

文章编号: 1008-2786-(2008)2-161-09

长江上游退耕还林工程的农业生产和水环境效益评价 ——以四川省为例

乔雪, 唐亚

(四川大学环境科学与工程系, 四川 成都 610065)

摘要: 退耕还林工程是我国大规模的土地利用方式的改变。以四川省为例, 基于退耕还林工程实施后粮食产量、粮食作物播种面积、化肥用量以及水质和水土流失状况变化的分析, 讨论了退耕还林工程对环境保护的贡献和可能存在的问题。退耕还林工程导致粮食作物播种面积、粮食产量和化肥用量的减少, 在退耕还林工程实施前, 这三者之间有很好的相关性, 但自工程实施后, 这三者的下降幅度与退耕还林面积的增加幅度有较大的差异。几种原因可能造成这种不一致性, 值得进一步研究。退耕还林工程实施后河流径流量、泥沙含量以及输沙量的下降充分证实了退耕还林工程对长江上游水土保持的重要贡献, 同时进一步证实长江上游的泥沙主要来源于坡耕地的耕作。

关键词: 退耕还林工程; 粮食生产; 化肥用量; 水土流失; 水环境; 长江上游

中图分类号: S157, S181

文献标识码: A

为改善长江上游的生态与环境, 防治水土流失, 我国政府 1999年开始试行并于 2000年正式实施退耕还林(还草)工程(以下简称退耕还林工程)。该工程是指把易造成水土流失的陡坡耕地和易造成土地沙化的耕地, 有计划、有步骤地停止耕种, 还以林地或草地, 恢复退化的生态系统, 发挥森林和草地的多种生态作用^[1]。退耕还林工程主要包括退耕造林和荒山荒地造林两部分, 还有部分封山育林。

退耕还林工程是我国涉及大规模土地利用变化的工程之一, 至今已经成功实施了原计划的 8 a。至 2005年, 全国已有 $771.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 实施了退耕造林(表 1), 占当年全国耕地的 6.3%, 因此, 退耕还林工程的实施必然影响我国的农业生产, 相关的一些环境因子也将发生相应的变化, 并引起了许多研究者的关注。已有的研究包括退耕还林工程对粮食产

量的影响是否会威胁粮食安全^[4-7], 以及生态农业发展模式的探讨^[8]、植被措施防治水土流失的机理和效果及对具体退耕模式进行的实验研究^[9, 10]、土壤理化性质变化和养分(磷元素)流失^[11, 12], 以及土壤微生物及酶活性的研究^[13]、退耕还林工程对植物多样性的影响^[14, 15]、外来物种对生态安全及生态安全格局方面的影响^[17-19], 等等。

退耕还林工程直接影响的是农业生产, 特别是粮食作物播种面积、粮食产量和农资(特别是化肥)的使用量。一般情况下, 耕地面积的大幅度减少, 必将导致粮食作物播种面积、粮食产量和化肥施用量减少, 而且这种减少应该是一种线性关系。粮食作物播种面积和化肥施用量的减少, 也将带来水土流失、河流水体化学等方面的变化。但是, 从这些与农业生产直接相关的因子和环境变化等方面来考察工

收稿日期(Received date): 2007-11-03; 改回日期(Accepted): 2008-02-01。

基金项目(Foundation item): 国家支撑计划课题“西南重大水电工程区生态保护与泥石流滑坡防治技术示范”(编号 2006BAC10B04)和“高等学校学科创新引智计划”(编号 B08037) [The project is financially supported by National Key Technologies R & D Project “Ecological protection and technology demonstration of debris flow and landslide prevention for large hydropower project area in South-West China” (No. 2006BAC10B04) and the 111 Project (No. B08037)]

作者简介(Biography): 乔雪(1984-), 女, 汉族, 成都人, 硕士研究生, 主要从事环境生态学方面的研究。[Qiao Xue (1984-), female, the Han nationality, born in Chengdu, graduate student, main research area is environmental ecology.] E-mail: jobada0@163.com

* 通讯作者(Author for correspondence): tangya999@gmail.com

表 1 全国及四川省退耕还林工程进度^[2,3,4] (10^4 hm^2)Table 1 Area of "Grain for Green" Project each year (10^4 hm^2)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
全国当年工程合计	44.79	68.36	87.10	442.36	619.61	321.75	189.84	
全国当年退耕造林	38.15	32.84	38.61	203.98	308.59	82.49	66.74	
四川当年退耕造林	14.01	8.04	11.32	21.81	27.93	3.06	7.33	1.23
四川占全国的比率(%)	36.7	24.5	29.3	10.7	9.1	3.7	11.0	

