

2010 年中国西南特大干旱灾害:从生态学视角的审视

黄新会¹, 李小英¹, 穆兴民², 王克勤¹, 田 昆¹, 段昌群³, 于福科³

(1. 西南林业大学 环境科学与工程学院, 昆明 650224; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 云南大学 生命科学学院 环境科学与生态修复研究所, 昆明 650091)

摘 要:从生态学视角审视 2010 年发生在中国西南五省(区、市)历史罕见的跨季度、持续性特大干旱灾害。主要探讨了 3 个重要科学问题:(1) 旱灾的成因。综合不同社会群体如公众、政府、学者、媒体等关于此次旱灾形成的认识,分析了此次旱灾的成因,阐明了笔者对此次旱灾成因的见解。指出西南特大旱灾不是单纯的自然灾害,而是自然因素与社会因素综合作用的结果。(2) 旱灾的影响。主要包括:① 旱灾对自然环境的直接破坏和潜在威胁;② 旱灾对农业生产所造成的严重影响和巨大损失;③ 旱灾对社会经济的广泛冲击。(3) 旱灾的启示。主要包括:① 短视行为的惨痛代价及生态理念的强化与普及;② 灾害科学研究的相对滞后及其跟进与深化;③ 灾害防范长远规划的缺失及其制定与落实。强调在相关研究领域应重点探索几个重要科学问题,分别是:水资源大省总缺水的根本性原因,区域水资源的科学配置与高效利用,重大工程建设对生态环境的影响,区域典型人工植被的生态需水,灾区生态退化机理与植被恢复技术。以期对西南特大干旱灾害的后续研究提供新的思路。

关键词:中国西南;特大干旱灾害;成因;影响;启示

中图分类号:S423

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)04-0282-06

The Severe Drought Occurred in Southwest China in 2010: An Examination from Perspective of Ecology

HUANG Xin-hui¹, LI Xiao-ying¹, MU Xing-min²,

WANG Ke-qin¹, TIAN Kun¹, DUAN Chang-qun³, YU Fu-ke³

(1. College of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University,
Kunming 650224, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of

Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Institute of Environmental
Sciences and Ecological Restoration, School of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The extraseasonal, persistent, severe drought occurred unusually in five provinces (autonomous region, municipality) in Southwest China in 2010 was examined from prospective of ecology. Three important scientific issues were analyzed and discussed. (1) Causes of the drought. Causes of the severe drought were analyzed through comprehension of cognitions from public, government, scholar and media on the drought, and authors' viewpoint on causes of the drought was illustrated. It pointed that the severe drought was not pure natural disaster but the result of comprehensive effects of natural factors and social elements. (2) Impacts of the drought. It included: ① Direct damage and potential threat of the severe drought on natural environment; ② Serious influence and great loss of the severe drought on agricultural production; ③ Widespread impacts of the severe drought on social economy. (3) Enlightenments of the drought. It included: ① Painful cost of short sights in economic development and strengthening and popularizing of ecological concepts; ② Lag of disaster research and catching up and deepening scientific research of this subject; ③ Deficiency of long-term programming for disaster prevention and its draft and implementation. It was emphasized that in relative research fields some important scientific issues should be investigated. They are essential causes of water shortage in province with rich water resources, scientific allocation and efficient utilization of re-

收稿日期:2013-02-01

修回日期:2013-03-23

资助项目:国家自然科学基金项目(31270751,31160155);云南省应用基础研究计划面上项目(2007C022M)

作者简介:黄新会(1979—),女,河南内乡人,硕士,讲师,主要从事水文、水生态及水土保持研究。E-mail:ylhxb2001@163.com

通信作者:于福科(1976—),男,甘肃灵台人,博士,主要从事干旱生态、入侵生态及化学生态研究。E-mail:gsyfk2006@ynu.edu.cn.

gional water resources, impacts of great engineering construction on ecological environment, ecological water requirement of regional typical artificial vegetation, and ecological degradation mechanism and vegetation restoration technology in disaster area, respectively. It is expected to provide new thought for subsequent researches of the severe drought in Southwest China.

