



UOT 575.2:597.551.261

**ADI ÇƏKİNİN (*CYPRINUS CARPIO*) MÜXTƏLİF POPULYASIYALARININ
XROMOSOM XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ SİTOGENETİK STRUKTURU**Yeganə Vaqif qızı Şəkərəliyeva¹**XÜLASƏ**

Tədqiqatın məqsədi - Adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarında xromosom xüsusiyyətlərini və sitogenetik fərqliliyi müəyyənləşdirməkdir.

Tədqiqatın metodologiyası – Tədqiqatda müxtəlif su hövzələrindən toplanmış nümunələrdə klassik sitogenetik üsullarla kariotip analizi və xromosom morfolojiyasının müqayisəsi aparılmışdır.

Tədqiqatın tətbiqi əhəmiyyəti – Alınan nəticələr genetik ehtiyatların qorunması, seleksiya proqramlarının elmi əsaslandırılması, populyasiyaların sitogenetik monitorinqi və davamlı akvakultura strategiyalarının hazırlanması üçün praktik əhəmiyyət daşıyır, həmçinin idarəetmə qərarlarının optimallaşdırılmasına və təsərrüfat səmərəliliyinin artırılmasına xidmət edir.

Tədqiqatın nəticələri – Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarında diploid xromosom sayı sabit qalmaqla ($2n = 100$) kariotipin morfoloji quruluşunda və xromosom tiplərinin nisbətində fərqliliklər mövcuddur. Cənubi Xəzər və Mingəçevir populyasiyaları sitogenetik baxımdan daha müxtəlifdir, onların heteromorfizmi daha geniş və struktur variasiyaları daha çoxdur. Bu balığın süni seleksiya nəticəsində göl balıqçılığı təsərrüfatında formalaşmış populyasiyası isə daha stabildir, xromosom strukturu homogen və sitogenetik variasiyası məhduddur. Bu fərqlər ekoloji şəraitin və antropogen amillərin populyasiyalara təsirində əks olunur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi – Adi çəkinin müxtəlif təbii ekoloji şəraitdə və balıqçılıq təsərrüfatında formalaşmış populyasiyalarının xromosomlarında struktur fərqləri müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: *Cyprinus carpio*, sitogenetika, kariotip, xromosomlar, Cənubi Xəzər, akvakultura.

Giriş.

Balıqların genetik tədqiqində xromosom səviyyəsində aparılan sitogenetik araşdırmalar növün təkamül tarixi, populyasiyadaxili və populyasiyalararası differensiasiya, adaptasiya mexanizmləri və genetik stabillik dərəcəsi haqqında fundamental məlumatların əldə olunmasına imkan verir. Xromosom dəstində xromosomların sayı, onların morfoloji quruluşu və struktur elementlərində müşahidə olunan variasiyalar genetik dəyişkənliyin dərin səviyyələrini əks etdirir və molekulyar-genetik məlumatlarla birlikdə növün filogenetik mövqeyinin və təkamül dinamikasının daha dəqiq izahına şərait yaradır. Bu baxımdan sitogenetik göstəricilər balıqların taksonomiyası, seleksiyası və mühafizə genetikası üçün mühüm elmi əsas rolunu oynayır.

Adi çəki (*Cyprinus carpio*) sitogenetik baxımdan xüsusilə maraqlı obyekt hesab olunur. Bu növün genomu poliploid mənşəli elementlərin mövcudluğu, xromosomların struktur təşkilində müşahidə olunan müxtəliflik və uzunmüddətli seleksiya prosesləri nəticəsində formalaşmış çoxsaylı xətlərli ilə xarakterizə olunur. Adi çəkinin təbii və mədəni formaları arasında xromosom quruluşu baxımından fərqlərin olması, həmçinin müxtəlif populyasiyalarda heteroxromatinin paylanması, sentromer mövqeləri və xromosom tiplərinin nisbətində dəyişkənlik sitogenetik tədqiqatların aktuallığını artırır. Bu xüsusiyyətlər növün yüksək ekoloji plastikliyini və müxtəlif mühit şəraitlərinə uyğunlaşma qabiliyyətini mühüm genetik mexanizmlərlə əlaqələndirilir.

