

Kuzey - Doğu Karadeniz'de Yetiştiriciliği Yapılan Gökkuşuğu Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Kromozom Farklılıklarının Belirlenmesi

Mehmet ULUPINAR

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Hayvancılık ve Su Ürünleri Dairesi, Ankara - TÜRKİYE

İbrahim OKUMUŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Su Ürünleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Bölümü, Trabzon - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 23.01.2001

Özet: Bu çalışmada, Kuzey - Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki çiftliklerde üretilen gökkuşuğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) kromozom sayılarının belirlenmesi amaçlanmıştır. 10 adet çiftlikten sağlanan 118 adet örneğin ön böbrek dokusundan doğrudan kromozom preparasyonu metoduyla elde edilen 468 hücrenin analizi sonucu 7 farklı diploid kromozom sayısı ($2n=58$, $2n=59$, $2n=60$, $2n=61$, $2n=62$, $2n=63$ ve $2n=64$) tespit edilmiştir. En yaygın olarak bulunan karyotiplerin, sırasıyla %25.2 ve %24.8'lik oranlara sahip $2n=60$ ve $2n=62$ kromozomlu karyotipler olduğu belirlenmiştir. Robertsonian polimorfizminin yaygın olarak görüldüğü tespit edilmiştir. Polimorfizm verilerine göre incelenen stokların muhtemelen Avrupa popülasyonları orijinli oldukları sonucuna varılmış ve bu stokların heterojen olmayan stoklar ile yenilenmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Gökkuşuğu alabalığı, *Oncorhynchus mykiss*, Salmonidae, Kromozom sayısı, Robertsonian polimorfizm, Kuzey - Doğu Karadeniz

Detection of Chromosomal Polymorphisms in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cultured in Commercial Farms in Northeast Black Sea Region of Turkey

Abstract: In this study, the population variability in chromosome numbers of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in 10 farms in the Northeast Black Sea Region of Turkey is examined. From the analysis of 468 anterior kidney tissue cells from 118 specimens, 7 distinct diploid numbers, namely $2n=58$, $2n=59$, $2n=60$, $2n=61$, $2n=62$, $2n=63$ and $2n=64$, were found. The most frequent karyotypes with proportions of 25.2% and 24.8% were $2n=60$ and $2n=62$ respectively. Extensive Robertsonian polymorphisms were determined. According to the polymorphism results, it was concluded that the strains in these farms probably originated from European culture populations and the need to repopulate these stocks with non-heterogeneous stocks was suggested.

Key Words: Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, Salmonidae, Chromosome number, Robertsonian polymorphism, Northeast Black Sea

Giriş

Yetiştiricilikte hızlı büyüme yeteneğine sahip, hastalıklara karşı dayanıklı ve ortam şartlarına iyi uyum sağlayabilen balıklar tercih edilmektedir. Bu amaçla yapılan ıslah çalışmaları ise dünyada hızla devam etmekte ve önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Avrupa ve bilimsel açıdan ileri diğer ülkelerde uygulanan üst düzey genetik (örneğin, kromozom seti manipülasyonu ve gen transferi gibi) çalışmalara nazaran, ülkemizde kamu sektörü bu konuya yeterince eğilememiş (ya da bazı imkansızlıklar ve yetişmiş eleman azlığı sebebiyle istenilen düzeyde bir ilerleme gösterememiş), özel

sektör ise bu konuda eğitilememiştir. Özellikle balıkçılık alanında çiftlik stoklarının zaten bilinmeyen genetik yapıları da çiftlikler arası nakiller yoluyla iyice içinden çıkılmaz bir hal almıştır. Bunun sebebi, herhangi bir çiftlik diğer bir çiftlikten genetik özellikleri bilinmeyen yumurta, yavru ya da damızlık balık almakta ve daha sonra bunları kendi çiftliğindekiler ile bilinçsizce çiftleştirmekte ve en önemlisi gerçekleştirdiği bu işlemleri kaydetmemektedir. Halbuki, doğadaki ve çiftlik stoklarındaki genetik yapının bilinmesi; stok yönetimi çalışmalarında yeni stratejilerin geliştirilmesinde (gelecekte daha iyi stoklar elde edilebilmesi ve mevcut

genetik kaynakların korunması çalışmalarında) çok yararlı olacaktır (1).

Balıklarda kromozom analizi konusunda yurt dışında yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur (2-5). Ne var ki, ülkemizde bu konuda yapılmış çalışma çok azdır (6-8). Oysa, kromozom analizi: her balık türü için kromozom sayısı ve morfolojisi farklı olduğundan tür tayininde; kromozom sayısı ve morfolojisindeki benzerlik durumundan türler arası yakınlık derecesini belirlemede; kromozom manipülasyonu teknikleri – poliploidliği teşvik etmek suretiyle veya jinogenezis yardımıyla - kısırlaştırma, yüksek popülasyonu önleme ve cinsi olgunluk yaşından sonra balıklarda büyüme ve hayatta kalma süresini artırma amacıyla balıkçılık yönetimi ve yetiştiricilikte; balıklar su yoluyla taşınan kirleticileri metabolize edebilen, toplayabilen ve depolayabilen organizmalar olması nedeniyle ve endüstriyel atıklar (ör; kanserojen ve mutajen kimyasallar) ve radyasyonun balık kromozomlarında hatalara sebep olmasından dolayı su kirliliği göstergesi olarak; örneğin insanlarda Mongolizm (Down sendromu), Turner sendromu, Klinefelter veya XXY sendromlarının belirlenebilmesinden dolayı kromozomal hastalıkların tespitinde; evrimsel ilişkileri ortaya koyabilmesinden dolayı filogenetik çalışmalarda kullanılabilir (9). Ancak balıklarda kromozom incelemelerinde (özellikle kromozom bantlama çalışmaları) insanlardaki kadar ileri düzeye ulaşmadığından evrim ve hastalık hususundaki bilgiler yetersizdir ve tartışmalıdır.