Key words: Southwest China; severe drought; causes; impacts; enlightenments

2009 年 9 月至 2010 年 5 月,中国西南地区的云南、贵州、广西、重庆、四川五省(区、市)遭遇了历史罕见的、跨季度、持续性特大干旱灾害。云南、贵州等省部分地区的旱灾范围和强度均突破历史极值,灾情为百年一遇。从灾害等级^[1]来看,云南等地的旱灾已达大灾级别。根据中国扶贫基金会公布的灾损数据,截至 2010 年 5 月 19 日,此次旱灾导致西南灾区(不含四川)至少 218 万人口返贫,直接经济损失超过 350 亿元^[2]。时下,西南特大干旱灾害结束已逾 3 a,但其对灾区人民造成的重大创伤还未完全消失,与之有关的诸多话题也一直处于热议之中^[3-5]。为了客观认识西南特大干旱灾害的成因、影响,科学反思相关问题,笔者尝试从生态学视角对其进行审视,通过综览各家观点和引用多方数据,归纳规律,提炼认识,形成此文,以期对西南特大干旱灾害的后续研究提供新的思路。

1 旱灾的成因

对于 2010 年西南特大干旱灾害的成因,公众、政府、学者、媒体等不同群体均发表过各自的观点。笔者尝试在综合分析各方观点的基础上,明确提出自己的见解。

1.1 公众看法

公众普遍认为,西南特大干旱灾害的发生有 4 个自然原因。① 降水持续偏少。如云南、贵州等地自 2009 年夏季开始少雨,特别是 2009 年秋季以来,两省降水异常偏少,比常年同期均偏少 50%,均为近 60 a 历史同期最小值^[6]。② 气温持续偏高。如 2009 年 9 月 1 日至 2010 年 2 月 28 日,云南省平均最高气温为 22.7℃,比多年同期平均最高气温(20.5℃)偏高 2.2℃,打破了 1952 年以来历史同期最高记录^[6]。③ 水汽蒸发量大。如 2009 年 7 月至 12 月,云南省平均水汽蒸发量为 822.5 mm,比多年同期平均(733.6 mm)偏多 88.9 mm,偏多 12%^[6]。④ 雨季提早结束。如 2009 年云南大部分地区雨季结束偏早到特早。2009 年 9 月 1 日至 2010 年 2 月 28 日,云南省降雨日数为 31 d,比多年同期平均偏少 50%,打破了 1952 年以来历史同期降雨日数的最少记录^[6]。

1.2 政府声音

中国气象局、四川省气候中心、兰州干旱气象研

究所等政府职能机构先后对西南特大干旱灾害的成因作了分析^[7-9]。主要提供了两种解释:一是 2009 年秋季以来青藏高原上空的气压场持续偏强,其南侧的印缅槽活动长时间明显偏弱,导致印度洋水汽向我国西南地区的输送特别弱;二是受 El Niño(厄尔尼诺)现象影响,北方冷空气活动路径偏东,很难渗透到云贵高原腹地。对于四川省旱灾的成因,还有另外两种解释:一是 2009 年冬青藏高原积雪减少^[8];二是受秦岭的阻隔作用,冷空气无法进入四川盆地,即使进入其中与暖空气形成了对流天气,但因水汽不丰富,依然无法形成降水^[8]。

1.3 学者观点

少数学者对西南特大干旱灾害的成因作了初步探索。如蒋兴文和李跃清^[10]指出: NAM(北半球环状模)偏弱容易使西南地区降水偏少,而 El Niño 有利于降水偏多。据此推断,2010 年西南旱灾可能由 NAM 异常引起,而非 El Niño。这与政府机构的认识无本质区别。原因在于前者所指 El Niño 是基于印度洋水汽进入西南地区,而后者所指为印度洋水汽未进入其中。王斌和李跃清^[11]研究发现,2009—2010 年冬季西南旱灾的开始、发展、减弱与同期 500 hPa 南支槽活动及整层水汽输送密切相关。这与政府声音所持观点一致。刘建刚等^[12]认为,2010 年西南旱灾并非偶然现象。1951—1990 年期间,该地区同期发生旱灾 12 次,且有缓慢加重的趋势。以云南为例,此次旱灾与 1963 年旱灾在时空分布、旱灾成因和灾情方面较为相似。王佳津等^[13]强调 2010 年春季云南旱灾为近 30 a 中最严重的一次,属于突变现象,并认为其形成与季风气候、下垫面条件、人类活动等因素有关。实际上,此前针对区域气候^[14-15]和区域干旱^[16-19]的一些研究报道也能为 2010 年西南特大干旱灾害的成因分析提供一定依据。

1.4 媒体争议

对于政府机构和专家学者发表的旱灾成因,有媒体指出其未触及问题本质而存在不少疑点。首先,政府机构未进一步解释青藏高原上空的气压场偏强及其南侧的印缅槽活动偏弱的根源^[20];其次,气象专家对青藏高原积雪为何减少未作分析^[20];最后,局部地区干旱的发生与 El Niño 现象的出现在时间上并不完