Cənubi Xəzər və Kür çayı hövzəsi zəngin hidrobioloji müxtəlifliyə və mürəkkəb

¹Əsas müəllif/ Corresponding author: Yeganə Vaqif qızı Şəkərəliyeva, biologiya elmləri doktoru, dosent, Azərbaycan Tibb Universiteti, Tibbi biologiya və genetika kafedrasının müdiri, sh_yegana@rambler.ru, ORCID 0000-0002-0653-7605



ekoloji şəraitə malikdir. Bu regionlar iqlim, hidrologiya və antropogen təsirlərin müxtəlifliyi ilə xarakterizə olunduğundan, burada formalaşmış çəki populyasiyaları uzunmüddətli təkamül və uyğunlaşma prosesləri keçmişdir. Su hövzələrinin rejimində baş verən dəyişikliklər, balıq ehtiyatlarından intensiv istifadə, introduksiya və süni balıqyetidirmə tədbirləri bu populyasiyaların genetik və sitogenetik strukturuna təsirsiz ötüşməmişdir. Nəticədə xromosom səviyyəsində həm stabil, həm də dəyişkən xüsusiyyətlərin formalaşması ehtimalı yüksəkdir.

Yuxarıda göstərilənlərlə əlaqədar olaraq Cənubi Xəzərdə və Kür çayı hövzəsində adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarının xromosom xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi regional miqyasda elmi cəhətdən xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Belə tədqiqatlar populyasiyaların genetik vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, onların təkamül potensialının müəyyənləşdirilməsi və gələcəkdə seleksiya və mühafizə strategiyalarının elmi əsaslarla qurulması üçün mühüm məlumat bazası yaradır.

Materiallar və metodlar. Tədqiqat üçün materiallar Cənubi Xəzərin qərb sahiləni sularından, Mingəçevir su anbarından və Şəmkir rayonunun Kür qəsəbəsi ərazisində fəaliyyət göstərən göl balıqçılıq təsərrüfatından (Yenikənd su anbarının sağ sahilində) toplanmışdır. Bu ərazilər hidrobioloji şəraitinə, suyun fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə və balıq populyasiyalarının formalaşma tarixinə görə bir-birindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir ki, bu da sitogenetik müqayisələr üçün əlverişli zəmin yaradır.

Cənubi Xəzərin qərb hissəsi duzluluğun və temperaturun mövsümlər üzrə dəyişkənliyi ilə xarakterizə olunan şörtəhər sulu ekosistemdir. Burada yaşayan çəkilər əsasən sahiləni sahələrdə və çayların estuarilərində toplaşır və onların populyasiyası müxtəlif hidroloji proseslərin təsiri altında formalaşır. Dəniz və çay sularının qarışdığı bu ərazilərdəki orqanizmlərdə gen axını intensiv olduğundan populyasiya genetik baxımdan açıq sistem kimi qiymətləndirilir. Belə şəraitdə xromosom səviyyəsində dəyişkənliyin və struktur variasiyaların müşahidə olunması ehtimalı yüksəkdir və bu, sitogenetik tədqiqatların elmi əhəmiyyətini artırır.

Mingəçevir su anbarının yaradıldığı dövrdən etibarən burada adi çəkinin təbii çoxalması baş verir və populyasiya əsasən yerli ehtiyatlar hesabına formalaşır. Su anbarının nisbətən sabit hidrokimyəvi rejimi və geniş akvatoriyası bu populyasiyanın uzunmüddətli adaptasiya proseslərindən keçməsinə şərait yaratmışdır. Bu baxımdan Mingəçevir su anbarı populyasiyası yarı-qapalı sistem kimi qiymətləndirilə bilər və onun sitogenetik göstəriciləri təbii seleksiyanın və lokal ekoloji amillərin təsirinə əks etdirir.