程的实施情况,探讨工程中可能存在的问题以及坡耕地退耕还林的进展与环境因子变化的一致性等方面的研究,还较少看到。本文就是在这方面的一个尝试。

1 材料来源与方法

四川省坡耕地面积有 $547.64 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占耕地总面积的 83.07%, 其中 15° 以上的坡耕地就占总耕地面积的 32.1%^[20], 是我国退耕还林工程的一个重要区域。截至 2006 年底, 四川省累计退耕造林约 $93.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全国累计退耕造林面积的 12.1% (表 1), 占四川省耕地面积的 14.2%。因此, 四川省的退耕还林在全国具有一定的代表性, 而且对四川省的粮食生产、环境保护等方面的影响较大。另一方面, 四川省的绝大部分地区属于长江上游, 便于利用四川屏山水文站对金沙江流域、湖北宜昌水文站对整个长江上游的水土流失情况进行比较。因此, 本文选择四川作为研究区域, 利用国家公开的数据, 从与农业生产直接相关的粮食作物播种面积、粮食产量、化肥使用量以及与水土流失直接相关的江河泥沙数据等环境变化等方面尝试对退耕还林工程进行评价。

采用四川省粮食作物播种面积、粮食产量和化肥施用量的数据, 分析它们的长期变化趋势, 进行三者的相关性分析, 以比较实施退耕还林工程后三者的变化趋势及幅度的一致性; 估算退耕还林工程造成的粮食减产量。

选择金沙江下游宁南县葫芦口和位于攀枝花市城区上游龙洞近年来的部分水质监测数据, 计算各项指标的 Spearman 秩相关系数以了解其变化趋势, 探讨退耕还林工程的环境效应。

根据屏山和宜昌两个水文站的历年水沙数

据¹⁾, 以了解长江上游水土流失的变化情况, 分析退耕还林工程的水土保持效益。

通过以上方法, 结合考察其他因素对农业和相关环境因子的影响, 评价退耕还林工程的实施, 以及坡耕地在农业和环境中的地位。

2 结果与分析

2.1 退耕还林工程与粮食生产

2.1.1 粮食作物播种面积

我国的粮食作物播种面积与政府的政策有密切关系。四川省粮食作物播种面积的变化, 基本上反映了我国不同时期的农业政策。从 20 世纪 50 年代初到 80 年代中期, 四川省的粮食作物播种面积经历了两次明显的增加和下降, 但从 20 世纪 80 年代中期至 1999 年, 粮食作物播种面积缓慢上升, 并没有出现过大幅度的增加或减少。1999 年后, 粮食作物播种面积急剧减少, 至 2004 年才有小幅度增加 (图 1)。这种现象充分反映了 1999 年开始实施的退耕还林工程的进展和 2004 年开始对退耕还林工程进行的结构调整和强调粮食生产的结果。

四川省退耕还林耕地的平均复种指数为 1.7, 退耕前的种植结构与四川其他旱地种植结构基本一致, 即旱地粮食作物种植面积占旱地农作物总面积的比重为 60%, 粮食综合产量为 11 kg/hm^2 左右^[5]。除非特殊情况, 一个地区的农作物复种指数和种植结构不会有大的变化。据此推算出 1999~2006 年间每年退耕还林工程减少的粮食作物播种面积与当年退耕还林面积并不一致, 而且二者的差距还是很大的 (表 2), 虽有可能是二者统计时段不同造成的, 也可能存在其他的影响因素或者反映了退耕还林面积问题。

1) 该方面的资料来源: 中国农村统计年鉴、四川统计年鉴。

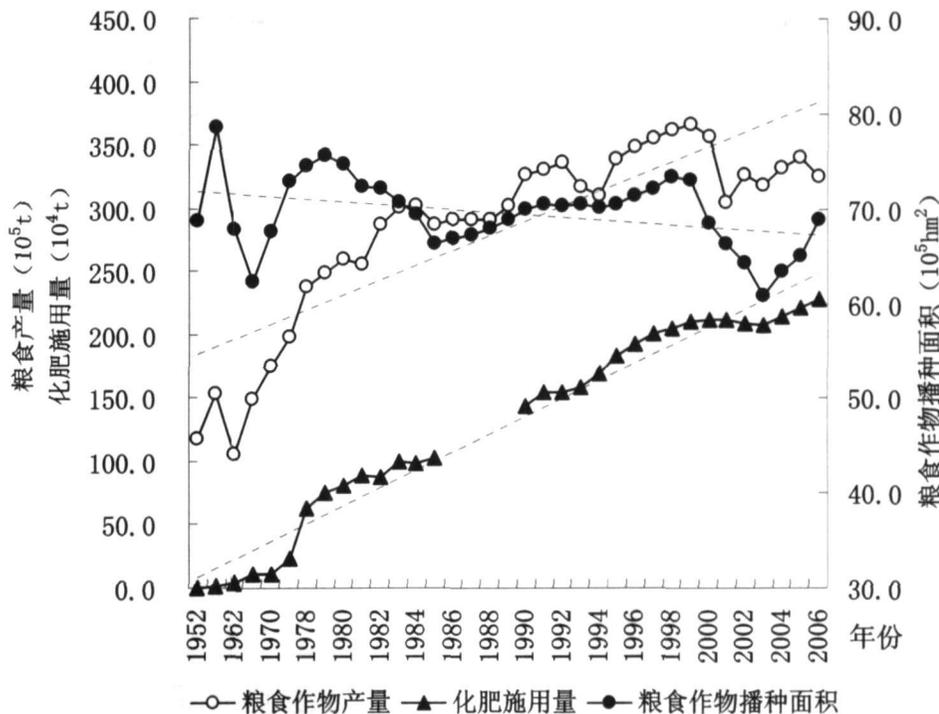


图 1 1952~2006年四川省粮食作物播种面积、粮食产量、化肥施用量^[4]

