

**NUMERIČKI I STRUKTURNI POLIMORFIZAM HROMOZOMA  
KOD RIBA VRSTA – *Carassius auratus gibelio* B. I *Alburnus  
alburnus* L.\******NUMERICAL AND STRUCTURAL CHROMOSOME POLIMORPHISM IN  
FISH SPECIES - *Carassius auratus gibelio* B. AND *Alburnus alburnus* L.*****Svetlana Fišter\*\***

Prikazani su rezultati citogenetičkih istraživanja riba vrste *Carassius auratus gibelio* B. i vrste *Alburnus alburnus* L. Definisan je kariotip riba koje su uhvaćene na različitim lokalitetima vodâ u Srbiji. U okviru biseksualne populacije srebrnog karaša *Carassius auratus gibelio* B., uočena je varijabilnost u broju poslednjih, najsitnijih akrocentrika ( $2n=100\pm 2-4$ ). Ovi varirajući akcesorni hromozomi nazvani su B-analozima. Ustanovljen je broj hromozoma ( $3n=150+8$  i  $3n=150+10$ ) i date su karakteristike kariotipa kod ginogenetskih linija triploidnih ženki. Ukazano je na to da se postojeći klonovi razlikuju u broju hromozoma, tj. u broju B-analoga, koji su, verovatno, i uzrok nastanka – ginogenetskih karioklonova.

Kod vrste *Alburnus alburnus* L. (uklije), ustanovljeno je da postoje izmenjeni kariotipovi sa velikim metacentrikom – Robertsonovom fuzijom, translokacijom, koju, verovatno, čine dva najveća akrocentrika. Razmatrana je mogućnost održanja varijabilnosti u populacijama ove vrste. Rezultati su diskutovani u odnosu na poremećaje do kojih ove promene dovode u reprodukciji i moguće posledice koje mogu da se očekuju u potomstvu.

*Ključne reči: kariotip, ribe, hromozomi, numeričke aberacije kariotipa, poliploidija, ginogeneza, strukturne aberacije hromozoma, Robertsonova translokacija, Carassius auratus gibelio B., Alburnus alburnus L.*

\* Rad primljen za štampu 29. 1. 2003. godine

\*\* Dr Svetlana Fišter, viši naučni saradnik, Katedra za biologiju, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

## Uvod / Introduction

Promene u kariotipu koje se odnose na promenu broja i morfologije hromozoma, moguće su i dešavaju se u različitoj meri i sa različitim ishodima, kod svih živih organizama. Svakako da su ova dešavanja kod nekih organizama bolje proučena, nego kod drugih.

Da bi se moglo da se razume šta je to – aberacija, a šta – normalno stanje, treba dobro da se poznaje hromozomsko ustrojstvo vrste, što u okviru klase Riba, nije uvek slučaj. Od ogromnog broja vrsta – riba koje danas žive, koji iznosi oko 10 000, i predstavlja svakako najveći broj vrsta u okviru bilo koje klase kičmenjaka, samo je jedan mali broj citogenetički proučen – oko 2-3 posto.

U slatkim vodama Jugoslavije, ovaj broj se svodi na stotinak stalno prisutnih vrsta, pa i od njih, neke vrste imaju sasvim nepoznate kariotipove. Za čoveka, na prvi pogled, neke od ovih vrsta su izuzetno značajne, bilo zbog toga što ih on uzgaja u ribnjacima – radi ishrane ili ih lovi iz zadovoljstva ili neke od njih predstavljaju izuzetno važne karike lanaca ekosistema ili su kao - veštački i neznačajni, unete - korovske vrste, postale štetočine, pa nije lako da se iskorene. Međutim, ne postoji ni jedan valjan razlog da se tvrdi da je neka vrsta – kao predmet istraživanja – značajnija od bilo koje druge, na šta nas vrlo očigledno genetika upućuje. Iako je citogenetika riba stara koliko i sama citogenetika, tek pedesetak godina, činjenica je da su već postignuti izuzetni rezultati. Ipak, u našem bliskom okruženju postoje vrste koje su malo ili nisu uopšte citogenetički proučene. Pri tome, postojeći podaci mogu da budu oskudni ili su često pogrešni. Tome ne doprinose samo nedostaci dobrih tehnika, već i pojava populacionog polimorfizma ili pojava pojedinačnih aberantnih jedinki, koje kod riba u velikom broju slučajeva, za razliku od onoga što se dešava kod sisara, po spoljašnjem izgledu, fenotipski, ne odudaraju od ostalih – normalnih, jedinki iste vrste. Pored odstupanja u broju hromozoma, kod riba iz slobodnih voda mogu da se ustanove i različite strukturne promene, najčešće tipa Robertsonovih fuzija i hromozomskih prekida i gapova, ali i druge. Povećana učestalost prekida na hromozomima riba često ukazuje na prisustvo genotoksičnog zagađenja [13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23] u prirodnoj sredini. Pojavu aberacija komplikuje još i tetraploidno poreklo mnogih vrsta čak i familija (*Salmonidae*) i/ili rodova kao što su to - u okviru ciprinida, rodovi – *Cyprinus*, *Barbus* i *Carassius*, u okviru kojih se tetraploidizacija, najverovatnije, sasvim nezavisno dogodila [27].

