

شرایط لازم در برقرار ماندن تعادل هاردی-واینبرگ

- عدم رخداد جهش ژنی یا برابر بودن جهش های رفت با جهش های برگشت $A \rightarrow a = a \rightarrow A$
- عدم انجام مهاجرت
- تصادفی بودن آمیزش ها (آمیزش ها به ژنوتیپ یا فنوتیپ افراد وابسته نباشد)
- بزرگ بودن جمعیت (بر اثر تغییرات تصادفی فراوانی ال ها تغییر نکند)
- انتخاب طبیعی رخ ندهد (احتمال بقا و تولید مثل برای همه افراد یکسان باشد)

نکته : در جمعیت های طبیعی ، هیچگاه همه ی این شرایط فراهم نیست . بنابراین خزانه ی ژنی از نسلی به نسل دیگر تغییر می کند.

عوامل برهم زننده تعادل هاردی - واینبرگ (تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت ها)

- ۱) جهش ۲) شارش ژنی (مهاجرت) ۳) آمیزش های غیر تصادفی ۴) رانش ژنی ۵) انتخاب طبیعی

۱- جهش (Mutation):

- تغییر در ساختار ماده ژنتیکی.
- عوامل ایجاد جهش :
- همانندسازی ماده ژنتیک هیچ گاه کاملاً بدون نقص نیست.
- عوامل جهش زای بسیاری که در محیط وجود دارند

همه چیز درباره جهش:

- جهش همواره رخ می دهد و هیچ روشی برای متوقف کردن آن شناخته نشده است.
- تعادل در جهش ها (برابر بودن جهش های رفت با برگشت) به ندرت پیش می آید.
- جهش های دائمی همواره ، اما به آهستگی ، فراوانی ال ها را تغییر می دهند.
- آهنگ وقوع جهش ها برای اکثر ژن ها کند است و تغییر سریعی در فراوانی ال ها به وجود نمی آورد.
- جهش عامل اصلی تغییر فراوانی ال ها نیست.
- مهمترین نقش جهش ایجاد تنوع در جمعیت است.
- جهش ماده خام تغییر گونه هاست. (در کتاب جدید حذف شده است!)
- جهش جهت تغییر گونه ها را تعیین نمی کند.
- جهش از لحاظ کیفی دارای نقش بسیار مهم ولی از نظر کمی فاقد اهمیت است.
- فراوانی جهش ها ناچیز است.
- رنگ های گل لاله عباسی (و گل میمونی) مثالی از ایجاد تنوع در جمعیت می باشد.
- گل لاله عباسی دارای ۳ ژنوتیپ و ۳ فنوتیپ (قرمز، صورتی و سفید) می باشد.
- بین ال های ایجاد کننده رنگ گل لاله عباسی ، رابطه ی غالب ناقص وجود دارد.



• انواع آمیزش غیر تصادفی :

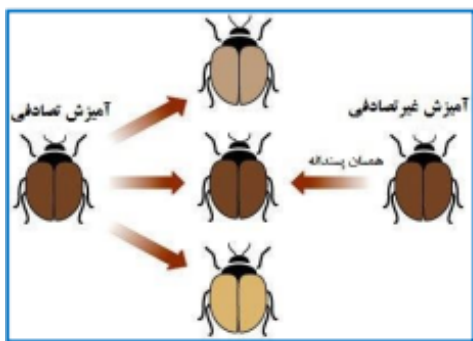
- (۱) درون آمیزی (۲) آمیزش همسان پسندانه (۳) آمیزش ناهمسان پسندانه

درون آمیزی

- **تعریف** : آمیزش میان خویشاوندان نزدیک (افرادی که از نظر ژنتیک بسیار به هم شبیه هستند)
- **مثال** : پراکنده شدن دانه های یک گیاه در محیط ، نزدیک هم قرار گرفتن زاده های آن گیاه و گرده افشانی بین این زاده ها
- **ازدواج فامیلی** بین انسان ها نوعی **درون آمیزی** است.
- درون آمیزی ، فراوانی نسبی الل ها را **تغییر نمی دهد**.
- درون آمیزی ، سبب **افزایش** فراوانی **افراد خالص** می شود. ← افزایش افراد هموزیگوس
- درون آمیزی ، سبب **کاهش** فراوانی **افراد ناخالص** می شود. ← کاهش افراد هتروزیگوس
- **خود لقاحی** : آمیزش گامت های نر هر فرد با گامت های ماده همان فرد
- خود لقاحی ، **شدید ترین** حالت درون آمیزی می باشد.
- خود لقاحی در **کرم کدو** و **نخود فرنگی** دیده می شود.
- در خود لقاحی در هر نسل فراوانی افراد ناخالص **نصف** می شود.
- در خود لقاحی ، ژنوتیپ **همه** زاده های حاصل از خودلقاحی **فرد خالص** ، **عیناً** مانند خود او می شود.

آمیزش همسان پسندانه

- **مفهوم** : احتمال آمیزش بین افرادی که **ژنوتیپ یکسان** دارند، **بیشتر** است.
- آمیزش همسان پسندانه ← تقسیم شدن جمعیت به دو یا چند زیرگروه **ژنوتیپی**
- **مثال** : تمایل ازدواج بین انسان های قد بلند
- در این مثال دو جمعیت **قد بلند** و جمعیت **قد کوتاه** ایجاد می شوند.
- **کم شدن** تبادل ژنی بین هر کدام از این زیرگروه ها (بین گروه قد بلند و گروه قد کوتاه)
- **افزایش** فراوانی ژنوتیپ های **خالص** در هر زیرگروه (افزایش افراد هموزیگوت)
- **کاهش** فراوانی ژنوتیپ های **ناخالص** در هر زیرگروه (کاهش افراد هتروزیگوت)



آمیزش ناهمسان پسندانه

- ✓ **مفهوم** : در این نوع آمیزش افرادی که **ژنوتیپ متفاوت** دارند ، با هم آمیزش کنند.
- ✓ آمیزش ناهمسان پسندانه موجب **افزایش** فراوانی ژنوتیپ های ناخالص در جمعیت. ← **افزایش افراد هتروزیگوس**