Bununla birlikte, Salmonidae familyasının bireyleri üzerinde yapılmış bir çok çalışma, kromozom polimorfizminin (özellikle Robertsonian translokasyon tipinin) çok yoğun olduğunu göstermiştir (10). Kuzey Amerika ve Avrupa'daki birkaç Atlantik salmon popülasyonunda diploid kromozom sayısının $2n=54-60$ arasında değiştiği belirtilmiştir (11, 12). Ohno ve ark. (13) ise gökkuşluğu alabalığı üzerinde yaptığı çalışmalarda benzer şekilde popülasyon içi ve bireysel polimorfizmler olduğunu ($2n=58-65$ arasında değiştiğini) gözlemlemiştir. Salmonidae familyasına dahil türlerin kromozom terkipleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Robertsonian translokasyon tipi, homolog olmayan iki akrosentrik kromozomun sentromerlerine yakın bir yerden kırılarak, iki uzun kol birleşip bir metasentrik kromozom oluşturması, iki kısa kolun da çok küçük bir kromozom oluşturması (veya küçük olan kromozomun kaybolması) sonucu, kromozom sayısında değişiklik

meydana gelmesine rağmen kromozom kol sayısının (NF) aynı kalması şeklinde tanımlanabilir (14).

Bu çalışmada, Kuzey - Doğu Karadeniz'de yetiştiriciliği yapılan gökkuşluğu alabalığı popülasyonlarının kromozom yapıları belirlenerek, bu balıklarda kromozom farklılıklarının bulunup bulunmadığı, filogenetik açıdan kökenlerinin tahmini ve daha sonraki sitogenetik ve yetiştiricilik çalışmalarına temel oluşturacak verilerin toplanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Balık

Çalışmada, Kuzey - Doğu Karadeniz'de faaliyette bulunan (havuzlarda ve deniz kafeslerinde yetiştiriciliği yapılan) 10 alabalık üretim çiftliğinden örneklenen 39-380 g ağırlıklarında 118 adet gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kromozomları incelenmiştir. Çiftliklerden örneklenen balıkların bu çiftlikler tarafından nasıl temin edildiği (kimden, ne zaman ve hangi aşamada satın alındığı) tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çiftliklerden Pazar ve Fındıklı'dakiler Doğu Karadeniz'de ilk (1969 ve 1972 yıllarında) kurulan çiftlikler olması ve örnek alınan çiftliklerin ekserisinin yumurta, yavru ya da damızlık balığını bu çiftliklerden satın almaları bakımından tercih edilmişlerdir. Pazar'daki çiftlik kuruluş aşamasında Avrupa'dan yavru almış, Fındıklı'daki çiftlik ise kuruluş aşamasında balığını Pazar'daki çiftlikten almıştır. Her iki çiftlikte 1996 yılında yaklaşık 50-60 ton/yıl yemeklik balık kapasitesine ulaşmış ve başka işletmelere satmak amacıyla 300 binden fazla yavru üretebilir duruma gelmişlerdir. Diğer çiftliklerin seçiminde ise, istasyonlar arasında 20-40 km'lik mesafenin korunması dikkate alınmıştır. Bunlardan yalnız, Düzköy/Akçaabat'taki çiftlik diğerlerinden farklı olarak yavrusunu Kayseri'deki bir alabalık işletmesinden satın almıştır. Ancak örnekleme yapılan çiftlikler, kuruluş aşamalarından sonra da bazı olumsuzluklar neticesinde diğer çiftliklerden bir miktar yumurta ya da yavru satın almışlar, bunları kendi çiftliğindekiler ile karıştırmışlar, fakat her hangi bir kayıt tutmamışlardır. Bunlardan Yomra ve Rize/Liman'dan alınan örnekler deniz kafeslerinde, Çamburnu/Sürmene'deki balıklar deniz suyu ile tatlı suyun yaklaşık %50 oranında karıştırıldığı tanklarda (karada), diğerleri ise tamamen tatlı suda beton havuzlarda yetiştirilmektedirler. Alınan örnekler, örneğin alındığı çiftlik suyunun tuzluluk derecesi de dikkate alınarak, 14

Tablo 1. Salmonidae familyasının *Salvelinus*, *Salmo* ve *Oncorhynchus* genuslarına dahil türlerin kromozom sayıları (14).

