

BÖLÜM ÜÇ

MENDEL GENETİĞİ

III.1- Giriş

Önceki bölümde vurgulandığı gibi, genetik çalışmalarının merkezinde gen bulunur. Genetikçiler, genlerin generasyondan generasyona geçişi, yapısı, varyasyonları ve genlerin fenotipi belirlemedeki rolleri ile ilgilenmektedirler. Mendel genetiği yerine bazen Mendelizm deyimini de kullanılmaktadır. Mendelizm deyimiyile, bugün esas itibariyle, diploid organizmalarda kalitatif özellikleri kontrol eden genlerin ebeveynden döle geçişini ve döllerde bu özellikler bakımından görülen fenotip oranlarının genetik mekanizmalarını anlamaya yönelik çalışmalar kastedilmektedir.

Gen bir kelime olarak değil ama bir kavram olarak ortaya ilk defa Mendel tarafından 1865 yılında atılmıştır. Böylece gen, zihni bir kavram olarak doğmuş olmaktadır. Bu hipotetik varlığın fiziki yapısı, yani maddi bir varlık olarak gerçekliği, daha sonraları gösterilmiştir. Mendel'in kalıtım faktörleri dediği bu hipotetik varlığa gen ismi de, Mendel'den daha sonra, gerçi fiziki gerçekliğinin gösterilmesinden kırk yıl kadar önce, XX. yüzyılın hemen başlarında Johannsen tarafından verilmiştir.

Mendel bezelye varyeteleri ile yaptığı ilk denemelerde ele aldığı karakterlerden her birinin iki farklı haline sahip iki varyeteyi melezlemiş, böylece bu hallerin her birisinden sorumlu olan kalıtım faktörlerinin (genlerin) ebeveynden döle geçiş kurallarını belirlemiştir. Genetik ilminin, Mendel'in bu çalışmaları ile doğduğu kabul edilir. Bunun sebebi, Mendel'in çalışmasıyla, o güne kadar kabul edilen kalıtım anlayışının yanlış olduğunun ortaya çıkmış ve yerine yenisinin teklif edilmiş olmasıdır. O zamana kadar kabul edilen görüşe göre, yavruyu meydana getirmek üzere iki gamet birleştiği zaman, kalıtım materyali akışkan bir madde olarak birbirine karışıyor ve böylece yavru iki ebeveyne de benziyor; bu karışım daha sonraki nesillere geçerken de artık bir daha ayırmıyordu. Mendel sayesinde, Karışım Kalıtımı (Blending Inheritance) denilen bu anlayışın yanlışlığı ortaya konuldu ve ebeveynden yavruya geçen kalıtım faktörlerinin (genlerin) birbirine karışmayıp müstakil nesnelere olarak sonraki nesillere intikal ettiği anlaşıldı. Mendel'in bu başarısı, hiç şüphesiz fenotipi bir bütün olarak ele alan önceki çalışmaların aksine, önceki bölümde belirtildiği üzere, özellikleri önce teker teker, sonra ikişer ikişer, üçer üçer, ..., ele almayı düşünmesindedir.

Mendel'in çalışmalarıyla, genetik çalışmaların temel hedeflerinden birisi olan herhangi bir özellik bakımından fenotipi belirleyen genin varlığını tespit etmede bir yöntem de genetik ilminin doğuşuyla beraber doğmuş oluyordu. Gen bulmada halen de kullanılan bir yöntem olan döllerin fenotip oranlarına bakarak ebeveynden döle geçen farklı allellerin belirlenmesini ilk defa Mendel kullanmıştır. Yani Mendel bir gen bulan ilk insandır (Griffith ve ark, 2008). "Gen bulma" deyimini iyi anlamak gerekir. Bulunan gen, önceden olmayan bir gen değil, ama bir genin mutasyonla birbirinden farklılaşmış olan farklı allellerini bulmaktır. Esasen bu bölümde Mendel'in çalışmalarını ele almakla, bu gen bulma yöntemlerinden halen en çok kullanılanını da ele almış olacağız.

Mendelizm deyimini 1900 yılında üç bilim adamının (Amsterdam Üniversitesinden Hugo de Vries, Tübingen Üniversitesinden Carl Erich Correns, Viyana Toprak İlimleri Yüksek Okulundan Erich von Tschermak) art arda ve birbirlerinden habersiz olarak Mendel kurallarını yeniden ortaya koyan

yayınlarından sonra kullanılmaya başlamıştır. Deyimi ilk kullanan bilim adamı, İngiliz genetikçi Bateson'dur. Bateson Mendelizm deyimini, kalıtım faktörlerinin ebeveynden döle geçiş kurallarının universal olduğunu ve birden fazla gen tarafından kontrol edilen kantitatif özellikler de dâhil olmak üzere bütün özellikler bakımından varyasyonun bu kurallarla açıklanabileceğini, bu kurallarla açıklanamayan varyasyonların kalıtsal sayılamayacağını ifade etmek üzere kullanmıştır. Oysa bugün Mendelizm deyimini, erkekli dişili çoğalan diploid canlılarda (Mendelian Populasyonlarda) yapılan ve kalitatif karakterlerin kalıtımı ile ilgili çalışmaları kapsamaktadır.

Mendel kuralları ile açıklanamayan varyasyonlar da, Bateson'un iddia ettiğinin aksine kalıtsaldır. Ancak bunları kontrol eden genlerin sayısı o kadar çok ve çevrenin etkisi o kadar açıktır ki, böyle kantitatif özellikler bakımından varyasyonlar Mendel Kuralları ile açıklanamaz. Bununla birlikte ileriki bölümlerde etraflıca açıklanacağı gibi, bu özellikleri kontrol eden genlerin ebeveynden döle geçişi ve gametlere ayrılışı Mendel kurallarına uygun bir şekilde olmakta, fakat fenotip oranlarını bu genlere göre tasnif etmek mümkün olamamaktadır.

Buna karşılık kalitatif karakterlerin çoğunda fenotipik varyasyon sadece genotipin etkisiyle ortaya çıkar. Mendelizmin konusu işte bu varyasyondur. Yine ileriki bölümlerde ele alınacağı gibi, bazı kalitatif özelliklerin tek tek veya birlikte fenotipik varyasyonları, Mendel'in kuralları ile açıklanamaz. Bunlar için aslında, Mendel kurallarının biraz daha işlenmesi ile elde edilen başka kurallar vardır. Oysa kantitatif karakterlerin varyasyonu, böyle Mendel kurallarından uyarlanmış kurallarla da açıklanamaz, değişik metotlar gereklidir. Bugün artık Mendelizm deyimini, Mendel kuralları ile açıklansın açıklanmasın, sadece genotipin etkisiyle ortaya çıkan bütün fenotipik varyasyonları çalışma anlamında kullanılmaktadır.

III.2.- Kavramlar ve Semboller

Mendel'in denemelerini ve ortaya koyduğu kuralları bugünün terimleri ile açıklayabilmek için önce, bu terimleri ve genetikte kullanılan sembolleri açıklamaya gerek duyulmuştur.