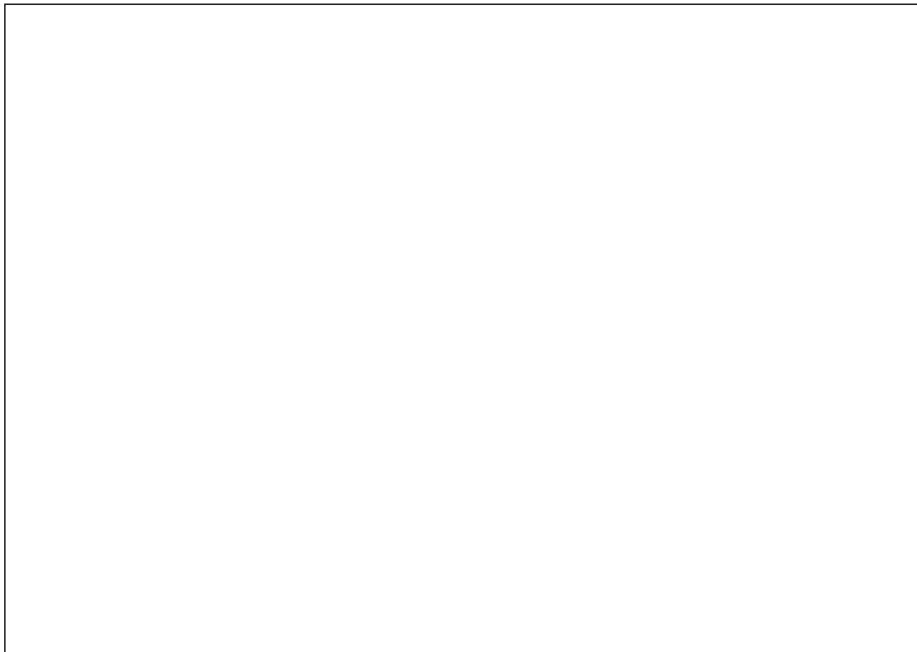
Ovaj rad je imao za cilj da prikaže rezultate istraživanja numeričkog polimorfizma u okviru roda *Carassius*, kod vrste *Carassius auratus gibelio*, B. i rezultate istraživanja nekih strukturnih hromozomskih promena kod vrste *Alburnus alburnus*, L.

#### **Materijal i metode rada / *Materials and methods***

Tokom dužeg vremenskog perioda, od 1986. do 1998. godine, navedene vrste riba, srebrni karaš - babuška (*Carassius auratus gibelio*, B) i uklija (*Alburnus alburnus*, L), lovljene su na različitim lokalitetima ravničarskih reka: Dunava, Save, Tamiša, u njihovim rukavcima, ritovima i kanalima Vojvodine. Kariotip je bio analiziran kod najmanje 100 primeraka riba iste vrste, uvek 6 do 10 primeraka sa istog lokaliteta (u jednoj seriji), a kod svakog primerka analizirano je najmanje 30 mitotskih, metafaznih figura hromozoma, pri čemu su određivani diploidni broj i morfologija hromozoma. Hromozomi za analizu dobijeni su preparacijom iz tkiva bubrega, prema metodi Fontana i sar. [24].

#### **Rezultati rada i diskusija / *Results and discussion***

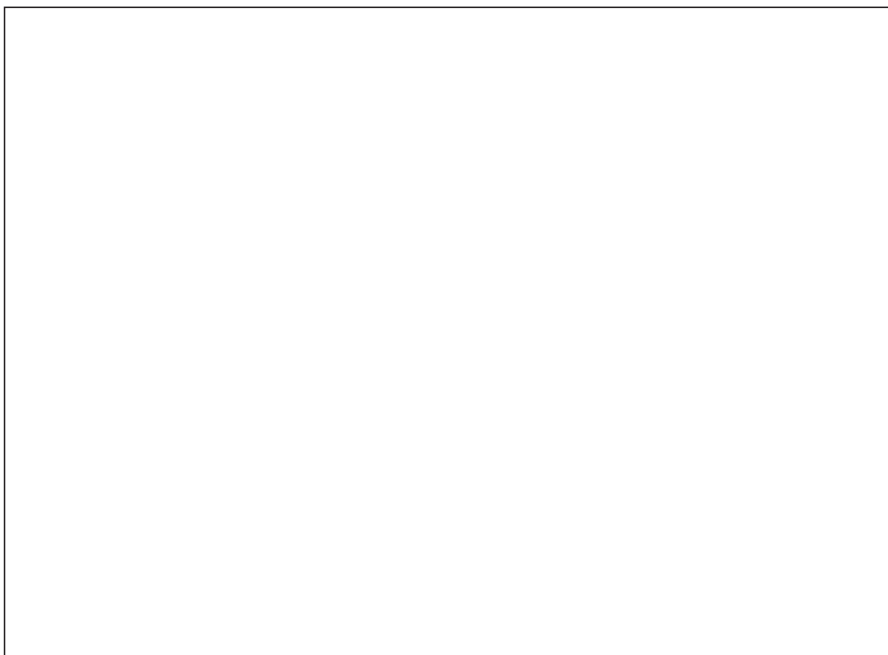
Pored toga što je ustanovila i citogenetički analizirala uniseksualne, triploidne, ginogenetske linije srebrnog karaša - *Carassius auratus gibelio* B., Fišterova je [13, 14], u vodama Jugoslavije, ustanovila prisustvo i citogenetički analizirala biseksualne populacije ove vrste [12, 13, 15], kod kojih je (kao i kod uniseksualnih linija), broj hromozoma varirao, čak i individualno - od 98 do 104 (slike 1, 2, 3 i 4).



