

DERLEME / REVIEW

TÜR OLUŞUMUNA NEDEN OLAN BAZI KROMOZOM ANORMALLİKLERİ

Fisun KAYMAK¹

ÖZ

Eşeyssel üreyen canlılar için ortaya atılan tür kavramlarının birleştiği nokta, türlerin birey değil organizmalar topluluğu olduğu yani populasyonlar oluşturduğu ve populasyondaki bireylerin çeşitlilik gösterdiği.

Mutasyon, populasyondaki çeşitliliğin oluşumundan sorumlu etkenlerden birisidir ve türlerin evriminde rol oynar. Bu makalede türlerin evriminde rol oynayan kromozom mutasyonları ve tür oluşumuna etkileri hakkında genel bilgiler verilmeye ve temel görüşler açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tür oluşumu, Tür kavramı, Kromozom anormallikleri.

SOME CHROMOSOME ABNORMALITIES CAUSED ON SPECIES FORMATION

ABSTRACT

Species concept put forward for sexual reproductive organisms agree on essential point; species are not individuals but groups of organisms that they form populations and individuals show variation in population.

Mutation is one of the factors that is responsible for the formation of variability in population and has a role on evolution of species. In this article, it is tried to explain basic views and give general knowledge about chromosome mutations caused to differentiate karyotypes and its effects on species formation.

Keywords: Species formation, Species concept, Chromosome abnormalities.

¹Trakya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 22030, Edirne.

1. GİRİŞ

Hayat belirtirlerine ait en eski kayıt 3.8 milyar yıl öncesine aittir (Mojzsis vd., 1996). Bugün varolan bütün canlılar 3.8 milyar yıl önceki atalarının izlerini taşırlar. Bu zaman süresince yeni türler meydana gelmiş ve türler genetik olarak birbirlerinden uzaklaşmışlardır.

Darwin'in eserinin (Darwin, 1859) adı türlerin kökeni olduğu halde ve daha o zaman Darwin tür ve türleşme olayını çözmeye çalıştığı halde tür ve türleşme bugün hala evrimdeki birkaç büyük problem-den biri olarak kabul edilmektedir

Aristo M.Ö. 3. y.y.'da doğal bir sınıflandırma yapmaya çalışmıştır. Sınıflandırmanın temel birimi türdür. Aristo'ya göre türler bağımsız olarak yaratılan ünitelerdir. Aristo'dan yaklaşık 2000 yıl sonra Linné ve 18. y.y.'ın diğer taksonomistleri Aristo'nun topolojik tür kavramını benimsemekle birlikte morfolojik benzerliklerden de yararlanarak doğal bir sınıflandırma yapmaya çalışmışlardır.

Darwin 1859'da türlerin ortak bir kökenden geldiğini belirtmiş fakat aynı atadan iki farklı türün meydana geliş şeklini tam olarak çözememiş ancak yön gösterebilmiştir.

20. y.y 'ın ilk yarısında çeşitli organizma grupları ile çalışan taksonomistler o zamana kadar açık kalan birçok noktanın tamamlanmasını sağlamış, Mayr 1942 yılında sistematik ve türlerini orijini isimli kitabında (Freeman ve Herron, 1998) bu çalışmalar sonunda elde edilen bilgileri vermiştir. Bilimsel olarak ilk tür tanımı de Mayr tarafından yapılmıştır. Daha sonraları çeşitli tür tarifleri ortaya atılmıştır. Bütün tür tanımları temel noktada birleşirler. Bunlardan biri türlerin birey değil organizmalar topluluğu olduğu yani bir türün bireylerinin popülasyonlar oluşturduğudur. Diğer birleştikleri nokta türlerin evrimsel bağımsızlığı olan ayırıcı karakterleri oluşturmasıdır. Evrimsel bağımsızlık, mutasyon, seleksiyon, göç ve genetik kayma her tür üzerinde ayrı ayrı etki ettiği zaman gerçekleşir. Sonuç olarak, farklı türler bağımsız evrimsel yolları takip eder. Eşeyssel üreyen canlılar için geçerli olan tür kavramları içinde en çok kabul gören, Ernest Mayr'ın 1942'de ileri sürdüğü biyolojik tür kavramıdır. Kendi aralarında eşleşerek potansiyel olarak üreyebilen bireyler veren, aynı gen havuzunu paylaşan bu özellikleriyle diğer popülasyonlardan ayrılmış olan doğal popülasyonların oluşturduğu grup ayrı bir türdür. Biyolojik tür kavramına göre tür sabit bir birim değildir, türleşme ile yeni türler meydana gelir.

