

## ARILARIN ORIENTASYON KABİLİYETİ VE LİSANLARI (1)

Prof. Dr. **KARL VON FRISCH**  
Münih Üniversitesi, Zooloji Enstitüsü

Çeviren:

Doç. Dr. **SAADET ERGENE**  
İstanbul Üniversitesi, Zooloji Enstitüsü

Die Naturwissenschaften; Yıl: 38, Sayı: 5, Sayfa: 105-112. 1951

1924 te Innsbruck'taki biologlar toplantısında verdiğim konferansta bu konu münakaşa edilmişti. O zamandan sonra onların birbirlerine, eskiden zannettiğimizden daha isabetli, haberler verdiklerini öğrendik. Tabiiyle bunlar kelimelerle anlaşmazlar, birbirlerini anlamak için kulağa ihtiyaçları yoktur. Buna mukabil ritmus, hareket, koku, ışık tenbihi ve yer çekimi istikameti için çok hassastırlar.

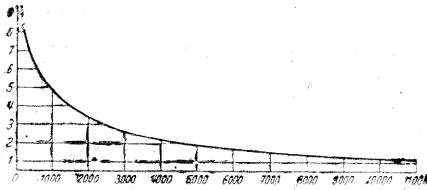
Anların lisanı hakkında daha 1924 te bilinen esas kaideleri hatırlatmama müsaadenizi dilerim. Anların lisanı, günlük besinlerini temin gagesiyelerdir. Daha samimi konuşmalar hakkında şimdiye kadar bir şey bilmiyoruz. Kovan yakınında bulunan iyi bir besin menbaı -tabii şartlar altında nektar veya polen veren çiçekler, tecrübelerimizde ise ekseriya şekerli su bulunan kaplar- bulan arılar kovana döndükleri zaman "dönme dansı" yaparlar. Bu hareket işsiz arkadaşlarının dikkatini çeker ve dans eden arılarla beraber besin menbana uçarlar ve yemi ararlar. Muayyen bir çiçeğin bulunması kokusu sayesinde olur. Çünkü, her çiçeğin kendine hâs bir kokusu vardır. Bu koku dans eden arı vücuduna ve topladığı nektara siner, bu suretle dans eden arıyı takip edenlere o çiçeği bulmak için dışarda hangi kokuyu aramalarının lâzım geleceği bildirilmiş olur. Bu haberlere fazlasiyle riayet edilir. Bundan başka mühim bir nokta daha vardır: Çiçekler fazla besin verdikleri müddetçe arılar kovana her dönüşte dans ederler, bu suretle toplayıcıların sayısı devamlı şekilde artar ve nihayet o kadar çoğalır ki ifraz olunan bütün nektarı veya çiçeklerin polenini toplamağa muvaffak olurlar. Bunun üzerine besin azalır. Besin azalınca da toplamağa devam olunur, fakat dans edilmez. Bu sebepten fert sayıları besin miktarına tekabül eden toplayıcı arı sürüsünde bundan sonra artık bir çoğalma görülmez. Henüz işsiz olan ameller diğer yeni besin kaynakları için hazır durumda beklerler.

Anların dönme dansından başka bir de "abdomen sallama dansı" yaptıklarından evvelce bahsetmiştim. Bunu polen toplayanların dansı olarak kabul ediyordum. Fakat sonraki araştırmalar nektar ve polen top-

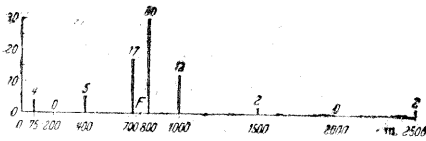
1) 25 Ekim 1950 de Alman Biolog ve Hekimler Cemiyetinin Münih'teki toplantısında konferans halinde tebliğ edilmiştir.

layanların besinlerini aynı yerden getirdikleri takdirde, aynı şekilde dans ettiklerini göstermiştir. Abdomen sallama dansı daha uzak mesafelerde bulunan besin kaynaklarını göstermek için yapılmaktadır. Dönme dansları besin menbaının kovana yakınında olduğunu gösterir, fakat besin menbaının mesafesi veya istikameti hakkında fikir vermez. Abdomen sallama dansları ise 100 metre veya daha uzakta bulunan bir besin menbaına işaret eder, hattâ besin menbaının kovandan ne kadar mesafede ve hangi istikamette olduğunu hayret edilecek bir kat'iyetle gösterir.

Besin toplama yerinin uzaklığı dans temposundan anlaşılır. Abdomen sallama dansında arı Şekil 6 c. de gösterilen yolu takip eder. Düz bir hat olan orta yolda abdomenini çok fazla sallar. Besin menbaı kovandan 100 m. uzakta ise 1/4 dakikada 9-10 abdomen sallaması yapar. Mesafe arttıkça bu ritmus da azalır. Sun'î besin menbaının yerini tedricen değiştirerek işaretlenmiş bir arı sürüsünü kovandan 12 km. uzaklaştırmağa muvaffak olduk. 11 km. de en son danslar müşahede edilmiştir. Bu danslarda vasatı olarak 1/4 dakikada 1,3 abdomen sallaması yapılmıştır (Şekil: 1). Demek oluyor ki, elimizde bulunan bir kronometre ile dans temposundan arıların hangi uzaklıktan nektar ve polen topladığını anlayabiliriz. Yuva arkadaşları bu işareti anlarlar. Bu haberi alan yeni arılar en şiddetli aramalarını, gösterilen uzaklıkta yaparlar. Arıların muayyen bir bölgeyi hangi şiddette aradıklarını anlamak mümkündür. Bunun için işaretlenmiş arıların muayyen bir koku (meselâ: lāvanta çiçeği yağı) ilâve edilmiş olan şekerli suda toplanmaları temin edilir ve



Şekil 1: Abdomen sallama dansının temposu ile mesafenin gösterilmesi. Apsis: Besin menbaının uzaklığı metre olarak gösterilmiştir. Ordinat: 1/4 dakikadaki abdomen sallama sayısı.



