

## İKİ AŞAMALI GENETİK KAVRAMLAR TANI TESTİ GELİŞTİRME VE GEÇERLİK ÇALIŞMASI

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇAKIR

Begüm ALDEMİR

Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi  
Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü

### Özet

*Bu çalışmanın amacı üniversite ve başarılı lise sınıflarında kullanılmak üzere iki aşamalı genetik kavram tanı testi (GKTT) geliştirmek ve bu testin geçerlik ve güvenilirlik çalışmasını yapmaktır. İki aşamalı tanı testi geliştirme süreci üç adım içerir: konu içeriğinin belirlenmesi, öğrencilerin mevcut kavram yanlışlarının tespit edilmesi, teşhis testinin geliştirilmesi. Toplam 16 maddeden oluşan test Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi ve Fen Edebiyat Fakültesi biyoloji anabilim dallarında öğrenim görmekte olan 120 (87 bayan, 33 erkek) öğretmen adayına uygulanmıştır. Madde ve test analizleri sonunda testin güvenilirliği, maddelerin güçlük ve ayırt edicilik indeksleri, çeldirici fonksiyonları tespit edilmiştir. Analiz sonucunda 16 maddelik testten 4 madde çıkarılmış ve GKTT toplam 12 maddeden oluşmuştur. Testin güvenilirlik katsayısı (Cronbach Alpha) 0,73 olarak bulunmuştur. Geçerlik çalışması için uzman görüşleri alınmış ve belirtke tablosu hazırlanmıştır. Madde analizleri madde güçlük indekslerini 0,33 ile 0,60 değer aralığında vermiştir. Test ortalaması 5,54 ve testin ortalama güçlüğü 0,46'dır. Madde ayırt edicilik indeksleri 0,31 ile 0,72 arasındadır.*

**Anahtar Kelimeler:** İki aşamalı çoktan seçmeli test, genetik kavram testi.

## DEVELOPING AND VALIDATING A TWO TIER MENDEL GENETICS DIAGNOSTIC TEST

### Abstract

*The purpose of this study was to develop a reliable and valid two-tier diagnostics instrument designed to investigate college level biology students' understandings of genetics concepts. The Concepts Diagnostic Test was developed by using procedure that had three general steps: defining the content boundaries of the test, obtaining information about student teachers' misconceptions, and diagnostic instrument development. During this process a concept map was created and propositional statements representing the relevant genetics concepts were listed. Additionally, common Mendelian genetics misconceptions among biology students were identified. The final Genetics Concepts Diagnostic Test consisted of 12 two-tier items. The reliability coefficient (Cronbach alpha) for the whole test was 0.73. The range of values for the discrimination index was from 0.31 to 0.72 and the overall average difficulty index was 0.46. The diagnostic instrument was administered to 120 prospective biology teachers at Marmara University. Participants consisted of 87 females and 33 males. The common misconceptions on genetics were identified through analysis of the items from the instrument. Finally, the two-tier instrument is appended.*

**Key Words:** Two tier diagnostic instrument, genetic concept test, misconceptions.

### Giriş

Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına göre yeni bilgi öğrenmek ve yeni bir anlayış geliştirmek öğrencilerin mevcut bilgi ve tecrübeleri temelinde olur (Brainsford, Brown, & Cocking, 2000). Aynı şekilde anlamlı öğrenme teorisyeni Ausubel (Aktaran; Çakır, 2007) öğretme için en önemli psikolojik prensibin öğrencinin mevcut bilgilerini ölçmek ve öğretimi ona göre şekillendirmek olduğunu belirtmiştir. Bunun yanısıra fen eğitimi araştırmaları öğrencilerin ve öğretmenlerin fizik, kimya ve biyoloji alanlarında birçok kavram yanlışlığına sahip olduklarını göstermiştir (Pfundt ve Duit, 2009).

Genetik biyoloji öğrencilerinin ilgisini çeken bir konu olmasına rağmen kavram yanlışlığına sıklıkla rastlanan ve kavramsal problemlerin çözümünün güç olduğu bir alandır (Kinfield, 1991a; Kindfield, 1991b; Steawart, Hafner ve Dale, 1990, Şahin ve Parim, 2002, Tekkaya, Çapa ve Yılmaz, 2000; Temelli, 2006). Öğrencilerin genetik kavramları algılama ve süreçleri yorumlama konusunda birçok yanlışlığa düştükleri rapor edilmiştir (Banet ve Ayuso, 2000; Bernhisel, 1999; Johnson ve Stewart, 2002; Robinson, Lewis ve Leach, 2000; Smith, Wood ve Knight, 2008; Tatar ve Koray, 2005; Temelli, 2006; Thomson ve Stewart, 2003). Bu araştırmanın amacı iki aşamalı temel Mendel genetiği kavram tanı (diagnostik) testi geliştirmektir.

Genetik konuları itibariyle farklı biyolojik organizasyon seviyelerinde meydana gelen olaylar arasındaki ilişkileri içerir. Ayrıca çok hızlı veya çok yavaş meydana gelen ve doğrudan gözlemlenemeyen olasılıksal olayları incelediğinden öğrencilerin bilişsel yapılarında yanlış şemalar oluşturmaları kuvvetle muhtemeldir (Karagöz ve Çakır, incelemede). Bununla birlikte kavramsal bir anlayışa sahip olmayan öğretmenlerin genetik kavram yanlışlığının yayılmasında önemli rol oynadığı rapor edilmiştir (Shaw, Horne, Zhang ve Boughman, 2008). Öğretmen adaylarında kavramsal değişimin sağlanabilmesi için kavramların ve problem çözme süreçleri ile ilgili olan bu yanlışlıkların ve eksikliklerin ortaya çıkarılması, anlama düzeyinin belirlenmesi ve düzeltilmeye gidilmesi gerekmektedir. Ancak anlama ya da bilişsel yapı doğrudan gözlenebilen bir değişken olmadığı için kavramsal yapıyı belirli ve tek bir araç ile başarılı şekilde ölçmek zordur (Karataş, Köse ve Coştu, 2003). Çok sayıda öğrenci içeren ya da çok sayıda hedef-davranışın ölçülmesi gereken durumlarda zorluk derecesi yükselir (Klymkowsky, Taylor, Spindler ve Garvin-Doxas, 2006). Öğrencilerin kavram anlama düzeylerinin ve yanlışlığının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda birçok ölçek türü kullanılmaktadır. Araştırmacılar bilişsel yapı düzeyini ortaya çıkarmak için nitel ve nicel yöntemler geliştirmişlerdir (Griffard, 2001). Bu yöntemlere açık uçlu sorular, kavram haritaları, tahmin et-gözlem-açıklama, mülakatlar, performans ödevleri, portfolyo çalışmaları, testler vb. örnek olarak verilebilir (Anderson, Fisher ve Norman, 2002; Treagust, 2006). Nitel araştırmalar, az sayıda katılımcıyla öğrencinin kavramsal ekolojisini

daha derinlemesine anlamaya yönelik, nicel araştırmalar ise, çok sayıda katılımcıyla öğrencilerin kavramsal ekolojisinin birbiriyle karşılaştırılmasına yönelik olarak yapılan geniş ölçekli çalışmalardır (Griffard, 2001).