✓ مثال : آمیزش ناهمساز پسندانه در گیاه شبدر

- عامل این نوع آمیزش : **ژن خودناسازگاری**
- ژن خودناسازگاری **چند الی** است یعنی در جمعیت توسط چند ال کنترل می شود.
- هر جاندار **دیپلوئید** از یک ژن چند الی **فقط دو ال** دارد.
- دو ال در یک فرد دیپلوئید می توانند **مشابه** (خالص) یا **متفاوت** (ناخالص) باشند.
- تعداد ال های ژن خودناسازگاری : در دانه گرده (هاپلوئید) : ۱ عدد در کلاله مادگی (دیپلوئید) : ۲ عدد
- اگر ال موجود در دانه گرده با هر کدام از ال های کلاله **مشابه** باشد لوله گرده به وجود نمی آید و آمیزش ناموفق خواهد بود.
- اگر ال موجود در دانه گرده با هر دو ال کلاله **متفاوت** باشد ، لوله گرده تشکیل می شود و آمیزش موفق می شود.
- **تشکیل آنتروزوئید** در شبدر بستگی به **متفاوت بودن** ژنوتیپ لوله گرده با کلاله می باشد.
- در آمیزش شبدر، سلول تخم حاصل می تواند **ژنوتیپ و فنوتیپ گیاه نر** و فنوتیپ گیاه ماده را داشته باشد اما **نمی تواند ژنوتیپ گیاه ماده** را داشته باشد.

مثال :

- اگر ژنوتیپ پرچم S_1S_2 باشد و ژنوتیپ کلاله نیز S_1S_2 باشد ، لوله گرده تشکیل نشده و دانه ای رویش نمی کند.
- اگر ژنوتیپ پرچم S_1S_2 باشد و ژنوتیپ کلاله نیز S_1S_3 باشد. فقط گرده S_2 بر روی کلاله رویش می یابد.
- اگر ژنوتیپ پرچم S_1S_2 باشد و ژنوتیپ کلاله نیز S_3S_4 باشد هر دو گرده S_1 و S_2 بر روی کلاله رویش می یابند.

۴) رانش ژنی

- ✓ مفهوم : **تغییر** فراوانی یا حتی **حذف بعضی** از ال ها در خزانه ژنی یک جمعیت اولیه به علت وقوع **رخداد های تصادفی** .
- ✓ رخداد های تصادفی ایجاد کننده رانش ژنی :
- **مرگ** تعداد زیادی از افراد جمعیت در اثر سیل ، زلزله ، آتش سوزی و افزایش جمعیت شکارچی (**اثر دهانه بطری**)
- **مهاجرت** گروهی کوچک از جمعیت اولیه به محیطی جدید (**اثر بنیان گذار**)

نکات تکمیلی:

- فراوانی ال ها در **همه ی** جمعیت های واقعی **تغییر می کند**.
- تغییرات فراوانی ال ها در جمعیت های **کوچک**، **شدیدتر** است.
- در جمعیت های کوچک احتمال **بیشتری** وجود دارد که برخی افراد دارای ژنوتیپ های **کمیاب** بمیرند و آمیزش نکنند.
- رانش ژن در جمعیت های مختلف **نتایج یکسانی ندارد**.
- رانش ژن **معمولاً** به **کاهش تنوع** درون جمعیت می انجامد.
- در رانش ژن ، **ژنوتیپ** یا **فنوتیپ** افراد در مردن یا بقای آنها تأثیری **ندارد**.
- فراوانی ال ها در جمعیتی که پس از رانش ژن به وجود می آید (جمعیت جدید) با فراوانی آنها در جمعیت اولیه **متفاوت** است.
- فراوانی ال ها در جمعیت جدید با فراوانی آنها در **گروه کوچکی** که از جمعیت اولیه به **جای مانده** یا به جای دیگری **مهاجرت** کرده اند (اثر بنیان گذار) **مشابه** است.

مثال : رانش ژن در جمعیت **چیتاهای آفریقای جنوبی**

- ← کشته شدن چیتاها توسط شکارچیان یا یک انقراض بزرگ ← کاهش ۹۰ درصد از جمعیت چیتاها (رانش) ← باقی ماندن یک جمعیت کوچک
- ← شباهت بسیار زیاد چیتاهای امروزی ← امکان پیوند پوست بین اعضای چیتاهای امروزی

۵) انتخاب طبیعی

- پنجمین شرط برقراری تعادل هاردی-واینبرگ: **برابر بودن** احتمال بقا و تولید مثل برای **همه** افراد
- یک فرد می تواند در تشکیل خزانه زنی نسل بعد نقشی داشته باشد یا سهمی نداشته باشد.

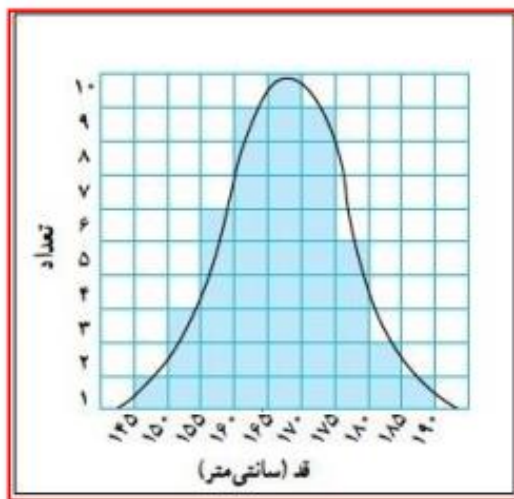
شایستگی تکاملی فرد: سهم نسبی هر فرد از جمعیت در تشکیل خزانه زنی نسل بعد.

- شایستگی تکاملی، توصیف کمی اثر انتخاب طبیعی بر فراوانی آلل ها می باشد.
- شایستگی تکاملی کمی است که **معمولاً** برای **بهترین و موفق ترین** گروه برابر ۱ است .
- در سایر گروه ها که نقش **کمتری** در ساختن خزانه زنی نسل بعد دارند ، به صورت **کسری** از ۱ بیان می شود.
- **حداقل** مقدار شایستگی تکاملی برابر صفر است.

