

Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Mitoz ve Mayoz Bölünme Konuları İle İlgili Anlama Düzeyleri ve Kavram Yanılgıları

9th Grade Students' Understanding Levels and Misconceptions about Mitosis and Meiosis

N. Gökben ATILBOZ

G.Ü, Gazi Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara-TÜRKİYE

ÖZET

Çalışmanın amacı, lise 1.sınıf öğrencilerinin mitoz ve mayoz bölünme konularını anlama düzeylerini ve bu konularla ilgili sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemektir. Bu amaçla, mitoz ve mayoz bölünme konuları hakkında 25 açık uçlu soru geliştirilmiş ve 139 lise 1.sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Sonuçlar, öğrencilerin DNA, kromozom, kromatit, homolog kromozom, haploid ve diploid hücre gibi temel kavramları ve aralarındaki ilişkileri yeterince anlayamadıklarını, bu duruma bağlı olarak mitoz ve mayoz bölünme süreçlerindeki temel olayları, kromozom davranışlarını da anlamakta güçlük çektiklerini ve kavram yanılgılarına sahip olduklarını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Kavram yanılgısı, mitoz ve mayoz bölünme, biyoloji eğitimi.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine 9th grade students' levels of understanding and misconceptions about mitosis and meiosis. 25 open-ended questions related to mitosis and meiosis conceptions were administered to 139 9th grade students. The results revealed that students had difficulties about the basic processes in mitosis and meiosis, the chromosome behaviours and some misconceptions because of the widespread lack of understanding of DNA, chromatid, chromosome, homologous chromosome, haploid-diploid cell concepts and the relationships between these concepts.

Key words: Misconceptions, mitosis, meiosis, biology education

1. Giriş

Biyoloji eğitimi alanında son yıllarda yapılan çalışmalar, öğrencilerin biyolojideki temel kavramları anlama düzeylerini tespit etme üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalar, öğrencilerin biyolojinin çeşitli konularında öğrenme güçlükleri çektiklerini ve bazı kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermiştir (Amir ve Tamir, 1994; Odom, 1995; Mann ve Treagust, 1998; Alparslan, Tekkaya ve Geban, 2003). Kavram yanlışları, öğrencilerin öğretim öncesi ya da öğretim sürecinde edindikleri bilimsel gerçeklere aykırı olan bilgiler olarak tanımlanabilir. Ausubel'e göre (1968) anlamlı öğrenme, yeni öğrenilen kavramlarla önceden öğrenilen kavramlar arasında bağlantılar kurulmasıyla gerçekleşir (Gil-Perez ve Carrascosa-Alis, 1994). Öğrencilerin zihninde oluşan yanlış kavramlar, yeni kavramlarla sağlıklı bağlantılar kurulmasını engelleyerek anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesini önemli ölçüde engellemektedir. Bilginin doğru ve kalıcı olarak öğretilmesinde, varolan kavram yanlışlarının giderilmesi ve yeni kavram yanlışlarının oluşmasının önlenmesi açısından, kavram yanlışlarının önceden bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Osborne ve Wittrock (1983) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, fen öğretiminde kavram yanlışlarının oluşma sebeplerinden birisi de öğrencilerin fen konularını öğrenmelerinde önceki bilgilerine yeterince önem verilmemesidir. Ausubel (1968), etkili fen öğretiminde en önemli faktörün, öğrencinin daha önceden bildiklerinin tespiti, bunun doğrusunun araştırılması ve o doğrultuda öğretilmesi olduğunu belirtmiştir (Hewson ve Hewson, 1983; Cleminson, 1990).

Biyoloji öğretim programında mitoz ve mayoz bölünme konuları büyüme, gelişme, üreme ve genetik konularına temel teşkil etmesi bakımından önemlidir. Bununla birlikte mitoz ve mayoz bölünme, mikroskobik düzeyde gerçekleşmesi sebebiyle öğrencilerin zihinlerinde somut olarak canlandırmalarında ve kavramları yapılandırmalarında güçlük çekebilecekleri konular arasında yer almaktadır. Nitekim öğrencilerin çoğu genler, kromozomlar, mitoz ve mayoz bölünme konularını öğrenilmesi zor konular olarak değerlendirmişlerdir (Bahar, Johnstone ve Hansell, 1999; Tekkaya, Özkan ve Sungur, 2001). Bu çalışmada ise lise 1.sınıf öğrencilerinin mitoz ve mayoz bölünme konularını

anlama düzeylerini ve konular ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışlarını belirlemek amaçlanmıştır.