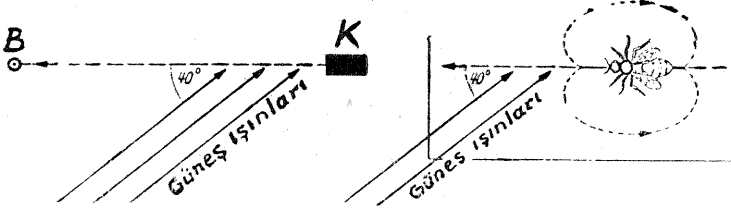
Şekil 2: Kademe tarzındaki tecrübenin neticesi. F. Kovandan 750 m. uzakta bulunan besin menbaı. Apsis: Koku tuzaklarının kovandan uzaklığı. Ordinat: Yeni gelen arıların sayısı. Tecrübe müddeti: 1,5 saat.

aynı kokuyu ihtiva eden, fakat içinde besin bulunmayan kaplar muhtelif yerlere konulur. Dans eden arılar lāvanta çiçeği kokusunu kovana taşırlar. Bu kokuyu duyan arkadaşları dışarda aynı kokuyu ararlar. Bu sebepten her koku tuzakına yeni gelenlerin sayısı, arıların o civarı hangi

şiddetle aradıklarını göstermeğe yarayan bir ölçüdür. Şekil 2, böyle bir tecrübenin neticesini göstermektedir: Besin menbaı kovandan 750 m. mesafededir. 1,5 saatlik müşahede zamanında bu mesafeye yakın olan koku tuzaklarında, 700 ve 800 m. de haberdar edilen yeni arıların sayısı en fazladır (17 ve 30). 1000 m. mesafede 12 yeni arı görülür. Daha uzak veya daha yakın mesafelerde arıların sayısı azdır veya hiç yoktur (Şekil: 2).

Anların dans temposundaki individual varyasyonlar hayret edilecek derecede azdır. Muhtelif arı cemiyetlerinin dans temposunda da muayyen hudutlar içinde değişiklikler mevcuttur. Bundan başka muayyen mesafelerde harici sebepler altında meydana gelen tempo değişiklikleri vardır. Bunlar da arıların mesafe tahmini hakkında bir fikir edinmemize yararlar. Mesafe hakkında verdikleri malûmat kovandan besin menbana kadardır. Tekrar geri dönmeğe ait değildir. Besin menbana giden yolda rüzgâr karşıdan geliyorsa arılar mesafeyi daha uzun olarak gösterirler. Buna karşılık rüzgâr arkalarından gelirse rüzgârsız mesafeye nisbetle daha küçük bir mesafe gösterirler. Aynı suretle kovandan besin menbana dik bir yokuşu uçarak gitmek lâzım geliyorsa daha yavaş dans ederler. Buna karşılık aynı mesafeyi yokuş aşağı uçmak icap ederse, tıpkı küçük mesafelerde olduğu gibi, daha çabuk dans ederler. Buna göre uzaklık hakkında haber vermede hedefe olan hakiki mesafe nazarı itibara alınmaz, hedefe varmak için lâzım gelen zaman ve sarf edilen enerji esas rolü oynar. Dans figüründe abdomenin düz bir hat istikametinde sallanması sayesinde abdomen sallama dansı aynı zamanda besin menbanının istikametini de gösterir. Genel olarak arılar, vertikal petek sathında veya horizontal sathta, meselâ kovan kapısı önündeki uçma tahtası üzerinde, dans etmelerine göre iki muhtelif metoddan faydalanırlar. Horizontal sathta istikamet gösterme, filogenetik bakımdan ihtimal daha eskidir. Anlaşılması da daha kolay olduğundan ilkönce bu dans şekline bahsedelim. Prensibi anlayabilmek için arıların, diğer böcekler gibi, güneşin durumuna dikkat ettiklerini, hem istikamet tayininde ve hem de bunu muhafazada güneşi göz önünde bulundurdıklarını bilmek lâzımdır. Toplayıcı arı kovandan besin menbana uçuşta, güneş arının önünde ve 40° solunda ise kovana döndüğü zaman abdomen sallama dansını güneşe göre aynı açıyı muhafaza ederek yapar, bu suretle besin menbanının istikametini gösterir (Şekil: 3). Dans eden arının arkasından gelen arkadaşları abdomen dansında arının güneşe göre aldığı duruma dikkat ederler ve uçtukları zaman bu vaziyeti aldıklarından besin menbana olan istikameti bulurlar. Böyle bir haberleşme ancak dans eden arının güneşin durumunu tesbit edebilmesi ile, yani ya kovan kapısı önün-

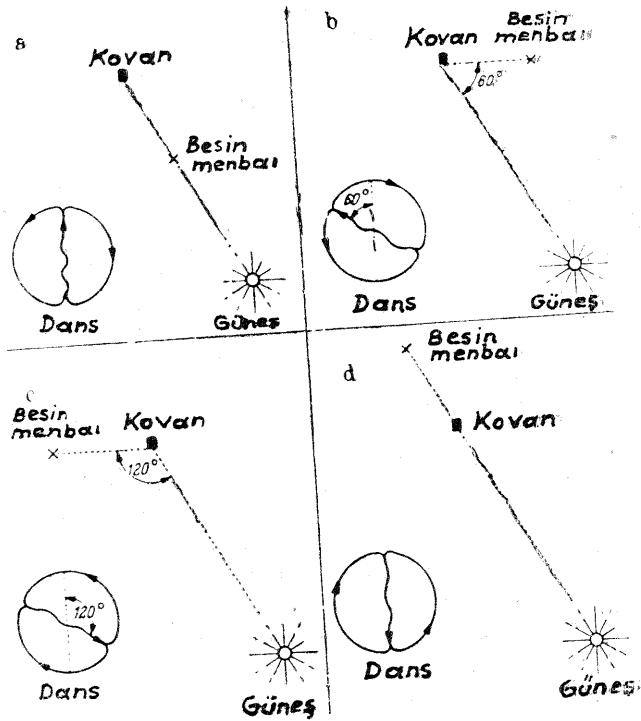
de veyahut horizontal duran camlı bir müşahede kovanının peteği üzerinde bulunması ile mümkündür. Güneşin durumunu tesbit edemezse de dans eder, fakat bu takdirde danslar karma karışık ve istikametsizdir.



