

Böceklerin sınıflandırılmasında kromozomlardan yararlanma

Y. Karsavuran*

Summary

The use of chromosomes in insect classification

In insect classification, many attempts are made to clarify some difficulties by using different characters. Among these characters, chromosomes are taking also part with fairly great importance. They provide several facilities to solve most of the taxonomic problems at the specific level.

This article deals some general informations about chromosomes and some of the important aspects of the preparation methods for the laboratory studies. The chromosome numbers, their morphologies, sizes, heterochromatic regions and DNA contents inversions and diagnostic regions were also reviewed in this study.

Giriş

Darwin 1859 yılında, canlılarda görülen farklılıkların, geçirdikleri evrimlerle oluştuğunu açıklamıştır. Bu açıklamadan sonra ilim adamları canlılarda görülen evrimleşmenin nedenleri ve bunun sonucunda beliren karakterlerle ilgilenmeye başladılar. Taksonomistler de bu tarihten sonra canlıları sınıflandırmada mantık kuralları yerine, onların geçirdikleri evrimleri, yani onların kökenlerini dikkate almaya başladılar. Böylece, bugünkü modern sınıflandırma sistemi ortaya çıkmış oldu.

* Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Entomoloji ve Zirai Zooloji Kürsüsü, Bornova, İzmir.

Alınış (Received) : 23. 2. 1981.

Bugün böceklerle çalışan bir taksonomist, pratik olarak genel dış morfolojik karakterleri kullanmasına karşın genital organlar gibi özel vücut yapılarına, anatomi, embriyoloji ve ergin öncesi dönemlerine, karyoloji ve diğer sitolojik farklılıklara, fizyolojik, ekolojik, etholojik ve coğrafi karakterlere de baş vurmaktadır (Lodos, 1979).

Karyolojik ve sitolojik farklılıkları ortaya koyarken, büyük ölçüde kromozomlardan yararlanılmaktadır. Kromozomlar ilk defa 1840 yılında bir botanikçi olan Hofmeister tarafından *Tradescantia*'nın polen ana hücrelerinde görülmüştür (Bilge 1977). Fakat 40 yıl aradan sonra ancak 1880 yıllarında bunlar üzerindeki araştırmalara başlanmıştır. Bu güne kadar da birçok hayvan ve bitkinin kromozomları sayı ve morfolojik bakımdan incelenmiştir. Bunun yanı sıra son yıllarda sitolojideki hızlı gelişmeler sayesinde, bugün kromozomların da taksonomide önemli rol oynadığı ortaya çıkmıştır.

White (1957), sitogenetiğin böcek taksonomisine olan katkılarını ele almış ve kromozomların incelenmesiyle böceklerin akrabalık durumlarının anlaşılabilmesini açıklamıştır. Bunun yanı sıra da bazı böcek türlerinin, kromozomlar yardımıyla birbirlerinden ayrılabilmesini belirterek bunun prensiplerine değinmiştir.

Daha sonra Boyes (1965), böceklerin sitotaksonomisini ele alarak kromozomlardan böcek taksonomisinde nasıl yararlanılacağını açıklamıştır.

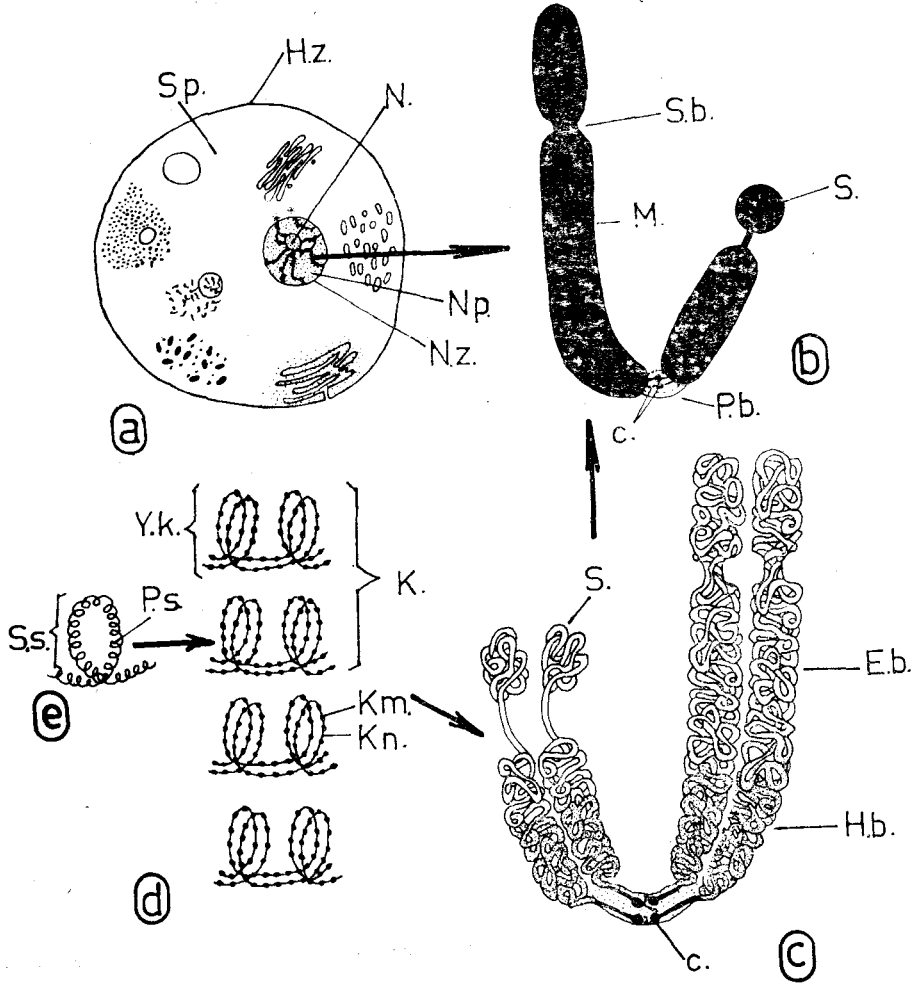
Bu iki yayın o güne kadar yapılan çalışmalarını değerlendirmesi açısından önemlidir. Ancak bundan sonra taksonomistlerin bu konuya biraz daha önem vermeleri ve bazı böcek gruplarında daha derinlemesine araştırmalara yönelmeleriyle bu konuya bazı yenilikler kazandırılmıştır.