2. Yöntem

Araştırmanın örneklemini, Ankara Eryaman Lisesi 2002-2003 öğretim yılı öğrencilerinden 139 lise 1.sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Veri toplama aracının geliştirilmesinin ilk aşamasında lise 1.sınıf ve lise 2.sınıf öğrencilerinden 160 öğrenciye mitoz ve mayoz bölünme konuları ile ilgili 20 çoktan seçmeli sorudan oluşan bir başarı testi uygulanmış ve bazı kavram yanlışları tespit edilmiştir. İkinci aşamada bu başarı testi sonuçları ve tespit edilen kavram yanlışları temel alınarak öğrencilerin mitoz ve mayoz bölünme konuları ile ilgili anlama düzeylerini ve kavram yanlışlarını tespit etmek amacıyla bu çalışmada kullanılmak üzere 25 açık uçlu soru geliştirilmiştir. Bu soruların 139 lise 1.sınıf öğrencisine uygulanmasıyla elde edilen veriler, betimsel istatistiksel metotlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Öğrenciler tarafından verilen cevaplar incelenerek doğru, yanlış, boş cevapların ve bazı kavram yanlışlarının yüzde oranı değerleri belirlenmiş, tablolara dönüştürülerek ifade edilmiştir.

3. Bulgular ve Yorumlar

Açık uçlu sorulardan elde edilen sonuçlar, mitoz ve mayoz bölünme konularındaki kavramların öğrenilmesinde öğrencilerin anlama eksikliklerinin olduğunu göstermiştir. Öğrenciler tarafından bu sorulara verilen cevaplar doğru cevap yüzdesi, yanlış cevap yüzdesi ve boş cevap yüzdesi olarak Tablo-1’de ifade edilmiştir.

Hücre bölünmesinin hangi safhasında DNA’nın eşlendiği sorulmuş ve öğrencilerin %18’inin DNA eşlenmesinin interfaz dışındaki bir safhada gerçekleştiğini düşündükleri görülmüştür. Bir diğer soruda ise öğrencilerin %44’ünün mitozda kromozom sayısının değişmemesi için DNA’nın eşlenmesinin gerekli olduğunu bilmedikleri tespit edilmiştir.

Mitoz bölünme sonucu oluşan hücrelerdeki kromozom sayısının sorulduğu soruya verilen cevaplardan, öğrencilerin %68’inin mitoz sonucunda kromozom sayısının sabit

kaldığını, %15,8'inin değiştiğini düşündükleri, %16'sının ise hiçbir fikre sahip olmadıkları anlaşılmıştır.

Kromozomun yapısı ile ilgili soruda, öğrencilerin %29'u DNA'nın yoğunlaşmasıyla kromozomun şekillendiğini belirtirken, hiçbiri DNA ile proteinin birlikte yoğunlaştığını ifade edememiştir. %51'i ise kromozomda DNA ve proteinden başka yapıların olduğunu düşünmektedir.

Öğrencilerin yarısından fazlası DNA'nın interfazda eşlendiğini (%82) ve mitoz bölünme sonucunda kromozom sayısının sabit kaldığını (%68) bilmelerine rağmen %44'ü mitoz bölünme sonucunda kromozom sayısının değişmemesi için DNA eşlenmesinin gerekli olduğunu bilmemektedir. Bu durum öğrencilerin kromozom-DNA ilişkisini kuramadıklarını düşündürmektedir. Nitekim kromozomun yapısıyla ilgili soruda öğrencilerin sadece %29'unun DNA'nın yoğunlaşmasıyla kromozomun şekillendiğini ifade edebilmeleri bu durumu doğrulamaktadır.

Mayoz bölünme sonucunda meydana gelen hücrelerdeki DNA ipliği sayısı sorulduğunda ise öğrencilerin sadece %16'sı doğru cevap vermiştir. Öğrencilerin yarısından fazlası mayoz sonucunda kromozom sayısının yarıya indiğini (%63) ve haploid hücrelerin oluştuğunu (%75) ifade etmekte fakat kromozom-DNA ilişkisini yeterince anlayamadıkları için (%71'i DNA'nın kromozomun yapısında bulunduğunu bilmemekte) bu sorudaki DNA miktarını da doğru cevaplayamamışlardır.

Mitoz bölünme sonucunda oluşan hücre sayısı sorulduğunda öğrencilerin %56'sı doğru cevap vermiştir. Öğrencilerin %44'ü mitoz sonucu oluşan hücre sayısını bilmemektedir.