全吻合^[20]。导致部分媒体发出“西南大旱成因的权威声音在哪”的困惑。显然,西南特大干旱灾害的发生有不可忽视的社会因素。如有媒体指出橡胶(*Hevea* spp.)、桉树(*Eucalyptus* spp.)等经济树种种植对原始生态林的完全替代及其对生态系统的颠覆性破坏、高强度水电工程建设对流域生态的重大改变、以及人类活动对江河湖库等各类地表水的严重污染^[20]等是此次旱灾发生的重要原因。这些“人祸说”观点已引起不少学者的共鸣^[13,21-25]。

1.5 笔者见解

基于对各方观点的综合分析,笔者认为:西南特大干旱灾害不是单纯的自然灾害,而是自然因素与社会因素综合作用的结果。换言之,自然因素引发了旱灾,而社会因素加剧了灾情。此前,政府机构和学界人士主要是基于全球气候变化的背景,从气候学、气象学角度分析此次旱灾的自然成因,分析结果不乏参考价值 and 实践意义,应给予肯定,但对诸多社会因素之影响缺乏分析,受到媒体质疑自然在情理之中;而媒体则主要是从局部地区人类活动对区域生态环境和气候条件产生影响的层面寻找旱灾形成的社会因素,其对旱灾成因的分析并不偏颇,而且警示意义和参考价值深远,值得高度关注和深入研究。如植被破坏导致的生态失衡、重大工程建设产生的人为扰动,资源开发引起的环境恶化等都是破坏和牺牲人与自然及人与环境协调发展为代价、有悖于可持续发展和生态文明理念、有悖于人类生态学思想精髓的恶性开发后果,其是否与特大干旱灾害的发生密切相关,需要从人类生态学的视角进行深入反思和不懈探索。

2 旱灾的影响

2.1 旱灾对自然环境的影响

持续旱灾往往导致地表水域缩减和森林火灾频发,必然使生态系统严重受损。但这只是个开始。由于受损生态系统在短期内无法恢复或不可逆转,系统内生物将面临生存和繁殖的瓶颈。此外,在生态失衡条件下,有害生物便可趁虚而入并大量繁殖,系统内物种感染和传播疫病的机率也大幅上升。

地表水域缩减。2010年4月,有云南当地媒体^[26]曾报道:因持续旱灾,云南九大高原湖泊平均水位下降1 m,缩水约7亿m³,缩水量相当于滇池正常水量的一半。对灾区典型地表水资源变化的遥感监测^[27]显示:2010年3月期间,云南富宁、贵州册亨和广西百色的地表水域面积分别较前一年同期缩减了66.1%,42.3%,48.0%,表明持续旱灾已使地表水域面积严重下降。

森林火灾频发。据统计,2010年一季度西南五省(区、市)发生森林火灾3 737起,火场总面积为60 480.8 hm²,死亡26人,分别占全国森林火灾起数、火场总面积及死亡人数的63.7%,81.3%和70.3%^[28]。与2009年同期相比,这些统计数据分别上升了47.7%,108.6%,100%^[25]。特别是2010年2月以来,四川凉山、乐山、甘孜、云南迪庆、昆明、保山、大理、广西百色、重庆大渡口等地相继发生了30多起较大森林火灾。

珍稀物种濒危。据报道,此次旱灾使云南省约15万hm²自然保护区受到影响,重旱面积约0.67万hm²,野生动植物遭遇生境破坏和生存的严重威胁^[29]。如香格里拉纳帕海湿地内的高原鱼因旱灾而大量死亡,以高原鱼为主要食物的黑颈鹤(*Grus nigricollis*)也经历了食物短缺的困境;旱灾导致昭通市巧家县药山国家级自然保护区内攀枝花苏铁(*Cycas panzhihuaensis*)、两栖类动物大量死亡,候鸟提前北迁;旱灾迫使西双版纳原始森林中的野象为维持生存较往年提前半个月下山饮水和觅食。

有害生物增加。有害生物对气候变化的适应速度远高于林木。此次特大干旱灾害导致林业有害生物种群数量迅速增加。如旱灾期间云南省林业有害生物发生面积达22.9万hm²,其中中度以上危害11.3万hm²,与正常年份相比,发生面积上升了71.9%^[29]。

