

TAUX D'ALIMENTATION PENDANT LA GAMÉTOGÈNESE ET PERFORMANCE DE REPRODUCTION CHEZ LA TRUITE FARIO

R. BILLARD*, M. DE FREMONT**

INTRODUCTION

L'influence du régime alimentaire distribué aux géniteurs pendant la période de gamétogenèse sur les performances de reproduction reste mal connue chez les Salmonidés. Il existe quelques études montrant qu'une réduction du régime alimentaire diminue la fécondité, c'est-à-dire le nombre d'ovules produits, mais ne modifie pas la taille de ces ovules (SCOTT, 1962 ; BAGENAL, 1969). Il n'est cependant pas possible de tirer de ces études des enseignements directement applicables en pratique piscicole, en particulier en ce qui concerne la quantité optimale d'aliments à distribuer aux reproducteurs. En salmiculture intensive, l'alimentation est généralement à base de granulés du commerce et les quantités distribuées se réfèrent exclusivement aux indications fournies par le fabricant. Dans la présente expérience, des reproducteurs de truite fario ont été soumis durant leur gamétogenèse à différents régimes alimentaires à base de granulés.

* Laboratoire de Physiologie des Poissons. I.N.R.A. - 78350 JOUY EN JOSAS

** Pisciculture Domaniale de Vermeux - 58120 CHATEAU CHINON CAMPAGNE.

MATERIEL ET METHODES

L'expérience a été conduite à la Pisciculture de Vermenoux au cours de la saison 1978-79. Des truites fario (*Salmo trutta fario*) mâles et femelles, (âgées de 3 ans, effectuant leur première saison de reproduction pour les femelles) et issues de la population élevée dans la pisciculture, elle-même issue de rivières locales, sont réparties en 5 lots au début mars 1978. Elles sont soumises aux régimes alimentaires suivants : les lots 1, 2, 3, 4 reçoivent respectivement une distribution journalière de granulés SARB Géniteurs N° 6 enrichis en cantaxantine à raison de 0,4, 0,8, 1,5 et 3 % de leur poids corporel. Un lot témoin n° 5 reçoit le régime alimentaire diversifié, habituellement distribué aux géniteurs de la pisciculture de Vermenoux : granulés du même type que ci-dessus (0,5 % du poids vif par jour), auxquels s'ajoutent de la viande d'abattoir et du foie de bœuf (20 à 30 g/kg de poids corporel par jour). Trois fois par semaine, de la levure de bière est ajoutée à la viande au taux de 10 %. Dans les lots expérimentaux (lots 1 à 4), l'alimentation est distribuée 2 fois/jour (10 h et 15 h 30, heure locale), le lot « témoin » n° 5 reçoit 3 repas par jour (9 h 30, 13 h 30, 16 h). Chaque lot comporte 20 mâles et 20 femelles mélangés dont les tailles et poids sont donnés dans le tableau 1. Ces lots sont placés en bassins de type raceways bétonnés (4,50 × 2,60m), la hauteur d'eau est de l'ordre de 50 cm. La charge au départ varie entre 673 et 789 g de poissons/m² de bassin (tableau 1).

Tableau 1 : Taille et poids moyens (X ± SD) des truites fario mâles et femelles en début d'expérience pour chaque lot expérimental. Les sexes sont mélangés et la charge par bassin est donnée dans la colonne de droite en kg de poids corporel (au départ) par m² de surface d'eau (hauteur d'eau dans les bassins 40-60 cm).

Lot	Femelles		Mâles		Charge m ² ♂ & ♀ confondus
	taille	poids	taille	poids	
n°	(cm)	(g)	(cm)	(g)	(g)
1	27,5 ± 1,8	237 ± 60	26,7 ± 2,06	225 ± 49,5	789
2	27,1 ± 2,04	220 ± 55	27,2 ± 2,08	233 ± 60,0	774
3	26,0 ± 1,52	195 ± 34	28,2 ± 2,5	248 ± 67,0	759
4	26,4 ± 2,0	195 ± 43	26,1 ± 2,2	198 ± 52,7	673
5	27,4 ± 2,1	230 ± 33	27,1 ± 2,0	224 ± 45,1	775

