



اصول اصلاح نژاد

گردآوری:

مرتضی مختاری

استادیار گروه علوم دامی

دانشکده کشاورزی

سرفصل درس

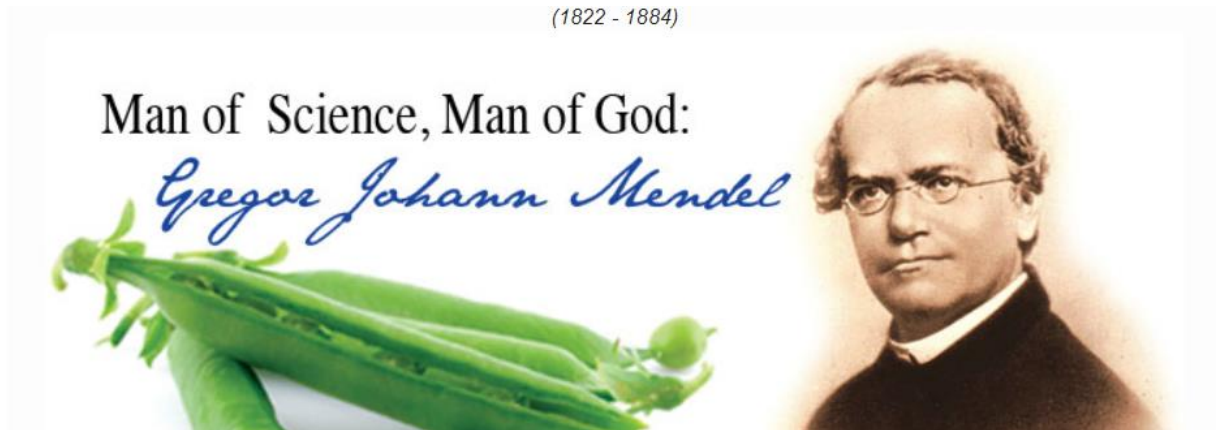
عنوان درس به فارسی: اصول اصلاح نژاد	تعداد واحد : ۳	نوع واحد	تخصصی	۲ واحد نظری ۱ واحد عملی	دروس پیش نیاز ژنتیک حیوانی
عنوان درس به انگلیسی: Principles of Animal Breeding	تعداد ساعت : ۶۴	آموزش تکمیلی عملی: دارد ■ ندارد □	سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار □		

هدف: آشنایی دانشجویان با جایگاه و اهمیت علم اصلاح نژاد در افزایش تولید و عملکرد دام و طیور و برنامه‌ریزی برای اصلاح نژاد با توجه به اهداف و ساختار ژنتیکی جمعیت‌های حیوانی.

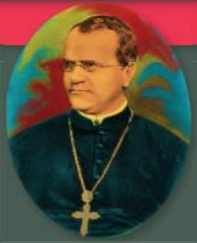














سرفصل درس:

نظری:

تاریخچه و مقدمه‌ای بر علم اصلاح نژاد و تأثیر آن بر تغییر صفات مهم اقتصادی، اهمیت اصلاح نژاد در پرورش حیوانات، آشنایی با صفاتی با توارث ساده و صفت چندژنی، ارتباط صفات با جنسیت، آشنایی با تخمین پارامترهای ژنتیکی نظیر وراثت‌پذیری، تکرارپذیری، همبستگی‌های ژنتیکی و محیطی، روابط خویشاوندی، هم‌خونی، محاسبه ضریب هم‌خونی، ارزیابی ژنتیکی (ارزیابی فتوتیپی و روش‌های ارزیابی، ارزیابی بر اساس نشانگرهای ژنتیکی، ارزیابی ژنومی)، اصول انتخاب، پاسخ به انتخاب و عوامل مؤثر بر آن، پاسخ به انتخاب همبسته، انتخاب چند صفتی و شاخص‌های انتخاب، سامانه‌های آمیزشی مبتنی بر عملکرد و شجره، فناوری‌های تولیدمثل و نقش آن‌ها در پیشرفت ژنتیکی

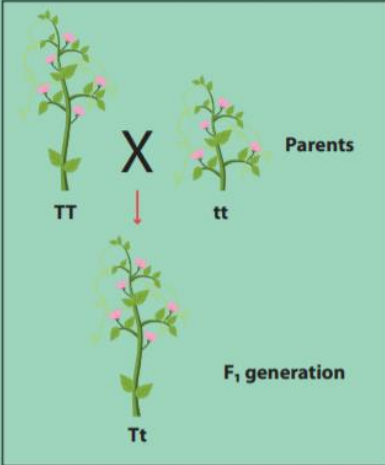
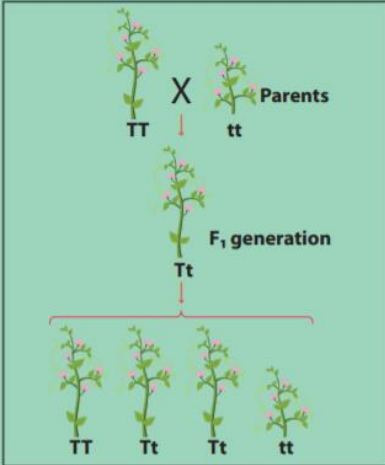
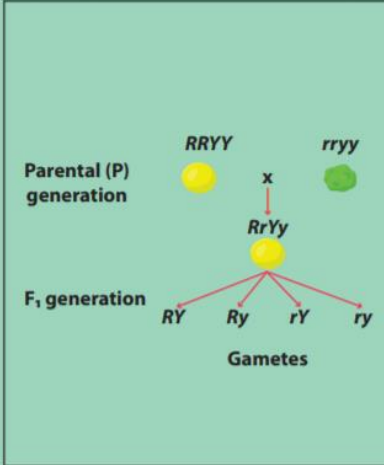