نکات تکمیلی:

- طبیعت **همواره** انواع **سازگارتر** نسبت به محیط را انتخاب می کند.
- جاننداری که قبل از رسیدن به سن تولید مثل **می میرد** یا **جاندار عقیم** سهمی در تشکیل خزانه زنی نسل بعد **ندارد**.
- **کاهش احتمال بقا**، شایستگی تکاملی فرد را **کاهش** می دهد.
- گاهی اوقات ← افرادی با **ژنوتیپ خاص** ← تولید **گامت های کمتر** یا **گامت های غیرطبیعی**
- در مولد ← نرهایی با **ژنوتیپ خاص** ← ناکام در جلب نظر ماده ها ← **عدم جفت گیری** (مثل چلچله ها)
- چلچله های نر دم کوتاه ← شانس **کمتری** در جلب ماده ها دارند
- انتخاب طبیعی بر **ژنوتیپ** مؤثر است.
- مگس های سرکه بال کوتاه به علت مشکل در پرواز ، بیشتر توسط شکارچیان **شکار** می شوند و شانس بقا و شایستگی تکاملی **کمتری** دارند.
- در مگس سرکه **افراد ناخالص** هم آلل خوب (L = بلندی بال) و هم آلل بد (l = کوتاهی بال) را دارند.
- انتخاب طبیعی تفاوتی بین افراد **ناخالص** و **خالص** قائل **نمی شود** چون روی **ژنوتیپ** اثر دارد.
- آلل های نامطلوب مغلوب ← پنهان شدن در قالب افراد **ناخالص** ← **حفظ شدن** از تأثیر انتخاب طبیعی
- آلل های نامطلوب مغلوب **تنها** در صورت **خالص بودن** توسط انتخاب طبیعی حذف می شوند.
- آلل های نامطلوب مغلوب **آهسته تر** از آلل های نامطلوب غالب از جمعیت حذف می شوند.

- ۲- صفات کمی (صفات پیوسته): صفاتی که حالت های نامحدودی دارند.
- بسیاری از این صفات توزیع طبیعی یا نرمال دارند.
 - نمودار توزیع فراوانی صفات شکلی زنگوله مانند دارد.
 - مثال: قد انسان، وزن دانه های برنج، مقدار پروتئین های دانه های سیاه، غلظت قند خون انسان، رنگ پوست انسان و بهره هوشی
 - فراوانی در وسط نمودار، زیاد می باشد و در دو طرف نمودار فراوانی افراد کم می باشد
 - افراد دارای فنوتیپ حدوسط، در وسط نمودار قرار می گیرند.
 - افراد دارای فنوتیپ های آستانه ای در دو سمت نمودار قرار می گیرند.
 - نمودار زیر مربوط به گوناگونی قد در جمعیت افراد بزرگسال می باشد.
 - طبق نمودار زیر فراوانی افراد دارای قد متوسط (فنوتیپ حدوسط) بیشتر می باشد.
 - در نمودار زیر افراد قد بلند و قد کوتاه (فنوتیپ های آستانه ای) فراوانی کمتری دارند.

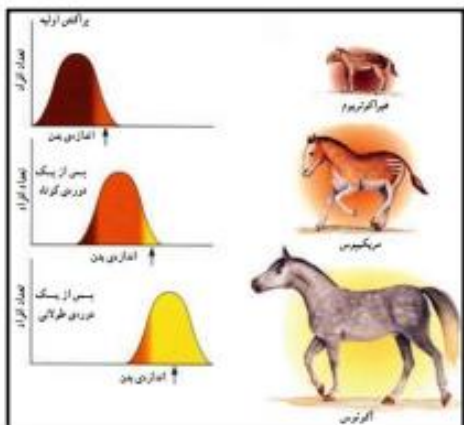


الگوهای کلی اثر انتخاب طبیعی بر صفات پیوسته

۱) انتخاب جهت دار ۲) انتخاب پایدار کننده ۳) انتخاب گسلنده و ۴) انتخاب متوازن کننده

۱- انتخاب جهت دار

- زمانی اتفاق می افتد که **شرایط محیط تغییر** کند یا جانداران به **محیط جدیدی** وارد شوند.



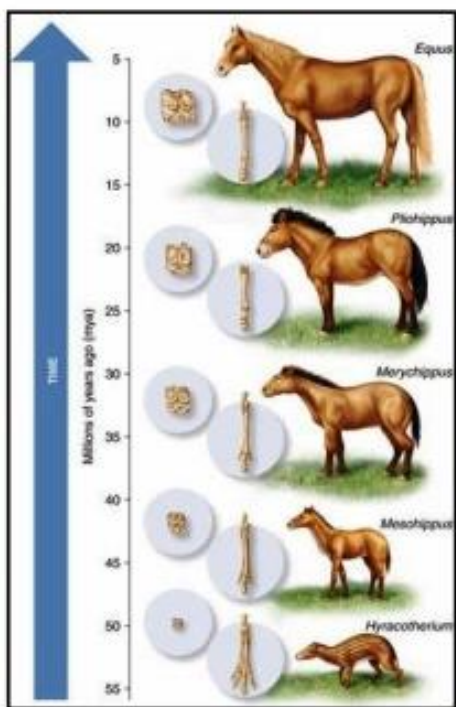
مراحل انتخاب جهت دار

- شرایط محیط **تغییر** می کند.
- یکی از **فوتوتیپ** های **آستانه ای** ترجیح داده می شود.
- به **مرور زمان** نمودار توزیع در جهت **کاهش** یا **افزایش** صفت مورد نظر جابه جا می شود.
- **قله نمودار** توزیع اولیه به سمت **فوتوتیپ آستانه ای** انتخاب شده حرکت می کند.

تغییرات نمودار توزیع طبیعی :

- قله منحنی به سمت یکی از آستانه ها منتقل می شود (چپ یا راست)
- فراوانی صفت **حدوسط کاهش** می یابد.
- **ممکن است** ، یکی از صفات آستانه ای **حذف** شود.

مثال : افزایش تدریجی اندازه بدن اسب در جریان تغییر گونه ها به علت تغییر محیط زندگی اسب از جنگل به علفزار



- مریکیوس دارای صفت آستانه ای انتخاب شد و به تدریج اندازه بدن افزایش یافت.
- پس از **دوره کوتاه** ، اندازه بدن اجداد اسب به اندازه بدن **مریکیوس** رسید.
- بعد از یک **دوره طولانی** اندازه بدن به **اکوتوس** رسید.
- از نظر **اندازه** به ترتیب اکوتوس بعد مریکیوس و سپس هیراکوتیوم قرار می گیرند.
- هیراکوتیوم در **جنگل زندگی** می کرد و دارای **۴ انگشت** بود.
- **مریکیوس** دارای **۳ انگشت** بود.
- **اکوتوس** (اسب های امروزی) **یک انگشت** دارد و برای **زندگی در علفزار** مناسب است.
- طول بدن هیراکوتیوم **۶۰ سانتی متر** بود و **۵۵ میلیون سال** قبل **زندگی** می کرد. (فراتر از کتاب)
- مریکیوس حدود **۸۹ سانتی متر** طول داشت و حدود **۳۰ میلیون سال** پیش می زیسته است. (فراتر از کتاب)

انواع انتخاب جهت دار : (۱) انتخاب جهت دار توسط طبیعت (۲) انتخاب مصنوعی

- انتخاب دانه های ذرت پر روغن تر و آمیزش دادن آنها با هم (۵۰ نسل) ← **نوترکیبی** ها ← **افزایش درصد روغن = ۳ برابر**
- جمله کتاب درسی : **بسیار بعید** است که یک جهش ژنی تولید روغن را سه برابر کند.
- پیدایش **ترکیب های جدید الی و انتخاب آنها** عامل **اصلی** افزایش تولید روغن بوده است.

