است. بنابراین بعد از ۴ نسل به $\frac{۳}{۶۴}\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۴} = \frac{۳}{۶۴}$ می‌رسد. پس هموزیگوس‌ها $\frac{۶۱}{۶۴}$ هستند. پس نسبت هترو به همو $\frac{۳}{۶۱}$ است.

پاسخ مثال ۱۳: در نخودفرنگی غلاف سبز برخلاف غلاف زرد غالب است. اگر جمعیت اولیه $AA + ۲Aa + aa$ باشد، بعد از یک نسل خودلقاحی فراوانی افراد هترو به Aa می‌رسد. یعنی به مقدار Aa از فراوانی آن کاسته‌شده و $\frac{۱}{۲}$ این مقدار به افراد مغلوب اضافه‌شده و فراوانی افراد مغلوب به $aa + \frac{۱}{۲}Aa$ می‌رسد. بنابراین:

$$a\not{a} + \frac{۱}{۲}A\not{a} = ۳A\not{a} \ \Rightarrow\ a = ۳A - \frac{۱}{۲}A \ \Rightarrow\ a = \frac{۵}{۲}A \ \Rightarrow\ \frac{A}{a} = \frac{۲}{۵}$$

پاسخ مثال ۱۴: چون ۱۲ % به افراد مغلوب اضافه‌شده، پس ۱۲ % هم به افراد هموزیگوس غالب اضافه‌شده‌است. پس جمعاً ۲۴ درصد از فراوانی افراد هتروزیگوس کاسته‌شده‌است. اگر فراوانی هترو اولیه را x بگیریم، بعد از یک نسل خودلقاحی فراوانی افراد هترو ثانویه به $\frac{۱}{۲}x$ می‌رسد. یعنی $\frac{۱}{۲}x$ از فراوانی آن کاسته‌شده‌است. بنابراین هترو اولیه ۴۸ % بوده‌است و همو اولیه ۵۲ % بوده‌است.

پاسخ مثال ۱۵: گزینه‌ی ۳

چون ۱۰/۵ درصد به افراد مغلوب اضافه‌شده، پس ۱۰/۵ درصد هم به هموزیگوس غالب اضافه‌شده، پس جمعاً ۲۱ درصد از افراد هتروزیگوس کاسته‌شده‌است. اگر فراوانی هترو اولیه را x بگیریم، بعد از یک نسل خودلقاحی فراوانی افراد هترو ثانویه به $\frac{۱}{۲}x$ می‌رسد. پس $\frac{۱}{۲}x = ۲۱\ \%$ است. بنابراین هترو اولیه ۴۲ درصد است و همو اولیه ۵۸ درصد است. با توجه به این‌که در بین گزینه‌ها فراوانی غالب‌ها بیش‌تر است، پس فراوانی الل غالب ۰/۷ و الل مغلوب ۰/۳ بدهید.

$$\underset{۰/۷\ \ ۰/۳}{(A + a)^{۲}} = \underset{۴۹\ \%}{AA} + \underset{۴۲\ \%}{۲Aa} + \underset{۹\ \%}{aa}$$

$$۱۰/۵\% \swarrow\ \downarrow\ \searrow ۱۰/۵\%$$

$$(۰/۷ + ۰/۳)^{۲} = ۵۹/۵\ \% + ۲۱\ \% + ۱۹/۵\ \%$$

$$\frac{۵۹/۵ + ۲۱}{۹} = ۸/۹۴$$

پاسخ مثال ۱۶: جمعیت اولیه:

$$\underset{\frac{۲}{۳}}{(\underset{\downarrow}{A}+\underset{\frac{۱}{۳}}{\underset{\downarrow}{a}})^{۲}} = \underset{\frac{۴}{۹}}{\underset{\downarrow}{AA}} + \underset{\frac{۴}{۹}}{۲\underset{\downarrow}{Aa}} + \underset{\frac{۱}{۹}}{\underset{\downarrow}{aa}}$$

چون هترو اولیه $\frac{۴}{۹}$ است. پس از دو نسل خودلقاحی به $\frac{۱}{۹}$ می‌رسد، پس $\frac{۳}{۹}=\frac{۱}{۳}$ کاهش یافته‌است و نصف این مقدار یعنی $\frac{۱}{۳}\times\frac{۱}{۲}=\frac{۱}{۶}$ از غالب‌ها کاسته‌شده و به مغلوب‌ها اضافه‌شده‌است.

پاسخ مثال ۱۷: ۱- بعد از چهار نسل خودلقاحی فراوانی هتروزیگوس‌ها به ۳ درصد رسیده‌است. اگر هترو اولیه را x بگیریم، پس بعد از ۴ نسل به $\frac{۱}{۱۶}x$ رسیده‌است.

پس:

$$\frac{۱}{۱۶}x = ۳\,\% \;\Rightarrow\; x = ۴۸$$

یعنی هترو اولیه ۴۸ درصد بوده‌است و به ۳ درصد رسیده‌است. یعنی ۴۵ درصد از هترو کاهش‌یافته که نصف این مقدار یعنی ۲۲/۵ درصد از غالب کاسته و به مغلوب افزوده‌شده‌است.

۲) همو اولیه ۵۲ درصد است و هترو اولیه ۴۸ درصد است. پس بعد از ۳ نسل خودلقاحی به هترو به $۴۸\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۳}=۶$ درصد می‌رسد، پس همو بعد از ۳ نسل به ۹۴ درصد می‌رسد. پس $\frac{۵۲}{۹۴}$.

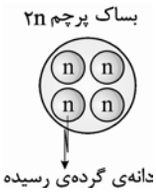
پاسخ مثال ۱۸:

$$A\cancel{A} = ۲(۲\cancel{A}a) \;\Rightarrow\; A = ۴a$$

$$\underset{\substack{\frac{۴}{۵}\\ ۰/۸}}{(\underset{\downarrow}{A}+\underset{\substack{\frac{۱}{۵}\\ ۰/۲}}{\underset{\downarrow}{a}})^{۲}} = \underset{\substack{\frac{۱۶}{۲۵}\\ ۶۴\,\%}}{\underset{\downarrow}{AA}} + \underset{\substack{\frac{۸}{۲۵}\\ ۳۲\,\%}}{۲\underset{\downarrow}{Aa}} + \underset{\substack{\frac{۱}{۲۵}\\ ۴\,\%}}{\underset{\downarrow}{aa}}$$

۱) زمانی‌که هترو به ۴ درصد برسد،یعنی بعد از ۳ نسل خودلقاحی $۴ \to ۸ \to ۱۶ \to ۳۲$

آمیزش ناهمسان پسندانه



گاه مشاهده می‌شود که افراد همانند با هم آمیزش نمی‌کنند. این نوع آمیزش غیرتصادفی آمیزش ناهمسان پسندانه نام دارد و منجر به افزایش فراوانی افراد ناخالص می‌شود. نمونه‌ای از آمیزش‌های ناهمسان پسندانه که در گیاه شبدر یافت می‌شود، توسط یک ژن چند اللی، به‌نام ژن خودناسازگاری تنظیم می‌شود. هنگامی‌که دانه‌ی گرده‌ای روی کلاله‌ی مادگی این گل می‌نشیند، الل‌های این ژن تعیین می‌کنند که لوله گرده تشکیل خواهدشد یا نه. می‌دانید که سلول‌های کلاله‌ی مادگی دیپلوئید و دانه‌های گرده هاپلوئید هستند. اگر اللی که دانه‌ی گرده دارد، شبیه یکی از دو اللی باشد که در سلول‌های کلاله وجود دارد، لوله گرده نمی‌تواند در آن مادگی رشد کند. یعنی دانه گرده با گلی آمیزش می‌دهد که الل دانه گرده با هر دو الل آن گل ناهمسان باشد. دانه‌های گرده‌ای که اللی متفاوت نسبت به دو الل موجود در گیاه‌پذیرنده‌ی گرده را در خود دارند، می‌توانند لوله‌ی گرده تشکیل و لقاح انجام دهند.

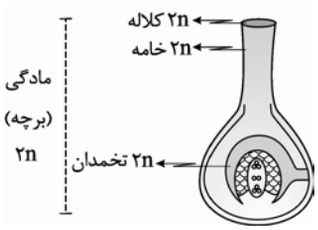
آمیزش ناهمسان پسندانه:

الف) باعث افزایش فراوانی ژنوتیپ هتروزیگوس و کاهش ژنوتیپ هموزیگوس می‌شود.

ب) فراوانی فنوتیپ غالب را افزایش و فنوتیپ مغلوب را کاهش می‌دهد.

پ) باعث افزایش تنوع در جمعیت می‌شود.

ت) فراوانی الل‌ها تغییر نمی‌کند.



مثال ۱: ژن خود ناسازگار شبدر توسط ۳ الل X و Y و Z کنترل می‌شود. ژنوتیپ پرچم گل نر YZ و ژنوتیپ کلاله مادگی XY است.