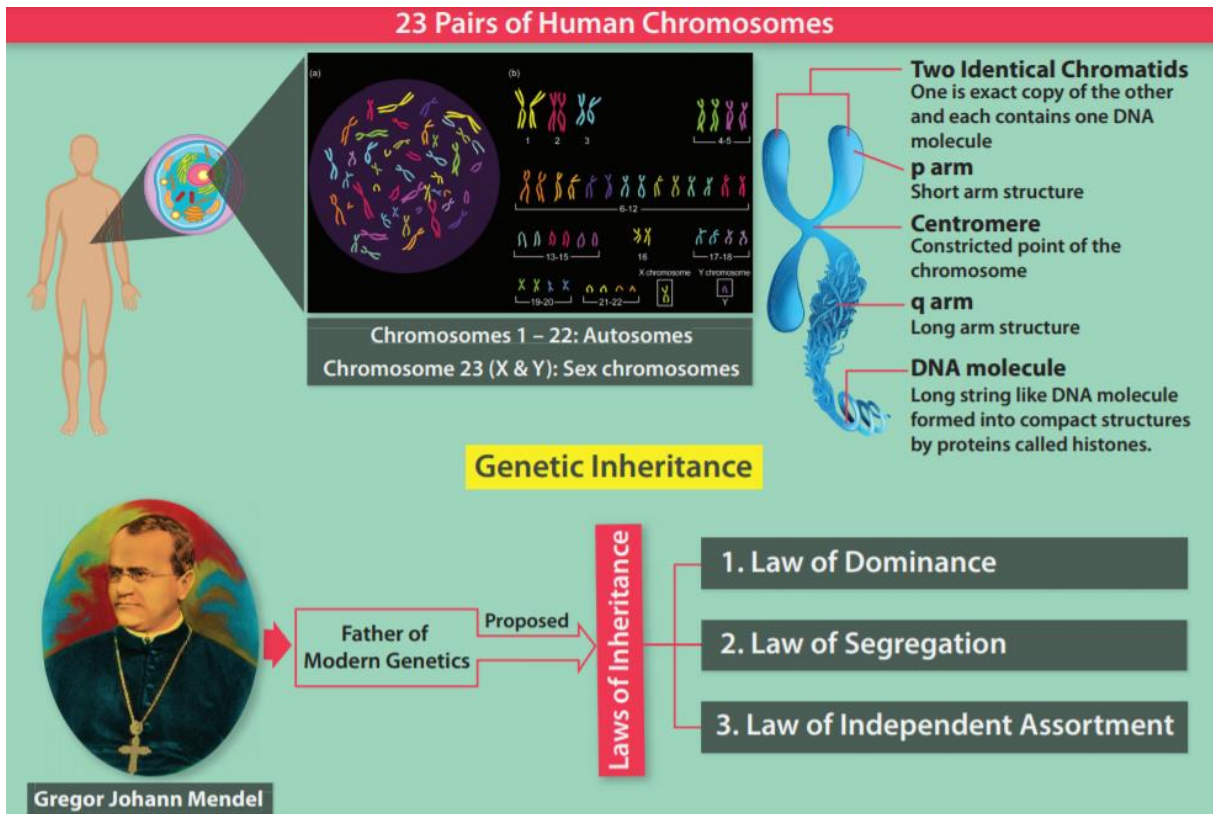
دانش زیست‌شناسی، هرچند از کهن‌ترین دانش‌هایی بوده‌است که بشر به آن توجه داشته، اما از حدود یک سده پیش از این دانش زیرشاخه تازه‌ای پدید آمد که آن را ژنتیک نامیدند و انقلابی در دانش زیست‌شناسی به‌وجود آورد. در سده هجدهم، گروهی از پژوهشگران بر آن شدند که چگونگی جابجایی برخی صفات و ویژگی‌ها را از نسلی به نسل دیگر بررسی کنند. از این ویژگی‌ها به عنوان ویژگی‌های ارثی یاد می‌شود. به دو دلیل مهم که یکی گزینش ویژگی‌های نامناسب و دیگری نداشتن آگاهی کافی در زمینه ریاضیات بود، به نتیجه‌ای نرسیدند. نخستین کسی که توانست قانون‌های حاکم بر انتقال صفات‌های ارثی را شناسایی کند، کشیشی اتریشی به نام گregor مندل بود که در سال ۱۸۶۵ این قانون‌ها را که نتیجه آزمایش‌هایش روی گیاه نخود فرنگی بود، ارائه کرد. اما متأسفانه جامعه علمی آن زمان به دیدگاه‌ها و کشف‌های او اهمیت چندانی نداد و نتیجه کارهای مندل به دست فراموشی سپرده شد. در سال ۱۹۰۰ میلادی کشف دوباره همان قانون‌ها، توسط درویس، شرماک و کورنر باعث شد که دیدگاه‌های مندل به گونه‌ای جدی‌تر مورد توجه و پذیرش قرار گیرد. هم‌اینک، مندل به عنوان «پدر دانش ژنتیک» شناخته می‌شود.

Father Of Modern Genetics			Reasons For Selecting Pea				
<ul style="list-style-type: none">• A monk who went to University of Vienna to study science & Mathematics• 1856 – 1863: Conducted experiments on pea plant (<i>Pisum sativum</i>)• Studied the pattern of inheritance• Proposed laws of inheritance			 Gregor Johann Mendel (1822 - 1884)	<ul style="list-style-type: none">• Plants are easy to grow & maintain• Several visibly distinct & contrasting characters• Annual plant• Naturally self-pollinating but can be cross-pollinated			
Seven Contrasting Characters of Pea Plant Studied by Mendel							
	Flower Colour	Plant Height	Seed Colour	Seed Shape	Pod Colour	Pod Shape	Flower Position
Dominant Traits	 Purple	 Tall	 Yellow	 Round	 Green	 Inflated (full)	 Axial
Recessive Traits	 White	 Short	 Green	 Wrinkled	 Yellow	 Constricted (flat)	 Terminal

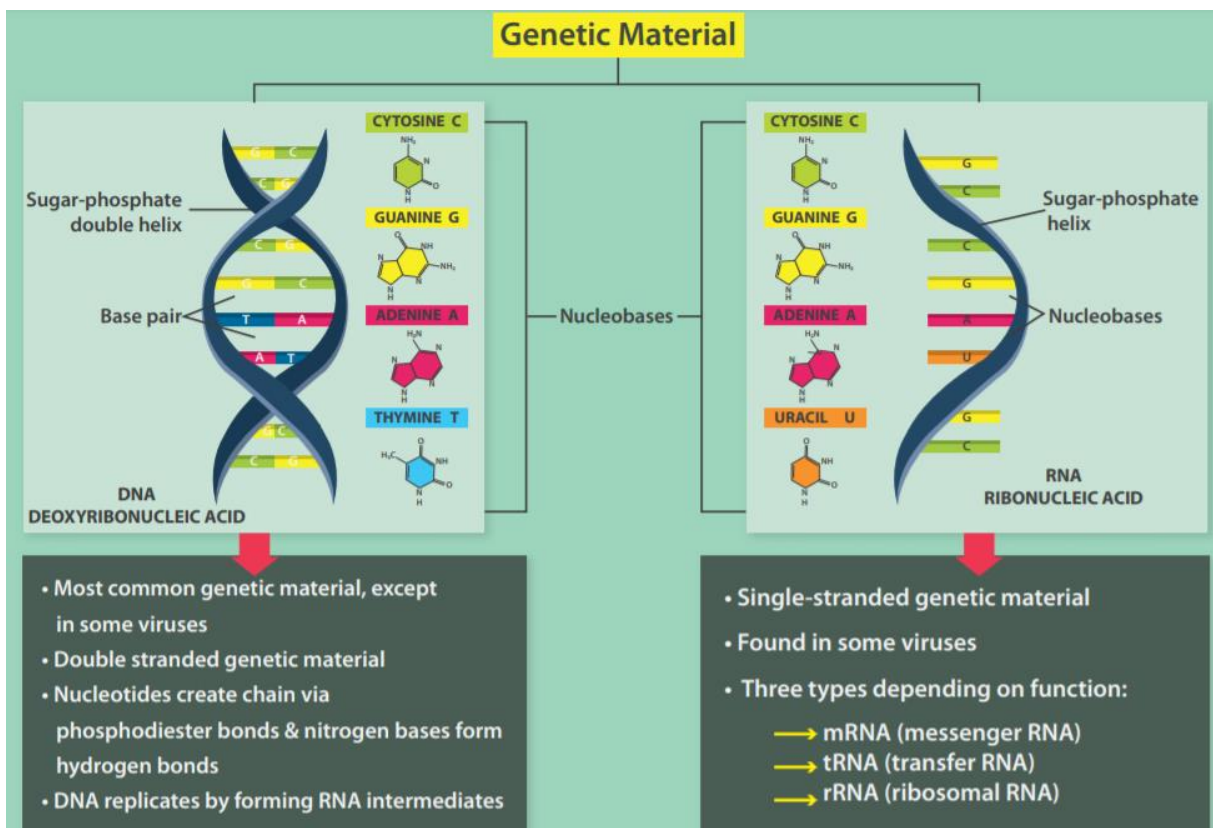
در سال ۱۹۵۳ با کشف ساختمان جایگاه ژن‌ها از سوی جیمز واتسون و فرانسیس کریک، رشته‌ای نو در دانش زیست‌شناسی به‌وجود آمد که زیست‌شناسی مولکولی نام گرفت. با گذشت حدود یک صده از کشف‌های مندل در سال‌های ۱۹۷۱ و ۱۹۷۳ در رشته زیست‌شناسی مولکولی و ژنتیک، که اولی به بررسی ساختمان و چگونگی کارکرد ژن‌ها و دومی به بررسی بیماری‌های ژنتیک و پیدا کردن درمانی برای آن‌ها می‌پرداخت، این دو رشته با هم درآمیختند و رشته‌ای به نام مهندسی ژنتیک را پدیدآوردند که طی اندک زمانی توانست در رشته‌های گوناگون دیگری مانند پزشکی، صنعت، کشاورزی، و... بسیار اثرگذار باشد. پژوهش‌های ژنتیکی همچنین به سهم خود موجب شده‌است که آدمی به جهان و دنیای پیرامون خود، بینش به مراتب بیشتری پیدا کرده و نگاهی نو بر خویش بیندازد. تمام ویژگی‌های فیزیکی ما و تمام موجودات زنده‌ای که روی زمین زیست می‌کنند تحت نفوذ و متأثر از DNA موجود در سلول یا تغییرات ژنتیکی است که اتفاقی یا اجباری در ناحیه‌ای از ژنوم به وقوع می‌پیوندد. در این تغییرات معمولاً یک یا چند باز زنجیره اسید نوکلئیک تعویض شده و اطلاعات ژنتیکی

ژنوم تغییر می‌کند و به‌طور پایدار به نسل‌های بعدی منتقل می‌گردد. از این رو استفاده از این دانش گسترده شده‌است.