Tablo-1. Lise 1.sınıf öğrencilerinin mitoz ve mayoz bölünme konuları ile ilgili açık uçlu sorulara verdikleri doğru, yanlış ve boş cevapların yüzdesi *.

Soru İçerikleri	% D	% Y	% B
DNA eşlenmesinin gerçekleştiği safha	%82	%18	-
Mitoz bölünmede kromozom sayısının değişmemesi için DNA eşlenmesinin gerekliliği	%56	%34	%10
Mitoz bölünme sonucunda oluşan hücrelerdeki kromozom sayısı	%68	%16	%16
Mayoz bölünme sonucunda oluşan hücrelerdeki kromozom sayısı	%63	%19	%18
Kromozomun yapısında DNA ve proteinin bulunması	%29	%51	%20
Mayoz sonucu oluşan hücrelerdeki DNA miktarı	%16	%72	%12
Mitoz bölünme sonucu oluşan hücre sayısı	%56	%30	%14
Mayoz bölünme sonucu oluşan hücre sayısı	%65	%16	%19
Mitoz sonucu oluşan yavru hücrenin kromozom yapısı	%8	%58	%34
Mayoz sonucu oluşan yavru hücrenin kromozom yapısı	%10	%42	%48
Mitoz sonucunda diploid hücrelerin oluşması	%73	%25	%2
Mayoz sonucunda haploid hücrelerin oluşması	%75	%23	%2
Diploid hücrelerde homolog kromozomların her ikisinin de bulunması	%53	%43	%4
Haploid hücrelerde homolog kromozomlardan bir tanesinin bulunması	%43	%48	%9
Kromozom sayısı	%73	%27	-
Kromatit sayısı	%74	%26	-
Homolog kromozom	%43	%57	-
Kardeş kromatit	%54	%42	%4
Parça değişiminin kardeş olmayan kromatitler arasında olması	%70	%30	-
I. Mayozda homolog kromozomların II.Mayozda kromatitlerin ayrılması	%40	%43	%17
Mayoz-Anafaz-I'de homolog kromozomların ayrılması	%25	%71	%4
Mayoz-Anafaz-II'de kardeş kromatitlerin ayrılması	%14	%77	%9
Mitoz-Anafaz'da kromozom yapısı	%34	%61	%5
Mayoz-Metafaz-I'de kromozom yapısı	%1	%96	%3
Mayoz-Anafaz-I'de kromozom yapısı	%20	%76	%4
Mayoz-Anafaz-II'de kromozom yapısı	%37	%43	%20
Mayoz-Profaz-I'de homolog kromozomların sinapsis yapması	%36	%61	%3
Krossing-over olayının gerçekleştiği safha	%54	%44	%2
Tetratin oluşma amacının parça değişimini sağlamak olması	%50	%31	%19

* D: Doğru cevap, Y: Yanlış cevap, B: boş cevap

Mayoz bölünme sonucunda oluşan hücre sayısı sorulduğunda ise öğrencilerin sadece %65'inin "dört" doğru cevabını verdikleri, %35'inin dört hücre oluştuğunu bilmedikleri görülmüştür.

Öğrencilere mitozun profaz safhasındaki bir hücre şekli verilmiş ve mitoz bölünme sonucu oluşan bir yavru hücrenin kromozom yapısını çizmeleri istenmiştir. Öğrencilerin sadece %8'inin kromozomların durumunu doğru çizdikleri, %58'inin yanlış cevaplar verirken %34'ünün boş bıraktığı görülmüştür. Mayoz bölünme sonucunda oluşan bir yavru hücrenin kromozom yapısının çizilmesinin istendiği soruda öğrencilerin %10'u doğru, %42,7'si yanlış cevap vermiş, %48'i boş bırakmıştır.

Hangi bölünme sonucunda diploid hücrelerin oluştuğu sorulduğunda, öğrencilerin %73'ü mitoz cevabını verirken, %25'i mayoz cevabını vermiştir. Hangi bölünme sonucunda haploid hücrelerin oluştuğu sorulduğunda, öğrencilerin %75'i mayoz doğru cevabını verirken, %25'i yanlış cevap vermiştir.