Şekil 3: Horizontal satıhta dans ederek güneşin mevkiine göre istikametini gösterilmesi. Solda: K. Kovan, B. Besin menbaı, ←--- Toplama yerine olan uçuş istikameti. Sağda: Horizontal peteklerde abdomen sallama dansı.

Kovanlar umumiyetle ışık girmeyecek şekilde kapalı ve petekleri vertikaldır. Arılar peteklerden güneşin mevkiini farkedemezler. Bu şartlar altında fevkalâde olan ikinci bir metoddan faydalanırlar: Besin menbana uçuşta muhafaza ettikleri güneşe göre olan açıyı, yerçekimi istikametine şu şekilde tatbik ederler: Orta çizgide abdomen sallamasının yukarıya doğru oluşu, besin menbainın güneş istikametinde olduğunu gösterir. Orta çizgide abdomen sallamasının aşağıya doğru oluşu, tamamen aksi istikameti gösterir. Abdomen sallama dansının bu istikametten  $60^\circ$  sola ve yukarıya yapılması besin menbana sol taraftan ve güneşten  $60^\circ$  lik bir açı ile varıldığını gösterir (Şekil: 4). Karanlık kovanadaki yeni arılar yerçekimi istikameti hakkında aldıkları haberleri kovandan uçtukları zaman güneş istikametine tatbik ederler ve aldıkları habere çok dikkat ederler. Böyle bir tecrübenin neticesi Şekil: 5 te gösterilmiştir. İşaretlenmiş arılar önce B de beslenmiştir. Besin menbainın istikametindeki koku tuzağına en fazla arı gelmiştir. Bundan  $15^\circ$  inhiraf eden istikametlerde arıların sayısı çok azalmış ve  $45^\circ$  de 1,5 saat zarfında hiç bir arı görülmemiştir.

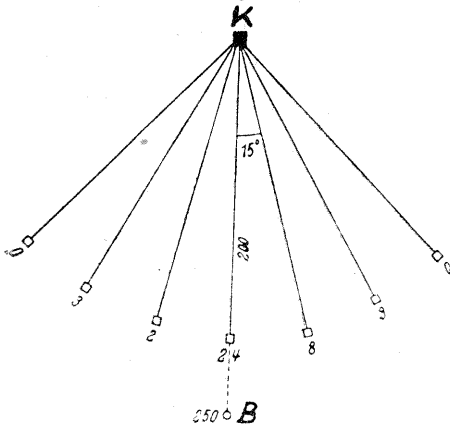
Bu anlattıklarım, insana inanılmaz gibi gelir. Ben de bunlara ilkönce inanmak istememiştim. Bir gün sadık çalışma arkadaşlarım olan kızlarım bir gezinti dönüşünde yeni bir yere besin koyduklarını, bu yerin nerede olduğunu bana söylemeyeceklerini, bunu arılarına sormaklığımı söylediler. Arıların danslarını müşahade ederek 350 m. ötede bulunan besin kabını takriben 4 m. lik bir mesafe hatası ile tesbit ettim. Bu sırada şansımda yardım etti ve kabın istikametini  $12,5^\circ$  lik bir hata ile tayin ettim. Sonuncu hata oldukça büyüktü. Çünkü, eskiden hata menbaı hakkında



Şekil 4: a-d. Vertikal petek sonunda dans ederek güneşin mevkiine göre istikamet tayini. Güneşe olan istikamet yerçekimi istikametine aşağıdaki anah-tara göre tatbik edilir: a. Baş yukarıya doğru abdomen sallama dansının yapılması=Besin menbaının güneş istikametinde olduğunu gösterir. b. Abdomen sallama dansının yukarıya doğru olan istikametden 60° sola yapılması=Besin menbaının güneş istikametinden 60° solda bulunması demektir. c. Abdomen sallama dansının yukarıya olan istikametden 120° sağa doğru yapılması=Besin menbaının güneş istikametinden 120° sağda bulunması demektir. d. Abdomen sallama dansının aşağıya doğru yapılması=Besin menbaının güneşin aksi istikametinde olduğunu gösterir.

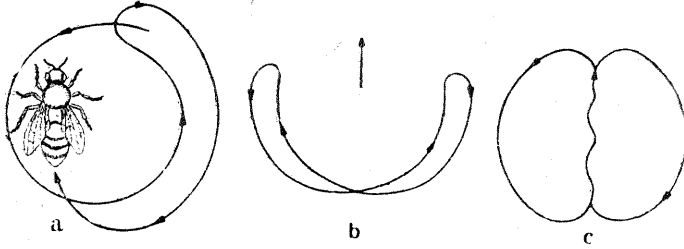
bir fikrim yoktu. İlerde yaptığım iki tekrarlamada benim için malûm olmayan 340 ve 150 m. mesafelerdeki besin yerinin tayininde mesafe bakımından 30 ve 40 m. lik birer hata yaptım. İstikamet tayinindeki hatam 4° ve 5° idi.