Laws of Inheritance		
Law of Dominance	Law of Segregation	Law of Independent Assortment
In heterozygous condition, the dominant allele gets expressed. F ₁ generation express dominant alleles.	Two alleles do not mix when they come together in hybrid pair & are independent of each other.	During gamete formation, two genes segregate independently of each other as well as of the other trait
 <p>Parents: TT × tt</p> <p>F₁ generation: Tt</p>	 <p>Parents: TT × tt</p> <p>F₁ generation: Tt</p> <p>F₂ generation: TT, Tt, Tt, tt</p>	 <p>Parental (P) generation: RRYY × rryy</p> <p>F₁ generation: RrYy</p> <p>Gametes: RY, Ry, rY, ry</p>



تفاوتهای ساختمانی DNA و RNA



علم و هنر استفاده ماهرانه از تفاوت های بیولوژیکی بین حیوانات یک جمعیت برای افزایش بازده تولید در درازمدت و یا کوتاه مدت با در نظر گرفتن تغییر در ذائقه مصرف کنندگان، تغییر در شرایط اجتماعی- اقتصادی، تغییر در بازار، حفظ تنوع ژنتیکی و توجه به رفاه حیوان را اصلاح نژاد گویند.

چه حیوانی بهترین است؟

بهترین اصطلاحی نسبی است و بهترین حیوان برای همه شرایط وجود ندارد. حیوانی که در یک محیط به عنوان بهترین عمل می کند ممکن است در شرایط محیطی دیگر کاملاً متفاوت از حیوان ایده آل باشد. قوانین قاطع و سختی برای تعیین مناسب ترین حیوان در موقعیت مورد نظر وجود ندارد اما روش کلی برای پرورش دهندگان با توجه به سود مناسب، فراهم شده و به هر حال فرض علمی است و فرضیه سامانه ها نامگذاری شده است و نیاز به تعیین اطلاعات از صفات مهم و نحوه اثر متقابل عملکرد در این صفات با فاکتورهایی از قبیل محیط فیزیکی، سیاست های مدیریتی، هزینه و قیمت ها دارد. این فاکتورها در گونه ها و نژاد بسیار متغیر می باشند و به ساختار صنعت پرورش و جایگاه پرورش دهنده در آن ساختار بستگی دارد.

صفات، فنوتیپ ها و ژنوتیپ ها

صفت هر خصوصیت قابل مشاهده و یا قابل اندازه گیری یک فرد است. رنگ پوشش، اندازه، عضله، وضعیت پاها، شکل سر و... چند مثال از صفات قابل مشاهده یا همان صفاتی هستند که معمولاً برای توصیف ظاهر حیوان ذکر می شوند. وزن از شیرگیری، عملکرد شیر، زمان دویدن یک مایل و... چند مثال از صفات قابل اندازه گیری یا همان صفات توصیف کننده چگونگی عمل حیوان هستند. صدها صفت جذاب در حیوانات اهلی وجود دارند. بعضی از آنها مختص یک نژاد یا گونه هستند. برای مثال، طول استایل اندازه طول فیبر پشم است که صفت مهمی برای گوسفندان پشمی می باشد اما برای حیوانات فاقد پشم صفت مهمی محسوب نمی شود.

نکته اینکه هیچکدام از مثال های ذکر شده بالا ظاهر یا عملکرد حیوان توصیف شده خاصی نیست. حیوانی ممکن است قرمز و دارای وزن شیرگیری ۵۷۶ پوند باشد اما قرمزی رنگ پوشش و ۵۷۶ مقدار پوندی وزن از

شیرگیری صفت نیستند بلکه صفات به طور ساده همان رنگ پوشش و وزن از شیرگیری می‌باشند. قرمزی و ۵۷۶ پوندی کلاس‌های مشاهده شده یا سطوح اندازه‌گیری شده عملکرد برای صفات رنگ پوشش و وزن از شیرگیری هستند که در واقع فنوتیپ‌های^۱ این صفات می‌باشند.

دانشجویان و پرورش دهندگان اغلب صفت و فنوتیپ را با هم اشتباه می‌گیرند. این مثال را بد نیست بدانید: رفتار تند خویی صفت مشترک این لاین است. رفتار صفت و تند خوئی فنوتیپ صفت رفتار است. مثال‌های بیشتر از صفت و فنوتیپ در جدول ۱-۱ آمده است.

جدول ۱ مثال‌هایی از صفات و فنوتیپ‌های آنها

صفت	فنوتیپ‌های ممکن
حضور شاخ	شاخدار، شاخ کوتاه، بدون شاخ
ارتفاع از جدوگاه	۱۲۰ سانتی متر
وزن یک سالگی	۸۵۰ پوند،
رنگ پوسته تخم مرغ	سفید، قهوه‌ای
آسان زایی	با کمک، بدون کمک

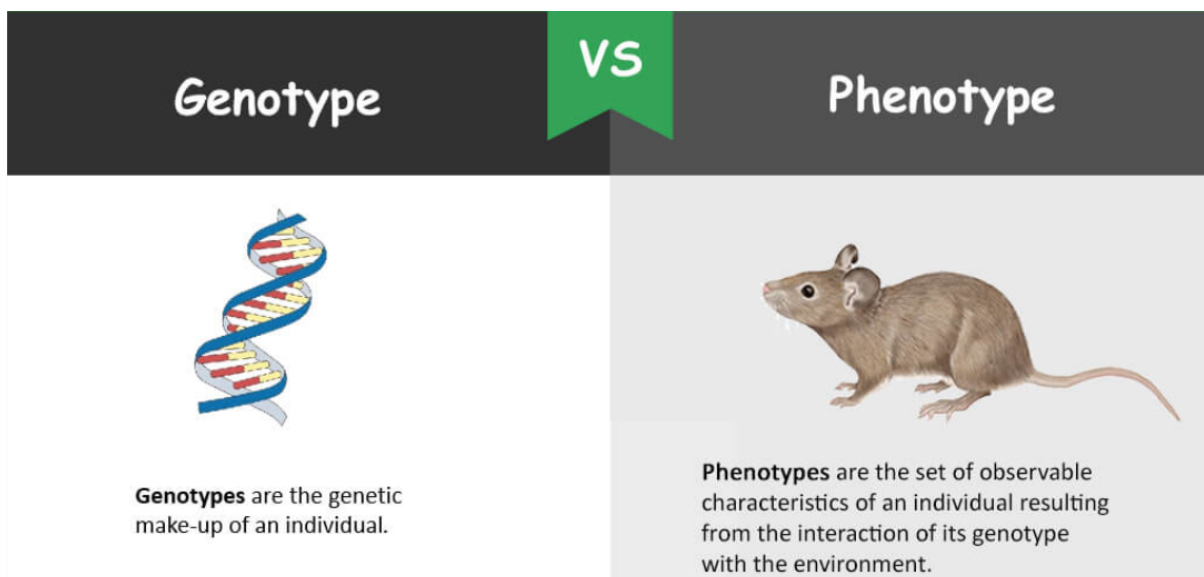
پرورش دهندگان زمانی که اشاره به ظاهر حیوان می‌کنند متمایل به استفاده از فنوتیپ هستند لذا چنین استنباط می‌شود که فنوتیپ به مفهوم ظاهر است. در واقع حیوان دارای همان تعداد فنوتیپی است که صفات برای مشاهده یا اندازه‌گیری آن حیوان وجود دارد. همانطور که در جدول ۱ می‌توان مشاهده کرد فنوتیپ می‌تواند توصیف بسیار بیشتری نسبت به ظاهر باشد. اغلب برای صفات اندازه‌گیری شده نسبت به صفات مشاهده شده با چشم از اصطلاح عملکرد به جای فنوتیپ استفاده می‌کنیم. در این کتاب از اصطلاحات فنوتیپ و عملکرد به جای هم استفاده می‌کنیم.