Yeni türlerin meydana geliş bir çeşit izolasyona ihtiyaç gösterir. İzolasyon, bir popülasyondan bölünmüş olan popülasyonlar arasında eşleşme engeli koyar. Eşeyli üreyen organizmalar için Mayr 1963' de ve Templeton 1982'de türleşme modelleri ortaya atmışlardır. Her iki modelde de yeni türlerin ortaya çıkmasında kromozom mutasyonlarının da etkili olduğu gösterilmiştir (Futuyma, 1997). Bir bireyin so-

matik hücrelerindeki metafaz kromozomlarının sayısal ve morfolojik özellikleri o bireyin karyotipini verir. Doğru yapılmış karyotiplerin karşılaştırılması türler arasında anlamlı bir filogenetik ilişkinin kurulmasını sağlar. Aynı zamanda, popülasyonlar ve alt türler karyotipi oluşturan kromozomlar aracılığı ile ayırt edilirler.

Pek çok araştırmacı karyotip değişiklikleriyle yeni türlerin oluşumunun hayvanlarda kromozomların morfolojik olarak yeniden düzenlenmesi veya heterokromatindeki kantitatif değişikliklerle meydana geldiğini bunun sonunda da çoğunlukla diploid kromozom sayısının azaldığını (Nadler, 1969; Savic ve Solditavic, 1979; Yüksel, 1984), bitkilerde ve bazı Lepidopterlerde ise daha düşük diploid kromozom sayısından daha yüksek kromozom sayısına çıkış ile olduğu görüşünde birleşmektedir (Nadler, 1969).

2. KROMOZOM YAPISI MUTASYONLARI

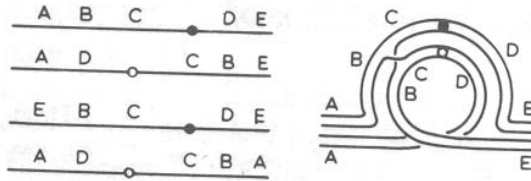
Karyotipteki kromozomların sayısını değiştirmeden yapılarını değiştiren böylece türleşmeye neden olan yapısal kromozom mutasyonlarının en önemlileri otozom ve gonozomların şekillerini değiştiren inversiyon ve translokasyonlardır (Freeman ve Herron, 1998).

2.1 Inversiyon

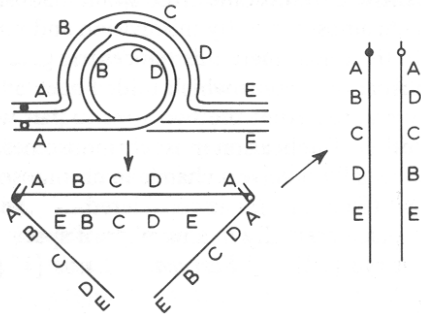
Kırılma sonucu kopan kromozom parçasının 180° dönerek koptuğu yere yapışmasıyla meydana gelir. Inversiyon sonrası kromozom üzerindeki genlerin sırası değişir. Ters dönerek yapışan parça sentromer içeriyorsa perisentrik, sentromer içermiyorsa parasentrik inversiyon denir.

Perisentrik inversiyonu heterozigot olarak taşıyan canlılarda mayoz bölünme sırasında inversiyon ilmeğinin içinde krosingoverin meydana gelmesi sonucu delesyonlu ve duplikasyonlu kromatidler oluşur. Parasentrik inversiyon ilmeğinin içinde krosingoverin meydana gelmesi ise asentrik ve disentrik kromatidlerin meydana gelmesine yol açar. Anafaz sırasında asentrik kromatidin kaybolması, disentrik kromatidin de kopması sonucu parasentrik inversiyon sonunda dengersiz gametler meydana gelir. Bu gametler döllenmeye katıldıklarında meydana gelen zigotlar çoğunlukla yaşayamazlar. Yani heterozigot inversiyonlar semistertiliteye neden olurlar. Bu durum organizmaların üreme uyumu üzerine etkili olup, evrimsel bir role sahiptir. Cotes ve Shaw (1984)'a göre *Caledia captiva*'da yaşama gücü olmayan hibridlerin varlığının nedeni perisentrik inversiyonların postzigotik izolasyon mekanizması olarak etki etmesidir. *Pan*, *Homo*, *Gorilla* ve *Pongo* cinslerinde fikse olmuş perisentrik inversiyonlarla türleşmenin olduğu bilinmektedir (Sites ve Moritz, 1987). Perisentrik inversiyonlar kromozomların şeklinin de değişmesine neden olurlar (Şekil 1). Örneğin, *Eleuthero dactylus* cinsinde türler metasentrik kromozomun akrosentrik/telosentrik kromozomlara dönüşmesi sonucu fikse olmuş kromozomal farklılıklar ile birbirlerinden ayrılırlar (King, 1990).