2.2 旱灾对农业生产的影响

旱灾给当地的农业生产造成了严重影响。根据国家防汛抗旱总指挥部^[30]的统计,截至2010年3月23日,西南五省(区、市)耕地受旱面积643.6万hm²(占全国受旱面积的85%),作物受旱473万hm²(重旱172万hm²、干枯90万hm²),待播耕地缺水缺墒170万hm²;有1 805万人(占全国受灾人口的79%)、1 017万头大牲畜因旱饮水困难。李强子等^[27]对此次旱灾的遥感监测显示:持续旱灾使作物生长明显受到抑制,如表征作物生长活力的植被指数累积值较前一年(2008—2009生长季)下降6%以上(四川省除外);旱灾致使农作物普遍受旱,有约9.13×10⁵hm²的冬小麦(*Triticum aestivum*)、5.43×10⁵hm²的油菜(*Brassica chinensis*)、9.00×10⁵hm²的甘蔗(*Saccharum* spp.)受到此次旱灾的危害;旱灾导致云南、贵州两省的冬小麦分别减产48%和31%,对区域粮食供应影响较大;旱灾使广西、云南、贵州、重庆、四川受旱耕地面积(截至2010年3月中旬)分别达到其耕地总面积的67.2%,75.9%,71.4%,39.3%,45.9%,其中云南的灾情最为严重,发生重旱

的耕地面积约占耕地总面积的58.9%。王维等^[31]就此次旱灾对生态系统影响的遥感分析表明:极端干旱对农田生态系统的影响表现较早,2009年9月在广西、贵州和云南境内已分散出现受影响区域;2009年11月,贵州、广西、重庆的受旱灾影响程度出现峰值,受旱灾影响农田面积分别达到50 170.0,49 561.0,32 838.8 km²,分别占全省(区、市)农田总面积的86.2%,85.6%,69.5%,四川、云南的受旱灾影响程度峰值分别出现在2009年12月和2010年1月,受旱灾影响农田面积分别达到91 871.0,61 068.3 km²,分别占全省农田总面积的67.1%,83.9%^[32-34]。

2.3 旱灾对社会经济的影响

此次旱灾造成的直接经济损失触目惊心。如2010年3月全国灾情月报^[34]显示:截至2010年3月31日,此次旱灾共造成西南五省(区、市)、58市(地区、自治州)、443县(市、区)6 910.6万人受灾;有576.6万hm²农作物受灾,其中118.2万hm²绝收;有1 975.8万人、1 336.8万头大牲畜发生临时饮水困难;因灾直接经济损失266.2亿元,其中云南省因灾直接经济损失最大,为179.1亿元。

特大旱灾使农产品价格持续上涨。如云南受此次旱灾的影响,甘蔗受灾面积达总种植面积的75%,产糖量下降15%以上,导致糖价连续数月上升,也给食糖下游食品行业带来提价压力。肉价、蔬菜价格也因此次干旱影响发生波动,尤其是蔬菜价格大幅上涨。其他涉农行业如白糖、鲜花、普洱茶均涨价,药材“三七”涨价近9倍。

持续旱灾也使水电业受到空前冲击。由于持续旱灾,各地水电发电量远低于历史同期。南方电网发电能力大幅下降,各地用电出现紧张局面,给各产业发展造成困难^[35];四川部分电厂库存量曾低于7 d警戒线,广西旱灾曾致九成水电“瘫痪”^[36]。

3 旱灾的启示

3.1 生态理念的强化与普及

3.1.1 大旱中不早的元阳梯田 在西南旱灾发生期间,依然波光粼粼的元阳梯田给人们带来了极大的惊喜。元阳梯田大多在海拔800~1 200 m之间,梯田上端有着天然水库——观音山省级自然保护区。元阳梯田的水源大多来自该保护区。元阳梯田的空间布局相似,即森林置山顶,村寨居山腰,梯田位山脚。森林中的溪水供村寨生活,流经村寨后灌溉梯田。“人栽树,树涵养水分,水浇田”即元阳梯田的生态奥秘。在持续旱灾中依然保持不早的元阳梯田淋漓尽致地展示了生态保护的价值。

3.1.2 生态理念的呼唤与回归 人类活动对气候、环境的影响具有累积效应,一次特定的旱灾不能绝对地归因于人类引起的气候变化。但是,我们很有必要反思人类在此次旱灾前后的角色和行为。如果在发展经济中最大程度地保持人与自然和谐,原本可以把旱灾的影响和损失降低很多。这也是为什么越来越多的声音认为旱灾暴露出“人祸”的原因。显然,人类需要在“只求经济发展,无视生态保护”的非理性行为和惨痛代价中苏醒。未来,强化并普及可持续发展与生态文明理念,应是人类面对赖以生存和发展的生态环境需要回归和秉持的哲学态度和理性行为,也是人类实现人与自然协调发展的必然选择。