الف) ژنوتیپ پوسته دانه‌ها چیست؟

ب) ژنوتیپ تخم دیپلوئید (رویان و لپه) دانه چیست:

پ) ژنوتیپ تخم تریپلوئید (آلبومن) دانه چیست؟

ت) چه نسبتی از سلول‌های حاصل از لقاح ژنوتیپ شبیه پرچم دهنده‌ی آنتروزئید دارند؟

۱: تخم دیپلوئید که داخل دانه تشکیل می‌شود پس از رویش به رویان و لپه تبدیل می‌شود. برای همین منشأ و ژنوتیپ رویان و لپه با هم یکسان است.

۲: گیاهانی که ژن خودناسازگار دارند ژنوتیپ تخم‌های دیپلوئید حاصل از آمیزش نمی‌تواند هوموزیگوس باشد و همیشه هتروزیگوس است؛ ولی ژنوتیپ تخم تریپلوئید ۲ الل یکسان دارد و الل دیگر فرق می‌کند.

۳: در ژن خودناسازگار ژنوتیپ تخم‌های دیپلوئید حاصله هیچ‌وقت شبیه مادگی نخواهندشد. برای همین هیچ‌گاه ژنوتیپ رویان و لپه شبیه ژنوتیپ پوسته دانه نخواهدشد، ولی برخی می‌توانند ژنوتیپ شبیه پرچم را داشته‌باشند.

۴: در ژن خودناسازگار تخم‌های حاصله قطعاً ژنوتیپ جدید را دارند. یعنی آمیزش ناهمسان پسندانه منجربه افزایش تنوع می‌شود.

۵: ژن خودناسازگار هیچ وقت نمی‌تواند فنوتیپ مغلوب داشته‌باشد. چون فنوتیپ مغلوب هوموزیگوس است.

۶: شبدر چون ژن خودناسازگار دارد هیچ وقت نمی‌تواند خودلقاحی داشته‌باشد. همیشه دگرلقاحی دارد.

۷: ژن خود ناسازگار توسط یک ژن تنظیم می شود که باید حداقل ۳ الل داشته باشد.

۸: آلبومن در شبدر(دارای ژن خودناسازگار) دارای ۳ الل است ولی از ۲ نوع، چون یکی از الل‌ها تکراری است. یعنی یک آلبومن حداقل و حداکثر ۲ نوع الل دارد.

۹: اگر آلبومن ژن خودناسازگار یک دانه را دادند و گامت نر و ماده را خواستند چکار میکنید؟ خیلی راحته، اللی که با بقیه تفاوت داره گامت نر است و اللی که تکراری است گامت ماده است. به طور مثال اگر آلبومن AAB باشد ژنوتیپ دانه گرده و گامت نر (آنتروزوئید) B است و ژنوتیپ گامت ماده (تخمزا) A است و ژنوتیپ رویان و لپه AB است.

مثال ۲: با توجه به ژن خودناسازگار، اگر ژنوتیپ آلبومن دانه‌ای BEE باشد.

۱- ژنوتیپ آنتروزوئید (گامت نر)- دانه گرده- سلول رویشی- سلول زایشی کدام است؟

۲- ژنوتیپ تخم‌زا(گامت ماده)- کیسه رویانی- گامتوفیت ماده- هاگ ماده کدام است؟

۳- ژنوتیپ سلول دو هسته‌ای کدام است؟

۴- ژنوتیپ رویان و لپه دانه کدام است؟

۵- ژنوتیپ مادگی‌دهنده تخم‌زا و پوسته دانه کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟

۱) BE ۲) AE ۳) EE ۴) AB

مثال ۳: در شبدر ژن خودناسازگار توسط سه الل (X , Y , Z) کنترل می‌شود، ژنوتیپ آلبومن حاصل از این آمیزش ZYY است. ژنوتیپ سلول تخم و ژنوتیپ کلاله والد به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) ZY – XY ۲) ZX – XY ۳) XY – ZY ۴) ZX – ZY

مثال ۴: در گیاهی ژن خودناسازگار توسط سه الل (E , B , A) کنترل می‌شود. ژنوتیپ تخم حاصل از این آمیزش AB است. ژنوتیپ آلبومن و پوسته دانه به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) AB – ABB ۲) AE – AEE ۳) AE – BEE ۴) AE – AAB

مثال ۵: ژن خود ناسازگار با ۳ الل X ، Y و Z کنترل می‌شود. اگر پوسته دانه‌ای XY باشد، ژنوتیپ رویان و آلبومن همان دانه می‌تواند به‌ترتیب از راست به چپ ..... و ..... باشد.

۱) ZYY – XZ ۲) XZZ – XZ ۳) ZYY – ZY ۴) XXZ – ZY

مثال ۶: اگر ژنوتیپ ژن خودناسازگار سلول مادر هاگ نر XY و مادر هاگ ماده XO باشد، به‌ترتیب از راست به چپ کدام گزینه می‌تواند ژنوتیپ پوسته- رویان و آلبومن یک دانه را نشان بدهد؟

۱) XXY – XY – XY ۲) YOO – XY – XO ۳) YYO – YO – XO ۴) XXY – XY – XO

مثال ۷: کدام عبارت نادرست است؟ «در آمیزش ناهمسان پسندانه گیاه شبدر رویان دانه قطعاً ..... را ندارد.»

۱) ژنوتیپ هوموزیگوس ۲) فنوتیپ مغلوب ۳) ژنوتیپ شبیه پوسته دانه ۴) ژنوتیپ لپه دانه

مثال ۸: آمیزش همسان پسندانه ..... آمیزش ناهمسان‌پسندانه فراوانی ..... کاهش می‌دهد.

۱) برخلاف- الل غالب ۲) همانند- ژنوتیپ هتروزیگوس ۳) برخلاف- فنوتیپ غالب ۴) همانند- ژنوتیپ هوموزیگوس

مثال ۹: در آمیزش ناهمسان پسندانه گیاه شبدر سلول تخم حاصل ژنوتیپ ..... می‌تواند داشته باشد. (سراسری-۸۳)

۱) دانه‌ی گرده‌دهنده‌ی آنتروزوئید ۲) تخمک گیاه‌دهنده‌ی تخم‌را ۳) مادگی گیاه‌پذیرنده‌ی آنتروزوئید ۴) پرچم گیاه‌دهنده‌ی آنتروزئید

مثال ۱۰: چند مورد جمله‌ی زیر را به‌طور صحیح تکمیل می‌کند؟

«با توجه به ژن خودناسازگار اگر بساک پرچم xy و سلول خورش برچه (مادگی) گیاهی xo باشد تخم‌های حاصله می‌توانند .....»

الف) ژنوتیپ شبیه پرچم‌دهنده آنتروزوئید را داشته‌باشند.
ب) ژنوتیپ نوترکیب را داشته‌باشند.
ج) دو الل یکسان داشته‌باشند.
د) ژنوتیپ شبیه مادگی دهنده تخم‌را داشته‌باشند.
هـ) ۳ نوع الل داشته‌باشند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

مثال ۱۱: در ارتباط با گیاه شبدر که دارای الل ژن خودناسازگار است کدام عبارت نادرست است؟

۱) هر سلول مادر دانه‌ی گرده دارای دو نوع الل است.
۲) سلول‌های کلاله، فقط دارای یک نوع الل می‌باشند.
۳) ژنوتیپ سلول تخم می‌تواند با ژنوتیپ گیاه نر یکسان باشد.
۴) در نیمی از سلول‌های حاصل از لقاح دو الل یکسان دیده‌می‌شود.

مثال ۱۲: طی مراحل لقاح و تشکیل دانه در گیاه نهاندانه‌ای که برای ژن خودناسازگار ژنوتیپ سلول زاینده‌ی درون تخمکش zx و ژنوتیپ سلول زاینده‌ی درون کیسه‌ی گرده‌اش zy باشد، داشتن ..... غیرممکن است.

۱) سلول تریپلوئیدی که یک ژن y دارد.
۲) سلول تریپلوئید با ژنوتیپ zzx و رویان zx
۳) دانه‌ای که ژنوتیپ پوسته‌ی آن zx و رویان xy باشد.
۴) دانه‌ای که ژنوتیپ رویان آن zy و آلبومن zzy باشد.

مثال ۱۳: ژن خودناسازگار در گیاه شبدر .....

۱) همانند گروه خونی انسان دارای چند ژن چند اللی است.
۲) کاهش فراوانی فنوتیپ‌های غالب و افزایش فراوانی فنوتیپ مغلوب همراه دارد.
۳) افزایش فراوانی الل غالب و کاهش فراوانی الل مغلوب به همراه دارد.
۴) افزایش فراوانی افراد ناخالص و افزایش تنوع در جمعیت و افزایش بقاء جمعیت‌ها به همراه دارد.