Le débit admis dans les bassins est d'environ 120 l/mn, tout au long de l'année. Les mortalités sont relevées et une pesée globale est pratiquée chaque mois. La distribution de nourriture cesse au 30/09, mais dans le groupe n° 4 les animaux des deux sexes ont refusé une partie de la nourriture dès le 15/09, et la quantité ingérée pendant la dernière quinzaine de septembre n'a pas dépassé 2 %. Les premiers mâles en spermiation ont été détectés vers le 10 novembre et l'émission des gamètes (spermiation et ovulation) est systématiquement testée à partir du 20 novembre et se poursuit par examen hebdomadaire, pour les femelles, jusqu'au 15 janvier. Les femelles non ovulées à cette date sont éliminées (cf. tableau 2). Le nombre total d'ovules recueilli est mesuré pour chaque femelle par volumétrie et le poids de chaque ponte est établi. Le diamètre des ovules est mesuré (nombre d'ovules sur 20 cm) et le poids d'un ovule est établi d'après pesée d'un lot de 100 pour chaque femelle. Les ovules des femelles de chacun des lots 1 à 4 sont inséminés avec un mélange de sperme de mâles du lot témoin n° 5. Pour tester les effets du traitement sur la qualité du sperme, le sperme des mâles des lots 1 à 4 est utilisé pour inséminer des ovules prélevés sur des femelles du lot n° 5.

Tableau 2 : Performance de reproduction de truites fario femelles soumises à 5 régimes alimentaires différents entre mars et septembre. Chaque lot compte 20 femelles au départ. Valeurs moyennes $\bar{X} \pm SD$. Les ovules ont été fécondés avec du sperme de mâles nourris dans les mêmes conditions que le groupe 5.

Groupe	Régime alimentaire (1)		Mortalités (4)		Femelles tardivives (D)	Fécondité (5)		Diamètre d'1 ovule (mm)		Poids d'1 ovule (mg)		Production d'ovules /kg poids vif			Fertilité : % d'œufs embryonnés (10)	Nbr. d'ovules par kg d'aliment					
	A	B	C			Poids (E)	Nbr. (F)	G	H	J	K	L									
1	0.4	275 · 59	1		0	126 · 8.3	1315 · 92	4.59 · 0.22	92.2 · 0.98	458	4782	98.1	0.58	61							
2	0.8	346 · 65	0		1	130 · 29.6	1326 · 314	4.78 · 0.15	93.3 · 0.82	376	3832	98	0.73	26							
3	1.5	400 · 82	0		2	132 · 33.1	1337 · 366	4.82 · 0.13	94.0 · 0.77	330	3342	98.1	0.52	13							
4	3.2 (2)	382 · 54	0		2	156 · 15.2	1531 · 150	4.80 · 0.14	94.7 · 1.34	408	4008	98.6	0.61	8							
5	ad libitum (3)	482 · 95	1		1	182 · 19.7	1789 · 221	5.06 · 0.18	95.6 · 1.26	377	3712	98.4	0.5								
Test statistique												P < 0.01		P < 0.01		P < 0.001		P < 0.05		N S	

(1) Quantité d'aliment distribuée jour en % du poids corporel
 (2) Jusqu'au 15/09 : au delà forte diminution de la prise de nourriture
 (3) Alimentation « diversifiée » granulés géniteurs + viande + levure
 (4) nombre de femelles mortes pendant la période expérimentale
 (5) Poids et nombre total d'ovules recueillis par femelle
 (6) Poids mesuré (moyenne de 100 ovules)

(7) Poids calculé : $\frac{E}{F} \times 1000$
 (8) Poids calculé : $\frac{E}{E} \times 1000$
 (9) Nombre calculé : $\frac{F}{B} \times 1000$
 (10) % d'œufs embryonnés avant l'éclosion.

Après insémination, les œufs sont mis en incubation, pontes séparées, sur claies compartimentées en armoire d'incubation. Les pertes durant l'embryogenèse sont mesurées par dénombrement des œufs blancs 2 à 3 jours avant l'éclosion. Les œufs embryonnés sont comptés. Les œufs issus de toutes les femelles d'un même lot sont regroupés en auge où se déroule la résorption vitelline; les pertes au cours de cette phase sont dénombrées. Les résultats ont été comparés par analyse de variance, les pourcentages étant traités après transformation angulaire.

RESULTATS

L'évolution pondérale de la biomasse est donnée dans la fig. 1.