Çoktan seçmeli testler, mülakatlar, açık-uçlu sorular, kavram haritaları örnek olarak verilebilir. Ancak bu testlerin öğrencilerin muhakeme yapmasına yönelik herhangi bir içeriğe sahip olmaması, analizlerindeki zorluklar, zaman alıcı olmaları gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Öğrencinin verdiği cevabın nedenini sorgulayamayan bir test üst düzey bilişsel becerileri (analiz, sentez ve değerlendirme) tespit edebilme yönünden de başarısızdır. Bu durum çoktan seçmeli testler için şans başarısına sahip olunması ve öğrencinin verdiği cevabı niçin verdiğinin belirlenememesi gibi dezavantajlar oluşturmaktadır (Bernhisel, 1999; Jang, 2003). Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için, mülakatlar, açık uçlu sorular, alan yazın araştırmaları sonucu belirlenen mevcut kavram yanılgıları, çeldirici niteliğinde seçenekler arasına yerleştirilmektedir. Çoktan seçmeli testlerin olumlu yönlerini taşıyıp olumsuzluklarını en aza indiren iki aşamalı teşhis testleri geliştirilmiştir (Anderson, Fisher ve Norman, 2002; Bernhisel, 1999; Chen, Lin ve Lin, 2002; Griffard, 2001; Jang, 2003; Odom ve Barrow, 1995; Treagust ve Haslam, 1986). Bu testler öğrencilerin bilişsel yapılarında var olan kavram yanılgılarını fazla zaman gerektirmeden ve ekonomik olarak teşhis etmek için geçerliği ve güvenilirliği sağlanabilir bir yöntem sağlamıştır.

İki aşamalı testlerin ilk aşaması, çoktan seçmeli testler gibi içerikle ilgili bilgi önermeleri içerir. Burada kök denilen bir soru maddesi ya da bilgi önermesi ve onu takip eden çeşitli adette cevap seçenekleri bulunur (Chen, Lin ve Lin, 2002; Briggs, Alonzo, Schwab ve Wilson, 2006; Karataş, Köse ve Coştu, 2003; Treagust ve Haslam, 1986). İki aşamalı testleri çoktan seçmeli testlerden farklı kılan ikinci kısımda ise öğrencinin ilk aşamada işaretlediği seçeneği işaretleme gerekçesini belirtmesi istenir (Chen, Lin ve Lin, 2002; Karataş, Köse ve Coştu, 2003). Testin ikinci aşaması, alan yazın incelemesi, açık uçlu sorular ve mülakatlardan elde edilen sonuçlara bağlı olarak belirlenen mevcut öğrenci yanılgılarına dayanarak hazırlanır (Bernhisel, 1999; Jang, 2003).

İki aşamalı tanı testleri ölçmedeki muhtemel hataları en aza indirgemede etkilidir. Çoktan seçmeli testlerdeki şans başarısını çok aşağı düşürmesi açısından ölçmenin güvenilirlik ve geçerliğini arttırır. İlk aşamada verilen cevabın gerekçesini ikinci aşamada istemesinden dolayı aynı anda hem fenomenolojik olgular hem de kavramsal olgular ile ilgili iki ayrı düşünme biçimini gerektirir. Öğrencilerin ön bilgilerinin, anlamalarını ve kavram yanılgılarını tespit etmede yardımcı olur. Ayrıca biçimlendirici (formatif) ve tamamlayıcı (summatif) değerlendirmede kullanmaya uygundur (Bernhisel, 1999; Jang, 2003; Karataş, Köse ve Coştu, 2003).

### Yöntem

**Araştırma Grubu:** Araştırmaya 2009-2010 öğretim yılında Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi'nde (Aef) biyoloji öğretmenliği anabilim dalı 3., 4., 5. ve tezsiz yüksek lisans sınıflarındaki ile Fen Edebiyat Fakültesi (Fef) biyoloji bölümü anabilim dalı 4. sınıfındaki toplam 120 öğretmen adayı katılmıştır. Genetik Tanı Testi Atatürk Eğitim Fakültesi 3.,4., 5. sınıf öğretmen adaylarına ve Fen Edebiyat Fakültesi 4. sınıf öğretmen adaylarına uygulanmıştır. 33'ü erkek, 87'si ise bayan olan katılımcıların 3., 4. ve 5. sınıflarda öğrenim görmekte olan öğrenciler içinden belirlenmesinin nedeni, bu sınıflardaki öğrencilerin genetik dersini almış ve birtakım ön bilgilere sahip öğretmen adayları olmalarıdır. Toplam 44 biyoloji öğretmenliği tezsiz yüksek lisans öğrencisi testin pilot çalışmasına katılmıştır. Genetik kavramlar tanı testi bu öğrencilerden toplanan verilerin değerlendirilmesi ile revize edilmiştir. Genetik kavramlar tanı testinin uygulandığı katılımcı sayısı tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Fakülte, sınıf ve cinsiyete göre katılımcıların sayı ve yüzdeleri

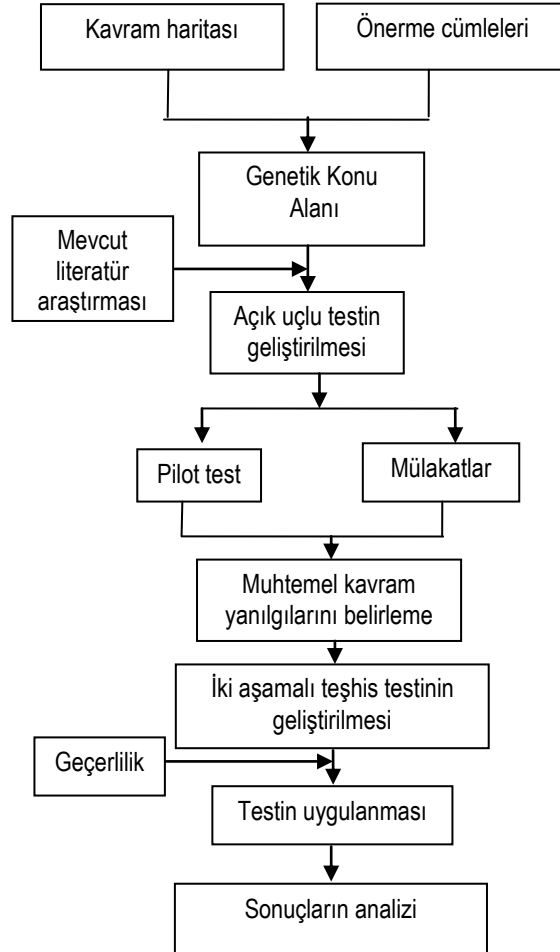
Cinsiyet	Fakülte ve Sınıfı								Toplam	%
	Aef 3	%	Aef 4	%	Aef 5	%	Fef 4	%		
Kız	20	16,7	14	11,6	28	23,3	25	20,8	87	72,5
Erkek	7	5,8	2	1,8	12	10,0	12	10,0	33	27,5
Toplam	27	22,5	16	13,4	40	33,3	37	30,8	120	100