۲) انتخاب پایدار کننده

- به معنی **حفظ وضع موجود** می باشد.
- زمانی رخ می دهد که جاندار برای **مدت زیادی** در یک **محیط نسبتاً پایدار** زندگی و **سازگاری های لازم** را برای زیستن در آن محیط پیدا کرده باشد.
- افرادی که در **میان طیف** قرار دارند **باقی** می مانند ← **افزایش فراوانی فنوتیپ حدوسط**
- ارتفاع منحنی توزیع نرمال **افزایش** می یابد.
- محدوده تغییرات صفت **کم** می شود.
- فنوتیپ های آستانه ای **کاهش** می یابند.
- در محیط های پایدار ← تغییرات قابل توجه ← **برهم زدن توازن و هماهنگی اندام ها و دستگاه ها**
- تا زمانی که تغییر شرایط محیط **سازگاری های جدیدی** را طلب نکند، وضعیت موجود حفظ می شود.

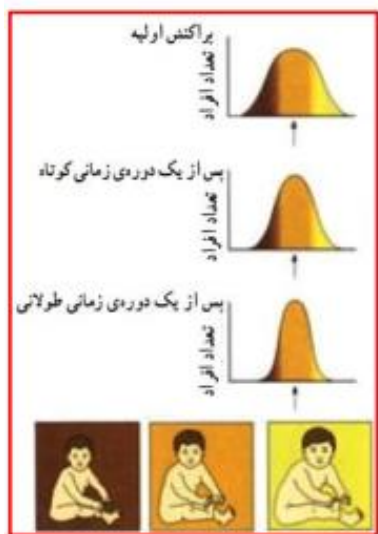
مثال : خرچنگ نعل اسبی - وزن نوزاد انسان

خرچنگ نعل اسبی (Limulus sp)

- محل زندگی : ساحل دریاها
- قطر بدن : حدود ۳۰ سانتی متر
- از جانوران **بی مهره** و **سخت پوست** می باشد.
- شواهد فسیلی : این گونه در مدت ۲۲۵ میلیون سال **بدون تغییر** مانده است.
- علت عدم تغییر : **قابل تحمل بودن شرایط زیستگاه** در این مدت یا وجود تغییرات آب و هوا
- نوعی **فسیل زنده** است زیرا انواع امروزی **شباهت بسیاری** با انواع میلیون ها سال قبل دارند.

وزن نوزاد انسان

- امروزه **اکثر** نوزادان انسان **وزن متوسط** دارند.
- وزن متوسط نوزاد انسان در هنگام تولد **۳/۲ کیلوگرم** است.
- گستره وزن نوزادان تازه به دنیا آمده ، ۵۰۰۰ - ۹۰۰۰ گرم است.
- میزان مرگ و میر برای نوزادانی که در **دو آستانه** ی این طیف قرار دارند ، **بالاست**.
- افرادی که **فنوتیپ حدوسط** دارند ، احتمال بقای **بیشتری** دارند.
- بر اثر انتخاب طبیعی **فنوتیپ متوسط** بر فنوتیپ های آستانه ای ترجیح داده شده است.
- بنابراین **وزن نوزاد** در هنگام تولد، تحت تأثیر **انتخاب پایدار کننده** قرار دارد.



۱۰- انتخاب طبیعی پایدار کننده با در جهت حفظ وضع موجود عمل می کند.

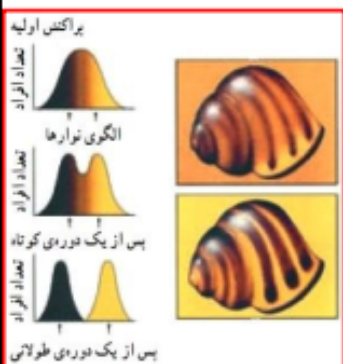
- ۱) حذف فنوتیپ های آستانه ای
- ۲) با افزایش فراوانی یکی از صفات آستانه ای
- ۳) لرجحیت فنوتیپ های آستانه ای بر فنوتیپ های حدوسط
- ۴) جابجایی نمودار توزیع در جهت افزایش یا کاهش یک فنوتیپ آستانه ای

۳) انتخاب گسلنده

- زمانی روی می دهد که **فنوتیپ های آستانه ای** بر فنوتیپ حدواسط ترجیح داده شوند.
- در شرایط محیطی ناهمگن روی می دهد.
- جمعیت گونه به دو گروه تقسیم می شود.
- دو گروه ایجاد شده توانایی آمیزش با هم دارند ← نتیجه: برخی زاده ها فنوتیپ حدواسط دارند
- فنوتیپ های حدواسط ایجاد شده (زاده های حدواسط) در رقابت حذف می شوند ← حذف رقابتی
- فراوانی فنوتیپ های آستانه ای افزایش می یابد.
- متحنی توزیع نرمال دو قله ای می شود.
- در نسل های بعدی آمیزش با افراد همسان در میان افراد جمعیت متداول می شود ← آمیزش همسان پسندانه
- انتخاب گسلنده ممکن است موجب اشتقاق گونه ها شود.
- انتخاب گسلنده می تواند موجب گونه زایی هم میهنی شود.

