

Böceklerin Gözünden Dünya

Nilay GÜLPERÇİN*

¹Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi, İzmir.

Özet

Bu çalışmada böceklerin göz yapısı ve görme çeşitliliğinin, onların yaşam ve davranışları üzerine etkileri önceki çalışmaların ışığında değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Göz, görme, böcek.

World in the Eyes of Insects

Abstract

In this study, eye structure and visual diversity of insects and its different effects on their life and behavior has been evaluated in the light of previous studies.

Keywords: Eye, seeing, insect.

1. Giriş

Yüzyıllardır yapılan araştırmalar canlıların göz yapılarının ve görme mekanizmalarının oldukça geniş yelpazede yer aldığını ortaya koyar.

İnsan, maymun ve diğer gelişmiş bazı canlıların gözleri, kafataslarındaki göz çukurlarına yerleşmiş olup, buradaki kaslar sayesinde her yöne hareket eder. Bu canlılar nesnelere seçip tanıyabilme, farklı koşullarda ayrıntılı görebilme yeteneğindedir. Ancak hayvanların çoğu, şekilleri ve renkleri belirli ölçüde algılar. Gözleri omurgalılara benzeyen ahtapot ve mürekkepbalıkları cisimleri net görebildikleri halde üç boyutlu göremez. Kuşlar insanlardan daha hızlı görüş gücüne sahip olup, daha geniş açıyı çok daha detaylı tarayabilir. Bir kuş, insanın parça parça görerek algıladığı birçok görüntü karesini tek bakışta bir bütün olarak görür. Göz kapakları bulunmayan balıkların her iki gözü aynı yere bakmadığından aynı anda aynı yeri göremez. Salyangozlar ve solucanlar sadece ışığı ayırt edebilir. İnsan gözünden daha geniş görüş perspektifine sahip

* Nilay GÜLPERÇİN, nilay.gulpercini@gmail.com, Tel: (232) 311 15 66.

böceklerin 2-30.000 lensten oluşan birleşik gözleri bir çeşit mozayik resim oluşturur. Işığı toplama özelliklerinin insan gözünden daha iyi olması nedeniyle çevrelerindeki anlık değişimleri insana oranla daha çabuk hisseder (Yoon-ha, 2009). İnsan gözündeki lens, etrafındaki kaslar sayesinde şekil değiştirerek uzağa ya da yakına odaklanmakta, böceklerde ise lenslerin şekli değişmemesi nedeniyle odaklama gerçekleşmez.

2. Böceklerde Göz

Böcekler parçalara ayrılmış göz yapıları nedeniyle insanlardan farklı görme yeteneğine sahiptir. Görme algılarının harekete duyarlı olması ve renkleri ayırt etme yetenekleri bulunması nedeniyle diğer canlılar kadar güçlü görüşe sahip değildir.

Böcekler genellikle büyük bir çift birleşik göz ve 3 adet basit göze sahiptir (Anonymous, 2013a). Böceklerdeki her iki göz tipinin de görevi ışık ve hareketi algılamaktır (Anonymous, 2008).

Basit gözler küçük ve yuvarlak olup, sadece ışığı ayırt etmektedir. Birleşik gözler ise basit gözlere oranla daha karmaşık ve büyüktür. Her birinin beyne bağlı özel merceği ve ışığa duyarlı hücreleri bulunmaktadır.

İnsan gözü sıvı yapıda olup ışığı alacağı miktarı ayarlamak için irisi kullanır. Önce parlak bir ışığa sonra aynaya baktığımızda ışığa bağlı olarak gözbebeğimizin küçülüp büyüdüğünü görürüz. Böcek gözleri ise katı yapıdadır. Gözü aşağıya yukarıya hareket ettiren, ışığın ne kadar alınacağını düzenleyen pigmentler kullanılmaktadır. Göz katı yapıda olduğu için insan gözü kadar kırılğan olmadığından kolaylıkla yara almamaktadır (Anonymous, 2008).

2.1. Basit göz

Böceklerde basit gözler “kornea”, “korneagen tabaka”, “retina”, “pigment hücreleri” ve “merkezi sinir bağlantıları” gibi 5 ayrı kısımdan oluşmaktadır. Kornea, lens görevi yapan ocellus’un etrafındaki saydam kutikula alanı; Korneagen tabaka, saydam ve renksiz, korneayı salgılayan epidermal hücrelerin katmanı; Retina, elektriksel dürtüleri ışığa dönüştüren ve aktaran bir grup primer duyu hücrelidir. Bu hücreler retinula hücreleri ve grubun rhabdomer’e ve rhabdom’a katkıda bulunan her bir üyesiyle dairesel gruplar halinde düzenlenmiştir. Rhabdom ışığa duyarlı pigmentler olup, elektrik dürtülerini ışığa dönüştüren ocellus’un bir kısmıdır. Pigment hücreleri ise ocellus çevresinde heterojen dağılmış bir grup renkli hücrelerdir (Anonymous, 2013a). Bu hücreler ommatidium’a giren ışığın görme hücrelerine ulaşmasını sağlayarak sinir dürtülerini tetikler. Herbir ommatidium evrende sadece bir alanı işaret ederek sadece bu alan hakkında bilgi verir (Anonymous, 2010).