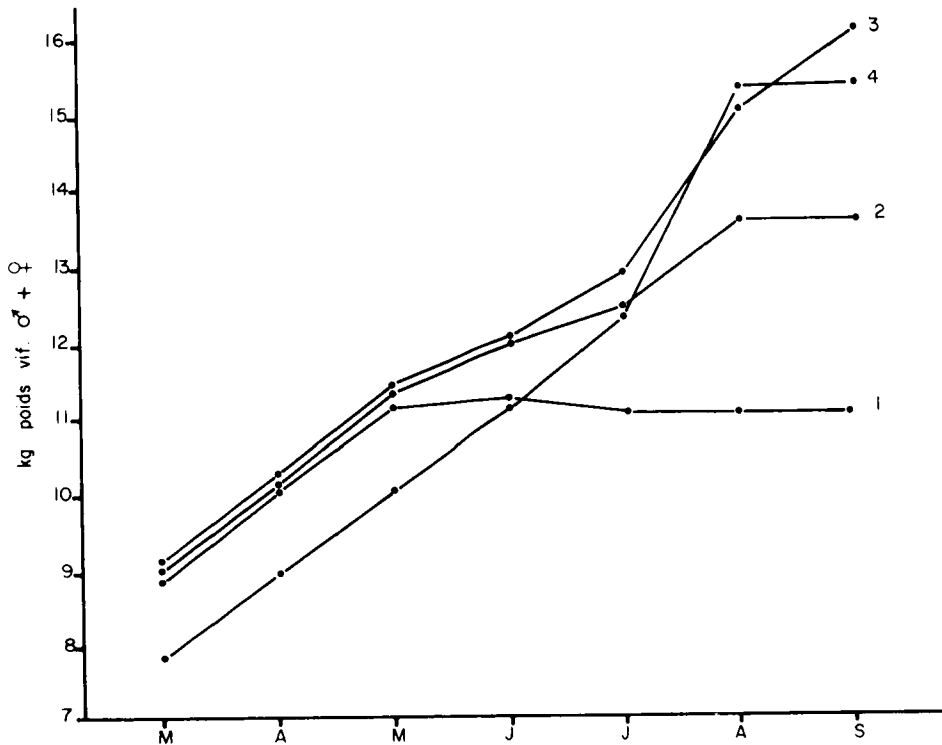


Figure 1 : Evolution de la biomasse de truite fario dans les différents lots expérimentaux (lots 1 à 4) au cours de la période allant de mars à septembre, pendant laquelle les animaux ont reçu de la nourriture.

Pour les femelles, la prise de poids corporel a été extrêmement faible dans les lots n° 1 et 2 (50 et 130 g), c'est à dire un gain inférieur au poids des ovules récoltés; le poids corporel excluant les gonades a donc diminué entre mars et septembre. Dans les autres groupes, la croissance corporelle est beaucoup plus importante, atteignant même un doublement du poids initial dans les lots 4 et 5. Les mortalités ont été négligeables pendant la période expérimentale et quelques femelles tardives n'ont pas été retenues. La fécondité absolue, c'est-à-dire le nombre total d'ovules recueilli par femelle est beaucoup plus élevé pour les animaux moyennement ou fortement nourris (lots 2 à 4) que pour le lot 1 recevant un apport réduit de nourriture (l'analyse de variance portant sur l'ensemble des lots fait apparaître une différence significative; $P < 0,01$). Par contre, lorsque la fécondité est ramenée au kg de poids corporel (fécondité relative), le groupe 1 présente des performances significativement supérieures aux autres groupes ($P < 0,05$). Les mêmes résultats s'observent en ce qui concerne le poids de la ponte. Il en est de même pour le

rendement alimentaire en terme de nombre d'ovules par kg d'aliment distribuée (tableau 2). Le traitement affecte significativement ($P < 0,01$) le poids et le diamètre des ovules : les femelles les plus faiblement nourries produisant des ovules plus petits. La fertilité exprimée par le pourcentage d'œufs embryonnés juste avant l'éclosion (tableau 2) n'est pas significativement affectée par le régime alimentaire. De même le pourcentage d'alevins à résorption n'est pas révélé différent entre les lots.

Pour les mâles, la qualité du sperme mesurée par la mortalité au cours de l'embryogenèse et de la résorption vitelline n'est pas significativement affectée par le traitement alimentaire (tableau 3)

Tableau 3 : Pourcentage de survie au cours du développement embryonnaire et de la résorption pour les œufs de truite fario fécondés avec du sperme de mâles soumis à des régimes alimentaires différents. Valeurs moyennes $\bar{X} \pm SD$; n = 10.