İki aşamalı testler, öğrencilerde kavram yanlışlarını teşhis etmeye yönelik olarak geliştirilen geniş ölçekli çalışmalardır (Chen, Lin ve Lin, 2002). Treagust (1988) iki aşamalı tanı testlerinin geliştirilmesinde (a) konu içeriğinin saptanması, (b) öğrencilerin mevcut kavram yanlışlarının belirlenmesi ve (c) tanı testi için madde yazılması şeklinde üç temel aşama tanımlamıştır. Bu aşamalarda izlenen süreç şöyle özetlenebilir:

1. Konu içeriğinin saptanması:
  - a. Önerme cümlelerinin belirlenmesi
  - b. Kavram haritasının geliştirilmesi
  - c. Önerme cümlelerinin kavram haritasıyla ilişkilendirilmesi
2. Öğrencilerin mevcut kavram yanlışlarının belirlenmesi:
  - a. İlgili alan yazının incelenmesi
  - b. Yapılandırılmamış öğrenci mülakatlarının gerçekleştirilmesi
  - c. Gerekçe kısmı açık çoktan seçmeli test maddelerinin geliştirilmesi
3. Tanı testinin geliştirilmesi:
  - a. İki aşamalı test maddelerinin geliştirilmesi
  - b. Belirtke tablosunun oluşturulması
  - c. Düzenlemelerin devam ettirilmesi

## İki Aşamalı Genetik Kavramlar Tanı Testi Geliştirme ve Geçerlik Çalışması

Testin konu içeriğini belirlemede önerme cümleleri ve kavram haritası oluşturmak konuya derinlemesine hakim olmak ve ilgili kavramları ve kavramlar arası ilişkileri tespit ve içerik geçerliğini sağlamak için önemlidir. Bu çalışmada toplam 27 önerme cümlesi kullanılmıştır. Test maddeleri ile önerme cümlelerinin ilişkisi ve soruların Bloom taksonomisine göre bilişsel seviyeleri tablo 2’de verilmiştir. Test geliştirme aşamaları çalışmanın gidiş yönünü sistematik hale getirerek kolaylaştırmaktadır. Öğretmen adaylarında, alan yazın araştırmaları,



**Şekil 1:** İki Aşamalı Tanı Testi Geliştirme Basamakları (Chen, Lin ve Lin, (2002)' den adapte edilmiştir).

yapılandırılmamış mülakatlar ve açık uçlu sorular yardımıyla belirlenen kavram yanılgıları ise yapılandırılan Genetik Kavramlar Tanı Testi'ne (GKTT) kaynaklık etmiştir. Öncelikle gerekçe kısmı açık uçlu formda hazırlanan çoktan seçmeli sorulara, tespit edilmiş yaygın ve belirli kavram yanılgılarından yararlanılarak, gerekçe bildiren ve çünkü şeklinde ifade edilen ikinci aşamalar eklenmiştir. Böylece 16 iki aşamalı test maddesini içeren Genetik Kavramlar Tanı Testi'nin ilk formu oluşturulmuştur. Marmara Üniversitesi Biyoloji Eğitimi'nde tezsiz yüksek lisans öğrenimi görmekte olan 44 öğretmen adayı ile yapılan pilot çalışma sonunda sorular revize edilmiştir. Test geliştirmede izlenen süreç Şekil 1'de özetlenmiştir.

GKTT'yi oluşturan her bir maddenin iki aşamasında doğru seçenek işaretlenmişse 1 (bir) puan, iki aşamanın herhangi birinde veya her iki

aşamada yanlış seçenek işaretlenmişse 0 (sıfır) puan verilmiştir. Veri dosyası SPSS 16,0 programında oluşturulmuştur. Analizler oluşturulan veri dosyası üzerinden gerçekleştirilmiştir. GTT'nin güvenilirliği, literatürde farklı türlerine rastlanan güvenilirlik hesaplama yöntemlerinden iç tutarlık güvenilirliği yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İç tutarlık güvenilirliklerinden Cronbach alpha, ölçme aracının bir kez uygulanması ve testte yer alan maddelerin analiz edilmesine dayanan, bu maddelerin birbiriyle ne derece tutarlı olduğunun belirlenmesi için kullanılan güvenilirlik hesaplama yöntemidir (Büyüköztürk, 2007). Bir ölçme aracının (testin) güvenilir olarak kabul edilebilmesi için Cronbach alfa katsayısının ( $\alpha$ ) 0,70'den büyük olması gerekmektedir (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2008; Jang, 2003). Maddeler doğru ve yanlış olarak iki seçeneqli (dichotomous) olarak kodlandığında Cronbach alfa katsayısı ile Kuder-Richardson-20 (KR-20) katsayısı eşittir. Yani KR-20 aslında Cronbach alfa katsayısının özel bir durumudur (maddelerin iki seçeneqli olarak kodlandığı durum; Suen, 1990). Bundan dolayı bu araştırmada sadece Cronbach alfa katsayısı rapor edilmiştir.

Anlamalı öğrenme, bireyin yeni öğrendiği bilgilerini önceki bilgileri ile ilişkilendirmesi esasına dayanan bir öğrenme şeklidir. Kavram haritası oluşturmak anlamalı ve etkili öğrenmeyi sağlamak için geliştirilen yöntem, teknik ve stratejilerden biridir (Novak, 2002; Erdem, 2008). Kavram haritası geliştirilecek olan testin içeriğinin belirlenmesine kılavuzluk yapması amacıyla oluşturulmuştur. Genetik öğrenme ile ilgili literatür taramasının ve yapılandırılmış mülakatların analizleri sonucunda tespit edilen kavram yanlışlarından yararlanılarak gerekçe kısmı açık uçlu olan çoktan seçmeli sorular ve çeldiriciler geliştirilmiştir. Testi oluşturan maddelerden, 2, 5, 9, ve 11 numaralı maddeler, 'The Genetics Concept Assessment' adında bir ölçme aracından (Smith, Wood ve Knight, 2008); 1 numaralı madde ise 'Genetics Concept Inventory' adında bir ölçme aracından (Elrod, 2007) yazarlarının izni alınarak çevrilmiştir. 6, 8 ve 10 numaralı maddeler Klug ve Cummings (2003)'in 'Genetik Kavramlar' isimli kitabında her bölümün sonunda yer alan tartışma sorularından alınırken; 3, 4 ve 12 numaralı maddeler ise araştırmacılar tarafından önerme cümleleri ve belirtke tablosu dikkate alınarak hazırlanmıştır. Daha sonra çoktan seçmeli test maddesine literatürde tespit edilmiş yaygın ve spesifik kavram yanlışlarından yararlanılarak, gerekçe bildiren ve çünkü şeklinde ifade edilen ikinci aşamalar eklenmiştir.

Geliştirilen test taslağı uygulamadan önce konu alanı uzmanı hocalar tarafından kontrol edilmiştir. Atatürk Eğitim Fakültesi tezsiz yüksek lisans bölümünde öğrenim görmekte olan 44 öğretmen adayı ile yapılan pilot çalışma verileri (16 maddeden oluşan testin ilk formu) üzerinde madde analizi gerçekleştirilerek, testin güvenilirliği hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlardan hareketle test üzerinde gerekli düzenlemelere gidilerek, 6, 8, 14 ve 16 numaralı maddeler testten çıkarılmıştır. Genetik Kavram Tanı Testi son şekliyle 12 iki aşamalı maddeden oluşmuştur (Ek 1).