2.2. Birleşik göz

Böceklerde yüzlerce bal peteğinin birleşimi şeklinde görünen birleşik gözlerde her petek, mozaik gibi görüntünün bir parçasını oluşturur. Böceklerde birleşik gözler herbiri ayrı bir reseptör olarak çalışan ommatidia dediğimiz yüzlerce lensle kaplı optik birimlerden oluşur (Fildes, 2006).

Herbir ommatidia,

- Bir lens

- Şeffaf kristal bir koni
- Portakal dilimlerine benzeyen, radial desenli, ışığa duyarlı görme hücreleri
- Ommatidium'u komşularından ayıran pigment hücreleri'nden oluşur (Anonymous, 2010).

Kubbe şeklindeki birleşik gözlerin yüzeyini sıkıca kaplayan tek bir ocelli, ışığı toplar, beyine bilgi gönderen onbinlerce ocellus'tan iletilen bilgiyi duyuya dönüştürerek şeffaf konveks lensleri taşır (Yoon-ha, 2009). Dış kenarda lensleri izleyen kristal bir koni rhabdome'un salgısı olan birkaç görme hücresiyle çevrelenen uzun hücrelere bağlanır. Kristal koni, rhabdome ve retina hücreleri herbir ommatidium'u komşularından optik olarak ayıran pigment hücreleri ile çevrelenir. Retina hücreleri görüntüyü üretmek için optik gangliona uzanan sinir hücrelerine bağlanır (Parmentier, 2000). Böceklerin birleşik gözlerinde bu kısımlar altıgen şeklinde birikerek yan yana defalarca tekrarlanır (Anonymous, 2013a).

Birleşik gözde oluşan görüntü, ard arda duran noktaların algılanması şeklinde olup, her nokta bir ommatid tarafından mozaik gibi algılanır. Ommatid sayısı arttıkça görüş keskinliği de artar. Farklı yöne bakan gözlerin herbiri görüntünün farklı bir bölümünü üstlenir (Anonymous, 1986).

3. Böceklerde Görme

Görme fotokimyasal bir süreçtir. Işık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşmesi, gözün iç arka tabakasında elektrik uyarını olarak göz siniri aracılığıyla beyin arka tarafına ulaştırılmasıyla gerçekleşir. Görme duyusu; ışık, şekil, renk, hareket ve derinlik gibi çok çeşitli özelliklerin toplamıdır. Işık parçacıkları rhabdome üzerinde retina tarafından yakalanır. Retina, protein içeren opsin denilen bir zara bağlıdır. Bu kompleks rhodopsin olarak adlandırılır. Retina şekli değiştiğinde rhodopsin ve opsinden ayrılmakta ve sinir hücrelerini tetikleyerek beyne sinyal gönderilmesini sağlamaktadır (Parmentier, 2000).

3.1. Renk görüşü

Böceklerin de beslenmek, korunmak ve birbirlerini tanımak için renk ve şekilleri algılamaları gerekir. Bazı bitkiler böcekleri çekmede ve çiçeklerde tozlaşmayı sağlamada UV ışığı ve diğer özel renkleri yansıtmak için benzersiz tasarlanmış ve renklenmiştir. Birçok böcek insaninkinden daha geniş bir renk spektrumuna sahiptir. Bu yelpaze ultraviyole (arılarda) kızıl ötesine kadar (bazı kelebek ve böceklerde) değişir (Anonymous, 2013c). Balarılarının her bir ommatidium'unda sarı-yeşil ışığa en iyi tepki veren 4, mavi ışığa maksimum tepki veren 2 ve ultraviyole ışığına en iyi tepki veren kalıcı 2 görme hücresi bulunur. Bu sistem balarılarının kırmızı hariç, renkleri ayırt edebilmesi için etkinleşmiştir (Anonymous, 2010).

3.2. Ultraviyole görüş

Böceklerdeki yanardöner kornealar bazı renkleri geçerek diğerlerini yansıtır. Bu renk kapasitesini farklılaştırmak ve uzatmak için böcek, reseptörlerine izin verir. Bu etki böceklerin UV ışığını insanlardan daha net görmesine yardımcı olur (Anonymous, 2013c). Eisner ve arkadaşları Cornell'da özel bir ultraviyole vericisi kullanarak tozlaşması böcekler tarafından gerçekleştirilen birçok çiçeğin balarılarına bize görüldüğünden farklı görüldüğünü saptamışlardır (Anonymous, 2010).

