

澜沧江水温时空分布特征及与下湄公河水温的比较

张一平 高 富 何大明 李少娟

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223; 中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204; 云南大学国际河流研究中心, 昆明 650014; 中国科学院研究生院, 北京 100039. E-mail: yipingzh@xtbg.ac.cn)

摘要 利用澜沧江流域 11 个基本未受人类活动干扰水文站的水温观测资料(20 世纪 60 年代), 分析了澜沧江水温的时空变化, 并利用 20 世纪 80 年代后的澜沧江下游(允景洪站)的水温与下湄公河水温(清盛站)进行了比较, 探讨了澜沧江下游与下湄公河水温的变化趋势. 经过分析发现: 澜沧江上、下游的水温变化较大, 明显受到纬度的影响, 其效应干季大于雨季, 冬季大于夏季; 平均最低水温受纬度的影响最大, 而平均最高水温的影响最小. 由此可以认为: 澜沧江由于受到河道准南北走向的影响, 水温变化较大. 另外, 通过对澜沧江下游的允景洪站和下湄公河的清盛站近期的水温极其变化趋势的比较分析, 发现: 允景洪站与清盛站的水温差值是趋于减小. 不论是干季、雨季还是年平均, 允景洪站的水温趋于弱上升趋势; 而清盛站的水温则有明显的降温趋势, 由此造成了两站间的水温差异呈现减小趋势. 这种相反的变化趋势表明, 下湄公河的水温变化与澜沧江出境水温变化关联较弱, 更多受区域来水水温和地方气候变化影响.

关键词 澜沧江-下湄公河 水温变化 纵向岭谷

澜沧江-下湄公河为亚洲第一大国际河流, 具有南北蜿蜒、东西展布的特征. 发源于中国青藏高原, 自北而南流经中国、缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南六国, 在越南南部注入南海, 全长 4880 km^[1]. 澜沧江-下湄公河在中国境内称澜沧江, 出境后称下湄公河; 流域纵贯中国西南部的纵向岭谷区, 具有重要的战略位置, 在中国云南境内的干流长 1170 km, 有黑惠江、威远江、流沙河等大小支流 96 条, 流域总面积为 90010.03 km², 占云南省土地总面积的 23.5%. 其准南北向的流向使其成为既是各种生物与人类南北迁徙活动的天然廊道, 同时又构成生物与人类活动东西向交汇的天然屏障.

近年来, 由于社会经济发展的需要, 中国在澜沧江主干河道上兴建大型水电站, 引起了国内外高度关注^[1~3], 其中水电站建成后对鱼类的迁移问题即是其中之一, 由于鱼类有洄游习性, 水电站的建设是否会影响鱼类的洄游, 成为生物多样性保护所关注的热点^[4~6]. 另外, 在澜沧江下游的湄公河流域, 鱼类是当地民众的蛋白质的主要来源, 因此受到国际上的普遍关注. 在澜沧江流域相关研究已有报道, 何云玲等人^[7], He 等人^[8], 周伟^[5]对澜沧江河谷地区的气温和降水进行了分析; 尤卫红等人^[9]探讨了降雨场

对澜沧江径流的影响; 何舜平等^[10]探讨了澜沧江中、上游鱼类的生物多样性. 但是, 对于澜沧江-湄公河的水温研究报道较少^[11].

众所周知, 生物生存需要有其适合的生境, 其中, 温度是其主要要素之一. 由于温度往往是水生生物分布的第一限制因子^[12,13], 对于鱼类来说, 水温也是衡量其生境的主要指标, 因此, 河道的水温受到了人们的关注. 研究表明, 地方气候乃是河流、湖泊水温变化的重要影响因子^[14~19]; 而溪流水温的升高, 可影响冷水鱼类的种群和分布区域^[12,13,20,21]; 由于大气温度升高导致生境改变, 一些经济价值较高的鱼类如鲑鱼, 最终产量有较为明显的下降^[19,22,23]. 但是在澜沧江-湄公河流域, 关于水温的研究尚不充分, 需要开展深入研究.