Genus / Tür	2n	M*	Sm*	St*	A*	NF**	Kaynak
<i>SALVELINUS</i>							
<i>S. alpinus</i>	78	16			60	96	Viktorovsky, 1978
	80	20			60	100	Nygren ve ark., 1971
<i>S. fontinalis</i>	84	16		2	66	100	Arai, 1984
	84	18		4	62	102	Ueda ve ark., 1984b
<i>SALMO</i>							
<i>S. apache</i>	56,58	48,50			6,10	106	Miller, 1972
<i>S. clarki bouvieri</i>	64	40			24	104	Loudenslager ve Thorgaard, 1979
<i>S. c. clarki</i>	68	36			32	104	Gold, 1977
<i>S. c. henshawi</i>	64	40			24	104	Gold, 1977
<i>S. c. lewisi</i>	64	42			22	106	Simon ve Dollar, 1963
	66	34	4	12	16	104	Loudenslager ve Thorgaard, 1979
<i>S. fario</i>	84						Prokofieva, 1934
<i>S. aguabonita</i>	58	46			12	104	Gold ve Gall, 1975
<i>S. gilae</i>	56	49			7	105	Beamish ve Miller, 1977
<i>S. irideus</i> (Gibbons)	58-65	39-46			12-16	104	Ohno ve ark., 1965
<i>S. marmoratus</i>	80	22			58	102	Al-Sabti, 1983, 1985
<i>S. salar</i>	58	16			42	74	Garcia-Vazquez, 1988
	56-58	16-18			38-42	74	Hartley ve ark., 1984
<i>S. trutta</i>	80	21,22			58, 59	101,102	Hartley ve Horne, 1984
<i>S. t. lacustris</i>	80	16		2	62	96	Svardson, 1945
<i>S. t. trutta</i>	80	16		2	62	96	Svardson, 1945
<i>S. t. fario</i>	80	14	6	2	58	100	Capanna ve ark., 1973
	79-80	22,23			56, 58	102	Moran ve ark., 1989
<i>ONCORHYNCHUS</i>							
<i>O. gorbusha</i>	52,53	4 7,48			4,6	100	Phillips ve ark., 1987,1988
<i>O. keta</i>	74	20,28			46,54	102	Sasaki ve ark., 1968
<i>O. kisutch</i>	60	48			12	108	Ueda, 1983
<i>O. masou</i>	66	38			28	104	Ueda, 1983
	66	34		24	8	100	Arai, 1984
<i>O. nerka</i>	58	44		2	12	102	Muramoto ve ark., 1974
	57,58	38,39	8		10,12	104	Frolov, 1990
<i>O. n. nerka</i>	57,58	44,45		2	10,12	104	Fukuoka, 1972b
<i>O. tschawischa</i>	68	32		28	8	100	Muramoto ve ark., 1974
<i>O. mykiss</i>	58	48			10	104	Flajshans ve ark., 1990
	59-63	41-45			14-22	104	Hartley ve ark., 1984
	60, 61	43-44		1-2	14-17	104	Ueda ve ark., 1986

* M, Sm, St, ve A: Metasentrik, Submetasentrik, Subtelosentrik ve Akrosentrik

** NF : Kromozom kol sayısı.

gün süreyle bol oksijenli bir ortamda, 1 m³'lük araştırma tanklarında muhafaza edilmişlerdir. Bu süre zarfında balıklar hazır-ticari pelet yem ile beslenmişlerdir. Örnekler, sağlıklı ve bulunduğu ortamdaki gelişimi normal olan balıklardan seçilmişlerdir. Morfolojik ve gelişim yönünden herhangi bir anormalliği olmayan bu balıklar deneyden önce yaklaşık 24 saat aç bırakılmışlar, deneyin başlangıcında ise akvaryumlara alınmışlardır.

Kromozom Preparasyonu

Kromozom preparasyonları Gold (15) ve Al-Sabti ve ark. (16)'nın Ulupınar ve Okumuş (17) tarafından değiştirilmiş metotlarıyla yapılmıştır. Balıklara %0.5'lik kolşisin solüsyonundan 3 ml/1000 g vücut ağırlığı dozunda intraperitoneal (i.p.) olarak enjekte edilmiş ve 14°C'lik iyi havalandırılmış bir akvaryuma konulmuştur. Daha sonra balıklar kesilerek ön böbrek dokusu alınmış ve 18°C'deki %0.56'lık KCl'de 30 dak bekletilmişlerdir. Yeni

hazırlanmış-soğuk Carnoy fiksatif (3:1 metanol:glasiyal asetik asit) ile muameleden sonra lamlar Sorenson fosfat tampon solüsyonuyla hazırlanmış %5'lik Giemsa (1/15M pH 6.8) ile oda sıcaklığında 10 dak boyanmıştır. Kromozomlar Levan ve ark. (18) tarafından önerilen kol oranlarına göre sınıflandırılmışlardır.

Bulgular

10 adet üretim çiftliğinden 118 balıkta elde edilen değerler Tablo 2'de özetlenmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi, balık örneklerinin alındığı çiftliklere 1'den 10'a kadar istasyon numarası verilmiş, bu istasyonlardan alınan ve ağırlıkları 39-380 g arasında değişen çoğu ergin balıktan 468 metafaz plağı sayımının istasyonlara göre dağılımı sırasıyla 103, 42, 57, 37, 21, 92, 53, 14, 35 ve 14 şeklinde bulunmuştur. Çalışmada, kromozom sayısının 2n=58-64 arasında değişmekle birlikte kromozom kol

Tablo 2. Çalışmada elde edilen bulguların özeti.