Mendel; pazardan aldığı bezelye tohumları ile denemesini kurmuştur. Bu tohumlar farklı bezelye varyetelerine (çeşitlerine) aittir. **Varyete**, belirli morfolojik özellikler bakımından birbirine benzeyen, dölleri de kendileri gibi olan bitki topluluğu demektir. Hayvanlarda bunun karşılığı **ırktır**. **Irk, çeşit, varyete, hat, safhat, klon, stok** gibi terimler ile belirtilen canlı toplulukları, taksonomik olarak veya yetiştiricilik bakımından az çok farklı olabilirler; ancak genetik bilimi bakımından bunların hepsi, varyete için yapılan tanıma uygun topluluklardır. Bu topluluklarda bireyler ve dölleri daima aynı fenotiptedir. Bir canlı topluluğunun üyelerinin generasyonlar boyunca daima aynı fenotipte olması, genetik dilinde **açılma (segregasyon) olmaması**, demektir. Aynı ebeveynden gelen döllerin (kardeşlerin) muhtelif fenotiplerde olması ise, anlaşılacağı gibi, **açılma olması** demektir. Açılma olmaması, her iki ebeveynin veya daha geniş anlamda ertesi generasyona döl vererek katkıda bulunan bütün bireylerin, aynı genotipte olmaları ve döllerine aynı genleri vermeleri ile açıklanır. Bireylerin ertesi generasyona katkıları, yavruyu meydana getirmek üzere birleşen eşey hücreleriyle olur. Eşey hücrelerine genetikte gamet denilir.

Bir bireyin bütün gametlerine aynı genleri vermesi **homozigotluk** olarak isimlendirilir. Bir topluluğun açılma göstermemesi için, buna göre, bütün bireyelerinin aynı genotipte homozigot olması

gerekmektedir. Homozigotluğu iyi tanımlayabilmek için, genetik materyalin hücre çekirdeğindeki organizasyonunu göz önünde bulundurmak gerekir. Genler, kromozomlar halinde paketlenmiş olan DNA molekülünün segmentleridir. Bu bir gen büyüklüğündeki DNA segmentlerinin kromozomda bulunduğu yerlere **lokus** adı verilir. Diploid canlılarda, her kromozomdan biri anneden, diğeri babadan gelmiş olmak üzere iki tane, dolayısı ile her lokustan iki tane vardır. Böyle bir canlı, bu iki lokusta bulunan DNA segmenti, yani gen aynı ise **homozigot**, farklı ise **heterozigot** adını alır. Aynı lokusta birbirine alternatif olarak yer alabilen genlere birbirinin **allel**'i denilir. Allel genler aynı özelliğin farklı hallerini determine ederler. Bu hallere, yani bir özelliğin farklı fenotiplerine de allel (daha eski ifadesiyle allelomorf) denilir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan, bir varyeteyi oluşturan bitkilerin homozigot genotipte oldukları anlaşılmalıdır.

Bir yavru, ebeveyninin eşey hücrelerinin birleşmesiyle meydana gelir. Genetikte bu eşey hücrelerine **gamet** denildiği gibi bunların birleşmesi ile oluşan hücreye de **zigot** adı verilir. Zigot deyince, döllenmiş yumurta anlaşılırsa da, genetikte kelime aslında, iki eşey hücresinin birleşmesiyle ortaya çıkan diploid dönemi anlatır. Gamet kelimesi de, diploid canlının mayoz bölünme ile oluşan kromozom sayısı yarıya indirgenmiş eşey hücresini, yani haploid dönemi ifade etmektedir. O halde, **homozigot, belirli bir lokusta aynı geni taşıyan iki gametin birleşmesiyle ortaya çıkan zigot, heterozigot, böyle bir lokusta farklı genleri (allelere) taşıyan gametlerin birleşmesiyle oluşan zigot demektir**. Heterozigot bir bireyin vereceği gametlerin belirli bir ihtimalle, farklı allelleri taşıyacağını da böylece söylemiş oluyoruz. Homozigot bir birey de aynı allelleri taşıyan iki gametin birleşmesinden meydana gelmiş olduğu gibi, kendisinin meydana getireceği gametlerde de aynı alleller olur.

Bir genin birçok alleli bulunabilir. Bunların, yabani formdaki bir genin çeşitli şekillerde mutasyona uğramasıyla ortaya çıktığı kabul edilir. **Mutasyon** ilgili bölümde ayrıntılı olarak ele alınacaktır, ancak burada, **bir genin yapısının, farklı bir fenotip oluşmasını sağlayacak şekilde ve kalıcı olarak değişmesi** şeklinde tanımlamakla yetinilecektir. Bir genin yapısında fenotipik farklılık meydana getirmeyen kalıcı değişiklikler de olabilir, bunlara **sessiz veya sinonim mutasyon** denilmektedir (Griffith ve ark. 2008).

Heterozigot bir bireyin fenotipi, sahip olduğu iki allel genden birinin sağladığı fenotip ise, fenotipi görünen bu gene **dominant**, diğesine **resesif** denilir. Fenotipler de aynı şekilde isimlendirilir. Şayet heterozigotlar iki homozigotun ortasında üçüncü bir fenotip oluşturmuşsa bu duruma **entermediyerlik** denilmektedir. Bazen heterozigot birey iki homozigotun arasında fakat birine daha yakın bir fenotipte olur ki, buna da **eksik dominantlık** denilir. Heterozigotlarda bazen her iki genin etkisinin görünmesi de söz konusu olmaktadır ki, bu durum, orta fenotipten ayırt etmek üzere, **kodominantlık** olarak isimlendirilmektedir.

Genetikte genleri ve genotipleri göstermek için genellikle harfler kullanılmaktadır. Allel genler aynı harfle gösterilir. Ancak birini diğersinden ayırt etmek için, bazen biri küçük diğeri büyük harfle, bazen de harfin üzerine farklı işaretler konularak gösterilir: A ve a; R ve R'; I^A ve I^B gibi. Eğer büyük küçük harfler kullanılıyorsa genellikle dominant gen büyük, resesif küçük harfle belirtilir. Belirli bir genin varlığını ilk bulan araştırmacının kullandığı harf, o gen için sembol olur. Genellikle mutasyonla meydana gelmiş yeni hal için araştırmacı dilinde kullanılan kelimenin baş harfi veya bu kelimedeki iki, bazen üç harf tercih edilir. Mesela *Drosophila* genetiğinde, kanatta dikey damarların olmadığı (crossveinless) mutant hal için cv,

bunun normal alleli için $+^{cv}$ sembolü kullanılır. Fenotipler de birçok hallerde, genlerle aynı şekilde gösterilir. Meselâ, dikey damarsızlık fenotipi de, bu fenotipi determine eden gen de cv olarak belirtilir.

Diploid bir canlıda her lokustan iki tane olduğuna göre, tek bir lokus bakımından homozigot bir bireyin genotipi A/A (veya AA), $I^B I^B$, $+^{cv}/+^{cv}$, ... , olarak gösterilir. Tek lokusta heterozigot bir bireyin genotipi de A/a (veya Aa), $I^A I^B$, $+^{cv}/cv$, ... , şeklinde belirtilir. İki lokus bakımından da $AAbb$, $AaBB$, $A/a B/b$, $+^w/w +^{cv}/+^{cv}$, ... , gibi gösterimler geçerlidir.