本文利用受干扰较小的 20 世纪 60 年代澜沧江上游到下游主干河道和主要支流的水温观测资料, 分析探讨了澜沧江水温的时空分布特征. 另外, 利用澜沧江下游主干河道水文站(允景洪站)和下湄公河主干河道水文站(清盛站)1985~2001 年水温资料, 通过对比分析, 探讨了水温及水温差的变化趋势, 为深入分析人类活动对河道水温的影响提供科学依据.

表1 研究区水温观测点概况

	塘上	旧州	功果桥	甸南	羊庄坪	炼城	下关	天生桥	四十里桥	清华农场	允景洪	清盛
E/(°)	99.63	99.38	98.3	99.92	100.00	100.00	100.22	100.16	100.10	100.20	101.07	100.08
N/(°)	27.17	25.83	25.58	26.45	25.65	25.15	25.63	25.62	25.60	25.02	21.88	20.17

1 研究概况

1.1 研究样点

澜沧江流域和下湄公河的水温观测点见表1。可见,各站间的经度变化不大,而纬变化显著。

1.2 要素及处理方法

水温资料来源于云南省水文总站¹⁾。根据研究需要,选取了澜沧江流域的水温观测资料,观测年限为20世纪60年代,可以代表受人为活动影响较小的天然状况。因为整个澜沧江流域几乎都受西南季风的影响,自上游向下游所受影响愈来愈大;冬季受干暖季风环流控制,天气晴朗干燥;夏季受湿热季风环流控制,云雨较多,一年中降水变化显著,干湿分明,因此统计中分为雨季(5~10月)、干季(11~4月)和全年(1~12月)进行。

另外,为探讨澜沧江大型工程(水电站)对下游的湄公河水温是否造成影响,选取了澜沧江下游的允景洪站和下湄公河的清盛站1985~2001年逐月的水温资料(由于清盛站的水温为月中旬观测1次,因此,允景洪站的水温也使用了月最高和月最低的平均值),进行了对比分析,探讨了澜沧江与下湄公河水温的关系。

2 结果与分析

2.1 澜沧江水温时空变化

由于澜沧江呈现准南北的流向,导致河道水温的分布南北向梯度较大的特征。图1显示,随纬度增加,水温逐渐降低,水温最高值出现在低纬处的7月,最低值出现在高纬处的1月;随纬度变化趋势在10~4月比5~9月大。其年变化及年内分布(图2)显示,下游(允景洪站)的1月平均水温为13.9,比上游(塘上站)1月平均水温1.9高出12.0;而7月下游的平均水温23.0仅比上游16.0高出7.0。使得水温年较差上游明显大于下游,导致澜沧江水温变率冬季大于夏季(图1)。

2.2 澜沧江水温纬度梯度变化特征

为分析澜沧江上下游的水温变化,即水温随纬

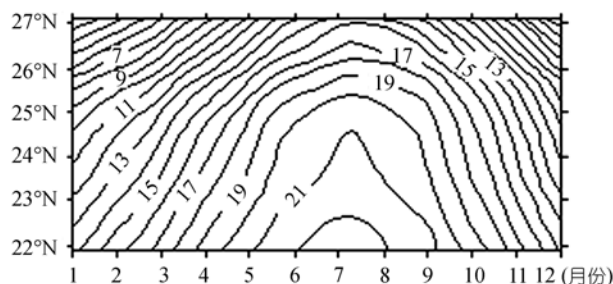


图1 澜沧江水湿时空变化

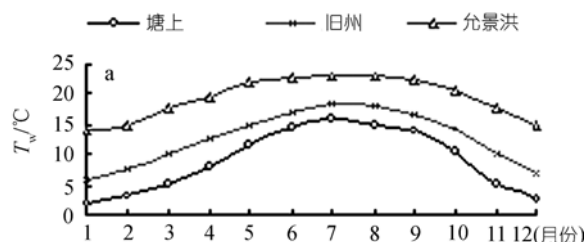


图2 澜沧江上游(塘上站)、中游(旧州站)、下游(允景洪站)水温年变化

度的变化规律,求算了不同时间澜沧江水温纬度变化趋势(图3),可见,不论是各代表月(图3(a))还是干季、雨季(图3(b)),平均水温均呈现随纬度升高,水温降低的趋势,即上游的水温均低于下游;对比水温随纬度的变率(表2, a 值),可见,除最高水温之外,各时间段的水温与纬度的相关均达显著性标准。并且1月的水温纬度变率最大(-2.15 /每纬度);而7月最小(-1.10 /每纬度);进一步分析澜沧江平均最高水温和平均最低水温随纬度的变化趋势(图3(c)),可见,平均最高水温随纬度变化较小(-0.14 /每纬度),而平均最低水温的纬度变率为 -2.25 /每纬度,乃是变率的最大值。而不同季节平均水温的纬度变率干季为 -2.11 /每纬度;雨季为 -1.37 /每纬度,年平均为 -1.74 /每纬度。