Perisentrik inversiyonla bazı akrosentrik kromozomların metasentrik ve submetasentrik kromozomlara dönüşmesiyle diploid kromozom sayısı değişmeksizin fundamental sayının artmasıyla yaklaşık 50 memeli türünde kromozom polimorfizmi görülmüştür (Zima, 1984). Gülkaç ve Yüksel (1989), *Spalax* cinsinin evriminde esas sitogenetik mekanizmaların, perisentrik inversiyonlar ve Robertsonian fizyonlar olabileceğini söylemişlerdir. Parasentrik inversiyonda sadece genlerin bağlantı grubu değişir. *Diptera*, *Chironomidae*'de kromozomların yeniden düzenlenmesini sağlarlar. Genellikle dengeli polimorfizm şeklinde meydana gelir ve türleşmede çok küçük rol oynayabilirler (Zouros, 1982). Memelilerde parasentrik inversiyonlar sonunda meydana gelen akraba türler G bandlama yöntemiyle boyanmış karyotiplerin karşılaştırılmasıyla açıklanmıştır (Zima, 1984). Parasentrik inversiyonlara doğada daha sık rastlanır ve bu tip inversiyonlar submetasentrik ve telosentrik kromozomlarda daha yaygındır (Schaeffer, 1980) (Şekil 1. a, b).



Şekil 1. a) Perisentrik inversiyon sonunda submetasentrik kromozomun metasentrik kromozoma değişimi, duplikasyonlu ve delesyonlu gametlerin meydana gelişi.



Şekil 1. b) Parasentrik inversiyon ilmeğinde oluşan krossingover sonucu ortaya çıkan disentrik köprü ve asentrik fragment (Moore, 1976).

Inversiyonlar krossingover baskılıyıcısı olarak bilinirler. Inversiyon küçük bir alanda meydana geldiğinde o bölgede krossingoveri engeller, o bölgedeki aleller sıkı bir şekilde bağlantı gösterir, dölden döle beraber geçerler, böyle alellere süpergen denir. Bu süpergenler, organizmaların hayatta kalması için evrimsel avantaj taşıyorsa, inversiyon evrimsel açıdan türlerin devamı için yararlıdır. Dobzhansky, *Drosophila pseudobscurci*'nin 3.kromozomundaki inversiyonların nesiller boyu korunduğunu ve bu türün uyum yeteneğini arttırdığını göstermiştir (Klug ve Cum-

mings, 2002). Süpergenler kara salyangozu ve kelebek populasyonlarında da bulunmaktadır (Bozcuk, 2000).

Perisentrik inversiyonlar kromozom morfolojisiyle birlikte genlerin sırasını da değiştirerek, parasentrik inversiyonlar ise sadece genlerin sırasının değişmesi sonucu "position effect"ten dolayı genlerin kendilerini farklı şekilde ifade etmesine neden olurlar.

Kromozom morfolojisinin değişmesi, genlerin kendilerini farklı bir şekilde ifade etmesi, süpergenlerin oluşması ve semisterilite gibi olaylara neden olan inversiyonların, farklılıkların ebeveyn karakterlerine karışması önlediğinden (inversiyonlar genellikle krossingover'i engellediğinden ortaya çıkan bir farklılığın köken populasyonuna karışmasını önleyen etkenlerden biri olarak kabul edilirler), kafi derecede farklılığın birikmesi için zaman da geçtiğinde türler arası ayrılıkların başlangıç noktası olması ihtimali büyüktür.