Groupe	% d'œufs embryonnés (1)	% de mortalité pendant la résorption	% final de survie entre fécondation et résorption
1' ♂1 × ♀ 5	97,76 ± 1,38	3,70	94,06
2' ♂2 × ♀ 5	98,27 ± 0,52	3,56	94,71
3' ♂3 × ♀ 5	98,57 ± 0,24	3,40	95,57
4' ♂4 × ♀ 5	98,02 ± 0,37	1,60	96,42
5' ♂5 × ♀ 5	98,42 ± 0,33	1,90	96,52

(1) Dénombrement 2 à 3 jours avant le début de l'éclosion.

Les sujets des groupes 1 et 2, qu'ils soient mâles ou femelles, se sont montrés plus réceptifs aux mycoses (4 à 5 individus par groupe). Deux individus ont été atteints de mycoses dans le groupe 3 et aucun dans les groupes 4 et 5.

DISCUSSION

La présente expérience démontre que des variations quantitatives de l'alimentation distribuée à des truites fario femelles, entraînent parallèlement des variations quantitatives dans la production d'ovules (fertilité absolue, poids et taille des ovules), mais ne modifient pas la fertilité (pourcentage d'éclosion et de résorption vitelline). Chez les mâles, le même traitement ne modifie pas non plus le pouvoir fécondant du sperme.

La fécondité relative notée dans la population de truite fario est remarquablement élevée ; elle varie entre 3340 et 4000 ovules par kg de poids corporel total de femelle en régime alimentaire normal ou élevé et se trouve notablement augmentée au régime le plus bas où la croissance corporelle a été nulle (groupe 1). Le poids des ovules atteint ainsi plus de 40 % du poids du corps. Les données de la littérature font état de fécondité de même grandeur pour BUSS et McCREARY (1960) (3400 à 3600 ovules/kg) et pour BAGENAL (1969) (3200 ovules/kg), mais plus faible pour BROWN et KAMP (1942) (entre 1800 et 2500) dans le cas de diverses populations Nord Américaines de truite fario. Il est vrai que chez les Salmonidés, la truite fario est probablement, à l'exception de *Salvelinus fontinalis* pour laquelle ALLEN (1956) et VLADYKOV (1956) rapportent des fécondités de 5 à 6000 ovules/kg, l'espèce la plus féconde ; la truite arc-en-ciel a des performances plus faibles : fécondité relative de l'ordre de 2500 pour ALLEN et SANGER (1960) et de 2000 pour NOMURA (1963), de même que le saumon atlantique : 1700 à 1900 pour BAUM et MEISTER (1971), 1500 pour un saumon « Landlocked » (INCERPI et WARNER (1969). Dans le genre *Oncorhynchus*, la fécondité relative est inférieure à 1000 ovules/kg pour les espèces *tshawytscha* et *keta*, voisine de 1000 pour *kisutch* et *gorbuscha*, et de l'ordre de 200 pour *nerka* (revue par ROUNSEFELL, 1957). Après hybridation dans le genre *Salvelinus*, AYLES (1974) rapporte une fécondité relative de 2000 ovules/kg. De

nombreux facteurs sont susceptibles de modifier la fécondité des femelles, comme la taille et l'âge des femelles, et surtout la taille des ovules, ainsi que des facteurs locaux (races locales et richesse alimentaire). Cette expérience prouve aussi que la fécondité, surtout si elle est exprimée en fécondité relative, dépend du taux de croissance des femelles. D'autre part, la fécondité varie au cours de la saison de reproduction (ISLAM *et al.*, 1973) (les femelles les plus précoces étant les plus fécondes) et peut être affectée par l'état sanitaire des femelles (GALL *et al.*, 1972). Dans la présente expérience, les facteurs alimentaires se révèlent d'une grande importance et interfèrent à la fois sur le nombre d'ovules produits et à un moindre degré sur leur taille. Dans une expérience similaire, BAGENAL (1939) a observé qu'une réduction du régime alimentaire entraînait une chute de fécondité chez les truites fario et a constaté que le poids frais des ovocytes (avant ovulation et vraisemblablement avant la fin de la vitellogenèse — RGS entre 11 et 13 —) n'était pas toujours le plus élevé chez les animaux les mieux nourris. Il a par contre observé que le poids sec des follicules était plus faible chez les femelles les mieux nourries que chez les femelles soumises aux plus faibles régimes alimentaires. Cela peut fort bien résulter d'un état différent de l'avancement de la vitellogenèse dans les différents groupes chez lesquels l'auteur observe d'ailleurs des différences dans la date d'arrivée à maturité. SCOTT (1962) a aussi étudié les effets d'un jeûne partiel sur les performances de reproduction de la truite arc-en-ciel et a observé que le jeûne entraînait une chute de fécondité due à des atrésies folliculaires, mais n'affectait pas la taille des ovules. Dans notre expérience, la taille des ovules oscille entre 4,6 et 5 mm et 92,2 et 95,6 mg. Ces valeurs sont habituelles pour la truite fario et se situent entre celles rapportées par GALKINA (1970) pour la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique. Les valeurs trouvées sont homogènes dans les groupes 2, 3 et 4 mais sont plus faibles dans le groupe 1, ce qui suggère un effet de la quantité d'aliment distribué. Pour le groupe 5, la différence de taille est beaucoup plus marquée et peut être mise en relation avec la qualité de l'aliment qui diffère fortement des groupes précédents. BARTEL (1971) a observé que le remplacement d'une alimentation à base de viande par des granulés s'était accompagnée d'une réduction de la taille des ovules, mais cet auteur ne fait pas état des conséquences sur la survie de la descendance.