Fig 1 Sown area of grain crops, yield of grain crops and consumption of chemical fertilizers in Sichuan Province during 1952~2006

表 2 四川省 1999~2006 粮食作物播种面积变化 (10⁴ hm²)

Table 2 Changes in sown area of grain crops in Sichuan Province during 1999~2006 (10⁴ hm²)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
粮食作物播种面积 比上年变化量	-4.1	-44.4	-22.7	-20.2	-33.7	24.5	16.9	38.6
估算退耕还林工程 减少的粮食作物播种面积	14.29	8.20	11.55	22.25	28.49	3.12	7.48	1.25

2.1.2 粮食产量

如果说粮食作物播种面积的变化并不能很好地反映其与退耕还林工程之间的关系, 粮食产量的变化应该与退耕还林面积的变化基本一致, 因为在退耕还林期间并没有特别突出的技术进步使粮食单产大幅度提高, 而且在退耕还林工程实施期间也没有特别严重的自然灾害, 每年的受灾面积除 2000 和 2001 年相对严重一些, 其他年并无大范围的自然灾

害(表 3)。

1. 长期变化趋势

粮食总产量取决于粮食作物播种面积、粮食和经济作物播种面积比例(粮经比)和粮食单产^[21]。在短时间内, 粮食单产不会有质的飞跃, 粮经比也不会有很大变化, 粮食产量主要取决于粮食作物播种面积。

表 3 四川省 1999~2006 年受灾面积^[3] (10⁴ hm²)

Table 3 Area covered by natural hazards in Sichuan Province during 1999~2006 (10⁴ hm²)

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
面积	316.3	297.3	432	444.9	241.9	259.2	149	294.3	156.6

表 4 1999~2006年粮食作物播种面积、粮食产量和化肥施用量的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between sown area of grain crops, yield of grain crops and consumption of chemical fertilizers, 1999~2006

		粮食作物播种面积	粮食产量	化肥施用量
粮食作物播种面积	Correlation Coefficient	1.000	0.429	0.357
	Sig. (1-tailed)		0.145	0.193
粮食产量	Correlation Coefficient	0.429	1.000	0.167
	Sig. (1-tailed)	0.145		0.347
化肥施用量	Correlation Coefficient	0.357	0.167	1.000
	Sig. (1-tailed)	0.193	0.347	

从长期趋势来看(见图 1), 1999年之前粮食总产量呈持续增长趋势, 即使有减产也在 1~2 a 内恢复。1999年后, 粮食产量与粮食作物播种面积的增减趋势基本一致, 退耕还林工程对粮食生产的影响是明显的。但是某些年的变化幅度不一致(见图 1, 表 4), 这可能和当年的自然灾害有关, 如 2001年, 但某些年则难以用当年自然灾害解释, 如 2006年粮食作物播种面积增加且受灾面积比 2005年小, 但粮食产量却减少。

2. 退耕还林造成的粮食减产量

退耕还林工程直接导致耕地面积的减少和粮食产量的下降。本文估算了四川省退耕还林造成的粮食减产量(表 5)。

估算结果表明, 随着退耕面积的增加, 总减产量占当年粮食总产量的比例也在增加。2006年累计粮食总减产量达 231.90×10^4 t, 占全省当年粮食总产量的 7.1% (表 5)。这个结果说明退耕还林造成明显的粮食产量的下降。

2.1.3 化肥施用量

长期以来四川省的化肥施用量是不断增加的, 但不同时期增加的速率不同(见图 1)。1999年以来, 化肥的使用量增幅不大甚至减少, 退耕还林工程的开展在一定程度上降低了化肥总的增长速度或施用总量。在退耕还林工程期间化肥施用量的减少幅度与退耕还林面积的减少幅度是否一致则还是一个

表 5 四川省退耕还林工程对粮食产量的影响

Table 5 Impact of "Grain for Green" Project on yield of grain crops

年 份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
新增减产量 (10^4 t)	34.30	19.68	27.71	53.39	68.37	7.49	17.94	3.01
总减产量 (10^4 t)	34.30	53.98	81.69	135.08	203.45	210.94	228.89	231.90
总减产量/当年粮食总产量 (%)	0.93	1.51	2.67	4.12	6.39	6.34	6.71	7.14

新增减产量 = 当年新增退耕还林面积 $\times 0.6 \times 1.7 \times 160 \times 15/1000$

总减产量 = 总退耕还林面积 $\times 0.6 \times 1.7 \times 160 \times 15/1000$

表 6 1990~1998年粮食作物播种面积、粮食产量和化肥施用量的相关性分析

Table 6 Correlation analysis between sown area of grain crops, yield of grain crops and consumption of chemical fertilizers, 1990~1998

		粮食作物播种面积	粮食产量	化肥施用量
粮食作物播种面积	Correlation Coefficient	1.000	0.850(**)	0.900(**)
	Sig. (1-tailed)		0.002	0.000
粮食产量	Correlation Coefficient	0.850(**)	1.000	0.717(*)
	Sig. (1-tailed)	0.002		0.015
化肥施用量	Correlation Coefficient	0.900(**)	0.717(*)	1.000
	Sig. (1-tailed)	0.000	0.015	

** Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

本文的分析表明, 退耕还林工程实施后粮食作物播种面积、粮食产量、化肥施用量的变化幅度并不一致。Spearm an 相关检验结果表明, 在退耕还林工程实施前的 1990~1998 年段, 粮食作物播种面积、粮食产量、化肥用量具有极高的相关性(表 6), 这是本文用这个方法评价退耕还林工程实施情况的一个重要依据。但 Spearm an 相关检验结果表明, 在四川省实施退耕还林工程的 1999~2006 年间, 三者没有显著的相关性(见表 5), 三者的变化幅度是不一致的, 说明其中的一些数据是值得研究的。

2.2 退耕还林工程与水土流失和水环境变化

2.2.1 水土流失

四川地处长江上游, 属长江流域的水土流失面积达 $18.96 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 年土壤侵蚀总量 $9 \times 10^8 \text{ t}$ 占同期长江上游水土流失面积的 53.9%, 是长江上游水土流失面积和土壤侵蚀量最大的区域^[22], 长江上游河流泥沙的主要来源。因此, 四川省水土流失的有效治理对于整个长江流域的水土保持至关重要。

本文选取的屏山站、宜昌站分别代表了金沙江流域和整个长江上游河流泥沙含量和年输沙量的变化情况, 从总体上反映了四川省水土流失的变化情况。通常年径流量、年输沙量和年平均含沙量呈同方向变化, 即年径流量大则年输沙量和年平均含沙量大。因此, 本文就两个站的这三项指标与退耕还林工程的关系进行了分析。

自 1999 年工程实施以来, 屏山站和宜昌站的年均含沙量和年输沙量均大幅度降低(图 2 图 3)。2002~2004 年年径流量虽有增加, 但年输沙量和年平均含沙量仍呈减少趋势; 2005 年的三项指标同时增加, 但 2005 年两站的年平均含沙量和年输沙量仍远低于退耕还林工程实施之前; 屏山站 2005 年的径流量高于 2002 年, 而这两年的年输沙量和年平均含沙量则分别相差不大; 宜昌站 2005 年的年径流量高于 2001、2002 年的, 而年平均含沙量和输沙量约是 2002 年的一半, 输沙量约是 2001 年的三分之一。

总体而言, 无论是对整个长江上游还是仅金沙江流域来说, 退耕还林工程实施以来, 金沙江流域和整个长江上游的年径流量、年输沙量和年平均含沙量都呈明显的下降趋势, 退耕还林工程的水土保持效果是十分显著的(见图 2 图 3), 而且宜昌站和屏山站的年输沙量和年平均含沙量的变化也与退耕还林工程的进展和调整相符。比较而言, 金沙江流域的年输沙量的下降幅度没有整个长江上游的年输沙

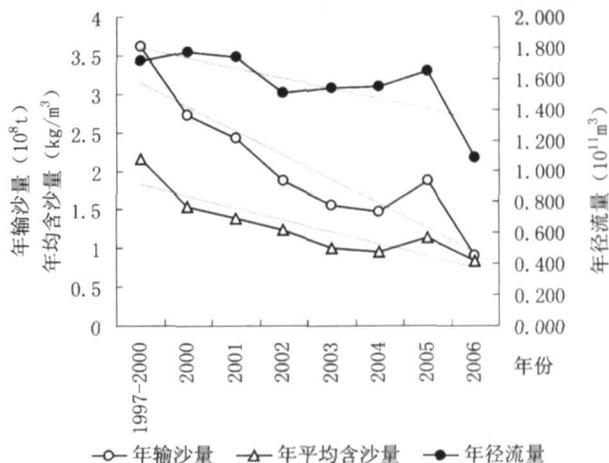


图 2 屏山站的年输沙量、年均含沙量和年径流量^[23,24]

Fig. 2 Annual sediment discharge, mean sediment content and runoff at Pingshan Hydrometric Station

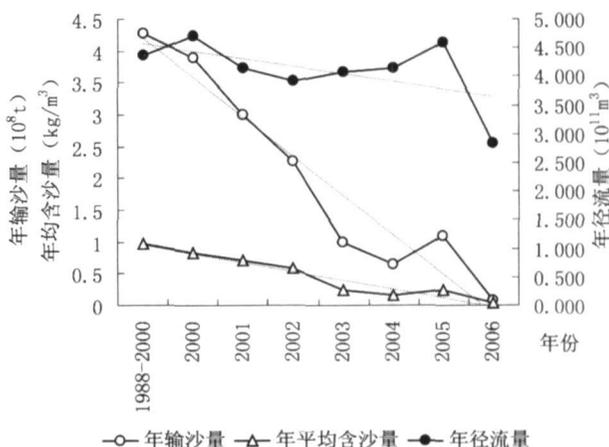


图 3 宜昌站的年输沙量、年均含沙量和年径流量^[24,25]

Fig. 3 Annual sediment discharge, average sediment content and annual runoff at Yichang Hydrometric Station