Şəmkir rayonunun Kür qəsəbəsi ərazisində yerləşən göl balıqçılıq təsərrüfatında yetişdirilən adi çəki isə uzunmüddətli seleksiya, süni artırma və nəzarətli yetişdirmə tədbirləri nəticəsində formalaşmışdır. Bu populyasiya genetik baxımdan daha homogen hesab olunur və sitogenetik sabitliyin, xromosom sayının və struktur göstəricilərin seleksiya şəraitində necə qorunduğunu qiymətləndirmək üçün mühüm model obyekt rolunu oynayır. Təbii və mədəni populyasiyalar arasında aparılan müqayisələr seleksiya proseslərinin xromosom səviyyəsində mümkün təsirlərini aşkar etməyə imkan verir.

Hər bir tədqiqat yerindən adi çəkinin 25 ədəd yetkin fərdi seçilmişdir. Fərdlərin seçimi zamanı onların fizioloji vəziyyətinin normal olmasına diqqət yetirilmişdir. Sitogenetik analiz üçün böyrək və qəlsəmə epitel toxumalarından nümunələr götürülmüşdür, çünki bu toxumalar mitotik fəallığın nisbətən yüksək olması ilə seçilir və metafaza xromosomlarının əldə edilməsi üçün əlverişli hesab olunur.

Xromosom preparatları klassik sitogenetik üsullardan istifadə edilməklə hazırlanmışdır. Hüceyrələr kolxisin tətbiqi ilə mitozun metafaza mərhələsində saxlanılmış,



daha sonra hipotonik məhlulla emal olunaraq xromosomların açılması təmin edilmişdir. Fiksasiya metanol-sirkə turşusu qarışığı ilə aparılmışdır (Rothfels və Siminovitch, 1958; Moorhead və b., 1960). Hazırlanmış preparatlar Giemsa boyası ilə rənglənmişdir ki, bu da xromosomların morfoloji xüsusiyyətlərinin aydın vizuallaşdırılmasına imkan verir (Seabright, 1971).

Kariotip analizi zamanı xromosomlar ölçülərinə və sentromerin mövqeyinə əsasən metatsentrik, submetatsentrik və akrosentrik qruplara ayrılmışdır (Levan və b., 1964; Sumner, 2003). Hər bir populyasiya üzrə diploid xromosom sayı (2n), fundamental qol sayı (FN) və mümkün struktur variasiyalar müəyyən edilmiş və əldə olunan göstəricilər müqayisəli şəkildə təhlil olunmuşdur (White, 1978). Bu yanaşma müxtəlif ekoloji və seleksiya şəraitində formalaşmış adi çəki populyasiyalarının sitogenetik xüsusiyyətlərini obyektiv qiymətləndirməyə imkan vermişdir.

Nəticələr və müzakirə. Ədəbiyyat məlumatlarına əsasən *Cyprinus carpio* növü üçün diploid xromosom sayı $2n=100$ olaraq qəbul edilmiş və bu göstərici müxtəlif coğrafi regionlarda aparılmış sitogenetik tədqiqatlarda dəfələrlə təsdiq olunmuşdur (Balon, 1995; Kohlmann və b., 2003; Xu və b., 2014). Qeyd olunan xromosom sayı adi çəkinin karyoloji baxımdan stabil və konservativ növ olduğunu göstərir və onun poliploid mənşəli təkamül tarixi ilə sıx bağlıdır. Məlumdur ki, *C. carpio* genomunda baş vermiş qədim genom duplikasiyaları nəticəsində yüksək xromosom sayı formalaşmış və sonrakı təkamül mərhələlərində bu göstərici əsasən sabit saxlanılmışdır.

Aparığımız sitogenetik tədqiqatlar zamanı Cənubi Xəzərdən, Mingəçevir su anbarından və Kür qəsəbəsi ərazisində yerləşən göl balıqçılıq təsərrüfatından götürülmüş nümunələrdə də diploid xromosom sayının $2n=100$ olduğu müəyyən edilmişdir. Bu fakt göstərir ki, fərqli ekoloji şəraitdə və müxtəlif təsir amilləri altında formalaşmış populyasiyalarda xromosom sayı dəyişməz qalır. Əldə olunan nəticələr mövcud ədəbiyyat məlumatları ilə tam uyğunluq təşkil edir və növün karyoloji sabitliyini bir daha təsdiqləyir. Bununla yanaşı, kariotipin morfoloji quruluşu üzrə aparılan analizlər populyasiyalar arasında müəyyən fərqlərin mövcud olduğunu göstərmişdir (cədvəl).