3.2 科学研究的跟进与深化

3.2.1 水资源大省总缺水的根本性原因 自2010年西南地区发生特大干旱灾害以来,云南省的昆明等地还连续3 a发生了严重季节性干旱。对此,国内有媒体不禁质问:“水资源大省为何总缺水?”、“干旱:为什么总在云南?”。实际上,从水资源角度分析,云南的水资源总量在全国居于第三位。显然,云南的缺水绝非资源型缺水,而是工程型缺水和水质型缺水。上世纪80年代,云南兴建过一批水利工程,由于年久失修,这些水利工程已失去原有功能。再者,云南的水资源污染严重,以云南九大高原湖泊为例,目前除抚仙湖等个别湖泊仍保持较好水质外,其余均被严重污染。无疑,高效水利工程的缺失和水体严重污染是导致水资源利用效率低下的直接原因,也是上述问题的关键所在。因此,相关地区必须着力完善和构建高效的农业水利工程体系、污染治理工程体系,方能在未来的生产实践中科学应对干旱灾害。这也是农业、水利、环保工作者在未来面临的重要科学命题和重大技术挑战。

3.2.2 区域水资源的科学配置与高效利用 旱灾发生与否不仅与水资源的丰缺程度直接相关,还与水资源的配置和利用效率密切关联。前面提到的“水资源大省为何总缺水?”、“干旱:为什么总在云南?”这两个科学问题也在一定程度上折射出易发干旱的西南地区在水资源配置与利用方面存在的问题。与其它地区相比,在以山地为主的云南实现水资源的科学配置与高效利用,不仅攸关发展刻不容缓,而且面临着多重困难和严峻挑战。以滇中引水工程为例,潜伏其中的诸多科学问题值得学术界高度关注和积极探索,如调水地区(滇中)水资源的储存量、需求量、待补充量及其动态变化,输水区域(滇西北)水资源的承载力及其可供开发的时效和周期,输水线路上水资源的损失与防治策略、输水工程的生态影响及其风险管理。无

疑,要实现水资源的科学配置和高效利用,需要在水资源调配与利用的各个环节及整个过程开展科学诊断和论证,做到引水工程科学论证在点、线、面上的有机结合,这也是水资源日趋紧张、干旱灾害多发地区实现可持续发展的客观需求。

3.2.3 重大工程建设对生态环境的影响 近年来,西南地区密集上马的重大建设工程,尤其是水电站建设工程、公路建设和改造工程、矿产资源开采工程等,究竟会对区域生态环境产生多大程度或多大范围的影响,还需要从多角度入手,在多尺度水平上去探索,也需要多学科交叉、融合进行联合攻关。以水电站建设工程为例,由于其对上游江水的蓄积,造成下游河道干枯、地下水位下降的生态后果是不言而喻的,那么其是否与区域性旱灾的发生密切相关?再如有些公路建设和改造工程,由于其穿越原始森林或占用重要自然保护区,必然导致原生植被的破坏和丧失,引起区域土地利用格局变化,那么,这种影响或变化能否打破区域生态平衡进而引发区域性旱灾?等等。这些问题需要科研工作者在多个领域广泛开展科学研究才能解决,无疑也是未来国内外协力保护生态环境、共同应对气候变化面临的重大难题和严峻挑战。

3.2.4 区域性典型人工植被的生态需水 西南旱灾的发生,再度掀起人们对桉林、橡胶林的热议^[5,35,37]。实际上,此前已有学者对其生态效益表示质疑^[38-47],认为桉树、橡胶树是“抽水机”。然而,此观点尚且缺乏实验数据的广泛支持与验证。那么,由“抽水机”观点推理得来的干旱(旱灾)成因是否具有充足的科学依据呢?再分析桉树和橡胶树,二者都具有水分需求量的生物学特点。至此,笔者不禁要提出这样一个疑问:具有高耗水特性的桉树、橡胶树,其人工林的建植能否打破一个地区生态用水的供需平衡进而引发区域性旱灾?基于这一科学问题,笔者建议日后加紧研究西南地区典型人工植被的时空演变及其生态需水与区域性旱灾的关系。该研究的主要内容有3个方面:①典型人工植被类型的历史演变及其分布格局;②典型人工植被耗水、节水、保水的综合效应;③典型人工植被生态需水与区域性旱灾的相关性。研究成果对于区域性旱灾成因的科学识别、水资源的合理配置、植被恢复与重建等将具有深远的指导意义。