**Tablo 2:** Test maddelerinin konu alanı ve önerme cümleleri ile ilişkisi

Madde No	Konu Alanı	İlişkili olduğu önerme cümleleri	Bilişsel Seviye
Madde 1	Allellin tanımı ve konumu	1, 11, 21, 22	Uygulama
Madde 2	Homolog kromozom ve allellin konumu	2, 11, 12	Analiz
Madde 3	Genotip, genotip oranı, mayoz ve gametlere ayrılma, DNA replikasyonu	7, 8, 20, 22	Uygulama
Madde 4	Fenotip, fenotip oranı, mayoz ve gametlere ayrılma	3, 7, 8, 21	Sentez
Madde 5	Monohibrit çaprazlama, homozigot ve heterozigot kavramları, baskın ve çekiniklik	4, 9, 10, 26	Değerlendirme
Madde 6	Saf ırk kavramı, homozigot ve heterozigot kavramları	5, 10, 11, 12	Sentez
Madde 7	Epistasi, mono ve dihibrid çaprazlama	6, 23, 24, 25, 27	Değerlendirme
Madde 8	Test çaprazı, crossing-over, bağlı gen, atasal-rekombinant birey	13, 14, 17, 18, 19	Değerlendirme
Madde 9	Crossing-over, rekombinant	15, 16, 17, 26, 27	Uygulama
Madde 10	Gamet sayısı, mayoz bölünme	2, 8, 26, 27, 28	Sentez
Madde 11	DNA'nın yapısı	1, 2, 3, 4, 5	Kavrama
Madde 12	Genotip/fenotip çeşidi Dihibrit çaprazlama	16, 24, 25	Analiz

### Bulgular

Madde analizinde madde güçlük indeksleri, madde ayırtedicilik indeksleri, çeldirici fonksiyonları; testin genel analizinde ise test güvenilirliği hesaplanmıştır. Testin güvenilirlik katsayısı, Cronbach alpha 0,73 olarak bulunmuştur. Geçerlik çalışması için uzman görüşleri alınmış, belirtke tablosu hazırlanmış ve öğrencilerin lisans genetik dersi geçme notları ile GKT skorumları karşılaştırılmıştır. Atatürk eğitim fakültesinde öğrenim gören öğrencilerden lisans genetik dersi geçme notu olan toplam 56 öğrencinin genetik kavram tanı testi puanları ile genetik dersi notları

arasındaki korelasyon katsayısının 0,87 olması testin kriter referanslı geçerliğini desteklemektedir. 16 iki aşamalı maddeden oluşan testin madde sayısı analiz sonucunda 4 maddenin elenmesi ile 12 maddeye düşmüştür. GKTT'yi oluşturan her bir madde için yapılan analiz sonucunda madde güçlük indeksleri 0,33 ile 0,60 arasındadır. Test ortalaması 5,52 ve testin ortalama güçlüğü 0,46'dır. Madde ayırtedicilik indeksleri 0,31 ile 0,72 arasında değişmektedir. Testin son formunu oluşturan madde istatistikleri ve testin ortalama güçlüğü Tablo 3'de verilmiştir. Tablodaki verilere göre testte en zor madde olan 4. maddenin güçlük indeksi 0,33'tür. En kolay madde ise 0,60 güçlük indeksi ile 10. maddedir. Maddelerin ayırtedicilik indeksi sonuçlarına bakıldığında, bu değer 0,31 (madde 1) ile 0,72 (madde 2 ve madde 12) aralığında oldukları görülmektedir. Bir testte maddelerin iyi bir ayırtedici olarak kabul edilebilmesi için 0,40'ın üzerinde değer alması gerekse de, 0,30'un üstünde ayırtedicilik gücü indeksine sahip olan maddeler testte kullanılabilir maddeler olarak kabul görmektedir. Ayırtedicilik gücü indeksine göre testten çıkarılmayı gerektirecek herhangi bir madde bulunmamaktadır.

**Tablo 3:** Madde istatistikleri ve testin ortalama güçlüğü

Madde No	Madde Güçlük İndeksi (p)	Madde Ayırtedicilik İndeksi (r)	Madde Varyansı	Madde Güvenirliği
1	0,42	0,31	0,243	0,15
2	0,48	0,72	0,249	0,36
3	0,57	0,32	0,245	0,16
4	0,33	0,52	0,221	0,24
5	0,48	0,38	0,249	0,19
6	0,50	0,66	0,250	0,33
7	0,34	0,53	0,224	0,25
8	0,39	0,53	0,237	0,26
9	0,53	0,50	0,249	0,25
10	0,60	0,53	0,240	0,26
11	0,42	0,56	0,243	0,27
12	0,48	0,72	0,249	0,36

Testin ortalama güçlüğü: 0,46



**Madde Analiz Süreci**

Madde istatistiklerinin yanısıra her bir maddenin çeldirici analizi de yapılmıştır. Maddelerin birinci ve ikinci aşamalarına verilen yanıtları birlikte incelemek öğrencilerin kavramsal bilgileri ile ilgili çıkarımlar yapmaya olanak sağlamıştır. Örneğin, bir numaralı madde ile 'allelin tanımı ve konumu', ve 'homolog kromozom' kavram bilgisi ölçülmeye çalışılmıştır. Bu madde alellerin aynı genin farklı alternatifleri olduğunu bilmek kadar allellerin kromozom üzerinde nasıl konumlandığını da görsel olarak ifade edebilmeyi gerektiren bir yapıdadır. Aşağıdaki tablo 4'te, Madde 1'in ilk ve ikinci aşamasına verilen yanıtlar verilmiştir.

Öğrencilerin %45'i maddenin ilk aşamasına doğru yanıt verirken; %75,8'i ikinci aşamasını doğru yanıtlamıştır. Normalde testin diğer maddelerinde de görüldüğü gibi maddenin ilk aşamasını doğru yanıtlayan öğrenci sayısının ikinci aşamasını doğru yanıtlayan öğrenci sayısından yüksek olması beklenir. Ancak bu soruda tersine bir durum söz konusudur. Testin birinci maddesi olan bu soru madde istatistikleri diğer maddelerin istatistiklerinden kötü olmasına rağmen görselleştirme becerisi ölçtüğü ve bize önemli bilgiler verdiği dikkate alınarak testten çıkarılmamıştır.