Öğrencilerin çoğunluğunun (%67) mitoz bölünme sonucunda kromozom sayısının sabit kaldığını ve mitoz sonucunda diploid hücrelerin oluştuğunu (%73) ifade etmelerine rağmen yavru hücrenin kromozom yapısını şekille çizerek göstermede (%8) oldukça yetersiz kaldıkları görülmektedir. Aynı şekilde öğrencilerin yarısından fazlasının (%63) mayoz sonucu kromozom sayısının yarıya indiğini ve mayoz sonucunda haploid hücrelerin oluştuğunu (%75) ifade etmelerine rağmen mayoz sonucu oluşan yavru hücrelerin kromozom yapısını şekille çizerek göstermede (%10) yetersiz kalmışlardır.

Bir başka soruda yapısında homolog kromozomların her ikisini de bulunduran insan hücresine örnek verilmesi istenmiştir. Öğrencilerin %73'ü mitoz sonucunda diploid hücre oluştuğunu ifade ettikleri halde diploid hücrenin tanımı verilip örnek hücre yazmaları istendiğinde sadece %53'ü vücut hücrelerini örnek verirken, %39'u üreme hücrelerini örnek vermiştir. Bir diğer soruda da öğrencilerden yapısında homolog kromozomların her ikisini de bulundurmayan hücre örneği verilmesi istenmiştir. Öğrencilerin %75'i mayoz sonucu haploid hücre oluştuğunu ifade ettikleri halde haploid hücrenin tanımı verilip örnek hücre yazmaları istendiğinde sadece %43'ü üreme

hücrelerini örnek verirken %37'si vücut hücrelerini örnek vermiştir. Bu durum haploid ve diploid hücre kavramlarının yeterince anlaşılmadığını göstermektedir.

Şekli verilen hücredeki kromozom ve kromatit sayısının sorulduğu soruya verilen cevaplardan öğrencilerin %27'sinin kromozom sayısını, %26'sının kromatit sayısını doğru sayamadıkları anlaşılmıştır.

Bir diğer soruda tetrat oluşturmak üzere yan yana gelmiş kromozomların şekli verilmiş ve homolog kromozom, kardeş kromatit kavramlarının oluşup oluşmadığı incelenmiştir. Öğrencilerin sadece %43'ü homolog kromozomları şekil üzerinde doğru gösterirken, %57'si yanlış cevaplar vermişlerdir. Sadece %54'ü kardeş kromatitleri şekil üzerinde doğru olarak gösterirken, %42'si yanlış cevaplar vermişlerdir. Yine aynı soruda öğrencilerin %30'unun parça değişiminin hangi yapılar arasında meydana geldiğini bilmedikleri görülmüştür.

Başka bir soruda öğrencilerin sadece %40'ı mayozda önce kromozomların, sonra kromatitlerin ayrıldığını ifade etmiştir. Öğrencilerin %25'i homolog kromozomların mayoz-anafaz-I'de ayrıldığını, %14'ünün kardeş kromatitlerin mayoz-anafaz-II'de ayrıldığını düşündükleri görülmüştür.

Mitoz ve mayoz bölünmedeki olaylar ile ilgili sorularda safhaların resimleri verilmiş ve hangi bölünmenin hangi safhasına ait oldukları sorulmuştur. Öğrencilerin %34'ü mitoz-anafaz, %1'i mayoz-metafaz-I, %20'si mayoz-anafaz-I safhalarındaki kromozom durumlarını tanıyabilmişlerdir. Bir başka soruda öğrencilerin %37'si mayoz-anafaz-II'deki kromozom yapısını doğru olarak çizebilmiştir. Öğrencilerin sadece %36'sı mayoz-profaz-I'de homolog kromozomların sinapsis yaptıklarını, %54'ü mayoz-profaz-I'de parça değişiminin gerçekleştiğini, %50'si tetrat oluşmasının amacının parça değişimi olduğunu bilmektedirler.

Açık uçlu sorulara verilen cevaplardan öğrencilerin mitoz ve mayoz bölünme konuları ile ilgili bazı kavram yanlışlarına sahip oldukları tespit edilmiştir (Tablo-2).

Tablo-2: Lise 1.sınıf öğrencilerinin mitoz ve mayoz bölünme ile ilgili bazı kavram yanılgıları.