量大, 可能与这一期间金沙江流域没有大型水电站完工, 而长江上游其他主要支流(如嘉陵江)有较多水电站完工有关。

以上结果充分说明退耕还林工程确实达到了有效治理水土流失的效果, 也再一次充分证明了长江上游地区坡耕地耕作是长江上游泥沙的主要来源。此外, 2002 年是年径流量的拐点, 2005 年三项指标均增加, 可能与工程的实施进展和调整有关。

2.2.2 水质变化

农业生产是水污染的一个重要污染源, 例如, 荷兰水环境中来自农田的 N、P 的负荷分别占 60% 和 50% 左右^[25], 而美国 60% 以上的地表水环境问题是 由农业活动引起的^[26]。坡耕地较水平耕地更易

引起水土流失,使残留或没有充分利用的农药和化肥等物质更易随着水土进入水环境。

研究发现,短时期内的土地利用覆被变化(LUCC)是水文变化的主要驱动要素之一^[11]。坡耕地变成林地或者草地,对我国的环境、特别是水环境有重要的影响,对我国的水环境改善会有重要贡献。退耕还林的环境效应取决于退耕前的土地利用、退耕后种植的树种、研究区域的水文和气候状况。从环境变化来说,退耕还林工程最重要的是坡耕地的停耕以及由此引起的土壤侵蚀量的减少、化肥和农药用量的减少、地表水和地下水中硝态氮和磷及农药含量的下降。故可从流域角度、尤其在受工业污

染小的地区,通过观察分析退耕还林工程实施前后水质的变化,来评估坡耕地耕作和退耕还林工程对流域水质的影响。

位于金沙江下游凉山州宁南县的葫芦口和攀枝花市区上游的龙洞受工业的污染均很小,故选择这两站为代表。计算各项水质指标的 Spearman 秩相关系数 r_s , 以了解它们的变化趋势(表 7)。若某指标的秩相关系数的绝对值 $|r_s|$ 大于相应的临界值 W_p , 变化趋势明显; $0.8 \times W_p \leq |r_s| \leq 1.0 \times W_p$, 变化趋势较为明显; $0.6 \times W_p < |r_s| < 0.8 \times W_p$, 变化趋势不太明显, $|r_s| \leq 0.6 \times W_p$, 变化趋势不明显。负值表明呈下降趋势, 正值为上升趋势^[27-29]。

表 7 金沙江水环境变化趋势分析结果

Table 7 Analysis of trend of water environment change in the Jinsha River

站名	指 标	Spearman 秩相关系数 r_s	检验年段	临界值 W_p ($\alpha = 0.05$)	趋 势
葫芦口	pH	0.685	2000~2007	0.738	较为明显
	高锰酸盐指数	-0.429	2000~2007	0.738	不太明显
	BOD5均值	-0.369	2000~2007	0.738	不太明显
	铬(6价)均值	0.607	2000~2007	0.738	较为明显
	总氮均值	0.486	2002~2007	0.836	不太明显
	总磷均值	-0.229	2002~2007	0.836	不明显
龙洞	pH	-0.244	2000~2007	0.738	不明显
	高锰酸盐指数	-0.762	2000~2007	0.738	明显
	BOD5均值	0.571	2000~2007	0.738	不太明显
	总氮均值	-0.257	2002~2007	0.836	不明显
	总磷均值	-0.771	2002~2007	0.836	较为明显
	铅均值	-0.786	2000~2006	0.786	明显

由目前情况来看,龙洞的高锰酸盐指数和铅均值降低趋势明显;葫芦口的 pH 和六价铬均值、龙洞的总磷变化趋势较为明显;其余指标的变化不太明显或不明显,这些指标的变化应该与退耕还林工程有关系,但因这个内容超出本文的范围,我们将在另外一篇文章将专门讨论这一问题。

3 讨论

3.1 退耕还林工程与粮食生产和化肥施用

从粮食作物播种面积、粮食产量和化肥施用量的长期变化趋势来看,三者确实受到了退耕还林工程的影响,退耕还林工程的实施,导致了三者的下降,但变化幅度并不一致,退耕还林面积与粮食生产

变化情况在某些方面并不吻合甚至相背离,其中可能存在一些其他的因素或者问题。

1. 粮食作物播种面积

粮食作物播种面积、粮食产量和化肥施用量的变化与退耕还林的面积不一致,一方面可能是统计时间不同造成的,但也可能存在一些其他的因素和问题。

近年来,除生态建设导致耕地减少外,不断增加到建设用地导致耕地减少,从而引起粮食作物播种面积和粮食产量大幅下降也是原因之一^[21]。彭文甫等通过因子分析,将影响四川省耕地面积变化的 11 个因子分别概括为经济发展动力、农业科技进步动力、社会发展动力;固定资产投资、企业产值、GDP、公路客运量、人口数量、房地产、粮食单产、城

市化^[30], 这些因素可能会使当年退耕还林面积低于粮食作物播种面积减少量。此外, 每年通过复垦开荒等途径新增粮食作物播种面积。中央政府对我国粮食安全问题日益重视, 通过限制耕地的占用、从经济上鼓励农民增加粮食生产、进行土地整理、调节粮经比等途径增加粮食作物播种面积。