**Tablo 4:** Birinci maddeye verilen cevapların seçeneklere dağılımı

<b>Çünkü</b>					
<b>Seçenek</b>	<b>A (%)</b>	<b>B (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>D (%)</b>	<b>Toplam</b>
I	1 (0.8)	5 (4.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (5.0)
II	1 (0.8)	11 (9.2)	5 (4.2)	6 (5.0)	23 (19.2)
III	2 (1.6)	8 (6.7)	1 (0.8)	2 (1.6)	13 (10.7)
IV	1 (0.8)	50 (41.7)*	2 (1.6)	1 (0.8)	54 (45.0)
V	1 (0.8)	17 (14.2)	1 (0.8)	5 (4.2)	24 (20.0)
<b>Toplam</b>	<b>6 (5.0)</b>	<b>91 (75.8)</b>	<b>9 (7.5)</b>	<b>14 (11.7)</b>	<b>120 (100)</b>

\*Doğru yanıt ve gerekçe

Madde incelendiğinde birinci aşamanın hücre bölünmesi sırasında alellerin kromozomlar üzerindeki yerlerinin şematik olarak gösterilmesini içerdiği; ikinci aşamanın ise alel gen kavramının tanımı ile ilgili olduğu görülür. Bu durum öğrencilerin bilgiyi anlamlandırma, farklı durumlara transfer edebilme ve soyut bilgilere somut anlamlar yükleme boyutunda zorlandıklarının önemli bir göstergesidir. En güçlü çeldirici (V-B) olarak ifade edebileceğimiz seçenek ve gerekçesi, öğrencilerin %15,0'i tarafından cevaplanmıştır. Öğretmen adayları 'gen-allel-kromozom ilişkisini kurabilme' durumunda süreçsel zorluklar yaşamaktadırlar.

Öğrenciler aleli ve kromozom üzerindeki konumunu sözel olarak tanımlayabilmekte, ancak görsele yansıtma durumunda yanılığa düşmektedir.

Genetik kavramlar tanı testinin üçüncü sorusunda 'genotip ve genotip oranı' ve 'mayoz bölünme ve gametlere ayırma' kavram bilgileri ölçülmeye çalışılmıştır. Maddenin birinci aşamasında doğru cevap 'III' nolu seçenek iken, ikinci aşamasında ise 'B' şıkkıdır. Öğrencilerin bu maddeye verdikleri cevaplar Tablo 5'te özetlenmiştir.

**Tablo 5: Üçüncü maddeye verilen cevapların seçeneklere dağılımı**

<b>Çünkü</b>					
<b>Seçenek</b>	<b>A (%)</b>	<b>B (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>D (%)</b>	<b>Toplam</b>
I	1 (0.8)	2 (1.6)	0 (0.0)	2 (1.6)	5 (4.0)
II	1 (0.8)	1 (0.8)	1 (0.8)	1 (0.8)	4 (3.2)
III	6 (5.0)	68 (56.7)*	14 (11.7)	7 (5.8)	95 (79.5)
IV	0 (0.0)	6 (5.0)	1 (0.8)	2 (1.6)	9 (7.4)
V	1 (0.8)	3 (2.7)	2 (1.6)	1 (0.8)	7 (5.9)
<b>Toplam</b>	<b>9 (7.6)</b>	<b>80 (65.5)</b>	<b>18 (14.9)</b>	<b>13 (9.0)</b>	<b>120 (100)</b>

Öğrencilerin %56,7'sinin maddenin her iki aşamasını (III-B) doğru cevapladığı görülmektedir. Sadece ilk aşama (III) için bu değer %79,2, ikinci aşamada (B) ise %66,7 olarak bulunmuştur. Katılımcıların %50'sinden fazlası tarafından doğru cevaplanan maddenin ikinci aşamasında öğrencilerin daha çok yanılığa düştüğü, çaprazlamayı doğru yaptıkları, oranları doğru ifade edebildikleri, ancak bu değerlerin ne anlama geldiğini sözel olarak ifade edemedikleri görülmektedir. Bu durum bireylerin derslerde çoğunlukla nedenden-sonuca giden problemlerle karşılaşmalarından kaynaklanıyor olabilir. Çünkü nedenden-sonuca giden problemler belli bir takım algoritmalar ve belli kalıplardaki çözüm yolları nedeniyle kavram ve konu özümsememiş olsa dahi çözülebilmektedir. Ezber bilgi olarak nitelendirilebileceğimiz bu çözüme biçiminde, öğrenci bilgiyi sorgulamaya yer vermemekte, kalıplaşmış olgulardan hareket ederek sonuca ulaşmaktadır. Oysaki sonuçtan-nedene giden problem çözümleri bu engelin önüne geçerek kalıcı ve etkili öğrenmeyi sağlayabilir.

Madde üçte en güçlü çeldirici (III-C) olarak ifade edebileceğimiz seçenek ve gerekçesi, öğretmen adaylarının %11,7'si tarafından cevaplanmıştır. Maddenin ikinci aşamasında 'C' şıkkını seçerek yanılığa düşen öğretmen adaylarının genotip oranı ve çeşidi kavramlarını karıştırdıkları, dolayısıyla genotip oranı yerine genotip çeşidi kavramını kullandıkları görülmektedir. Bu durum öğrencilerin bilgiyi yapılandırma konusunda yetersiz kaldıklarının ve verdikleri cevabın 'niçin' doğru olduğundan habersiz olduklarının işaretidir. Kavramsal öğrenmenin daha başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için, genetik kavramlar belli kalıplar şeklinde birbirinden

ayrı verilmemeli, farklı problemler üzerinde yorumlanmalı, kavramlar arası ilişkiler problemler üzerinde daha derinlemesine vurgulanmalıdır.

### **Tartışma**

Bulgulara göre GKTT üniversite öğrencilerinin, biyoloji bölümü öğrencilerinin ve biyoloji öğretmen adaylarının, kavramsal genetik bilgilerini ortaya çıkarmada güvenilir ve geçerli bir ölçektir. Testin ortalaması 5,54 olarak bulunmuştur. Psikometrik olarak ideal olan 12 sorudan oluşan bir testin ortalamasının 6 olmasıdır ki GKTT'nin 5,54 değeri ideal olan değere çok yakındır. Aynı şekilde madde ayırt-edicilik indeksleri de her madde için ideal kabul edilen aralıktadır.

GKTT üzerinde yapılan madde istatistikleri sonucu, testin ortalama güçlük değeri 0,46 olarak bulunmuştur. Her bir madde bazında bu değer 0,33 ile 0,60 arasındadır. Tablo 2'deki verilere göre testte en zor madde olan 4. maddenin güçlük indeksi 0,33'tür. Bu durum, öğretmen adaylarının %33'ü tarafından maddenin doğru, %67'si tarafından ise yanlış cevaplandırıldığı sonucunu vermektedir. Testin genelinde verilere baktığımızda ise en kolay maddenin 0,60 güçlük indeksi değeriyle 10. madde olduğu görülmektedir. Çünkü bulunan güçlük indeksi değeri, öğretmen adaylarının %60'ının maddeyi doğru cevaplarken, %40'ının yanlış cevapladığını ifade etmektedir.

Tablo 3'de madde ayırt-edicilik indekslerine bakıldığında bu değerlerin 0,31 (madde 1) ile 0,72 (madde 2 ve madde 12) arasında değiştiği görülmektedir. Bir test maddesinin ayırt edici olarak kabul edilebilmesi için 0,40'ın üzerinde değer alması gerekse de, 0,30'un üstünde ayırt edicilik gücü indeksine sahip olan maddeler testte kullanılabilir maddeler olarak kabul görmektedir. Ayırt edicilik gücü indeksine göre testten çıkarılmayı gerektirecek herhangi bir madde bulunmamaktadır.