Bu çalışmada ise böceklerin sınıflandırılmasında kromozomlardan nasıl yararlanılabileceği örnekleriyle açıklanmaya çalışılmıştır.

Kromozomlar Hakkında Genel Bilgiler

Kromozomlar, hücre çekirdeği içerisinde yer alan ve hücresel işlevleri denetleyen genlerin taşıyıcısıdır ve kromonema denilen 0,3-0,5 μ çapında olan iplikçiklerden oluşmaktadır. Bu kromonemaların 4'ü bir araya gelerek «kromatit»'i, 2 kromatit de bir araya gelerek normal bir kromozomun yapısını tamamlamaktadırlar (Şekil 1). Bu iplikçikler hücre bölünmesi başlamadan önce gevşek bir durumda olup ağ görünümündedirler. Bu nedenle ışık mikroskobunda görülemeyecek kadar incedirler. Fakat bölünme devrelerinde birbiri etrafında yay şeklinde kıvrılıp kalınlaşarak görülebilir duruma geçerler.

Ayrıca kromonema'nın kuvvetle kıvrılmasıyla veya nükleoproteinlerin o bölgede yoğunlaşmasıyla oluşan ve kromomer adı verilen yerleri de genlerin yerleştiği bölgeler olarak kabul etmekteyiz.



Şekil 1. a) Bir hücrenin genel görünüşü, b) Kromozomun dış görünüşü, c) Kromozomun iç yapısı, d) Kromozomu oluşturan iplikçi yapı sistemi, e) Bir kromonema ipliği (Demirsoy, 1979; Geldiay ve Geldiay, 1978'den)

c. : Sentromer, E.b. : Eukromatik bölge, H.b. : Heterokromatik bölge, H.z. : Hücre zarı, K. : Kromatit, Km. (= P.s.) : Kromomer (= Primer spiral), Kn. : Kromonema, M. : Matriks, N. : Nükleolus, Np. : Nükleoplazma, Nz. : Nükleus zarı, P.b. : Primer boğum, P.s. (= Km.) : Primer spiral (= Kromomer), S. : Satelit, S.b. : Sekonder boğum, Sp. : Sitoplazma, S.s. : Sekonder spiral, Y.k. : Yarı kromatit.

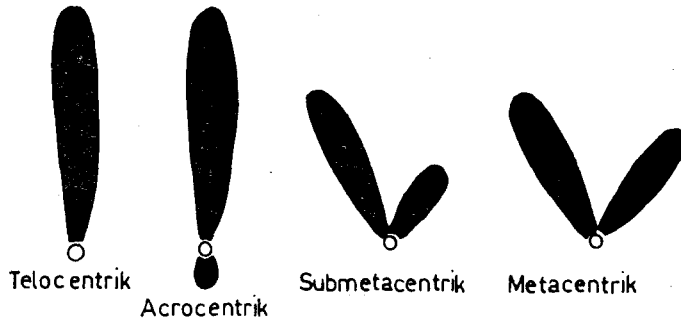
Enine kesitleri yuvarlak olan kromozomlar genel olarak iki koldan oluşur. Bu kollar sentromer, ya da kinetokor denilen primer boğum ile birbirlerinden ayrılırlar.

Kromozomlarda genellikle bir sentromer bulunmasına rağmen, bazen iki veya daha fazla sentromerli kromozomlara da rastlanır.

Bazı durumlarda da kromozomun uç kısmında uydu, ya da satellit denilen yuvarlak veya uzunca bir yapı da bulunabilir (Şekil 1).

Kromozomların bölünme devrelerinde bir biri etrafında kıvrılma ve kalınlaşmaları sonunda belirginleşen kromozomlar türlere özgü şekillerini alırlar.

Kromozomlar bu şekillerine göre genel olarak 4'e ayrılarak özel isimler alırlar. Bu ayırımında temel olarak kromozom kollarının durumu göz önüne alınır (Şekil 2).



Şekil 2. Kromozom kollarının durumuna göre kromozom tipleri (Geldiay ve Geldiay, 1978'den).

1. Telocentrik tip : Çomak şeklinde, proksimal uçta sentromeri bulunan ayrıca ikinci bir kolu olmayan kromozomlar.

2. Akrocentrik tip : Çomak şeklinde ve çok küçük ikinci bir kolu olan kromozomlar.

3. Submetacentrik tip : Kolları eşit olmayan ve «L» harfine benzeyen kromozomlar.

4. Metacentrik tip : Kolları eşit uzunlukta olan «V» harfi şeklindeki kromozomlar.

Kromozomun kimyasal yapısını ise büyük ölçüde protein (histonlar ve protaminler) ve nükleik asitler oluşturur. Her iki bileşen, nükleoprotein halinde bulunur. Başlıca nükleoprotein DNA olmakla beraber RNA da bulunur.

Kromozomu boyadığımız zaman her yerinin aynı tonda boyanmadığını görürüz. Kuvvetle boyanan yerlere heterokromatik bölge, boyanmayan ve

çok hafif boyanan yerlere de eukromatik bölge adı verilir (Şekil 1). Heterokromatik bölgelerin eukromatik bölgelere oranla daha fazla DNA içerdikleri sanılmaktadır.

Böcek Kromozomlarının İncelemeye Hazırlanması

Hücrelerin aktif olarak bölünme zamanları olan mitos ve meiosis bölünmeleri süresince kromozomlar belirginleşerek metafaz ve anafaz devrelerinde şekillerini alırlar. İşte bu devreler kromozomların incelenmesi için en uygun devreleridir.

Smith (1943), genel olarak taksonomik karakterlerin yalnız somatik kromozomlarda saptanabildiğini belirtmesine karşın daha sonraki araştırmacılar cinsiyet kromozomlarının da bazı durumlarda güvenle kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Kromozom sayısını ise hem mitos hem de meiosis bölünme süresince saptamak mümkündür.

Smith (1943), böceklerin erken dönemlerinde kromozomların genellikle küçük ve incelenmesinin çok zor olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle kromozomların daha iyi incelenebilmesi için son dönem larva, prepupa ve pupa gibi dönemlerinin tercih edilmesini önermektedir.