مراحل اشتقاقی گونه در بی انتخاب گسلنده

- انتخاب گسلنده ← جدا شدن دو گروه ← آمیزش همسان پسندانه ← مکانیزم های ایجاد تنوع
- جدا شدن خزانه ژنی دو گروه ← اشتقاقی گونه ها



مثال: حلزون ها - سهره های کامرون

• حلزون ها (Cepaea nemoralis)

- حلزون ها جزء جانوران بی مهره و از گروه نرم تنان است
- حلزون های علفزار ← دارای نوار روشن ← استار بهتر در علفزار
- حلزون های جنگل ← دارای نوار تیره ← استار بهتر در جنگل
- فنوتیپ های میانه ← دارای نوارهای تیره و روشن ← در هیچکدام از دو زیستگاه محیطی استار خوبی ندارند.
- فراوانی حلزون های دارای نوار تیره در جنگل افزایش می یابد.
- فراوانی حلزون های دارای نوار روشن در علفزار افزایش می یابد.
- فراوانی فنوتیپ میانه کاهش می یابد ← فنوتیپ میانه به تدریج حذف می شود.

• سهره های کامرون

- دو نوع سهره کاملاً متمایز از نظر اندازه ی منقار وجود دارد.
- اعضای دو گروه در تعادل و توازن قرار دارند.
- سهره های منقار کوچک ← از دانه های نرم تغذیه می کنند.
- سهره های منقار بزرگ ← از دانه های سخت تغذیه می کنند.
- سهره های منقار متوسط ← نمی توانند از هیچکدام از دانه های نرم و سخت به خوبی استفاده کنند
- سهره های منقار متوسط کم کم حذف می شوند.

نکات ترکیبی:

- اکوتوس (اسب امروزی) از جانوران **مهیره دار**، **پستاندار**، **علفخوار** می باشد.
- اسب معده ۴ قسمتی **ندارد** و جزء نشخوارکنندگان **نیست**.
- باکتری های تجزیه کننده سلولز در **روده کور** و **روده بزرگ** اسب قرار دارند ← **کارایی کمتر** دستگاه گوارش
- اسب تنفس شش می، گردش خون **بسته مضاعف کامل** دارد و **اوره** دفع می کند.
- **ستون مهیره** در اسب به صورت **افقی** است و استخوان ران با استخوان لگن مفصل می شود.
- اسب ناخن رو (سم رو) است و استخوان های **میج** و **کف** پا در **سطح بالاتری** از زمین قرار می گیرند.
- در هنگام حرکت، پا به عقب حرکت می کند و سپس به حالت مستقیم قرار می گیرد.
- یک **ماهیچه** به طور مستقیم ران را به **ستون مهیره** متصل می کند.

۴- انتخاب متوازن کننده:

- **مفهوم:** نوعی از انتخاب طبیعی که **باعث حفظ تنوع در جمعیت ها** می شود.

- انواع:
- برتری افراد ناخالص
 - انتخاب وابسته به فراوانی

برتری افراد ناخالص

- افراد ناخالص (هتروزیگوس) شانس **بیشتری** برای بقا و تولید مثل دارند.
- شانس افراد خالص از افراد ناخالص برای بقا و تولید مثل **کمتر** می باشد.
- **هیچکدام** از آلل های غالب یا مغلوب حذف نمی شوند ← در نتیجه **تنوع در جمعیت حفظ می شود**.
- اگر آلی در جمعیت (دارای افراد دیپلوئید) حذف شود، دیگر فرد ناخالص در جمعیت بوجود نمی آید.

مثال : بیماری کم خونی داسی شکل

- یک بیماری ارثی **اتوزومی مغلوب** ناشی از یک **جهش نقطه ای** ← زنجیره بتای هموگلوبین غیرطبیعی می شود.
- **ژنوتیپ افراد** برای این بیماری : افراد بیمار ($Hb^S Hb^S$) ، افراد ناخالص ($Hb^A Hb^S$) ، افراد سالم ($Hb^A Hb^A$)
- افراد **مغلوب**، خالص و بیمار بوده و از **کم خونی شدید** رنج می برند.
- افراد **ناخالص** عموماً مشکل حادی ندارند اما در هنگامی که اکسیژن محیط کم باشد، گلبول های قرمز آنها داسی شکل می شوند و خطر بسته شدن برخی مویرگ ها وجود دارد.
- افراد **ناخالص** ، می توانند الل بیماری را به نسل بعد مدت منتقل کنند.
- افراد خالص غالب و ناخالص **دارای شایستگی 1** می باشند.
- افراد بیمار بیش از سن بلوغ **می میرند** ← شایستگی آنها **صفر** است.

بیماری مالاریا

- یک بیماری **انگلی** می باشد. عامل بیماری **پلاسمودیوم**، یک آغازی تک سلولی **هاگذار** می باشد که دارای **دو میزبان** (پشه آنوفل و انسان) می باشد.
- عامل بیماری مالاریا یا تکثیر در **گلبول های قرمز** انسان موجب متلاشی شدن گلبول های قرمز و **تب و لرز دوره ای** می تواند موجب مرگ فرد شود.

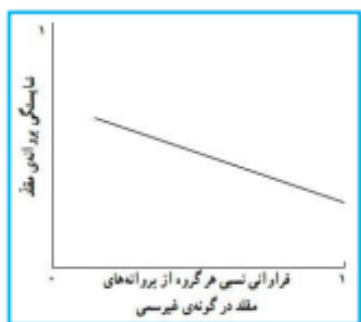
ابطه کم خونی داسی شکل با مالاریا:

- انگل تک سلولی مالاریا در گلبول قرمز افراد سالم ($Hb^A Hb^A$) زندگی می کند ولی **نمی تواند** درون گلبول های افراد ناخالص ($Hb^A Hb^S$) زنده بماند یعنی این افراد نسبت به مالاریا **مقاوم** هستند.
- افراد مغلوب خالص ($Hb^S Hb^S$) در نتیجه کم خونی شدید **قبل از بلوغ می میرند**.
- افراد ناخالص ($Hb^A Hb^S$) به مالاریا **مبتلا نمی شوند**.
- شایستگی افراد مختلف در مناطق مالاریا خیز و سایر مناطق در جدول مقابل آمده است.
- شیوع مالاریا در آفریقا **بیشتر** از سایر نقاط جهان است.

	شایستگی		
	$Hb^A Hb^A$	$Hb^A Hb^S$	$Hb^S Hb^S$
مناطق مالاریا خیز	0/8	1	0
سایر مناطق	1	1	0

انتخاب وابسته به فراوانی

- انتخاب طبیعی به **فراوانی افراد** یک گونه بستگی دارد.
- **شایستگی یک فنوتیپ** به فراوانی آن در جمعیت بستگی دارد.
- فراوانی افراد زیاد ← شایستگی کم
- فراوانی افراد کم ← شایستگی زیاد



مثال : پروانه های غیر سمی مقلد

- شکل و رنگ بال پروانه های غیر سمی مشابه گونه های سمی است ← از توجه پرندگان شکارچی دور می شوند.
- **فراوانی پروانه های سمی** بیشتر از پروانه های غیر سمی مقلد ← شایستگی پروانه های غیر سمی مقلد **زیاد**
- **فراوانی پروانه های غیر سمی** بیشتر از پروانه های سمی مقلد ← شایستگی پروانه های غیر سمی مقلد **کم**
- بین فراوانی و شایستگی پروانه های غیر سمی مقلد **نسبت عکس** وجود دارد.