لغت ژنوتیپ به چند صورت استفاده می‌شود. از ژنوتیپ حیوان می‌توان به صورت کلی صحبت کرد که در این صورت اشاره به کلیه ژن‌ها و ترکیبات ژنی مؤثر بر آرایه صفات مورد نظر ما دارد. به عنوان مثال وقتی در مورد ژنوتیپ سازگاری در محیط گرم و خشک صحبت می‌کنیم در این مورد منظور از ژنوتیپ شامل کلیه ژن‌ها و ترکیبات ژنی مؤثر بر مقاومت گرمایی، مقاومت به انگل‌ها و سایر صفات مؤثر بر سازگاری در محیط گرم و خشک

^۱ phenotype

می‌باشد. حیوانات با ژنوتیپ مشابه را تیپ بیولوژیکی مشابه گویند و بدان مفهوم نیست که این حیوانات از لحاظ ژنتیکی همسان هستند بلکه صرفاً نسبت به حیوانات با تیپ بیولوژیکی متفاوت شباهت بیشتری دارند. برای مثال، حیوانات سازگار با محیط‌های گرم و خشک هرچند ممکن است که به طور قابل توجهی متفاوت باشند اما می‌توان آنها را به عنوان یک تیپ بیولوژیکی در نظر گرفت.

همچنین می‌توان از ژنوتیپ حیوان برای یک صفت خاص نیز صحبت کرد که در این صورت صرفاً به ژن‌ها و ترکیبات ژنی مؤثر بر آن صفت مانند مقاومت گرمایی اشاره می‌کند. در هر صورت تغییر ژنوتیپ نتایج حیوانات چیزی است که می‌توان آن را با روشهای اصلاحی انجام داد. تغییرات مطلوب در ژنوتیپ‌ها باعث پیشرفت فنوتیپی می‌شود.



صفات با توارث ساده و صفات چند ژنی

صفات با توارث ساده^۲ صفاتی هستند که فقط تحت تاثیر تعداد محدودی از ژن‌ها قرار می‌گیرند. رنگ پوشش بدن، وجود شاخ و نقایص ژنتیکی نظیر سندرم عنکبوتی در گوسفند، همگی مثال‌هایی از صفات با توارث ساده هستند. فقط یک جایگاه منفرد یا (تقریباً) تعداد محدودی از جایگاه‌ها در بروز آنها نقش دارند.

^۲Simply-Inherited Trait

		Bull Gametes	
		b	b
Cow Gametes	B	Bb Black	Bb Black
	b	bb Red	bb Red

توارث رنگ بدن در گاو



شاخداری در گاو، مثالی از یک صفت با توارث ساده



سندرم عنكبوتی در گوسفند، مثالی از ی صفت با توارث ساده که الگوی آتوزومی مغلوب دارد.

صفات با توارث ساده دو ویژگی عمومی دارند. نخست، اینکه فنوتیپ این صفات قابل طبقه بندی است. یک سگ شکاری لابرادور به رنگ سیاه، شکلاتی، یا زرد است؛ گاوها یا شاخدار یا بدون شاخ هستند؛ و بره‌ها سندرم عنكبوتی دارند یا ندارند. رنگ پوشش بدن، وجود شاخ، و سندرم عنكبوتی را صفات کیفی^۳ یا طبقه بندی شده^۴ می‌نامند که به دلیل نوع بروز آن‌ها است. صفتی با توارث ساده ممکن است (اگرچه به ندرت) کمی^۵ باشد. فنوتیپ‌های صفات کمی با اعداد اندازه‌گیری شده و تنوع کم و بیش پیوسته‌ای را نشان می‌دهند.

³Qualitative Trait

⁴ Categorical Trait

⁵Quantitative



سگهای نژاد لابرادور در رنگهای مختلف.

دوم اینکه، به طور معمول محیط تاثیر بسیار کمی بر صفات با توارث ساده دارد. البته اگر لابرادور شکلاتی مدت زمان زیادی در معرض آفتاب قرار گیرد، رنگ پوشش بدنش کم رنگ خواهد شد. اما هنوز هم از لابرادور سیاه و زرد قابل تشخیص است، زیرا فنوتیپ آن به وضوح شکلاتی است.

در مقابل، تعداد زیادی ژن بر صفات چند ژنی^۶ تاثیر زیادی می‌گذارند و هیچ ژنی اثر برجسته‌ای ندارد. سرعت رشد، تولید شیر و زمان پیمودن مسافت خاص مثال‌هایی از صفات چند ژنی هستند. اطلاعات بسیار اندکی در مورد ژن‌های خاص موثر بر این صفات وجود دارد و تنها نتیجه‌ای که می‌توان گرفت این است که تعداد آنها بسیار زیاد است.

صفات چند ژنی همانند صفات با توارث ساده، ویژگی‌های ثانویه مشابه دارند. فنوتیپ‌های صفات چند ژنی مانند وزن شیرگیری ۵۰۰ پوند، تولید شیر ۳۰۰۰۰ پوند، و زمان ۲۰ ثانیه برای پیمودن مسافت ربع مایل به طور معمول با اعداد توصیف می‌شوند. برعکس صفات با توارث ساده که به صورت چند دسته مجزا قابل دسته‌بندی هستند، فنوتیپ‌های صفات چند ژنی به صورت کمی بوده یا بروز پیوسته دارند. بنابراین اکثر صفات چند ژنی (نه همه آنها) صفات کمی هستند. صفات چند ژنی به وضوح تحت تاثیر محیط قرار می‌گیرند. اگر گاوها،

^۶Polygenic Traits

خوک‌ها و گوسفندان به خوبی تغذیه نشوند، رشدشان کندتر شده و شیر کمتری تولید می‌کنند. اگر اسب‌ها به خوبی آموزش نبینند به سرعت نمی‌دوند.