Amaca uygun kromozomlar tükürük bezleri, orta bağırsak (mesenteron), arka bağırsak (proctodaeum), bağırsak kasları, hypodermis, yağ dokusu, ganglia, tracheal tüpler, gonatların follükülleri ve bağ dokuları gibi organ ve dokuların bölünmekte olan hücrelerinden elde edilebilmektedir.

Kromozomların, böceğin hangi döneminde ve bölünmenin hangi devresinde amaca uygun bir şekilde görülebildiğini anlamak için bir ön inceleme yapmak öğütlenebilir. Bu ön inceleme sırasında aceto-carmin gibi kombine tesbit edici ve boyama özelliğinde olan solüsyonlar kullanılmalıdır.

Bazı durumlarda da kromozomları daha iyi gözleyebilmek için doku ya da organlar henüz daha böcekten çıkarılmadan önce böceğe amaca uygun bazı kimyasal maddeler de verilebilir.

Ayrıca Cummins et al. (1965), düşük sıcaklıkta yetiştirilen larvaların normalden daha iri olduğunu ve bunlardan hazırlanan tükürük bezi preparatlarında kromozomların daha iyi gözlenebildiğini söylemektedir.

Kromozom preparatları bu ön bilgilerin ışığı altında 4 ana işlemle hazırlanır. Bu işlemler : 1. Kombine tesbit ve boyama yöntemi, 2. Kesit alma yöntemi, 3. Smear yapma yöntemi, 4. Ezme yöntemidir. Ancak hangi yöntemle hazırlanırsa hazırlansın sonuçta birkaç hücre kalınlığında bir hücre kütesini ayırmak yöntemlerin esas amacıdır.

Elde edilen bu hücre kütesini elektron mikroskobunda inceleyebilmek için bir takım işlemler uygulanmalıdır. Bunları sırasıyla şöyle özetleyebiliriz : a) Yağını almak için yıkama, b) Tesbit etme; c) Tesbit artıklarını arıtmak için su banyosu, d) Boyama, e) Tekrar yıkama.

İşte bu işlemlerden sonra hazırlanan preparatlarda kromozomların incelenebilmesi mümkün olmakta ve taksonomide kullanılabilecek özellikler gözlenebilmektedir.

Böceklerin Sınıflandırılmasında Kullanılan Farklı Kromozom Özellikleri

Farklı kromozom özellikleri böceklerin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Bunlar önem sırasına göre örnekleriyle birlikte aşağıda açıklanmıştır.

1. Kromozom sayısı (= Kromozom numarası) :

Canlıların somatik hücrelerinde ve henüz olgunluğa erişmemiş eşey (germ) hücrelerinde diploid olan kromozom sayıları «2n» simgesi ile belirtilir. Olgunlaşan eşey hücrelerinde ise meiosis bölünme sonucu kromozom sayıları yarıya iner. Bu durumda haploid olan kromozom sayısı da «n» simgesi ile belirtilir. Bu simgeler eşey kromozomlarını kapsamamaktadır.

Eşey kromozomları, somatik kromozom sayısının sonuna kendilerini gösteren sembollerin ilavesiyle belirtilir.

$$\begin{array}{l} \text{♂ 'de } 2n = 10 + XY \quad \text{veya} \quad 2n = 10 + X_1X_2Y \\ \text{♀ 'de } 2n = 10 + XX \quad \text{veya} \quad 2n = 10 + X_1X_2X_3X_4 \text{ gibi} \end{array}$$

Bazen de eşey ve somatik kromozomların toplamı «n» sayısı olarak kabul edilir. Ancak bu durumda «n»'nin yanına ♂ ve ♀ sembollerinden ait olamı konularak o türün cinsiyeti belirtilmelidir.

Bazı böcek taksonlarında kromozom sayılarının sabit olmasına karşın bazı taksonlarda değişim görülmektedir. Örneğin Heteroptera takımının Corixidae ve Pentatomidae familyalarında bu sayı büyük bir sabitlik göstermesine rağmen Lygaeidae, Coreidae, Miridae, Reduviidae ve Belostomatidae familyalarında büyük değişim gösterir.

Coleoptera takımı da bu konuda oldukça büyük değişim gösteren gruplar arasındadır. Smith (1950), bu takıma bağlı familyaları ele alarak bunların kromozom sayılarında görülen değişim sınırlarını vermektedir. Ayrıca yazar bu takımın türlerinin büyük bir kısmında 9 çift somatik (autosom) kromozom görüldüğünü de belirtmektedir. Türlerin kromozom sayılarında görülen bu farklılığın yanı sıra bir de bir türün bireyleri arasında kromozom sayısının bazı durumların dışında sabit olması taksonomistleri tür ayırımında kromozom sayılarından yararlanmaya yönlendirmiştir.

Örneğin Lodos (1972)*, Finlandiya'da yapılan araştırmalar sonucunda 56 Lygaeidae türünün kromozom sayıları yardımıyla ayrılabildiklerini belirtmektedir.

Gryllidae (Orthoptera) türlerinde de kromozom sayısı $2n \text{ ♂} = 11 - 29$ arasında değişmekte ve bu familyanın sınıflandırılmasında kromozom sayısı tek başına kullanılabilecek değerli bir karakter olarak görülmektedir. Fakat *Gryllus*, *Acheta*, *Scapsipedus*, *Gryllodes* ve *Melanogryllus* gibi cinslere bağlı türlerde kromozom sayısının sabit olması bu cinsler için bu karakterlerin kullanılmasını engellemektedir. Buna rağmen karyotip ve diğer sitolojik karakterler bu cinslerin sınıflandırılmasında işe yaramaktadır (Lim et al., 1973).

Roth and Gurney (1969), Brezilya'dan toplanan *Epilampra abdomennigrum* (De Geer) (Dictyoptera, Blaberidae) bireylerinde ve bu türün sinonimi olarak düşünölen, Changuinola ve Panama'dan toplanan *Epilampra maya* Rehn örneklerinde kromozom sayılarını saptamışlardır. Buna göre birinci türde $2n \text{ (♂)} = 41$ ve $2n \text{ (♀)} = 42$, ikinci türde ise $2n \text{ (♂)} = 35$ ve $2n \text{ (♀)} = 36$ 'dır. Kromozom sayısındaki bu farklılığın sonucunda da bunların sinonim olarak düşünölemeyeceğini, iki ayrı tür olduklarını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar aynı örneklerin genital organlarında buldukları farklılıklarla da bu tezlerini pekiştirmektedirler.