Slika 1. Kariotip mužjaka srebrnog karaša *Carassius auratus gibelio*, B. -  $2n = 100$   
*Figure 1. Karyotype of a male Carassius auratus gibelio*, B. -  $2n = 100$

Osnovni kariotip vrste čini kariotip od  $2n=100$  hromozoma (slika 1). On se sastoji od: 24 metacentrika, tj. 12 pari metacentričnih hromozoma; 12 submetacentrika, tj. 6 pari submetacentričnih hromozoma; 22 subakrocentrika, tj. 11 pari subakrocentričnih hromozoma i 40 akrocentrika, tj. 20 pari akrocentričnih hromozoma. Vrednost broja hromozomskih krakova za jedinke sa  $2n=100$  hromozoma, prema tome iznosi  $NF=156$ . Ovakav kariotip je bio ustanovljen kod prvog nađenog i citogenetički analiziranog mužjaka iz Tamiša [12].

Na slici 2 prikazan je kariotip ženke, uhvaćene u Dunavu, koja poseduje  $2n=102$  hromozoma. Slika kariotipa, prema morfologiji hromozoma, ista je do  $2n = 100$ , s tim što je povećanje broja povezano sa povećanjem broja najsitnijih akrocentrika. Ova jedinka poseduje jedan par najsitnijih akrocentrika više od jedinke sa  $2n=100$ , tako da je  $NF = 158$ . Na slici 3 prikazan je kariotip mužjaka sa  $2n=104$  hromozoma, gde je  $NF = 160$ . Broj, takođe, varira u grupi najsitnijih akrocentrika, dok su broj i morfologija ostalih hromozoma očuvani, pa je  $2n = 100 \pm (2 - 4)$ .



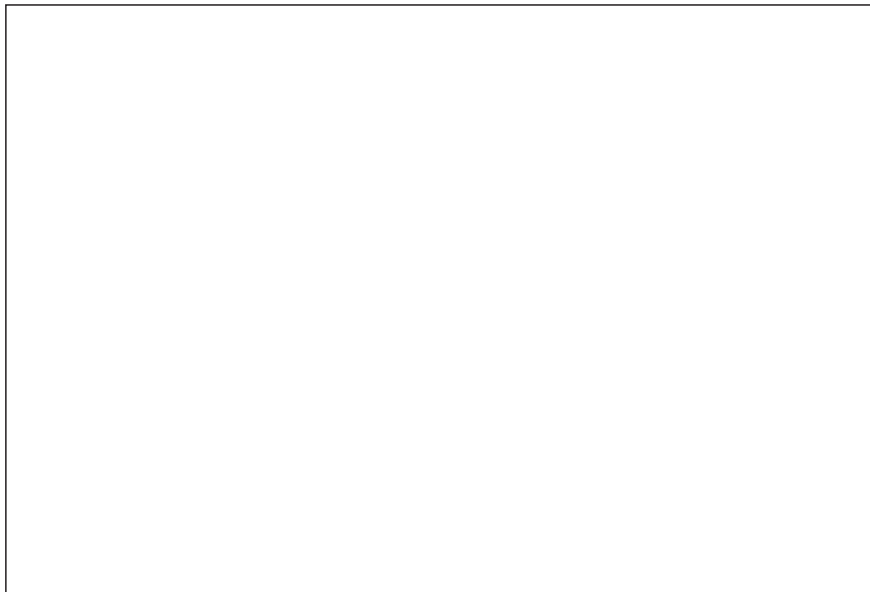
Slika 2. Kariotip ženke *Carassius auratus gibelio*, B. sa  $2n = 102$

Figure 2. Karyotype of *Carassius auratus gibelio*, B. - a female with  $2n = 102$

Očigledno je da broj hromozoma varira kod jedinki biseksualne populacije ove vrste, a ovom variranjju je, najverovatnije, uzrok variranje broja najsitnijih akrocentrika, dok broj metacentričnih, submetacentričnih i subakrocentričnih hro-



Slika 3. Mužjak srebrnog karaša *Carassius auratus gibelio*, B. sa  $2n = 104$   
*Figure 3. Carassius auratus gibelio*, B. – a male with  $2n = 104$