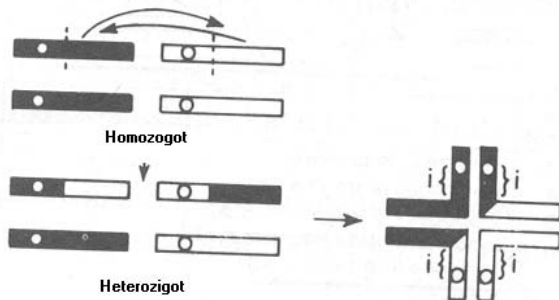
2.2 Translokasyon

Homolog olmayan kromozomlar arasında kromozom parçasının yer değiştirmesine translokasyon denir. Kromozomlardan kopan ve yer değiştiren parçaların özelliklerine göre translokasyonlar;

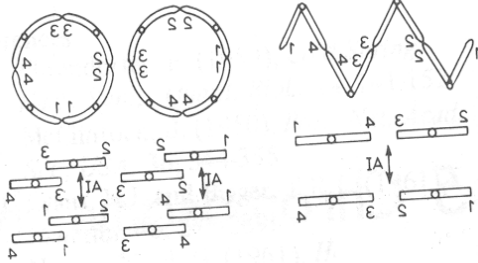
- 1)Transpozisyon
- 2) Resiprokal translokasyon
- 3)Robertsonian translokasyon olarak 3'e ayrılırlar.

Translokasyonların en çok rastlanan ve en iyi incelenen tipi homolog olmayan iki kromozomda kopan parçaların yer değiştirmesi sonucu meydana gelen resiprokal translokasyonlardır. Homozigot resiprokal translokasyonda mayoz sırasında kromozom eşleşmesi normal olur. Heterozigot translokasyonda ise iki farklı homolog çifte ait kromozomlardan birer tanesi translokasyona uğrar. Bunlar artık orijinal kromozomların tam homoloğu değildir. Buna bağlı olarak da mayozun profazında kromozom eşleşmesi olurken orijinal kromozomla translokasyonlu kromozomun farklı parçalarının eşleşmesi için translokasyon bölgesinde bir dik açı meydana gelir ve mayozun sinapsis evresinde kuadriyalent oluşur. Mayoz bölünme sonunda meydana gelen gametlerin fertil veya steril olması kuadriyalent halkasının ekvator tablasına yerleşmesine bağlıdır. Kuadriyalent halkası ekvator tablasına zigzag yaparak yerleşirse, almaçlı ayrılma sonucu gametlerden biri normal, diğer gamet ise resiprokal translokasyonlu olur. Her iki gamette de tüm genler bir defa bulunur. Bu nedenle gametler dengeli ve aktiftirler. Kuadriyalent halkası ekvator tablasına normal halka şekli ile yerleştiğinde, bitişik ayrılma sonucu genetik bakımdan dengesiz gametler meydana gelir (Şekil 2). Sentromer ile translokasyon halkası arasında krossingover meydana gelmesi durumunda ise daha değişik gametler oluşabilir ve böyle bir durumda belki de tam tersi bir durum meydana gelebilir. Resiprokal translokasyonlar sonunda, genetik materyalin miktarında değişme olmaz ancak genlerin bağlantı grubu değişir. Dengesiz gametlerin döllenmeye katılması ile meydana gelen zigotların yarısı yaşayabilir. Yani resiprokal

translokasyonlar, fenotipin değişmesine, vitalite ve fertilitenin azalmasına neden olurlar. Bu olaylar da evrimsel açıdan önemlidir. Doğada kendiliğinden meydana gelen resiprokal translokasyonlara bitkilerde çok sık rastlanmaktadır. Resiprokal translokasyonlar *Datura* ve *Oenothera* genuslarında olduğu gibi bazı bitkilerin evriminde önemli rol oynamıştır (Gardner vd., 1991). Memelilerde de resiprokal translokasyonlar ile meydana gelmiş türlerin varlığı bilinmektedir (Zima, 1984). *Sus scrofa* populasyonlarında kendiliğinden resiprokal translokasyonların varlığı görülür. Bu populasyonlarda resiprokal translokasyonların fertiliteye etkisi %25'ten tamamen steriliteye kadar çeşitlilik gösterir (Popescu ve Boscher, 1986; Gustavsson vd., 1989) (Şekil 2. a, b).



Şekil 2. a) Heterozigot resiprokal translokasyon sonunda görülen translokasyon haçı.



Şekil 2. b) Kuadriyalent halkasının birinci meta-fazda ekvator tablasına çeşitli dizilme şekilleri. Buna bağlı olarak oluşabilecek gametler (Moore, 1976).