Kavram yanılgıları	Yüzde (%)
<i>Mayoz bölünme sonucunda diploid hücreler oluşur.</i>	%25
<i>Mitoz bölünme sonucunda haploid hücreler oluşur.</i>	%16
<i>Vücut hücrelerinin yapısında homolog kromozomlardan bir tanesi bulunur.</i>	%29
<i>Gamet hücrelerinin yapısında homolog kromozomların her ikisi de bulunur.</i>	%39
<i>Mayoz bölünme sonucunda DNA miktarı iki katına çıkar.</i>	%18
<i>Kromozom ve kromatit sayısı birbirine eşittir.</i>	%15
<i>Kromozomun yapısında iç ipliği bulunur.</i>	%32
<i>Homolog kromozomlar, parça değişiminin olduğu kromatitlerdir.</i>	%25
<i>Homolog kromozomlar, kardeş kromatitlerdir.</i>	%24
<i>Homolog kromozomların karşı karşıya gelmiş kromatitleri kardeş kromatitlerdir.</i>	%12
<i>Mayoz bölünmenin anafaz-II safhasında kromozom sayısı sabit kalır.</i>	%20
<i>Mitoz bölünmenin profaz safhasındaki hücre ile yavru hücrenin kromozom yapısı aynıdır.</i>	%12
<i>Metafazda kutuplara çekilme olayı gerçekleşir.</i>	%22
<i>Mitoz metafazında homolog kromozom çiftleri ekvator da dizilir.</i>	%15
<i>Anafazda kromozomlar ekvator da dizilir.</i>	%27
<i>Telofazda homolog kromozomlar kutuplara çekilir.</i>	%29

4. Tartışma ve Öneriler

Öğrencilerin çoğunlukla kromozom-DNA ilişkisi, mitoz ve mayoz bölünme sonucu oluşan hücrelerin kromozom yapısı, diploid-haploid hücre kavramı, mitoz ve mayoz bölünme sonucu oluşan hücre sayısı, homolog kromozom, kardeş kromatit kavramları, mitoz ve mayoz bölünmede gerçekleşen olaylar ile ilgili anlama güçlükleri çektikleri ve kavram yanılgılarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu durum öğrencilerin DNA, kromozom, kromatit, homolog kromozom, haploid-diploid hücre gibi temel kavramları ve bunlar arasındaki ilişkileri yeterince anlayamadıklarını ve bu duruma bağlı olarak da mitoz ve mayoz bölünme süreçlerindeki temel olayları, kromozom davranışlarını anlamakta güçlük çektiklerini göstermektedir. Öğrencilerin anlama güçlükleri çektikleri konular ve kavram yanılgıları bazı çalışmaların bulgularıyla desteklenmektedir (Brown,

1990; Smith, 1991; Sanders ve Moletsane, 1997; Yılmaz, 1998; Lewis, Leach ve Wood-Robinson, 2000).

Öğrencilerin DNA, kromatit, kromozom, homolog kromozom, diploid hücre, haploid hücre kavramları ile ilgili yanlışları varsa mitoz ve mayoz bölünme süreçlerini anlayabilmeleri beklenemez. Temel kavramların anlaşılmadan bölünmelerdeki olayların öğretilmesi, öğrencilerin olayların nasıl ve niçin gerçekleştiğini bilerek öğrenmeleri yerine safhaların isimlerini ve olayları ezberlemelerine sebep olarak anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesini önlemektedir. Mitoz ve mayoz bölünme ile ilgili temel kavramların ve terimlerin gerçek anlamalarının ne olduğu öğretilirken kavram yanlışlarının oluşması önlenmeli, varolan kavram yanlışları giderilmeli, öğrencilerin iyi anladıklarından emin olunduktan sonra bölünme olaylarının detaylarına geçilmelidir.

Brown (1995), öğrencilerdeki anlama güçlüklerinin meydana gelme sebebi olarak ders kitaplarında mayoz bölünmenin, olayların tanımlamalarının verildiği safhalara bölünen bir süreç olarak anlatılmasını göstermiştir. Öğrencilerin bu safha isimlerini ezberleyerek kavramları ve olayları üç boyutlu olarak düşünmediklerini ve bölünme sürecinin dinamik yapısını anlayamadıklarını belirtmiştir. Bu yüzden farklı safhalardaki kromozomların fotoğrafları, film, video, kromozom modelleri gibi değişik öğretim yardımcılarının kullanılmasını önermiştir. Atılboz (2001), geleneksel yönteme ek olarak slayt gösterisi, model yapma ve preparat inceleme etkinlikleri ile öğrenim gören öğrencilerin hücre bölünmesi konusunu öğrenmede geleneksel öğretim yöntemiyle öğrenim gören öğrencilere göre daha başarılı olduğunu rapor etmiştir. Mikroskopik düzeyde gerçekleşen olayların öğrencilerin zihninde canlandırılabilmesi için somut öğretim yardımcılılarıyla desteklenerek öğretilmesi, soyut bilgilerin somut kavramlar olarak şekillenmesini sağlayarak kavram yanlışlarının oluşmasının engellenmesine de yardımcı olabilir.