另外一种可能就是一些地区虚报退耕还林工程面积, 使得当年新增退耕面积高于粮食作物播种面积减少量, 媒体不断报道的虚报退耕还林面积事件也说明这个问题可能是粮食作物播种面积、粮食产量、化肥使用量不一致的重要原因。

2. 粮食产量和化肥施用量

粮食产量和化肥施用量与粮食作物播种面积密切相关, 但是这三者之间仍然存在变化幅度不一致的问题, 某些年的粮食产量、化肥施用量与当年的自然灾害、退耕还林均不一致。农业技术的不断提高, 农业生产环境的改善都有利于粮食增产, 但是在短期内全省粮食单产量、农业技术并不会质的提高, 因此, 这种不一致应该有其他因素。我国农业发展现状以及我国农村目前劳动力普遍缺乏的现实, 化肥的使用在农业生产中已经成为极为普遍的现象。尽管化肥的使用量在坡耕地上可能较少, 但化肥用量与耕地面积之间应该有很好的线性关系。我们的研究结果也显示, 在退耕还林工程实施之前的 1990~1998 年, 化肥用量与粮食产量有很高的相关性。我们认为, 在退耕还林工程实施期间的不一致性, 其原因值得进一步研究。

此外, 2004 年以来, 中央和省政府加大了支农力度, 先后出台了农业税减免、粮食直接补贴、粮食最低收购价、农业生产资料价格调控等扶持粮食生产的政策措施。据四川省自贡市调查, 现每 1/15 hm^2 耕地种植粮食作物的纯利润是退耕地现行政策补助标准的 2 倍多, 种粮效益明显比退耕还林补助标准高。因此, 在现实的利益面前, 某些退耕户对退耕还林的积极性自然下降, 林粮间作时有发生, 甚至产生了毁林复耕现象^[31]。有可能是这个原因使得粮食产量、播种面积和化肥施用量的变化幅度不一致, 与自然条件不一致, 与退耕还林面积不一致。

3.2 退耕还林工程与水环境改善

地表植被的恢复需要一定时间, 随着时间的增加, 植被的水土保持功能加大, 再加上每年增加的退耕还林面积, 即使当年径流量比上一年的大, 河流的泥沙含量应该呈下降的趋势(图 2 和图 3 的 2003~

2004 年)。

河流径流量、土壤侵蚀量与降雨直接相关。2005 年这三项指标同时增大, 似乎是由于降雨强度和频度较大造成的。实际上从整个流域来看, 2005 年与前几年的降雨并无大的差异^[32], 因此, 降雨应该不是造成河流泥沙增加的主要原因。而复垦不仅会使河流泥沙再次增多, 而且还会增加径流量。综合上面的分析, 以及时有报道的复垦现象, 可以推测, 在 2005 年之前就可能存在复垦了, 但因每年还在新增退耕还林面积, 退耕地的植被覆盖也在不断变好, 所以从总体上看, 水土保持改善的趋势是明显的, 复垦现象并未在两站的泥沙数据上有所体现。

4 结论

退耕还林工程是我国大规模的土地利用方式的改变, 它的实施必然会影响到粮食生产和水环境。通过对四川相关数据的分析, 水环境和粮食生产确实一定程度上反映了工程的进展和情况。

1. 坡耕地在四川省的粮食生产中占有重要的地位, 会造成很大一部分的粮食减产和播种面积的减少。但是退耕还林工程并不占绝对主导地位, 粮食生产的变化是多种因素作用的结果。

2. 屏山和宜昌两站近年来的水沙数据证明了退耕还林工程的确起到了防治长江上游的水土流失的作用, 也反映坡耕地耕作是造成长江上游水土流失的重要原因之一。

3. 在退耕还林工程区, 退耕后停止了土壤的翻动和化肥农药的使用, 输入水环境的化肥农药量会减少, 这在一定程度上影响流域的水质。正确选定的观测点的水质数据, 也反映了退耕还林工程的良好环境效应。

参考文献 (References)

- [1] Fan Hua. Comprehensive effect evaluation on Conversion of Cropland to Forest in experimental stage [D]. Changchun: Jilin University, 2004 [樊华. 退耕还林工程试点综合效益评价研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2004.]
- [2] Country Yearbook Compiling Committee in China. China Rural Statistical Yearbook [M]. Beijing: Statistics Press in China, 2006: 63~64 [中国农村统计年鉴编辑委员会. 中国农村统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2006: 63~64]
- [3] Statistical Bureau of Sichuan. Sichuan Statistical Yearbook [M]. Beijing: Statistics Press in China, 2007: 205~370 [四川省统计局. 四川统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2007: 205~