3.2.5 灾区生态退化机理与植被恢复技术 持续旱灾导致地表水下降^[27]、湿地萎缩^[29]、动植物大量死亡^[29]、森林火灾频发^[28],使生态系统严重受损,随之而来的后期效应如植被退化、病虫害爆发、水土流失加剧等也不可避免,如不积极开展人工恢复,受损生态系统将步入恶性循环的发展境地。为此,笔者认

为灾后应针对灾区生态退化机理与植被恢复技术开展专项科学研究。这方面值得探索的问题很多,如干旱对特定生物的致死机理、存活物种对干旱胁迫的适应机制与生存策略、受损生态系统本底调查和质量评估、受损生态系统演替趋势预测和干扰路径选择、珍稀或濒危物种保育、适生物种筛选与应用、病虫害预防和控制、植被恢复单一技术研发及综合技术集成等,甚至包括灾区生态恢复的货币成本、综合效益及其与社会经济的联动机制等。尽快认识和探明这些科学问题,将为灾区生态恢复提供理论指导和技术支撑。

3.3 长远规划的制定与落实

3.3.1 灾难防范暴露短视行为 2004年,美国全球商业网络咨询公司预报2010年中国西南地区将出现大旱,而国内有资深气象专家却指出此报告不尽可信。其实,该预报是一份严谨的研究报告,对我们不乏警示意义。退一步讲,干旱和洪涝在我国年年发生,可在国内很多地方,灾害防范既没有基本保障,更缺乏长远规划。如农村水利设施年久失修或滞后建设,灾害防范法律体系及技术规范、标准缺失。防范自然灾害,需要未雨绸缪。正如智利地震的低死亡率,根源在于其在防治地震方面的长远规划和不懈努力。

3.3.2 灾难防范需要长远规划 缺失应对特大干旱灾害的长远规划和长效机制是西南旱灾暴露出来的突出问题^[48-49]。未来,应针对这一突出问题,立足当前,着眼长远,抓紧实行水利建设、水土保持和生态恢复相结合的治本之策,建立和健全灾害防范的长远规划和长效机制,彻底解决西南地区水利欠账和生态破坏问题。为此,需要着力落实8个方面的工作^[48-49]:

①制定抗旱及水利建设规划;②构建水源骨干工程体系;③深化农田水利基本建设;④发展节水灌溉型农业;⑤加强旱情监测预警;⑥健全抗旱组织保障体系;⑦提升水资源管理水平;⑧增强公众防灾避灾意识和自救能力。

致谢: 本文在撰写过程中得到了西北农林科技大学宋松柏教授、张广军教授,以及中科院水利部水土保持研究所王占礼研究员、马永清研究员的大力支持,特此致谢。

参考文献:

- [1] 史培军. 四论灾害系统研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 1-7.
- [2] 搜狐新闻. 西南5省区市因旱返贫达218万人, 损失超