Slika 4. Kariotip ginogenetskih uniseksualnih jedinki *Carassius auratus gibelio*, B. sa  $3n = 158$   
*Figure 4. Karyotype of gynogenetic unisexual individuals of Carassius auratus gibelio*, B. with  $3n = 158$

mozoma nije promenjen. Ove varirajuće hromozome Fišterova [12, 13, 14, 15] smatra, prema ponašanju i konstituciji, sličnim B hromozomima, tj. naziva ih B-analozima. Istovremeno navodi hipotezu o njihovom mogućem nepravilnom razdvajanju tokom mejotičkih procesa, što bi moglo da uzrokuje nastanak aneuploidnih gameta, koji bi, tokom fertilizacije, mogli da izazovu fuziju naslednog materijala sekundarnog polarnog tela sa jajnom ćelijom i prouzrokuju nastanak – triploidne jedinke i možda, na taj način – različitih karioklonova uniseksualnih linija ove vrste, smatra Fišterova [13, 14].

Na slici 4 prikazan je kariotip uniseksualnih jedinki srebrnog karaša koje pripadaju ginogenetskoj, triploidnoj – populaciji iz Pančevačkog Rita. Broj hromozoma kod jedinki ove populacije je 158. Na slici 4 prikazani su hromozomi koji su, prvo, poslagani u grupe (prema morfologiji): 18 pari metacentrika (M), 27 pari submetacentrika (SM) i subakrocentrika (SA) i 34 para akrocentrika (A). Zatim se pokušalo da se hromozomi slože u grupe od po tri – triplete. Na taj način je prikazan hipotetični kariotip od 12 tripleta metacentrika (M), 18 tripleta submetacentrika (SM) i subakrocentrika (SA) i 20 tripleta akrocentrika (A) i jednim „ostatkom” od osam najsitnijih akrocentričnih hromozoma [13]. U Dunavu su nađene ginogenetske jedinke koje su posedovale 160 hromozoma [43].

Ove morfološke grupe u potpunosti odgovaraju broju hromozoma po grupama, koje su ustanovljene kod mužjaka sa  $2n=100$  hromozoma; tj.  $n = 50$ , s tim što se višak iskazuje u grupi od osam najsitnijih akrocentrika  $3n = 3 \times 50 + 8$  B - analoga, čime se potvrđuje da je variranje u broju, kako kod biseksualnih, tako i kod uniseksualnih linija srebrnog karaša, vezano za ove najsitnije akrocentrike. Kod dunavske populacije, za jedinke sa 160 hromozoma ( $3n = 3 \times 50 + 10$  B – analoga), ima čak 10 akcesornih hromozoma.

Pored navedenih i prikazanih nalaza, različiti kariotipovi (numerički varijabilni) kod uniseksualnih linija srebrnog karaša ustanovljeni su u različitim vodama na tlu bivše Jugoslavije, u Bosni [40] i Velikoj Moravi [43], kao i širom evroazijskog kontinenta u okviru velikog broja podvrsta vrste *Carassius auratus*.

Kao što je poznato, najveći broj riba familije *Cyprinidae* poseduje kariotip koga čini diploidni broj 50-52 hromozoma [27, 8, 25, 26, 1, 10, 11], mada ima vrsta i sa  $2n = 48$ . Danas je nesumnjivo da u okviru familije *Cyprinidae* postoje vrste tetraploidnog porekla, kao što je to slučaj, na primer sa šaranom (*Cyprinus carpio*, L). Šta više, tetraploidizacija se izgleda nezavisno dogodila u okviru tri roda *Cyprinidae* i to u rodovima: *Cyprinus*, *Barbus* i *Carassius* [27]. Kao dokaz ovome u naučnoj literaturi, prilažu se citogenetski podaci – o očitom dupliranju broja hromozoma [31, 32, 33, 5, 6, 7, 39, 44], podaci o dupliranju količine jedarne DNK i elektroforetski podaci o duplikatnoj genskoj ekspresiji [4, 33, 28, 9, 42, 10, 11]. Broj hromozoma šarana, na primer, – izgleda da se kreće između 98 i 104. Naime, mnogi istraživači su ustanovili različit broj hromozoma u različitim populacijama. Ohno i sar. [32, 33], dozvoljavaju mogućnost da broj hromozoma šarana, po sebi, varira. Takođe se uočava da poslednja četiri, najsitnija akrocentrika u toku profaze prve mejotičke deobe, grade kvadrivalentnu formaciju, dok ostali parovi