- Polygenic inheritance occurs when a group of gene pairs acts together to produce a trait
- In humans, eye color, skin shade, hair color, height, etc... all are results of polygenic inheritance

	ABC	ABc	AbC	aBC	Abc	aBc	abC	abc
ABC	AABBCC	AABBCc	AABbCC	AaBBCC	AABbCc	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc
ABc	AABBCc	AABBcc	AABbCc	AaBbcc	AABbcc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc
AbC	AAbBCC	AAbBCc	AAbbCC	AabBCC	AAbbCc	AabBCc	AabbCC	AabbCc
aBC	aABBCC	aABBCc	aABbCC	aaBBCC	aABbCc	aaBBCc	aaBbCC	aaBbCc
Abc	AAbBcC	AAbBcc	AAbbCc	AabBcC	AAbbcc	AabBcc	AabbCc	Aabbcc
aBc	aABbCc	aABbcc	aABbcC	aaBbCc	aABbcc	aaBBcc	aaBbcC	aaBbcc
abC	aAbBCC	aAbBCc	aAbbCC	aabBCC	aAbbCc	aabBCc	aabbCC	aabbCc
abc	aAbBcC	aAbBcc	aAbbcC	aabBcC	aAbbcc	aabBcc	aabbCc	aabbcc

Punnett Square for possible skin shades

اگر چه باید دقت کرد که فقط بر اساس ویژگی‌های ثانویه یک صفت را به عنوان صفتی با توارث ساده یا چند ژنی تقسیم بندی نکنیم. گاهی صفت با توارث ساده وجود دارد (مانند لکه‌های سفید در گربه‌ها) که دارای ویژگی ثانویه صفات چند ژنی است، و تعدادی از صفات چند ژنی ویژگی صفات با توارث ساده را دارند. مثال آن سخت زایی^۷ یا اختلال در زایمان است. فنوتیپ‌های سخت زایی اغلب در دو دسته زایمان با کمک دامدار یا بدون کمک دامدار قرار می‌گیرند. به علت ماهیت این فنوتیپ‌ها، ممکن است فرض شود که سخت زایی صفتی با توارث ساده است. در حالی که به علت اثر تعداد زیادی ژن بر روی آن، صفت چند ژنی است. ژن‌های زیادی

⁷ Dystocia

اندازه جنین (یا جنین‌ها)، باز شدن لگن مادر و تلاش جهت تحویل جنین را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به خاطر داشته باشید که نکته مهم در تصمیم‌گیری برای در نظر گرفتن صفتی به عنوان توارث ساده یا چند ژنی این است که ویژگی‌های ثانویه نباید عامل تعیین‌کننده باشد، بلکه تعداد ژن‌های موثر بر آن تعیین‌کننده می‌باشد. مبادا صفات با توارث ساده را با صفات کیفی و صفات چند ژنی را با صفات کمی اشتباه بگیرید. به خاطر داشته باشید که تقسیم‌بندی توارث ساده در مقایسه با چند ژنی به نحوه توارث یک صفت بر می‌گردد. در حالی که تقسیم‌بندی صفات به کمی و کیفی به نحوه بروز صفات بستگی دارند.

طبقه‌بندی برخی از صفات مشکل است. کوتولگی صفتی با توارث ساده و کمی است. اکثر شکل‌های کوتولگی را یک جایگاه منفرد کنترل می‌کند و تفاوت واضحی بین کوتوله‌ها و غیر کوتوله‌ها از حیث طبقه‌بندی وجود دارد. برعکس، اندازه بدن معمولاً چند ژنی و کمی در نظر گرفته می‌شود. اما تقسیم‌بندی اندازه بدن هنگامی که ژن‌ها برای کوتولگی در جمعیت تفرق می‌یابند چگونه است؟ تعریف صفات چند ژنی در این مورد صادق نیست، زیرا علی‌رغم این حقیقت که ژن‌های زیادی بر اندازه بدن تاثیر می‌گذارند، یک ژن اثر عمده دارد. با وجود این که اندازه بدن به عنوان یک صفت چند ژنی و کمی است، ولی توجه داشته باشید که در حقیقت تحت تاثیر یک ژن عمده است.

سخت‌زایی مثالی از دسته خاصی از صفات به نام صفات آستانه‌ای^۸ است. صفات آستانه‌ای صفات چند ژنی هستند که فنوتیپ‌های قابل دسته‌بندی را بروز می‌دهند. مثال دیگر صفات آستانه‌ای، باروری (به صورت موفقیت یا عدم موفقیت در آبستن شدن) است.

ویژگی‌های مشترک صفات با توارث ساده و چند ژنی

صفات با توارث ساده و چند ژنی ویژگی‌های مشترک زیادی دارند. برای شروع، ژن‌های موثر بر هر دو نوع صفت دارای ساز و کارهای مشابه مندلی هستند. قوانین مندلی تفرق و جور شدن مستقل از هم که برای ژن‌های موثر بر صفات چند ژنی به کار می‌روند، برای ژن‌های موثر بر صفات با توارث ساده هم به کار می‌روند. همچنین غلبه و اپی ستازی بر بروز ژن در هر دو نوع صفات موثر هستند. به طور پذیرفته شده‌ای، اکثر مثال‌های عملی استفاده شده برای نشان دادن ساز و کار مندلی، صفاتی با توارث ساده هستند. تنها به این دلیل است که ژن‌های موثر بر این صفات به خوبی شناسایی شده‌اند. گذشته از این‌ها، در بروز صفاتی با توارث ساده، تعداد کمی ژن دخیل‌اند.

⁸ Threshold Trait

به دلیل اینکه تعداد زیادی ژن بر صفات چند ژنی اثر می‌گذارند و اثر هر ژن بسیار کوچک است، چیز زیادی در مورد آنها نمی‌دانیم. بنابراین، استفاده از صفات چند ژنی به عنوان مثال‌هایی از توارث مندلی دشوار است.

دوم اینکه، ابزارهای اصلی اصلاح دام - انتخاب و آمیزش - برای هر دو صفات با توارث ساده و چند ژنی، مشابه است. هنگامی که پرورش دهندگان برای هر دو نوع صفت انتخاب می‌کنند، سعی در افزایش فراوانی آلل‌های مطلوب دارند. اگر پرورش دهنده‌ای تنها حیوانات بی‌شاخ را از گله گاوهای بی‌شاخ دار و شاخ دار انتخاب کند، فراوانی آلل بی‌شاخی در آن گله افزایش خواهد یافت.

جنسیت و تاثیر آن بر صفات

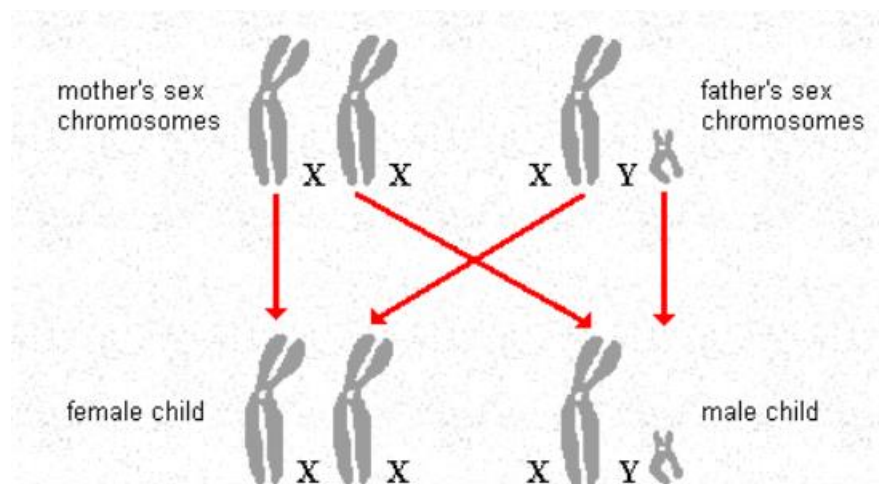
صفات از نظر تاثیر جنسیت بر آنها به سه دسته صفات وابسته به جنس، صفات محدود به جنس و صفات تحت تاثیر جنس تقسیم می‌شوند.