Cədvəl. Adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarında xromosomların morfoloji tiplərinin nisbəti

Xromosom tipləri Populyasiyalar	Metasentrik (M)	Submetasentrik (SM)	Akrosentrik (A)	Ümumi xromosom sayı (2n)
Cənubi Xəzər	28	34	38	100
Mingəçevir su anbarı	30	32	38	100
Göl balıqçılığı təsərrüfatı	26	36	38	100

Mənbə: Müəllif tərəfindən aparılmış tədqiqatlar əsasında hazırlanıb

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi xromosomlar sentromerin yerləşməsinə görə metasentrik (M), submetasentrik (SM) və akrosentrik (A) tiplərə ayrılmışdır. Cənubi Xəzər populyasiyasında 28 metasentrik, 34 submetasentrik xromosom qeydə alınmışdır. Mingəçevir su anbarı populyasiyasında metasentrik xromosomların sayı 30, submetasentriklərin sayı 32 olmuşdur. Kür qəsəbəsindəki göl balıqçılıq təsərrüfatında yetişdirilən populyasiyada metasentrik xromosomların nisbətən az (26), submetasentrik xromosomların sayı isə nisbətən çox (36) olmuşdur. Akrosentrik xromosomların sayı hər üç hövzədə dəyişməz qalaraq 38 təşkil etmişdir.

Bu nəticələr göstərir ki, xromosomların ümumi sayı sabit qalsa da, onların morfoloji