مثال ۱۴: ژن خودناسازگار در گیاه شبدر توسط ۵ الل A، B، C، D و E کنترل می‌شود و فراوانی الل‌ها مساوی است و الل A بر بقیه غالب است و B بر C و D و E غالب است و بین بقیه الل‌ها هم‌توانی است:

۱- چند نوع ژنوتیپ در گیاه وجود دارد؟

۲- چند نوع ژنوتیپ هوموزیگوس وجود دارد؟

۳ چه نسبتی از گیاهان هتروزیگوس داریم؟

۴- چند نوع فنوتیپ در گیاه یافت می‌شود؟

۵- دانه گرده A با چه نسبتی از گیاهان آمیزش می‌دهد؟

۶- حداکثر چند نوع آمیزش بین دانه‌های گرده و مادگی‌ها می‌توان برقرار کرد؟

۷- هر مادگی با چند نوع دانه گرده آمیزش می‌دهد؟

۸- پرچم AB با چند نوع مادگی می‌تواند آمیزش می‌دهد؟

۹- حداکثر چند نوع آمیزش بین پرچم‌ها و مادگی‌ها در این گیاه می‌توان برقرار کرد؟

۱۰- با چه نسبتی از مادگی‌ها همه‌ی دانه‌های گرده یک پرچم AB می‌تواند آمیزش بدهند.

۱۱- چند نوع آلبومن در دانه‌های حاصله وجود دارد؟

۱۲- اگر ژنوتیپ آلبومن دانه‌ی ABB باشد، برای گیاه نر و ماده چند نوع ژنوتیپ می‌توان انتظار داشت؟

مثال ۱۵: باتوجه به ژن خود ناسازگار در شبدر اگر هر مادگی فقط با ۳ نوع دانه گرده آمیزش بدهد، در این گیاه چند نوع ژنوتیپ در آلبومن دانه‌ها یافت می‌شود؟

۱) ۱۲ ۲) ۲۵ ۳) ۲۰ ۴) ۱۰

مثال ۱۶: ژن خود ناسازگار شبدر توسط ۴ الل کنترل می‌شود فراوانی الل‌ها مساوی است. دانه گرده B با چه نسبتی از گیاهان می‌تواند آمیزش برقرارکند؟

۱) $\frac{۶}{۱۰}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۲}{۳}$

مثال ۱۷: در آمیزش ناهمسان پسندانه گیاه شبدر هیچ‌گاه نمی‌تواند ژنوتیپ .....

۱) تخم دیپلوئید شبیه پرچم‌دهنده آنتروزوئید باشد.
۲) سلول تخم دیپلوئید، نوترکیب باشد.
۳) تخم دیپلوئید شبیه پوسته دانه باشد.
۴) پوسته دانه، شبیه مادگی‌دهنده تخم‌زا باشد.

مثال ۱۸: چند مورد جمله‌ی زیر را به‌طور صحیحی تکمیل می‌کند؟

در ارتباط با گیاه شبدر که دارای الل ژن خودناسازگار است. اگر ژنوتیپ پرچم AB و کلاله‌ی مادگی BC باشد. ..... سلول‌های حاصل از لقاح .....

الف) $\frac{۱}{۲}$ از- دو الل یکسان دیده‌می‌شود.

ب) $\frac{۱}{۴}$ از- ژنوتیپ شبیه پرچم دهنده‌ی آنتروزوئید را ندارند.

ج) هیچ‌کدام از- ژنوتیپ شبیه پوسته‌ی دانه را دارند.

د) گامت ماده برای تشکیل- درون آرکگن با تقسیم میتوز ایجاد می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

مثال ۱۹: اگر در نهاندانه‌ای ژن خودناسازگار دارای ۴ نوع الل باشد، حداکثر چند نوع آمیزش بین ژنوتیپ‌های والدین منجر به تشکیل دانه خواهدشد؟

۱) ۳۶ ۲) ۳۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۹۰

مثال ۲۰: ژنی خودناسازگار تحت کنترل ۴ الل است. اگر فراوانی الل A سه برابر B و فراوانی الل B دو برابر C است و فراوانی C و D برابر است. دانه‌ی گروه B با چه نسبتی از مادگی‌ها آمیزش می‌دهد؟

پاسخ مثال‌ها

پاسخ مثال ۱: الف) پوسته دانه $2n$ است. ژنوتیپ آن شبیه گل ماده است چون پوسته‌ی دانه باقی‌مانده پوسته تخمک است. در این سؤال ژنوتیپ پوسته دانه‌ها XY است.

ب) اگر ژنوتیپ رویان و لپه دانه را خواستند ابتدا گامت‌های ماده را بنویسید. سپس با گامت نر ناهمسان لقاح دهید.

گامت ماده	X	Y
Z گامت نر ناهمسان	XZ جدید	YZ شبیه پرچم

پ) آلبومن دانه همان اندوخته دانه است که $3n$ است. برای به‌دست آوردن ژنوتیپ آن باید اول گامت‌های ماده را بنویسید. سپس آن‌ها را تکرار کنید سپس با گامت نر ناهمسان لقاح دهید.

تکرار گامت ماده	XX	YY
z گامت نر ناهمسان	XXZ	YYZ

ج) ۴ نوع تخم (دو نوع تخم دیپلوئید و دو نوع تخم تریپلوئید) تشکیل شده که $\frac{۱}{۴}$ آن‌ها شبیه پرچم هستند.

پاسخ مثال ۲: ۱) B ۲) EF ۳) EE ۴) BE

۵) گزینه‌ی ۲ چون گامت نر B است. پس مادگی نباید آلل گامت نر را داشته باشد. (حذف گزینه‌ی ۱ و ۴) و از طرفی چون گامت ماده E است. پس مادگی یک الل E را دارد ولی الل دیگر نمی‌تواند E باشد. چون ژن خودناسازگار نمی‌تواند هموزیگوس باشد.

پاسخ مثال ۳: گزینه‌ی ۳؛ اگر آلبومن ZYY باشد، پس گامت نر Z و گامت ماده Y است. پس سلول تخم (رویان و لپه) ژنوتیپ ZY را دارد و از طرفی کلاله مادگی باید گامت نر (Z) را نداشته باشد.

پاسخ مثال ۴: گزینه‌ی ۴؛ تخم از آمیزش گامت نر و ماده به‌وجود می‌آید. اگر گامت نر A و ماده B باشد. پس آلبومن دانه ABB و پوسته دانه BE است. ولی اگر گامت نر B و گامت ماده A باشد آلبومن دانه AAB است و پوسته دانه AE است.

پاسخ مثال ۵: گزینه‌ی ۳؛ پوسته دانه شبیه گل ماده است.

	گامت ماده X	گامت ماده Y
Z گامت نر ناهمسان	رویان XZ آلبومن XXZ	رویان ZY آلبومن ZYY

پاسخ مثال ۶: گزینه‌ی ۴؛

	گامت ماده X	گامت ماده O
Y گامت نر ناهمسان	رویان XY آلبومن XXY	رویان YO آلبومن YOO

پاسخ مثال ۷: گزینه‌ی ۴؛ ژنوتیپ رویان و لپه مشابه است.

پاسخ مثال ۸: گزینه‌ی ۳؛ در آمیزش همسان پسندانه فنوتیپ مغلوب افزایش و فنوتیپ مغلوب کاهش‌می‌یابد.

پاسخ مثال ۹: گزینه‌ی ۴؛ سلول تخم دیپلوئید است. درحالی‌که دانه‌ی گرده و تخمک هاپلوئید هستند (رد گزینه‌ی ۱ و ۲). ژنوتیپ سلول تخم می‌تواند شبیه والد نر باشد، ولی هرگز شبیه والد ماده نیست.

پاسخ مثال ۱۰: گزینه‌ی ۳؛ موارد «الف، ب، ج» صحیح هستند. آلبومن ۳ الل از ۲ نوع دارد. از این ۳ الل، دو الل آن یکسان هستند.

پاسخ مثال ۱۱: گزینه‌ی ۲؛ در گیاهانی که ژن خودناسازگار وجوددارد، فرد هوموزیگوت وجود نخواهدداشت. در مورد گزینه‌ی ۴ دقت کنید که نیمی از تخم‌ها، تخم تریپلوئید هستند. (مولد آلبومن)

پاسخ مثال ۱۲: گزینه‌ی ۲؛

	z	w
y	zy	yw رویان
	zzy	ywww آلبومن

پاسخ مثال ۱۳: گزینه‌ی ۴؛ آمیزش ناهمسان پسندانه موجب افزایش فراوانی افراد ناخالص و افزایش تنوع در جمعیت و افزایش بقا می‌شود.

پاسخ مثال ۱۴: به تعداد الل‌ها دانه‌ی گرده وجود دارد.

AA	AB	AC	AD	AE
BB	BC	BD	BE	
CC	CD	CE		
DD	DE			
EE				

۱- $\frac{(N-۱)N}{۲} = ۱۰$ نوع فقط هتروزیگوس داریم

۲- صفر

۳- ۱۰۰ درصد

۴- ۵ نوع

۵- $\frac{۶}{۱۰}$ چون دانه گرده A با گلی آمیزش می‌دهد که الل A را نداشته‌باشد. پس با ۴ نوع گل AB، AC، AD و AE نمی‌تواند آمیزش بدهد ولی با ۶ نوع دیگر می‌تواند.

۶- ۵ نوع دانه گرده A، B، C، D و E داریم که هر کدام با ۶ نوع مادگی آمیزش می‌دهد. پس $۵ \times ۶ = ۳۰$ نوع آمیزش پس دانه‌های گرده و مادگی‌ها می‌توان برقرار کرد.