III.3- Mendel Kuralları

III.3.1- Segregasyon (Açılma) Kuralı:

Mendel'in deneme materyali olan bezelye bitkisi, diploid, kendine döllen bir bitkidir. Bununla birlikte, sun'i melezleme denilen tekniklerle, bir bitkinin kendine döllenmesini engelleyip, başka bir bitkinin çiçek tozlarıyla döllenmesi sağlanabilir.

Mendel, bezelye varyeteleri ile yaptığı ilk denemelerde, ele aldığı yedi ayırıcı karakterden her birinin iki farklı haline sahip iki varyeteyi tespitle işe başlamıştır. Mesela ayırıcı karakter tohum şekli ise, bunun için seçilen iki varyeteden birinde tohumlar yuvarlak (ayırıcı karakterin birinci hali), diğerinde ise kırıktır (ayırıcı karakterin ikinci hali). Mendel seçtiği varyeteleri iki yıl kendilemeye terk etmiş; böylece tohumlarını ekeceği bitkilerin, üzerinde durduğu ayırıcı karakterlerin daima aynı halini gösteren döller verdiğinden (yani homozigot olduklarından, açılma göstermediklerinden) emin olmuştur. Üçüncü yıl bir varyeteye ait tohumlardan çıkan bitkileri kastre etmiş (kendine döllenmeye mani olmak üzere anterlerini kesmiş) ve ayırıcı karakterin öbür halini gösteren varyeteye ait bitkilerin çiçek tozları ile melezlemiştir. Mendel'in incelediği yedi ayırıcı karakterden ikisi (tohum şekli ve tohum rengi) tohuma ait olduklarından aynı yıl, diğer beşi (tohum kabuğu rengi, fasulye şekli, fasulye rengi, çiçek pozisyonu, bitki boyu) ise melez tohumların ekilmesiyle çıkan bitkilerde ertesi yıl müşahade edilmiştir. Mendel her melezlemeyi karşılıklı (resiprokal) olarak yapmıştır.

Yuvarlak tohumlu varyeteden bitkilerin çiçek tozları ile melezlenen kırıktır tohumlu varyeteden bitkilerin bağladığı tohumların tamamı yuvarlak olmuş, tersi melezlemeden de aynı sonuç alınmıştır. Melez tohumlar ekilip çıkan bitkiler kendilemeye terk edilince, hemen her bitki üzerinde yuvarlak tohumlar yanında kırıktır da görülmüştür. Mendel bunları ayırmış ve saymış, 7324 tohumdan 5474'ü yuvarlak, 1850'si kırıktır olarak belirlenmiştir. Yuvarlakların oranı $5474/7324 = 0.7474$, kırıktırın oranı ise $1850/7324 = 0.2526$ 'dır. Mendel bu oranların 0.75 ($3/4$) ve 0.25 ($1/4$)'ten farkının tesadüfi olduğunu ifade etmiş, yuvarlakların kırıktır oranı olan $2.96:1$ 'i de $3:1$ kabul etmiştir. İkinci generasyondaki bu sonuçların, diğer altı karakter için de genellenebileceği Tablo: III.1'in incelenmesinden görülebilir.

Mendel ertesi yıl ikinci generasyon tohumlarını da ekmiş, çıkan bitkileri yine kendilemeye terk etmiştir. Kırıktır tohumlardan çıkan bitkilerin hepsi kırıktır tohum bağlamıştır. $3/4$ oranındaki yuvarlak tohumlardan çıkan bitkilere gelince bunların $1/3$ 'ü yine tamamen yuvarlak; $2/3$ 'ü ise $3:1$ oranında yuvarlak ve kırıktır tohum bağlamıştır.

Böyle denemelerde iki varyetenin melez tohumlarına ve bunlardan çıkan bitkilere, birinci generasyon anlamında F_1 , bu bitkilerin bağladığı tohumlara ve bunlardan çıkan bitkilere de ikinci generasyon anlamında F_2 denilir.⁽¹⁾

Mendel F_2 generasyonundaki 3:1 açılma oranına bakarak, F_1 generasyonunda görünmeyen halin F_2 'de tekrar ortaya çıktığını görmüş ve F_1 'e iki varyeteden gelen kalıtım faktörlerinin (allel genlerin) birbirine karışmadıklarını, ertesi generasyonu yapacak gametler teşekkül ederken bu genlerin birbirinden ayrılarak farklı gametlere gittiklerini müşahede etmiş ve bütün bunları **segregasyon (açılma) kuralı** olarak aşağıdaki gibi ifade etmiştir:

Mendel'in Birinci Kuralı (veya Eşit Açılma Kuralı): Mayoz bölünme esnasında bir gen çiftinin üyeleri gametlere eşit olarak açılma gösterir.

Mendel'in deney sonuçlarına dayanarak yaptığı bu değerlendirme, bugünün bilgileriyle nazari olarak şöylece açıklanabilir:

Yuvarlak varyeteden bitkilerle kırışık bitkiler melezlenince bağlanan tohumlar hep yuvarlak olmuştur. Demek ki, yuvarlak oluş geni (A) kırışık oluş genine (a) dominanttır. Buna göre kırışık varyetenin genotipi aa, yuvarlak varyeteninki AA olarak gösterilirse bunların melezlerinin (F_1 'lerin) genotipini Aa ile göstermek gerekir. Bunların ekilmesinden çıkan bitkiler kendilenince bağlanan tohumlar arasında 3:1 oranında yuvarlak ve kırışık tohumlar vardı. Bu F_2 tohumlarını eken Mendel, kırışık tohumlardan çıkan bitkilerin hepsinin tamamen kırışık tohum bağladığını görmüştür. Demek ki bu bitkilerin verdiği bütün çiçek tozlarında ve yumurta hücrelerinde kırışıklık (a) geni vardır. Yuvarlak F_2 tohumlarından çıkan bitkilerin 1/3'ü tamamen yuvarlak tohum bağladığına göre bu bitkilerin de bütün gametlerinde yuvarlaklık (A) geni vardır. Geri kalan 2/3 oranındaki yuvarlak F_2 tohumlarından çıkan bitkilerin bağladığı tohumların 1/4'ü kırışık, 3/4'ü yuvarlak tohum bağladığına göre bu F_2 tohumları hem A hem de a geni taşıyorlardı.

F_1 'lerin ekilmesiyle çıkan bitki çiçek açtığı zaman mayoz bölünmeyle oluşan çiçek tozlarında tamamen tesadüfen ya A veya a geni olacaktır. Yumurta hücrelerinde de aynı durum söz konusudur. O halde tozlanan bir yumurta hücresinde A geni olma ihtimali 1/2, bunu tozlayan erkek gametin de A taşıma ihtimali 1/2'dir. Bu durumda bağlanan tohumun AA genotipli olma ihtimali $1/2 * 1/2 = 1/4$ 'tür ve bunlar yuvarlaklardır. Aa genotipli bir tohum ise, A genini taşıyan bir yumurtanın a geni taşıyan bir çiçek tozu ile tozlanması ile meydana gelebileceği gibi, a genli bir yumurtanın A genli bir polen ile tozlanması ile de meydana gelebilir ki bunun ihtimali $1/2 * 1/2 + 1/2 * 1/2 = 2/4$ 'tür. Dolayısı ile yuvarlak fenotipli F_2 tohumlarının beklenen oranı, AA genotipliler ile Aa genotiplilerin beklenen oranlarının toplamına eşit olup bu da $1/4 + 2/4 = 3/4$ yapar. a genli bir polenin a genli bir gameti tozlama ihtimali de $1/2 * 1/2$ dir ki bu durumda bağlanan tohum kırışık (aa genotipli) olacaktır.

