

Prikaz dosadašnjih istraživanja kromosoma salmonida

K. Al Sabti

Prema Bungenbergu de Jongu (1955) Behrens je izvijestio (1898) da je sumatski broj kromosoma u salmonidnih vrsta **Salmo trutta** i **Salmo gairdneri** 24 ($2n = 24$). 1924. godine Mrsic nalazi u **S. gairdneri** da je $2n = 12$, Prokofieva nalazi (1934) da je $2n$ za **S. trutta** 84, a Svardson (1945) nalazi da je $2n = 80$. Svardson je najbliži pravom broju, prema današnjem znanju, i razlikuje tri grupe **Salmonida**: one sa $n = 29-30$, one sa $n = 40-42$ i one sa $n = 51$. Bungenberg de Jong (1955) nalazi da je u vrste **Salmo gairdneri** $2n = 60$. 40 od tih 60 kromosoma je dvokrako, a odnos jednokrakih prema dvokrakim kromosomima varira od vrste do vrste (Svardson, 1945). U suglasju s rezultatima ovih istraživanja je i nalaz Wrighta (1955) da je $2n = 60$ za vrstu **Salmo gairneri**. Isti autor navodi da je $2n = 80$ za potočnu pastrvu, što odgovara nalazu Svardsona (1945). Prema Wrightu, Potočna pastrva ima $2n = 84$. Od 57 jedinki vrste **Salmo irideus** samo je jedna imala fiksni diploidni broj (tzv. komplement), dok je u svih drugih broj kromosoma varirao čak u jedinkama u rasponu od 2 do 7 (Ohno, 1965). Usprkos tome, broj je kromosomskih krakova (N. F.) iznosio 104. Istovremeno u stanicama embrionalnog diska nađen je $2n = 59-64$. Na temelju ovih nalaza autor je zaključio da ova vrsta nema fiksni

broj kromosoma i da se taj broj može odrediti iz sljedeće formule: $2n = 52 + \text{broj telocentričnih}/2$. Autor je ovaj polimorfizam, čak unutar jedne jedinke, protumačio bilo fuzijom dva akrocentrička u jedan metacentrički bilo nastajanjem 2 akrocentrička iz jednog metacentričkog kromosoma.

Inače, razlike među jedinkama nađene su na primjer u **Salmo gairdneri**: 5 jedinki imalo je $2n = 60$, sa 44 MS-SM, 2 subtelocentrička i 14 telocentričkih kromosoma i N. F. = 104. Samo je jedna jedinka imala $2n = 58$, sa 48 MS-SM, 2 st i 10 t i N. F. = 104 (Fukuoka, 1972).

Ovaj polimorfizam posljedica je Robertsonovog pravila izmjene. Broj kromosoma odgovara broju kakvog su našli Bungeberg de Jong (1955) i Wright (1955). U toj vrsti, Cuellar i sur. (1972) našli su među 18 jedinki jednog triploida sa oko 90 kromosoma, dok su ostale jedinke bile diploidne sa 60 kromosoma. Autori smatraju da je ovaj triploid nastao supresijom jedne mejotičke diobe i naknadnom fertilizacijom reducirane oocite, dakle spontanom autoploidizacijom, pri čemu se ovaj poliploid morfološki nije razlikovao od diploida.

Polimorfizam je nađen i u 53 jedinke **Salmo gairdneri** sa tri različite lokacije na pacifičkoj obali SAD (Thorgaard, 1976). $2n$ je bio 60, 58 i 59, a N. F. = 104. Ovaj autor smatra da razlika u $2n$ sa istim

Dr Kabil Al Sabti, znan. asistent, Centra za istraživanje mora Zagreb, Institut »Ruder Bošković«, Zagreb.