3.3. *Flicker etki (Titreme etkisi)*

Böceklerdeki birleşik gözlerin hareket algılamalarındaki mükemmellik flicker etkiden kaynaklanmaktadır. Bir nesne, böceğin görüş alanı boyunca hareket ettikçe ommatidia açılıp kapanır. Ortaya çıkan titreme etkisiyle böcekler hareket eden nesnelere daha hızlı tepki verir. Balarılarının hareket eden çiçekleri daha fazla ziyaret etmeleri titreme etkisi nedeniyledir (Anonymous, 2010).

4. Böceklerde Göz ve Görme Çeşitliliği

Dünyada zengin tür çeşitliliği ile bilinen böceklerin görme keskinlikleri de birbirlerinden farklıdır. Birçok böcek inanılmaz parlak ışık ve renk görüşüne sahip olduğu halde bazıları renk köründür. Kırmızı rengi göremeyen arılar cisimleri sarı, yeşil ve mavi renkte görmekte ve ayrıca ultraviyole ışınlarını da görme yeteneğindedir.

Balarılarının detay görme yeteneği birçok omurgalı hayvandan oldukça zayıf olup, insan gözünün 1/60'ı kadardır. Yani aralarındaki mesafe 60 m olan iki nesne, bir balarısı tarafından sadece 1 adım uzaktaymış gibi görür (Anonymous, 2010). Düşük açılarda atmosfere giren ışık polarize olur, bu durum titreşimli dalgaları kısıtlayarak balarılarının polarize ışığı algılamasını sağlar. Gökyüzündeki görülebilir ışığın polarizasyonunu hissedebilme özellikleri balarılarında eşsiz bir iletişim yeteneği katar. (Anonymous, 2013b). Polarize ışığı algılayarak kazandığı yön duygusu ile yönünü güneşe göre tanımlayıp dans ederek kovandaki diğer arılara besinin yerini uzaklığını gösterir. Ayrıca kovandayken yoğun nektarın yerini anlatmak için dairesel bir dans ile iletişim kurar (Anonymous, 2013c).

Böcek gözlerinin odaklanma özellikleri ve uzun görüşleri olmadığı halde kelebekler, birkaç metre uzağı görme yetenekleri nedeniyle en ileri görüşe sahip böcek grubudur (Parmentier, 2000). Kelebeklerin besin bulmak, hayatta kalmak ve üremek için geniş renk spektrumuna ihtiyaçları vardır. Bazı kelebekler çiçeklerden yansıyan UV ışığı bazıları ise insanın renkleri görme sınırlarının ötesinde yakın-kızılötesi ışığı görebilen geniş renk görüşü spektrumuna sahiptir.

Gözleri çiçeklerdeki ince desenleri görmek ve diğer kelebeklerle birlikte sırayla uçmak için yeterli çözünürlüğe sahiptir. Bazı kelebekler nesnelere ayrıntılarını 30 mikron'a kadar görürken insanlar sadece 100 mikron aralığında görebilir. Bunun nedeni göz odak uzaklığındaki geniş farklılıktır. Kısa odak uzunluğuna sahip kelebeklerin gözleri insan gözünden daha yakın odaklama yeteneğindedir. İnsan gözü daha geniş bir alan üzerinde daha uzun mesafeyi kelebeklerin gözünden daha iyi odaklayabilir (Anonymous, 2013c).

Kıncanatlı böcekler daha ileri optik tasarımı olan ve ışığı kıran gece gözlerine sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle kıncanatlı böceklerin gece görüşü ve orman yangınlarını algılama yetenekleri bulunur (Anonymous, 2013c).

Sineklerin çoğunda gözler başın büyük bir kısmını kaplar. Gözlerin büyüklüğü ve yeri, familyaya ve eşeylere göre değişir. Dişilerin birleşik gözleri alında oldukça ayrı olup, erkeklerde birbirine değer. Gözlerin rengi kırmızıdan koyu kahverengiye değişir ve bu renkler bordo, koyu yeşil, kırmızı bantlarla bölünerek güzel bir tasarım oluşturur. Sineklerde görme oldukça gelişmiş olup her bir fotoreseptörün görüş alanı yanındakiyle % 90 örtüşerek ışığı iyonik akıma dönüştürür (Christensen, 2008). Mağaralarda yaşayan

türlerde birleşik gözler körelmiş olup, üçgen şeklinde dizilmiş üç nokta göz sadece ışığı algılar, ancak şekilleri göremez (Anonymous, 2013d).