Translokasyonların özel bir çeşidi olan Robertsonian translokasyonlarda homolog olmayan 2 akrosentrik kromozomda sentromere yakın bölgede kırılma meydana gelir. Kırılan kromozom parçaları birleşerek biri büyük diğeri küçük 2 metasentrik kromozom oluşur. Kromozomlar sentromerlerinden birleştiği için bu tip translokasyona sentrik birleşme de denir. (Şekil 3). Küçük kromozom genellikle kaybolur, çok az genetik materyal taşıdığı için genetik madde kaybına neden olmaz fakat türün karyotipin de kromozom sayısının azalması ve kromozom morfolojisinin değişmesiyle sonuçlanır. Akrosentrik kromozomlarda kırılmaların meydana geldiği noktalarda heterokromatin segmentlerinin bulunduğu, bu nedenle heterokromatinin karyotip morfolojisinin evolusyonunda büyük önemi olduğu

kabul edilmektedir (Zima, 1984). Moore ve arkadaşları da (1997), arpa, buğday, mısır ve pirinç gibi otsu bitkilerin sentromerik bölgelerinde heterokromatinin yoğun olduğunu, kırılma ve yeniden birleşmelerin bu bölgelerde meydana geldiğini bildirmişlerdir. Özellikle memelilerde karyotip evolüsyonunun akrosentrik kromozomların sayısında azalmayla meydana geldiği bilinmektedir (Yüksel ve Gülkaç, 1990). *Mus domesticus* populasyonlarında kromozom sayısı $2n=22$ 'den $2n=40$ 'a kadar değişir. Populasyonlarda farklı sayıda kromozom taşınması fikse olmuş Robertsonian translokasyonlardan kaynaklanmaktadır (Mahadevaiah vd., 1990). Robertsonian translokasyon bazen biri büyük diğeri çok küçük olan iki metasentrik kromozom arasında da meydana gelir. Metasentrik karyotipli bazı organizmalarda sentrik kırılma ile telosentrik kromozomlar oluşur. Yeni oluşan telosentrikler birbirleriyle kaynaşma eğilimindedirler. Bunun sonucunda biri sub-metasentrik diğeri akrosentrik iki kromozom meydana gelebilir. Rana türlerinin karyotipik düzenlenmesinin sentrik bölünmeler ve bunu takip eden translokasyonlar sonucu meydana geldiği bilinmektedir. (Şekil 3)



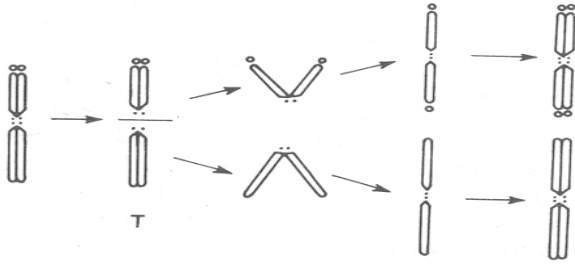
Şekil 3. Robertsonian Translokasyonla homolog olmayan 2 akrosentrik kromozomdan biri büyük diğeri küçük 2 metasentrik kromozomun meydana gelişi (Moore, 1976).

2.3 Duplikasyon

Bir kromozomun bir parçayı iki veya daha fazla içermesine duplikasyon denir. Duplike parçanın bulunduğu bölgeye yerleşme şekline göre 2 tip duplikasyon vardır. Bunlar; 1) Eğer duplikasyona neden olan parça kromozoma ters çevrilmeden bağlanırsa tandem duplikasyon, 2) Eğer kopan parça ters çevrilip bağlanırsa buna da ters tandem duplikasyon denir. Duplikasyonların canlılar üzerine olan zararlı etkileri çok fazla değildir. *Drosophila*' da gözlerin küçük kalmasını sağlayan bar segmenti duplikasyon ile meydana gelmiştir (Oraler, 1990). Bu örnekte görüldüğü gibi duplikasyonlar canlıların fenotipinde değişikliğe neden olurlar ama genellikle ölüme yol açmazlar. Somatik hücrelerin yaşama güçlerini etkilemezler ve mayoz bölünme sırasında elimine olmazlarsa sonraki generasyonlara aktarılırlar. Duplikasyon, hem genlerin sayısının artması hem de "position effect" ten dolayı yeni bir genin buna bağlı olarak ta yeni bir türün oluşması için başlangıç noktası olabilir. Susumo Ohno (1970) da, Gen Duplikasyonu Yoluyla Evrim isimli çalışmasında yeni genlerin ortaya çıkışında gen duplikasyonunun önemi üzerinde durmuştur.