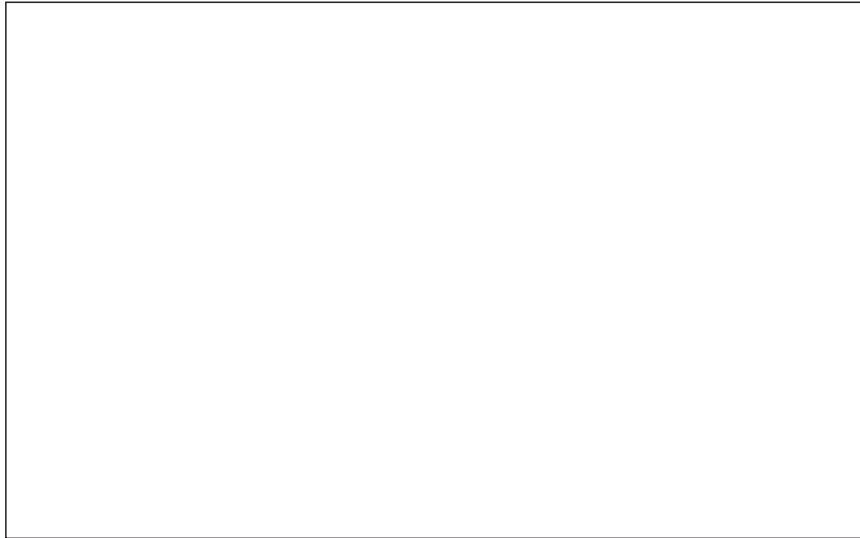
homologa normalno sinapsiraju kao bivalenti. Pojava se tumači kao - ostatak prvobitne tetraploidije, koja je postojala pre nego što se ponovo uspostavila konačna disomija; odnosno, predstavlja stanje kada su prvobitno postojala i sinapsirala četiri homologa. Međutim, pojava ovakvog sinapsiranja može da bude uzrok „gubljenja” ovih sićušnih hromozoma. Ako ne nastane pravilno i pravovremeno razdvajanje ovih hromozoma iz tetravalentne formacije i eventualno nastane gubitak koorijentacije u prostoru, ovo, takođe, može da uzrokuje nastanak „aneuploidnih” gameta. Drugo je pitanje verovatnoće sa kojom će nastajati ovakvi gameti ili hoće li oni da budu vijabilni i sposobni za oplodjenje. Ipak, izgleda da je ova pojava uzrok numeričke varijabilnosti kod šarana [34, 36, 13, 20, 22]. Čini se, međutim, da je još jedan par akrocentrika, kako smatramo, podložan gubitku. Tome u prilog idu nalazi šarana sa diploidnim brojem hromozoma,  $2n=98$  [41, 2, 3]. Nedostatak ovih hromozoma, očito ne pokazuje neke uočljive fenotipske efekte i sasvim jasno, nije letalan. Iako tokom naših istraživanja šarana dunavske populacije, nismo našli jedinke kod kojih bi broj hromozoma odstupao od  $2n=104$  [22], izgleda da kod vrsta ciprinida tetraploidnog porekla, ovakvi gubici nisu retkost. U tom smislu vrlo slične odlike u pogledu numeričke varijabilnosti hromozoma, pokazuje vrsta *Carassius auratus gibelio* B [12, 13, 14, 15, 34, 35, 38, 29, 30]. Što se tiče morfologije hromozoma, vrlo je moguće da i tu postoji izvesna varijabilnost. Kako drugačije objasniti prilično velike razlike u proceni broja metacentrika i submetacentrika, kao i subakrocentrika i akrocentrika, pa shodno tome i razlike u dobijenim NF vrednostima, koje se javljaju u naučnoj literaturi. Mora, ipak, da se ima u vidu subjektivnost u ovakvim procenama, jer se radi o velikom broju veoma sitnih hromozoma, da bi se oni, kako se to uglavnom radilo, svrstavali u grupe čisto vizuelnom, znači i - subjektivnom metodom. Ostaje da primena savremenijih metoda razotkrije eventualne greške u dosadašnjim procenama.

Proučavanja vrste *Carassius auratus gibelio* B. ukazuju da ovu vrstu, tetraploidnog porekla, u vodama Jugoslavije (slike 3, 4, 5 i 6), nesumnjivo odlikuje postojanje numeričke varijabilnosti hromozoma [12, 13, 14, 15, 20, 22].

Ohno i Atkin [31] i Ohno sa sar. [32] ukazuju da bi broj hromozoma kod *Carassius auratus* mogao da varira kako u okviru različitih populacija i linija ove vrste, tako i – individualno; u svojim radovima navode vrednost  $2n = 100 - 104$  [32, 33]. To smo, takođe, utvrdili kod biseksualne populacije u našim vodama [12, 13, 14, 15, 20, 22], takođe i varijabilnost broja hromozoma u okviru ginogenetskih triploidnih linija, koje Fišterova [13, 14], naziva karioklonovima i objašnjava mogućnosti njihovog nastanka, preko aneuploidnih gameta. Naime, ona pretpostavlja da je mogući uzrok nastanka aneuploidnih gameta u nepravilnom mejotičkom ponašanju prekobrojnih, varijabilnih akrocentrika – B-analoga kod biseksuala.

Najveći broj jedinki uklije (*Alburnus alburnus*, L.), koje su citogenetički analizirane, sadržao je diploidni broj  $2n=50$  hromozoma u kariotipu (slika 5). Metacentričnih hromozoma ima 8 pari, tj. 16 metacentrika. Submetacentričnih je 6 parova hromozoma, tj. 12 submetacentrika. Subakrocentričnih je, takođe, šest pari, tj. ima 12 subakrocentrika. Grupa akrocentrika se sastoji od 5 parova, tj. ima

10 akrocentrika. Ženski pol je heterogametna, a Z - hromozom je najveći u gupi subakrocentrika. Vrednost broja hromozomskih kraka iznosi  $NF=90$ . Broj hromozoma odgovara broju koji su ustanovili Fontana i sar [24], Cataudella i sar. [8] i Vujošević i sar. [43]. Podaci o morfologiji se donekle razlikuju kod raznih autora, ali uglavnom je pitanje između grupe meta – i submetacentrika.