استمرار گوناگونی در جمعیت ها

- افراد جمعیت ها معمولاً متنوع هستند.
- وجود تنوع برای بقای گونه مفید است :

تنوع الی و ژنی ← افزایش توان سازگاری با محیط جدید ← افزایش شانس بقای گونه

- **عدم توانایی سازگاری** با محیط می تواند منجر به **انقراض** گونه شود (اثر انتخاب طبیعی)
- نیروهای پدید آورنده تنوع **همواره** فعال اند.

عوامل موثر بر ایجاد و حفظ تنوع در جمعیت

- جهش ← ایجاد الی های جدید
- شارش ژنی ← ورود الی های جدید به جمعیت
- انتخاب گسلنده ← اشتقاق گونه ها ← ایجاد گونه های جدید
- انتخاب متوازن کننده ← حفظ تنوع درون جمعیت
- نوترکیبی و کراسینگ اور ← ایجاد تنوع ژنوتیپی و حفظ تنوع درون جمعیت

نوترکیبی

- **مفهوم** : کنار هم قرار گرفتن **ترکیبی از الی های** ژن های مختلف در زاده ها، که بیشتر **سابقه نداشته** است.
- نوترکیبی **فقط** مربوط به **تولید مثل جنسی** می باشد.
- در تولید مثل غیرجنسی **فقط جهش ها** می توانند تنوع ایجاد کنند.

در تولید مثل جنسی گامت ها دو گروه اند : **(۱) گامت های والدی** **(۲) گامت های نوترکیب**

- گامت های والدی : گامت هایی که نظیر آنها در گامتهای والدین وجود داشته است.
- گامت های نوترکیب : گامت هایی جدیدی که نظیر آنها در گامت های والدین وجود نداشته است.
- ژنوتیپ های خالص **فقط** یک نوع گامت و ژنوتیپ های ناخالص ۲ نوع گامت تولید می کنند.
- **در نوترکیبی الی جدیدی تولید نمی شود بلکه ترکیب جدید الی ایجاد می شود.**

نوترکیبی ژنهایی که روی کروموزوم های مختلف قرار دارند

مثال : صفت های مورد مطالعه توسط مندل : گیاه نخود فرنگی

- ژن های **رنگ گل** و **رنگ دانه** روی کروموزوم های **متفاوتی** قرار دارند.
- آمیزش نخودفرنگی گل ارغوانی دانه زرد با نخودفرنگی گل سفید دانه سبز ← در نسل اول ۱۰۰٪ افراد یک نوع ژنوتیپ دارند
- خود لقاحی نسل اول (آمیزش گیاهان ناخالص) ← برخی از بوته ها گل سفید دانه زرد و بعضی دیگر گل ارغوانی دانه سبز
- گل سفید دانه زرد و گل ارغوانی دانه سبز از فوتیپ های نوترکیب در نسل دوم می باشند.

کراسینگ اور

- **مفهوم:** روی هم قرار گرفتن کروموزوم های همتا در هنگام تقسیم میوز و تبادل قطعات کروموزومی بین کروموزوم های همتا
- کراسینگ اور در هنگام **پروفاز میوز ۱** در هنگام ایجاد تتراد رخ می دهد.
- کراسینگ اور، نوعی **نو ترکیبی** می باشد.
- کراسینگ اور **ترکیب الی** روی یک کروموزوم را تغییر می دهد.
- تبادل قطعات کروموزومی بین **کروماتیدهای غیر خواهری** می باشد.
- کراسینگ اور موجب ایجاد **گامت های نو ترکیب** می شود.
- گامت های نو ترکیب حاصل از کراسینگ اور پس از لقاح منجر به **ژنوتیپ های جدیدی** می شوند.
- اگر الل های روی کروموزوم های همتا، مشابه باشند ← **گامت نو ترکیبی تشکیل نخواهد شد.**

	کروموزوم های میوزی	سلول های حاصل از میوز	
میوز بدون کراسینگ اور بین زنها			والدی والدی والدی والدی
میوز به همراه کراسینگ اور بین زنها			والدی نو ترکیب نو ترکیب والدی

- تنوعی که در بی نو ترکیبی پدید می آید **می تواند ماده خام** انتخاب **طبیعی** یا انتخاب **مصنوعی** باشد.

- **کارل لینه** و زیست شناسان قدیمی: گروهی از جانداران که **شباهت های زیادی** به هم دارند و از جانداران دیگر **متمایزند.**
- مبنای اولیه این تعریف: شباهت های **ظاهری** (فنوتیپی) گروهی از جانداران به یکدیگر.
- اشکال اساسی تعریف لینه: **سلیقه ای** بودن رده بندی بر مبنای صفات **فنوتیپی**
- سوال چالش بر انگیز: دو جاندار باید **چقدر** به هم شبیه باشند تا در یک گونه قرار گیرند؟
- گاهی شباهت **مبنای مناسبی** برای رده بندی **نیست.** مثال:
- ۱- **چکاوک** هایی که بسیار به هم شبیه اند اما به **گونه های مختلف** تعلق دارند.
- ۲- **همه سگ های اهلی** متعلق به یک گونه اند اما **تفاوت های ظاهری بسیاری** با یکدیگر دارند.

گسترش دانش زیست شناسی مولکولی



شباهت های در توالی نوکلئوتیدیهای ژنوم و یا توالی آمینواسیدی پروتئین ها، مبنای مشخص کردن گونه ها

پیدایش علم ژنتیک جمعیت ← مطرح شدن خزانه ژنی ← ارائه مفهوم گونه زنده ی لرنست مایر

تعریف گونه از نظر ارنست مایر (۱۹۴۲)

"مجموعه ی جاندارانی که می توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده های زیستا و زایا به وجود می آورند ولی نمی توانند با گونه های دیگر آمیزش داشته باشند."