İstasyon No	İstasyon adı	Çiftlik suyu	Kromozom sayıları										Balık sayısı	Metafaz plağı say.	Balık ağırlığı (g)	Orijin
			<58	58	59	60	61	62	63	64	<64					
1	Çamburnu / Sürmene	Karışık	8	6	8	31	14	30	3	3	-	20	103	40-119	Fındıklı	
				(2)	(7)	(30)	(12)	(29)					(80)*			
2	Toklu köyü / Trabzon	Tatlı su	3	1	1	10	6	15	3	3	-	10	42	43-137	Pazar	
				(1)	(8)	(4)	(12)	(1)	(2)			(28)				
3	Yomra / Liman	Deniz	3	7	3	11	11	14	2	4	2#	10	57	220-350	Fındıklı	
				(2)	(2)	(11)	(10)	(13)	(1)	(2)			(41)			
4	Coşkundere / Maçka	Tatlı su	6	2	4	8	2	9	4	2	-	10	37	51-72	Pazar	
				(2)	(2)	(4)	(8)	(2)	(2)				(20)			
5	Düzköy / Akçaabat	Tatlı su	4	2	6	3	2	3	-	1	-	10	21	30-71	Kayseri+Pazar	
					(5)	(1)	(2)	(1)					(9)			
6	Pazar	Tatlı su	9	8	7	26	12	19	4	7	-	15	92	165-310	Avrupa	
				(5)	(5)	(24)	(10)	(18)	(3)	(3)			(66)			
7	Çağlayan / Fındıklı	Tatlı su	6	5	3	13	11	12	1	2	.	15	53	44-62	Pazar	
				(4)	(1)	(13)	(9)	(11)	(1)				(39)			
8	Dağbaşı / Araklı	Tatlı su	-	2	-	5	4	3	-	-	-	10	14	45-68	Pazar	
				(1)		(2)	(1)	(1)					(5)			
9	Aksu köyü / Sürmene	Tatlı su	5	2	6	8	2	8	2	2	-	10	35	105-176	Pazar	
					(6)	(6)	(2)	(3)	(1)				(28)			
10	Liman / Rize	Deniz	2	2	2	3	1	3	-	1	-	8	14	267-380	Pazar+Fındıklı	
				(1)		(3)	(1)	(2)		(1)			(8)			
Toplam			46	37	40	118	65	116	19	25	2	118	468			
				(16)	(28)	(102)	(49)	(99)	(8)	(12)			(314)			
%			9.8	7.9	8.6	25.2	13.9	24.8	4.1	5.3	0.4					
104 kollu hücre s. X 100/Top. hücre s.			0	43.2	70.0	86.4	75.4	85.3	42.1	48.0	0		67.1			

* Parantez içindeki rakamlar 104 kollu hücre sayılarıdır.

1 tanesi tetraploid (4n), 1 tanesi triploid (3n) hücredir.

sayısının (NF) genellikle 104 olduğu, dolayısıyla incelenen gökkuşacağı alabalığı örneklerinde Robertsonian Polimorfizmin yaygın olarak görüldüğü tespit edilmiştir. Ancak çok az da olsa kol sayısının 104'den farklı olarak 100, 102 ve 103 şeklinde bulunduğu karyotipler de saptanmıştır. 104 kollu kromozom setine sahip hücre sayıları da yine istasyon numarasına göre sırasıyla 80, 28, 41, 20, 9, 66, 39, 5, 28 ve 8 olarak tespit edilmiş, toplam hücre sayılarına oranları ise 0, %43.2, %70.0, %86.4, %75.4, %85.3, %42.1, %48.8 ve 0 olarak bulunmuştur. Söz konusu sayımlarda, 3 nolu Liman/Yomra'dan alınan örneklerde, 1 tane triploid (3n) ve 1 tane de tetraploid (4n) birey kaydedilmiştir. Metafaz plağı sayımının kromozom sayılarına göre dağılımı ise 46 ((2n=58'den az), 37 (2n=58), 40 (2n=59), 118 (2n=60), 65 (2n=61), 116 (2n=62), 19 (2n=63), 25 (2n=64) ve 2 (2n=64'den fazla)'dır. Bu değerlerin yüzde oranları ise %9.8, %7.9, %8.6, %25.2, %13.9, %24.8, %4.1, %5.3 ve %0.4 olarak sıralanmıştır. Buna göre, 2n=64 kromozomlu metafaz sayımının en az, 2n= 60 ve 62 kromozomlu metafaz sayımlarının ise en yaygın olarak görüldüğü tespit edilmiştir.

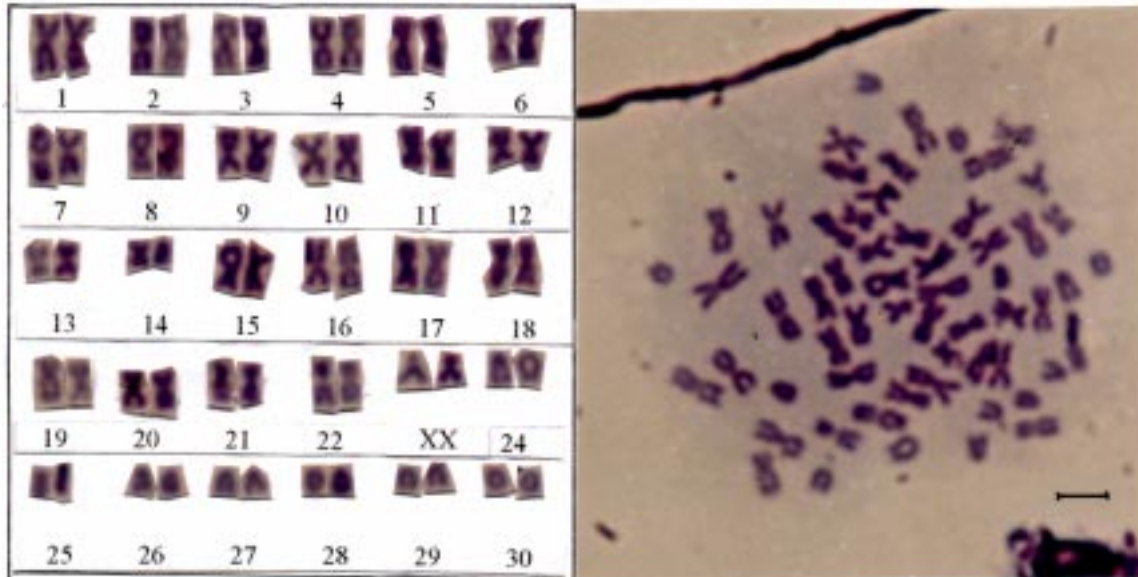
Balıkların temin edildiği çiftliklerden 3 (Liman/Yomra) ve 10 (Liman/Rize) nolu olanlarda deniz suyunda yetiştiricilik yapılırken, 1 nolu çiftlikte hem deniz suyu hem de tatlı su eşit olarak kullanılmakta, diğerlerinde ise tamamen tatlı su kullanılmaktadır. Söz konusu