Une autre expérience a consisté à soumettre à un jeûne complet pendant 55 jours des truites Arc-en-ciel en début de maturation et âgées de 16 mois; le traitement n'a pas eu l'effet notable sur l'augmentation de poids des gonades par rapport aux animaux témoins et cela pour les deux sexes (SHIMMA *et al.*, 1976).

Dans notre expérience, l'effet de l'alimentation a donc affecté la taille des ovules, mais sans conséquence notable lors de l'éclosion et de la résorption. La survie au cours de l'alevinage n'a pas été testée et reste à vérifier. Il est probable qu'en conditions de pisciculture, les soins apportés aux animaux associés à une bonne alimentation vont compenser l'effet initial défavorable dû à la réduction de taille des ovules. Mais en conditions naturelles, en rivière par exemple, plusieurs auteurs ont montré que la survie des alevins issus des ovules les plus gros est meilleure (cf. BAGENAL, 1978). En conséquence l'attribution aux géniteurs de régimes alimentaires faibles est à proscrire si les juvéniles sont déversés dans le milieu naturel à un stade précoce du développement, bien qu'ils puissent se justifier dans le cas où la descendance est maintenue en élevage en pisciculture. Il reste d'autre part à vérifier si les faibles régimes alimentaires ne vont pas affecter la fécondité des femelles au cours des cycles suivants.

CONCLUSION

Il semble possible à la limite de maintenir un groupe de géniteurs à poids constant sans pour autant affecter la formation d'ovules et leur fertilité; mieux, ce traitement permet d'obtenir la fécondité relative la plus élevée. Il est d'autre part loisible d'apporter des régimes alimentaires plus importants de 1,5 à 3 %, autorisant une bonne croissance corporelle avec des fécondités absolues élevées. Il reste cependant à vérifier si la survie des jeunes reste satisfaisante au delà du stade de la résorption de la vésicule vitelline, en particulier pour les faibles régimes alimentaires qui ont entraîné une réduction du diamètre des ovules.

REMERCIEMENTS

Ce travail s'inscrit dans les collaborations contractuelles CSP/INRA. Nous remercions vivement le Comité de Gestion de l'Établissement domanial de Pisciculture de truites de Vermenoux les Châteaux Chinon qui a bien voulu nous autoriser à conduire cette expérimentation. Nos remerciements vont également à MM. BARET, COMBEL, et DETRET pour leur collaboration efficace dans la conduite de cette étude. Nous remercions aussi M. DEVAUX qui a effectué les analyses statistiques.

RESUME

Des truites fario (*Salmo trutta fario*) mâles et femelles ont été soumises entre mars et septembre à des régimes alimentaires à base de granulés, à des taux quotidiens de 0,4, 0,8, 1,5 et 3 % du poids corporel. Un autre groupe (n° 5) a reçu une nourriture plus diversifiée et qualitativement différente à base de granulés, viande et levure de bière, et distribuée *ad libitum*. La fécondité absolue des femelles a été significativement ($P < 0,01$) influencée par le régime alimentaire et les femelles les mieux nourries ont produit le plus grand nombre d'ovules. Dans le groupe recevant le taux le plus faible (0,4 %) le poids des ovules produits (126 g) a été supérieur au gain de poids corporel (38 g) de sorte qu'une partie des réserves corporelles a été transférée dans les gonades. La taille des ovules a aussi été significativement affectée par le traitement, mais dans le groupe n° 5, les effets peuvent résulter des différences, à la fois quantitative et qualitative du régime alimentaire. Dans tous les cas, la fertilité, c'est-à-dire le taux de survie à l'éclosion est élevée (98 %) et n'a pas montré de différence significative selon le régime alimentaire.