- زیستا (viable) : جانداري که یک زندگی طبیعی دارد. یعنی قادر به حیات است.
- نازیستا (inviable) : موجودی که به علت نقص در ساختار یا کارکرد پیکرش، به طور قابل توجهی کمتر از سایر افراد هم گونه اش عمر می کند و زود می میرد.
- منظور از واژه می توانند در تعریف بالا، جاندارانی هستند که بالقوه توانایی آمیزش با هم دارند اما مانعی موجب جدایی تولیدمثلی آنها از هم شده است. مثال : خروس مقیم ایرانی و مرغ سیتیزن فرانسه
- طبق تعریف ارنست مایر، خزانه ژنی گونه های مختلف از هم جداست ← تبادل ژن بین آنها نمی تواند رخ دهد

جدا ماندن خزانه های ژنی :

- عدم تبادل ژنی بین گونه های مختلف

عوامل (سازوکارهای جداکننده) :

الف) سدهای پیش زیگوتی

- ۱) جدایی بوم شناختی ۲) جدایی رفتاری ۳) جدایی زمانی ۴) جدایی مکانیکی ۵) جدایی گامتی

ب) سدهای پس زیگوتی

- ۱) نازیستایی دوره ۲) نازایی دوره ۳) ناپایداری دودمان دوره

سدهای پیش زیگوتی :

- این سدها اجازه نمی دهند که سلول زیگوت از لقاح سلول های جنسی (گامت های) دو گونه متفاوت به وجود آید.

جدایی بوم شناختی (زیستگاهی)

- مربوط به گونه هایی که در یک منطقه، ولی در زیستگاه های متفاوت زندگی می کنند.
- مثال ۱ : دو گونه مار غیر سمی ساکن در آمریکای شمالی (یکی عموماً آبی - دیگری خشکی زی)
- مثال ۲ : انگل هایی که برای میزبان ویژه ای اختصاصی اند.
- دو گونه دارای میزبان اختصاصی هرگز شانس جفت گیری با یکدیگر نخواهند داشت.

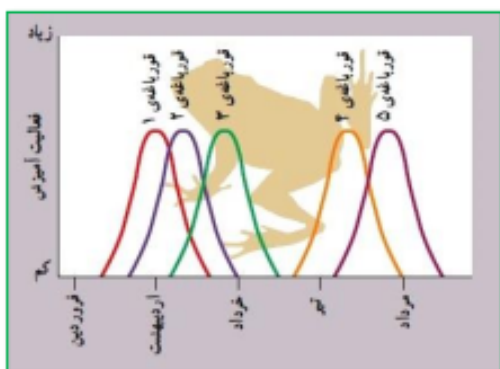
جدایی رفتاری

- اعضای هر گونه برای **جلب توجه جفت**، **نشانه های ویژه ای** دارند.
- از **مهمترین** عوامل **جدایی گونه های جانوری** است.
- به ویژه در مورد گونه هایی که **ظاهری شبیه هم** دارند اهمیت دارد.
- **مثال ۱:** الگوی ویژه برای **تاباندن نور** در گونه های مختلف **حشره های شب تاب نر**
- هرشب تاب ماده، **فقط** به رفتار **تقاضای جفت گیری نر هم گونه** خود پاسخ می دهد.
- **مثال ۲:** چکاوک هایی که گاه در مناطق **مشارکی** زندگی می کنند
- بسیار به هم شبیه اند اما گونه های متفاوتی دارند.
- **آوازهای** پرده هی بالغ، در **فصل جفت گیری** متفاوت است ← انتخاب جفت های از میان گونه خود

جدایی زمانی

زمانی مطرح است که گونه ها دارای **فصل تولید مثل متفاوتی** باشند.

- ممکن است مکان زندگی مشترک باشد.
- زمان جفت گیری **متفاوت** است.
- **مثال ۱:** دو گونه راسو از یک سرده
- این راسو ها **زیستگاه مشارکی** دارند اما **آمیزی نمی کنند**.
- زمان جفت گیری یکی **پایان تابستان** و دیگری **اواخر زمستان** است.



مثال ۲: پنج گونه قورباغه از یک سرده

- **هر گونه** در محدوده زمانی مشخصی از سال آمیزش می کند
- فعالیت آمیزشی هر کدام از گونه ها در **زمان مشخصی به اوج** می رسد.
- زمان فعالیت آمیزشی **بعضی** از گونه ها باهم همپوشانی دارد.
- جفت گیری **بیشتر** بین افراد **هم گونه** روی می دهد.
- آمیزش **بین گونه های مختلف** نیز ممکن است انجام شود. ← امکان ایجاد جنین یا زاده ← نژاد نژاد دورگه

جدایی مکانیکی

✓ تفاوت های ساختاری زیاد بین افراد گونه های متفاوت ← **عدم موفقیت جفت گیری**

مثال ۱: گونه های مختلف گل ها

- الف) ساختار بدن حشرات گرده افشان برای ورود به گل های گونه ای خاص متناسب است.
- ب) حشرات به رنگ و مواد شیمیایی ترشح شده از یک گونه گل تمایل دارند.
- **نتیجه:** حشرات گرده افشان **نمی توانند** گرده ها را **بین گونه های مختلف** انتقال دهند.

مثال ۲: دو گونه وزغ

- **تفاوت جنه ی** دو گونه وزغ بزرگ با وزغ کوچک درخت بلوط ← عدم آمیزش ← **جدایی مکانیکی**

جدایی گامتی

- گامت های گونه های مختلف در کنار هم ← **به ندرت لقاح** می کنند ← جدایی گامتی
- گامت های گونه های مختلف، **به ندرت**، تخم تشکیل می دهند.

در جانوران

- گونه های دارای **لقاح داخلی** ← اسپرم های یک گونه در دستگاه تناسلی ماده ای از گونه دیگر **می میرند**.
- گونه های دارای **لقاح خارجی** ← **عدم لقاح** اسپرم و تخمک ← **بارور نشدن** تخمک های گونه دیگر

در گیاهان

- تفاوت گونه نر با ماده ← تفاوت مولکول های سطحی دانه گرده و کلاله ← **عدم تشکیل** لوله گرده
- دانه گرده هر گیاه، فقط روی کلاله گیاه هم گونه خود لوله گرده تشکیل می دهد.