Görülüyor ki yuvarlak ve kırışık fenotipli F_2 tohumlarının beklenen oranları, Mendel'in açıkladığı gibi 3:1'dir.

Mendel bilerek ya da tesadüfen allellerin birinin diğerine dominant olduğu karakterler üzerinde çalışmıştır. Fakat Mendel kurallarının ortaya çıkmasında rol oynayan Von Tschermak'tan itibaren bunun

¹F harfi Latince Filial kelimesinin baş harfidir. Filial döl demektir.

her karakter için söz konusu olmadığı, bazı karakterlerde entermediyerlik veya eksik dominantlık olduğu görülmüştür. Böyle durumlarda homozigot, mesela, B/B genotipli bireylerle, heterozigot B/b genotipli bireylerin fenotipleri ayırt edilebilmekte, Mendel'ininki gibi denemelerde F₂'de üç fenotip, genotiplerle aynı oranlarda (1:2:1) müşahade edilmektedir.

Tablo: III.1- Mendel'in 7 Ayırıcı Karakter İçin Bulduğu Sonuçlar (Düzgüneş ve Ekingen 1983'ten alınmıştır):			
Ebeveyn Varyeteler	F ₁	F ₂ 'deki sayılar	F ₂ 'deki oranlar
1. Yuvarlak * Kırışık Tohum Şekli	Yuvarlak	5474 yuvarlak:1850 Kırışık	2.96:1
2. Sarı * Yeşil Tohum Rengi	Sarı	6022 Sarı:2001 yeşil	3.01:1
3. Mor * Beyaz Tohum Kabuğu Rengi	Mor	705 Mor:224 beyaz	3.15:1
4. Düzgün * Boğumlu Meyve Şekli	Düzgün	882 Düzgün:299 boğumlu	2.95:1
5. Yeşil * Sarı Meyve Rengi	Yeşil	428 yeşil:152 sarı	2.82:1
6. Axial * Terminal Çiçek Pozisyonu	Axial	651 axial:207 terminal	3.14:1
7. Sırk * Bodur Bitki Boyu	Sırk	787 Sırk:277 Bodur	2.84:1

III. 3. 2- Bağımsızlık Kuralı:

Mendel, daha önce de belirtildiği üzere, ayırıcı karakterleri tek tek çalıştığı gibi, ikişer ikişer, üçer üçer de çalışmıştı. Heterozigot bir bitkinin gametlerinin bir yarısı, gen çiftinin birini, diğer yarısı da öbürünü taşıdığına göre, iki gen çifti bakımından durum ne olacaktı? Mesela tohum şekli ile tohum rengini birlikte ele aldığında durum ne olacaktı?

Mendel, sarı ve yuvarlak tohumlu bir varyete ile yeşil ve kırışık tohumlu bir varyeteyi melezledi. F₁ tohumlarının hepsi, beklendiği gibi sarı ve yuvarlak oldu. F₂'de ise tohumlar dört ayrı fenotipte oldular. Bu fenotiplerden ikisi (sarı ve yuvarlak ile yeşil ve kırışık), ebeveyn varyetelerdeki fenotip, diğer ikisi ise (sarı ve kırışık ile yeşil ve yuvarlak), ebeveyn varyetelerde olmayan yeni kombinasyonlardı. Bu dört fenotipin F₂'deki oranları iki ayırıcı karakter bakımından açılma oranlarının birbirinden bağımsız olduğunu gösteriyordu:

Ebeveyn varyeteler: Sarı - Yuvarlak * Yeşil Kırışık

F₁ : Sarı - Yuvarlak

F₂ : Sarı - Yuvarlak 9/16
Sarı - Kırışık 3/16
Yeşil-Yuvarlak 3/16
Yeşil - Kırışık 1/16

Hatırlanacağı gibi F_2 'deki açılma oranları renk bakımından, 3/4 sarı, 1/4 yeşil, şekil bakımından 3/4 yuvarlak, 1/4 kırışık idi. İhtimal kurallarından bağımsızlık kuralına göre, bağımsız iki olayın birlikte olma ihtimali, ihtimallerin çarpımına eşittir ki, Mendel'in 9:3:3:1 oranı da iki karakterin bağımsız açıldığını gösteriyordu:

$$3/4 \text{ Sarı} * 3/4 \text{ Yuvarlak} = 9/16 \text{ Sarı-Yuvarlak}$$

$$3/4 \text{ Sarı} * 1/4 \text{ Kırışık} = 3/16 \text{ Sarı-Kırışık}$$

$$1/4 \text{ Yeşil} * 3/4 \text{ Yuvarlak} = 3/16 \text{ Yeşil-Yuvarlak}$$

$$1/4 \text{ Yeşil} * 1/4 \text{ Kırışık} = 1/16 \text{ Yeşil-Kırışık}$$

F_1 bitkisinin verdiği gametlerin yarısı yuvarlak, diğer yarısı ise kırışık oluş genini taşır. Renk bakımından da gametlerin yarısı sarı, yarısı yeşil olur. İki karakter bakımından gen çiftlerinin gametlere ayrılması birbirinden bağımsız olmalıdır ki, F_2 'de 9:3:3:1 oranı olsun. Yani 9:3:3:1 oranının olması için Sarı Yuvarlak diheterozigot (AaBb) bir bireyin, mesela sarı oluş geninin (A) gittiği gametine yuvarlak oluş geni (B) de, kırışık oluş geni (b) de tamamen şansa bağlı olarak gidebilmelidir. Bu durumda diheterozigot bir bitki eşit oranlarda dört çeşit gamet verebilir:

$$1/2 A * 1/2 B = 1/4 AB$$

$$1/2 A * 1/2 b = 1/4 Ab$$

$$1/2 a * 1/2 B = 1/4 aB$$

$$1/2 a * 1/2 b = 1/4 ab$$

Bir dişi gamet ve onu dölleyecek olan erkek gamet, bu dört gen kombinasyonundan tesadüfen birisine sahip olabilir. Böylece F_2 'de oluşacak 16 mümkün kombinasyon Tablo: III.2'de Punnett Karesi denilen şekilde verilmiştir. Bu 16 kombinasyonun genotipler ve fenotipler bakımından tasnifi ve oranları da tabloda Punnett Karesinin altında ayrı satırlar halinde verilmiştir.