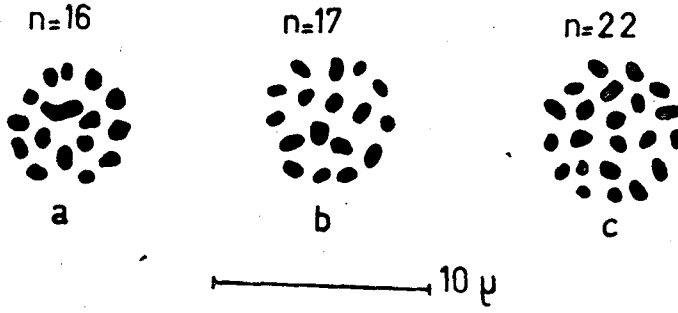
Bir türün kromozom sayısı, o türün bireyleri arasında genelde farklılık göstermez. Fakat yapılan bazı araştırmalarda bir türün bireyleri arasında farklı kromozom sayılarına rastlanılmıştır.

Bu farklılık preparatların hatalı hazırlanışından, yetersiz incelenmesinden ve kromozomlarda görölen bazı morfolojik değişikliklerden ileri gelebilir. Ancak incelenen türün bireylerinin kromozom sayılarında gerçek anlamda farklılıklara rastlanıyorsa o zaman incelenen türün 2 ayrı tür, sibling tür, alt tür veya polimorfik tür grubu olabileceği kanısı uyanır. Bu durumda kromozomların diğer özelliklerine başvurulabilir.

Örneğin de Lesse (1970), *Melinaea mneme* Johansen (Lepidoptera, Ithomiidae) üzerinde yaptığı çalışması sırasında kromozom sayısını $n = 16$, $n = 17$ ve $n = 22$ olarak bulmuştur (Şekil 3). Burada 16 ve 17 sayıları bireysel farklılıktan ortaya çıkmaktadır. Ancak yazar 22 sayısının bunlardan farklı olduğunu ve ayrı bir türe ait olabileceğini belirtmektedir. Nitekim örnekler üzerinde yaptığı incelemeler sonucunda $n = 22$ 'li örnekleri diğerlerinden ayırmaya yarayan arka kanatlarda bazı değişmez farklılıklar sap-

* Lodos, N., 1972. Taksonomi ders notları. E.Ü. Ziraat Faköltesi, Entomoloji ve Ziraat Zooloji Kürsüsü, Basılmamış ders teksiri, 35 s.

tamıştır. Sonuç olarak bu bireylerin *Melinaea mediatrix* Weym.'e ait olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 3. *M. mneme* (a, b) ve *M. mediatrix* (c) türlerinin kromozomları (de Lesse, 1970'den).

Kromozom numaralarının bazı böcek taksonlarında değişmediği, sabit kaldığı daha önce belirtilmişti. Bu özellik bir cinse bağlı türlerde sık sık rastlanan bir durumdur. Bu durumlarda tür ayırımında kromozom sayısından yararlanılamayacağı açıktır. Böyle durumlarda bizi tür ayırımına götürecek en önemli özellik kromozom tipleri olmaktadır.

2. Kromozom tipleri :

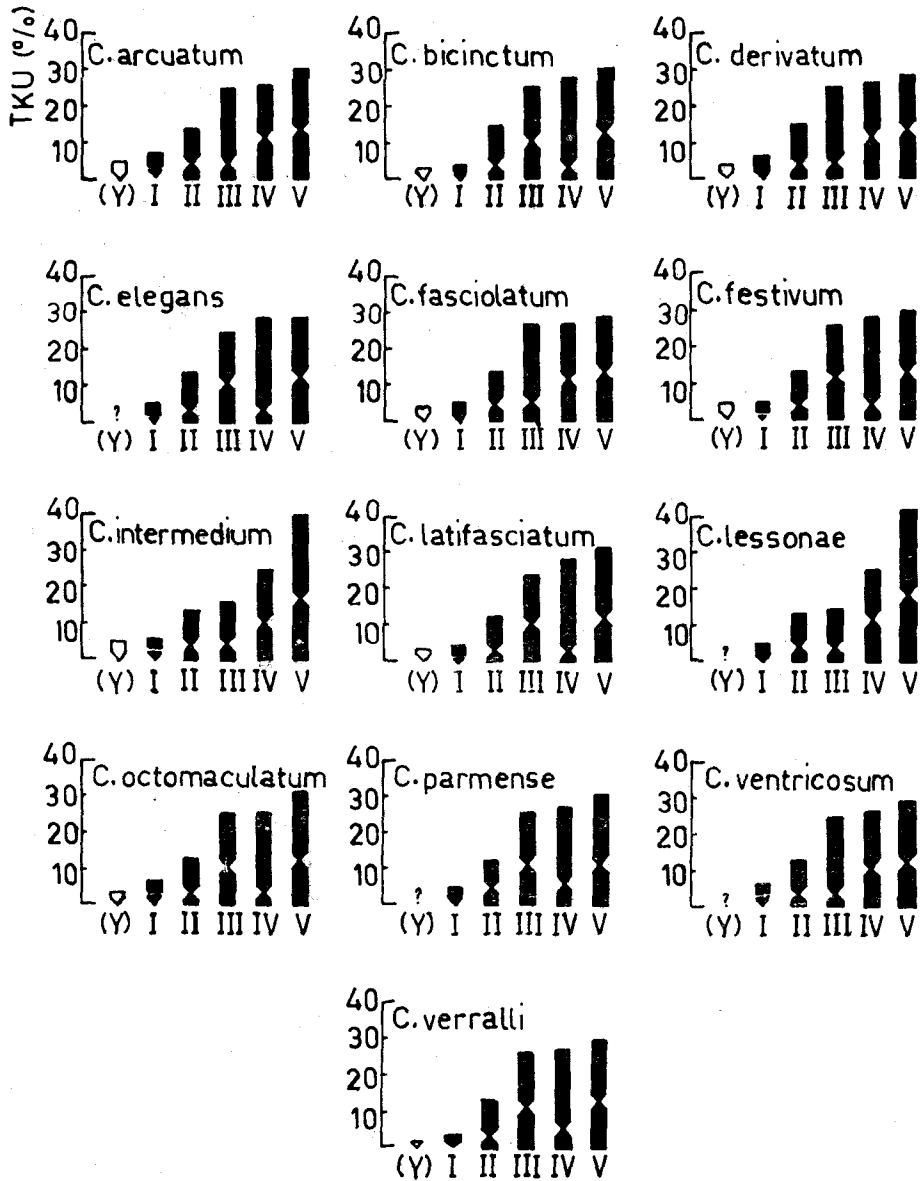
Kromozom tiplerinden yararlanarak böcekleri sınıflandırmak güvenilir bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ancak Cohen and Roth (1970)'un da belirttiği gibi fazla sayıda ve küçük kromozomlara sahip türlerde sentromer durumunu belirtmek oldukça güç, hatta olanaksız olduğu için bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle böyle türler üzerinde çok dikkatli çalışılmalı, ancak emin olunduktan sonra kromozom tipi belirtilmelidir. Böylece yapılacak olan hatalar önlenmiş olur.