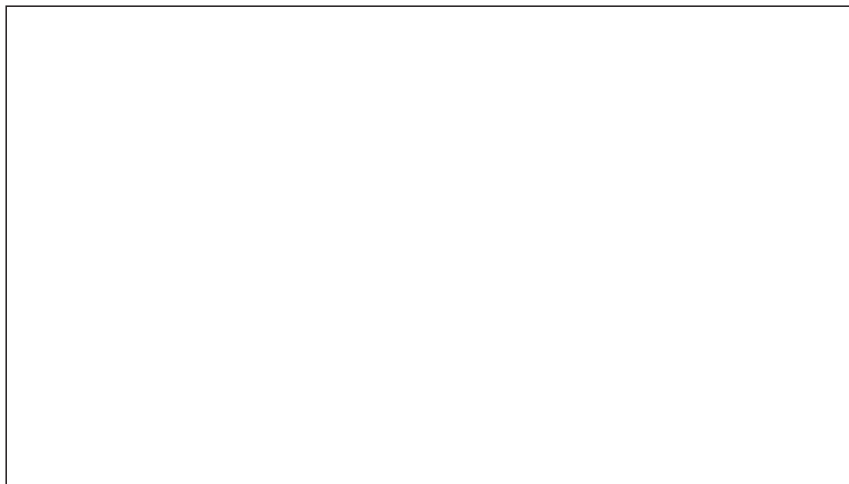


Slika 5. Kariotip ženke uklje - *Alburnus alburnus*, L.  
Figure 5. Karyotype of a female *Alburnus alburnus*, L.

Pored jedinki koje sadrže  $2n = 50$ , Fišterova je ustanovila da izvestan broj jedinki iz Dunava, Kolubare i Save, u svom kariotipu sadrži jedan veliki metacentrik, pri čemu ukupan broj varira od  $2n = 50 - 52$ , a najčešće iznosi 51. Metacentrik ima veličinu, na osnovu koje bi moglo da se zaključi da predstavlja Robertsonovu fuziju – translokaciju – najverovatnije dva najkрупnija akrocentrika (prvi par akrocentrika). Ove jedinke tako sadrže nešto što bi moglo da se nazove - tandemskom fuzijom, jer u kariotipu već poseduju jedan homologi par. Ovo je svojevrsna tetrazomija, koja govori u prilog začetka ozbiljnog populacijskog polimorfizma koji bi mogao da se održi u populaciji!? - o čijem se efektu u ovom trenutku, ne može upuštati u diskusiju, jer su jedinke koje je nose, na prvi pogled fenotipski normalne, tj. vijabilne i ne odudaraju svojom spoljašnjošću od drugih srodnika iste vrste. To je, verovatno, jedan od razloga da se i ovaj neobičan hromozom sve češće svrstava u takozvane B - hromozome, čija genetička funkcija nije do kraja objašnjena. Međutim, treba naglasiti da se već iz priloženog može da zaključi da su razlike između genetičkog ustrojstva sisara i nižih kičmenjaka (iako su B – hromozomi utvrđeni i kod sisara) ogromne u smislu mogućnosti preživljavanja pore-



mećaja ravnoteže genetičkog materijala. Najveći broj numeričkih i strukturnih promena kod sisara selekcionira su možda još na nivou gameta, zatim u ranim stadijumima razvića, putem spontanih pobačaja, a ukoliko dođe do rađanja, potomstvo nosi značajna opterećenja i malformacije, a kod čoveka skoro uvek, osim u nekim slučajevima vezanim za polne hromozome i značajnu mentalnu retardaciju. Možda je i sreća što se kod sisara malo toga može da preživi, ali to ne umanjuje značaj stalno prisutnog rizika od genetičkih opterećenja.



Slika 6. *Alburnus alburnus*, L. – kariotip mužjaka sa Robertsonovom translokacijom – B hromozomom  
Figure 6. *Alburnus alburnus*, L. – karyotype of a male with Robertson's translocation – B chromosome

#### **Zaključak / Conclusion**

Osnovni broj hromozoma kod srebrnog karaša, u okviru biseksualne populacije je  $2n = 100$ . Varijabilnost u broju hromozoma biseksualne populacije, ustanovljena je kod jedinki u našim vodama  $2n = 100 \pm 2-4$ , a takođe i varijabilnost broja hromozoma u okviru ginogenetskih triploidnih linija, koje Fišterova [13, 14] naziva karioklonovima i objašnjava mogućnosti njihovog nastanka, preko aneuploidnih gameta. Fišterova [13, 14, 15], pretpostavlja da je mogući uzrok nastanka aneuploidnih gameta u nepravilnom mejotičkom ponašanju prekrobrog, varijabilnih akrocentrika – B-analoga, kod biseksuala.