Tablo: III.2- Punnett Karesi				
Erkek Gamet	Dişi Gamet			
	1/4 AB	1/4 Ab	1/4 aB	1/4 ab
1/4 AB	1/16 AABB	1/16 AABb	1/16 AaBB	1/16 AaBb
1/4 Ab	1/16 AABb	1/16 AAbb	1/16 AaBb	1/16 Aabb
1/4 aB	1/16 AaBB	1/16 AaBb	1/16 aaBB	1/16 aaBb
1/4 ab	1/16 AaBb	1/16 Aabb	1/16 aaBb	1/16 aabb
Genotipler	1/16 AABB 2/16 AABb 2/16 AaBB 4/16 AaBb	1/16 AAbb 2/16 Aabb	1/16 aaBB 2/16 aaBb	1/16 aabb
Fenotipler	9/16 A-B-	3/16 A-bb	3/16 aaB-	1/16 aabb

Mendel'in yaptığı çalışmaları ve bulduğu sonuçları ihtimal kuralları ile anlamış ve açıklamış olması bakımından burada temel ihtimal kurallarının hatırlatılması faydalı görülmüştür:

1. İhtimal Kavramının Tanımı: Bir A olayının ihtimali, A sonucunun çıkması mümkün olan denemelerin (gözlemlerin) toplam sayısında (bu sayı sonsuz olduğunda) A'nın frekansının (sayısının, yani kaç kere olduğunun) nispi miktarıdır:

$$A'nın\ ihtimali = (A'ların\ sayısı)/(A'yı\ müşahede\ etmek\ için\ yapılan\ denemelerin\ sayısı)$$

Mesela bir zar atıldığında 4(dört) gelme ihtimali, 1/6'dır. Çünkü zarı birçok kereler (mesela 600 defa) atsak, her yüzün ortalama olarak eşit sayıda (100'er defa) gelmesi beklenir. Bu beklenen, deneme sayısı sonsuz olduğunda gerçekleşir. O halde, A'nın ihtimalini P(A) ile gösterirsek, daha net olarak:

$$P(A) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{n(A)}{N} \right)$$

Burada n(A), A ile sonuçlanan denemelerin sayısını, N toplam deneme sayısını göstermektedir. İhtimaller teorisinde bu ihtimal tanımı, "von Mises'in frekans tanımı" olarak bilinir (Kavuncu 1995).

2. Bağımsız Olayların İhtimali (Çarpım Kuralı): İki bağımsız olayın birlikte olma ihtimali, ihtimallerin çarpımına eşittir.

3. Toplama Kuralı: Ayrık iki olayın birinin veya öbürünün olma ihtimali, ihtimallerinin toplamına eşittir. Dikkat edilirse, Mendel'in misalinde (Tablo:III.2), Sarı-Yuvarlak fenotipini veren F₂ genotiplerinin oranları toplanarak 9/16 bulundu:

$$1/16+2/16+2/16+4/16=9/16$$

Çünkü F₂ tohumunun bu genotiplerin birinde veya öbüründe olması halinde fenotipi sarı-yuvarlak olacaktır ve bu dört genotip ayrı (bir arada görünmeyen) olaylardır; sarı-yuvarlak bir tohum bu dört genotipten ancak ve sadece birine sahip olabilir.

Mendel'in iki ayırıcı karakter bakımından bulunduğu bu sonuçları, şu ifade ile kurallaştırmak mümkündür:

Mendel'in İkinci Kuralı (Bağımsız Açılma Kuralı): Gamet oluşumu sırasında bir gen çifti bakımından açılma, diğer gen çiftleri bakımından açılmalardan bağımsızdır.

Genler, kromozomlar halinde paketlenmiş uzun DNA molekülünün parçalarıdır. Eğer iki ayırıcı karakteri determine eden genler aynı kromozom üzerinde ise (ki buna genetik dilinde bağlantı denir), o zaman bunlar gametlere bağımsız olarak gidemez. Bağlantı konusu daha sonra ele alınacaktır. Enteresandır ki, Mendel 7 ayırıcı karakter çalışmış, bunların 7'si de bir diğerinden bağımsız açılma göstermiştir. Öte yandan, sitogenetik çalışmalara göre bezelyede 7 kromozom olduğu, bağlantı (genetik) haritası çalışmalarına göre de, bezelyede birçok ayırıcı karakteri determine eden genlerin 7 bağlantı grubu oluşturduğu bilinmektedir. Önceleri Mendel'in çalıştığı bu yedi ayırıcı karakteri determine eden genlerin her birinin bir kromozomda (bir bağlantı grubunda) yer aldığı düşünülüyordu. Yakın zamanda yapılan çalışmalarda bu genlerin üçünün bir kromozom, ikisinin bir kromozom üzerinde olduğu, ancak bağımsız açılma gösterecek kadar uzak lokuslarda buldukları, diğer ikisinin de ayrı ayrı kromozomlarda bulunduğu, anlaşılmıştır. Bazıları bunu tesadüfe bağlamak yerine, Mendel'in başka karakterleri de çalıştığı, ancak sadece bağımsızlık kuralına uyanları neşrettiği şeklinde yorumlamaktadır.

Mendel F_2 'de bulduğu bağımsız açılma sonuçlarını, kontrol melezlemesi denilen denemelerle de test etti. Genotipi anlaşılacak istenen bireylerin resesif fenotipli bireylerle melezlenmesine **kontrol melezlemesi** denilir. Kontrol melezlemesi bu kitabın ileride birçok bahsinde geçecek bir yöntem olduğu için şimdiden kavranmasında fayda vardır. Mendel AaBb genotipli dihibrid (diheterozigot) F_1 'leri, resesif fenotiplilerle (aabb genotipli bireylerle) melezledi. Genetik dilinde, F_1 'lerin buradaki gibi, bir ebeveynle melezlenmesine geri melezleme de denilmektedir.²

Mendel bu melezleme ile F_1 'lerin eşit frekanslarda dört çeşit gamet ($1/4 AB$, $1/4 Ab$, $1/4 aB$, $1/4 ab$) oluşturduğu hipotezini test etmiş olacaktı. Çünkü resesif ebeveyn, tek tip (ab) gamet verecek, böylece döllerin fenotipi, sadece diheterozigot bireyin verdiği gametin genotipine göre oluşacaktı. Buna göre Mendel, kontrol melezlemesinden eşit frekanslarda AaBb, Aabb, aaBb ve aabb genotipli (veya eş anlamlı olarak AB, Ab, aB ve ab fenotipli) bitkiler bekliyordu ki, bu beklentisini teyit eden sonuçlar elde etti.

Mendel kuralları, 1900'de birbirinden müstakil üç ayrı çalışmada atf yapıldıktan sonra³, birçok araştırmacı tarafından birçok ökaryotik organizmada test edildi ve mesela bağlantı gibi bazı ekleme ve düzeltmeler (ki bunlara ileride temas edilecektir) olmakla birlikte, üniversal olarak uygulanabilir oldukları ortaya çıktı. Yani, Mendel'in kuralları sadece bezelye için değil, bütün ökaryotik organizmalar için geçerlidir. Hayvanlarda ve bazı bitkilerde, bezelyedeki gibi kendine dölleme yoktur. Ancak bunlarda da, aynı genotipli bireyler melezlenerek, kendine döllemeden beklenen sonuçlar elde edilir. Mesela, iki safhattın melez F_1 'ler genetik olarak özdeşdir. F_1 öz kardeşlerinin birbiriyle melezlenmesinden elde edilecek F_2 'lerde beklenen oranlar, kendine döllemede elde edilecek F_2 'lerinki ile aynıdır.