2.4 Sentrik Füzyon

Kromozom morfolojisini değiştiren diğer bir yenden düzenleme de sentrik fizyon=yatay sentromer bölünmesi denilen bir olaydır. Bunun sonucunda bir türün kromozom sayısında artma meydana gelir. Sentrik bölünme genellikle metasentrik kromozomlarda meydana gelir ve 2 akrosentrik kromozom ortaya çıkar (Şekil 4). Genellikle, akrosentrik kromozom *Campanula perssiciifolia*'da olduğu gibi median görünümlü isokromozom şekline çevrilir (Moore, 1976). Sentrik fizyonla tür oluşumları *Nigella* genusunda olduğu gibi birçok bitkide ve Lepidopterlerde görülmüştür (Yüksel ve Gülkaç, 1990). Yüksek organizmalarda destekleyici delilleri oldukça azdır (Nadler, 1969) (Şekil 4).



Şekil 4. Sentromerik parçalanma ile metasentrik kromozomdan iki median görünümlü izokromozomun ortaya çıkışı (Moore, 1976).

Sonuç olarak, farklı mekanizmalarla meydana gelen kromozom yapısı değişimleri, genlerin bağlantı gruplarının değişmesine bazen de kromozom şekillerinin değişmesine neden olur. Her ikisinde de kendini gösteren "position effect"ten dolayı değişiklikler meydana gelir. Değişen karyotip, fenotipik özellikleri etkiler, heterozigotların gametogenezi sırasında mayoz bölünme karışıklıklarının potansiyel sebebi olarak bilinir ve böylece organizmanın fertilitatesini negatif olarak etkiler. İki form arasında karyotip farklılıklarının birikimi, onların hibritlerinin tamamen steril olmasına ve bir türün varoluşunda temel kriter olan üreme izolasyonunun meydana gelmesine yol açabilir. Bu, karyotip farklılaşması ve türleşme olayı arasındaki yakın ilişkiyi gösterir.

3. KROMOZOM SAYISI ANORMALLİKLERİ

Bir genomdaki kromozomların hepsinin birden sayılarının tam katlar halinde yükselmesiyle poliploidi meydana gelir. Poliploidiler, mayoz bölünme sırasında, C-mayoz veya restitüsyon nükleusu oluşumu sonucu diploid gametlerin ortaya çıkması ile mitoz bölünme sırasında ise kromozom ikileşmesiyle meydana gelirler. Bir yumurtanın birden fazla spermle birleşmesi de poliploidiye neden olabilir. Poliploidi üreme izolasyonu ile sonuçlanır. Bitkilerde poliploidi karyotip değişiklikleri için önemli bir mekanizmadır.

Poliploidi, otoploidi ve allopoloidi olarak ikiye ayrılır. Sayıları artan kromozomlar aynı türe aitse bu otoploididir. Diploid gamet oluşturan birey hem erkek

hem de dişi organlara sahip olduğundan kendileşme sonucu tetraploidi meydana gelir (Ramsey ve Schenske, 1998). Ototetraploid birey ile diploid atası arasındaki döllenmeden yaşayabilir döl elde edilemez. Çünkü verdikleri gametlerdeki kromozom sayıları farklıdır. Buna bağlı olarak da gametler arasında uyumsuzluk meydana gelir. Örneğin; *Agropyron cristatum* ($2n=14$) ile *Agropyron desertorum* ($2n=28$) arasında döllenme olmaz çünkü aralarında üreme engeli oluşmuştur (Schaeffer, 1980).

Otoploidler aynı kromozomu 4 defa taşıdıklarından mayozda kromozom eşleşmesi sonunda çeşitli olasılıklar ortaya çıkar, anormal gametler oluşur. Bu nedenle otoploidler düşük fertilitateye sahiptirler. Verimli olup döllerini devam ettirebilmeleri için $2n$ sayılı gametler vermeleri gerekir. Eğer tetraploid bireyler kendileşirlerse tetraploid bir populasyon oluşur. Populasyon genetik olarak farklılaştığında yeni bir tür ortaya çıkar. Tetraploidlerin döl verme şansı düşük olmakla beraber doğada *Oenothera lamarkiana* gibi kendiliğinden meydana gelmiş tetraploidlere rastlanmaktadır (Oraler, 1990).