çiftliklerden alınan balık örneklerinin çoğu Fındıklı ya da Pazar menşeyli olup, bunlardan sadece 5 nolu çiftliğin stoğu Kayseri'den alınmış, Pazar'daki çiftlik ise kuruluş aşamasında yavruyu Avrupa'dan getirtmiştir. Diğerlerinden farklı olarak, 5 nolu çiftlikten elde edilen bireylerde 2n=59 kromozomlu karyotip yaygın olarak bulunmuştur. En yaygın olarak görüldüğü tespit edilenlerden 2n=60 (NF=104) kromozomlu karyotipte 14 çift metasentrik (m), 8 çift submetasentrik (sm) ve 7 çift akrosentrik (a) kromozom bulunmakta olup 1 çift de subtelosentrik (st, XX) dişi cinsiyet kromozomu mevcuttur (Şekil 1).

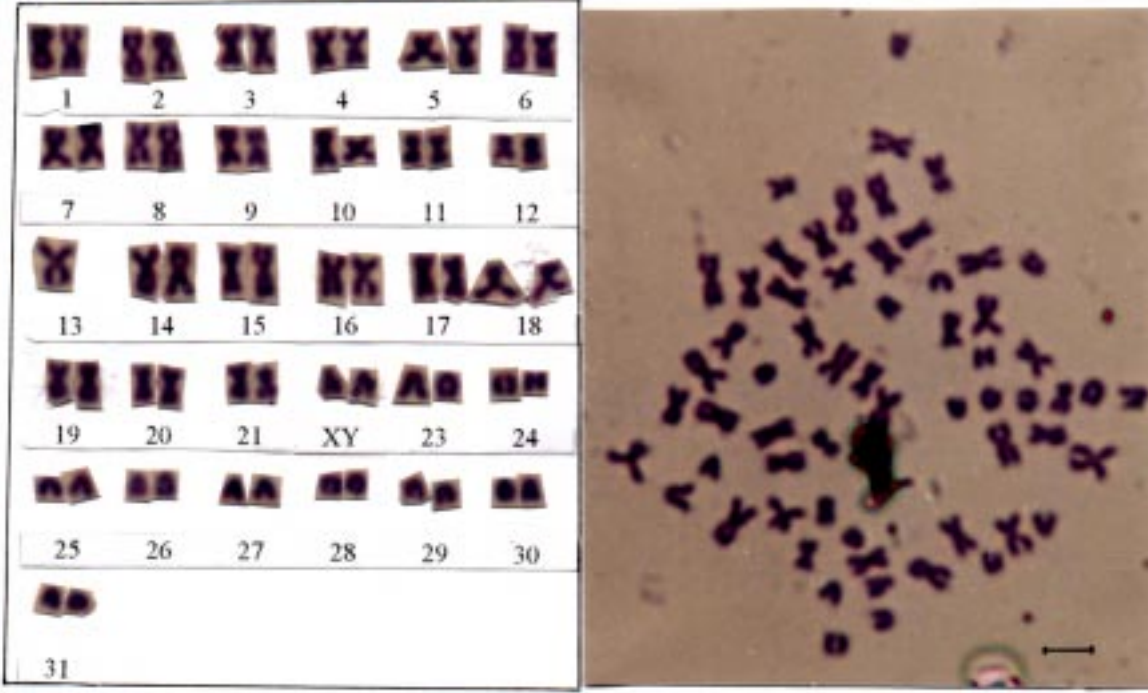
Diğer yaygın olarak görülen 2n=62 (NF=104) kromozomlu karyotip ise 14 çift metasentrik (m), 8 çift submetasentrik (sm), 9 çift akrosentrik (a) kromozom ve 1 çift subtelosentrik (st) dişi cinsiyet kromozomu içermektedir. 2n=61 (24m + 17sm + 2st + 18a) kromozomlu (13 nolu kromozom tek ve yine NF=104) erkek (XY) bireyin karyotipi ise Şekil 2'de verilmiştir.

Tartışma

Bu çalışma, Doğu Karadeniz'de faaliyette bulunan deniz ve tatlı suda yetiştiricilik yapan 10 alabalık üretim çiftliğinden örneklenen 39-380 g ağırlıklarındaki 118 adet gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerinde yapılmıştır.



Şekil 1. Pazar'dan 5 nolu dişi gökkuşacağı alabalığına ait 2n=60 kromozomlu metafaz dağılımı ve karyotip (NF=104).



Şekil 2. Coşkündere / Maçka'dan 9 nolu erkek gökkuşluğu alabalığına ait $2n=63$ kromozomlu metafaz dağılımı ve karyotip (NF=104).

Kromozom sayısı değişimleri ile ilgili olarak, Paever (4), triploidlerin doğada kendiliğinden meydana gelebildiğini (19) ve gökkuşluğu alabalığında kromozom seti manipülasyonunun nispeten kolay oluşunu kanıtlayan yayınlar (20) olsa da, diploid kromozom sayısının protein değişimlerine göre adaptasyonel baskılara daha az tepki gösterdiğini belirtmiştir. Bununla beraber, Robertsonian tip kromozom polimorfizminin *Salmo* genusunda çok yaygın olduğu (10-13, 20-23), *Oncorhynchus* genusunda ise daha az meydana geldiği (22, 24, 25) hususunda pek çok yayın bulunmaktadır. Ayrıca, gökkuşluğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) birey-içi kromozom değişimi (26-30) ve bireyler-arası kromozom değişiminin de (31) yaygın olarak görüldüğü kaydedilmiştir. Bolla, (32) ise, Robertsonian translokasyonlarından dolayı bir kromozom ikiye bölünerek 2, 3 veya bazen daha fazla akrosentrik (a) kromozom gibi, ya da uygun birleşmeler yoluyla akrosentrik kromozomlar iki kollu (m veya sm) kromozomlar gibi görünebileceğini belirtmiştir. Bu çalışmanın sonuçları da bu iki kromozom değişimini ortaya koymuş ve bu türde Robertsonian polimorfizmin varlığını teyit etmiştir.