توارث وابسته به جنس

در پستانداران یک جفت کروموزوم‌های جنسی X و Y وجود دارد که ماده‌ها دارای دو کروموزوم X و نرها دارای یک کروموزوم X و یک کروموزوم Y می‌باشند. فرد ماده کروموزوم‌های X را از هر کدام از والدین خود دریافت می‌کند. فرد نر کروموزوم X را از مادر و کروموزوم Y را از پدر خود دریافت می‌کند (در پرندگان برعکس است، نرها XX و ماده‌ها XY هستند). اگرچه کروموزوم‌های X و Y اعضای یک جفت هستند اما بایکدیگر کاملاً متفاوتند. بخشی از کروموزوم X با کروموزوم Y همولوگ و متناظر نیست صفاتی که ژن‌های آنها روی این قسمت از کروموزوم X است وابسته به جنس⁹ نامیده می‌شوند. به دلیل اینکه نرها در پستانداران برای ژن‌های موجود بر روی کروموزوم X همی‌زیگوت¹⁰ هستند (نرها تنها یک نسخه را دارند)، توارث وابسته به جنس بالگوی مندلی قدیمی فرق دارد. رنگ لاک پشتی در گربه‌ها مثالی از توارث وابسته به جنس است.

⁹Sex linked

¹⁰Hemizigous



توارث محدود به جنس

در توارث محدود به جنس^{۱۱} بیان فنوتیپی صفت به یک جنس محدود می‌باشد. به عنوان مثال، تولید شیر محدود به جنس است. نرها گرچه زن‌های تولید شیر را حمل می‌کنند، اما شیر تولید نمی‌کنند. صفات محدود به جنس تا حدودی به هورمون‌ها وابسته هستند. هورمون‌های جنسی ماده، سبب توسعه پستان و تولید شیر می‌گردند. اگر زن‌های واقع بر روی کروموزوم‌های جنسی در بروز این صفات دخیل نباشند، احتمالاً از طریق تاثیرشان بر تولید هورمون، اثرات غیر مستقیمی دارند.

¹¹ Sex-limited inheritance

Sex-limited Traits

- Sex-limited traits are generally autosomal, which means they are not found on the **X** or **Y** chromosomes.
- The sex-limited traits are **expressed in only one gender**.

توارث تحت تاثیر جنسیت

در توارث تحت تاثیر جنسیت^{۱۲} نحوه بیان ژن در نرها و ماده‌ها متفاوت است. به عنوان مثال یک آلل ممکن است به صورت غالب در یک جنس و مغلوب در جنس دیگر بیان شود. توارث صفتی به نام شاخ کاذب متحرک و کوچک^{۱۳} در گاو تحت تاثیر جنس است. آلل شاخ کاذب (s^c) در نرها غالب و در ماده‌ها مغلوب است. بنابراین نری که تنها یک نسخه از آلل را دارا باشد دارای شاخ کاذب خواهد بود، اما ماده باید دارای دو نسخه از آلل باشد تا این صفت را بروز دهند.

¹² Sex-influenced inheritance

¹³ Scurs



شاخ کاذب متحرک و کوچک در گاو، مثالی از صفتی با توارث تحت تاثیر جنسیت است.

- **Sex-influenced traits** - baldness

- BB = bald in either sex
- Bb = bald in males only
- bb = normal hair in both



طاسی سر، مثالی از یک صفت متأثر از جنس در انسان

الگوی مشابه توارث تحت تاثیر جنس بر بیان صفت شاختاری در گوسفند تاثیر دارد. توجه داشته باشید که برخلاف ویژگی‌های محدود به جنس، ویژگی‌های تحت تاثیر جنس می‌تواند در هر دو جنس ظاهر شود. به طور کلی بروز صفات محدود به جنس در یک جنس فراوان‌تر از جنس دیگر است.

اثرات متقابل ژنوتیپ با محیط

از دیدگاه اصلاحگران، مهمترین اثرات متقابل آنهایی هستند که دربرگیرنده ژنوتیپ حیوانات می‌باشند. برای بعضی گونه‌ها اثر متقابل ژنوتیپ با محیط^{۱۴} نقش حیاتی در تعیین مناسب ترین تیپ های بیولوژیکی در محیط مورد نظر ایفا می‌کند. اثر متقابل ژنوتیپ با محیط (G×E) زمانی رخ می‌دهد که اختلاف در عملکرد بین دو یا چند ژنوتیپ از محیطی به محیط دیگر تغییر کند.^{۱۵}

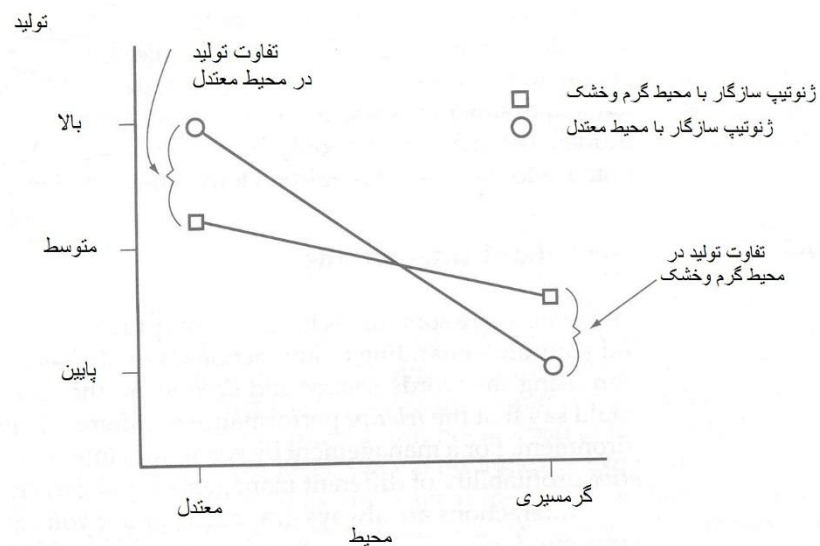
یک مثال کلاسیک از اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط فیزیکی حیواناتی است که به لحاظ ژنتیکی با محیط معتدل سازگار شده اند در مقابل حیواناتی که به لحاظ ژنتیکی با محیط گرم و خشک سازگار شده اند. مفهوم سازگار شده به لحاظ ژنتیکی در یک مکان بدین معنی است که حیوانات موجود در آن مکان در طی چندین نسل تکامل یافته و حامل ژن هایی هستند که به آنها اجازه زنده ماندن و رشد در محیط مورد نظر را می دهد. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به صورت نمودار در شکل ۲ نشان داده شده است.

هر چند در محیط معتدل عملکرد حیواناتی که ژنوتیپ آنها با این محیط سازگار است با عملکرد حیوانات سازگار با محیط آب و هوای گرم و خشک متفاوت می باشد اما هر دو گروه در این محیط عملکرد خوبی دارند. در محیط های گرم و خشک به علت گرمای زیاد، رطوبت، حشرات و سایر انگل ها استرس به میزان قابل توجهی بیشتر است و تولید هر دو ژنوتیپ در سطح پایین تری است. اما کاهش عملکرد برای ژنوتیپ های سازگار با محیط های گرم و خشک نسبت به ژنوتیپ های سازگار شده با محیط های معتدل بسیار کمتر می باشد که احتمالاً ناشی از مقاومت ژنتیکی ژنوتیپ های سازگار شده به محیط های خشک در مقابل درجه حرارت و انگل ها است. این مثال منطبق با تعریف اثر متقابل $G \times E$ است زیرا اختلاف در عملکرد دو ژنوتیپ در دو محیط یکسان نمی باشد.

اگر خواهان پیشرفت محسوس اهداف اصلاحی باشیم یا به عبارت دیگر خواهان تعیین اهداف اصلاحی^{۱۶} مناسبی هستیم دانستن اثرات متقابل به ویژه اثرات متقابل مربوط به ژنوتیپ حیوان ضروری است. برای مثال با دانستن این مطلب که مقاومت به انگل ها در محیط های گرم و خشک اهمیت دارد اصلاح گران در این محیط ها بر صفاتی مانند تعداد کنه، معیاری از مقاومت به کنه، تاکید می کنند. از طرف دیگر اصلاحگران در مناطق معتدل تاکید کمتری به صفات مرتبط با مقاومت انگلی می کنند و تمرکز بیشتری بر صفات دیگر دارند.

