

## MELEZLEME ve HETEROSİS

---

### Heterosisin Tahmini

Melezleme şartlarında döllerin performanslarını ölçecek bir modele ihtiyaç vardır. Bunun için öncelikle ırk içinde seleksiyon programının uygulandığı zaman döl performanslarını tahminde kullanılan modelleri inceleyerek başlanmalıdır. Böyle bir modelde, döllerin performansı, o ırkın damızlık değer ortalamasına söz konusu dölün ebeveynlerinin damızlık değer ortalamasını eklemek suretiyle tahmin edilir. Eğer ebeveynlerin damızlık değer ortalaması o ırk ortalama damızlık değerine eşit ise, o zaman ebeveynlerin TDD ortalaması sıfırdır ve bu ebeveynlerin dölleri o ırkın ortalama değerinde bir performans gösterir. Melezleme programı sıklıkla, ebeveynlerin ırk ortalamasında olduğunu varsayarak değerlendirilir:

$$\text{Saf Irk Performansı} = \text{Irkın Ağırlıklı Ortalaması} + \frac{1}{2} (\text{TDD}_{\text{baba}} + \text{TDD}_{\text{ana}}) \quad [1]$$

Melezleme durumunda döllerin performanslarını tahmin eden model daha karmaşıktır çünkü birden fazla ırkın ortalaması ve heterosis de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu an için seleksiyonun etkisini göz ardı edeceğiz fakat eşitlik 1'de gösterildiği gibi dâhil de edilebilir. Melezleme durumunda döllerin performanslarını tahmin etmek, ırkın ağırlıklı ortalaması ve heterosis etkisini bir birine eklemeyi içine alır. Irkın ağırlıklı ortalaması melezlemede kullanılan ırkların ağırlıklı ortalaması demektir.

$$\text{Melez Performansı} = \text{ırkların ağırlıklı ortalaması} + \text{Heterosis}_{(\text{bireysel,maternal ve/veya paternal})} \quad [2]$$

Melezlemede kullanılan her bir ırkın ortalamasının oransal katkısı ile hesaplanan değer ırkın ağırlıklı ortalamasını verir. İki ırkın melezlenmesi ile elde edilen  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  melezi için, ırkın ağırlıklı ortalaması basit olarak o iki ırkın aritmetik ortalamasıdır. Her bireyin genlerinin yarısı bir ırktan diğer yarısı da diğer ırktan oluşmaktadır.  $F_1$ 'in geriye melezlenmesi sonucu oluşan dölleri ( $G_1$ 'ler) durumunda, melez döllerin ( $G_1$ 'lerin)  $\frac{1}{4}$ 'ü bir ırktan  $\frac{3}{4}$ 'ü ise diğer ırktandır. Bu geriye melez dölleri için ırkların ağırlıklı ortalaması, bir ırkın ortalamasının  $\frac{3}{4}$ 'ü ile diğer ırkın ortalamasının  $\frac{1}{4}$ 'ünün toplamıdır.

Heterosisin miktarı melezlemenin tiplerine göre değişiklik gösterir. İki saf ırkın çiftleştirilmesi sonucu elde edilen  $F_1$  melezlerde bireysel heterosis beklenir ancak maternal heterosis beklenmez çünkü  $F_1$ 'lerin anaları saf ırktır.  $F_2$  melez döllerde bireysel heterosisin yarısı ( $F_2$ 'lerin yarısının genotipi heterozigottur) ile maternal heterosisin tamamı ( $F_2$ 'lerin analarının tamamı heterozigottur) beklenir.  $F_3$  melez döllerde bireysel ve maternal heterosisin yarısı beklenir ( $F_3$ 'lerin ve  $F_3$ 'lerin analarının yarısı heterozigottur).  $F_1$  melez bir dişi birey, ebeveyn ırklarından herhangi birisi ile çiftleştirildiğinde meydana gelen dölleri ( $G_1$ 'ler) bireysel heterosisin yarısı ile maternal heterosisin tamamını gösterir. Örnek olarak, saf ırkların performans ortalamalarının 97 ve 103 olduğunu varsayalım, bireysel heterosisin %5, maternal heterosisin %8 ve paternal heterosisin %0 ( $F_1$  dişi saf ırk erkekle çiftleştiği için paternal heterosis zaten yoktur) olduğunu var sayacağız.  $F_1$  melezlerin performanslarında daha önce gösterildiği gibi sadece bireysel heterosisden bahsedilebilir.  $F_1$  bireylerin tamamı melezdir ancak ebeveynleri saf ırktır. Doğal olarak bireysel heterosisin tamamı beklendiği halde ebeveynsel heterosisden söz edilemez. Melez performansları iki saf ırk ebeveyn ortalamalarının ortalamasına bireysel heterosisin eklenmesi ile bulunur:

$$F_1 \text{ melez performansı} = \frac{1}{2} (97+103) + \%5 (1/1) = 105$$

F<sub>2</sub> melez dölleri F<sub>1</sub> melez analardan olmadıkları böylece maternal heterosisin tamamı ile F<sub>1</sub> melez dölleri gösterdiği bireysel heterosisin yarısını gösterirler. Bir homolog kromozomdaki iki allel genin farklı ırklardan gelme olasılığını hesaplamak suretiyle bireysel melezliğin seviyesini hesaplayabiliriz. F<sub>2</sub> bireyinin sahip olduğu homolog kromozomdaki genlerin farklı ırklardan olma olasılığı %50 dir. Dolayısıyla, F<sub>1</sub> melez bireylerin sahip olduğu bireysel heterosisin yarısı F<sub>2</sub> melez dölleri görülebilir. Dolayısıyla F<sub>2</sub> melez dölleri, iki saf ırkın performans ortalaması, bireysel heterosisin yarısı ve maternal heterosisin tamamının toplanması ile hesaplanabilir. Paternal heterosis de beklenebilir ancak bu örnek için paternal heterosis sıfır “0” alınmıştır (baba saf ırk):

$$F_2 \text{ melez performansı} = \frac{1}{2} (97+103) + \frac{1}{2} (\%5) + \%8(1/1) = 110.5$$

F<sub>3</sub> melez dölleri F<sub>1</sub> bireylerde gözlenen heterosisin yarısını göstermesi beklenir. F<sub>3</sub> bireylerde homolog kromozomlardaki genlerin farklı ırklardan gelme olasılığı %50 dir. F<sub>3</sub> melez dölleri anaları F<sub>2</sub> melez dişi bireylerdir. F<sub>2</sub> melez bireylerin F<sub>1</sub>’lerin gösterdikleri heterosisin yarısını göstermeleri beklenir. F<sub>2</sub> dişiler anne olduklarında ise bunların dölleri maternal heterosisin yarısından faydalanırlar. F<sub>3</sub> melezlerin performansları, iki saf ebeveyn ırkının ortalaması, bireysel heterosisin yarısı ve maternal heterosisin de yarısının toplanmasıyla hesaplanabilir. Aynı zamanda paternal heterosisin de yarısını alması beklenir ancak bu örnekte paternal heterosis sıfır “0” olarak alınmıştır. Peki, F<sub>4</sub> melezlerin performansı ne olacaktır?

$$F_3 \text{ melez performansı} = \frac{1}{2} (97+103) + \frac{1}{2} (\%5)(100) + \frac{1}{2} (\%8)(100) = 106.5$$