۷- با ۳ نوع چون هر مادگی مثل AB دارای ۲ نوع الل است. پس هر مادگی با ۲ نوع الل آمیزش نمی‌دهد ولی با ۳ نوع دیگر آمیزش می‌دهد. $N-۲$ تعداد الل‌ها

۸- با ۹ نوع چون پرچم AB فقط با مادگی AB نمی‌تواند آمیزش بدهد.

۹- ۱۰ نوع پرچم داریم که هر کدام با ۹ نوع مادگی آمیزش می‌دهد. پس $۹ \times ۱۰ = ۹۰$

۱۰- با سه نوع باید مادگی الل A و B را نداشته‌باشد.

۱۱- انواع آلبومن ژن خودناسازگار از رابطه $N^۲ - N$ استفاده کنید. ۲۰ نوع

۱۲- چون گامت نر A است، بنابراین برای گیاه نر چهار نوع ژنوتیپ AB، AC، AD و AE می‌توان نوشت و چون گامت ماده B است، مادگی باید الل B را داشته‌باشد، ولی A را نداشته‌باشد. پس برای گیاه ماده سه نوع ژنوتیپ می‌توان انتظار داشت. (BC، BD و BE)

پاسخ مثال ۱۵: گزینه‌ی ۳ صحیح است. چون هر مادگی ۲ الل دارد پس هر مادگی با ۲ نوع الل نمی‌تواند آمیزش بدهند و از طرفی هر مادگی با ۳ الل توانسته آمیزش بدهد پس جمعاً ۵ الل داشته‌ایم. پس انواع آلبومن $N^۲ - N = ۲۰$ نوع داریم.

پاسخ مثال ۱۶: گزینه‌ی ۲ صحیح است. چون ۴ نوع الل A و B و C و D می‌توان ۶ نوع ژنوتیپ AB و AC و AD و BC و BD و CD نوشت که دانه گرده B با گلی آمیزش می‌دهد که B را ندارد. پس با ۳ نوع گل AC و AD و CD می‌تواند آمیزش بدهد.

پاسخ مثال ۱۷: گزینه‌ی ۳؛ در خودناسازگاری هیچ‌گاه ژنوتیپ زیگوت همانند والد ماده که مشابه پوسته‌ی دانه است، نخواهدبود.

پاسخ مثال ۱۸: گزینه‌ی ۳؛ الف، ب و ج صحیح‌اند. گیاهان نهاندانه فاقد آرکگن هستند.

	B	C
A	AB	BC تخم دیپلوئید
	ABB	ACC تخم تریپلوئید

پاسخ مثال ۱۹: گزینه‌ی ۲؛ با ۴ نوع الل A، B، C و D می‌توان ۶ نوع ژنوتیپ مادگی و ۶ نوع پرچم (AB، AC، AD، BC، BD و DC) داریم که هر پرچم با ۵ نوع مادگی آمیزش می‌دهد (همه نوع به‌جز خودش)، پس $۵ \times ۶ = ۳۰$ آمیزش داریم.

پاسخ مثال ۲۰: نسبت فراوانی اللی: $\boxed{۱D}$ $\boxed{۱C}$ $\boxed{۲B}$ $\boxed{۶A}$؛ دانه‌ی گروه B با گلی آمیزش می‌دهد که الل B را ندارد. پس با $\frac{۱۳}{۲۹}$ آمیزش می‌دهد. نسبت گل‌ها:

۱۲AB ۶AC ۶AD

۲BC ۲BD

CD

۵۸- در گذشته، به منظور اشتقاق دو گونه مارمولک شاخ‌دار، از یک گونه‌ی نیایی در نواحی جنوب غربی آمریکا، ابتدا ..... *(سراسری-۹۳)*

۱) تنها، عامل تغییردهنده‌ی الل‌ها فعال گردید.
۲) همه‌ی عوامل مؤثر بر تغییر فراوانی الل‌ها دست‌به‌کار شدند.
۳) بعضی از اعضای جمعیت متحمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولیدمثلی شدند.
۴) یکی از نیروهای مؤثر بر تغییر ساختار ژنی جمعیت، متوقف یا کند گردید.

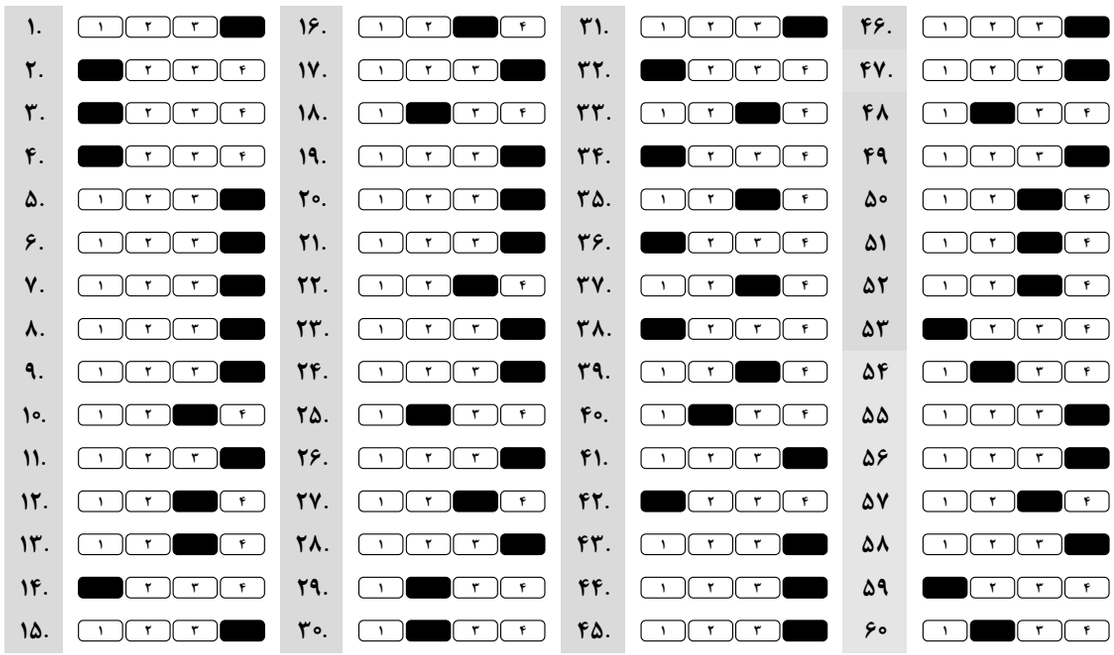
۵۹- به منظور اشتقاق دو گونه‌ی سنجاب تیره و روشن امروزی از جمعیت اولیه، ابتدا ..... *(خارج از کشور-۹۳)*

۱) یکی از عوامل مؤثر بر تغییر ساختار ژنی جمعیت، کند یا متوقف گردید.
۲) اعضای جمعیت، متحمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولیدمثلی شده‌اند.
۳) عوامل مؤثر بر تغییر فراوانی الل‌ها، دست‌به‌کار شدند.
۴) تنها عامل تغییردهنده‌ی الل‌ها فعال گردید.

۶۰- هر جانور دورگه .....، قطعاً ..... *(سراسری-۹۴)*

۱) زیستا- روند تبادل ژن بین گونه‌های نزدیک را پایدار می‌کند.
۲) نازا- توانایی تکثیر اطلاعات ژنتیکی والدین خود را دارد.
۳) زیستا- زاده‌هایی ضعیف یا نازا تولید می‌کند.
۴) نازا- با فاصله‌ی کوتاهی پس از تولد می‌میرد.

پاسخ کلیدی تست‌ها



۱.	۴	۱۶.	۴	۳۱.	۱	۴۶.	۳
۲.	۱	۱۷.	۱	۳۲.	۴	۴۷.	۳
۳.	۱	۱۸.	۲	۳۳.	۲	۴۸	۲
۴.	۱	۱۹.	۱	۳۴.	۴	۴۹	۳
۵.	۴	۲۰.	۱	۳۵.	۲	۵۰	۳
۶.	۴	۲۱.	۱	۳۶.	۴	۵۱	۳
۷.	۴	۲۲.	۳	۳۷.	۲	۵۲	۳
۸.	۴	۲۳.	۱	۳۸.	۴	۵۳	۱
۹.	۴	۲۴.	۱	۳۹.	۲	۵۴	۲
۱۰.	۳	۲۵.	۲	۴۰.	۳	۵۵	۴
۱۱.	۴	۲۶.	۱	۴۱.	۱	۵۶	۴
۱۲.	۳	۲۷.	۳	۴۲.	۱	۵۷	۳
۱۳.	۳	۲۸.	۱	۴۳.	۴	۵۸	۴
۱۴.	۱	۲۹.	۲	۴۴.	۴	۵۹	۱
۱۵.	۴	۳۰.	۲	۴۵.	۴	۶۰	۲

پاسخ‌نامه‌ی تشریحی تست‌ها

۱- گزینه‌ی ۴ برتری افراد ناخالص موجب باقی‌ماندن تنوع در جمعیت می‌شود. سایر موارد تنوع را کم‌می‌کنند.

۲- گزینه‌ی ۱ درون‌آمیزی و رانش ژن هردو توان بقای جمعیت را کاهش‌می‌دهد. سایر موارد توان باقی جمعیت را افزایش‌می‌دهند.