2.3 澜沧江下游水温与下湄公河水温的关系

图4显示了澜沧江下游(允景洪站)与下湄公河

1) 云南省水文总站革命委员会编. 云南省水文特征值统计资料, 1971

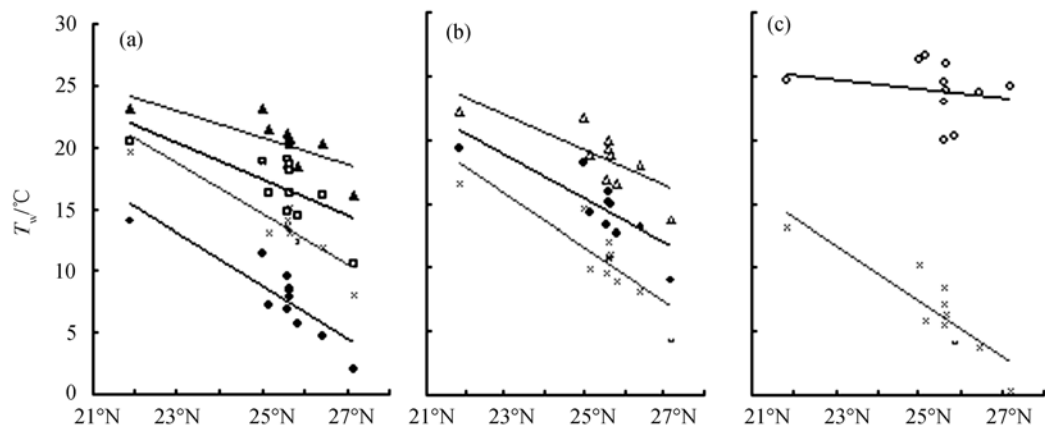


图 3 澜沧江水温随纬度的变化
(a)代表月份; (b) 不同季节; (c) 平均最高、最低水温

表 2 澜沧江水温与纬度的相关关系($T_w = aN + b$)

时间	1 月	4 月	7 月	10 月	最高	最低	干季	雨季	年
a	-2.15	-2.03	-1.10	-1.48	-0.14	-2.25	-2.11	-1.37	-1.74
b	62.34	65.45	48.39	54.14	26.77	63.59	64.19	53.37	58.78
r	-0.871 ^{b)}	-0.837 ^{b)}	-0.713 ^{a)}	-0.706 ^{a)}	-0.071	-0.879 ^{b)}	-0.861 ^{b)}	-0.749 ^{b)}	-0.822 ^{b)}

a) $p < 0.05$; b) $p < 0.01$

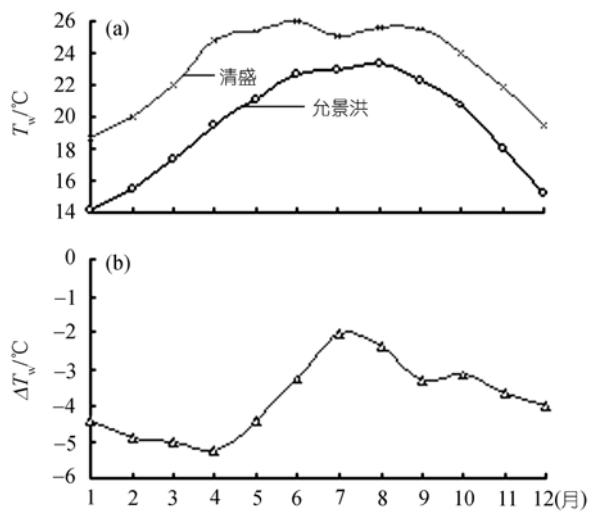


图 4 澜沧江-湄公河水温年变化
(a) 平均水温; (b) 水温差

(清盛站)的水温年变化. 可见, 允景洪站与清盛站的水温年变化规律基本相似(图 4(a)), 最低水温出现在 1 月; 但是最高水温允景洪站出现在 8 月; 而清盛站出现在 6 月, 并且 7 月有一低谷. 因此使得允景洪站与清盛站的平均水温差呈现干季较大(最大温差出现在 4 月, -5.2 $^{\circ}\text{C}$); 雨季较小(最小温差出现在 7 月, -2.0 $^{\circ}\text{C}$)的分布趋势; 水温差时间变率在 4 月至 7 月间最大.