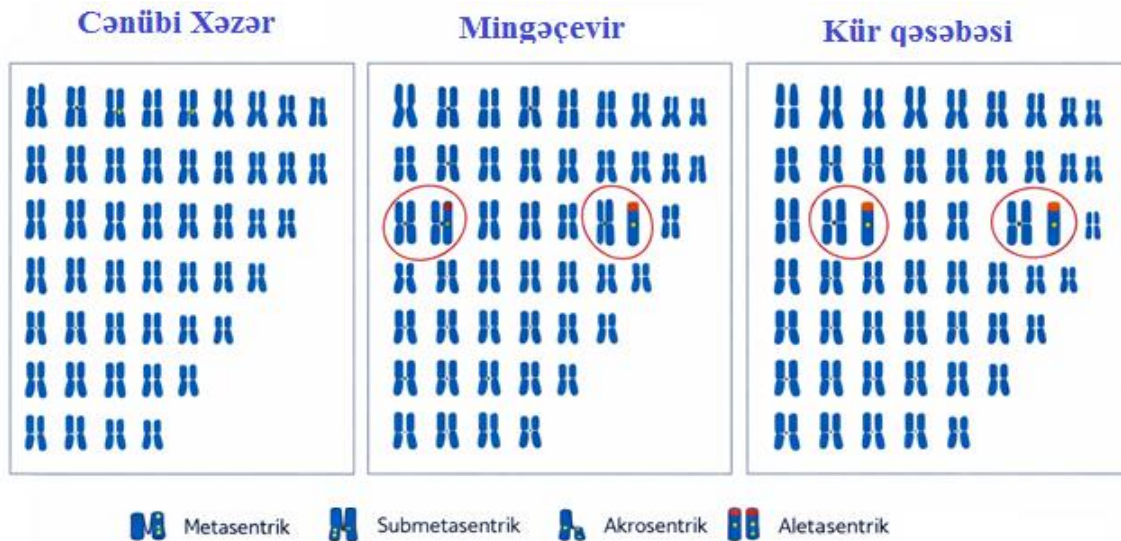


tipləri arasında nisbət müxtəlif populyasiyalarda fərqli ola bilər. Belə dəyişikliklər əsasən xromosom səviyyəsində baş verən struktur yenidənqurmalarla izah olunur. Perisentromer inversiyalar nəticəsində sentromerin mövqeyinin dəyişməsi metasentrik xromosomun submetasentrik və ya akrosentrik tipə çevrilməsinə səbəb ola bilər. Eyni zamanda translokasiyalar və digər struktur dəyişikliklər xromosomların ölçü və forma xüsusiyyətlərinə təsir göstərərək kariotipin ümumi morfoloji görünüşünü dəyişdirə bilər. Bu baxımdan müşahidə olunan fərqlər xromosom sayının deyil, məhz struktur təşkilinin dəyişkənliyini əks etdirir.

Populyasiyalararası kariotip fərqləri, bir tərəfdən, genetik diferensiasiyanın nəticəsi kimi, digər tərəfdən isə müxtəlif ekoloji şəraitlərə uzunmüddətli adaptasiya proseslərinin təzahürü kimi qiymətləndirilə bilər. Xromosom səviyyəsində baş verən bu dəyişikliklər növdaxili müxtəlifliyin formalaşmasında mühüm rol oynayır və populyasiyaların filogenetik əlaqələrinin, həmçinin təkamül istiqamətlərinin daha dərinədən öyrənilməsi üçün əhəmiyyətli material verir. Beləliklə, adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarında kariotipin morfoloji strukturu sitogenetik fərqliliyin əsas göstəricilərindən biri kimi çıxış edir.

Struktur variasiyalar. Aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, çəkinin Mingəçevir su anbarı və balıqçılıq təsərrüfatı populyasiyalarında bəzi xromosom cütlərində ölçü fərqləri və heteromorfizm halları müşahidə olunur (şəkil 1).

Şəkil 1. Adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarının metafaza kariotiplərinin müqayisəli sxematik təsviri



Mənbə: Müəllif tərəfindən aparılmış tədqiqatlar əsasında hazırlanıb

Metafaza preparatlarının təhlili zamanı eyni cüt daxilində olan xromosomların biri digərindən ölçü və ya sentromer mövqeyi baxımından fərqlənmişdir ki, bu da heteromorfizm kimi qiymətləndirilmişdir. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, hər bir populyasiyanın 50 xromosom cütü sxematik şəkildə göstərilmiş, heteromorfik cütlər xüsusi işarələrlə qeyd edilmişdir. Xromosom cütlərinin metasentrik, submetasentrik, akrosentrik və aletasentrik kateqoriyalar üzrə təqdim olunması populyasiyalar arasında struktur fərqlərin vizual şəkildə müqayisəsinə imkan verir. Bu yanaşma sitogenetik nəticələrin interpretasiyasını asanlaşdırır və müşahidə olunan dəyişikliklərin sistemli xarakter daşdığını göstərir.



Heteromorfizm halları populyasiyalararası genetik dəyişkənliyin və xromosom strukturlarının müxtəlifliyinin mühüm göstəricisi hesab olunur. Bu cür struktur variasiyalar bir neçə əsas mexanizm vasitəsilə formalaşır. Birincisi, seleksiya təzyiqləri fərqli ekoloji şəraitdə müəyyən xromosom quruluşlarının adaptiv üstünlük qazanmasına səbəb ola bilər. İkincisi, populyasiyalar arasında genetik izolyasiyanın mövcudluğu xromosom səviyyəsində baş verən dəyişikliklərin uzun müddət populyasiya daxilində qorunub saxlanılmasına imkan yaradır. Üçüncüsü isə perisentromer inversiyalar, translokasiyalar və sentromer mövqeyinin dəyişməsi kimi xromosom yenidənqurmaları heteromorfizmin yaranmasında əsas rol oynayır.

Beləliklə, Mingəçevir və Kür qəsəbəsi populyasiyalarında qeydə alınan xromosomlardakı ölçü fərqləri və heteromorfizm halları bu populyasiyaların genetik strukturu, adaptiv xüsusiyyətləri və təkamül dinamikası haqqında mühüm məlumatlar verir. Bu nəticələr *C. carpio* növünün müxtəlif lokal ekoloji şəraitlərə uyğunlaşma qabiliyyətinin yüksək olduğunu və populyasiyalar arasında sitogenetik səviyyədə fərqliliyin mövcudluğunu göstərir.