Boyes et al. (1968), *Chrysotoxum* (Diptera, Syrphidae) cinsine ait 14 türün kromozomlarında sentromer yerlerini saptamış ve kromozom tiplerine göre bu cinsin 2 alt cinse ayrılabileceğini ortaya koymuştur. Yine aynı yazarlar Shannon (1926)'a atfen bu cinse bağlı türlerin anten yapılarına göre de iki ayrı alt cinse ayrılabilceğini söylemektedir. Her iki şekilde yapılan ayırım sonunda aynı türlerin aynı alt cins altında toplandığı görülmüştür.

Şekil 4'te görüldüğü gibi *C. lincinctum* (L.), *C. elegans* Loew, *C. festivum* (L.), *C. octomaculatum* Curtis, *C. parmense* Rondani, *C. verralli* Collin, *C.*

latifasciatum Becker türlerinde ve Şekil 4'te yer almayan *C. cautum* (Harris), türünde 3. çift kromozomlar uzun submetasentrik ve 4. çiftler ise uzun subtelosentrik (telosentrik tipin bir modifikasyonu)'tir.



Şekil 4. *Chrysotoxum* cinsine ait türlerin idiogramları (TKU : Toplam Kromozom Uzunluğu) (Boyes et al., 1968'dan).

Yazarlar bu ortak özellikleri nedeniyle adı geçen türleri *Chrysotoxum* alt cinsi içersine almaktadırlar. İncelenen diğer türler, yani *C. arcuatum* (L.), *C. derivatum* Walker, *C. fasciolatum* De Geer, *C. intermedium* Meigen, *C. lessonae* Gigl. Tos., *C. ventricosum* Loew'da yine Şekil 4'te görüldüğü gibi 4. kromozom çiftleri uzun submetasentriktir. Bu özellikleriyle de bu türleri *Primochrysotoxum* alt cinsine dahil etmektedirler.

Nilson et al. (1973)'da *Acheta desertus* (Pallas) (Orthoptera, Gryllidae) ve *A. domesticus* (L.)'un kromozomlarını incelemişlerdir. Her iki türde $2n$ (♀) = 22 ve $2n$ (♂) = 21 olmak üzere aynı kromozom sayısına sahiptirler. Ancak kromozom tipleri bakımından bu 2 tür birbirlerinden kolayca ayrılır. *A. domesticus*'ta sentromeri uç kısma yakın olan 9. kromozom hariç diğer tüm kromozomlarda sentromer ortada veya ortaya yakın bir yerdedir.

Halbuki *A. desertus*'ta ilk 4 ve 10. kromozomlarda sentromer ortada, 5. ve 9. kromozomlarda uçta, 6., 7. ve 8. de ise uç kısma yakın bir yerde bulunmaktadır.

Ayrıca *A. desertus* 7. kromozomunda küçük bir satellit'e sahiptir.

Goodpasture (1974) ise *Ancistrocerus* (Hymenoptera, Eumenidae) cinsine ait 4 türün kromozomları üzerinde çalışmış ve kromozom sayılarını, uzunluklarını ve kromozom tiplerini her tür için bulmuştur. Böylece incelediği 4 türden ikisi, yani *A. simulator* Cameron ($n = 7$) ile *A. tuberculiceps* ($n = 10$) kromozom sayılarının farklılıklarıyla diğer 2 türden ve birbirlerinden kolayca ayrılmaktadırlar .

Kromozom sayısı $n=6$ olan *A. adiabatus* ve *A. spilogaster* Cameron ise kromozom tiplerine göre ayrılmaktadırlar. İlk türde 2. kromozomun metasentrik olmasına rağmen ikinci türde submetasentrik veya subtelosentrik olabilmektedir. Ayrıca 5. ve 6. kromozomlar ise *A. adiabatus*'ta submetasentrik olmalarına karşın *A. spilogaster*'de metasentriktirler.

3. Kromozom boyutları :

Kromozom boyutları denilince kromozom uzunluğu, kollarının uzunluğu, kollarının uzunluklarının birbirine ve toplam kromozom boyuna olan oranları akla gelmektedir.

Kromozomların boyutları ile kollar arasındaki oranlar bulunduktan sonra her bir kromozom için bu değerler kullanılarak idiogram adı verilen şekiller hazırlanmaktadır. Böylece bir türün kromozomlarının tipini, boyut ve oranlarını açık olarak gözler önüne seren idiogram, diğer türlerin idiogramlarıyla karşılaştırılarak türler arasındaki farklılıklar aranır.

Robinson and Chen (1969), bitki bitlerinin kromozomlarının bazı morfolojik karakterler açısından eksik olduğunu belirtirler. Bu nedenle de aynı cins içinde bulunan türler arasındaki farklılıkların karyotip karşılaştırmalarında her zaman yararlı olamayacağı doğaldır.

Buna rağmen idiogramlar halinde gösterilen somatik kromozomların uzunluklarının birbirine orantılı olarak ölçülmesi sitotaksonomik çalışmalarda yararlı bir çıkış noktası oluşturur. Çünkü toplam değerlerde büyük varyasyonlar bulunabilmektedir.

Aynı yazarlar somatik kromozom uzunluklarını ölçerek 110 bitki biti türünün idiogramlarını vermekte ve bu bilgilerin taksonomide kullanılabilirliğini belirtmektedirler. Bu çalışmanın sonunda idiogramlardan yararlanılarak bazı türlerin birbirlerinin sinonimleri olduğu saptanmıştır.