Kao što kod srebrnog karaša postoji i kako izgleda – uspešno se održava varijabilnost u broju hromozoma, tako kod uklije (*Alburnus alburnus*, L.), izgleda da uočena Robertsonova fuzija – translokacija, uspešno opstaje i pred-

stavlja izvor prirodne varijabilnosti. Iako ne znamo jesu li geni ovog hromozoma aktivni ili ne, kao što se čini i kod već opisanih B-hromozoma mnogih vrsta, naročito biljnih, oni mogu da imaju katkad i svoju tajanstvenu i dakako, vrlo značajnu funkciju (pojava preferencijalnog sparivanja gameta - kod kukuruza, na primer, i slično).

Istovremeno, već smo naveli neka poređenja sa sisarima i zaključili kako zajedničko poreklo, slične genetičke hromozomske strukture i biohemija, mogu da budu veoma daleko jednih od drugih, tako da ribe liče pomalo na biljke (ginogeneza, tetra- i drugi nivoi ploidijsa, B-hromozomi), pomalo na ptice (hromozomsko određenje pola u smislu – hetero-gametnog ženskog pola i drugi sistemi određenja pola), dok je kod organizama na višoj evolutivnoj lestvici, svaki poremećaj ravnoteže, bio on materijalan – količinski, ili funkcionalan – najčešće koban.

#### Literatura / References

1. Allendorf F. W., Thorgaard G. H.: Evolutionary Genetics of Fishes (ed. Bruce J. Turner) Plenum Press, New York and London, 1- 88, 1984. -2. Al-Sabti K.: Cytobios, 47, 19-25, 1986a. – 3. Al-Sabti K.: Cytobios, 48, 143-150, 1986b. - 4. Bender K., Ohno S.: Biochem. Genet. 2, 101-107, 1968. - 5. Berberović Lj.: Godišnjak Biol. inst., Sarajevo, 20, 5-15, 1967. - 6. Berberović Lj., Sofradžija A.: Ichthyologia, 4, 1-21, 1972. - 7. Berberović Lj., Hadžiselimović R., Pavlović B., Sofradžija, A.: Bull. Sci. Acad. RFS Yugos.18, 10-11, 1973. - 8. Cataudella S., Sola L., Muratori R. A., Capanna E.: Genetika 47, 161-171, 1977. - 9. Engel W., Faust J., Wolf V.: Anim. Blod Groups Biochem. Genet. 2, 127-133, 1971. - 10. Ferris S. D., Whitt G. S.: Nature, 265, 258-260, 1977a. - 11. Ferris S. D., Whitt G. S.: Experiencia, 33, 1299-1301, 1977b. -12. Fišter Svetlana: Acta Veterinaria, 39, 99 -108, 1989. - 13. Fišter Svetlana: Doktorska disertacija, Fakultet veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu, 1992. - 14. Fišter Svetlana, Soldatović, B.: Acta Veterinaria, 39, 259-268, 1989. - 15. Fišter Svetlana, Soldatović B.: Acta Veterinaria, 41, 81-90, 1991. – 16. Fišter Svetlana, Marković M., Soldatović B.: Acta Veterinaria, 44, 37-44, 1994. -17. Fišter Svetlana, Soldatović B.: Veterinarski glasnik, 50, 833-952, 1996. - 18. Fišter Svetlana, Soldatović B., Cakić P.: Acta Veterinaria, 46, 359-366, 1996. - 19. Fišter Svetlana, Cakić, P.: International Round Table BARBUS IV, 24-27.6. Tessaloniki, Greece, 1997. -20. Fišter Svetlana, Cakić P.: Ninth International Congress of European Ichthyologists, 24-30.08.1997. Trieste, Italy, p. 35, 1997b. - 21. Fišter Svetlana, Cakić P., Đorđević M.: 32. Konferenze der IAD - International Arbeitsgemeinschaft Donauforschung der Societas Internationalis Limnologiae. 01-5.9.1997. Wien, Osterreich, pp. 367-371, 1997. - 22. Fišter Svetlana, Cakić P.: Acta Veterinaria, 48, 157-162, 1998. -23. Fišter Svetlana, Radenković B., Cakić P., Stevanovski V.: Second International Congress on Biodiversity, Ecology and Conservation of the Balkan fauna, BIOECCO 2 - September, 16-20., Ohrid, Macedonia, 1998. - 24. Fontana F., Chiarelli B., Rosi A.: Caryologia, 23, 249-564, 1970. - 25. Gold J R., Karel W. J., Strand M. R.: The Texas Agricultural Experiment Station, Texas A and M University Collage Station, Texas, 1979a. - 26. Gold J. R., Whitlock C. W., Karel W. Y., Barlow J. A. Jr.: Cytologia, 44, 457-466, 1979b. - 27. Kirpichniko V. S.: On karyotype evolution in Cyclostomata and Pisces. Ichthyologia, 5, 55-77, 1973. - 28. Klose J., Wolf U., Hitzerot H., Ritter H.: Humangenetic, 7, 245-250, 1969. - 29. Kobaysi H., Kawashima Y., Takeuchi N.: Jap. J. Ichthyol., 17, 153-160, 1970. - 30. Kobayasi H., Ochi H., Takeuchi N.: Japan Women's Univ. JY. (Home economics), 20, 83-88, 1973. - 31. Ohno S., Atkin N. B.: Comparative DNA values and chromosome complements of eight species of fishes. Chromosoma (Ber.), 18, 455-466, 1966. - 32. Ohno S., Muramoto J., Christian L.: Chromosoma, 23, 1-9, 1967. - 33. Ohno S., Wolf U., Atkin N. B: Hereditas, 59, 169-187, 1968. - 34. Ojima Y.,

