

岩溶山区县域农业碳足迹分析 ——以毕节地区为例

邵技新^{1,2}

(1. 贵州师范学院 资源环境与灾害研究所, 贵阳 550018; 2. 贵州师范学院 地理与旅游学院, 贵阳 550018)

摘要:为探索岩溶落后地区的低碳农业发展途径,选择典型岩溶地区——毕节地区,以 2010 年统计数据为例,对其农业碳排放、碳固定和碳足迹进行估算。结果表明:(1) 毕节地区 8 个县市的农业碳排放量和碳排放强度的地区差异明显,农业碳排放量最多的黔西县为 86 165.4 t,最少的织金县为 37 169.3 t,两者相差 48 996.0 t,前者是后者碳排放量的 1.32 倍。碳排放强度最大为黔西县和纳雍县,最少的为织金县,其顺序依次为黔西县>纳雍县>金沙县>大方县>毕节市>赫章县>威宁县>织金县。(2) 毕节地区 8 个县市的农业碳汇量与碳汇强度变化差异明显。纳雍县和威宁县的农业碳汇量与碳汇强度变化呈相反趋势。(3) 毕节地区 8 个县市的碳足迹差异化明显,农业碳足迹都处于生态盈余状态,单位面积的碳足迹和单位农业 GDP 碳足迹差异明显,单位面积碳足迹顺序为威宁县>纳雍县>金沙县>赫章县>大方县>毕节市>黔西县>织金县;单位农业 GDP 碳足迹顺序为威宁县>赫章县>大方县>金沙县>黔西县>毕节市>纳雍县>织金县。威宁县无论单位面积碳足迹和单位农业 GDP 碳足迹均最大,织金县最小。

关键词:岩溶山区; 农业; 碳足迹; 毕节地区

中图分类号:F301.24;F062.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)05-0210-04

Analysis of Agricultural Carbon Footprint in the Karst Mountainous Area —Taking Bijie as a Case Study

SHAO Ji-xin^{1,2}

(1. Institute of Environment, Resources and Disaster, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China;

2. Department of Geography and Tourism, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China)

Abstract: Carbon footprint provides new perspective of analysis of human activities effecting climate change. Therefore, this paper taking typical karst area—Bijie as an example, estimated the agricultural carbon emissions, carbon sink and carbon footprint. The results of the study showed that: (1) agricultural carbon emissions and carbon emissions intensity of eight counties had apparent differences in Bijie, QianXi was the most agricultural carbon footprint county, 86 165.37 t, the least was Zhijin County with 37 169.33 t of emission, the difference between those two counties was 48 996.04 t, the carbon emission of QianXi County was 1.32 times of that of Zhijin County. Qianxi and Nayong County had the biggest carbon emission intensity, the least was Zhijin, the sequence was Qianxi>Nayong>Jinsha>Dafang>Bijie>Hezhang>Weining>Zhijin; (2) agricultural carbon sink and carbon sink intensity of eight counties in Bijie had obvious difference, and agricultural carbon sink and carbon sink intensity of Weining and Nayong county had contrary trend; (3) carbon footprint had obvious differentiation, agricultural carbon footprint is at the surplus state, but the differences of carbon footprint of unit area and unit agricultural GDP were significant, the sequence of per unit area of carbon footprint was Weining>Nayong>Jinsha>Zhijin>Hezhang>Dafang>Bijie>Qianxi>Zhijin. Unit GDP of agriculture carbon footprint was Weining>Hezhang>Dafang>Jinsha>Qianxi>Bijie>Nayong>Zhijin. Weining had the largest per unit area of carbon footprint and unit agricultural GDP, while Zhijin was just opposite.