Ayrıca bu çalışmanın yapıldığı tarihe kadar Kanada'nın Manitoba kentinde sadece *Mindarus abietinus* Koch (Homoptera, Aphididae) türünün bulunduğu sanılmaktaydı. Adı geçen araştırmada elde edilen idiogramların incelenmesi sonucunda eskiden sanıldığı gibi bu kentte sadece *M. abietinus*'un olmadığı *Abies*, yani köknar'dan toplanan örneklerin *M. abietinus*, buna karşılık *Picea*, yani ladin'den toplanan örneklerin ise *M. obliquus* (Cholodkovsky) olduğu saptanmıştır.

Morschel (1979) isimli bir araştırmacı da Kuzey Avustralya'da şimdiye kadar *Dacus dorsalis* Hend. (Diptera, Trypetidae) olarak bilinen bir türün yeni bir tür olduğunu yaptığı sitolojik incelemeler sonucunda ortaya koymuştur. Yazar bazı sitolojik farklılıkların yanı sıra X kromozomlarının boyutları ve şekillerindeki farklılıklara dayanarak bu sonuca ulaştığını açıklamaktadır.

Bu konuda diğer bir örneği de kromozom tipleri konusunda incelenen *Ancistrocerus* cinsinden verebiliriz. Goodpasture (1974), bu cinsine ait 4 türde haploid kromozom uzunluklarının toplamını saptamıştır. Elde ettiği değerlere Duncan testini uygulamış ve % 99 olasılıkla *A. tuberculiceps* türünün diğer 3 türden farklı olduğunu ortaya koymuştur. Bu türün ayrımı bilindiği gibi kromozom sayısı yardımıyla da mümkün olmaktadır. Buna karşılık aynı kromozom sayısına sahip olan *A. adiabatus* ve *A. spilogaster* türleri ise Duncan testi sonucunda % 90 olasılıkla farklılık göstermektedir (Cetvel 1).

Cetvel 1. *Ancistrocerus* cinsine ait 4 türün haploid kromozom uzunlukları toplamı (μ) (Goodpasture, 1974'dan).

| Tür | n | $\bar{X} \pm SD$ | P=0.01 | P=0.10 |
|-------------------------|----|------------------|--------|--------|
| <i>A. tuberculiceps</i> | 10 | 28.96 \pm 5.19 | a | |
| <i>A. adiabatus</i> | 6 | 23.15 \pm 4.78 | b | x |
| <i>A. simulator</i> | 7 | 21.86 \pm 1.65 | b | y |
| <i>A. spilogaster</i> | 6 | 19.38 \pm 3.89 | b | y |

Bu özellikleriyle birbirlerinden ayrılabilmeleri mümkün olan bu iki tür aynı zamanda kromozom tiplerinden yararlanılarak da birbirlerinden kolayca ayrılabilir. Anımsanacağı gibi bu durum kromozom tipleri konusunda açıklanmıştı.

İşte bu özellikler, yani kromozom sayısı, tipi ve boyutları birbirlerini tamamlayarak ve pekiştirerek türlerin karyotipik farklılıklarını ortaya koymaktadır.

Verilen örnekler, gerektiği zaman böcek sınıflandırmasında bu özelliklerin güvenle kullanılabilceğini göstermektedir. Ayrıca bundan sonra anlatılacak olan kromozom özellikleri de buraya kadar anlatılanları pekiştirme açısından ve zaman zaman da bağımsız olarak güvenle kullanılabilirlerinden önemlidirler.

4. Kromozomların heterokromatik bölgeleri ve DNA miktarları :

Heterokromatik bölgelerdeki farklılıkların türleri tanımlamada kullanılabilceğini Boyes (1965) verdiği örneklerle vurgulamıştır. Araştırmacı *Drosophila*'nın *repleta* grubundaki akraba türler arasında heterokromatik bölgelerin farklı olduğunu, *Tribolium* (Coleoptera, Tenebrionidae) türlerinde de bu tip farklılıkların tanımladığını bildirmektedir. Ayrıca bazı Diptera türlerinin karyotipleri arasında da bunlara benzer önemli farklılıklar bulmuştur.

Heterokromatik bölgelerin renk tonlarındaki ve boyutlarındaki farklılıklar da kromozomları karşılaştırmada kullanılabilir.

Bazı durumlarda heterokromatik bölgelerin kromozomlara dağılışındaki farklılıklar da türlerin ayırımında önemlidir. Örneğin Boyes (1965) *Drosophila virilis* Sturt.'in her bir somatik kromozomunda sentromere komşu geniş bir heterokromatik bölge olduğu halde, *D. funebris* (F.)'te heterokromatik bölgelerin tümünün X ve Y kromozomları üzerinde olduğunu bildirmektedir.

Yalvaç (1977), kromozom yapısının esasını oluşturan DNA miktarının, bir vücut hücresi içerisinde her tür için sabit olduğunu, eşey hücresinde ise bu değerini yarıya indiğini belirtmektedir.

White (1957) bazı türlerde örneğin *Thyanta* (Heteroptera, Pentatomidae) cinsine bağlı 6 türde DNA değerlerinin farklı olmadığını söylemekle birlikte *Liturgusa* (Dictyoptera, Mantidae) cinsinin 4 türünden 2'sindeki DNA miktarının diğer 2'sindekinden 1,5 kat daha fazla olduğunu saptadığını kaydetmektedir.

Böylece bazı türlerin kromozom yapılarındaki DNA miktarları ile birbirlerinden ayrılabilceği görülmektedir. White (1970) türlerin, karyotipleri

veya kromozomların özellikleri açıklanırken kromozomların içerdiği DNA miktarının da belirtilmesinin gerektiğini söylemektedir.

Burada bir noktaya dikkatleri çekmek isterim. Nilsson et al. (1973) *Acheta desertus* ve *A. domesticus* ile yaptığı kromozom çalışmaları sırasında hücre içersinde eşey kromozomlarına çok benzeyen, fakat kesinlikle kromozom olmayan bazı oluşuklar saptanmış ve bunların DNA parçacıkları olduğunu bulmuştur.

İşte kromozom çalışmalarında bu gibi durumlarla karşılaşılabilceği için dikkatli çalışılması gerekmektedir.