进一步分析允景洪站与清盛站的多年水温差变化趋势(图 5), 可见, 无论是各代表月还是干季、雨季、年的水温差均呈现减小趋势; 从表 3 可以看出, 水温差减小趋势以 7 月最大(1.35 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$); 但最小的 10 月为 0.43 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 不同季节来看, 干季较小(0.74 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$); 雨季较大(0.86 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$), 平均为 0.80 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$.

3 讨论与小结

通过以上分析, 可以看出: 澜沧江上、下游的水温变化较大(图 3), 明显受到纬度的影响, 其效应干季大于雨季; 冬季大于夏季; 平均最低水温受纬度的影响最大, 而平均最高水温的影响最小. 由此, 可以认为, 澜沧江由于受到河道准南北走向的影响, 水温变化较大, 对来自于下湄公河的热带水生生物将产生较大的限制. 如果以清盛站 1 月平均水温(18.7 $^{\circ}\text{C}$)为参照水温, 则可以看出澜沧江的允景洪站在 3 月下旬其水温才达到 18.7 $^{\circ}\text{C}$ (图 6); 但是, 在 7 月 18.7 $^{\circ}\text{C}$ 水温可分布到 26 $^{\circ}\text{N}$ 附近. 由此可以认为: 在冬半年, 澜沧江水温较低, 纬度变化较大, 热带的水生生物其难以上溯到澜沧江; 但是在夏半年, 水温升高, 纬度梯度减小, 可能会对水生生物产生影响, 因此, 在进行大型工程时必须予以考虑.

另外, 通过对澜沧江下游的允景洪站与和下湄公

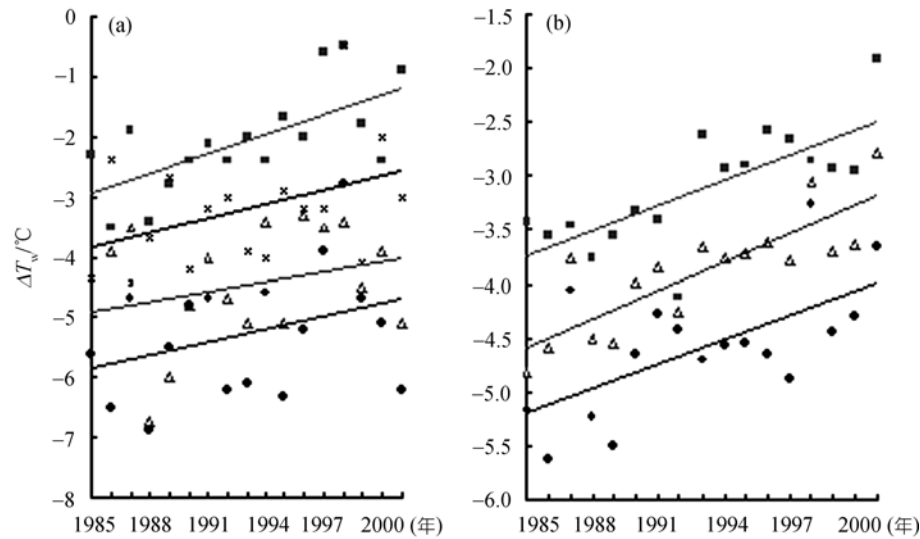


图 5 允景洪站与清盛站水温差变化趋势
(a) 代表月; (b) 不同季节

表 3 允景洪站与清盛站水温差变化趋势(/10a)