Kültürü yapılan gökkuşluğu alabalığı populasyonları için en yaygın kaydedilmiş karyotip $2n=60$ (kol sayısı yaklaşık 104 ve akrosentrikten daha çok metasentrik kromozoma

sahip olmakla birlikte (33, 34), Thorgaard (20) doğal populasyonlar üzerinde yaptığı çalışmasında, kromozom sayısının $2n=58$ ile $2n=64$ arasında değiştiğini, 290 örnekten 285'inde kol sayısının (NF) 104 olduğunu, en yaygın karyotipin Georgia Bölgesi'nden Puget Sound-Strait'teki bazı populasyonlarda ve California'nın kuzeyindeki örneklerden elde edilen $2n=60$ kromozomlu "kuzey tipi" karyotipin değil, Alaska, Washington ve Oregon kıyıları, İngiliz Kolombiya'sının iç kısımları, Washington ve Idaho'dan ve 3 yerli California gökkuşluğu populasyonlarında görülen $2n=58$ kromozomlu "güney tipi" karyotipin olduğunu kaydetmiştir. Ayrıca, değişimin coğrafik bir durum arz ettiğini belirlemiştir. Ancak, balıkların tarihçeleri, morfolojik özellikleri ve protein değişim değerleri ile kendi bulduğu sonuçları karşılaştırdığında ise, aralarında tutarlı bir ilişki bulamamıştır. Her ne kadar, Raicu ve Taisescu (35), Grammeltvedt (36) ve Simon (37) kromozom sayısında değişimin varlığını kaydetmişlerse de, Thorgaard'ın elde ettiği bu sonuç, Roberts (38) ve Gold (39) tarafından gökkuşluğu alabalığında diploid sayının genellikle 60 olduğu şeklindeki tespitine göre sürpriz olmuştur. Veloso ve ark. (40), Şili'deki gökkuşluğu alabalığı populasyonlarındaki kromozom polimorfizmini incelemek için yaptığı bir çalışmada ise, balık çiftliklerinde

yetiştiriciliği yapılan iki popülasyonda (El Arrayan ve Rio Clarillo) diploid sayının sırasıyla $2n=60-63$ ile $2n=58-61$ arasında değişmekte olup, bütün bireylerdeki kol sayısının (NF) 104 olduğunu kaydetmişlerdir. Ayrıca, örneklenen bireylerin %15'inde bireyler-arası polimorfizm görüldüğünü açıklamışlardır.

Chourrout ve Happe (41)'da Fransa'daki çiftlik popülasyonlarında yaptığı bir çalışmada, kromozom sayısının $2n=58-64$ arasında değiştiğini ve kol sayısının (NF) 104 olduğunu, ancak kol sayısının %15 oranında 104'den daha düşük olabileceğini belirtmişlerdir. Klinkhardt ve Buuk (42) ise, kol sayısının 103-105 arasında değişebildiğini saptamışlardır. Hartley ve Horne (21) kromozom sayısının $2n=59-63$ arasında değişmesine rağmen kol sayısının 104 olarak sabit kaldığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada ise, $2n=60$ (%25.2) ve $2n=62$ (%24.8) kromozomlu karyotipler, en yaygın karyotipler olarak bulunmuş ve sonuçlar Thorgaard (20)'in bulgularıyla farklılık göstermesine rağmen, bu iki sonuç da Hartley ve Horne (21) ile Tüfek (6) tarafından bildirilen değerler ile tam bir uyum göstermektedirler. Klinkhardt ve Buuk (42) da $2n=60$ kromozomlu karyotipin en fazla görülen karyotip tipi olduğunu belirtmiş, fakat ikinci olarak $2n=61$ kromozomlu karyotipin yer aldığını açıklamıştır. Bununla beraber, $2n=62$ kromozomlu karyotipin en yaygın görülen üçüncü karyotip olduğunu belirtmiştir (Tablo 3).

Çalışmada, en yaygın olarak $2n=60$ ve $2n=62$ karyotiplerinin bulunmasının sebebi ise, örnek alınan çiftliklerdeki balıkların genellikle iki çiftlikten (6 ve 7 nolu çiftlikler) köken almış olmalarından ve bu çiftliklerdeki popülasyonlarda da iki farklı hattın karışık olarak bulunmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Ayrıca, bu çiftliklerdeki balıkların, Flajhans ve Rab (43), British Columbia, Kamploops Gölü Bölgesi'nden