Bazı durumlarda ototetraploid birey ile onun diploid atası arasındaki döllenmeden ototriploid birey meydana gelir. Ototriploidler mayoz sırasında kromozom eşleşmesindeki düzensizliklerden dolayı semsterildirler. Çünkü tetraploid bireyde diploid atasına karşı üreme izolasyonu oluşmuştur. Tek sayılı poliploid bitkiler ($3n$, $5n$) genellikle sterildir. Fakat *Crepis* cinsinde ($3n$, $5n$, $7n$) olduğu gibi doğal olarak meydana gelmiş poliploidlerin olduğu bilinmektedir (Moore, 1976).

Bir poliploidin sahip olduğu genomlar birden fazla türe ait ise bu allopoloididir. Önce farklı türe ait bireyler bir araya gelir yani tür melezleri oluşur sonra kromozom sayıları tam katlar halinde yükselerek allopoloidi gerçekleşir. Tür melezlerinin meydana gelmesi 2 türün genleri arasındaki uyumsuzluk, kromozom sayıları ya da kromozom yapıları arasındaki uyumsuzluktan dolayı zordur. Tür melezleri meydana gelse bile genellikle yaşayamazlar, fertil değildirler. Bunun sonunda da türler birbirlerinden ayrı kalır. Bazen tür melezleri de kromozom sayılarını tam katlar halinde yükselterek allopoloid duruma geçerler. Allopoloid bireyde farklı genomlara ait kromozomların her birinin sadece bir homoloğu bulunur. Bu nedenle homolog kromozomlar mayoz sırasında normal eşleşmeler yaparak bivalentler oluştururlar, verdikleri gametler yaşar, fertildirler. Bunun sonucunda da poliploidiyi döllerinde devam ettirebilirler ve yeni türlerin oluşumuna neden olurlar. Doğada kendiliğinden meydana gelmiş allopoloid türlere örnek olarak ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum*) ve tütün (*Nicotiana tabacum*) verebiliriz (Oraler, 1990). *Poa annua* ($2n=28$), *Poa infima* ($2n=14$) ve *Poa supina* ($2n=14$) arasındaki döllenmeden meydana gelmiş bir allotetraploiddir (Moore, 1976). Birçok bitki cinsinde poliploidinin bulunması bitkilerin evriminde poliploidinin rolünün bir kanıtıdır.

Öploidinın diğer çeşidi de anöploididir. Anöploidide bir genomdaki kromozomlardan birinin veya birkaçının sayısı değişir. Anöploidinin tür oluşumu üzerine pek etkisi yoktur. Sentrik birleşme ve sentrik bölünme sonunda karyotip morfolojisi değişmekle birlikte karyotipteki kromozomlardan bir tanesinin sayısı da azalır artar. Sentrik birleşme sonucu anöploidlerin oluşmasına özellikle memelilerde rastlanır (Yüksel ve Gülkaç, 1990). Sentrik bölünme sonunda ortaya çıkan anöploidiye ait örnekler ise Pterofitlerde rastlanmaktadır (Moore, 1976).

Sonuç olarak mutasyon canlılarda görülen varyasyonların kaynağıdır. Kromozom yapısı mutasyonları özellikle hayvanlarda, kromozom sayısı mutasyonları ise çoğunlukla bitkilerde yeni türlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu etken gelecekte de tüm canlıların genotip ve fenotiplerinde gözlenecek olan farklılıkların en önemli kaynaklarından biri olacaktır.