Key words: karst mountainous area; agriculture; carbon footprint; Bijie region

收稿日期:2012-05-08

修回日期:2012-06-09

资助项目:国家十二五科技支撑计划项目(2012BAJ25B09);贵州省科技基础条件平台课题(黔科合院所创能[2010]4001);贵州省科学技术基金(黔科合 J 字[2009]2030 号);贵州省科技攻关计划(黔科合 S 字[2010]3015,[2007]1020);贵州省省长基金(黔省专合字[2007]89 号)

作者简介:邵技新(1960—),男,贵州毕节人,学士,副教授,主要从事地理、土壤地理教学和研究。E-mail:shaojixin@126.com.

目前,气候变暖是全球环境变化的重要问题之一。温室气体的排放,特别是 CO_2 浓度的剧增,是导致全球变暖的主要因素之一,因此,碳循环^[1-3]、碳排放^[4-6]、低碳产业发展等研究成为 20 世纪末以来国内外学术界研究的热点^[7]。作为衡量人类活动碳排放的有效方法,“碳足迹”越来越成为关注的焦点。美国加州环保署委托伯克利大学设计了碳足迹计算器^[8],我国一些学者也从碳排放与碳足迹核算、碳足迹影响以及改善措施等方面开展了碳足迹研究的有益探索。农业作为人类活动与自然交织频繁行业,日益成为世界上碳排放增长的主要来源之一。中国是农业大国,据报道,中国农业温室气体排放总量为 6.21 亿 t 二氧化碳,占全国碳排放总量的 17%^[9],农业碳排放问题随着全球气候问题的发展,日益成为影响中国农业可持续发展的障碍。

目前,许多研究从不同角度对中国碳足迹进行了研究^[10-12],主要集中在经济发达、资源消耗多的东中部地区,研究内容也以碳足迹概念和内涵、核算方法以及能源消费视角的产业碳足迹等为主。对西部岩溶经济发展落后地区,小、微尺度的农业碳足迹研究相对较少。因此本文选取典型岩溶地区研究其农业碳足迹,对于岩溶落后地区调整农业结构、发展低碳农业,实现岩溶区农业可持续发展具有重要参考价值。

1 研究区概况

毕节地区辖毕节、大方、黔西、金沙、织金、纳雍、威宁、赫章 8 个县市,6 个街道办事处,98 个镇,146 个乡,其中 77 个为民族乡。该区域用地面积为 26 853 km²。属北亚热带温凉湿润季风气候,水热资源适中,具有

典型的喀斯特地形地貌特征,是我国最贫困落后的地区之一。2011 年全年粮食总产量 191.9 万 t,比上年下降 12.07%。农林牧渔业总产值 212.45 亿元,比上年增长 3%。其中:农业产值 126.31 亿元,林业产值 4.79 亿元,畜牧业产值 75.95 亿元,渔业产值 1.31 亿元,农林牧渔服务业产值 4.09 亿元。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 碳排放估算

关于农业碳排放的研究,目前尚未形成统一的研究方法。本文主要引用相关研究报道碳排放系数,结合岩溶地区农业的具体特点,估算农业投入所引发的碳排放,主要包括:化肥、农膜、农药、用电量以及柴油直接或间接导致的碳排放。碳排放测算公式为^[13]:

$$E = \sum e_i = \sum T_i \times \delta_i \quad (1)$$

式中: E ——总碳排放量; e_i ——各类碳源碳排放量; T_i ——各碳排放源的量; δ_i ——各碳排放源的碳排放系数。其中化肥、农膜、农药、用电量以及柴油的碳排放系数借用 IPCC 和国内学者的研究成果^[11,14],分别确定为 0.895 6 kg/kg, 2.574 5 kg/kg, 4.934 1 kg/kg, 0.272 kg/(kW·h), 0.592 7 kg/kg。

2.2 作物碳汇估算

农田生态系统中所有农作物全生育期对碳的吸收固定^[12]:

$$C_t = \sum C_f Y_w / H \quad (2)$$

式中: C_f —— i 类作物光合作用合成单位重量干物质所需要吸收的碳; Y_w —— i 类作物的经济产量; H —— i 类作物的经济系数。中国主要农作物碳吸收率(C_f)和经济系数(H)见表 1。