Hitotsumachi S., Makino S.: Proc. Jap. Acad., 24, 62-66, 1966. -35. Ojima Y., Hitotsumachi S.: Jap. J. Genet., 42, 163-167, 1967. - 36. Raicu P., Taisescu E., Christian A.: Cytologia, 37, 355-358, 1972. - 37. Raicu P., Taisescu E., Banarescu P.: Cytologia, 46, 233-240, 1981. -38. Ruiguang Z.: Acta Genetica Sinica, 7, 72-80, 1982. - 39. Sofradžija A., Berberović Lj.: Bul. Sci. Acad. RFS Yugosl., 18, 77-78, 1973. - 40. Sofradžija A., Berberović Lj., Hadžiselimović R.: Ichthyologia, 10, 135-143, 1978. - 41. Szollar J., Hobor M.: Acta morph. hung. 20, 185-189, 1972. - 42. Triantaphyllidis C. D., Daminakis H., Economidis P. S., Karakousis J.: Comp. Biochem. Physiol. 70B, 278-293, 1981. - 43. Vujošević M., Rimsa D., Jurišić S., Cakić P.: Acta Biol. Yug., Ichthyologia, 15-29-40, 1983. - 44. Wolf U., Ritter H., Atkin N., Ohno S.: Humangenetic, 7, 240-244, 1969.

## ENGLISH

### NUMERICAL AND STRUCTURAL CHROMOSOME POLYMORPHISM IN FISH SPECIES *Carassius auratus gibelio*, B. AND *Alburnus alburnus*, L.

Svetlana Fišter

The paper presents the results of cytogenetic investigations of the fish species *Carassius auratus gibelio*, B. and *Alburnus alburnus*, L. Karyotype definitions are given for fish caught at different localities in Serbia. Within the bisexual population of the silver carp *Carassius auratus gibelio*, B., we observed variability in the number of the last, smallest akrocentrics ( $2n=100\ 22-4$ ). These varying accessory chromosomes were called B-analogues. We established the number of chromosomes ( $3n=150+8$  and  $3n=150+10$ ) and gave the karyotype characteristics for gynogenetic lines of triploid females. We pointed out that the existing clones differ in the number of chromosomes, i.e. in the number of B-analogues, which are also probably the cause of the occurrence of - gynogenetic karyoclones.

In the species *Alburnus alburnus*, L., we established the existence of modified karyotypes with a large metacentric – Robertson's fusion, translocation, probably formed by the two biggest akrocentrics. We examined the possibility of maintaining variability in populations of this specie. The results are discussed in comparison to disorders which result from these changes in reproduction, and the possible consequences that can be expected in the offspring.

Key words: karyotype, fish, chromosomes, numerical karyotype aberrations, poliploidia, gynogenesis, structural chromosomal aberrations, Robertson's translocation, *Carassius auratus gibelio*, B., *Alburnus alburnus*, L.

**НУМЕРАЦИОННЫЙ И СТРУКТУРНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ ХРОМОСОМ У РЫБ  
ВИДЫ – *Carassius auratus gibelio*, B. и *Alburnus alburnus*, L.**

**Светлана Фиштер**

Показаны результаты цитогенетических исследований рыб вида *Carassius auratus gibelio*, B. и вида *Alburnus alburnus*, L. Определен кариотип рыб, ловленные на различных локальных местах вод в Сербии. В рамках бисексуальной популяции серебряного карася *Carassius auratus gibelio*, B., замечена вариабильность в числе последних, мельчайших акроцентриков ( $2n = 100$ ). Эти варьирующие акцессорные хромосомы названы Б-аналогами. Установлено число хромосом ( $3n = 150+8$  и  $3n = 150+10$ ) и даны характеристики кариотипа у гиногенетических линий триплоидных самок. Указано на это, что сущие клоны различаются в числе хромосом, т.е. в числе Б-аналогов, которые вероятно и причина возникновения - гиногенетических кариоклонов.

У вида *Alburnus alburnus*, L. (уклије), установлено существование измененных кариотипов с большим метацентриком-фузией Робертсона, транслокацией, составляющую вероятно два наибольших акроцентрика. Рассмотрена возможность одержания вариабильности в популяциях этого вида. Результаты дискутированы в отношении расстройств до которых эти изменения приводят в репродукции и возможные следствия, которые могут ожидать в потомстве.

Ключевые слова: кариотип, рыбы, хромосомы, нумерационные aberrации, хромосом, транслокация Робертсона, *Carassius auratus gibelio*, B., *Alburnus alburnus*, L.