N. F. dolazi ili zbog greške u određivanju N. F., ili zbog gubitka kromosoma, ili, povremenog nalaza amloidnih stanica.

10 populacija **Salmo trutta** i 6 populacija **Salmo alpinus** pokazalo je isti $2n = 80$ (Nygren i sur., 1971), samo je u prvoj vrsti broj MS kromosoma varirao od 15 do 24, a kod druge vrste je MS bio 20. N. F. je kod obih vrsta bio 100. Ovaj $2n$ se slaže sa $2n$ kako ga je našao Svardson (1945), jedino je prema njemu $N. F. = 96$.

U daljnjem prikazu literature navodit ćemo vrstu, kromosomske karakteristike, eventualno geografsko porijeklo i imena autora. Zasebno ćemo na kraju navesti interpretacije tih rezultata.

Salmo salar, tri kanadske populacije, $2n$ od 35 do 98, prosjek od 369 stanica je $2n = 56$ (Boothroyd, 1959).

Salmo salar, 5 sjeveroameričkih jedinki, $2n$ od 52 do 74 (Simon, 1963).

Salmo salar, $2n = 60$ (Rees, 1964), odnosno $2n = 58$, sa 8 parova MS i 21 par akrocentričkih (Rees, 1967).

Salmo salar, $2n = 58$ (Nygren i sur., 1968) i poliploidnim stanicama u testisima sa $2n = 116$ i više.

Salmo salar, West Grand Lake, $2n = 57$, a oni iz Grand Brook $2n = 56$, oba $N. F. = 72$ (Robert, 1968), a zatim jedinke iz Narragnagus $2n = 55$, a one iz rijeke Miramichi $2n = 56$, obje $N. F. = 72$ (Robert, 1970).

Nygren (1972) nalazi $2n = 58$ za **Salmo salar**, a $2n = 80$ za morsku pastrvu. Hibridi ovih vrsta imaju $2n = 69$, što se tumači sa (58.2), tj. zbrojem haploidnog broja kromosoma svake od vrsta. Nakon tri godine hibridi pokazuju isti $2n = 69$ (Nygren, 1975).

Salmo salar, $2n = 58$ (Grameltvedt, 1974).

Iz svega je uočljivo da do danas pravi broj kromosoma **Salmo salar** nije usaglašen.

Onchorhynchus keta, $2n = 74$, sa 13 parova st i 21 par t ili A kromosoma, **Onchorhynchus nerka**, $2n = 58$, sa 22 para MS-SM, 1 par st i 26 parova t ili A, i hibrid ove dvije vrste sa $2n = 66$, sa 35 MS-SM, 4 st i 27 t ili A (Sasaki i sur., 1968).

Onchorhynchus nerka, $2n = 58$ u osam jedinki, dok je u dvije bio $2n = 57$ (Fukuoka, 1972).

Thymallus thymallus, $2n = 102$, sa 34 para MS i 17 akrocentričkih parova uz $N. F.$ od čak 170 (Nygren i sur., 1971).

Salmo aquabonita, u tkivu bubrega 92 jedinke naden je $2n = 52$ uz $N. F. = 104$, sa MS i 2 SM (Gold i sur., 1975).

Hesperolencus symmetricus, rijeka Russian, Kalifornija, od 9 jedinki 8 ih ima $2n = 50$, a jedna je triploid sa $2n = 75$ (Gold, 1976).

Hibridi **Salvelinus alpinus** i **Salmo gairdneri** imaju $2n = 78-79$, pastrva x morska pastrva $2n = 80$, a **Salmo salar** x **Salvelinus alpinus** i **Salmo gairdneri** daju $2n = 68-69$, dakle broj parova kromosoma blizu je srednjaka roditeljskih vrsta (Gjedrem, 1977).

Salmothymus obtusirostris oxyrhynchus, $2n = 82$, sa MS-SM (Berberović i sur., 1970, 1972).