5. Kromozomlarda görülen inversiyonlar :

Bir kromozomun içinden kopan bir parçanın 180° dönerek koptuğu yere tekrar yapışmasına inversiyon denilmektedir. İversiyon sonucunda kromozom üzerindeki genlerin dizilişinin değişmesine rağmen herhangi bir genetik materyal kaybı söz konusu değildir.

Morfolojik olarak ayrımı güç olan bazı böcek gruplarının ayrımları kromozomlarında görülen inversiyonlar yardımıyla kolayca yapılabilir.

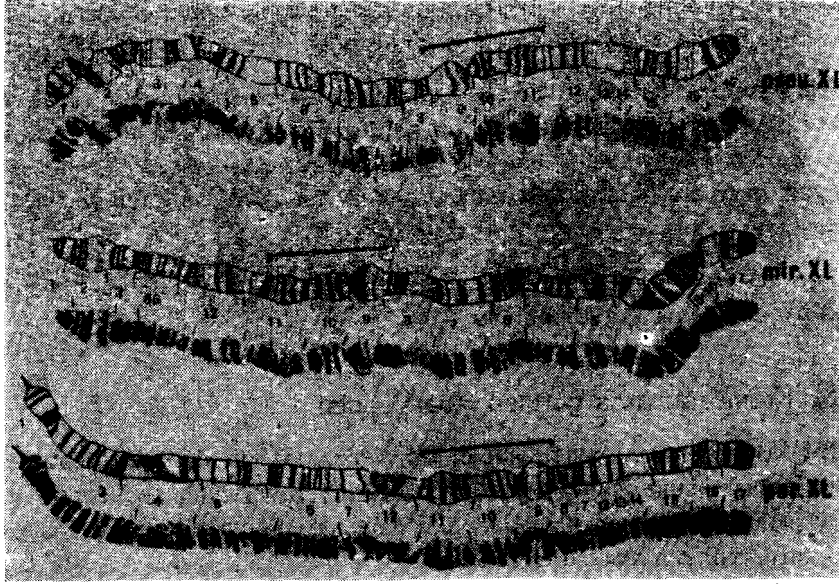
Örneğin White (1957) , *Drosophila* cinsinin *willistoni* grubuna ait *bocainensis* alt grubunda 3 sibling tür bulunduğunu, bunlardan 2 tanesinin morfolojik olarak birbirlerinden ayrılmadığı halde kromozomlarında görülen 13-26. bölgelerindeki inversiyonlar yardımıyla ayrılabildiklerini belirtmektedir.

Yine aynı yazar *Anopheles maculipennis* (Diptera, Culicidae) grubundaki sibling türlerin ancak bazı ergin öncesi dönemlerinde ve ekolojik karakterleriyle zorlukla ayrılabilceğini belirtmektedir. Fakat Frizzi (1947, 1950) isimli bir araştırmacıya atfen de bu türlerden *atroparvus* Van Thiel'un *elutus* Edwards ve *typicus* Meig.'tan tükürük bezi kromozomlarındaki farklı inversiyonlar yardımıyla ayrılabilceğini de belirtmektedir.

Anderson et al. (1977) ise sibling türler olan *Drosophila pseudoobscura* Fröl., *D. persimilis* Dobz. and Epling. ve *D. miranda* Dobz.'nın tükürük bezi kromozomlarını incelemişler ve «X» kromozomlarının sol kollarının 3 türde de farklılık gösterdiğini saptamışlardır.

Şekil 5'te görüldüğü gibi *D. persimilis*'te 12. bandın ortası ile 7. bandın ortasında kopma olarak inversiyon gerçekleştiği halde *D. miranda* da 6. ile 12. bandlar arasında inversiyon gözlenmektedir. *D. pseudoobscura*'da ise bu bölgelerde bir inversiyon söz konusu değildir.

Ayrıca *D. pseudoobscura* ve *D. persimilis* türleri 2. kromozomlarındaki inversiyon yardımıyla da birbirlerinden ayrılabilirler.



Şekil 5. *D. pseudoobscura*, *D. miranda* ve *D. persimilis* türlerinde X kromozomlarının sol kolu üzerindeki inversiyon bölgeleri ve bölgesel farklılıklar (Anderson et al., 1977'dan).

6. Kromozomların bölgesel farklılıkları :

Bir kromozom elektron mikroskopunda incelendiğinde, çeşitli bölgelerinde bir takım yapı farklılıklarına rastlanabilir. Örneğin bazı bölgelerinde puff adı verilen şişkin kısımlar göze çarpabileceği gibi, bazı bölgelerinde de daralmaların bulunduğu görülebilir.

Bunların yanı sıra kromozomlar üzerinde bölgelere göre bantların dizilişi, kromozom uçlarının şekilleri ve buna benzer özellikler de kromozomların bölgesel farklılıkları arasında sayılabilir.

Kromozomların bütün bu bölgesel farklılıklarını kromozom haritaları üzerinde görmemiz mümkündür. Burada kromozom haritaları terimiyle söylenmek istenen, kromozomların elektron mikroskopunda çekilen fotoğraflarıdır.

Her türün kromozomları için ayrı ayrı elde edilmesi gereken bu haritaların türler arasında karşılaştırılmalarıyla görülen farklılıklar böceklerin sınıflandırılmasında oldukça işe yaramaktadır.

Örneğin Anderson et al. (1977)'nin *Drosophila pseudoobscura*, *D. persimilis* ve *D. miranda* türlerinin «X» kromozomlarının sol kollarında farklı inversiyonlar saptadıklarından söz edilmişti. Yazarlar aynı çalışmalarında yine «X» kromozomlarının sol kolları üzerindeki 9. bölgenin Şekil 5'te görüldüğü gibi

iri ve çıkıntılı bir yumru oluşturduğunu ve bu bölgenin kol üzerinde bulunuş yerlerine göre de türlerin farklılık gösterdiklerini belirtmektedirler. Bu özellikle birlikte inversiyonların da göz önüne alınmasıyla elde edilen iki özellik 3 türün ayırımını son derece kolaylaştırmaktadır.

Sonuç

Buraya kadar bahsedilen bilgilerin ışığı altında karyotip farklılığın çok fazla olduğu ve kromozomların bölgesel farklılıklar gösterdiği böcek gruplarında, kromozomların sınıflandırmaya büyük katkıları olduğunu söyleyebiliriz. Ancak bunun çok fazla sayıda kromozoma sahip olan böceklerde pek mümkün olamayacağını de belirtmek gerekir.