F<sub>1</sub> melez dişi ile saf ırk erkek bireyin çiftleşmesi sonucu elde edilen dölleri (G<sub>1</sub>’lerin) F<sub>1</sub>’lerde görülen heterosisin yarısını göstermesi beklenir. G<sub>1</sub>’lerde, homolog kromozomlarda bir araya gelen genler göz önüne alındığında, bunların yarısı farklı ırklardan gelir (kromozom segmentinin yarısında heterozigotluk beklenir). G<sub>1</sub>’lerin anaları F<sub>1</sub> dişiler olduğu için, F<sub>1</sub>’lerde görülen maternal heterosisin tamamı G<sub>1</sub>’lerde görülecektir. Fakat babalar saf ırk olduğu için, herhangi bir paternal heterosis beklenmeyecektir. G<sub>1</sub>’lerin performansları, saf ırk baba ortalamasının  $\frac{3}{4}$ ’ü, saf ırk ana ortalamasının  $\frac{1}{4}$ ’ü, bireysel heterosisin yarısı ve maternal heterosisin de tamamı toplanarak hesaplanabilir. Bu örnekte saf ırk baba ortalamasının 103 olduğunu varsayacağız:

$$G_1 \text{ melez performansı} = [\frac{1}{2} (97) + \frac{3}{4} (103)] + [\frac{1}{2} (\%5)(100) + (\%8)(100)] = 114.5$$

G<sub>1</sub> melezlerin babası diğer saf ırktan olsaydı, bu durumda G<sub>1</sub>’lerin beklenen performansı ne olurdu? Ya da, G<sub>1</sub> melezlerin babası F<sub>1</sub> erkekler ve anası saf ırk ebeveynlerden birisi olsaydı, bu durumda melezlerin beklenen performansı ne olurdu?

### Maternal Etki

Sütten kesim ağırlığı gibi özelliklerde maternal etki söz konusudur. Analar, sağladıkları özel çevre ile dölleri performanslarını etkilediklerinde, buna “*maternal etki*” denir. Maternal heterosis, maternal etkiye bir örnek olarak verilebilir. Genellikle, önemli bir maternal heterosis gösteren özellikler aynı zamanda eklemeli ya da maternal damızlık değere de sahiptirler. Kimi genetik değerlendirme programları hem maternal damızlık değeri hem de doğrudan (bireyin) damızlık değerini hesap ederler. Maternal damızlık değerler, dişi ebeveynin sağladığı özel çevre aracılığıyla dölünün performansına etkisini verir. Dolayısıyla, maternal damızlık değerlerdeki ırksal farklılıkları da hesaba katarak, melez dölleri performanslarının tahminindeki isabet derecesini artırabiliriz:

$$\text{Melez Performansı} = \text{ağırlıklı ırk ortalaması} + \text{maternal damızlık değer} + \text{heterosis} \quad [3]$$

Saf ırk ortalaması eşitlik 2'deki gibi ırkların ağırlıklı ortalaması ile aynıdır. Maternal damızlık değeri, bir melezleme programında, melez döllerin analarını (eğer melez ise) oluşturan ırkların maternal damızlık değerlerinin ağırlıklı ortalamasıdır. Bir melezleme programında maternal damızlık değeri, çapraz melezlemeden ( $A\sigma \times B\phi$  ile  $B\sigma \times A\phi$  karşılaştırması) meydana gelen döl performansları arasındaki farklılığı hesaba katar. Heterosis terimi, bireysel, maternal ve paternal heterosisin kombinasyonunu tanımlamak için kullanılır. Aşağıdaki tablo, verilen bilgileri kullanarak melez döllerin tahminini göstermektedir:

*Bilgiler:*

İrk A ortalaması = 97

İrk B ortalaması = 103

İrk A için ortalama maternal damızlık değeri = +2

İrk B için ortalama maternal damızlık değeri = -2

Bireysel heterosis = +5

Maternal heterosis +8

Paternal heterosis = 0

### **Melezleme Sistemleri**

Bireysel, maternal ve paternal heterosisi kullanmak için çeşitli melezleme sistemleri geliştirilmiştir. Melezleme sistemlerinde yer verilen saf ırk sayısı genellikle 2 ile 4 arasındadır fakat daha fazlası da kullanılabilir. Daha fazla saf ırk kullanmak melezleme sistemini karmaşıktırır ve ortalama ırk performansını hesaplamayı güçleştirir.