### **Öneriler**

Toplam 12 maddeden oluşan Genetik Kavramlar Tanı Testi (GKTT) geliştirilerek güvenilirlik ve geçerliği sağlanmıştır. GKTT üniversite ve başarılı lise sınıflarında genetik kavram yanlışlarını ortaya çıkarmada ve genetik kavram öğrenme düzeyini ölçmede kullanılabilir. Maddelerin hangi önerme cümlelerini içerdiği ve ilişkili oldukları kavramlar belirtke tablosunda gösterilmiştir. Ayrıca, bu araştırma, öğretmen adaylarının genetikle ilgili kavramları anlamada zorlandıklarını ve çeşitli yanlışlara sahip olduğunu göstermiştir. Öğretmen adayları için bilişsel yapılarında var olan kavramın farklı anlamları ve işlevleri bulunmaktadır. Bu durum bu kavramın her örnekte farklı yorumlanabilmesinin yanında, üst düzey bilişsel beceri gerektiren durumlarda değişime uğraması şeklindedir. Öğretmen adayları sözel ifade becerisine dayalı sorularda fazla sıkıntı yaşamazken, bu kavramların görselleştirilmesi, problem çözme süreçlerine yansıtılması, yapılandırılması

durumlarında zorlanmışlardır. Öğretmen adaylarında görülen belli başlı kavramsal ve süreçsel zorluklar; 'sözel ifadeleri görselleştirmede yaşanan zorluklar, matematiksel ve sözel ifade eksikliği, çaprazlama, model ve hipotez geliştirmede yaşanan zorluklar, oranları ve olasılıkları yanlış yorumlama' şeklindedir.

### Kaynakça

Ausubel, D.P. (1968). *The psychology of meaningful verbal learning*. NY: Grune and Stratton.

Anderson, D.L., Fisher, K.M., & Norman, G.J. (2002). "Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection". *Journal of research in science teaching*. Cilt: 39, Sayı: 10. (952-978).

Banet, E., & Ayuso, E. (2000). "Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information". *Science Education*. Cilt: 84, Sayı: 1. (313-351).

Bernhisel, S. M. (1999). *Measuring preservice and inservice biology teachers' understanding of selected biological concepts*. Unpublished Dissertation. Utah: Utah State University.

Bransford, J.D., Brown, A.L. & Cocking, R.R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: The National Academy Press.

Briggs, D.C., Alonzo, A.C., Schwab, C., & Wilson, M. (2006). *Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items*. *Educational Assessment*. Cilt: 11 Sayı: 1. (33-63).

Chen, C.C., Lin, H.S., & Lin, M.L. (2002). "Developing a two-tier diagnostic instrument to assess high school students' understanding-the formation of images by a plane mirror". *Proceedings of the National Science Council*, 12(3), 106-121.

Griffard, P. B. (2001). "The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose?" *International Journal Science Education*. Cilt: 23, Sayı: 10. (1039-1052).

Suen, H.K. (1990). *Principles of test theories*. L. Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

Jang, N. H. (2003). *Developing and validating a chemical bonding instrument for korean high school students*. Unpublished Dissertation. Missouri: The Faculty Graduate School University.

Johnson, S.K., & Stewart, J. (2002). "Revising and assessing explanatory models in a high school genetics class: A comparison of unsuccessful and successful performance." *Science Education*. Cilt: 86, Sayı: 4. (462-480).

Karataş, F. Ö., Köse, S., ve Coştu, B. (2003). "Öğrenci yanılgılarını ve anlama düzeylerini belirlemede kullanılan iki aşamalı testler." *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. Cilt: 13, Sayı: 1. (54-69).

Odom, A.L., & Barrow, L.H. (1995). "Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction". *Journal of Research in Science Teaching*. Cilt: 32, Sayı: 1. (45-61).

Pfundt, H., & Duit, R. (2009). "Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education". Kiel: IPN. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>

Robinson, W., Lewis, J., & Leach, J. (2000). "Young people's understanding of the nature of genetic information in cells of an organism". *Journal of Biological Education*. Cilt: 35, Sayı: 1. (29-36).

Smith, M.K., Wood, W. B., & Knight, J.K. (2008). "The genetics concept assessment: A new concept inventory for gauging student understanding of genetics". *Life Sciences Education*. Sayı: 7. (277-282).

Tatar, N. ve Cansüğü Koray, Ö. (2005). "İlköğretim Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin 'Genetik' Ünitesi Hakkındaki Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi". *Kastamonu Eğitim Dergisi*. Cilt: 13, Sayı: 2. (415-426).

Temelli, A. (2006). "Lise Öğrencilerinin Genetikle İlgili Konulardaki Kavram Yanılgılarının Saptanması". *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*. Cilt: 14, Sayı: 1. (73-82).

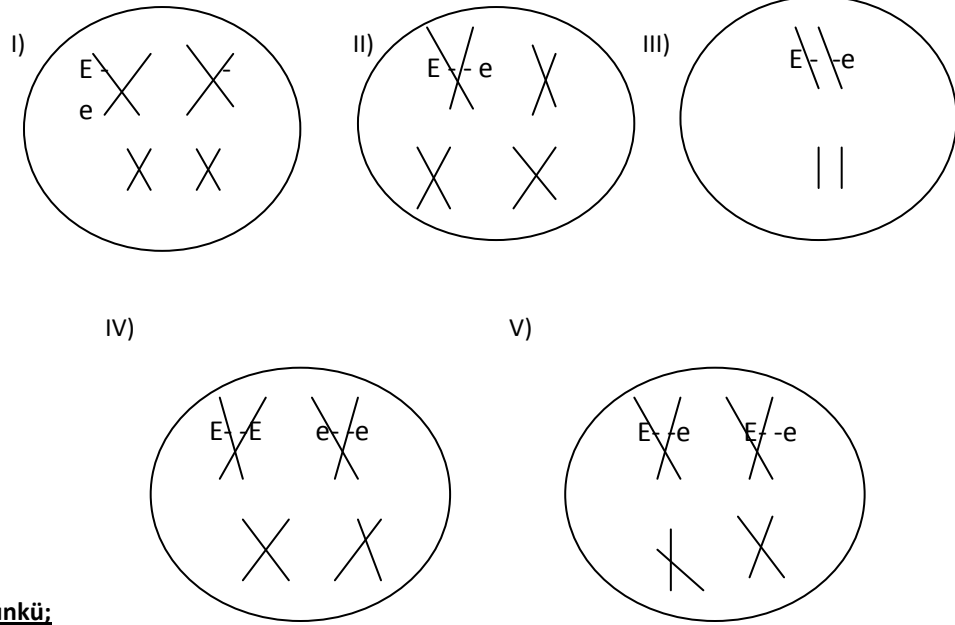
Thomson, N., & Stewart, J. (2003). "Genetics in inquiry: Strategies and knowledge geneticists use in solving transmission genetics problems". *Science Education*. Cilt: 87, Sayı: 1. (160-180).

Treagust, D. F. (1988). "Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science", *International Journal of Science Education*. Cilt: 10, Sayı: 2. (159-169)

Treagust, D. F. & Haslam, F. (1986). "Evaluating secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier diagnostic instrument". *59. National Association for Research in Science Teaching Kongresine sunulmuş bildiri*.