Ova raznolikost u broju i morfologiji kromosoma, tumači se kao: varijacija u veličini kromosoma je strukturalna i nije genotipski određena; različitost broja kromosoma u jednoj vrsti posljedica je porijekla vrste od predaka koji su posjedovali veliki broj akrocentričkih kromosoma na koje je različito djelovalo Robertsonovo pravilo izmjene; uzrok različitosti broja je strukturalna (fuzija ili fragmentacija); uzrok različitosti je Robertsonovo pravilo; uzrok je nepravilna duplikacija gena u predaka i tetraploidnost zajedničkog izumrlog pretka; uzrok nije Robertsonovo pravilo, već uzrok mora biti nešto drugo.

Da bismo olakšali pregled literature i ukazali na nesuglasje rezultata donosimo tablicu 1.

Tablica 1. Literaturni podaci o kromosomskom broju ($2n$) riba spomenutih u ovom radu

Vrsta	$2n$	Izvor
<i>S. gairdneri</i>	12	Mrsic (1923)
<i>S. gairdneri</i>	24	Behrens (1898)
<i>S. gairdneri</i>	59—60	Ohno (1965)
<i>S. gairdneri</i>	60	Bundenberg de Jong (1955) Wright (1955), Fukuoka (1972), Cuellar (1972), Thorgaard (1976)
<i>S. trutta</i>	24	Behrens (1898)
<i>S. trutta</i>	84	Prokofieva (1934)
<i>S. trutta</i>	80	Svardson (1945), Wright (1955), Nygren (1971)
<i>S. salar</i>	58	Nygren (1968, 1972, 1975), Grameltvedt (1974)
<i>S. salar</i>	56	Boothroyd (1959)
<i>S. salar</i>	56—57	Roberts (1968, 1970)
<i>S. salar</i>	58—60	Rees (1964, 1967)
<i>S. salar</i>	52—74	Simon (1963)
<i>S. salar</i>	60	Prokofieva (1934), Svardson (1945)
<i>S. fontinalis</i>	84	Wright (1955)
<i>O. keta</i>	74	Sasaki (1968, 1970)
<i>O. nerka</i>	58	Sasaki (1968)
<i>O. nerka</i>	58	Fukuoka (1972)
<i>T. thymallus</i>	102	Nygren (1971)
<i>S. aguabonita</i>	58	Gold (1975)
<i>H. symmetricus</i>	50	Gold (1976)
<i>S. obturistris oxyrhynchus</i>	82	Berberović (1970)

SUMMARY

Review of investigations on Salmonidae chromosomes performed to date

Data on the chromosome complement of some species of the family **Salmonidae** are discussed. Table 1 shows that the chromosome number ($2n$) within

the same species, as found by various authors, is different. The chromosome complement (2n) of the Salmonidae is found to be within the range of about 60 to 102. The greatest number of arms (N. F.) for this family is 104. In this work we present all data that show the general discrepancies in the chromosome number and the arms number of various species belonging to this family. We also showed that within different individuals of the same species like *S. gairdneri* and *S. salar* the chromosome complements differed, and sometimes also within one species (found by the same author). Ten species of the salmonidae family are discussed in this paper.

