

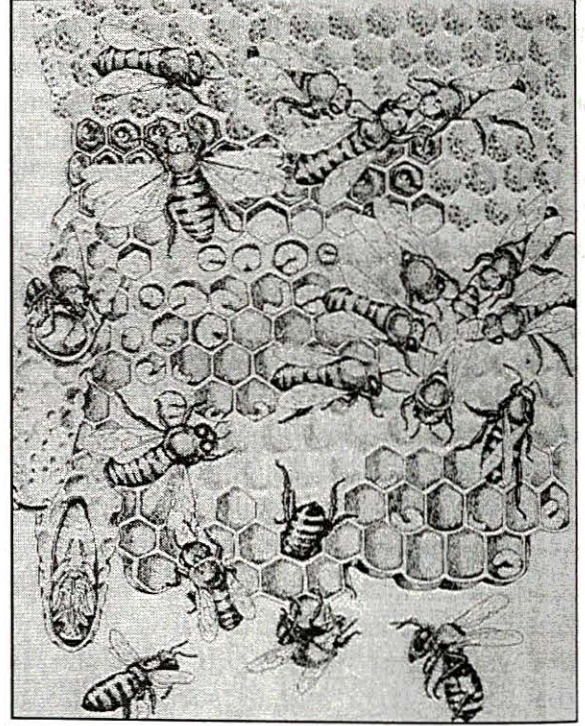
BİLİMDE BALARISI

Dr. Tugrul GİRAY

Neden balarısı?

Binlerce balarısı kovanda herhangi bir merkezi yönetim olmaksızın bakıcılıktan tarlacılığa dek gereken her işi görürler. Arılar her an her tür işle karşı karşıya olmalarına rağmen yaşlarına ve kabiliyetlerine göre işler seçer ve sadece bunlarla meşgul olurlar. Örneğin, nektar yükünü toplayıcı arılardan alan ve depolamaya götüren bir arı çevresindeki toplayıcı arıların dans ile ilan ettiği kaynaklara ilgi göstermez. Arı topluluğu aynı şehir toplumunda olduğu gibi ilgi alanlarına, mesleklerine göre bir iş bölümü gösterir. Bu yaşla ilintili iş bölümü bireysel bir davranışsal gelişimin ürünüdür. En genç erişkin arılar kendi hücrelerini temizlerler, sonra bakıcılık işlerini görev edinir, kurtcuklara arı sütü verirler. Daha sonra toplayıcı arıların getirdiği nektarı bal gözelerinde depolarlar, sonra kovan girişini beklemeye başlarlar, sonra da belirgin bir geçiş yapıp tarlacılığa başlarlar. Bu görünüşte düzensiz, bireysel çabalardan bir de bakırız ki bir düzen ortaya çıkmıştır. Örneğin, kovanın ortasında yeni gelişen kurtcuk halinde arılar, onların çevresinde polen ya da çiçek tozu, en dışta da bal biriktirilmiştir (Şekil-1). Hem arıların bireysel davranış ve gelişimi, hem de bunun ürünü olan kovanda iş bölümü ve yapısal düzen bilimin ilgisini çekmiştir. Bu konuların incelenmesi bize bir çok yeni kavram oluşturma ve anlama açısından katkıda bulunmuştur.

Biyoloji, yani canlılar üzerine nasıl ve niçin sorularını incelemek ikibinli yılların en önde gelen bilim dalı olacaktır. İnsan kalıtsal malzemesinin dökümünün tamamlanmış olması, canlıların kalıtsal kopyalarının üretilmesi (cloning), hücrelerin yapı taşı olan proteinlerin tamamının birbiri ile alakasını çalışmaya başlamış olmamız (proteomics), biyoteknoloji diye bir yeni bilim ve mühendislik dalının ha-