Kovan yakınına konulan şekerli su üzerinde toplanan binlerce arıların yalnız dönme dansı yaptıklarını yıllardanberi görüyordum. Kovan-daki diğer arılara bu dans şekli ile besin menbaının istikameti hakkında haber verilmez. Vaziyetin böyle olduğu dönme dansı ile haberlendirilen



Şekil 5: 27.9.49 da yapılan bir yelpaze tecrübesi. K. kovan. B. Besin menbaı, kovandan 250 m. uzakta ve kokulu bir zeminde. Kovandan iki yüzer m. mesafede ve on beşer derece açı ile 7 tane besinsiz koku tuzacı konmuştur. Sayılar, yeni gelen arıları gösteriyor (Tecrübe müddeti 1,5 saat).

arılarn kovan etrafında her istikamette eşit olarak besin aramalarından da anlaşılır. BALTZER ve TSCHUMI İsviçredeki arılarda besin menbaı yakın olduğu zaman başka bir dans şeklini, "tırpan dansı" nı, müşahede



Şekil 6: a-c. Arıların yürüyüş tarzı. a. Dönme dansı, b. Tırpan dansı, c. Abdomen sallama dansı.

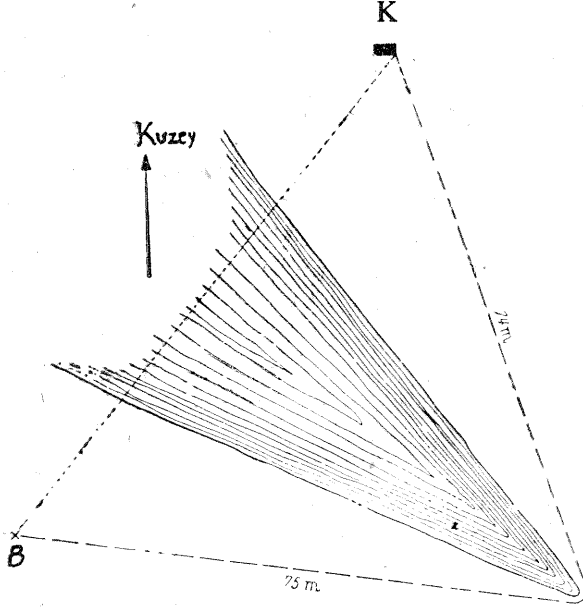
etmişlerdir (Şekil: 6 b). Burada tırpanın açıklığı besin yerinin istikametine gösterir. HEIN (1950), Utrecht'de S. DIJKGRAAF'ın Enstitüsünde Hollandadaki arılarda bu durumu teyit etmiştir. Bunun, ırk dolayısıyla meydana gelen muhtelif haberleşme tarzları, âdeta arı lisanının muhtelif şiveleri, olduğunu tahmin etmiştim. Bu tahminim son haftalar zarfında daha kuvvetlenmiştir. Kovandan 10 m. uzakta bir besin menbaı vardı. Arılardan az bir kısmının ilk defa olarak tırpan dansı yaptıklarını hayretle gördüm. Ekserisi eskidenberi malûm olan dönme dansını yapıyorlardı. Bu arı cemiyetinin kraliçesi Salzburg ırkına hâs olan koyu renkte idi. Fakat bir italyan arı cemiyeti ile birleşmeden dolayı mezleşmişti ve koyu ameleler yanında italyan ırkına hâs abdomeni parlak sarı halkalı fertler de az miktarda meydana gelmişti. İyice dikkat edildiği

vakit tırpan dansını İtalyanların yaptığı görülmüştür. Bunun üzerine ikinci bir melez cemiyet yetiştirilmiştir. Bu cemiyetin kraliçesi sarı halkalı ve sarı amelelerin sayısı daha fazla idi. Bu ikinci cemiyet ilk elde edilen neticeyi teyit etmiştir. Son bahsedilen cemiyetin 16 İtalyan arısında 66 dans müşahede edilmiştir. Bunlardan 65 i istikamet gösteren tırpan dansları idi. Aynı cemiyetin koyu renkteki 15 arısında 49 dans müşahede edilmiştir. Bunlardan 47 si dönme dansı ve 2 si şüpheli tırpan dansı idi. Sarısı az olan bir kaç fert, geçit formları, değişik vaziyet gösteriyorlardı. Diğer başka bir cemiyette de sayı nisbeti buna benziyordu. Demek oluyor ki, yakında bulunan besin menbalarında istikamet verici tırpan dansının yapılması itiyadı bu melez cemiyetlerinde ancak İtalyan ırkının en göze çarpan vasfını haiz sarı renkli arılarında müşahede edilmiştir.

Dans şekillerinde başka farkların da mevcut olup olmadığını tesbit edebilmek için besin menbanı tedricen 10 m. den 100, 200, 300, 400 ve 500 m. mesafeye kadar kovandan uzaklaştırdık. Bu takdirde görülen abdomen sallama danslarında İtalyanların dans tempoları bariz bir surette daha yavaştı. Dans eden bir İtalyan arısını yalnız İtalyan arıları takip etmez, bilâkis civardaki birçok siyah arılar da onu takip ettiğinden böyle melez bir cemiyette ufak bazı anlaşmazlıklar olabilir.