۳- گزینه‌ی ۱ افرادی که فنوتیپ‌های حدواسط و منقارهای متوسط داشته‌اند نه از دانه‌های بزرگ و از دانه‌های کوچک نمی‌توانستند استفاده کنند. پس جمعیت آن‌ها کم‌می‌شود. انتخاب طبیعی عامل اصلی تغییر فراوانی الل‌ها در جمعیت است.

۴- گزینه‌ی ۱ به شکل دقت کنید. هیراکوتریوم و مریکیپوس بیش از یک انگشت در هر پا دارند.

۲) جنگل ۳) کوچک‌تر ۴) کاهش

۵- گزینه‌ی ۴ افزایش داشتند. زیرا که این افراد کم‌تر دچار مالاریای نوع خطرناک می‌شدند.

۶- گزینه‌ی ۴ کراسینگ‌اور در میوز و در تولیدمثل جنسی رخ‌می‌دهد.

۱) آمیب ۲) آسپرژیلوس ۳) اوگلنا ۴) دیاتوم‌ها تولیدمثل جنسی دارند.

۷- گزینه‌ی ۴ منظور سؤال این است که زیگوت کدام گزینه میوز می‌کند. آسپرژیلوس نوعی قارچ دئوترومیست است و اصلاً تولیدمثل جنسی ندارد که بخواهد زیگوت داشته‌باشد. زیگوت رزوس، براسیکااولراسه و کاهوی دریایی میتوزمی‌کند.

۸- گزینه‌ی ۴ باید دنبال گزینه‌ای بود که دارای مواد پروتئینی یا نوکلئوتیدی باشد. لیستین و استروژن لیپید، انسولین و هموگلوبین و آنزیم محدودکننده پروتئین و اپران DNA است.

۹- گزینه‌ی ۴ تعریف ارنست مایر به درد جاندارانی می‌خورد که تولیدمثل جنسی دارند. در میان گزینه‌ها فقط مژک‌داران و دیاتوم‌ها تولیدمثل جنسی دارند.

۱۰- گزینه‌ی ۳ در ناپایداری دودمان دورگه زاده‌های نسل اول (دو رگه‌ها) زیستا و زایا هستند. پس به سن بلوغ می‌رسند و گامت تشکیل‌می‌دهند و گامت آن‌ها لقاح‌می‌کند و زیگوت تشکیل‌می‌شود، ولی از رشد زیگوت، زاده‌های ضعیف و نازا به‌وجودمی‌آیند.

۱۱- گزینه‌ی ۴ ۱ و ۲) نازایی زاده‌ها ۳) نازیستایی دورگه

۱۲- گزینه‌ی ۳ ژن خودناسازگار مربوط به افراد یک‌گونه است.

۲۴- در مقایسه‌ی تنفس نوری و تنفس سلولی کدام عبارت صحیح است؟

۱) هر دو فرآیند وابسته به نوراند.
۲) ATP محصول مشترک هر دو فرایند است.
۳) هر دو فرآیند با فتوسنتز رابطه‌ی مستقیم دارند.
۴) بخشی از هر دو فرآیند در میتوکندری انجام می‌شود.

۲۵- کدام عبارت درست است؟

۱) در گیاهان CAM، تجزیه‌ی اسید چهار کربنی در طی روز انجام می‌شود.
۲) هنگام عبور H^+ از بستره به درون تیلاکوئید، پروتئین کانالی، ATP می‌سازد.
۳) در گیاهان C_4، دی‌اکسیدکربن فقط از طریق چرخه‌ی کالوین تثبیت می‌شود.
۴) در تنفس نوری، آنزیم روبیسکو سبب شکسته‌شدن ترکیب شش کربنی ناپایدار می‌گردد.

۲۶- در گیاه ..... هم در شب و هم در روز انجام می‌گیرد.

۱) کاکتوس، تثبیت CO_2
۲) کاکتوس، جذب CO_2 جوّ
۳) ذرت، تثبیت CO_2
۴) ذرت، جذب CO_2 جوّ

۲۷- کدام عبارت، نادرست است؟ «در گیاه نیشکر، هنگامی که روزنه‌ها تقریباً بسته است، .....»

۱) واکنش‌های چرخه‌ی کالوین انجام می‌گیرد.
۲) تراکم CO_2 در سلول‌های غلاف آوندی زیاد است.
۳) واکنش‌های وابسته به نورِ فتوسنتز صورت می‌گیرد.
۴) تثبیت دی‌اکسیدکربن با تشکیل اسید کراسولاسه صورت می‌گیرد.

۲۸- در مقایسه تنفس نوری و چرخه کالوین کدام عبارت صحیح است؟

۱) در هر دو آنزیم روبیسکو نقش دارد.
۲) در هر دو ATP تولید می‌شود.
۳) با افزایش دی‌اکسیدکربن رابطه مستقیم دارند.
۴) تمام مراحل هر دو فرآیند در بسترهٔ کلروپلاست انجام می‌شود.

۲۹- در همه گیاهانی که تثبیت دو مرحله‌ای CO_2 دارند، .....

۱) CO_2 در شب جذب گیاه می‌شود.
۲) آنزیم روبیسکو در روز در بسترهٔ کلروپلاست فعالیت دارد.
۳) کارایی فتوسنتز تقریباً دو برابر C_3 است.
۴) تثبیت CO_2 در دو سلول متفاوت انجام می‌گیرد.

۳۰- در کاکتوس اندامکی که ابتدا CO_2 را تثبیت می کند، .....

۱) دو غشا دارد.
۲) فاقد آنزیم روبیسکو است.
۳) در حضور نور CAM تولید می‌کند.
۴) کارایی فتوسنتز را بالا می‌برد.

۳۱- کدام عبارت نادرست است؟

۱) بیش‌تر گیاهان تثبیت CO_2 را فقط در چرخه کالوین انجام می‌دهند.
۲) بیش‌تر گیاهان سازگاری‌های ویژه‌ای، جهت کاهش تنفس نوری ندارند.
۳) بعضی گیاهان سبز قادر به تثبیت CO_2 در چرخه کالوین نمی‌باشند.
۴) بعضی گیاهان از کربن CO_2 برای ایجاد ترکیب ۴ کربنه استفاده می‌کنند.

تنفس سلولی

بیش‌تر موجودات زنده از طریق فرایندی به‌نام تنفس سلولی انرژی موجود در ترکیب‌های آلی، مخصوصاً قند را به ATP تبدیل می‌کنند.

$$\underset{\text{اکسیدمی‌شود}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{احیامی‌شود}}{6O_2} \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

مرحله‌ی اول گلیکولیز: (مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس)

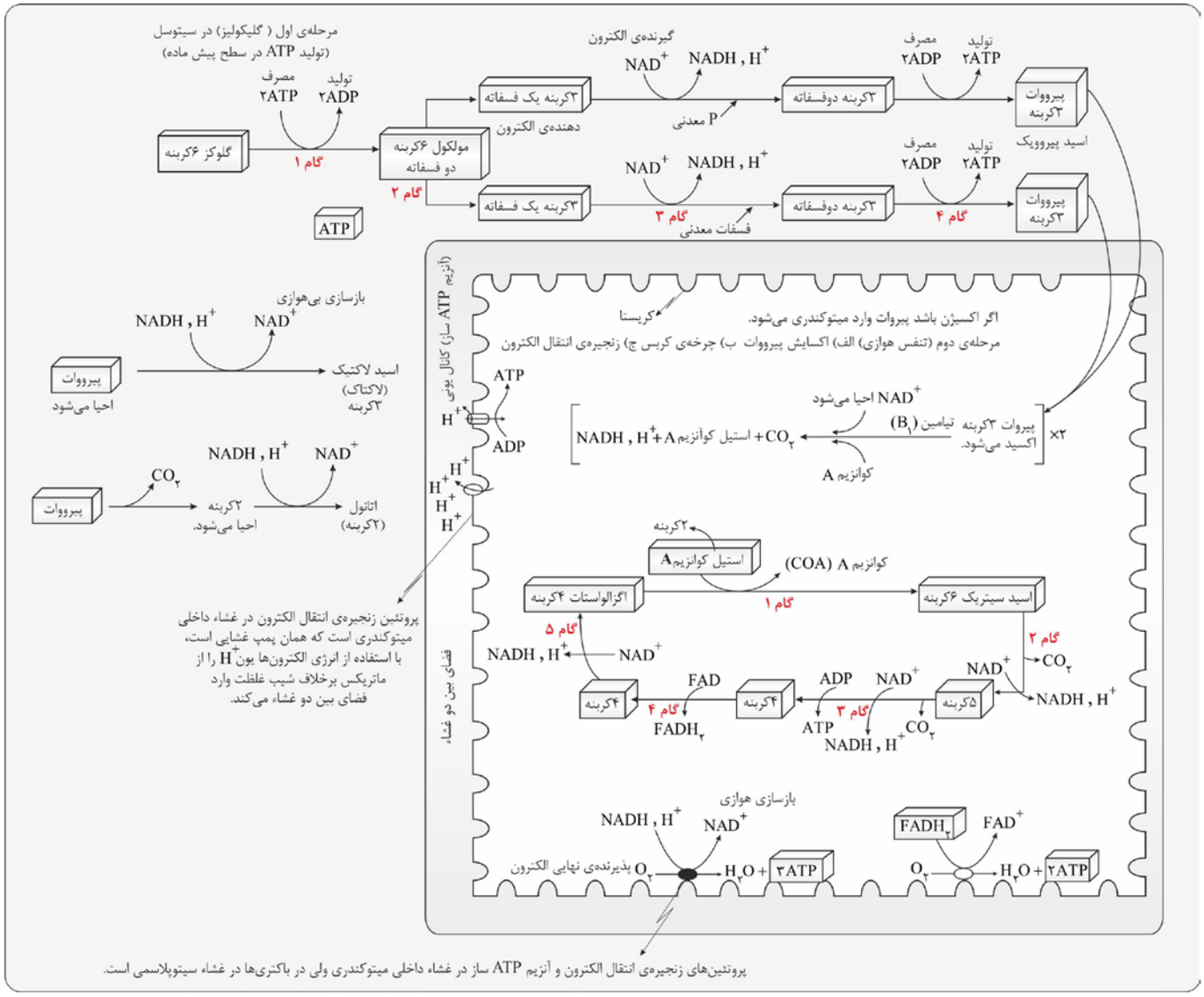
در سیتوسل سلول‌ها انجام‌می‌گیرد. همه‌ی جانداران هوازی و بی‌هوازی مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس (گلیکولیز) را دارند.