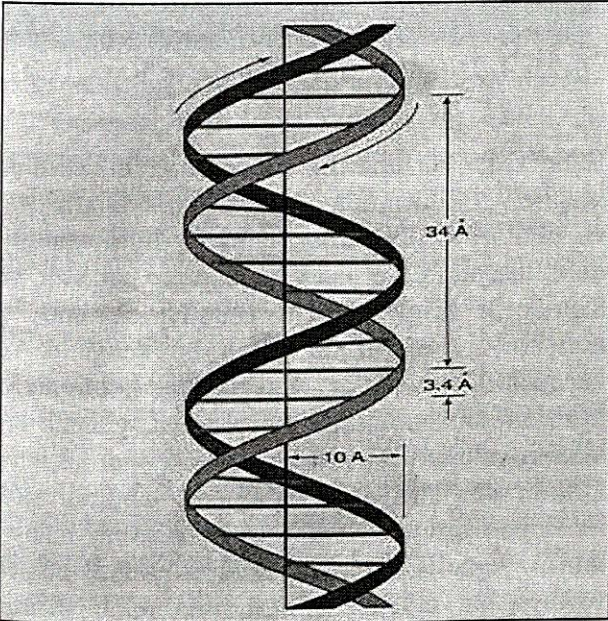
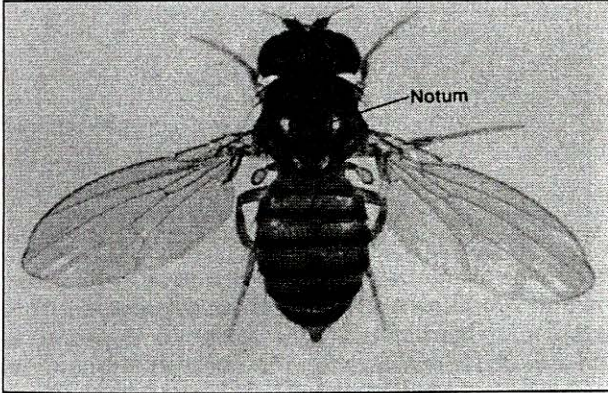


Şekil-1: Balarılarında işbölümü (Winston, 1987)

yatımıza giriyor olması hep buna işaret. Yine de bu biyoloji alanındaki bilgi ve teknoloji patlamasını iki elin parmakları ile sayılabilecek kadar canlıya borçluyuz. Dünyada bildiğimiz iki milyon tür canlı olduğuna göre her birini ayrıntılı olarak incelemek olası değil. Üstelik bazı türler üzerine deney yapmamayı seçiyoruz. Örneğin, kalıtım üzerine deneylerde kobay faresi ve meyve sineği gibi dikkatle seçilmiş model canlılar kullanıyoruz (Şekil-2). Bir de ekonomik önemi olan, üretim için kullanılan canlılar üzerine çalışmalar yapıyoruz.

Özellikle davranış çalışmalarında balarısı da bu model canlılardan biridir. **Neden balarısı? Bal üretimi ve tarım bitkilerinin tozlaşmasına katkısı ile balarısının tabii ekonomik bir**

önemi var. Ama diğer hayvanlar için bir model olması başka nedenlerden dolayıdır.



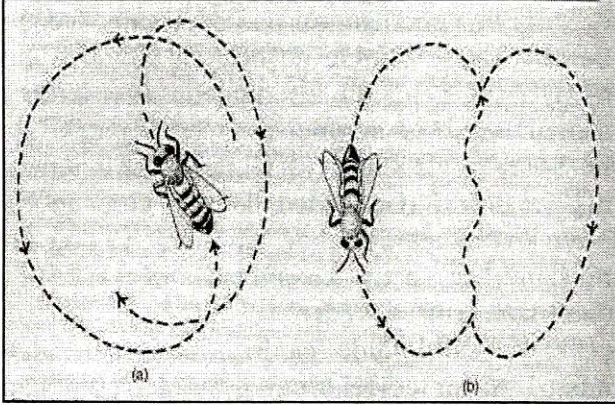
Şekil 2. A) kobay faresi, B) meyve sineği , C) DNA molekülü (Griffiths ve ark. 1993)