Geliştirilen ilk melezleme sistemi statik ya da **terminal melezleme sistemi**dir. Üç saf ırk kullanan terminal bir melezleme sistemi kontrol edilmesi nispeten kolaydır ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Bu sistemin (3 ırk terminal sistem) en önemli avantajı, sonunda pazara arz edilen hayvanların hem maternal hem de bireysel heterosisden faydalanmasıdır. En önemli dezavantajı ise, sürü yenilemek için kullanılacak hayvanların üretimini zorlaştırmasıdır. Sürünün bir kısmı sürü yenilemede kullanılacak bireylerin üretimi için ayrılmalıdır ya da bu amaç için başka bir sürünün oluşturulması gerekir. Birçok domuz çiftliğinde terminal melezleme sistemi uygulanır ve sürü yenilemek için gereken dişi hayvanların tamamı dışarıdan satın alınır. Başka tür çiftlik hayvanlarının yetiştirildiği işletmeler, sürünün bir kısmının sürü yenilemek için kullanılacak dişi hayvanların üretimi için ayrılmasının yönetimsel olarak çok güç olduğunu ve ihtiyaç duyulan dişi hayvanların dışarıdan satın alınmasının da pahalı olduğunu söylemektedirler.

**Rotasyon melezleme sistemi** bu zorluğun üstesinden gelmek için geliştirilmiştir. Rotasyon melezleme sistemi Şekil 4'te verilmektedir. Sürü yenileme dişileri rotasyon melezleme sistemi içinde üretilirler fakat bu sistem terminal melezleme sistemine oranla daha az heterosis meydana getirir. Uzun zamanda, iki ırklı rotasyon melezleme sisteminde, iki ırklı terminal melezleme sistemindeki heterosisin %67'sine, üç ırklı rotasyon melezleme sistemindeki heterosisin %87'sine ulaşılabilir. **Statik rotasyonel** ya da **roto-terminal melezleme sistemi** rotasyonel ve terminal sistemi kombine eder ve Şekil 5'te verilmiştir. Roto-terminal melezleme sistemi sürü yenilemek için ihtiyaç duyulan dişileri üreten rotasyonel melezleme sistemi ile pazara arz edilecek melezleri üreten terminal sistemi birlikte kullanır. Rotasyonel sistemdeki bir başka şekli de **eksik rotasyonel melezleme sistemi**dir. Bu sistem, küçük (sadece bir boğa'lı) ticari et sığırıcılığı işletmeleri için geliştirilmiştir. Bu planda, sürü sahibi her 3 yılda bir farklı ırktan bir boğa satın alır. Sürü yenilemek için ihtiyaç duyulan dişiler, boğanın ikinci ve üçüncü dişi yavrularının elde tutulmasıyla sağlanır çünkü ilk dişi buzağının elde tutulması boğanın kendi dişi yavrusuna aşması tehlikesini getirir. Bu

sistemin “bir boğa”lı sığır üretim işletmesinde kullanımı üç ırklı rotasyon melezlemesinde ulaşılan heterosisin ulaşılmasını sağlar ancak yönetimsel olarak daha basittir ve daha bir-örnek yavruların elde edilmesini sağlar.

Sentetik ya da kombine edilmiş ırklar  $F_1$  ve  $F_2$ 'lerde gözlenen heterosisi muhafaza için geliştirilmektedirler ve heterosisi muhafaza etmek bakımından çiftleştirme sistemleri zor değildir. Kombine edilmiş bireylerdeki saf ırk sayısı ya da saf ırkların nispi miktarı muhafaza edilmesi gereken heterosisin nispi miktarını belirler. Daha fazla saf ırkın olduğu ve oransal olarak her ırkın eşit katkısının olduğu bir sistem en yüksek heterosis seviyesini muhafaza edecektir. Sentetik ya da kombine edilmiş ırkların kendi içinde akrabalı yetiştirmeden kaçınılmalıdır çünkü akrabalı yetiştirme dejenerasyonundan dolayı heterosisde kayıplar meydana gelecektir.