İşaretlenmiş arılarla birlikte besin menba çok uzakta olan ve etrafından dolaşarak gidilmesi icap eden bir mânianın, meselâ bir dağın, arkasına götürülürse bu işaretli arılar aynı dolambaçlı yoldan kovana döndükleri zaman abdomen sallama dansları ile dönüş yolu istikametini değil de, doğrudan doğruya hiç uçmadıkları bir yol olduğu halde kovandan besin menbana doğru olan hava hattı istikametini gösterirler. Bu, birçok tecrübe serileri ile teyit edilmiştir. Salzburg Alplerindeki Schafberg'de sarp bir kaya böyle dolambaçlı yol tecrübeleri için uygun görüldü. 1947 yılında bu kayanın bir tarafına bir anı cemiyeti getirdik ve bu arıları besin menba ile birlikte sarp kenarın etrafını dolaşarak kayanın öbür tarafına koyduk. Bu dar açılı dolambaçlı yol sayesinde bilhassa bariz bir netice elde edeceğimizi umuyorduk. O zaman hayal sukutuna uğradık. Arılar kaya üzerinden giden yolun, ilk tahminimiz hilâfına, kaya dışından geçen dolambaçlı yoldan daha kısa olduğunu çabucak anlamışlardı. Demek ki güneşe göre yaptıkları dansta kaya üzerinden takip ettikleri istikameti gösteriyorlardı. 1950 senesi Ağustosunda tecrübeyi tekrarladık ve kaya kenarından olan yol mesafesini kaya üzerinden olan mesafeden daha kısalttık. Bu takdirde arılar arzu ettiğimiz dolambaçlı yoldan uçtular ve yine dans eden arılar, hedef olarak hava hattını gösteriyorlardı. Bu hat ile kovan istikametinden kayanın yerdeki ucuna gi-

den hat arasında hemen hemen  $60^\circ$  lik bir açı mevcuttu (Şekil: 7). Bu bilhassa petekleri horizontal olan kovanlarda barizdi. Bilindiği gibi horizontal peteklerde anlar abdomen sallama dansında hedef istikametini



Şekil 7: Schafberg'deki tecrübe sahasının krokisi. K. Kovan, B. Besin menbaı, --- Uçulan dolambaçlı yol, ..... Hedefe ulaşan hava hattı.

doğrudan doğruya gösterirler. Bu takdirde arka tarafında besin menbaının bulunduğu sarp kayayı doğrudan doğruya işaret etmişlerdir. 22-24 Ağustosta 5 tecrübe serisinde protokole geçirilen 54 dansın gösterdiği istikamet vasatı olarak kovandan besin menbainan olan hava hattı istikametinden yalnız  $2,5^\circ$  farklı idi. Dans eden anlar uçtukları yolun yalnız bir kolunu gösterelelerdi, o zaman kovandaki arkadaşlarını yanlış yola sevk etmiş olurlardı. Besin menbainan olan hakiki istikamet anları evvelâ sarp kayaya ve sonra, uzaklık hakkında da verilen haberle, dolambaçlı yoldan hedefe ulaştıracaktır. Anlarda maksada uygun hareketlerin bulunduğuna vâkıf olmamızla onların durumları daha kolay anlaşılabilir. Uçtukları dolambaçlı yoldan, kovandan besin menbainan olan hakiki istikameti minkale, cetvel ve resim tahtası olmadan o kadar tam bulmaları onların fevkalâde başarılarından birini teşkil eder.

İstikamet tayıni başka problemler de arzeder. Anı danslarının güneş durumu ile ilgili olduğunu görmüştük. Fakat hava kapalı olduğu zaman ne olacak? Bulutlu havalarda yapılan tecrübeler anların, buldukları



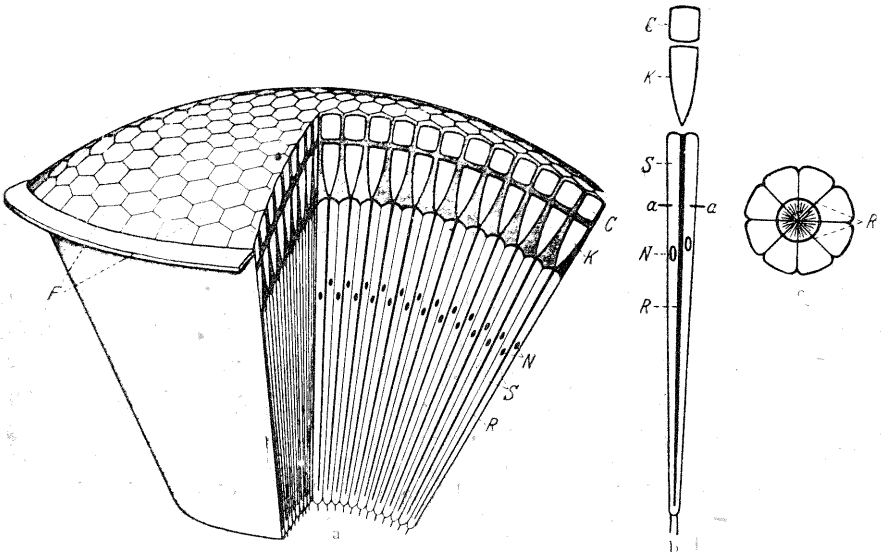
yerden serbest bir görüş sahasına malik oldukları takdirde, bulutlar altından da güneşi tanıyabildiklerini göstermiştir. Yalnız bu işi nasıl yapabildiklerinin izahı bugüne kadar kabil olamamıştır.

Bulutlar aralanarak yer yer mavi sema görüldüğü zamanlarda anlar güneşi görmeden de onun vaziyeti hakkında orientasyon yapabilirler. Bu şayanı hayret halin en iyi şekilde tetkiki müşahede kovanı horizontal konduğu zaman yapılabilir. Horizontal olan petek yüzeyinde dans eden anlar abdomen sallama danslarında evvelce kovandan besin menbana uçarken güneşle teşkil ettikleri açığı muhafaza etmek suretiyle besin menbainın yerini doğrudan doğruya işaret ederler. Kapalı havada güneşin istikameti bir karton ile örtülür ve meselâ yalnız kuzey istikametteki bulutlu sema açık bırakılırsa yapılan danslar orientasyonsuz olur. Fakat anlar kuzey istikametinde mavi semayı görececek olurlarsa abdomen sallama danslarında besin menbainı doğru ve tam olarak gösterirler. Mavi sema kısmının büyük olması icap etmez. Bu tecrübeler için müşahede kovanını ışık geçirmiyen plâklardan müteşekkil bir evcik içine yerleştirmiştim. Anlar eğri bir şekilde yerleştirilen yuvarlak bir soba borusu vasıtasıyla takriben  $10^{\circ}$  lik bir mikyasta mavi sema parçası görebildikleri takdirde danslarını doğru olarak yapıyorlardı. Fakat kuzeye müteveccih boruya bir ayna takılarak anlara bu ayna vasıtasıyla güney seması gösterildiği zaman anlar besin menbainı mütenazır bir hata ile gösteriyorlardı. Bu tecrübeden anlaşılıyor ki, anlar semada güneşe göre ayarlanmış bir tezahürü fark ediyor ve ona göre de orientasyon yapıyorlar. Bu tezahür de sema ışığının polarizasyonudur.