Fizikte hareket yasalarını incelemek için nasıl sürtünmesiz yüzeyde “nokta” kütlelerin hareketini inceliyorsak, biyolojide de ilgilendiğimiz sistemin en basit şekilde temsil edildiği, yine de bütün gerekli öğelerin bulunduğu bir model kullanmak isteriz. Basitlik deneylerin kolay ve ucuz olarak yapılmasını sağlar, gereken bütün öğelerin modelde bulunması sonuçların incelenmesi ve genellenmesi için önemlidir. Genelde böcekler, özellikle de balarısı davranış çalışmaları için bu tür bir modelin özelliklerini taşır. Düzenli ve ayırıcı deneyler yapmak için bu kolay gözlenebilir ve tekrarlanabilir davranış önemlidir. Gerçekten de yüz kere de bir arıyı kovanından bir kaç kilometre uzakta bıraksanız, arı uçup kovanına dönecektir. Bu özellikten istifade ederek Fred Dyer arıların çevreyi beyinlerinde canlandırdıklarını çalışmıştır. Arılar çevrelerinin pusulaya göre tam bir haritasını çıkarmıyorlar, sadece sıra-sıra görüntüleri hafızalarında saklıyorlar.

Balarısı belli özellikleri ile mükemmele yakın bir deneysel modeldir. Örneğin, balarısı davranışını incelemek diğer canlılardan daha basittir. Çünkü balarısı modelinde davranışlar bir milyon beyin hücresi kontrolünde yapılır. Oysa insan beyninin bir santimetre küpünde bunun 10 katı sinir hücresi var. Ama bütün canlılarda olduğu gibi yaşamın bazı temel sorunlarını arılar da çözmek zorundalar. Yiyecek, barınma ve üreme bunların başlıcaları. Arı üzerine araştırmada deneylerin kısa sürede tamamlanabilmesi de önemlidir. Örneğin yaşlanma üzerine araştırma yaparken insanlar üzerine kısıtlı veri toplamak yüz yıl civarı zaman gerektirecektir. Maymunlar üzerine yaşlanma biyolojisi çalışmaları halen devam ediyor, ama onlarca yılın sonunda henüz bir sonuç bekleyemiyoruz. Yalnız farklı rejim gruplarındaki maymunların fizyolojisine bakıp karşılaştırmalar yapıyoruz. İşçi balarılarının yaşamları yazın 4 ile 6 hafta kadar sürer.

Az sayıda sinir hücresi, kısa yaşam, büyük sayıda deney canlısı bulabilmenin yanında balarısının zengin bir davranış çeşitliliği var. Basit

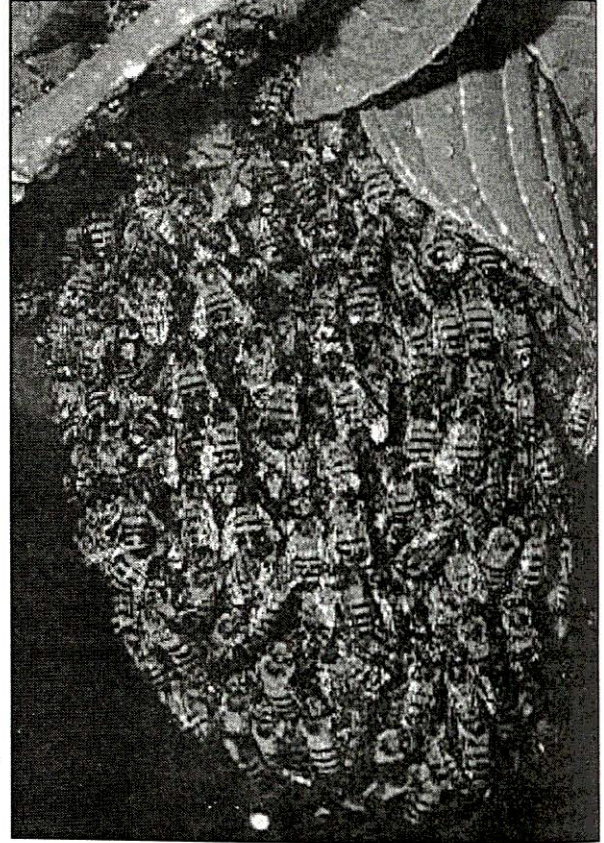
etki-tepki türü davranış çalışmalarından, şartlı öğrenme, hafıza gibi bireysel davranışlara, sosyal davranış ve bireyler arası koordinasyona kadar değişik konuları çalışabiliriz. Hatta sembolik dil, haberleşme, hayvanlarda bilinç gibi konular da balarısı modelinde çalışılabilir (Şekil-3).