orijinlendiğini belirttiği ve "Çekoslavakya hattı, PdD66" olarak adlandırdığı gökkuşağı alabalıklarında "güney tipi ($2n=44$ m,sm+ 2 st+14 a)"nin yaygın olduğunu belirtmesine rağmen, buna zıt olarak, Thorgaard (20), British Columbia Bölgesi'nde yaptığı ve "kuzey tipi ($2n=44$ m,sm+ 4 st+12 a)"nin yaygın olduğunu kaydettiği daha önceki bir çalışma ile Klinkhardt ve Buuk (42)'un Almanya'daki Born Enstitüsü'nde yaptığı ve 4 st'li karyotiplerin daha yaygın olduğunu savunduğu bulgulara paralel olarak, $2n=60$ kromozomlu "kuzey tipi" karyotipe sahip balıklardan orijinlendiği sanılmaktadır. Zaten, bu çiftlik sahiplerinden edinilen bilgilerden, kuruluş aşamasında çiftliklerine Avrupa'dan yavru getirttikleri belirlenmiştir. Bu da çalışma sonucunu doğrulamaktadır. Ancak, Tablo 1'e bakıldığında bu balıkların saf hat olmayıp, çok karışmış oldukları da söylenilebilir. $2n=62$ kromozomlu bireylerle ilgili olarak da, muhtemelen, bu çiftliklerde programlı bir ıslah çalışması olmadığı halde, günlük yönetim uygulamaları esnasında gen havuzunda bazı değişikliklerin yapılmış olabileceği veya kaydedilmemiş farklı bir stoktan karışmış olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, kromozom kol sayılarında da farklılıklar bulunmuş, kol sayılarının 104'den farklı olarak, 100, 102 ve 103 şeklinde olabileceği belirlenmiştir. Kol sayılarının az dahi olsa 104'den farklı olabileceği hususundaki bu bulgular da Chourrout ve Happe (41), Hartley ve Horne (21), Klinkhardt ve Buuk (42), Thorgaard (20) ve Al-Sabti (14) tarafından ortaya konulan veriler ile paralellik göstermektedir. Hartley ve Horne (21), kol sayısının 104'den daha düşük (102) bulunma sebebinin, küçük submetasentrik veya subtelosentrik kromozomların metasentrik olarak teşhis edilmelerinden kaynaklanabileceğini belirtmektedir. Ohno (27), Robertsonian düzenlemelerine ek olarak görülen polimorfizm ile ilgili mekanizmaların da salmonidlerde etkin olduğunu bildirmiş, bunların anafaz safhasında

Tablo 3. Gökkuşağı alabalığında çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen metafaz sayılarının diploid ($2n$) kromozom sayılarına göre dağılımları.

Kaynak	Diploid ($2n$) Kromozom Sayısı								Kol sayısı (NF)	Metafaz Sayısı	Balık Sayısı
	58	59	60	61	62	63	64	3n			
Thorgaard, 1983	174	48	43	10	5	3	14	3	104	297	290
Hartley ve Horne, 1984b	27	151	208	251	220	98	7	-	104 ve farklı	962	55
Klinkhardt ve Book, 1990	2	7	61	49	36	1	-	-	103-105	156	10
Tüfek, 1993	2	-	16	2	5	-	-	-	104	25	11

eşleşmiş kromozom çiftlerinin ayrılmaması, küçük kromozomların elimine olması ve karmaşık inter-kromozomal değişiklikler olduğunu, bu değişikliklerin kromozom kol sayısını da etkilediğini kaydetmiştir. Kirpichnikov (44)'de aynı görüşe katılmakta, ayrıca

Salmonidlerdeki Robertsonian polimorfizmin dışında görülen bu değişikliklerin, bunlardaki yoğun gen dublikasyonlarından ve bu organizmaların günümüzde yaşamakta olan atalarında tetraploidliğin bulunmasının bir belirtisi olduğunu savunmaktadır.