Bulut ışığı polarize değildir. Buna mukabil mavi semadan kısmen polarize ışık gelir. Semanın muayyen bir yerinde polarizasyonun şiddeti ve polarize ışığın titreşim istikameti muayyen bir şekilde güneşin mevkiine tâbidir. Bu sebepten polarize ışığın titreşim istikametini analize eden bir alet vasıtasıyla müşahede edilen mavi sema kısmından, güneş görmeden de, güneşin yeri tâyin edilebilir. Anların gözünde böyle bir analizatör mevcuttur. Anlar ilâve bir yardımcıya ihtiyaç göstermeden polarize ışığın titreşim istikametini tefrik eder ve bundan da orientasyon hususunda faydalanırlar. Bu, şu şekilde isbat edilir: Müşahede kovanının horizontal olan petek yüzeyi üzerine bir polarizasyon levhası konur ve dans eden anların bu levha vasıtasıyla mahdut bir sema kısmını görebilmeleri temin edilir. Polarizasyon levhası, polarize sema ışığının titreşim istikameti levhadan geçerken, hiç değişmeyecek tarzda yerleştirilirse bu vaziyette anların istikamet göstermeleri doğrudur. Polarizasyon levhası döndürülünce dans istikameti de değişir. Levhanın dönme açısı ile dans

açısındaki değişimin birbirine uyması icap etmez. Muhtelif tecrübe serilerinde bu iki açı arasındaki münasebet ilk bakışta tamamiyle anlaşılmyacak şekilde idi. Model tecrübeleri vaziyeti açıkladı. Bunu anlamak için petek gözün yapısını bilmek lâzımdır.

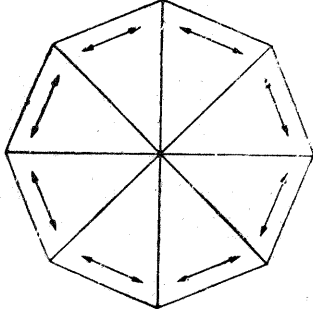
Anların gözleri binlerce Ommatid'lerden ibarettir. Bunların hepsi kapalı bir görme sahası meydana getirirler ve böylece bütün gök kubbesini aynı zamanda görebilirler. Anı gözünde polarize ışık için analizatörün mevcut olması lâzımdır. Mikroskopik ve fiziolojik araştırmalarla bunun münferit gözlerin dioptrik kısmında (mercek, kristal koni) bulunmadığı, bilâkis görme hücrelerinde olduğu gösterilmiştir (Şekil: 8).



Şekil 8: a-c. a. Petek gözün şematik yapısı. İç taraf gösterilmek için bir kısım kesilmiştir. F. Kornea petekleri; C. Kornea merceği, K. Kristal koni; S. Görme hücreleri; N. Nukleusları. Kristal koni kendi boyuna mihveri istikametinde gelen ışığı toplar ve görme hücrelerinin iç kısmına, Rhabdom (R)'a seykedir. b. Bir göz ayrılmış ve daha fazla büyütülmüştür. c. Tek bir gözün görme hücrelerinden alınan enine kesit (a-a hattı istikametinde); 8 görme hücrelerinin radier sıralanışı.

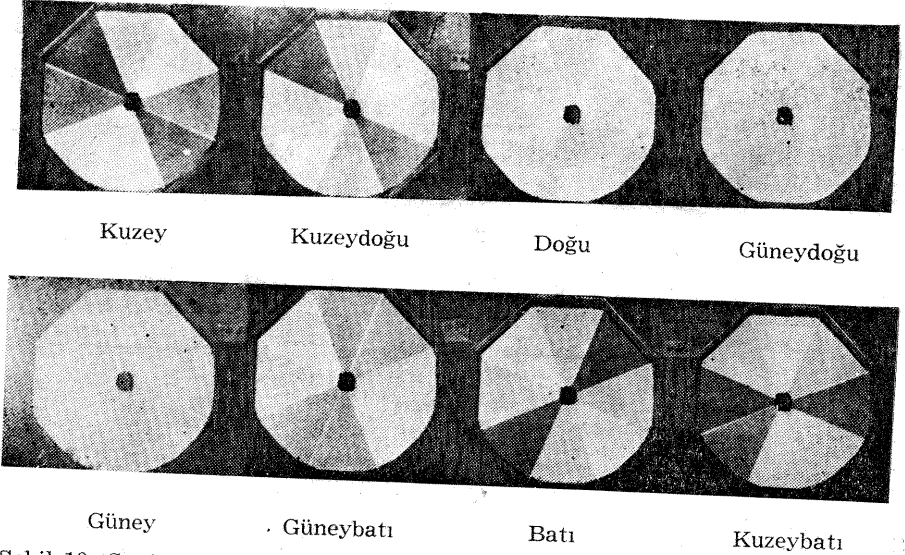
AUTRUM, her münferit gözün kendine gelen sema ışığını analize edebildiğini iddia etmişti. Ona göre radier sıralanmış 8 görme hücresi mevkilerine göre düşen ışığı muhtelif istikametlerde polarize ederler. Bundan çıkan neticeyi bir model ile açıklamaya çalıştım. Bir polarizasyon levhasından, geçen ışığın titreşim istikameti daima üçgenin kaidesine pa-

ralel olacak şekilde, müsavi kenarlı 8 tane üçgen kestim. Bu üçgenler bir cam safiha üzerine bir Ommatid'in enine kesitindeki görme hücreleri gibi yıldız şeklinde tesbit edildi. Bu suretle suni bir tek göz meydana gelmiş oldu (Şekil: 9). Bu suni göz ile semaya bakılacak olursa bir ay-