Şekil 3. Arı dansı (O'Toole ve Raw, 1991)

Daha da pratik olarak uzun yıllar balarısı ile içiçe yaşamamızın ürünü olarak büyük bir bilgi birikimimiz var. Arıların bakımı ve yetiştirilmesinde uzun yıllardır aynı teknikleri kullanmaktayız. Bundan elli yıl sonra da hala körük, fenni kovan, el-demiri, ana hücre gibi aletleri kullanmaya devam edeceğiz. Ana arı yetiştirmek, yapay dölleme, ana arı bankası oluşturmak gibi teknikler arı ırkları yetiştirmekte, kalıtım üzerine deneyler yapmada kullanageldiğimiz tekniklerdir. İstenilen özellikleri taşıyan balarısı seçimini bilim adamlarından çok arıcular yapmışlardır. Erkek arılar döllememiş yumurtalardan geliştiğinden tek tip kalıtsal malzemeye sahiptir ve bunu tamamen evlatlarına aktarırlar. Bu özellik kalıtım çalışmalarında birbirine çok benzer, ortalama kalıtsal özelliklerinin yüzde 75'ini paylaşan çok sayıda işçi arı elde etmek için kullanılır. **Çok sayıda deney canlısının, yani binlerce arının büyük kovanlarda, ucuza barındırılabilmesi (hatta belki de bal üretimi ile araştırmaya para getirmesi) ayrıca önemli bir avantaj olabilir (Şekil-4).** Çoğu kez bilimsel

deneylerde kullanılan canlılar için birey başına günlük harcama hesabı yapmak gerekir. Örneğin, bir farenin günlük bakımı yaklaşık 30 Amerikan dolarıdır.



Şekil 4. Doğal oğul (O'Toole ve Raw, 1991)

Balarısı iyi bir analitik modelin özelliklerini de sergiler. Balarısında gözlediğimiz davranışlar ve bunların arkasındaki işlevler diğer canlılardaki davranış ve işlevler üzerine anlamlı ve taşınabilir bilgiler verir. Balarısı davranış ve gelişimi, omurgalılara yakın bir zenginlik ve karmaşıklık sergiler: davranışın kontrolünde hormon, nöroanatomi, nörokimya, genetik etkiler incelenebilir. Arı davranışı doğal koşullar altında yer alır; işlevsel önemi laboratuvarında incelenen davranışlara göre daha kolay anlaşılabilir. Üstelik davranış üzerine sosyal etkiler vardır; bu etkiler omurgalıdakine benzer mekanizmalar kullanır.