III.3.3- Örnekler

Genetik çalışmaların başlıca uğraşı alanı, belirli fenotip veya genotiplerdeki bireylerin melezleme sonuçlarının önceden tahmini gibi veya belirli bir fenotipteki bir bireyin bilinmeyen genotipinin ebeveynlerinin ve/veya döllerinin fenotipine bakılarak tayini gibi problemlerdir. Genotipi bilinmek istenen bireye, insan genetiğinde propositus, bunun ebeveynlerini geriye doğru takip ederek problemi çözmeye de pedigri analizi denir. Bu tabirler, hayvan yetiştirmede de kullanılmaktadır.

Mendel Genetiğinde Tablo: III.2'deki gibi kare biçiminde tablolar (Punnett Karesi) açıklama için yapılır; problem çözerken gerekli uzun hesaplamalarda kullanışlı değildir. Bunun yerine, çarpma ve toplama ihtimal kurallarını uygulayan yollar daha kullanışlı, daha etkilidir. Burada bu yolların kavranmasını sağlayacak bazı örnekler verilecektir.

Örnek:1- AaBb * Aabb melezlemesinden elde edilecek döllerin hangi genotip ve fenotiplerde olabileceğini, bu fenotip ve genotiplerin beklenen nisbi frekanslarıyla birlikte yazınız.

Genetikte oran, frekans, nisbi miktar, nisbi frekans, ihtimal gibi bazı terimler eş anlamlı olarak kullanılırlar. İstatistik bilgisi olan öğrenciler, frekans deyimi ile mutlak sayının, nisbi frekans deyimi ile de

² Kontrol melezlemesi, her zaman bir geri melezleme olmayabilir. Her geri melezleme de kontrol melezlemesi olmayabilir. Meselâ diheterozigotları AABB genotipli hatla da geriye melezlemek mümkündür ki, bu bir kontrol melezlemesi olmaz.

³ Yayın sırasıyla: Hollanda'dan Hugo de Vries, Almanya'dan Carl Erich Correns ve Erich von Tschermak.

yüzde oranın ifade edildiğini bilirler. Oysa genetikte, gen frekansı, genotip frekansı gibi deyimler, genlerin ve genotiplerin nisbi frekanslarını ifade etmek için kullanılmaktadır.

A lokusunda döllerin 1/4'ü AA, 2/4'ü Aa, 1/4'ü de aa genotipinde, B lokusunda ise 1/2'si Bb, 1/2'si bb genotipinde olacaktır. Gen çiftleri birbirinden bağımsız açıldığına göre çarpma kuralını uygulayarak (mesela 1/4 AA genotipli döllerin 1/2'sinde Bb, 1/2'sinde bb olacak demektir) genotiplerin beklenen nisbi frekansları bulunur:

$$1/4 AA * 1/2 Bb = 1/8 AABb$$

$$1/4 AA * 1/2 bb = 1/8 AAbb$$

$$2/4 Aa * 1/2 Bb = 2/8 AaBb$$

$$2/4 Aa * 1/2 bb = 2/8 Aabb$$

$$1/4 aa * 1/2 Bb = 1/8 aaBb$$

$$1/4 aa * 1/2 bb = 1/8 aabb$$

Bu genotiplerden aynı fenotipi verecek olanların oranlarını toplayarak da, fenotip oranları bulunur:

$$1/8 AABb + 2/8 AaBb = 3/8 A-B-$$

$$1/8 AAbb + 2/8 Aabb = 3/8 A-bb$$

$$1/8 aaBb = 1/8 aaB-$$

$$1/8 aabb = 1/8 aabb$$

Örnek:2- AaBbDd * AaBbDd melezlemesinden A-B-dd fenotipli bir döl elde etme ihtimali nedir?

$$P\{A-\} = P\{AA \text{ veya } Aa\} = P\{AA\} + P\{Aa\} = 1/4 + 2/4 = 3/4$$

$$P\{B-\} = P\{BB \text{ veya } Bb\} = P\{BB\} + P\{Bb\} = 1/4 + 2/4 = 3/4$$

$$P\{dd\} = 1/4$$

$$P\{A-B-dd\} = P\{A-\} * P\{B-\} * P\{dd\} = (3/4) * (3/4) * (1/4) = 9/64.$$

Aynı melezlemeden AAbbDd genotipli bir döl elde etme ihtimali:

$$P\{AAbbDd\} = P\{AA\} * P\{bb\} * P\{Dd\} = (1/4) * (1/4) * (2/4) = 2/64.$$

Örnek:3- AaBbDd genotipli bir birey kontrol melezlemesine tabi tutuluyor. Hangi fenotipler hangi oranlarda elde edilsin beklenir?

Bu soru ile "AaBbDd genotipli bir bireyin vereceği gametlerin genotipleri ve oranları ne olur?" sorusu aynı kapıya çıkar. Çünkü kontrol melezlemesinde kullanılacak olan diğer ebeveyn (aabbdd) tek tip gamet (abd) verir ve bu gametteki genlerin, hepsi de resesif oldukları için, zigotun fenotipi üzerine etkisi

yoktur. Triheterozigot ebeveyn 8 çeşit gamet verecektir. Döllerin fenotipleri sadece triheterozigot ebeveynin vereceği bu gametlerdeki genler tarafından belirlenir:

$$AaBbDd * aabbdd$$

$$P(AaBbDd) = P(Aa)*P(Bb)*P(Dd) = (1/2)*(1/2)*(1/2) = 1/8$$

$$P(AaBbdd) = P(Aa)*P(Bb)*P(dd) = (1/2)*(1/2)*(1/2) = 1/8$$

$$P(AabbDd) = P(Aa)*P(bb)*P(Dd) = 1/8$$

$$P(Aabbdd) = P(Aa)*P(bb)*P(dd) = 1/8$$

$$P(aaBbDd) = P(aa)*P(Bb)*P(Dd) = 1/8$$

$$P(aaBbdd) = P(aa)*P(Bb)*P(dd) = 1/8$$

$$P(aabbDd) = P(aa)*P(bb)*P(Dd) = 1/8$$

$$P(aabbdd) = P(aa)*P(bb)*P(dd) = 1/8$$

Görüldüğü gibi, her fenotip bir genotipe karşılık gelmektedir. Bu, kontrol melezlemelerinin bir özelliğidir.

Örnek:4- Larvaları kabuksuz, pupaları sarı renkli bir ipekböceği varyetesi ile larvaları kabuklu, pupaları beyaz renkli bir diğer varyete melezleniyor. Kabuksuz (K) oluş kabuklu (k) oluşa, sarı renkli (B) oluş beyaz renkli (b) oluşa dominant olduğuna ve iki özellik bakımından bağımsız açılma kuralı geçerli olduğuna göre, F₂'de hangi fenotipler hangi oranlarda görülür?