نکات ترکیبی

- **لقاح** یک تخمک توسط اسپرم های **همان گونه** به علت شناسایی مولکول های اختصاصی در سطح گامت های هم گونه رخ می دهد.
- لقاح در جانوران دو نوع **داخلی** و **خارجی** می باشد.
- **لقاح خارجی** در **آبزیان** (ماهی ها و بسیاری از بی مهرگان آبی) و **دوزیستان** (قورباغه) دیده می شود.
- در لقاح خارجی، **تعداد بسیار زیادی** تخمک و اسپرم در آب رها می شود.
- در لقاح خارجی **برخورد اتفاقی** تخمک ها با اسپرم ها منجر به لقاح می شود.
- در لقاح خارجی **تعداد زیادی تخم** ایجاد می شود.
- لقاح داخلی در **جانوران خشکی زی**، مانند **حشرات**، **کرم خاکی**، **خزندگان**، **پرندهگان** و **پستانداران** دیده می شود.
- برخی جانوران آبی مانند **سخت پوستان دریایی** (خرچنگ دراز، کشتی چسب، خرچنگ نعل اسبی و دافنی) و **یک نوع کوسه ماهی** لقاح داخلی دارند.

۲) سدهای پس زیگوتی :

- این سدها مانع از نمو سلول زیگوت و تشکیل زاده های دورگه یا موجب نازایی آن می شوند.

نازیستی دورگه

- دورگه ها زنده نمی مانند و می میرند.
- لقاح انجام می شود ← تخم هیبرید ایجاد می شود.
- لقاح اسپرم و تخمک از دو گونه متفاوت ← ناسازگاری در اطلاعات ژنتیکی کروموزوم ها ← مرگ جنین در مراحل اولیه نمو
- زاده ها یا در دوران جنینی یا قبل از رسیدن به سن تولید مثل می میرند.

مثال ۱: آمیزش گونه های مختلف قورباغه ← مرگ جنین یا زاده قبل از سن تولید مثل
 مثال ۲: آمیزش گوسفند و بز ← تشکیل سلول تخم ← عدم تولد جاندار زنده

نازایی دورگه

- زاده دو رگه زیستا اما نازاست.
 - آمیزش گونه های متفاوت ← تشکیل تخم دورگه ← زاده زیستا ← زاده عقیم (نازا)
 - تبادل ژن بین گونه های نزدیک انجام می شود اما پایدار نمی شود.
 - دورگه نازا نمی تواند ماده ژنتیک خود (مخلوط ژن های دو گونه) را به نسل بعد انتقال دهد. ← جدا ماندن خزانه ژنی دو گونه
- مثال: آمیزش اسب و الاغ ← ایجاد قاطر (زیستا و نازا)

ناپایداری دودمان دورگه

- باعث جدایش گونه هایی می شوند که حاصل آمیزش آنها در ابتدا دورگه هایی زیستا و زایا هستند.
- آمیزش دورگه ها با هم یا با گونه های اولیه، دورگه های نسل دوم را به وجود می آورد که نازیستا و نازا هستند.
- مثال: دورگه های نسل اول حاصل از آمیزش گونه های مختلف پنبه زیستا اما دورگه های نسل دوم قبل از جوانه زدن می میرند یا ضعیف و ناقص هستند.

۱۷- از آمیزش همواره (سراسری خارج - ۹۲)

- ۱) گوسفند و بز - دورگه ای ضعیف و ناتوان متولد می شود. (۲) اسب و الاغ - جدایی خزانه ی ژنی دو گونه ی والد حفظ می شود.
 ۲) دو گونه ی مختلف پنبه - دانه ها پیش از جوانه زدن می میرند. (۴) دو گونه مختلف چکاوک - رشد و نمو سلول تخم متوقف می شود.

پاسخ: ۲

پیدایش گونه‌های جدید

(۱) گونه زایی دگر میهنی

(۲) گونه زایی هم میهنی

گونه زایی دگر میهنی

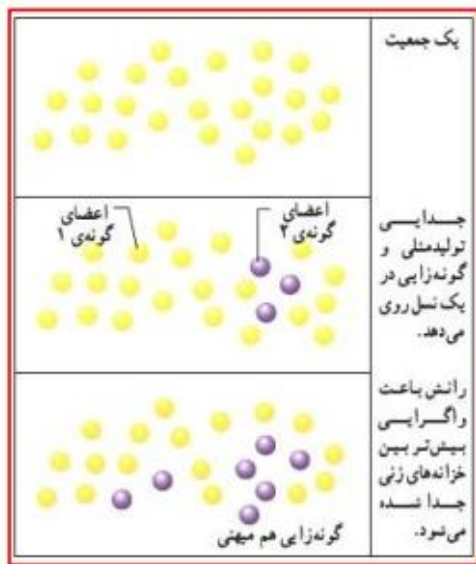
ایجاد مانع جغرافیایی (جدایی مکانی) بین افراد یک گونه



انواع موانع جغرافیایی :

- پیدایش ناحیه کوهستانی
- پیشرفت یخچال های طبیعی
- جداسدن ابریان توسط خشکی ها

گونه زایی هم میهنی



یک جمعیت از یک گونه با زیستگاه یکسان

عامل جدا کننده (مثال: خطای میوزی)

جدایی تولید مثلی

گونه زایی

رانش و افزایش واگرایی



Hugo De Vries, around 1920.



پیدایش گیاهان پلی پلوئید در گل مغربی

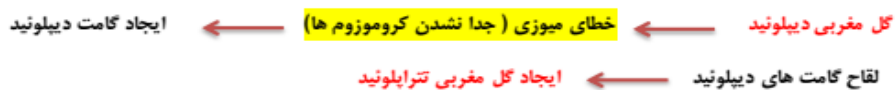
- توسط **هوگو دووری** گیاهشناس هلندی مورد مطالعه واقع شد.

گل های مغربی طبیعی :

- دیپلوئید هستند ($2n = 14$)
- گامت های آنها هاپلوئید ($n = 7$) می باشند.

گل های مغربی غیرطبیعی تتراپلوئید :

- تتراپلوئید هستند ($4n = 28$)
- گامت های آنها $2n$ کروموزوم دارند.



- حاصل آمیزش آنها با گیاه دیپلوئید طبیعی باعث زیگوت تریپلوئید ($3n$) می شود که فرد حاصل از آن نازاست.
- زیگوت حاصل از خودلقاحی آنها با آمیزش با سایر گیاهان تتراپلوئید، تتراپلوئید، زیستا و زایا ست.
- قادر به آمیزش موفق با گیاهان دیپلوئید نیستند و خزانه ژنی آنها از هم جداست.