**Ek 1: İki aşamalı Genetik Kavramlar Tanı Testi**

1) Bölünmekte olan bir hücrenin kromozomları aşağıda gösterilmiştir. Hangi şekilde 4 kromozumlu diploid ( $2n=4$ ) bir hücrede E geninin iki farklı alleli doğru bir şekilde ifade edilmiştir?



**Cünkü:**

- A) Alleller aynı genin farklı alternatifleridir ve kardeş kromatitlerin sadece biri üzerinde bulunurlar.
- B) Alleller aynı genin farklı alternatifleridir ve homolog kromozomların karşılıklı lokusları üzerinde bulunurlar.
- C) Alleller farklı karakterlere etki eden gen çeşitleridir ve kromozomların kardeş kromatitleri üzerinde bulunurlar.
- D) Alleller kardeş kromatitlerin karşılıklı lokuslarında bulunur.

2) *MLH1* geni insanlarda 3. kromozom üzerindedir ve dört farklı alleli tanımlanmıştır. Bir insanda bu alellerden en fazla kaç tanesi bulunur?

- I) 1      II) 2      III) 3      IV) 4      V) 8

**Cünkü:**

- A) Homolog kromozomlar ve kardeş kromatitler birer allel içerir.
- B) Homolog kromozomlarda allellerin hepsi birden bulunabilir.
- C) Gametler ile anne ve babadan gelen 3. kromozomlar birer allel taşır.
- D) Birçok gen taşıyan homolog kromozomlarda tüm alleller bulunabilir.

**3. ve 4. soruları aşağıda verilen çaprazlama örneğine göre cevaplayınız.**

***Bir araştırmacı düz, terminal, beyaz ve boğumlu (AaBBccDD) bezelye ile buruşuk, terminal, mor ve boğumlu bezelyeyi (aaBbCCDd) çaprazlamıştır.***

**3)** Çaprazlama sonucunda oluşan nesilde aaBBccDD genotipindeki bezelye oranı nedir?

(a, B, C, D genlerinin bağımsız olduğunu varsayın).

- I) 1/2                  II) 1/4                  III) 1/8                  IV) 1/16                  V) 1/32

**Cünkü:**

- A) Genotip oranı allellerin gametlere dağılım ihtimallerinin toplamına eşittir.  
B) Genotip oranı aaBBccDD genotipindeki bireylerin olası tüm genotip ihtimallerine oranıdır.  
C) Genotip oranı aaBBccDD allellerinin ortaya koyduğu genetik ifade çeşitleridir.  
D) Genotip oranı aaBBccDD olan bireylerin muhtemel tüm fenotiplere oranıdır.

**4)** AaBBccdd X aaBbCcDd genotipindeki bezelyelerin çaprazlanması ile oluşan nesilde **a, B, c, D** fenotipindeki bezelye oranı nedir? (a, B, C, D genlerinin bağımsız olduğunu varsayın).

- I) 1/2                  II) 1/4                  III) 1/8                  IV) 1/16                  V) 1/32

**Cünkü:**

- A) Fenotip oranı a, B, c, D fenotipini oluşturacak allel çiftlerinin gametlere dağılım ihtimalidir.  
B) Fenotip oranı a, B, c, D genotipini ortaya çıkaracak olan allellerin gametlere dağılım ihtimallerinin toplamıdır.  
C) Fenotip oranı a, B, c, D fenotipini ortaya koyan allellerin fiziksel ifade çeşitleridir.  
D) Fenotip oranı a, B, c, D fenotipindeki bireylerin ortaya çıkması muhtemel olan tüm fenotiplere oranıdır.

**5)** İnsanlarda Kistik fibröz (Cystic fibrosis) bir gende meydana gelen mutasyondan kaynaklanır ve otozomal (eşeye bağlı olmayan) çekinik bir karakter olarak aktarılır. Normal bir çiftin iki çocuğu bulunmaktadır. Birinci çocukta Kistik fibröz vardır ve ikinci çocuk normaldir. İkinci çocuğun bu hastalığa sebep olan mutasyon için taşıyıcı olma ihtimali nedir?

- I) 1/4                  II) 1/2                  III) 2/3                  IV) Bilinemez                  V) 1

**Cünkü:**

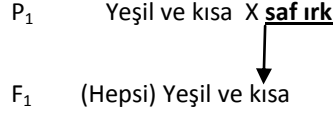
- A) Birinci çocuk hasta olduğuna göre ikinci çocuk kesinlikle taşıyıcıdır.  
B) Heterozigot bireyler Kistik fibröz için taşıyıcıdır. Monohibrit çaprazlama oranlarına göre taşıyıcı olma oranı 3:1'dir.

Mustafa ÇAKIR & Begüm ALDEMİR

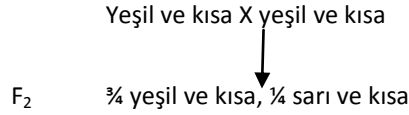
C) Monohibrit çaprazlamada genotip oranları 1:2:1 dir.

D) Anne ve babanın genotipi bilinmelidir.

6) Mendel yeşil renkte (YY) ve kısa boylu bezelyeler (uu) ile genotipi bilinmeyen saf ırk bezelyeleri çaprazladı. Çaprazlama sonuçları aşağıda verilmiştir.



F<sub>1</sub>'leri kendi aralarında çaprazladığında aşağıdaki F<sub>2</sub> sonuçlarına ulaşmıştır.



Buna göre saf ırk bezelyelerin fenotip ve genotipi hakkında nasıl bir sonuca ulaşılabilir?

I) Fenotip: sarı ve kısa  
Genotip: yyuu

II) Fenotip: yeşil ve kısa  
Genotip: YYuu

III) Fenotip: yeşil ve kısa  
Genotip: YYUU

IV) Fenotip: sarı ve kısa  
Genotip: YYuu

**Cünkü:**

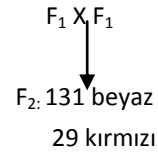
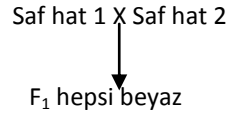
A) Alleller bakımından heterozigot olma durumu saf ırk olarak tanımlanır.

B) Alleller bakımından homozigot ve resesif olma durumu saf ırk olarak tanımlanır.

C) Alleller bakımından homozigot olma durumu saf ırk olarak tanımlanır.

D) Alleller bakımından homozigot ve dominant olma durumu saf ırk olarak tanımlanır.

7) Bir araştırmacı iki *Antirrhinum* hattını çaprazlıyor ve aşağıdaki sonuçları elde ediyor.



Bu durum aşağıdaki sonuçlardan hangisi ile açıklanabilir?