Təbii və süni populyasiyalar arasında fərqlər. Aparılmış sitogenetik analizlər təbii və süni şəraitdə formalaşmış populyasiyalar arasında aydın fərqlərin mövcud olduğunu ortaya qoymuşdur. Göl balıqçılıq təsərrüfatında uzunmüddətli seleksiya və nəzarətli artırma nəticəsində formalaşmış populyasiyada xromosom strukturu nisbətən homogen olmuşdur. Metafaza preparatlarında heteromorfizm hallarının azlığı və xromosom morfoloqiyasının stabilliyi bu populyasiyanın sitogenetik baxımdan daha sabit olduğunu göstərir.

Şəkil 2-də populyasiyalar üzrə xromosom variasiyasının nisbi səviyyəsi təqdim olunmuşdur. Vizual müqayisə göstərir ki, təbii populyasiyalarda sitogenetik variasiya daha yüksək, süni populyasiyada isə daha aşağıdır. Bu fərq, əsasən, süni seleksiya prosesləri və populyasiya daxilində genetik materialın məhdud dəyişkənliyi ilə izah oluna bilər. Süni şəraitdə yetişdirilən balıqlar müəyyən seleksiya proqramları çərçivəsində seçildiyindən, xromosomların morfoloji variasiyası azalır və kariotip strukturunda nisbi stabillik formalaşır.

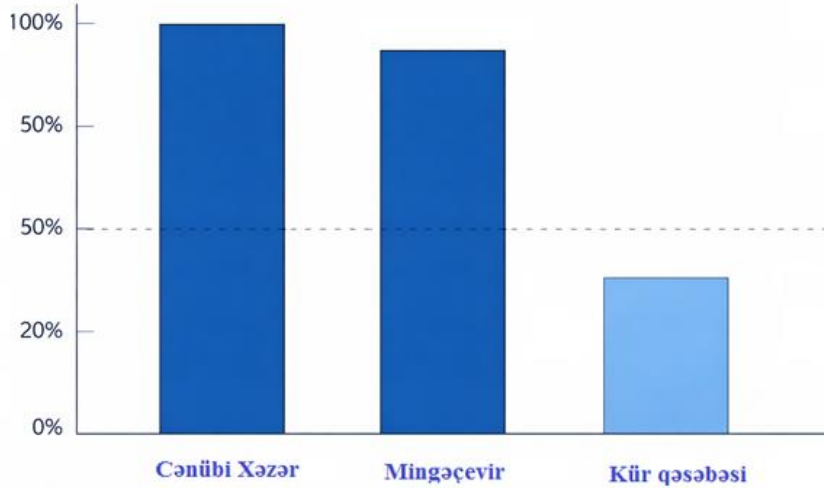
Bunun əksinə olaraq, təbii populyasiyalarda sitogenetik variasiyanın yüksək olması bir neçə amillə əlaqədardır. Təbii seleksiya müxtəlif ekoloji şəraitlərə uyğunlaşmanı təmin etmək üçün fərqli xromosom strukturlarının populyasiyada saxlanılmasına şərait yaradır. Açıq gen axını fərqli populyasiyalar arasında gen mübadiləsini gücləndirir və bu da xromosom səviyyəsində dəyişkənliyi artırır. Bundan əlavə, suyun keyfiyyəti, temperatur rejimi, qida bazası və digər mikroekoloji amillər xromosom strukturunun formalaşmasına və dəyişkənliyinə birbaşa təsir göstərir.

Nəticə etibarilə, adi çəkinin təbii və süni populyasiyaları arasında müşahidə olunan sitogenetik fərqlər xromosom variasiyasının nisbi səviyyəsində aydın şəkildə əks olunur və bu göstərici populyasiyaların genetik müxtəlifliyinin, adaptasiya potensialının və təkamül istiqamətlərinin qiymətləndirilməsi üçün mühüm elmi əhəmiyyət kəsb edir.