Kaynaklar

1. Thorgaard, G.H.: Application of Genetic Technologies to Rainbow Trout, Aquaculture, 1992; 100, 85-97.
2. Hartley, S.E., Horne, M.T.: Cytogenetics Techniques in Fish Genetics, J. Fish Biol., 1984a, 26, 575-582.
3. McGurk, J., Rivlin, K.: A BASIC Computer Program for Chromosome Measurement and Analysis, J. Heredity, 1983; 74, 304-305.
4. Paever, T.: Rainbow Trout Strains in the Soviet Union and Estonia, Aquaculture, 100, 101, 1992.
5. Thorgaard, G.H., Disney, J.E.: Chromosome Preparation and Analysis, In: Methods for Fish Biology, C.B. Schreck and P.B. Moyle (Eds), American Fisheries Society, Maryland, USA, pp. 171-190, 1990.
6. Tüfek, Ö.F.: Gökkuşluğu Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Kromozomların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 29 Sayfa, Elazığ, 1993.
7. Çolak, A., Sezgin, İ., Süngü, S.: Sazangiller (*Cyprinidae*) Familyasına Ait Beni Balığında (*Cyprinion macrostomum*) Kromozomal Araştırmalar, Doğa Bilim Dergisi A2, 1985; 9(2), 193-195.
8. Gül, S., Çolak, A., Sezgin, İ.: Gümüş Balığı (*Chalcalburnus mossulensis*, Heckel, 1843)'nda Sitogenetik İncelemeler, IX. Ulusal Biyoloji Kongresi, Cilt 1, Sivas, 1988.
9. Ulupinar, M.: Doğu Karadeniz'de Yetiştiriciliği Yapılan Gökkuşluğu Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Kromozom Farklılıklarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Anabilim Dalı, 1998.
10. Hartley, S.E., Horne, M.T.: Chromosome Polymorphism in the Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*, Richardson), Chromosoma (Berl.), 1982; 87(5), 461-488.
11. Roberts, F.L.: Chromosomal Polymorphism in North American Landlocked *Salmo salar*, Can. J. Genet. Cytol., 1968; 10, 865-875.
12. Roberts, F.L.: Atlantic salmon (*Salmo salar*) Chromosomes and Speciation, Trans. Am. Fish. Soc., 1970; 99, 104-111.
13. Ohno, S., Stenius, C., Faisst, M.T., Zenzes, M.R.: Post-Zygotic Chromosomal Rearrangements in Rainbow Trout, *Salmo irideus* Gibbons, Cytogenetics, 1965; 4, 117-129.
14. Al-Sabti, K.: Handbook of Genotoxic Effects and Fish Chromosomes, J. Stefan Institute, Printed by KRISTOFT, Ljubljana, Yugoslavia, 221pp., 1991.
15. Gold, J.R.: A Fast and Easy Method for Chromosome Karyotyping in Adults Teleosts, Prog. Fish Cult., 1974; 36, 169-171.
16. Al-Sabti, K., Fijan, N., Kurelec, B.: A Simple and Fast Technique for the Chromosome Preparation in the Fish, Veterinarski Arhiv, 1983; 53(6): 283-290, 1983.
17. Ulupinar, M., Okumuş, İ.: Gökkuşluğu Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Kromozom Analizi İçin İslah Edilmiş Bir Metot, IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül 1997, S. D. Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Basımda, Eğirdir, İsparta, 1997.
18. Levan, A., Fredga, K., Sandberg, A.A.: Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes, Hereditas, 1964; 52, 201-220.
19. Thorgaard, G.H., Gall, G. A. E.: Adult Triploids in a Rainbow Trout Family, Genetics, 1979; 93, 961-973.
20. Thorgaard, G.H.: Chromosomal Differences Among Rainbow Trout Populations, Copeia, 1983; 3, 650-662.
21. Hartley, S.E., Horne, M.T.: Chromosome Relationship in the Genus *Salmo*, Chromosoma (Berl.), 1984; 90, 229-237.
22. Gold, J.R., Karel, W.J., Strand, M.R.: Chromosome Formulae of North American Fishes, The Prog. Fish Cult., 1980; 42(1): 9-23.
23. Fukuoka, H.: Chromosome Number Variations in the Rainbow Trout (*Salmo gairdneri irideus*), Japan. J. Genet., 1972; 47, 455-458.
24. Thorgaard, G.H.: Sex Chromosomes in the Sockeye Salmon: a Y - Autosome Fusion, Can. J. Genet. Cytol., 1978; 20, 349-354.
25. Gorshkov, S.A., Gorshkova, G.V.: Chromosome Polymorphism of the Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.), Tsitologiya USSR, 1981; 23, 960-964.
26. Ohno, S., Muramoto, J., Klein, J., Atkin, N.B.: Diploid - Tetraploid Relationship in Clupeoid and Salmonid Fish, In: Chromosomes Today, Vol. 2, C.D. Darlington and K.R. Lewis (Eds), Oliver and Boyd, Edinburgh, pp. 139-147, 1969.
27. Ohno, S.: Evolution by Gene Duplication, Springer-Verlag, Berlin and New York, 1970.
28. Kaidanova, T.I.: A Study of Chromosomal Polymorphism in the Population in Rainbow (*Salmo irideus* G.) and Brook (*S. trutta m. fario*) Trouts, Izv. Gosniorch, 1974; 97, 155-178.
29. Vasil'yev, V.B.: Karyotypes of Different Forms of the Kamchatka Trout, *Salmo mykiss* Walbaum and Steelhead, *Salmo gairdneri* Richardson, Vopr. Ikhtiol., 1975; 15, 889-900.

30. Thorgaard, G.H.: Robertsonian Polymorphism and Constitutive Heterochromatin Polymorphism in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Cytogenet. Cell Genet.*, 1976; 7(4): 174-184.
31. Ueda, T., Ojima, Y., Kato, T., Fukuda, Y.: Chromosomal Polymorphisms in the Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Proc. Jpn. Acad.*, 1983; 59(6): 168-171.
32. Bolla, S.: Cytogenetic Studies in Atlantic Salmon and Rainbow Trout Embryos. *Hereditas*, 1987; 106, 11-17.
33. Wright, J.E.: Chromosome Numbers in Trout. *Prog. Fish Cult.*, 1955; 17, 172-176.
34. Simon, R.C.; Dollar, A.M.: Cytological Aspects of Speciation in Two North American Teleosts. *Salmo gairdneri* and *Salmo clarki lewisi*. *Can. J. Genet. Cytol.*, 1963; 5, 43-49.
35. Raicu, P., Taisescu, E.: Cytogenetic Study in *Salmo irideus* and *Salmo trutta m. fario*. *Cytologia*, 1977; 42, 311-314.
36. Grammeltvedt, A.-F.: A Method of Obtaining Chromosome Preparations from Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) by Leucocyte Culture. *Norw. J. Zool.*, 1974; 22, 129-134.
37. Simon, R.C.: Cytogenetics, Relationships and Evolution in Salmonidae. Ph.D. Thesis, Univ. of Washington, Seattle, WA, 76 pp., 1964.
38. Roberts, F.L.: Chromosome Cytology of the Osteichthyes. *Prog. Fish-Cult.*, 1967; 29(2): 75-83.
39. Gold, J.R.: Cytogenetics. In: *Fish Physiology*, W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Eds), Vol. VIII, Academic press, New, 1979; 353-405.
40. Veloso, A., Iturra, P., Diaz, N., Colihueque, N., Estay, F.J.: Chromosome Polymorphism in Rainbow Trout Populations from Central Chile. *Aquaculture*, 1992; 100, 104-105.
41. Chourrout, D., Happe, A.: Improved Methods of Direct Chromosome Preparation in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 1986; 52, 255-261.
42. Klinkhardt, M.B. Dr., Buuk, B.: Die Chromosomen der Regenbogenforelle (*Salmo gairdneri*). *Z. Binnenfisch.*, 1990; 37(7): 226-228.
43. Flajhans, M., Rab, P.: Chromosome Study of *Oncorhynchus mykiss kamplaps*. *Aquaculture*, 1990; 89, 1-8.
44. Kirpichnikov, V.S.: *Genetic Bases in Fish Selection*, Springer Verlag Berlin, 1981.