351. 86 亿 [EB/OL]. <http://news.sohu.com/20100521/n272247152.shtml>, 2010-05-21/2013-01-16.
- [3] Qiu J. China drought highlights future climate threats [J]. *Nature*, 2010, 465(7295):142-143.
- [4] Stone R. Severe drought puts spotlight on Chinese dams [J]. *Science*, 2010, 327(5971):1311.
- [5] Zhang W J. Did Eucalyptus contribute to environment degradation? Implications from a dispute on causes of severe drought in Yunnan and Guizhou, China [J]. *Environmental Skeptics and Critics*, 2012, 1(2):34-38.
- [6] 徐珊. 西南地区干旱特点及成因分析 [EB/OL]. http://xinanganhan.dltcedu.org/Article_id_9525.html, 2010-5-23/2013-01-16.
- [7] 王学健. 气象专家详解西南干旱成因 [N]. *科学时报*, 2010-04-01(A1).
- [8] 人民网天津视窗. 四川省气候中心主任马振峰解读“百年一遇”干旱成因 [EB/OL]. <http://www.022net.com/2010/3-23/513764332430704.html>, 2010-03-21/2013-01-16.
- [9] 王德民. 兰州干旱所专家分析西南干旱成因 [EB/OL]. http://www.zgqxb.com.cn/xwbb/gdxx/news/201002/t20100211_5470.htm, 2010-02-11/2013-01-16.
- [10] 蒋兴文, 李跃清. 西南地区冬季气候异常的时空变化特征及其影响因素 [J]. *地理学报*, 2010, 65(11):1325-1335.
- [11] 王斌, 李跃清. 2010年秋冬季西南地区严重干旱与南支槽关系分析 [J]. *高原山地气象研究*, 2010, 30(4):26-35.
- [12] 刘建刚, 万金红, 谭徐明, 等. 2009年秋至2010年春我国西南地区干旱及与历史场次干旱对比分析 [J]. *防灾减灾工程学报*, 2011, 31(2):196-200.
- [13] 王佳津, 孟耀斌, 张朝, 等. 云南省 Palmer 旱度模式的建立:2010年干旱灾害特征分析 [J]. *自然灾害学报*, 2012, 21(1):190-197.
- [14] 彭贵芬, 刘瑜, 张一平. 云南干旱的气候特征及变化趋势研究 [J]. *灾害学*, 2009, 24(4):40-44.
- [15] 陶云, 郑建萌, 黄玮, 等. 云南春末夏初干旱的气候特征 [J]. *自然灾害学报*, 2009, 18(1):124-132.
- [16] 晏红明, 段旭, 程建刚. 2005年春季云南异常干旱的成因分析 [J]. *热带气象学报*, 2007, 23(3):300-306.
- [17] 刘瑜, 赵尔旭, 彭贵芬, 等. 2005年春末初夏云南异常干旱与中高纬度环流 [J]. *干旱气象*, 2007, 25(1):32-37.
- [18] 刘瑜, 赵尔旭, 孙丹, 等. 东南亚地区夏季风异常对云南2005年初夏干旱的影响 [J]. *气象*, 2006, 32(6):91-96.
- [19] 温克刚, 刘建华. 中国气象灾害大典, 云南卷 [M]. 北京:气象出版社, 2006.
- [20] 汪永晨. 西南大旱有没有“人祸”因素 [N]. *新京报*, 2010-03-23(A2).
- [21] 穆兴民, 王飞, 冯浩, 等. 西南地区严重旱灾的人为因素初探 [J]. *水土保持通报*, 2010, 30(2):1-4.
- [22] 曾少聪. 生态人类学视野中的西南干旱:以云南旱灾为例 [J]. *贵州社会科学*, 2010(11):24-28.
- [23] 马建华. 西南地区近年特大干旱灾害的启示与对策 [J]. *人民长江*, 2010, 41(24):7-12.
- [24] 潘启雯. 西南大旱的现实成因与历史镜鉴 [J]. *中国减灾*, 2010(13):40-42.
- [25] 何其多. 西南旱灾的原因分析 [J]. *价值工程*, 2011, 30(2):304-306.
- [26] 管弦. 云南高原湖泊“缩水”, 减少水量相当于半个滇池 [N]. *春城晚报*, 2010-04-20(A2).
- [27] 李强子, 闫娜娜, 张飞飞, 等. 2010年春季西南地区干旱遥感监测及其影响评估 [J]. *地理学报*, 2010, 65(7):771-780.
- [28] 刘娜微. 西南旱区森林火灾占全国六成以上 [N]. *中国绿色时报*, 2010-04-13(A01).
- [29] 平安健康网. 西南干旱致生态失衡, 大象下山死鱼成堆 [EB/OL]. <http://news.panjk.com/201005/20100504239465.shtml>, 20100504/2013-01-16.
- [30] 新华社. 西南地区 1805 万人、1017 万头大牲畜因旱饮水困难 [EB/OL]. http://www.gov.cn/jrzq/2010-03/23/content_1562927.htm, 2010-03-23/2013-01-16.
- [31] 王维, 王文杰, 李俊生, 等. 基于归一化差值植被指数的极端干旱气象对西南地区生态系统影响遥感分析 [J]. *环境科学研究*, 2010, 23(12):1447-1455.
- [32] 国家减灾中心灾害信息部. 全国灾情月报(2010年1月) [J]. *中国减灾*, 2010(7):60-64.
- [33] 国家减灾中心灾害信息部. 全国灾情月报(2010年2月) [J]. *中国减灾*, 2010(9):61-64.
- [34] 国家减灾中心灾害信息部. 全国灾情月报(2010年3月) [J]. *中国减灾*, 2010(11):62-64.
- [35] 杜悦英. “绿色沙漠”助推西南大旱 [N]. *中国经济时报*, 2010-04-01(A3).
- [36] 梁新慧. 西南大旱致全国六成水电告急, 多地火电机组吃力 [EB/OL]. <http://news.sohu.com/20100403/n271295707.shtml>, 2010-04-03/2013-01-16.
- [37] 邓云, 唐炎林, 曹敏, 等. 西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征 [J]. *生态学报*, 2012, 32(24):7836-7843.
- [38] 大规模种植桉树可能破坏生态安全 [N]. *人民政协报*, 2004-10-19(B2).
- [39] Robinson N, Harper R J, Smettem K R J. Soil water depletion by *Eucalyptus* spp. integrated into dryland agricultural systems [J]. *Plant and Soil*, 2006, 286(1/2):141-151.