Nəticə. Aparılmış sitogenetik tədqiqatların nəticələri göstərir ki, adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarında xromosom quruluşu ekoloji mühitin xüsusiyyətləri və antropogen təsirlərin xarakterindən asılı olaraq müəyyən dərəcədə dəyişkənlik nümayiş etdirir. Bütün tədqiq olunan populyasiyalarda diploid xromosom sayının $2n=100$ olaraq sabit qalması növün karyoloji baxımdan konservativ olduğunu təsdiq edir. Bununla yanaşı, kariotipin morfoloji strukturu, xromosom tiplərinin nisbəti və struktur variasiyaların mövcudluğu populyasiyalar arasında sitogenetik fərqliliyin formalaşdığını göstərir.



Şəkil 2. Adi çəkinin müxtəlif populyasiyalarında xromosom variasiyalarının nisbi səviyyələri



Mənbə: Müəllif tərəfindən aparılmış tədqiqatlar əsasında hazırlanıb

Cənubi Xəzər və Mingəçevir su anbarı populyasiyaları sitogenetik baxımdan daha yüksək müxtəlifliklə xarakterizə olunur. Bu populyasiyalarda xromosomların morfoloji tipləri arasında nisbətən dəyişməsi, heteromorfizim hallarının müşahidə edilməsi və struktur variasiyaların mövcudluğu onların açıq gen axınına, dəyişkən ekoloji şəraitə və təbii seleksiya təsirlərinə məruz qalması ilə izah edilə bilər. Belə xüsusiyyətlər bu populyasiyaların genetik və adaptiv potensialının yüksək olduğunu göstərir və onların təkamül baxımından dinamik sistemlər olduğunu təsdiqləyir.

Seleksiya yolu ilə yetişdirilən göl balıqçılıq təsərrüfatı populyasiyası isə sitogenetik baxımdan daha stabil xarakter daşıyır. Bu populyasiyada xromosom quruluşunun nisbi homogenliyi, morfoloji variasiyaların məhdud olması və heteromorfizim hallarının azlığı uzunmüddətli süni seleksiya, nəzarətli çoxaltma və genetik materialın məqsədli seçimi ilə əlaqədardır. Belə sabillik təsərrüfat baxımından arzuolunan xüsusiyyət olsa da, genetik müxtəlifliyin qorunması aspektindən mütəmadi nəzarət və sitogenetik monitorinqin vacibliyini ön plana çıxarır.

Ümumilikdə, xromosom səviyyəsində aparılan tədqiqatlar adi çəkinin populyasiyalarının genetik vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, onların adaptasiya imkanlarının və təkamül potensialının müəyyənləşdirilməsi üçün mühüm elmi əsas yaradır. Bu nəticələr genetik ehtiyatların qorunması, seleksiya proqramlarının elmi prinsiplər əsasında qurulması və davamlı akvakultura strategiyalarının formalaşdırılması baxımından praktik əhəmiyyət kəsb edir. Sitogenetik məlumatların idarəetmə və seleksiya qərarlarına inteqrasiyası gələcəkdə adi çəkinin bioloji müxtəlifliyinin qorunmasına və təsərrüfat səmərəliliyinin artırılmasına xidmət edə bilər.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Balon, E.K. (1995). Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*. Vol. 129, Issues 1-4, p. 3-48. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00227-F](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00227-F)