表 1 中国主要农作物碳吸收率和经济系数^[15]

项目	小麦	水稻	豆类	薯类	玉米	烟叶	花生	油菜籽	向日葵
碳吸收率	0.49	0.41	0.45	0.42	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45
经济系数	0.40	0.45	0.35	0.65	0.40	0.55	0.43	0.25	0.30

2.3 碳足迹计算方法

(1)“碳足迹”定义为在特定区域一段时间内,以消纳生物体所释放的 CO_2 的碳汇面积。对于本文来讲,即为消纳农业生产产生碳排放的可耕种土地面积。计算公式如下^[12]:

$$\text{CEF} = \frac{E}{\text{NEP}}, \quad \text{NEP} = \frac{C_t}{S} \quad (3)$$

式中: E ——农田利用的碳排放总量;NEP——农作物的固碳能力; C_t ——农田生态系统中所有农作物全生育期对碳的吸收量; S ——耕地面积。

(2)碳足迹赤字(盈余)(DE)是指某区域的碳足迹与碳生态承载力的差值,公式如下:

$$\text{DE} = \text{CEC} - \text{CEF} \quad (4)$$

式中:DE——碳足迹赤字(盈余),DE>0 表明碳足迹盈余,DE<0,则出现碳足迹赤字;CEC——碳生态承载力,即耕地面积。

2.4 数据来源

以下数据主要来源于 2010 年《毕节地区统计年鉴》、《贵州省统计年鉴》和贵州省和毕节地区统计网站(<http://tjj.gygov.gov.cn/gystjj/2449958197289549824/>)。

3 结果与分析

3.1 碳排放总量及特征

依据公式(1)确定的碳排放源的碳排放系数,计算毕节地区毕节、大方、黔西、金沙、织金、纳雍、威宁、赫章 8 个县市的农业化肥、农膜、农药以及柴油的碳排放量和排放强度,见表 2。通过表 2 可知,毕节地区 8 个县市的农业碳排放量和碳排放强度的地区差异明显,农业碳排放量最多的黔西县为 86 165.37 t,最

少的县织金县为 37 169.33 t,两者相差 48 996.04 t,前者碳排放量是后者的 1.32 倍。其碳排放量的次序依次为黔西县>威宁县>毕节市>大方县>金沙县>纳雍县>赫章县>织金县。碳排放强度最大的为黔西县和纳雍县,最少的为织金县,其顺序依次为黔西县>纳雍县>金沙县>大方县>毕节市>赫章县>威宁县>织金县。威宁县的碳排放量和排放强度趋势不一致,其原因主要是威宁县是毕节地区耕地面积最多的县,单位面积的碳排放较小。

表 2 毕节地区农业碳排放

地区	化肥/t	农膜/t	农药/t	柴油/t	合计/t	耕地面积/hm ²	碳排放强度/(t·hm ⁻²)
毕节	68397.87	7337.33	434.20	954.25	77123.65	58873.02	1.31
大方	74106.42	1948.90	300.98	153.51	76509.81	49681.69	1.54
黔西	81930.38	3509.04	300.98	424.97	86165.37	40836.67	2.11
金沙	66819.82	790.37	88.81	388.81	68087.81	34214.98	1.99
织金	35807.88	723.43	113.48	524.54	37169.33	40401.45	0.92
纳雍	57389.15	6407.93	74.01	1027.74	64898.83	30757.74	2.11
威宁	74688.56	4137.22	296.05	819.11	79940.94	72018.86	1.11
赫章	43234.19	1632.23	231.90	238.27	45336.59	37780.49	1.20
合计	502374.30	26486.45	1840.41	4531.20	535232.40	364103.67	1.47