Bir türün bireyleri arasında kimyasal haberleşmenin temellerini anlamamızda balarısı çok önemli bir rol oynamıştır. Hayvanlar arası haberleşmede feromon denilen kimyasal maddelerin önemli olduğunu en azından elli yıldır biliyoruz. Hatta feromonları etkilerine göre iki temel tipe ayırıyoruz. Arıların iğne bezinden salgıladığı alarm feromonu gibi hemcinslerde ani bir tepkiye yol açanlarına etkileyici (releaser) feromonlar diyoruz. Yine arıdaki, ana arının salgıladığı, ağızdaki tükürük bezlerinde üretilen ana feromonu işçi arıların yumurta geliştirmesini önler. Bu tür diğer bireylerde fizyolojik bir değişikliğe yol açan feromonlara da hazırlayıcı (primer) adını veriyoruz.

Başka canlılarda da bu tür hazırlayıcı feromonlar olduğuna dair elimizde veriler olmasına karşın yalnız balarısı için iki, ve mercan balığı için de bir hazırlayıcı feromonun kimyasal yapısını biliyoruz. Balarısından öğrendiğimiz temel ders bu tür feromonların genelde bir kaç kimyasal maddenin karışımı ile oluştuğu, bu bileşimdeki hiç bir maddenin tekbaşına tüm karışımın etkisini vermediği, ve tek tek etkilerin toplamının bütünü etkisinden düşük olduğudur. Ayrıca hazırlayıcı feromonların ek bir etkileyici özelliği olduğu zaman feromonun tanımlanmasının çok daha kolaylaştığını öğrendik. Örneğin, ana feromonunun bir etkisi de işçileri ana arının vücudundan bu maddeyi toplamalarıdır (Şekil-5). Cam çubuklara değişik karışımlar sürerek işçilerin buna tepkisi incelenerek feromon karışımı tanımlanmıştır. Bu bilgiler dahilinde insandan fareye kadar diğer canlılarda hazırlayıcı feromon avı devam etmektedir. Örneğin, insanlarda görülen bir olgu, aynı yatakhaneyi paylaşan yatılı kız öğrencilerin adetlerinin aynı zamanda olmaya başlamasıdır. Henüz bu kız öğrencilerin ne tür bir kimyasal madde salgıladıklarını bilmiyoruz. Farelerde görülen bir olgu da hamile farelerin buldukları bölgede yabancı bir erkek fare kokusu aldıklarında düşük yapmalarıdır. Hamile farelerde düşük erkek farenin idrarı ile sağlanabiliyor ama halen hangi kimyasal mad-

delerin bu etkiden sorumlu olduğunu bilmiyoruz.



Şekil 5. Kraliçe (Ana) arı çevresinde işçi arılar (O'Toole ve Raw, 1991)

Kovan düzeninin nasıl olup da bireylerin bağımsız davranışları sonucu ortaya çıktığını araştırmamız da kendiliğinden düzenlenme (self-organization) kavramının daha derin anlaşılmasını sağlamıştır. Bu kavram önce kimya bilim dalında, kristalleşme olaylarının incelenmesinde ortaya atılmıştır. Biyolojide insan vücudu simetri gösterir sorsundan, kelebek kanatlarındaki desenlere, canlıların çevrede dağılımına kadar bir çok konuda kendiliğinden düzenlenme kavramını kullanıyoruz. Balarısı kovanlarının orta kısmında kurtçuk ve yumurtaların bulunması, bunu ince bir halka halinde polenin sarması, en dışta da bal gözelerinin olması kendiliğinden düzenlenmenin ürünüdür. Kendiliğinden düzenlenme bireylerin genelden habersiz yerel ve bireysel kurallar doğrultusunda hareketi sonucu ortaya çıkar. "Herkes evinin önünü süpürse sokaklar temiz olur" sözü bir kendiliğinden düzenlenme örneği olarak görülebilir. Arı kovanında ana arının kovanın ortasına doğru gitmesi ve bulduğu ilk boş hücreye yumurtlaması yavruların ortada olmasını açıklıyor. Polen kurtçuklar tarafından yenildiği için işçiler bunu hemen kurtçukların yanına depolarlar. Kalan hücrelere de bal konulur. Başta karışık bir düzen de olsa kurtçuklar buldukluk-

ları hücrede yaklaşık üç hafta geliştikleri için sonunda ortadaki bütün hücreler kurtçuklara kalır ve polen sadece kurtçukların çevresini sarar.