Diğer karakterleriyle birbirlerinden ayrılmayan pek çok sibling türlerin ve diğer yakın akraba türlerin, kromozom çalışmaları sayesinde birbirlerinden ayrılmaları sağlanarak bu konudaki sorunların çözümlendiğini görmekteyiz.

Ayrıca kromozom çalışmaları sonucunda birbirlerinden farklı olarak bilinen bazı türlerin aynı türler olduğu anlaşılmıştır. Buna karşılık aynı türe ait oldukları sanılan bazı böcek bireylerinin de farklı türlere ait oldukları yine bu çalışmalar sonucunda ortaya konulabilmektedir.

Sitolojinin hızla geliştiği günümüzde yeni yöntemlerin kullanılmasıyla bu tür çalışmaların gelecekte daha da gelişeceği açıktır. Bunun yanı sıra şimdiye kadar bu alanda elde edilen başarılar da, taksonomistlerin kromozomları daha çok kullanmalarını teşvik edecektir.

Bunlara dayanarak, özellikle tür düzeyinde henüz daha çözümlenmemiş bir çok sorunun üzerine gidilirken büyük ölçüde kromozomlardan yararlanılabileceği söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışmanın hazırlanışı sırasında değerli görüşleriyle yol gösterip, katkılarda bulunan Sayın hocam Doç. Dr. Feyzi Önder ve Dr. Ruşen Atalay'a, ayrıca çeşitli konularda yardımlarda bulunan Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Nurten Bayhan'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Özet

Sınıflandırmada çözümü güç olan bir çok sorunlar çeşitli karakterler yardımıyla aydınlatılmaya çalışılmaktadır. Bu karakterler arasında kromozomlar oldukça önemli bir yer almakta ve özellikle tür düzeyindeki sorunların çözümünde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu makalede, önce kromozomlar hakkında genel bilgiler verildikten sonra böcek kromozomlarının incelenmeye hazırlanırken göz önünde tutulması gereken bazı bilgilere değinilmiştir. Daha sonra da böceklerin sınıflandırılmasında kulla-

nilan farklı kromozom özelliklerinden sırasıyla kromozom sayısı, tipleri, boyutları, kromozomların heterokromatik bölgeleri ve DNA miktarları, inversiyonlar ve kromozomların bölgesel farklılıkları ele alınarak örnekleriyle açıklanmıştır.

Literatür

- Anderson, W.W., F.J. Ayala and R.E. Michod, 1977. Chromosomal and allozymic diagnosis of three species of *Drosophila*. *D. pseudoobscura*, *D. persimilis*, and *D. miranda*. *J. Heredity*, **68** : 71 - 74.
- Bilge, E., 1977. Genetik (3. Baskı). İ.Ü. Yay. Sayı : 2344, Fen Fak. Sayı : 139, 316 s.
- Boyes, J.W., 1965. Cytotaxonomy of Insects. *Ann. ent. Soc. Queb.*, **10** : 99 - 108.
- , J.M. van Brink and R.D. Mehta, 1968. Chromosomes of Syrphidae IV. Karyotypes of fourteen species in the tribe Chrysotoxini *Chromosoma*, **24** : 233 - 242.
- Cohen, S. and L.M. Roth, 1970. Chromosome numbers of the Blattaria. *Ann. ent. Soc. Am.*, **63** : 1520 - 1547.
- Cummins, K.W., L.D. Miller, N.A. Smith and R.M. Fox, 1965. Experimental entomology. Chapman and Hall Ltd., London, 176 s.
- Demirsoy, A., 1979. Yaşamın Temel Kuralları (Genel Zooloji) Cilt : 1. H.Ü. Yay. : A 28, 835 s.
- Geldiay, R. ve S. Geldiay, 1978. Genel Zooloji. E.Ü. Fen Fak. Kit. Ser. No. 67, 453 s.
- Goodpasture, C., 1974. Karyology and taxonomy of some species of Eumenid wasps (Hymenoptera : Eumenidae). *J. Kans. ent. Soc.*, **47** (3) : 364 - 372.
- de Lesse, H., 1970. Formules chromosomiques de quelques Lépidoptères Rhopalocères de Guyane. *Annls Soc. ent. Fr. (N.S.)*, **6** (4) : 849 - 855.
- Lim, H.—C., V.R. Vickery and D.K. McE. Kevan, 1973. Cytogenetic studies in relation to taxonomy within the family Gryllidae (Orthoptera). I. Subfamily Gryllinae. *Can. J. Zool.*, **51** : 179 - 186.
- Lodos, N., 1979. Sistematik Zoolojinin Prensipleri (E. Mayr'dan çeviri). E.Ü. Zir. Fak. Yay. No. 289, 360 s.
- Morschel, J.R., 1979. Fruit fly in northern Australia is not *Dacus dorsalis*. *Pl. Prot. Bull. F.A.O.*, **27** (3) : 92.
- Nilsson, B., M. Larsson and A. v. Hofsten, 1973. Chromosomes and DNA bodies of *Acheta desertus* (Orthoptera). With parallels to *Acheta domesticus*. *Hereditas*, **75** : 251 - 258.
- Robinson, A.G. and Y.—H. Chen, 1969. Cytotaxonomy of Aphididae. *Can. J. Zool.*, **47** : 511 - 516.
- Roth, L.M. and A.B. Gurney, 1969. Neotropical cockroaches of the *Epilampra abdomenhigrum* complex; a clarification of their systematics (Dictyoptera; Blattaria). *Ann. ent. Soc. Am.*, **62** : 617 - 627.
- Smith, S.G., 1943. Techniques for the study of insect chromosomes. *Can. Ent.*, **75** (2) : 21 - 34.
- , 1950. The Cyto-taxonomy of Coleoptera. *Ibid.*, **82** : 58 - 68.
- White, M.J.D., 1957. Cytogenetics and systematic entomology. *A. Rev. Ent.*, 2:71-90
- , 1970. »Cytogenetics. 72 - 82 ss.«. The insects of Australia. Melbourne University Press, 1029 s.
- Yalvaç, S. 1977. Zoolojiye Giriş (3. baskı). Ata. Ü. Yay. No. 520, Fen Fak. Yay. No. 88, Ders Kit. Ser. No. 12, 204. s.