3.2 碳汇总量及特征

按照农田生态系统中所有农作物全生育期对碳的吸收计算公式(2)和参考中国主要农作物碳吸收率和经济系数,计算毕节地区各县市主要农作物的碳汇,如表 3 所示。

由表 3 可见,毕节地区 8 个县市的农业碳汇量与碳汇强度变化差异明显。碳汇量最大的为黔西县,碳汇量为 404 904.6 t,最小的为赫章县为 187 102.2 t,相差 217 802.4 t。次序依次是黔西县>毕节市>大方县

>威宁县>织金县>金沙县>纳雍县>赫章县。碳汇强度最大的为黔西县,碳汇强度为 9.94 t/hm²,最小的为威宁县,碳汇强度为 4.09 t/hm²。次序依次是黔西县>纳雍县>金沙县>织金县>大方县>毕节市>赫章县>威宁县。其中毕节市、大方县、黔西县、金沙县、织金县、赫章县的农业碳汇量与碳汇强度变化趋势吻合,纳雍县和威宁县的农业碳汇量与碳汇强度呈相反趋势。其原因主要是威宁县耕地面积最大,单位面积的碳汇较小。

表 3 毕节地区农作物碳汇

地区	小麦/t	水稻/t	豆类/t	薯类/t	玉米/t	烟叶/t	花生/t	油菜籽/t	向日葵/t	碳汇量/t	碳汇强度/(t·hm ⁻²)
毕节	27489.82	34966.15	32256.00	4588.14	233003.7	10283.73	407.09	6616.8	15.0	349626.4	5.92
大方	28630.27	19615.85	29387.57	1166.38	201587.6	21123.00	177.91	11872.8	27.0	313588.4	6.30
黔西	18425.63	50125.82	28742.14	5241.54	211969.8	11790.82	211.40	78381.0	16.5	404904.6	9.94
金沙	19122.03	67499.31	8454.86	8282.31	118868.1	6473.45	1551.98	42638.4	9.0	272899.5	7.99
织金	31892.70	48751.86	22131.00	1466.10	167040.0	4555.64	36.63	12792.6	16.5	288683.0	7.12
纳雍	17317.93	23840.89	21066.43	1850.99	180094.5	4180.91	114.07	102.6	4.5	248572.9	8.10
威宁	2973.68	1256.09	18849.86	87427.49	168276.1	14598.82	60.70	72.0	10.5	293525.3	4.09
赫章	12723.35	6295.20	13341.86	40464.93	107308.7	6790.91	4.19	156.6	16.5	187102.2	4.96
合计	158575.4	252351.2	174229.7	150487.9	1388149	79797.28	2563.97	152632.8	115.5	2358902	6.47

3.3 碳足迹特征

根据表 2,表 3 的计算结果,结合公式(3)、(4)以及各县市的耕地面积和农业单位 GDP,得到各县市的碳足迹、碳足迹盈余、单位面积碳足迹和单位农业 GDP 碳足迹,见表 4。

通过表 4 可知,毕节地区 8 个县市的碳足迹差异

化明显,但是农业碳足迹都处于生态盈余状态,即:在目前农业生产状态下,毕节地区农业碳排放完全可以自我消纳。单位面积的碳足迹和单位农业 GDP 碳足迹差异明显,单位面积碳足迹大小为威宁县>纳雍县>金沙县>赫章县>大方县>毕节市>黔西县>织金县;单位农业 GDP 碳足迹顺序为威宁县>赫章县

＞大方县＞金沙县＞黔西县＞毕节市＞纳雍县＞织金县。威宁县无论单位面积碳足迹和单位农业 GDP 都是最大的,织金县刚好相反,主要是由于目前威宁县还主要是以传统农业为主,农业种植是该地区的主要经济来源,靠农业的投入获得农业产量,织金县近年来大力发展旅游业,农业产业收入在县域经济当中的比重下降,传统农业逐渐减少,对减少碳足迹做出了一定贡献。