- 林学院学报, 2010, 25(1): 47-51.
- [5] 云雷, 毕华兴, 任怡, 等. 晋西黄土区核桃花生复合土壤水分效应研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(5): 61-64.
- [6] 云雷, 毕华兴, 田晓玲, 等. 晋西黄土区果农间作的种间主要竞争关系及土地生产力[J]. 应用生态学报, 2011, 22(5): 1225-1232.
- [7] Yun L, Bi H X, Gao L B, et al. Soil moisture and soil nutrient content in walnut-crop intercropping systems in the Loess Plateau of China[J]. Arid Land Research and Management, 2012, 26(4): 285-296.
- [8] 高路博, 毕华兴, 云雷, 等. 黄土半干旱区林草复合优化配置与结构调控研究进展[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 260-266.
- [9] 成婧, 吴发启, 路培, 等. 玉米苜蓿间作的蓄水保土效益试验研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 54-57.
- [10] Peng X B, Zhang Y Y, Cai J, et al. Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree-based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau [J]. Agroforestry Systems, 2009, 76(3): 569-577.
- [11] 代巍, 郭小平, 毕华兴, 等. 晋西地区果树—农作物复合模式的光合特点[J]. 吉林农业大学学报, 2009, 31(6): 688-693.
- [12] 史晓丽, 郭小平, 毕华兴, 等. 晋西果农间作光竞争及产量研究[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(S2): 115-118.
- [13] 卢琦, 赵体顺, 师永全, 等. 农用林业系统仿真的理论与方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [12] 柯世省, 金则新, 陈贤田. 浙江天台山七子花等6种阔叶树光合生态特性[J]. 植物生态学报, 2002, 26(3): 363-371.
- [13] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241-244.
- [15] 许大全. 植物光胁迫研究中的几个问题[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(5): 493-495.
- [16] 孙霞, 柴仲平, 蒋平安, 等. 水氮耦合对苹果光合特性和果实品质的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 271-274.
- [17] 张宁宁, 刘普灵, 王栓全, 等. 黄土丘陵区不同经济作物光合作用特性研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 269-273.
-
- (上接第287页)
- [40] Jon M, Jesus P. Impact of a eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) plantation on the nutrient content and dynamics of coarse particulate organic matter (CPOM) in a small stream[J]. Hydrobiologia, 2004, 528(1): 143-165.
- [41] Eshetu Y, Olavi L. Indigenous woody species diversity in *Eucalyptus globules* Labill. ssp. *globulus* plantation in the Ethiopian highlands[J]. Biodiversity and Conservation, 2003, 12(3): 567-582.
- [42] Espinosa-García F J, Martínez-Hernández E, Quiroz-Flores A. Allelopathic potential of *Eucalyptus* spp plantations on germination and early growth of annual crops[J]. Allelopathy Journal, 2008, 21(1): 25-37.
- [43] 张一平, 王馨, 王玉杰, 等. 西双版纳地区热带季节雨林与橡胶林林冠水文效应比较研究[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2653-2665.
- [44] 刘文杰, 张一平, 刘玉洪, 等. 热带季节雨林和人工橡胶林林冠截留雾水的比较研究[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2379-2386.
- [45] Li H M, Mitchell Aide T, Ma Y X, et al. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China[J]. Biodiversity and Conservation, 2007, 16(6): 1731-1745.
- [46] Zhu H, Xu Z F, Wang H, et al. Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity changes in southern Yunnan[J]. Biodiversity and Conservation, 2004, 13(7): 1355-1372.
- [47] Yang J C, Huang J H, Pan Q M, et al. Long-term impacts of land-use change on dynamics of tropical soil carbon and nitrogen pools[J]. Journal of Environmental Sciences, 2004, 16(2): 256-261.
- [48] 陈雷. 应对西南特大干旱的实践与思考[R]. 时事报告, 2010(5): 8-21.
- [49] 魏阳, 杨子生. 云南特大干旱灾害及应对的土地利用对策与措施体系初探[C]//中国山区土地资源开发利用与人地协调发展研究. 北京: 中国自然资源学会, 2010: 169-171.