گام اول: گلوکز ۶ کربنه با هیدرولیز ۲ عدد ATP به مولکول ۶ کربنه‌ی دو فسفاته تبدیل‌می‌شود که این گام انرژی‌خواه است، یعنی همراه با مصرف ATP است. (فسفات به کربن شماره‌ی ۱ و ۶ وصل‌می‌شود.) در این گام ADP تولیدمی‌شود.

گام دوم: مولکول ۶ کربنه‌ی ناپایدار به دو مولکول ۳ کربنه‌ی یک فسفاته تبدیل‌می‌شود.

گام سوم: هر مولکول ۳ کربنه‌ی یک فسفاته اکسید می‌شود. یعنی دو عدد الکترون از دست می‌دهد و الکترون‌های خود را به NAD^+ می‌دهد و تولید یک عدد NADH به‌ازای هر مولکول شروع‌کننده می‌کند و در ضمن یک عدد فسفات معدنی هم می‌گیرد و تولید مولکول ۳ کربنه‌ی دو فسفاته می‌کند. در این گام NAD^+ مصرف و احیا می‌شود.

گام چهارم: هر مولکول ۳ کربنه‌ی دو فسفاته، فسفات‌های خود را از دست می‌دهد و به‌ازای هر مولکول شروع‌کننده تولید ۲ عدد ATP می‌کند و تبدیل به پیرووات ۳ کربنه می‌شود. در این گام ADP مصرف و ATP تولیدمی‌شود.



۱: در گلیکولیز (مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس)، دو عدد ADP ، دو عدد NADH ، دو عدد H^+ ، ۴ عدد ATP و دو عدد پیرووات تولیدمی‌شود. در این مرحله ۲ عدد ATP و دو عدد ADP و دو عدد NAD^+ مصرف‌می‌شود.

۲: بازده خالص گلیکولیز شامل دو عدد ATP + دو عدد NADH + دو عدد پیرووات.

۳: در گلیکولیز گام ۱ انرژی‌خواه و گام ۳ و ۴ انرژی‌زاست.

۴: در مرحله‌ی اول تنفس (گلیکولیز)، مولکولی که در گام ۱ مصرف‌می‌شود، در گام ۴ آن تولیدمی‌شود.

۵: تمام جانداران (چه اتوتروف و چه هتروتروف، چه هوازی و چه بی‌هوازی، چه پروکاریوت و چه یوکاریوت) مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس (گلیکولیز) را دارند، یعنی می‌توانند گلوکز را به مولکول ۶ کربنه‌ی فسفات‌دار تبدیل کنند. یعنی در عدم حضور اکسیژن می‌توانند انرژی زیستی تولید کنند.

۶: در مرحله‌ی گلیکولیز اکسیژن مصرف‌نمی‌شود و دی‌اکسیدکربن هم تولیدنمی‌شود. بنابراین محصولات گلیکولیز نمی‌تواند فعالیت آنزیم انیدرازکربنیک را افزایش دهد. در مرحله‌ی گلیکولیز NADH تولیدمی‌شود، ولی مصرف‌نمی‌شود. یعنی NAD^+ بازسازی نمی‌شود.

۷: در مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس (گلیکولیز) ضمن تبدیل مولکول ۶ کربنه به پیرووات، ATP و ADP هم تولید و هم مصرف‌می‌شود. ولی ضمن تبدیل مولکول ۶ کربنه‌ی فسفات‌دار به پیرووات فقط ATP تولیدمی‌شود. توجه کنید که ATP مصرف‌نمی‌شود و ADP تولیدنمی‌شود.

۸: در مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس (گلیکولیز) ضمن تبدیل ۳ کربنه‌ی یک فسفاته به پیروووت، هم NADH و هم ATP تولیدمی‌شود. ولی در تبدیل ۳ کربنه‌ی دو فسفاته به پیروووات، ATP تولید می‌شود، ولی NADH تولیدنمی‌شود.

۹: در مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس، مولکولی که در گام ۱ تولیدمی‌شود، (ADP) در گام ۴ آن مصرف‌می‌شود و مولکولی که در گام ۴ تولیدمی‌شود (ATP)، در گام ۱ آن مصرف‌می‌شود.

۱۰: سرنوشت پیرووات در سلول‌های ماهیچه‌ای انسان بستگی به وجود اکسیژن دارد.

الف- اگر اکسیژن نباشد: پیرووات در سیتوسل باقی‌می‌ماند و به اسید لاکتیک تبدیل‌می‌شود که به این فرایند تخمیر لاکتیکی می‌گویند. در این فرایند NADH هایی که در گام ۳ گلیکولیز تولیدشده‌اند، الکترون‌های خود را به پیرووات می‌دهند و پیرووات را احیا می‌کنند و ضمن احیای یک مولکول پیرووات، یک مولکول اسید لاکتیک و یک عدد NAD^+ تولیدمی‌شود.

ب- اگر اکسیژن باشد: پیرووات وارد میتوکندری می‌شود و درون میتوکندری اکسید می‌شود و به‌ازای هر پیرووات که اکسید می‌شود یک عدد استیل کوآنزیم A، یک عدد دی‌اکسیدکربن، یک عدد NADH و یک عدد H^+ تولیدمی‌شود. این NADH و NADH هایی که در گام ۲ گلیکولیز تولیدشده‌اند، به زنجیره‌ی انتقال الکترون می‌روند و الکترون‌های خود را به اکسیژن (ماده‌ی غیرآلی) می‌دهند و NAD^+ بازسازی می‌شود.

۱۱: پذیرنده‌ی نهایی الکترون برای بازسازی NAD^+ در ماهیچه:

الف- در تنفس هوازی، NADH وارد زنجیره‌ی انتقال الکترون در غشای داخلی میتوکندری می‌شود و پذیرنده‌ی نهایی الکترون یک ماده‌ی غیرآلی (اکسیژن) است و ضمن بازسازی هر مولکول NAD^+، سه عدد ATP و یک عدد آب تولیدمی‌شود.

ب- در تنفس بی‌هوازی پذیرنده‌ی نهایی الکترون یک ماده‌ی آلی کربن‌دار (پیرووات) است و ضمن بازسازی هر مولکول NAD^+ یک عدد اسید لاکتیک تولیدمی‌شود.

۱۲: در انسان تمام سلول‌های زنده، مرحله‌ی بی‌هوازی تنفس (گلیکولیز) را دارند. یعنی در عدم حضور اکسیژن می‌توانند انرژی زیستی تولید کنند. در انسان تمام سلول‌های زنده می‌توانند پیرووات را تولید و مصرف کنند، ولی احیای پیرووات و تولید اسید لاکتیک و بازسازی NAD^+ به طریق بی‌هوازی فقط در سلول‌های ماهیچه‌ای و در گلبول‌های قرمز انجام‌می‌شود.

۱۳: در انسان فقط سلول‌های ماهیچه‌ای (دیافراگم، میوکارد قلب، خیاطه و ...) می‌توانند پیرووات را اکسید و یا احیا کنند. گلبول قرمز (اریتروسیت) فقط احیا می‌کند و بقیه‌ی سلول‌ها فقط اکسید می‌کنند. توجه کنید که سلول‌های عصبی، گلبول‌های سفید، غضروف توانایی احیا پیرووات و تولید اسید لاکتیک را ندارند. در این سلول‌ها پذیرنده‌ی نهایی الکترون نمی‌تواند یک ماده‌ی آلی باشد. در این سلول‌ها پذیرنده‌ی نهایی الکترون فقط یک ماده‌ی غیرآلی (یعنی اکسیژن) است.

