

Behavioral thermoregulation and associated mortality trade-offs in migrating adult steelhead (*Oncorhynchus mykiss*): variability among sympatric populations

Matthew L. Keefer, Christopher A. Peery, and Brett High

Abstract: We used radiotelemetry to assess thermoregulatory behaviors for 14 populations ($n = 3985$) of adult summer steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) as they passed through the Columbia River migration corridor. Steelhead use of small cool-water tributaries (“thermal refugia”) rapidly increased when the Columbia River reached a temperature threshold of about 19 °C. When main stem temperatures were warmest (i.e., >21 °C), more than 70% of the tagged fish used refugia sites and these fish had median refugia residence times of 3–4 weeks. Thermoregulatory responses were similar across populations, but there were large among-population differences in the incidence and duration of refugia use likely linked to population-specific migration timing patterns. In survival analyses using 1285 known-origin steelhead, fish that used thermal refugia were significantly less likely to survive to natal basins, were harvested at relatively high rates in refugia tributaries, and had greater unknown mortality in the main stem. These results highlight the trade-off between the presumed physiological benefits of thermal refugia use and a likely increase in harvest and other mortality risks that arise when preferred thermal habitats are severely constricted.

Résumé : La radiotélémetrie nous a servi à évaluer le comportement thermorégulateur de 14 populations ($n = 3985$) de truites arc-en-ciel anadromes (*Oncorhynchus mykiss*) adultes d’été lors de leur passage à travers le corridor de migration du fleuve Columbia. L’utilisation par les truites arc-en-ciel anadromes de petits tributaires d’eau froide (« refuges thermiques ») augmente rapidement quand la température du Columbia atteint un seuil d’environ 19 °C. Lorsque les températures du cours principal sont maximales (c’est-à-dire >21 °C), plus de 70 % des poissons marqués utilisent les sites de refuge et la durée médiane du séjour de ces poissons dans les refuges est de 3–4 semaines. Les réactions de thermorégulation sont les mêmes dans les diverses populations, mais il y a d’importantes différences entre les populations en ce qui concerne la fréquence et la durée de l’utilisation des refuges, vraisemblablement liées aux patrons temporels de migration spécifiques à chaque population. Des analyses de survie impliquant 1285 truites arc-en-ciel anadromes d’origine connue montrent que les poissons qui utilisent les refuges thermiques sont significativement moins susceptibles de survivre jusqu’à leur retour à leur bassin versant de naissance, qu’ils sont récoltés à des taux relativement élevés dans les tributaires refuges et qu’ils ont une mortalité de cause inconnue plus forte dans le cours principal. Ces résultats mettent en évidence le compromis entre les bénéfices physiologiques présumés de l’utilisation des refuges thermiques et une vraisemblable augmentation de la récolte et des autres risques de mortalité qui apparaissent lorsque les habitats thermiques préférés sont grandement réduits.

[Traduit par la Rédaction]

Introduction

Water temperature is a controlling factor in the distribution, ecology, physiology, and behavior of poikilothermic fishes (Brett 1971; Angilletta et al. 2002; Perry et al. 2005), and most species have relatively narrow thermal preferences where physiological and metabolic processes are optimized (Beitinger and Fitzpatrick 1979; Magnuson et al. 1979). Many also have well-defined thermal tolerance thresholds where exposure marks dramatic reductions in performance, survival, and fitness (Eaton et al. 1995; Beitinger et al. 2000; Pörtner and Knust 2007). Some fishes regularly encounter thermal thresholds, particularly in temperate systems where large seasonal temperature fluctuations constrict or eliminate preferred habitats. These fish must balance use of favored thermal niches with other biological needs such as feeding, predator avoidance, reproduction, and migration (e.g., Fischer et al. 1987; Baird and Krueger 2003).

Received 3 November 2008. Accepted 23 July 2009. Published on the NRC Research Press Web site at cjfas.nrc.ca on 29 September 2009.
J20855

Paper handled by Associate Editor Michael Bradford.

M.L. Keefer¹ and C.A. Peery.² Fish Ecology Research Laboratory, Department of Fish and Wildlife Resources, College of Natural Resources, University of Idaho, Moscow, ID 83844-1136, USA.

B. High. Idaho Department of Fish and Game, 4279 Commerce Circle, Idaho Falls, ID 83401, USA.

¹Corresponding author (e-mail: mkeefe@uidaho.edu).

²Present address: Idaho Fishery Resource Office, US Fish and Wildlife Service, 4147 Ahsahka Road, Ahsahka, ID 83520-0018, USA.