- 370]
- [4] Feng Zhiming, Zhang Pengtao, Yang Yanzhao. The scale of land conversion from farmland to forest or grassland: the grain response to it and the relevant proposals in Northwest China [J]. *Geographical Research*, 2003, 22(1): 105~113 [封志明, 张蓬涛, 杨艳昭. 西北地区的退耕规模、粮食响应及政策建议 [J]. *地理研究*, 2003, 22(1): 105~113]
- [5] Feng Jiaxian, Li Mingshan, Long Wei *et al*. Discussion of Grain to Green Programs impact on grain supply [J]. *Provincial Conditions*, 2004, (9): 4~6 [冯久先, 李明山, 龙伟, 等. 退耕还林对四川粮食供求的影响分析 [J]. *四川省情*, 2004, (9): 4~6]
- [6] Xie Chen. Grain to Green Program and China Food Production and Food Security [J]. *Forestry Economy*, 2005, (22): 30~36 [谢晨. 退耕还林与我国粮食生产及粮食安全 [J]. *绿色中国 (理论版)*, 2005, (22): 30~36]
- [7] Yi Huapeng, Liu Xianzhao, Zhang Pengyan. Ecological restoration and its effects on Grain Production: Take the comasive region of loess plateau in Shanxi as a case [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2005, 12(5): 197~205 [衣华鹏, 刘贤赵, 张鹏宴. 生态退耕对粮食生产的影响探讨——以陕西黄土高原水土流失区为例 [J]. *水土保持研究*, 2005, 12(5): 197~205]
- [8] Wang Jijun, Xie Yongsheng, Lu Zongfan *et al*. Developing model of ecological agriculture under practice of Converting Slope Cropland to Woodland and Grassland [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(1): 134~137 [王继军, 谢永生, 卢宗凡, 等. 退耕还林还草下生态农业发展模式初探. *水土保持学报* [J], 2004, 18(1): 134~137]
- [9] Wang Xiekang, Fang Du. Study on the principles and benefits of plants to control water and soil losses [J]. *Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition)*, 2000, 32(2): 13~16 [王协康, 方铎. 植被措施控制水土流失机理及其效益研究 [J]. *四川大学学报 (工程科学版)*, 2000, 32(2): 13~16]
- [10] Liu Gangcai, Li Lan, Zhou Zhonghao *et al*. Influence and its benefits evaluation of removal lands from cultivation to afforestation and grassland in slope farmland on soil erosion in hilly region of purple soil [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2005, 3(4): 32~36 [刘刚才, 李兰, 周忠浩, 等. 紫色土丘陵区坡耕地退耕对水土流失的影响及其效益评价 [J]. *中国水土保持科学*, 2005, 3(4): 32~36]
- [11] Liu Fang, Huang Changyong, He Tengbin *et al*. Roles of reducing phosphorus loss of surface runoff from yellow soil in hilly areas by De-farming and Reafforestation [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 16(3): 20~23 [刘方, 黄昌勇, 何腾兵, 等. 黄壤旱坡地退耕还林还草对减少土壤磷流失的作用 [J]. *水土保持学报*, 2002, 16(3): 20~23]
- [12] Cui Liao, Li Zhiwei. The effect of returning farmland to forest (grass) on phosphorus runoff of slope land [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2007, 14(6): 280~282 [崔力拓, 李志伟. 坡地退耕还林(草)对土壤磷素流失的影响 [J]. *水土保持研究*, 2007, 14(6): 280~282]
- [13] Liu Ziqin, Zhu Tianhui, Zhang Jian. Characteristics of soil microbes for two models of Forest Rehabilitation [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(3): 133~149 [刘子雄, 朱天辉, 张健. 两种不同退耕还林模式下的土壤微生物特性研究 [J]. *水土保持学报*, 2006, 20(3): 133~149]
- [14] Zheng Jiali, Gao Guoxiong, Wang Rongxi *et al*. Studies on species diversity of plant community of the converting farmland in Beichuanhe Basin [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13(4): 101~106 [郑佳丽, 高国雄, 王荣秀, 等. 北川河流域退耕还林还草地主要植物群落物种多样性研究 [J]. *水土保持研究*, 2006, 13(4): 101~106]
- [15] Ji Junshu, Li Wenzhong, Gao Guoxiong *et al*. Species diversity of different species amangement models in Converting Cropland to Forest in Datong, Qinghai [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2006, 21(3): 1~6 [贾俊姝, 李文忠, 高国雄, 等. 大通县退耕还林不同配置模式物种多样性的研究 [J]. *西北林学院学报*, 2006, 21(3): 1~6]
- [16] Wang Shichang, Lu Aiyi, Wang Shiyu *et al*. Species diversity of converted land in northwestern Shanxi Province [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2007, 27(3): 123~125 [王世昌, 卢爱英, 王世裕, 等. 晋西北退耕地物种多样性研究 [J]. *水土保持通报*, 2007, 27(3): 123~125]
- [17] Hou Ruiping, Zhang Kebin, Qiao Feng *et al*. Biodiversity and desertification in the ecotone of agriculture-animal husbandry Taking Yanchi county of Ningxia Hui Autonomous Region as an example [J]. *Ecology and Environment*, 2004, 13(3): 350~353 [侯瑞萍, 张克斌, 乔锋, 等. 农牧交错区土地荒漠化与生物多样性研究——以宁夏盐池县为例 [J]. *生态环境*, 2004, 13(3): 350~353]
- [18] Liu Shiliang, Fu Bojie, Liu Guohua *et al*. Problems and Suggestions on "Conversion of Farmland to Forestland or Grassland" and Ecological Restoration in Upper Mingjiang River Valley [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(4): 506~510 [刘世梁, 傅伯杰, 刘国华, 等. 岷江上游退耕还林与生态恢复的问题和对策 [J]. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(4): 506~510]
- [19] Liu Yu, Chen Xuehua, Luo Yong. Ecological Security in Forest Restoration Project [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2007, 14(3): 218~222 [刘宇, 陈学华, 罗勇. 退耕还林中的生态安全问题 [J]. *水土保持研究*, 2007, 14(3): 218~222]
- [20] Zhang Liping, Deng Liangji. Slope cultivated land of Sichuan Province: research and prospect [J]. *Management Geological Science and Technology*, 2003, 20(4): 1~4 [张丽萍, 邓良基. 四川省坡耕地研究及其展望 [J]. *国土资源科技管理*, 2003, 20(4): 1~4]
- [21] He Ge, Ou Minghao. Research on Food Security during Urbanization of Sichuan [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26(5): 349~352 [何格, 欧名豪. 城市化与四川粮食安全问题的研究 [J]. *农业现代化研究*, 2005, 26(5): 349~352]
- [22] Wang Lihui. Water and Soil Conservation's Impacts on Upper Yangtze Watershed and Methods of Prevention and Cure in Sichuan Province [J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2002, 5(16): 108~110 [王丽槐. 四川水土保持对长江流域生态环境的影响及防治对策 [J]. *水土保持学报*, 2002, 5(16): 108~110]