Şekil 9: Polarizasyon levhasından 8 tane üçgen kesmek suretiyle yapılan bir gözün enine kesit modeli; oklar ışığın titreşim istikametini gösteriyor

dınlık örneği görülür. Çünkü muayyen istikamette polarize olan mavi sema ışığı, muhtelif vaziyetlerde bulunan üçgen şeklindeki levhalardan geçerken eşit olmıyan şekilde zayıflar. Semadaki muhtelif yerlerin tetkikinde aydınlık örneği bariz bir şekilde değişir (Şekil: 10). Güneşe

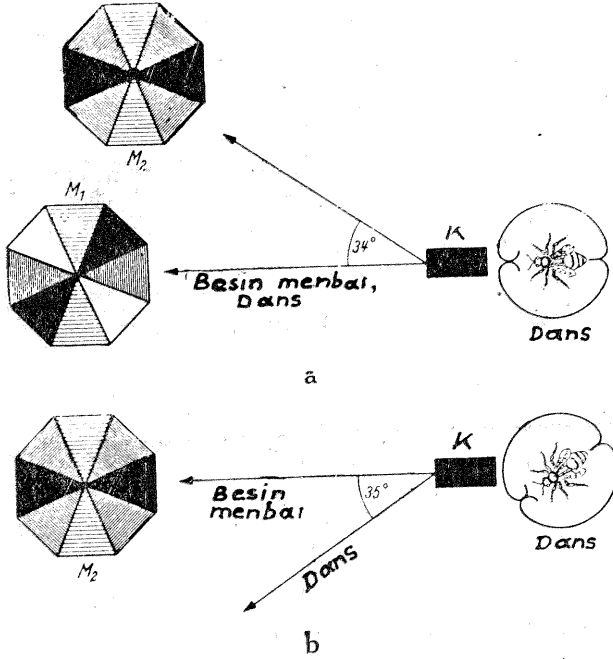


Şekil 10: Suni göz ile ufuktan 45° yukarda semadaki 8 ayrı istikamete bakıldığı zaman görülen örnekler. Bu fotoğraflar 25.9.49 günü saat 10 da alınmıştır.

yaklaştıkça kontrast azalır ve nihayet tamamiyle kaybolur. Çünkü, bu istikamette polarizasyonun şiddeti azalır. Fakat örneğin kendisi, yan

muhtelif sahalarındaki aydınlık yayılışı da polarize ışık titreşim istikametinin değişmesiyle değişir. Şu halde güneş muayyen bir mevkide iken semanın her ayrı yeri kendine mahsus bir örneğe sahiptir. Eğer bu örneği arılar tefrik edebiliyorlarsa, o zaman güneşle yaptıkları gibi mavi sema kısımları vasıtasıyla de orientasyon yapabilirler.

Bu tasavvura dayanarak dans eden arılarla ve suni arı gözü ile paralel tecrübeler yapılmış ve bunlar sayesinde şimdiye kadar elde ettiğimiz neticeler hayret edilecek derecede basit bir şekilde izah edilebilmiştir. Bir misal ile bunu gösterelim: Müşahede kovanın horizontaldir. İşaretlenmiş arılar kovanın batısındaki bir besin menbada toplanmışlardır. Dans eden arılar güneşi göremiyorlardı. Yalnız mavi bir sema parçasını görebilecek durumda idiler. Bu tecrübeye gördükleri mavi sema parçası batıda, yani besin menbaı istikametinde bulunuyordu. Kovanın cam penceresi üzerine polarizasyon levhasını sema ışığı geçerken titreşim istika-



Şekil 11: a ve b. 5.9.49, saat 9,52 den 10,01'e kadar. Besin menbaı 200 m. batıdadır. Arılar horizontal petek sahnında dans ettikleri zaman kovandan yalnız batıdaki mavi semanın bir parçasını görürler. a. Besin menbana uçarken arılar önlerinde M<sub>1</sub> örneğini ve 34° sağda M<sub>2</sub> örneğini görürler. b. Kovan üzerine konan bir polarizasyon levhası ile dans eden arılar batıda M<sub>2</sub> örneğini görmüşlerdir. Bu örnek ile dans istikametleri arasındaki açı besin menbana uçarken (Şekil: a) bu örnekle teşkil ettikleri açı ile hemen hemen aynıdır.