Le pouvoir fécondant du sperme n'est pas modifié par le régime alimentaire de même que le taux d'éclosion et de résorption vitelline de la descendance.

SUMMARY

Male and female brown trout (*Salmo trutta*) were given granulated diets between March and September at daily rates of 0,4, 0,8, 1,5 and 3 p. 100 of the body weight. Another group (group 5) was fed *ad libitum* on a more diversified and qualitatively different diet containing meat and brewer's yeast. Absolute female fertility was significantly ($P < 0,01$) influenced by the diet, and the best fed females produced the largest number of eggs. In the group fed the least (0,4 p. 100), the weight of the produced eggs (126 g) was higher than body weight gain (38 g) so that part of the body reserves had been moved to the gonads. Egg size was also significantly affected by the treatment, but those effects in group 5 could result from quantitative and qualitative differences in the diet. In all cases, fertility, this is survival rate at hatching, was high (98 p. 100) and did not appear to be affected by the diet.

Sperm fertilizing ability, as well as hatching rate and progeny vitelline resorption, were unmodified by the diet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN G.H., 1956. Age and growth of the brook trout in a Wyoming beaver pond. *Copeia*, 1-9.
- ALLEN G.H., SANGER G.A., 1960. Fecundity of rainbow trout from actual count of eggs. *Copeia*, 3, 260-261.
- AYLES G.B., 1974. Fecundity and egg size of a brook stock of *Salvelinus fontinalis* x *S. namaycush* hybrids (splake). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 31, 217-220.
- BAGENAL T.B., 1939. The relationship between food supply and fecundity in brook trout *Salmo trutta* L. *J. Fish Biol.*, 1, 167-182.

- BAGENAL T.B., 1978. Aspects of fish fecundity. 75-101, in : S.D. GERKING Edt. Ecology of freshwater fish production, Blackwell Scientific publications, Oxford, London, Edinburgh, Melbourne.
- BARTEL R., 1971. Key factors affecting egg size in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Roczn. Nauk rol., 93-H-4, 7-34.
- BAUM E.T., MEISTER A.L., 1971. Fecundity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from two Maine rivers. J. Fish. Res. Bd. Can., 28, 764-767.
- BROWN C.J.D., KAMP G.C., 1942. Gonad measurements and egg counts of brown trout (*Salmo trutta*) from the Madison river, Montana. Trans. Am. Fish. Soc., 71, 195-200.
- BUSS K., McCREARY R., 1960. A comparison of egg production of hatchery reared brook, brown, and rainbow trout. Progres. Fish Cult., 22, 7-10.
- GALKINA Z.I., 1970. Dependence of egg size on the size and age of female salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* Gib.). J. Ichtyol., 10, 625-633.
- GALL G.A.E., McCLENDON E.L., SCHAFER W.E., 1972. Evidence on the influence of the copepod (*Salmincola californiensis*) on the reproductive performance of a domesticated strain of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Trans. Am. Fish. Soc., 2, 345-346.
- INCERPI A., WARNER K., 1969. Fecundity of landlocked salmon, *Salmo salar*. Trans. Am. Fish. Soc., 98, 720-723.
- ISLAM M.A., NOSE Y., YASUDA F., 1973. Egg characteristics and spawning season of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 39, 741-751.
- NOMURA M., 1963. Studies on reproduction of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, with special reference to egg taking. IV - The fecundity of number and weight of eggs taken. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29, 325-335.
- ROUNSEFELL G.A., 1957. Fecundity of north American salmonidae. Fish Bull., 122, 451-458.
- SCOTT D.P., 1962. Effect of food quantity on fecundity of rainbow trout *Salmo gairdneri*. J. Fish. Res. Bd. Can., 19, 715-730.
- SHIMMA Y., ICHIMURA H., SHIBATA N., 1976. Effects of starvation on body weight, lipid contents, and plasma constituents of maturing rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42, 83-89.
- VLADYKOV V.D., 1956. Fecundity of wild speckled trout (*Salvelinus fontinalis*) in Quebec lakes. J. Fish. Res. Bd. Can., 13, 799-841.