时间	1 月	4 月	7 月	10 月	干季	雨季	年
变率	0.53	0.67	1.35	0.43	0.74	0.86	0.80
r	0.253	0.297	0.744 ^{b)}	0.199	0.542 ^{a)}	0.733 ^{b)}	0.730 ^{b)}

a) $p < 0.05$; b) $p < 0.01$

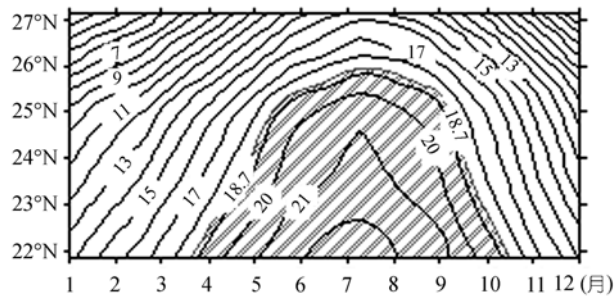


图 6 对应湄公河清盛站 1 月平均水温的澜沧江水温区域

河的清盛站近期的水温资料的比较分析,发现:允景洪站与清盛站的水温差值是趋于减小(图 5)。进一步分析允景洪站与清盛站的水温变化趋势(图 7),可见,不论是干季、雨季还是年平均,允景洪站的水温趋于弱上升趋势,但变化不大(没有达到显著水平);而清盛站的水温则有明显的降温趋势(达到显著水平),由此造成了两站间的水温呈现减小趋势(图 5,表 4)。

因此可以认为,在 2001 年以前,澜沧江人类活动对平均水温没有造成较大影响,澜沧江下游代表站的平均水温没有发生降温现象。已有研究表

明^[14~19],湖泊、河流的水温的变化受多种因素的综合影响,地方气候的影响十分重要,因此,可以认为,下湄公河水温变化主要是受区域来水的水温和地方气候的影响。

由以上分析可以得出以下结论:

() 澜沧江平均水温随纬度有较大变化,其变率冬季最大,夏季最小;平均最低水温变率高于平均最高水温,平均最高水温基本上不随纬度变化。

() 澜沧江平均水温具有明显的年变化,一般来说,7 月最高,1 月最低;澜沧江下游代表站平均水温与下湄公河代表站平均水温具有相近的年变化;水温差绝对值在 1 月最大;7 月最小。

() 由于下湄公河代表站的平均水温呈现下降趋势,而澜沧江下游代表站平均水温基本不变,导致澜沧江下游与下湄公河间的平均水温差呈现减小趋势。

() 从澜沧江下游平均水温长期变化趋势来看,呈现弱上升趋势,与下湄公河水温呈下降趋势的情况相反,可以认为下湄公河水温变化主要是受区域来水的水温和地方气候的影响。

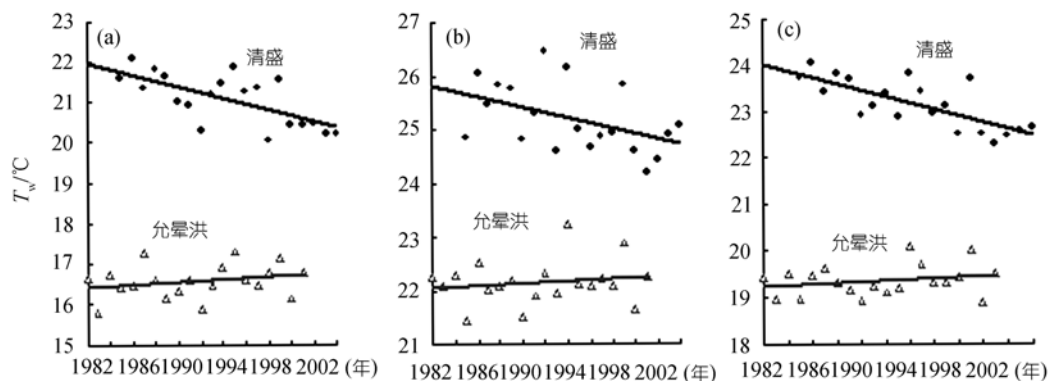


图 7 澜沧江-湄公河平均水温变化趋势
(a) 干季; (b) 雨季; (c) 年

表 4 允景洪站和清盛站水温变化趋势(/10a)