Karasineğin ortalama 400 bin ommatid'den oluşan mükemmel bir görme mekanizması bulunur. Her ommatidin yüzü farklı bir yöne dönük olduğundan ayrı bir noktayı görür ve bu görüntü beyinde biraraya getirilerek anlamlandırılır. Yani her ommatid bir gözün bütün özelliklerine sahiptir. Hatta bu özellik sayesinde bu böcekler arkalarını dahi görebilir. Genellikle koyu gri ve siyah olan karasinekler, sahip oldukları kırmızı birleşik göz yapısı ile dikkat çeker. Bu türlerde gözler yaklaşık 4000 ommatidiumdan oluşur. Küçük olduklarından ve 2 mm yakınındaki bir cisim net olarak görebildiklerinden ayrı bir merceğe ihtiyaçları yoktur. Bu gözlerin bir üstünlüğü de görme hızlarıdır. Karasineğin iki gözündeki toplam duyu hücresi sayısı 48.000 olup, saniyede 100 görüntü algılar. İnsan gözü saniyede 20-50 açık-koyu renk değişimini farkedebilirken, karasinekte bu, saniyede yaklaşık 200 defaya çıkar (Anonymous, 2013d).

Yusufçukların ileri geri uçarken görmelerini sağlayan, geniş açılı bir görüntüye sahip kompleks birleşik gözleri bulunur. Tıpkı diğer böcekler gibi gözler vücut oryantasyonunu değiştiren konuma sahiptir. Yusufçukların birleşik gözlerinden her biri yaklaşık 30.000 göz sensöründen oluşur. Bu yüzden gözleri birçok böcekten daha iyi görme çözünürlüğüne sahiptir. Avcılığa ve aktif yaşama adapte olduklarından oluşum ve hareketleri görme özellikleri dışında uçarken avını yakalama sırasında yakın çevresinde detaylı bir görüşe de sahiptir (Parmentier, 2000).

5. Böceklerin Göz Yapısı ve Görme Mekanizmalarının Bilinmesinin Önemi

Yaşadıkları ortamlardan aldıkları uyarılar, böceklerin yaşamlarını önemli derecede etkilemektedir. Farklı göz yapıları ve görme mekanizmalarıyla böcekler bu uyarılara pozitif ve negatif yönelim gösterir. Bu davranışlar bazı böceklerde ışık, renk ve titreşim tarafından çekilme, bazılarında ise uzaklaşma şeklinde olur.

Bu yönelimlerin gerçekleşmesine neden olan göz yapıları ve görme mekanizmalarının böceklerin yaşamları üzerinde:

- Karşı eşeyi bulmaya yönelik etkisiyle döllerin sürekliliği
- Fitofag, predatör, parazit ve parazitoit yaşayan böceklerin konukçularını bulunması,
- Bazı böceklerin ise doğal düşmanlarından uzaklaşması konusunda etkisi vardır.

Bu etkiler, kültür bitkileri üzerinde zararlı böceklerle savaş konusunda geliştirilecek yöntemlere ışık tutması yönünden de önemlidir. Gelecekte yürütülecek çalışmalarda bu konunun tarımsal savaş açısından ele alınmasında yarar bulunmaktadır.

Kaynaklar

- [1]. Anonymous, 1986. Evrenin Harikaları: İnsan Denen Harika. İstanbul: Milliyet Yayınları, 1986, Cilt 2, 128 s.
- [2]. Anonymous, 2008. Ask an entomologist: Do insects have eyes? (<http://membracid.wordpress.com/2008/03/20/ask-an-entomologist-do-insects-have-eyes/>).

- [3]. Anonymous, 2010. The compound eye. (<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/C/CompoundEye.html>).
- [4]. Anonymous, 2013a. The eyes. (<http://www.earthlife.net/insects/anat-head.html>).
- [5]. Anonymous, 2013b. Insect eye diversity. (<http://www.ebiomedia.com/Eyes/What-animal-has-a-more-sophisticated-eye-Octopus-or-Insect.html>).
- [6]. Anonymous, 2013c. Eye design book. (<http://eyedesignbook.com/ch3/eyech3-c.html>).
- [7]. Christensen, B., 2008. Robots may get compound insect eye vision. Science Fiction in the News. (<http://www.Technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=1638>).
- [8]. Fildes, J., 2006. Insect eye inspires future vision. (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/tech/4946452.stm>).
- [9]. Parmentier, J., 2000. Insect eyes. (<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html?http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artapr00/inseye.html>).
- [10]. Yoon-ha, J., 2009. Scientists create “artificial insect eye” to allow for wider, brighter view (http://www.kisti.re.kr/board/bbsread.jsp?tname=MINBOARD002&bbsid=E101&bbs_seq=259&jkeyjword=&pg=1&htxt_code=12505923248594429942011059416933).