Varyete denildiğine göre, ebeveynler homozigot demektir. F₁ böcekleri diheterozigot kabuksuz ve sarı olacaktır (KkBb). Bunların kendi aralarında çiftleştirilmelerinden elde edilecek F₂'lerde açılma oranları:

$$P(\text{kabuksuz, sarı}) = P(K-B-) = P(K-)*P(B-) = (3/4)*(3/4) = 9/16$$

$$P(\text{kabuksuz, beyaz}) = P(K-bb) = P(K-)*P(bb) = (3/4)*(1/4) = 3/16$$

$$P(\text{kabuklu, sarı}) = P(kkB-) = P(kk)*P(B-) = (1/4)*(3/4) = 3/16$$

$$P(\text{kabuklu, beyaz}) = P(kkbb) = P(kk)*P(bb) = (1/4)*(1/4) = 1/16$$

Örnek:5- Örnek:4'te bahsedilen melezlemeyi Japon ipekböceği genetikçisi Toyama yapmış ve aşağıdaki sayılarda F₂ döllerini bulmuştur (Düzgüneş ve Ekingen 1983):

Kabuksuz-sarı 6385, kabuksuz-beyaz 2147, kabuklu-sarı 2099, kabuklu-beyaz 691

Bulunan bu sayılar, Mendel'in bağımsız açılma kuralına göre beklenenlere uygun mudur?

Mendel'in bağımsız açılma kuralına göre toplam 11,322 F₂ dölünün (9/16)*11322=6369'u kabuksuz-sarı, (3/16)*11322=2123'ü kabuksuz-beyaz, 2123'ü kabuklu-sarı, (1/16)*11322=707'si kabuklu-beyaz olsun beklenir. Toyama'nın sonuçları da bu beklenenlere çok yakındır. Bulunan sonuçlarla

beklenenler arasındaki farkın tesadüfi olduğu hipotezi khi-kare (χ^2) istatistiği ile kontrol edilebilir. Nitekim burada da söz konusu khi-kare istatistiği 0.945 olarak hesaplanır ki, bunun 3 serbestlik dereceli khi-kare dağılımına ait bir değer olma ihtimali, aynı dağılıma %5 ihtimalle ait olan 7.815 değerinkinden çok daha fazladır. Yani bağımsız açılma hipotezine göre beklenen frekanslarla gerçek frekanslar arasındaki farkın tesadüfi olduğu hipotezi kabul edilir.

Örnek:6- Yukarıdaki örnekte elde edilen F_2 döllerinden larva iken kabuksuz ve pupa iken sarı renkli bir ipekböceğinin genotipini bilmek istiyorsunuz. Bunun için kabuklu-beyaz bir böcekle bunu çiftleştiriyorsunuz. Bu çiftleşmeden elde edilen yumurtalardan çıkan larva/pupalardan,

- Yarısı kabuklu-sarı, yarısı kabuksuz-sarı,
- Yarısı kabuksuz sarı, yarısı kabuksuz beyaz,
- Hepsi kabuksuz sarı
- Eşit oranlarda kabuksuz-sarı, kabuksuz-beyaz, kabuklu-sarı, kabuklu-beyaz

olduğuna göre söz konusu kabuksuz-sarı F_2 'nin genotipi nedir? Bu melezlemeye genetikte ne isim verilir?

Dominant fenotipli bir bireyin genotipini belirlemek üzere, resesif alleliyle bir melezleme yapılmış oluyor; buna kontrol melezlemesi denilir. Hatırlanacağı üzere kontrol melezlemesinde dölün fenotipi tamamen kontrol edilen ebeveynin verdiği gametle determine edilir; çünkü resesif ebeveyn, meselâ bu problemde kb şeklinde sembolize edebileceğimiz resesif alleller taşıyan tek tip gamet verir. Dolayısıyla dölün fenotipi, aynı zamanda genotipini gösterir.

a) Döllerin fenotipi yarı yarıya kKB- ve K-B- olduğuna göre, bunlara uygun genotipler kKBb ve KkBB'dir; çünkü resesif ebeveyn bütün döllere kb gameti verecektir. Buna göre de kontrol edilen ebeveyn yarı yarıya KB ve kB gameti vermiş demektir ki, genotipi KkBB olur.

b) a şıkkındaki mantıkla döllerin yarısı KkBB, yarısı Kkbb genotipindedir. Yani kontrol edilen ebeveyn yarı yarıya KB ve Kb gametleri vermiş olup genotipi KKBb olmalıdır.

c) Döllerin hepsi kabuksuz sarı olduğuna göre genotipleri KkBb demektir. Bu durumda kontrol edilen ebeveyn sadece KB gameti vermiş olmalıdır; o halde genotipi KKBB'dir.

ç)Eşit oranlardaki dört fenotipe uygun döl genotipleri KkBB, Kkbb, kKBb ve kbbb olup, bu genotipte döller için kontrol edilen ebeveyn KB, Kb, kB ve kb gametleri vermiş olmalıdır. Bunun için de genotipinin KkBB olması gerekir.

III.4- Yeni Kombinasyonlar

Birden fazla ayırıcı karakterle yapılan melezleme deneylerinde ikinci generasyonda, ebeveyn varyetelerde bulunmayan yeni fenotip kombinasyonları meydana gelmektedir. Meselâ sarı-yuvarlak bezelye varyetesi ile yeşil-kırışik varyetenin melezlenmesinden elde edilen F_2 bezelyeleri arasında sarı-kırışik ve yeşil-yuvarlak olanlar yeni kombinasyonlardır. İpekböceği örneğinde de kabuksuz-sarı hat ile

kabuklu-beyaz hattın F_2 döllerinde arasında kabuksuz-beyaz ve kabuklu-sarı olanlar yine yeni kombinasyonlardır.

Mendel'in çalışmalarında ele alınanın aksine, melezlenen varyetelerin biri ayırıcı karakterlerin hepsi bakımından dominant, diğeri de hepsi bakımından resesif olmak zorunda değildir. Meselâ sarı-kırıksık bir varyete ile yeşil-yuvarlak bir varyetenin melezlenmesi de mümkündür. Bu durumda yeni kombinasyonlar sarı-yuvarlak ve yeşil-kırıksık bezelyeler olacaktır.

Yeni kombinasyonlar bitki ve hayvan yetiştiriciliğinde önemlidir. Bir ayırıcı karakterin bir hali ile diğeri bir ayırıcı karakterin bir halinin bir arada bulunmasını, yetiştirici, estetik olarak, hastalıklara dayanıklılık, yüksek verim vs. için arzu edebilir. Böyle kombinasyonlar elde mevcut materyal arasında yoksa o zaman yeni kombinasyonlardan yararlanılır. Böyle bir safhat elde edebilmek için meselâ F_2 'deki istenen yeni kombinasyonlardan homozigot olanları seçmek gerekir. Meselâ kabuksuz-beyaz bir ipekböceği varyetesi elde etmek için kabuksuz-sarı varyete ile kabuklu-beyaz bir varyetenin F_2 döllerinden kabuksuz-beyazlar kullanılır. $3/16$ oranındaki bu kabuksuz-beyazların üçte ikisi heterozigot (Kkbb), üçte biri homozigottur (KKbb). Bunların homozigot olanları kontrol melezlemesi ile belirlenebilir. Üç veya daha fazla ayırıcı karakter için böyle rekombinant hatlar elde etmek tabiatıyla daha zordur. Çünkü F_2 'de iki ayırıcı karakter için istenen fenotipteki bireylerden homozigot olanların oranı $1/16$, üç ayırıcı karakter için $1/64$, dört ayırıcı karakter için $1/256$ şeklinde gen çifti sayısı arttıkça geometrik olarak azalacaktır. Bunları belirlemek için de resesif ebeveynle uzun generasyonlar geriye melezleme (kontrol melezlemesi) veya bazı bitkilerde kendileme yapmak gerekecektir. Çünkü üç karakter için açılma göstermeyen bir bireyin homozigot olmaması, küçük sayılmayacak bir ihtimalle, mümkündür.