۱۴: در گلبول‌های قرمز انسان پذیرنده‌ی نهایی الکترون یک ماده‌ی آلی کربن‌دار (پیرووات) است. گلبول‌های قرمز اکسیژن مصرف‌نمی‌کنند و دی‌اکسیدکربن هم تولیدنمی‌کنند. چون میتوکندری ندارند، بنابراین اکسایش پیرووات و تولید اسیتل کوآنزیم A و اگزالات و سیتریک اسید را ندارند.

۱۵: در انسان سلول‌هایی که اسید لاکتیک تولیدمی‌کنند (سلول‌های ماهیچه‌ای):

۱- توانایی تبدیل گلوکز به پلی‌مر (گلیکوژن) را دارند.

۲- شبکه‌ی آندوپلاسمی صاف (سارکوپلاسمی) گسترده برای ذخیره‌ی یون کلسیم دارند.

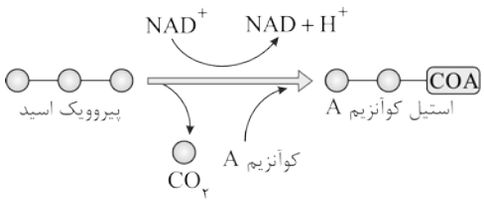
۳- برای عملکرد آن‌ها (انقباض) کلسیم لازم است.

۴- برای گلوکاگون گیرنده ندارد، ولی برای انسولین و تیروکسین گیرنده دارند.

۵- حاوی پروتئین‌های انقباضی (اکتین و میوزین) هستند.

مرحله‌ی دوم (تنفس هوازی):

الف) اکسایش پیرووات: پیرووات حاصل از گلیکولیز در صورت وجود اکسیژن از سیتوپلاسم وارد میتوکندری می‌شود. پیرووات در ماتریکس میتوکندری یک عدد CO_2 از دست می‌دهد و تبدیل به یک ترکیب ۲ کربنه به نام بنیان استیل می‌شود و بنیان استیل به مولکولی به نام کوآنزیم A می‌پیوندد و تولید استیل کوآنزیم A می‌کند. در ضمن پیرووات، اکسید می‌شود. یعنی دو عدد الکترون خود را به NAD^+ می‌دهد و تولید NADH می‌کند. استیل کوآنزیم A وارد چرخه‌ی کربس می‌شود.



۱: در تنفس هوازی اولین مولکول CO_2 طی تبدیل پیرووات به بنیان استیل تولیدمی‌شود که این CO_2 از درون میتوکندری با عبور از ۳ غشا از سلول خارج‌می‌شود. در سلول‌های گیاهی می‌تواند با عبور از ۴ غشا وارد چرخه‌ی کالوین در کلروپلاست شود.

۲: ویتامین B_1 (تیامین) در تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A نقش کاتالیزور دارد. ویتامین B_1 در بدن ساخته‌نمی‌شود.

۳: پرکاری تیروئید (افزایش T_3 ، T_4) باعث افزایش متابولیسم در سلول‌ها می‌شود. یعنی باعث افزایش مصرف ویتامین B_1 (تیامین)، افزایش تولید پیرووات، استیل کوآنزیم A و دی‌اکسیدکربن می‌شود. به علت افزایش دی‌اکسیدکربن فعالیت آنزیم انیدرازکربنیک در غشای گلبول قرمز افزایش پیدا می‌کند و تولید بیکربنات در خون زیاد می‌شود. در پرکاری تیروئید ذخیره‌ی گلیکوژن عضلات کاهش‌می‌یابد و اندازه‌ی سلول‌های چربی کوچک‌تر می‌شوند.

۴: همه‌ی سلول‌های زنده‌ی انسان، به‌جز گلبول قرمز می‌توانند پیرووات را اکسید کنند.

ب) چرخه‌ی کربس:

- گام ۱: در ماتریکس میتوکندری، با ترکیب استیل کوآنزیم A، با یک مولکول ۴ کربنه به نام اگزالواستات چرخه‌ی کربس شروع‌می‌شود. محصول این واکنش تشکیل مولکول ۶ کربنه به نام اسید سیتریک است. همراه با تشکیل اسید سیتریک، کوآنزیم A هم رها می‌شود.
- گام ۲: اسید سیتریک ۶ کربنه یک عدد CO_2 از دست می‌دهد و تولید مولکول ۵ کربنه می‌کند. در این گام سیتریک اسید اکسید می‌شود و الکترون‌های خود را به NAD^+ منتقل‌می‌کند و NAD^+ احیامی‌شود. در این گام یک عدد NAD^+ مصرف‌می‌شود و یک عدد NADH، یک عدد H^+ و یک عدد CO_2 تولیدمی‌شود.
- گام ۳: مولکول ۵ کربنه یک CO_2 از دست می‌دهد و تولید مولکول ۴ کربنه می‌کند. در این گام مولکول ۵ کربنه اکسید و NAD^+ احیا می‌شود. در این گام یک عدد ADP و یک عدد NAD^+ مصرف‌می‌شود. در این گام یک عدد NADH و یک عدد H^+ و یک عدد CO_2 و یک عدد ATP تولیدمی‌شود.
- گام ۴: ترکیب ۴ کربنه به مولکول ۴ کربنه‌ی دیگر تبدیل‌شده و الکترون‌های حاصل از این تبدیل به یک پذیرنده‌ی الکترونی به نام FAD منتقل‌می‌شود و FAD احیا می‌شود. در این گام یک عدد FAD مصرف و یک مولکول $FADH_2$ تولید می‌کند.
- گام ۵: مولکول ۴ کربنه‌ی حاصل از گام ۴ اکسید و به اگزالواستات تبدیل و NADH دیگری تولیدمی‌شود. در این گام یک عدد NAD^+ مصرف و یک عدد NADH و یک عدد H^+ تولیدمی‌شود.

۱: در چرخه‌ی کربس اگزوالواستات و اسید سیتریک هم تولید و هم مصرف‌می‌شود.

۲: هر استیل کوآنزیم A که وارد چرخه‌ی کربس می‌شود، دو عدد دی‌اکسیدکربن، سه عدد NADH، سه عدد H^+، یک عدد ATP و یک عدد $FADH_2$ تولیدمی‌کند و سه عدد NAD^+، یک عدد ADP و یک عدد FAD مصرف‌می‌شود.

۳: در گام ۳ تنفس بی‌هوازی (گلیکولیز) و گام ۲، ۳ و ۵ کربس، NAD^+ مصرف و H^+، NADH تولیدمی‌شود.

۴: در گام ۴ تنفس بی‌هوازی (گلیکولیز) و گام ۳ کربس و مرحله‌ی دوم فتوسنتز ADP مصرف و ATP تولیدمی‌شود.

۵: در گام ۱ گلیکولیز و گام ۲ و ۴ کالوین، ATP مصرف و ADP تولیدمی‌شود.

۶: در گام ۲ و ۳ کربس دی‌اکسیدکربن تولیدمی‌شود. یعنی محصول گام ۲ و ۳ کربس می‌تواند فعالیت انیدرازکربنیک را در غشای گلبول قرمز و فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو را افزایش بدهد.

۷: در میتوکندری در هر واکنشی که دی‌اکسیدکربن تولیدمی‌شود، یک عدد $NADH$ تولیدمی‌شود. بنابراین هر سلول انسان که دی‌اکسیدکربن بیش‌تری تولیدمی‌کند، انرژی بیش‌تری تولیدمی‌کند و مصرف اکسیژن و ویتامین B_1 (تیامین) در آن سلول بیش‌تر است.

۸: در هر سلول انسان که مصرف B_1 و اکسیژن آن بیش‌تر باشد، تولید استیل کوآنزیم A، اسید سیتریک و دی‌اکسیدکربن در آن سلول بیش‌تر است. بنابراین فعالیت انیدرازکربنیک در خون بیش‌تر شده و تولید بی‌کربنات و H^+ بیش‌تر می‌شود و رگ‌های همه‌ی بافت‌ها (به‌جز کیسه‌های هوایی) گشاد می‌شوند.

۹: در سلول‌های ماهیچه‌ای انسان زمانی‌که تولید لاکتیک اسید افزایش پیدا می‌کند، غلظت اکسیژن سلول کاهش پیدا کرده‌است. برای همین سرخرگ‌های آن بافت گشادتر می‌شود. در این سلول تولید CO_2 کاهش پیدا کرده‌است. برای همین فعالیت انیدرازکربنیک و تولید بیکربنات در خون کم‌می‌شود.