Pashley (1994), çalışmasında geliştirdiği kromozom modeliyle gen ve allel kavramlarıyla ilgili kavram yanlışlarının giderilebileceğini göstermiş ve öğretmenlerin öğretimden önce kavram yanlışlarının bilincinde olmalarının da öğrenci başarısını artırdığı sonucuna varmıştır. Öğretmenlerin, öğrencilerin sınıfa geldiklerinde konu ile

ilgili daha önceki deneyimleri sonucu ön bilgiye sahip olduklarının ve kavram yanlışlarına sahip olabileceklerinin bilincinde olmaları anlamlı öğrenmenin sağlanmasına yardımcı olacaktır. Öğretmen, konu ile ilgili kavram yanlışlarını bilmeli, öğrencilerin ön bilgilerini sorgulamalı ve bu doğrultuda öğretim yapmalıdır.

Kaynaklar

- Alparşlan, C., Tekkaya C. ve Geban, Ö. (2003). Using the Conceptual Change Instruction to Improve Learning. *Journal of Biological Education*, 37(3), 133-137.
- Amir, R. ve Tamir, P. (1994). In-depth Analysis of Misconceptions as a Basis for Developing Research-Based Remedial Instruction: The Case of Photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 56, 94-100.
- Atılboz, N. G. (2001). *Lise 1.Sınıf Öğrencilerinde Hücre ve Moleküler Biyoloji Konuları İle İlgili Görsel ve Deneysel Malzeme Kullanımının Başarı Üzerine Etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Bahar, M., Johnstone, A.H.ve Hansell M.H. (1999). Revisiting Learning Difficulties in Biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84-86.
- Brown, C.R. (1990). Some Misconceptions in Meiosis Shown by Students Responding to an Advanced-Level Practical Examination Question in Biology. *Journal of Biological Education*, 24(3), 182-186.
- Brown, C.R. (1995). *The Effective Teaching of Biology*. London and New York: Longman.
- Cleminson, A. (1990). Establishing an Epistemological Base for Science Teaching in The Light of Contemporary Notions of The Nature of Science and of How Children Learn Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445.
- Gil-Perez, D. ve Carrascosa-Alis, J. (1994). Bringing Pupils' Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching. *Science Education*, 78(3), 301-315.
- Hewson, M.G. ve Hewson, P.W. (1983). Effect of Instruction Using Students' Prior Knowledge and Conceptual Change Strategies on Science Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731-743.
- Lewis, J., Leach, J. ve Wood-Robinson, C. (2000). Chromosomes: The Missing Link – Young People's Understanding of Mitosis, Meiosis, and Fertilisation. *Journal of Biological Education*, 34(4), 189-191.

- Mann M. ve Treagust, D. F. (1998). A Pencil and Paper Instrument to Diagnose Students' Conceptions of Breathing, Gas Exchange and Respiration. *Australian Science Teachers Journal*, 44, 55-60.
- Odom A. L. (1995). Secondary and College Biology Students' Misconceptions about Diffusion and Osmosis. *The American Biology Teacher*, 57, 409-415.
- Osborne, R.J. ve Wittrock, M.C. (1983). Learning Science: A Generative Process. *Science Education*, 67(4), 489-508.
- Sanders, M. ve Moletsane, G. (1997). First-year University Students' Problems in Understanding Basic Concepts of Plant Reproduction. *South African Journal of Botany*, 63(6).
- Smith, M.U. (1991). Teaching Cell Division: Student Difficulties and Teaching Recommendations. *Journal of College Science Teaching*, Sep/Oct, (21), 28-33.
- Tekkaya C., Özkan Ö. ve Sungur S. (2001). Lise Öğrencilerinin Zor Olarak Algıladıkları Biyoloji Kavramları. *H.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi* 21: 145-150.
- Pashley, M. (1994). A-Level Students: Their Problems with Gene and Allele. *Journal of Biological Education*, 28(2), 120-126.
- Yılmaz, Ö. (1998). *Kavramsal Değişim Metinleri ile Verilen Kavram Haritalarının Hücre Bölünmesi Ünitesini Anlamadaki Etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. ODTÜ, Ankara.