meti hiç değişmiyecek şekilde koydum. Bu vaziyette örnek değişmez. Çünkü, örnek ışığın titreşim istikametine tâbidir. Arılar abdomen sallama dansında bir derece hata ile besin menbainın bulunduğu batıyı gösterirler. Fikrimize göre, arılar danslarını batı seması için karakteristik olan örneğe göre yapmışlardır. Arılar besin menbana doğru uçarlarken de bu örneği görmüşlerdi, tecrübeye de bu örnek hiç değişmeden batıda gösterilmiştir (Şekil: 11 a,  $M_2$  örneği olmadan). Bu zamanda suni göz semanın başka hiç bir yerinde aynı örneği göstermez. Bundan sonra polarizasyon levhası kovan üzerinde saat akrebinin aksi istikametinde  $30^\circ$  döndürüldü, dans istikameti hemen değiştirdi ve arıların dansı batıdan  $35^\circ$  daha güneyi gösterdi. Batıda suni göz vasıtasıyla  $M_1$  görülmekte idi. Eğer suni göz önüne bir polarizasyon levhasını koyar ve bu levhaya kovan üzerindeki levhanın vaziyetini verirsek  $M_1$  örneği  $M_2$ 'ye tahavvül eder (Şekil: 11 b). Suni göz önüne koyduğumuz levhayı gözden tekrar uzaklaştırırsak semayı araştırdığımızda  $M_2$  örneğini batıdan  $34^\circ$  daha kuzeyde görürüz. Şu halde arılar besin menbana uçarlarken tam önlerinde  $M_1$  örneğini ve  $34^\circ$  sağda  $M_2$  örneğini görüyorlardı (Şekil: 11 a). Demek oluyor ki, arılar uçarlarken  $M_1$  istikametinde ve  $34^\circ$  lik bir açı ile  $M_2$ 'den sola doğru bulunmaları icap ediyordu. Kovan üzerine konan levha vasıtasıyla  $M_2$  örneği arılara batıda, yani eski yerinden  $34^\circ$  sola dönmüş olarak gösterilmiştir. Orientasyon hususunda arıların bu örnekten başka faydalanacakları vasıtaları yoktur. Bu vaziyette danslarını besin menbana uçarken yaptıkları gibi,  $1^\circ$  hata ile ve örnek  $35^\circ$  sağda bulunuyormuş gibi yaptılar.

Bu şekilde yapılan 83 tecrübeye arılara mavi sema kısmı 4 istikamette ve günün muhtelif zamanlarında gösterilmiştir. 67 vakada dans istikametinin inhırafı besin menba ile o zamanda suni olarak meydana gelen örneğin semada görüldüğü yer arasındaki açığa tekabül ediyordu. İnhiraf lar küçük mikyasta açı derecelerine münhasırdı. Diğer 16 tecrübeye arılar tamamiyle gelişi güzel dans etmişlerdi. Bu vakalarda suni olarak meydana getirilen örnek semanın hiç bir yerinde bariz bir şekilde görülmüyordu. Demek ki, uçarken hiç görmedikleri bir örnek gösterilmişti. Bu sebepten kendilerini buna göre ayarlayamamışlardır.

Yandan görülen örnek sayesinde besin menbainın istikameti kesin olarak tâyin edilebilir. Eğer arı, örneği yalnız Zenit'te görür de başka hiç bir yerde görmezse, vaziyet karışır. O takdirde başlarını besin menbana döndürdükleri ve aksi istikamette tuttıkları zaman aynı şekli gösterirler. Buna tamamiyle uygun olarak geçen yaz soba borusu ile Zenit semasını gösterdiğim zaman arılar hem hedefe olan istikameti, hem de

mütenazır olan yanlış istikameti göstermişlerdir. Bazan münavebe ile abdomen sallama dansı yapıyorlar, bazan aynı istikametteki danslar birbirini takip ediyor ve arada kararsız bir vaziyette daire şeklinde dönüyorlardı.

Bu tecrübelerden arıların polarize ışığın titreşim istikametini hissettiklerini ve orientasyonlarında bundan faydalandıkları neticesini çıkar-dım. Bu neticeler talebelerimden K. STOCKHAMMER tarafından arıların polarize ışığa alıştırılması ile teyit edilmiştir. Arkadan aydınlatılan iki polarizasyon levhası biri ışığı vertikal, diğeri horizontal istikamette polarize edebilecek şekilde yan yana konmuştur. Levhalardan birinin önüne şekerli su kabı, diğेरinin önüne boş bir kap konmuştur. Levhaların yeri ve besin menbaı sık sık değiştirilmiştir. Birçok tecrübelerde arılar her iki kap temiz ve boş olduğu halde alıştıkları titreşim istikametindeki levhayı tercih etmişlerdir.

Arıların dansını ve bilhassa istikamet ve uzaklığı nasıl gösterdiklerini film ile göstermeden önce umumî iki noktaya temas etmeme müsaadenizi dilerim.

Bunlardan biri petek gözün fiziolojisi hakkındadır. Polarize ışığın görülmesi arılara münhasır değildir. SCHIFFERER, karıncaların da (*Lasius niger* L.) monoton bir arazide yollarını polarize ışığın titreşim istikametine göre tâyin ettiklerini göstermiştir. Aynı olayı D. M. VOWLES (1950) laboratuvar tecrübelerinde başka bir karınca genusu olan *Myrmica laevinodes* NYL.'de bulmuştur. ATRUM ve STUMPF (1950) polarize ışığın tesirini elektrofiziolojik olarak yalnız arı gözünde değil, aynı zamanda sineklerde de (*Calliphora erythrocephala* MEIG.) isbat etmiştir. T. H. WATERMAN (1950)'a göre *Limulus*'un gözü polarize ışığa reaksiyon gösterir. Bu buluntulara göre bu kabiliyet, hepsinde değilse bile, bir çok petek gözlerde mevcuttur. Görme hücrelerinin radier sıralanışları, çok uzun oluşları ve tenbihi nakleden sinirlerin hususi şekilde seyirleri gibi gözün esas planındaki hususiyetlerin bu kabiliyetle yakından ilgili olduğu farz edilebilir.

Temas etmek istediğim ikinci nokta, arıların psikolojisidir. Bu hayvanların buldukları yeni bir besin menbaı hakkında birbirlerine neler söyleyebildikleri ve güç şartlar altında bile bunu yapabilmeleri şimdiye kadar bir böcekten bekliyebildiğimiz bütün başarıların üstündedir. Bütün bunlara rağmen beyinleri bir danı tanesinden daha küçüktür. Sinir cevheri organizasyonunun fevkalâdeliği hiç bir zaman bu kadar açık olarak gözümüzün önünde canlanamaz. Bunu anhyabileceğimizi iddia etmek, kendimize pek fazla güvenmek olurdu.