LITERATURA

- Behrens, C. (1898):* Reifung und Berifruchtung des forelle-
neies. *Ant.* 10 : 227—285.
- Berberovič, Lj. Curić, M., Hadžiselimović R. i Sofradžija A. (1970):* Hromosomska garnitura Neretvanske mekousne (*Salmothymus obtusirostris oxyrhynchus* Stein.). *Genetika*, 2, (1), 55—63.
- Boothroyd, E. R. (1959):* Chromosome studies on three Canadian population of Atlantic salmon (*S. salar* L.), *Can., J. Genet. Cytol.*, 1 : 161—172.
- Bungenberg de Jong C. M. (1955):* Cytological studies on *Salmo irideus*. *Genetica*, 27, 472—483.
- Cueillar, O. and Uyeno, T. (1972.):* Triploid in rainbow trout. *Cytogenetics*, 11, 508—515.
- Fukuoka, H. (1972.):* Chromosomes of the Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Jap. J. Genet.*, 47, (6), 459—461.
- Fukuoka, H (1972):* Chromosomes—number variation in the rainbow trout (*S. gairdneri irrideus* (GIB). *Jap. J. Genet.*, GIB.). *Jap. Genet.*, 47, (6), 455—458.
- Gold, J. R. and Gell, a E. (1975):* Kromosome cytology and polymorphism in the California high trout (golden trout (*S. aguabonita*), *J. Genet. Cytol.*, 17, 41—53.
- Gold, J. R. and Vvise, J. C. (1976):* Spontaneous triploidy in California roach, *Hesperoleucus symmetricus*, (pisces: cyprinidae). *Cytogenet. Cell Genet.*, 17, 144—149.
- Gramelvedt, A. F. (1975):* Chromosomes of salmon (*S. salar*) by leukocyte culture. *Aquaculture*, 5 : 205—209.
- Mrsio, W. (1924):* Die spätberfruchtung und Einfluss auf Entwicklung und Geschlechtsbildung experimentall nachgeprüft an der Regenbogen Forelle. *Arch. f. mikr. Ant.*, 98: 129—209
- Nygren, A., Nilsson, B. and Jahnke, M. (1968):* Cytological studies in Atlantic salmon (*S. salar*). *Ann. Acad. Reg. Sci. Upsalien*, 12, 21—52.
- Nygren, A., Nilsson, B. and Jahnke, M. (1971):* Cytological studies in *S. trutta* and *S. alphmanus*. *Hereditas*, 67, 259—268.
- Nygren, A., Nilsson, B. and Jahnke, M. (1972):* Cytological studies in *Thymallus thymallus* and *Coregonus albula*. *Hereditas*, 67, 269—274.
- Nygren, A. Nilsson, B. and Jahnke, M. (1972):* Cytological studies in Atlantic salmon from Canada, in hybrids between Atlantic salmon ... etc. *Hereditas*, 70, 295—306.
- Ohno, S., Stenius, C., Faisst, E. and Zenzes, M. T. (1965):* Post-Zygotic chromosomal rearrangements in rainbow trout (*S. irideus* Gib.) *Cytogenetics*, 4, 117—129.
- Prokofieva, A. (1934):* On the chromosome morphology of certain pisces. *Cytologia*, 5, 498—560.
- Rees, H. (1964):* The question of polyploid in Salmonidae. *Chromosoma Berl*, 15, 275—279.
- Rees, H. (1967):* The chromosomes of *S. salar*. *Chromosoma*, 21, 472—474.
- Roberts, F. L. (1968):* Chromosomal polymorphism in North American landlocked *S. salar*. *Can. J. Genet. Cytol.* 10, 865—875.
- Roberts, F. L. (1970):* Atlantic salmon (*S. salar*) chromosomes and speciation. *Trans. Amer. Fish Soc.*, 99, 105—111.
- Sasaki, M., Hitotsumachi, S., Makine, S. and Terao, T. (1968):* A comparative study of the chromosomes in the Chum salmon, the Kokanee salmon and their hybrids. *Caryologia*, 21, 389—394.
- Simon, R. C. (1963):* Chromosome morphology and species evolution in the five American species of pacific salmon (*Oncorhynchus*). *J. Morph*, 112, 77—97.
- Svärdson, G. (1945):* Chromosome studies on salmonidae. *Rept. Swedish state inst. Freshwater Fishery Res. Drottningholm*, 23, 1—151.
- Thorgaard, G. H. (1976):* Robertsonian polymorphism and constitutive heterochromatin distribution in chromosomes of the rainbow trout (*S. gairdneri*). *Cytogenet. Cell Genet.*, 17, 174—184.
- Wright, J. E. (1955):* Chromosome number in trout. *Prog. Fish—Culturist*, (4), 172—176.