季节	澜沧江下游(允景洪站)			下湄公河(清盛站)		
	干季	雨季	全年	干季	雨季	全年
变温率	0.16	0.10	0.13	-0.73	-0.51	-0.70
r	0.237	0.148	0.236	-0.674 ^{b)}	-0.475 ^{a)}	-0.747 ^{b)}

a) $p < 0.05$; b) $p < 0.01$

参 考 文 献

1 陈丽晖, 曾尊国, 何大明. 国际河流流域开发中的利益冲突及其关系协调——以澜沧江-湄公河为例. 世界地理研究. 2003, 12(1): 71—78

2 冯彦, 何大明, 甘淑. 澜沧江水资源系统变化与大湄公河次区域合作的关联分析. 世界地理研究. 2005, 14(4): 49—56

3 冯彦, 何大明, 甘淑, 等. 跨境水分配及生态阈值与国际法的关系. 科学通报, 2006, 51(增刊): 21—26

4 周伟, 韩联宪. 云南澜沧江水系鱼类资源的保护及持续利用. 见: 中国科学院生物多样性委员会等. 面向 21 世纪的中国生物多样性保护. 北京: 中国林业出版社, 1999. 282—288

5 周伟. 云南湿地生态系统鱼类物种濒危机制初探. 生物多样性. 2000, 8(2): 163—168

6 何大明, 吴绍洪, 彭华, 等. 纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究. 地球科学进展. 2005, 20(3): 338—344

7 何云玲, 张一平. 澜沧江干流河谷盆地气候特征及变化趋势. 山地学报. 2004, 22(5): 539—548

8 He Y L, Zhang Y P. Climate Change from 1960 to 2000 in the Lancang River Valley, China. Mountain Research and Development. 2005, 25(4): 341—348

9 尤卫红, 何大明, 郭志荣. 澜沧江径流量变化与云南降水量变化的相关性特征. 地理科学. 2005, 25(4): 420—426

10 何舜平, 陈银瑞. 澜沧江中上游鱼类生物多样性现状初报. 云南地理环境研究, 1999, 11(1): 26—29

11 姚维科, 崔保山, 董世魁, 等. 水电工程干扰下澜沧江典型段的水温时空特征. 环境科学学报, 2006, 26(6): 1031—1037

12 Mohseni O, Stefan H G. Stream temperature/air temperature relationship: A physical interpretation. Journal of Hydrology, 1999, 218: 128—141

13 O'Brien C M, Fox C J, Planque B, et al. Fisheries – climate variability and North Sea cod. Nature, 2000, 404: 142—142

14 Livingstone D M, Lotter A F. The relationship between air and water temperatures in lakes of the Swiss Plateau: A case study with palaeolimnological implications. Journal of Paleolimnology, 1998, 19: 181—198

15 Benson B J, Leters J D, Magnuson J J, et al. Regional coherence of climatic and lake thermal variables of four lake districts in the upper Great Lakes region of North America. Freshwater Biology, 2000, 43: 517—527

16 Meier W, Bonjour C, Wüest A, et al. Modeling the effect of water diversion on the temperature of mountain streams. Journal of Environmental Engineering – ASCE, 2003, 129: 755—764

17 Baines S B, Webster K E, Kratz T K, et al. Synchronous behavior of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin. Ecology, 2000, 81: 815—825

18 Magnuson J J, Benson B J, Kratz T K. Temporal coherence in the limnology of a suite of lakes in Wisconsin, USA. Freshwater Biology, 1990, 23: 145—159

19 Milner N J, Elliott J M, Armstrong J D, et al. The natural control of salmon and trout populations in streams. Fisheries Research, 2003, 62: 111—125

20 Rahel F J, Keleher C J, Anderson J L. Potential habitat loss and population fragmentation for cold water fish in the North Platte River drainage of the Rocky Mountains: Response to climate warming. Limnology and Oceanography, 1996, 41: 1116—1123

21 Reid P C, Borges M D, Svendsen E. A regime shift in the North Sea circa 1988 linked to changes in the North Sea horse mackerel fishery. Fisheries Research, 2001, 50: 163—171

22 Hari R E, Livingstone D M, Siber R, et al. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. Global Change Biology, 2006, 12: 10—26

23 Matthews W J, Zimmerman E G. Potential effects of global warming on native fishes of the southern Great Plains and the Southwest. Fisheries, 1990, 15: 26—32