Kovanda kendiliğinden düzenlenme örneği olarak incelenen diğer konular petek hücrelerinin yapımı, arıların yumak halinde kışlama düzenleri, arıların değişik nektar kaynaklarına ya da çiçeklere dağılımı, kovanın nektar ya da polen toplayan iş gücünün ayarlanması ve işçilerin yaşla ilintili iş bölümünde esneklik göstermeleridir. Her konu için basit kurallar çevresinde davranan, yerel kararlar alan işçilerin etkinlikleri kovan düzeyinde sanki bilinçli ve kovan için olumlu bir düzene yol açar. Petekler hep gereken oranda işçi ve erkek arı gözesi içerir, arılar kışın yumaklarının yoğunluğunu hava koşullarına en uygun şekilde düzenlerler, kovan önce en verimli nektar kaynaklarını kullanırlar. Kovadaki iş gücü bakıcı arıların yediği protein miktarına göre polen ya da nektar toplamaya yönelir, kovan sadece aynı yaştaki işçilerden de oluşsa kovadaki işler değişik bireyler arasında kovan gereklerine en uygun oranda bölünür. Kovan düzeni üzerine çalışmalarımız bizim mühendislik ve planlama sorularımıza da yanıt temeli oluşturabilir.

Kovandan öğrendiklerimize daha bir çok örnek verebiliriz. Mühendislikte kullandığımız yapılardan, dil çalışmalarına; davranış kalıtımından öğrenmenin ve davranışsal gelişimin temellerine kadar bir çok konuda arılar bilgi birikimimize katkıda bulunmuşlardır. **Bal peteği şeklinde yapılar en az malzeme ile en büyük yüz ölçümünü ve en dayanıklı yapıyı oluşturur. Arılardan öğrendiğimize göre sembolik dil sadece insanlara özgü değildir, hayvanlarla da haberleşebiliriz.** Yine bal arısı kovanda iş bölümünden, hastalıklara dirence kadar konularda yapılan kalıtım çalışmalarının genel özeti bireylerin kalıtsal farklılıklar gösterdiği bir topluluğun değişen koşullar altında gelişim garantisine sahip olacağıdır. Balarısının öğrenme yetisi ve sinir sistemi üzerine yapılan çalışmalar da öğrenme ve hafızanın temelinde

sinir hücreleri ve beyin seviyesinde değişikliklerin yattığını göstermiştir. Davranışsal gelişim bir çok vücut sisteminin örgütlü bir şekilde gelişimini gerektirir. Arıda yaşla ilintili iş bölümü çalışmalarından anladığımız kadarıyla örgütleyici araçlar genellikle hormonlardır. **Özetle, balarısı modeli aynı iyi bakımlı bir kovan gibi hem büyük bir bilgi hasatı vermiş, hem de bir çok yeni kovana, ya da çalışma konusuna oğul vermiştir. Balarısı üzerine çalışmalar artarak devam edecektir.**

KAYNAKLAR

- Alcock, J.** 2001. Animal Behavior An Evolutionary Approach. Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, MA, USA.
- Seeley, T.D.** 1995. The Wisdom Of The Hive. The Social Physiology Of Honey Bee Colonies. Harvard Univ.Press, Cambridge, MA, USA.
- Von Frisch, K.** 1967 [1965]. The Dance Language And Orientation Of Bees. Belknap Press of Harvard Univ.Press, Cambridge, MA, USA.
- Winston, M.L.** 1989. The Biology of The Honey Bee. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA, USA.

Adres: Department of Biology
University of Puerto Rico
San Juan, PR 00931
ABD (USA)
E-posta: tgiray2@yahoo.com