¹⁴ Genotype by environment interactions

¹⁶ Breeding objectives

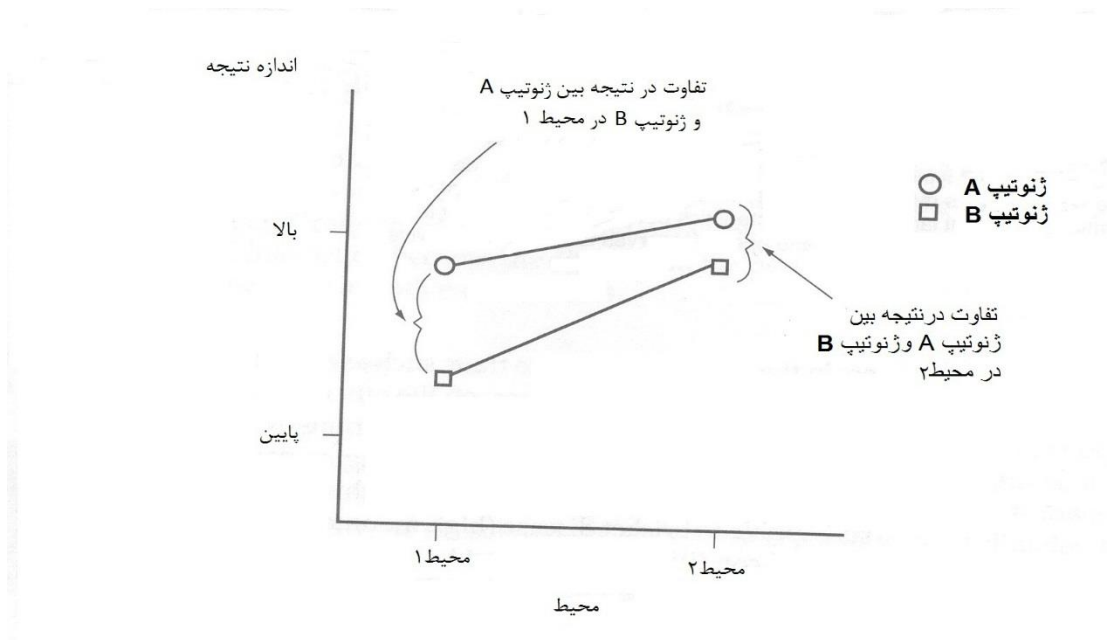


شکل ۲- مثال اثر متقابل ژنوتیپ با محیط



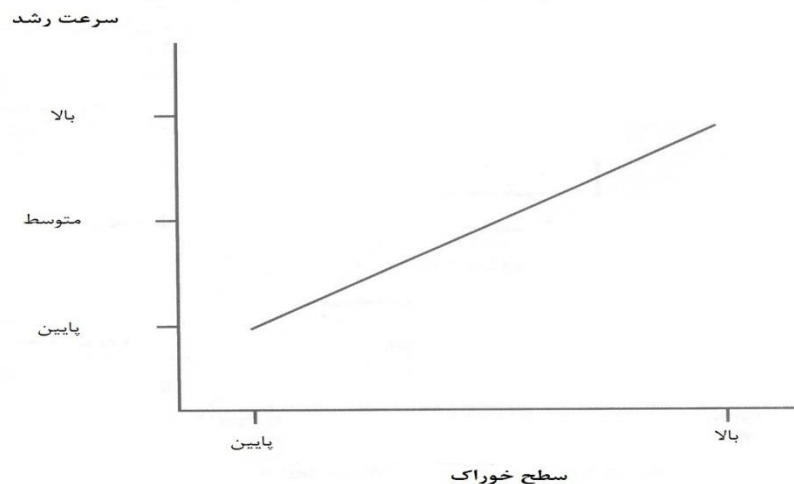
شکل ۳- گاوهای سازگار به محیط معتدل در مقایسه با گاوهای سازگار به محیط گرم و خشک. گاوهای نلور سمت چپ تصویر ویژگی های سازگاری به مناطق گرم و خشک شامل گوش های بلند و پوست شل به عنوان خنک کننده را دارند. گاوهای آنگوس قرمز سمت راست تصویر که به مناطق معتدل سازگار هستند و فاقد این ویژگی ها می باشند اما قابلیت پروار، ایجاد عایق و حفظ انرژی برای بقا در زمستانهای سرد را دارند.

برای اینکه بتوانیم اثر متقابل ژنوتیپ با محیط را رسم کنیم باید حداقل دو ژنوتیپ و حداقل دو محیط وجود داشته باشد. اشتباه معمول در نظر گرفتن تنها یک ژنوتیپ در دو محیط است. برای مثال همانطور که در شکل ۵ مشاهده می کنید رشد حیوانات در محیطی با سطح تغذیه بالا نسبت به حیوانات در محیطی با سطح تغذیه پایین سریع تر می باشد اما این اثر به تنهایی اثر متقابل ژنوتیپ با محیط را تشکیل نمی دهد بلکه مثالی از اثر محیط به طور ساده اثر عامل غیرژنتیکی (در این مورد سطح تغذیه) بر عملکرد حیوان است.



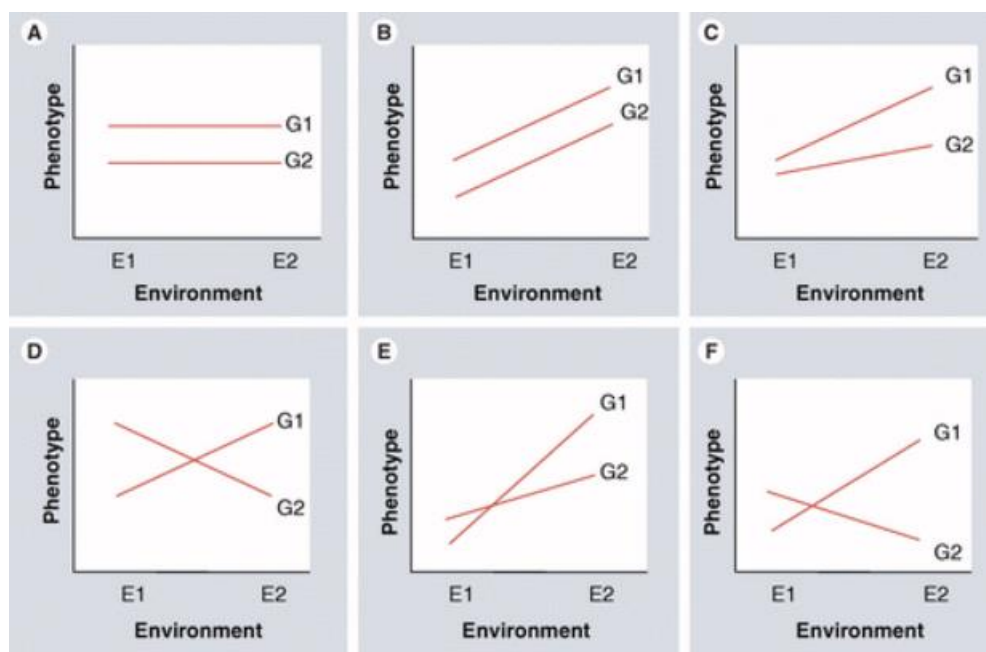
شکل ۴- مثال کلی از اثر متقابل ژنوتیپ با محیط

برای این که اثر متقابل ژنوتیپ با محیط روی دهد باید ژنوتیپ دومی نیز داشت به گونه ای که اختلاف عملکرد بین ژنوتیپ ها در همه محیط ها یکسان نباشد. شکل های ۴ و ۵ را با هم مقایسه کنید. توجه کنید به اختلاف بین نمودار اثر متقابل با نمودار اثر محیطی توجه کنید.