KAYNAKLAR

- Bozcuk, N.A. (2000). *Genetik*. 1. baskı, Syf 217. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Coates, J.J. ve Shaw, D.D. (1984). The chromosomal component of reproductive isolation in the grasshopper *Caledia captiva*. III chiasma distribution patterns in a new chromosomal taxon. *Heredity* 53, 85-100.
- Darwin, C. (1859). On the origin of species by means of Natural Selection (John Murray). London.
- Freeman, S. ve Herron, J.C. (2002). Evrimsel Analiz (Çev. Çıplak B., Başıbüyük, H.H., Karaytuğ, S. Gündüz, İ.), İkinci baskıdan çev., 1. baskı, Syf 92, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Futuyma, D.J. (1997). *Evolutionary Biology*, Third Edition, 482p, Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.
- Gardner, E.J., Simmons, M.J. ve Snustad, D.P. (1991). *Principles of Genetics*. Eight ed, 495p, John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Gustavsson, I., Switonski, M., Iannuzzi, L., Ploen, L. ve Larson, K. (1989). Banding studies and synaptonemal complex analysis of an X-autosome translocation in the domestic pig. *Cytogenetics and Cell Genetics* 50, 188-194.0
- King, M. (1990). Amphibia, Vol. 4 chordata 2 In *animal Cytogenetics*, ed. B John. Stuttgart, Berlin. Gebrüder Borntraeger.
- Klug, W.S. ve Cummings, M.R. (2002). *Genetik Kavramlar* (Çev. Cihan Öner), 6. Baskı Çev., 1. baskı, Syf. 266, 271, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Gülkaç, M.D. ve Yüksel, E. (1989). Malatya Yöresi kör fareleri (Rodentia:Spalacidae) üzerinde sitogenetik bir inceleme. *Türk Biyoloji Dergisi* 13(2), 63-72.
- Mahadevaiah, S.K., Selterfield, L.A. ve Mittwoch, V. (1990). Pachytene pairing and sperm counts in mice with single Robertsonian translocations and monobranched compounds. *Cytogenetics and Cell Genetics*, 53, 26-31.
- Mahony, J., Norris, M. ve Donnellan, C. (1996). Karyotypes of South-West Pacific Panid Frogs. *Australian Journal of Zoology* 44(2), 119-128.
- Mojzsis, S.J., Arrhenius, G., McKeegan, K.D., Harrison, T.M., Nutman, A.P. ve Friend, C.R.L. (1996). Evidence for life on Earth on Before 3,800 million years ago. *Nature* 384, 55-59.
- Moore, D.M. (1976). *Plant Cytogenetics*. 1,1, pg.43, 59, Chapman and Hall Ltd. 11, London.
- Moore, G., Roberts, M., Alcaide, L.A. ve Foote, T. (1997). Centromeric sites and cereal chromosome evolution. *Chromosome* 105, 321-323.
- Nadler, C.T. (1969). *Chromosome Evolution in Rodent*, Comparative Mammalian Cytogenetics, New York, Springer Verlag, 277-309.
- Ohno, S. (1970). *Evaluation by gene duplication*. New York. Springer verlag.
- Oraler, G. (1990). *Genetik I*. s. 177-224, İ.Ü. Fen Fakültesi basımevi, İstanbul.
- Popescu, C.P. ve Boscher, J. (1986). A new reciprocal translocation in a hypoprolific boar. *Genetique Selection Evolution* 18, 123-30.
- Ramsey, J. ve Schemske, D.W. (1990). Pathways, mechanisms and rates of ploidy formation in flowering plants. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 29, 467-501.
- Savic, I. ve Soldatovic, B. (1979). Distribution Range and Evolution of Chromosomal Forms in the Spalacidae of the Balkan Peninsula and Bordering Regions. *Jour:Biogeography* 6, 363-374.
- Schaeffer, J.S. (1980). *Cytogenetics*, First Edition, p.203-218, Springer-Verlag. New-York.
- Sites, J.W. ve Moritz, C. (1987). Chromosomal evolution and speciation revisited. *Systematic Zoology* 36, 153-74.
- Yüksel, E. (1984). Cytogenetic Study in Spalax (Rodentia: Spalacidae) from Turkey. *Communications, C, Biologia* 2, 1-12.
- Yüksel, E. ve Gülkaç, M.D. (1990). *Spalax leucodon*'un Bazı Alttür ve Kromozomal Formlarının

Evolüsyonu ve Filogenetik İlişkiler. *Doğa-Tr. J. Of Biology* 14 , 59-68.

Zima, J. ve Kra'1, B. (1984). Caryotypes of European Mammals I. *Acta Sc Nat Brno* 18(7), 1-51.



Fisun KAYMAK, İstanbulda doğdu. 1972' de İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Botanik-Zooloji Bölümünü bitirdi. Trakya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde 1987 yılında Yüksek Lisansını, 1992 yılında doktora-sını bitirdi. 1995'te Yardımcı Doçent, 12 Kasım 1997 yılında doçent oldu. Evli ve bir çocuk annesidir.