I) Eksik baskınlık durumu

II) Genlerin bağlı olması durumu



III) Mendel'in Monohibrit 3:1 oranı

IV) Genlerin etkileşimi sonucu ortaya çıkan maskeleye durumu

**Cünkü:**

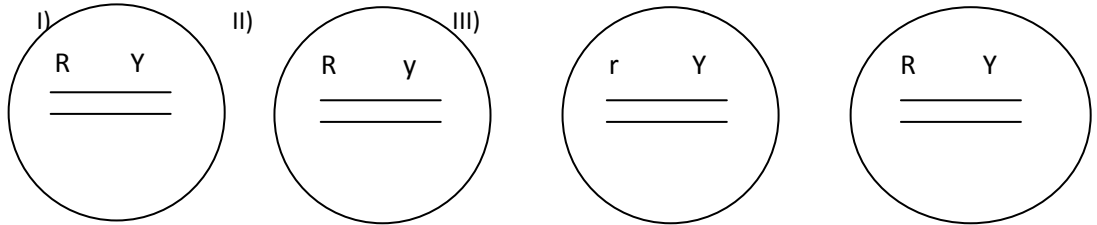
- A) Beyaz ve kırmızı renk genleri aynı kromozom üzerinde bulunduğundan bağımsız dağılım söz konusu değildir.
- B) İki ayrı gen değil; bir genin iki farklı alleli söz konusudur.
- C) Beyaz renk geni kırmızı renk genine baskındır.
- D) Beyaz renk geni kırmızı renk genini baskılamaktadır.

8) Mısırdaki koçanlardaki renkli alevron, baskın olan *R* allellinden dolayıdır. Çekinik olan *r* homozigot durumda iken alevron renksizdir. Bitki rengi (koçan değil) *Y* ve *y* olan başka iki allel tarafından kontrol edilir. Baskın *Y* alleli yeşil, çekinik *y* alleli homozigot durumda sarı renge neden olur. Genotipi ve fenotipi bilinmeyen bir mısır ile her iki özellik açısından homozigot çekinik olan diğer mısıra çaprazlanmasında ortaya çıkan nesil aşağıda verilmiştir.

**Renkli yeşil: 88 Renkli sarı:12**

**Renksiz yeşil: 8 Renksiz sarı: 92**

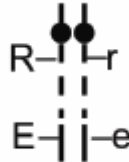
Buna göre, genotipi ve fenotipi bilinmeyen mısıra homolog kromozomlar üzerindeki allel düzenlenmesi hangisi olabilir?



**Cünkü:**

- A) R-Y ve r-y kross-over ile oluşmuş rekombinant gametlerdir.
- B) R-Y ve r-y linkaj durumunda atasal gametlerdir.
- C) R-y ve r-y atasal gametlerdir.
- D) R-r ve Y-y arasında tam linkaj vardır. Kross-over görülmez.

9) Linkaj durumundaki iki gen bakımından heterozigot olan dişi bir tavşanın allel durumu aşağıdaki diyagramda gösterilmiştir. Bağlı genlerin pozisyonlarının tam olarak bilinmediği kesikli çizgiler ile ifade edilmiştir.

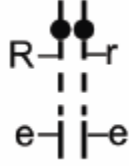


Bu dişi tavşan aşağıdaki diyagramda gösterilen kromozom çiftine sahip bir erkek tavşan ile çaprazlanır ise;

Mustafa ÇAKIR & Begüm ALDEMİR



Aşağıdaki diyagramda gösterilen kromozom çiftine sahip yavru tavşan meydana gelme ihtimali nedir?



- I) Yoktur.
- II) Eğer iki gen aynı kromozom üzerinde değilse büyük bir olasılıkla gerçekleşir.
- III) Eğer iki gen kromozom üzerinde birbirine çok yakınsa, büyük bir olasılıkla gerçekleşir.
- IV) Eğer iki gen kromozom üzerinde birbirine çok yakın değilse, büyük bir olasılıkla gerçekleşir.

**Cünkü:**

- A) R ve e allelleri iki ebeveynde de aynı kromozom üstünde değildir.
- B) R ve E genleri iki ebeveynde de aynı kromozom üstünde değildir.
- C) R ve E genleri aynı kromozomda birbirinden ne kadar uzaksa crossing-over meydana gelme şansı o kadar fazladır. Bu durumda yavru tavşan büyük bir olasılıkla oluşur.
- D) R ve E genleri aynı kromozomda birbirinden ne kadar yakınsa crossing-over meydana gelme şansı o kadar fazladır. Bu durumda yavru tavşan büyük bir olasılıkla oluşur.

**10)** Mendel, bezelyelerle yaptığı çalışmalarda tohumun şekline, rengine ve yapısına dayalı üç karakterin birbirine zıt olan iki özelliği üzerinde durmuştur. Bu özellikler;

**düz (W) / buruşuk tohum (w)**

**sarı (G) / yeşil tohum (y)**

**düzgün (D) / boğumlu tohum (d)**

şeklinde. Bu özelliklere dayalı aşağıdaki iki farklı (a ve b) çaprazlama gerçekleştirilmiştir.

**(a) DdGGWW X DdGGWW**

**(b) DDGgWw X DDGgWw**

Bu iki çaprazlamada oluşabilecek gamet sayısı hangi şıkta doğru olarak verilmiştir?

- I) (a) 4                      II) (a) 16                      III) (a) 64                      IV) (a) 64  
(b) 16                      (b) 4                      (b) 32                      (b) 64

**Cünkü:**

- A) Dominant allel çeşidi arttıkça oluşabilecek gamet çeşidi de artar.  
B) Homozigot karakter sayısı arttıkça oluşabilecek gamet çeşidi de artar.  
C) Heterozigot karakter sayısı arttıkça oluşabilecek gamet çeşidi de artar.  
D) Homozigot ve heterozigot karakter sayısı arttıkça oluşabilecek gamet çeşidi de artar.

**11)** Aşağıdaki insan hücrelerinden hangileri göz rengini belirleyen geni içerir?

- I) Gözde bulunan hücreler.  
II) Kalpte bulunan hücreler.  
III) Gametler (sperm ve yumurta)  
IV) Gözdeki ve gametlerdeki hücreler.  
V) Hepsi.

**Cünkü:**

- A) İnsanın her hücresinde aynı DNA sarmalı vardır.  
B) İnsanın her hücresinde farklı DNA sarmalı vardır.  
C) Göz rengini belirleyen genler sadece eşey hücrelerinde aktiftir.  
D) Göz rengini belirleyen genler sadece ona özgü hücrelerde aktiftir.  
E) Göz rengini belirleyen genler eşey hücrelerinde ve sadece ona özgü otozomal (eşeye bağlı olmayan) hücrelerde aktiftir.

**12) RrSs ♀ x ♂ RrSs**

Yukarıdaki çaprazlamada karakterler bağımsız olduğuna göre oğul dölde oluşacak genotip çeşidi ile fenotip çeşidi arasındaki ilişkiyle ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?

- I) Genotip çeşidi fenotip çeşidinin iki katıdır.  
II) Her iki karakter bakımından bireylerin  $\frac{1}{4}$  kadarı heterozigottur.  
III) En az oluşan genotip çeşidi RrSs'dir.  
IV) En fazla oluşan fenotipin RS olması beklenir.

**Cünkü:**

- A) Her biri  $\frac{1}{16}$  oranında olmak üzere RRSS, RRss, rrSS ve rrss genotipleri oluşur.  
B) Dominant fenotipler en fazla oranda, resesif fenotipler ise en az oranda oluşur.  
C) Allelleri bakımından heterozigot olan genotip en az çeşitte oluşur.  
D) 8 çeşit genotip ve 4 çeşit fenotip oluşur.  
E) Genotip çeşidi 1:2:2:4:1:2:1:2:1, fenotip çeşidi ise 9:3:3:1 şeklindedir.