۱۰: از اکسایش کامل هر استیل کوآنزیم A در مجموع ۱۲ عدد ATP تولیدمی‌شود. (یک عدد مستقیم در کربس و ۱۱ عدد در زنجیره‌ی انتقال الکترون)

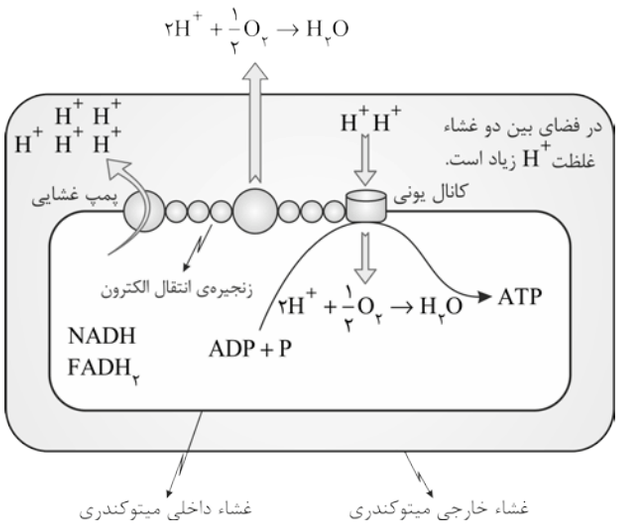
۱۱: از اکسایش کامل هر پیرووات ۴ عدد $NADH$، یک عدد $FADH_2$، یک عدد ATP (به‌طور مستقیم) و ۳ عدد CO_2 آزادمی‌شود. یعنی جمعاً ۱۵ عدد ATP آزاد می‌شود. (یک عدد مستقیم در کربس و ۱۴ عدد در زنجیره‌ی انتقال الکترون)

۱۲: اریتروسیت، عامل بوتولیسم، باکتری‌های گوگردی فقط تنفس بی‌هوازی دارند، یعنی در مسیر تنفس سلولی آن‌ها تولید استیل کوآنزیم A، فلاوین آدنین دی‌نوکلئوتید (FAD)، اسید سیتریک و اگزالواستات یافت‌نمی‌شوند. ولی گلیکولیز و تولید پیرووات و $NADH$ را دارند. این جانداران پیرووات تولیدشده را نمی‌توانند اکسید کنند. فقط احیا می‌کنند. در این سلول‌ها پذیرنده‌ی نهایی الکترون یک ترکیب آلی کربن‌دار است، برای همین نمی‌توانند انرژی $NADH$ را به‌صورت ATP آزاد کنند.

زنجیره‌ی انتقال الکترون:

در یوکاریوت‌ها در غشای داخلی میتوکندری (کریستاها) انجام‌می‌گیرد. در این زنجیره $NADH$ و $FADH_2$ می‌توانند انرژی خود را به‌صورت ATP آزاد کنند. ابتدا این دو مولکول هیدروژن‌های خود را به پمپ غشایی می‌دهند و NAD^+ و FAD بازسازی می‌شود. پمپ‌های غشایی H^+ را برخلاف شیب غلظت با انتقال فعال با صرف انرژی (بدون صرف ATP) از ماتریکس وارد فضای بین دو غشای میتوکندری می‌کنند و سپس کانال یونی در جهت شیب غلظت بدون صرف انرژی H^+ را از فضای بین دو غشا وارد میتوکندری می‌کنند. این کانال نقش آنزیمی دارد و تولید ATP می‌کند.

در زنجیره‌ی انتقال الکترون $NADH$ و $FADH_2$ چون هیدروژن و الکترون از دست می‌دهند، اکسیدمی‌شوند و در نهایت اکسیژن چون الکترون‌ها را می‌گیرد، احیا می‌شود. در این فرایند کانال یونی با نقش آنزیمی خود و با صرف انرژی ADP را به ATP تبدیل‌می‌کند و یکی از پمپ‌های غشایی تولید آب می‌کند و در این زنجیره NAD^+ و FAD بازسازی می‌شود.



۱- پذیرنده‌ی نهایی الکترون در تنفس هوازی، اکسیژن است.

۲- به‌ازای اکسایش هر $NADH$ در زنجیره‌ی انتقال الکترون، ۳ عدد ATP و به‌ازای اکسایش هر $FADH_2$ در زنجیره‌ی انتقال الکترون، ۲ عدد ATP تولید می‌شود. چون در مجموع ۱۰ عدد $NADH$ و ۲ عدد $FADH_2$ تولید شده‌است، پس در مجموع ۳۴ عدد ATP در زنجیره‌ی انتقال الکترون تولید می‌شود.

۳- **پمپ غشایی:** که همان پروتئین زنجیره‌ی انتقال الکترون است، در غشای داخلی میتوکندری (کریستاها) یون H^+ را برخلاف شیب غلظت از ماتریکس وارد فضای بین دو غشای میتوکندری می‌کند و انرژی خود را از زنجیره انتقال الکترون می‌گیرد. این پمپ ATP مصرف نمی‌کند.

۴- **کانال پروتئینی هیدروژن** در غشای داخلی میتوکندری که همان آنزیم تولیدکننده‌ی ATP است، دو عمل دارد:

الف) باعث انتشار تسهیل‌شده H^+ از فضای بین دو غشاء به داخل ماتریکس می‌شود.
ب) با عمل آنزیمی با صرف انرژی باعث تبدیل ADP به ATP می‌شود.

۵- غلظت H^+ در فضای بین دو غشا، بیش‌تر از ماده زمینه است، در نتیجه pH ماده‌ی زمینه بیش‌تر از فضای بین دو غشای است.

تخمیر

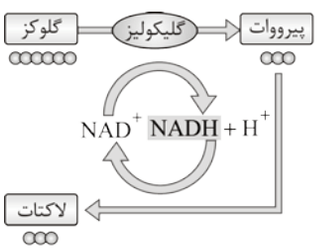
تخمیر، بازسازی NAD^+ به‌وسیله‌ی یک پذیرنده‌ی آلی هیدروژن است.

تخمیر: اگر اکسیژن کافی برای انجام تنفس هوازی در دسترس نباشد چون آخرین پذیرنده‌ی الکترون (اکسیژن) وجود ندارد، تنفس هوازی متوقف می‌شود، بنابراین NAD^+ به طریق هوازی بازسازی نمی‌شود. در این صورت پیروووات وارد میتوکندری نمی‌شود و پیروووات در سیتوپلاسم در طی فرایندی به‌نام تخمیر احیا می‌شود. در تخمیر بازسازی NAD^+ با استفاده از یک پذیرنده‌ی آلی هیدروژن صورت می‌گیرد.

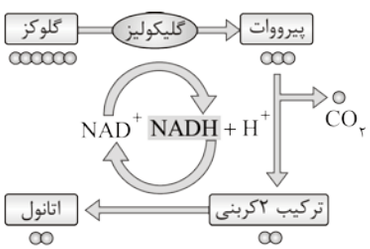
تخمیر یک فرآیند احیایی است که فقط برای بازسازی NAD^+ بوده و بدون صرف اکسیژن است که طی این مرحله پیروووات احیا می‌شود. فرآیند تخمیر در سیتوسل انجام می‌گیرد.

تخمیر لاکتیکی: در ماهیچه‌ها هنگام کمبود اکسیژن و در فعالیت شدید انجام می‌گیرد. در بعضی باکتری‌ها و قارچ‌ها نیز انجام می‌گیرد که برای تولید ماست و انواعی از پنیرها استفاده می‌شود. پیروووات که مولکول آلی ۳کربنه است در سیتوپلاسم از NADH الکترون می‌گیرد و تولید لاکتات ۳کربنه می‌کند و به این‌صورت NAD^+ بازسازی می‌شود و غلظت زیاد اسید لاکتیک تولیدشده، سبب درد عضلانی می‌شود.
در این واکنش دی‌اکسیدکربن و ATP تولید نمی‌شود.

تخمیر الکلی: در مخمر نان (ساکارومیسزسرویزیه) انجام می‌شود و یک فرایند دو مرحله‌ای است. پیروووات ۳ کربنه ابتدا یک کربن خود را به صورت CO_2 از دست می‌دهد و به مولکول آلی ۲کربنه تبدیل می‌شود سپس NADH الکترون‌های خود را به این ترکیب (مولکول آلی ۲ کربنه) می‌دهد و تولید اتانول می‌کند و NAD^+ بازسازی می‌شود. در این واکنش هم ATP تولید نمی‌شود. اگر غلظت الکل تولیدشده بیش از ۱۲ % شود، سمی است و مخمر می‌میرد. از CO_2 حاصل از تخمیر الکلی برای ورآمدن نان در نانوایی استفاده می‌شود.



تخمیر لاکتیکی



تخمیر الکلی

۱: **گلبول قرمز (اریتروسیت) و باکتری‌های گوگردی و کلستریدیوم بی‌هوازی هستند، فاقد میتوکندری، چرخه‌ی کربس و استیل کوآنزیم A هستند و $FADH_2$ ندارند.**

۲: **در واکنش‌های زیر دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود:**
الف) تبدیل پیروووات به استیل کوآنزیم A
ب) گام ۲ و ۳ کربس
پ) تخمیر الکلی
ت) تجزیه‌ی CAM درون واکوئل
ث) تجزیه‌ی اسید ۴کربنه درون سلول‌های غلاف آوندی گیاهان C_4
ج) تنفس نوری
توجه کنید که در گلیکولیز و چرخه کالوین فتوسنتز و تخمیر لاکتیکی، CO_2 تولید نمی‌شود.

۳: **در واکنش‌های زیر ATP تولید می‌شود:**
الف) گام ۴ گلیکولیز
ب) گام ۳ کربس
پ) زنجیره‌ی انتقال الکترون در تنفس هوازی
ت) مرحله دوم فتوسنتز
توجه کنید در چرخه‌ی کالوین فتوسنتز و تخمیر الکلی و لاکتیکی ATP تولید نمی‌شود.