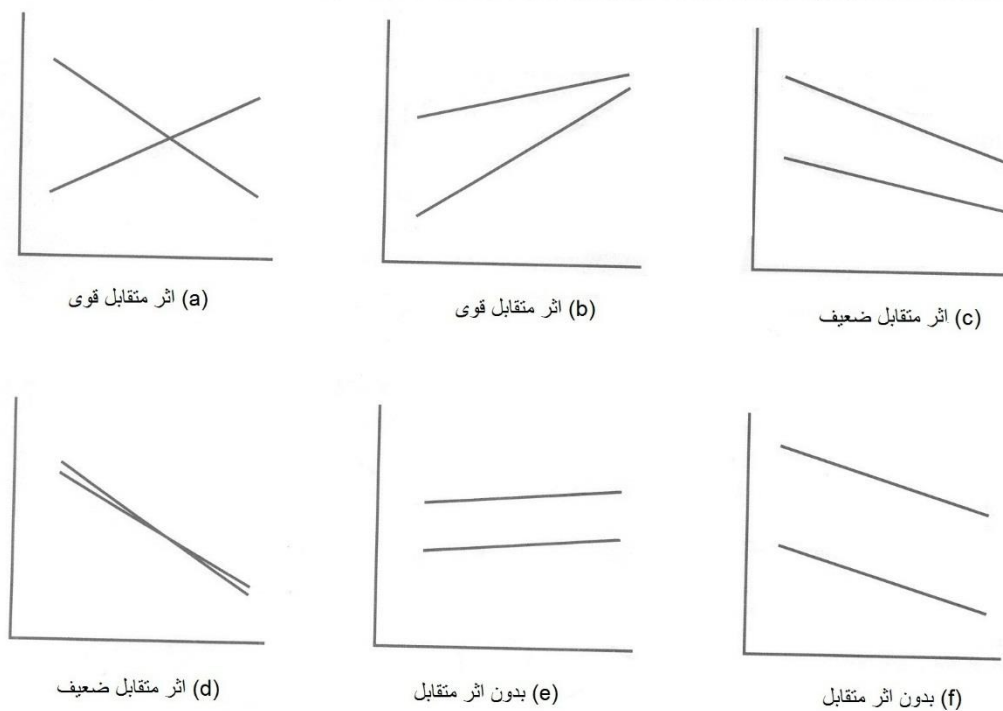


شکل ۵- مثالی از یک اثر محیطی شامل اثر سطح خوراک بر سرعت رشد. به اختلاف این نمودار با نمودار مربوط به اثر متقابل در شکل ۳ توجه کنید.

برخی از انواع اثر مقابل ژنوتیپ با محیط نشان داده شده در شکل ۶ نشان داده شده اند. مثالی جالب است که نه تنها اختلاف عملکرد بین دو ژنوتیپ از محیطی به محیط دیگر تغییر کرده بلکه این اختلاف از لحاظ ریاضی در یک محیط ۱ مثبت و در محیط دیگر منفی می باشند. در حقیقت رتبه بندی این ژنوتیپها در دو محیط متفاوت می باشد. در این حالت شدت اثر متقابل زیاد است و خطوط همدیگر را قطع کرده اند (حالات E، D، و F)



شکل ۶- انواعی از اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط



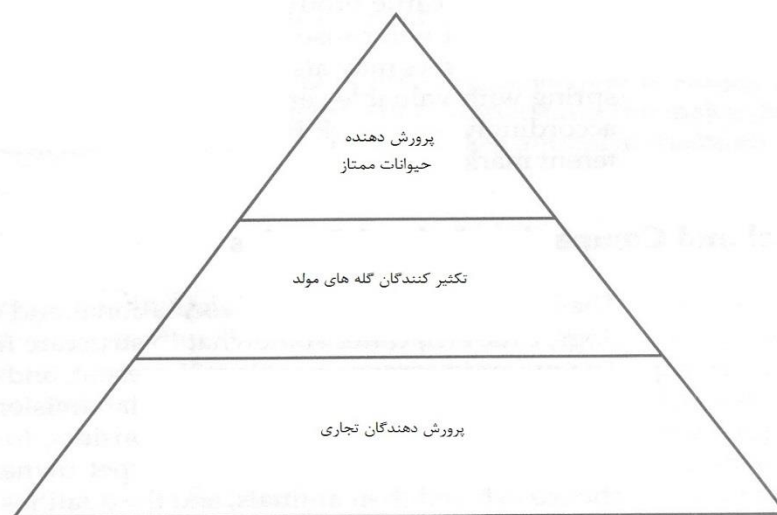
شکل ۷- مثال هایی از انواع مختلف اثرات متقابل اگر این نمودارها اثر متقابل ژنوتیپ با محیط را نشان دهند، محور عمودی عملکرد حیوان، محور افقی سطوح محیطی و خطوط ژنوتیپ‌های مختلف مربوطه می باشند (a) اثر متقابل قوی- تغییرات زیاد در اختلاف عملکردها و همچنین رتبه بندی مجدد (b) اثر متقابل قوی با تغییرات زیاد در اختلاف عملکردها اما بدون رتبه بندی مجدد (c) اثر متقابل ضعیف با تغییرات کم در اختلاف عملکردها و بدون رتبه بندی مجدد. (d) اثر متقابل ضعیف با تغییرات کم در اختلاف عملکردها همراه با رتبه بندی مجدد e و (f) بدون اثر متقابل و بدون تغییر در اختلاف عملکردها

به طور مشابه، ممکن است ژنوتیپی به هنگام بالا بودن هزینه های کارگری بهتر باشد ولی به هنگام پایین بودن این هزینه ها چنین نباشد. اثرات متقابل ژنوتیپی می توانند بسیار پیچیده باشند و درک حقیقی آنها به داشتن اطلاعات کافی درباره صنعت دامپروری نیاز دارد.

طی فرآیند تعیین بهترین حیوان ممکن است این سوال پیش آید که بهترین حیوان برای چه کسی؟ پاسخ به این سؤال به ساختار صنعت دامپروری و جایگاه پرورش دهنده در آن ساختار بستگی دارد. در اکثر موارد ساختار صنعت دامپروری را می توان به صورت هرمی تصور کرد که پرورش دهنده حیوانات ممتاز در رأس هرم

می باشند و تعداد نسبتاً کمی از دام‌های خود را به تکثیر کنندگان گله‌های مولد می‌فروشند و این تکثیر کنندگان نیز دام‌ها را به مصرف کنندگان نهایی^{۱۷} می‌فروشند.

در این هرم جریان ژرم پلاسم یا ماده ژنتیکی^{۱۸} به شکل حیوان زنده، اسپرم یا جنین از بالا به پایین است به طوری که پرورش دهندگان ممتاز، دام‌های اصلاحی ممتاز تولید می‌کنند، پرورش دهندگان در سطح تکثیرکننده، دام‌های حاصل از پرورش دهندگان ممتاز را تکثیر می‌کنند و مصرف کنندگان نهایی نیز از پیشرفت ژنتیکی ایجاد شده در سطوح بالاتر هرم بهره می‌برند. به طور ایده‌آل، پرورش دهندگان هر سطح تلاش می‌کنند تا دام‌هایی تولید کنند که مشتریان آنها در سطح پایین‌تر برای این دام‌ها بیشترین تقاضا را داشته باشند و نتیجه نهایی اینکه بهترین حیوان، حیوانی است که بیشترین سود یا فایده را به مصرف کننده نهایی می‌رساند. بنابراین مصرف کننده گان نهایی چنین تعریف می‌شوند، افرادی که نیازهای ویژه آنها در تعیین اهداف اصلاحی گله‌های اصلاحی نقش تعیین کننده دارد. اما این افراد چه کسانی هستند؟ برای تعیین اهداف اصلاحی مناسب باید این افراد و صنعت پرورش دام‌های اهلی را بشناسیم.



ساختار کلی هرم اصلاح نژادی

¹⁷ End user

¹⁸ Germ plasm