2. Kohlmann, K., Gross, R., Murakaeva, A. et al. (2003). Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers. *Aquatic Living Resources*, Vol. 16, Issues 5, p. 421-431. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(03\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(03)00082-2)
3. Levan, A., Fredga, K., & Sandberg, A. A. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52(2), 201-220. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x>
4. Moorhead, P. S., Nowell, P. C., Mellman, W. J., Battips, D. M., & Hungerford, D. A. (1960). Chromosome preparations of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Experimental Cell Research*, 20(3), 613-616. [https://doi.org/10.1016/0014-4827\(60\)90138-5](https://doi.org/10.1016/0014-4827(60)90138-5)
5. Rothfels, K. H., & Siminovitch, L. (1958). An air-drying technique for flattening chromosomes in mammalian cells grown in vitro. *Stain Technology*, 33(2), 73-77. <https://doi.org/10.3109/10520295809114672>
6. Seabright, M. (1971). A rapid banding technique for human chromosomes. *The Lancet*, 298(7731), 971-972. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(71\)90287-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(71)90287-X)
7. Sumner, A. T. (2003). *Chromosomes: Organization and Function*. Oxford: Blackwell Publishing.
8. White, M. J. D. (1978). *Modes of Speciation*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
9. Xu, P., Zhang, X., Wang, X. et al. (2014). Genome sequence and genetic diversity of the common carp, *Cyprinus carpio*. *Nature Genetics*, 46, p. 1212-1219. <https://doi.org/10.1038/ng.3098>

CHROMOSOMAL CHARACTERISTICS AND CYTOGENETIC STRUCTURE OF DIFFERENT POPULATIONS OF COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*)

Yegane Vaqif Shakaraliyeva

SUMMARY

Purpose of the research – to determine chromosomal characteristics and cytogenetic differences in different populations.

Methodology of the research – karyotypic analysis and chromosome morphology control using classical cytogenetic methods.

Practical importance of the research – the protection of genetic resources, scientific justification of breeding programs, cytogenetic monitoring of populations and influence on the development of aquaculture strategies, optimization of management decisions and improvement of economic activity.

Results of the research – study shows that different populations exhibit differences in the karyotype's morphological structure and the number of chromosome types. The South Caspian and Mingachevir populations are more cytogenetically diverse, exhibit greater heteromorphism. The pond population is more stable, its chromosome structure is uniform, and cytogenetic variability is limited.

Scientific novelty of research – the identification of structural differences in the chromosomes of common carp's populations formed under various natural environmental conditions and on aquaculture farms.

Keywords: *Cyprinus carpio*, cytogenetics, karyotype, chromosomes, South Caspian, aquaculture.

ХРОМОСОМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РАЗЛИЧНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ОБЫКНОВЕННОГО КАРПА (*CYPRINUS CARPIO*)

Егане Вагиф гызы Шакаралиева

РЕЗЮМЕ

Цель исследования – определение хромосомных характеристик и цитогенетических различий в разных популяциях обычного карпа.



Методология исследования – проводился кариотипический анализ и контроль морфологии хромосом с использованием классических цитогенетических методов на образцах, собранных из разных водоемов.

Прикладное значение исследования – результаты служат защите генетических ресурсов, научному обоснованию селекционных программ, цитогенетическому мониторингу популяций и практическому влиянию на разработку стратегий устойчивой аквакультуры, повышению качества хозяйственной деятельности.

Результаты исследования – в разных популяциях, сохраняется постоянный диплоидный набор хромосом ($2n=100$), наблюдаются различия в морфологической структуре кариотипа и количестве типов хромосом. Южнокаспийская и Мингечевирская популяция цитогенетически разнообразней, обладают большим гетероморфизмом и имеют больше структурных вариаций. Прудовая популяция, сформированная в результате искусственной селекции, более стабильна, структура ее хромосом однородна, а цитогенетическая изменчивость ограничена. Эти различия отражаются на воздействии условий окружающей среды и антропогенном влиянии на популяции.

Научная новизна исследования – определены структурные различия в хромосомах сазана, сформированных в естественных условиях и в рыбоводном хозяйстве.

Ключевые слова: *Cyprinus carpio*, цитогенетика, кариотип, хромосомы, Южный Каспий, аквакультура.

Məqalə daxil olmuşdur: 12.01.2026

Дата поступления статьи в

The date of the admission of the

Təkrar işləməyə göndərilmişdir:

редакцию: 12.01.2026

article to the editorial office:

18.01.2026

Отправлено на повторную

12.01.2026

Çara qəbul edilmişdir: 27.01.2026

обработку: 18.01.2026

Send for reprocessing: 18.01.2026

Принято к печати: 27.01.2026

Accepted for publication: 27.01.2026