- [23] The Ministry of Water Resource of the People's Republic of China Bedload Bulletin in China [R]. Beijing: China Water Power Press, 2001~ 2007 [中华人民共和国水利部. 中国泥沙公报 [R]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001~ 2007]
- [24] Fu Renshou, Yu Zhiying, Jin Liu, *et al*. Variation trend of runoff and sediment load in Yangtze River [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2003 (11): 21~ 29 [傅仁寿, 虞志英, 金缪, 等. 长江水沙变化发展趋势 [J]. 水利学报, 2003 (11): 21~ 29]
- [25] Boers P C M. Nutrient Emission from Agriculture in the Netherlands: Causes and Remedies [J]. *Water Sci Technol*, 1996, 33: 183~ 190
- [26] Tim U S, R Jolly. Evaluation of Agricultural Nonpoint-Source Pollution Using Integrated Geographic Information Systems and Hydrologic Water Quality Model [J]. *Environ Qual*, 1994, 23(1): 25~ 35
- [27] Dai Huichao, Wang Lingling, Jiang Dinghua. Near term water flow and silt concentration variation trend of Yangtze River before and after impounding of Three Gorges Reservoir [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2007, (10): 226~ 231 [戴会超, 王玲玲, 蒋定国. 三峡水库蓄水前后长江上游近期水沙变化趋势 [J]. 水利学报, 2007, (10): 226~ 231]
- [28] Wu Zongyong. Environment Monitoring Comprehensive Technology [M]. Shenyang: Liaoning Press, 1989: 75~ 76 [吴忠勇. 环境监测综合技术 [M]. 沈阳: 辽宁出版社, 1989: 75~ 76]
- [29] Wu Yuning. Environment Statistics [M]. Beijing: Environment Science Press in China, 1991: 542 [吴聿明. 环境统计学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991: 542]
- [30] Peng Wenfu, Zhou Jiming. Change of cultivated land area in Sichuan Province [J]. *Resources Science*, 2005, 27(3): 79~ 85 [彭文甫, 周介铭. 近 50 年四川省耕地变化分析 [J]. 资源科学, 2005, 27(3): 79~ 85]
- [31] Zhang Hongming. Discussion on the primary affecting elements and countermeasures in consolidating achievement of Converting Cropland to Forestland Project [J]. *Sichuan Forestry Exploration and Design*, 2005, (2): 28~ 33 [张洪明. 巩固退耕还林成果的主要影响因素及对策探讨 [J]. 四川林勘设计, 2005 (2): 28~ 33]
- [32] Changjiang Water Resources Commission. Changjiang and Southwest Rivers Water Resources Bulletin [EB/OL]. <http://www.cjv.com.cn/> [水利部长江水利委员会. 长江流域及西南诸河水资源公报 [EB/OL]. <http://www.cjv.com.cn/>]

Evaluation of “Grain for Green” Project's Effects on Agricultural Production and Water Environment in the Upper Yangtze River: A Case Study in Sichuan

QIAO Xue, TANG Ya

(Department of Environmental Sciences and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract “Grain for Green” Project in China involves large-scale land use/cover change. Implementation of this project causes reduction in grain production and chemical fertilizer consumption as a result of declining croplands. Based on data of sown areas, grain production, consumption of chemical fertilizers of Sichuan and the runoff sediment data from the upper Yangtze River, the “Grain for Green” project is revisited. The result indicates that the “Grain for Green” project has contributed considerably to reducing sediments and runoff in the upper Yangtze River. The data have also revealed disparities among the sown areas, grain production and consumption of chemical fertilizers which were statistically closely correlated prior to the project but not so since the implementation of the project. Apart from other reasons, false figures of land areas under the project might be an important factor contributing to the disparities.

Key words “Grain for Green” Project, grain production, consumption of chemical fertilizers, soil erosion, water environment, upper Yangtze River