Örnek: AABbDd*aabbDD melezlemesinden AAbbDD yeni kombinasyonu elde etmek istediğimizi düşünelim. Yetiştirici veya ıslahçı fenotiplere bakacaktır:

F_1 : AaBbDd

F_2 : A-B-D- A-B-dd A-bbD- A-bbdd aaB-D- aaB-dd aabbD- aabbdd

F_2 'de istenen A-bbD- fenotipli bireyler $9/64$ oranında elde edilecektir ki bunların ancak $1/64$ 'ü istenen AAbbDD genotipinde homozigottur. F_2 'de A-bbD- fenotipli bireyler kendilenebilirse, açılma göstermeyenler yeni kombinasyon olarak saklanır. Ancak burada her bireyin çok fazla sayıda döl vermesi mümkün olmadığından açılma göstermeyen bir bireyin homozigot olmaması mümkündür. Meselâ buğdayda bir bitkiden 100-150 dane almak mümkündür. Bunlardan çıkan bitkilerin tamamı A-bbD- fenotipinde olsa bile genotipin AAbbDD olmaması mümkündür. Bu bakımdan daha sonraki generasyonlarda seçilen bitkilerin döllerinde açılma gösterebilir. Açılma göstermeyenleri devamlı seçmek gerekir ki bunun bitki ve hayvan yetiştiriciliğinde adı sun'i seleksiyondur.

III.5- Çalışma Problemleri

II.1. Heterozigot genotip kavramı için aşağıdaki seçeneklerden hangisi yanlıştır?

- İki farklı varyete melezlendiğinde meydana gelen döllerin tamamı heterozigot genotipte olur.
- Farklı tiplerde gametler meydana getiren bireyler heterozigot genotiptedirler.
- Farklı allel genlere sahip olan bireyler heterozigot genotiptedirler.
- Farklı fenotiplere sahip olan bireyler daima heterozigot genotiptedirler.

e) Tek lokus bakımından heterozigot bireyler kendilenirse 3:1 fenotipik açılma oranı gösterebilirler.

II.2. Bir çiçekteki çiçek rengi tek lokusta bir çift gen tarafından belirlenmekte olup mor olmayı belirleyen gen, beyaz olmayı belirleyen gene dominanttır. Mor renkli bir çiçeğin heterozigot genotipli olduğuna hangi seçenek ile karar verirsiniz?

- a) Kendilendiğinde hep mor fenotipte döller meydana getirmesinden
b) Kontrol melezlemesi yapıldığında tüm döllerin mor fenotipte olmasından
c) Kontrol melezlemesi yapıldığında mor ve beyaz fenotiplerde döllerin elde edilmesinden
d) Kontrol melezlemesi yapıldığında tüm döllerin beyaz fenotipte olmasından
e) Kendilendiğinde hep beyaz fenotipte döller meydana getirmesinden

II.3. “A” geni alleli olan “a” genine dominant ise $Aa \times aa$ melezlenmesi sonucunda nasıl bir fenotipik açılma meydana gelir?

- a) 1:1 b) 1:2:1 c) 3:1 d) 9:3:3:1 e) 1:1:1:1

II.4. Sarı-düz fenotipli ve her iki özellik bakımından da heterozigot genotipli bir bezelye kendilendiğinde nasıl bir fenotipik açılma meydana gelsin beklenir?

- a) 1:2:1 b) 3:1 c) 1:1:1:1 d) 9:3:3:1 e) 9:3:4

II.5. Bezelyelerde düz-yeşil bir varyete ile kırışık-sarı bir varyete melezlenmiştir. Elde edilen F_1 dölleri kontrol melezlemesine tabi tutulmuştur. 160 adet F_2 dölünden ne kadarının düz-sarı fenotipte olması beklenir?(Sarı olmak yeşil olmaya, düz olmak kırışık olmaya dominanttır.)

- a) 90 b) 40 c) 30 d) 10 e) 60

II.6. Aşağıdakilerden hangisi $AABbDdeeFFGg$ genotipli bir birey tarafından meydana getirilebilecek bir gamet değildir?

- a) ABdeFG b) AbdeFg c) AbDefG d) AbdeFG e) ABDeFG

II.7. Aşağıda verilen genotiplerden hangisi/hangileri 2 tip gamet meydana getirir?

- I**-AABB **II**-AaBbCC **III**-Ab//Ab **IV**-Aa **V**-AB//AB
a) I-V b) Yalnız II c) III-IV d) Yalnız IV e) II-III

II.8. $AAbbCCddEE \times aaBBccDDee$ genotiplerine sahip canlıların melezlenmesinden elde edilecek F_1 döllerinin kendilenmesi sonucu $AaBbCCddE-$ genotipine sahip bireylerin oranının ne olması beklenir?

- a) 3/128 b) 3/256 c) 1/128 d) 9/512 e) 9/256

II.9. $AABBDDDEE \times aaBBDDDee$ şeklindeki bir melezlemeden elde edilecek F_1 döllerinin kaç tip gamet meydana getirmesi beklenir?

- a) 16 tip b) 8 tip c) 4 tip d) 2 tip e) tek tip

II.10. A alleli melanin (normal oluş) yapımında kullanılan bir enzimin sentezinden sorumludur. Bu genin alleli olan a geni ise bu enzimin sentezini engellemekte ve bu allel bakımından homozigot genotipli bireyler albino fenotipte olmaktadır. Normal fenotipe sahip bireylerin genotiplerinin ne olması beklenir? Bu bireylerin albino oluşu sağlayan gene sahip olup olmadıklarını tespit etmek için nasıl bir yol izlemek gerekir?

- a) Normal bireylerin tamamı Aa genotipindedir; geriye melezleme yapmak gerekir.
- b) Normal bireylerin tamamı Aa genotipindedir; kontrol melezlemesi yapmak gerekir.
- c) Normal bireyler aa genotipindedirler; kontrol melezlemesi yapmak gerekir.
- d) Normal bireyler AA ya da Aa genotipinde olabilirler; normal fenotipli safhatla geriye melezleme yapmak gerekir.
- e) Normal bireyler AA ya da Aa genotipinde olabilirler; kontrol melezlemesi yapmak gerekir

Kaynaklar

Düzgüneş O. Ve H.R. Ekingen, 1983, Genetik, İkinci Baskı, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayını, Ders Kitabı, Ankara.

Griffiths A.J.F, J.F. Miller, D. T. Suzuki, R.C. Lewontin, W.M. Gelbart, 2000, Introduction to Genetic Analysis, 7th edition, Freeman and Company, USA

Griffiths A.J.F, S.R. Wessler, R.C. Lewontin, S.B. Carroll, 2008, Introduction to Genetic Analysis, 9th edition, Freeman and Company, USA

Klug W.S and M.R. Cummings, 1997, Concepts of Genetics, 5th edition, Prentice Hall, USA

Russell P.J., 2006, iGenetics A Mendelian Approach, Pearson - Benjamin Cummings,, USA.

Yıldız, M.A., 2010, Basılmamış Genetik Ders Notları, Ankara.