表 4 碳汇与最终碳排放

地区	碳生态承载力 (耕地面积)/hm ²	碳足迹/ hm ²	生态盈余/ hm ²	单位面积碳足迹/ (hm ² ·hm ⁻²)	农业 GDP/ 万元	单位农业 GDP 碳足迹 (hm ² /万元)
毕节	59013.40	13017.69	45995.71	0.22	735462.70	0.0177
大方	49763.13	12141.29	37621.84	0.24	362426.60	0.0335
黔西	40755.27	8672.89	32082.38	0.21	471352.70	0.0184
金沙	34171.60	8525.74	25645.86	0.25	451097.40	0.0189
织金	40554.60	5221.60	35333.00	0.13	322321.00	0.0162
纳雍	30701.87	8015.82	22686.05	0.26	460679.30	0.0174
威宁	71697.67	19526.69	52170.98	0.27	355030.70	0.0550
赫章	37759.60	9149.50	28610.10	0.24	220469.90	0.0415

4 结 论

(1) 毕节地区 8 个县市的农业碳排放量、碳排放强度、农业碳汇量与碳汇强度地区差异明显。农业碳排放量最多的黔西县为 86 165.37 t,最少的织金县为 37 169.33 t,两者相差 48 996.04 t,前者碳排放量是后者的 1.32 倍。碳汇量最大黔西县为 404 904.6 t,最小的赫章县为 187 102.2 t,相差 217 802.4 t。威宁县是农业碳排放量、碳排放强度、农业碳汇量与碳汇强度变化较大的县,其原因主要是威宁县是毕节地区耕地面积最多的县,但农业发展水平较差。

(2) 毕节地区 8 个县市的碳足迹差异化明显,但是农业碳足迹都处于生态盈余状态。单位面积的碳足迹和单位农业 GDP 碳足迹差异明显。威宁县无论单位面积碳足迹和单位农业 GDP 都是最大的,织金县刚好相反,主要反映了目前威宁县还主要是以传统农业为主,靠农业的投入获得农业产量,农业是该地区的主要经济来源,织金县近年来大力发展旅游业,农业产业收入在县域经济当中比重下降,传统农业逐渐减少,减少了碳足迹。

对于岩溶落后地区,要减小其农业碳足迹,首先需要调整农业产业结构,促进传统农业向生态农业的转化;其次是合理使用化肥、农药等农用化学品,增施有机肥,减少化石能源的消耗,减少碳排放;依靠科技和资金投入,完善农业基础设施,选育优良品种,提高农作物的产量和品质,增强农作物的碳汇能力。

参考文献:

[1] Streets D G, Jiang K J, Hu X L, et al. Recent reduc-

tions in China's greenhouse gas emissions[J]. Science, 2001,294(5548):1835-1837.

[2] Soytaş U, Sari R, Ewing B T. Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States[J]. Ecological Economics,2007,62(3/4):482-489.

[3] 周玮,周运超,李进.喀斯特地区土壤有机碳及其碳转化酶研究[J].水土保持研究,2009,16(1):84-90.

[4] 孙建卫,赵荣钦,黄贤金,等.1995—2005 年中国碳排放核算及其因素分解研究[J].自然资源学报,2010,25(8):1284-1290.

[5] 杜宝华,杨平,全乘风.农田土壤二氧化碳释放问题的研究[J].水土保持研究,1996,3(3):100-104.

[6] 朱孟郡,严平,宋阳,等.风蚀作用下农田土壤碳损失的估算[J].水土保持研究,2008,15(1):226-230.

[7] 腾耀华,张军以,苏维词.三峡库区低碳农业发展模式与减排对策[J].水土保持研究,2012,19(2):226-231.

[8] 王微,林剑艺,崔胜辉,等.碳足迹分析方法研究综述[J].环境科学与技术,2010,33(7):71-79.

[9] 李波,张俊飏,李海鹏.中国农业碳排放与经济发展的实证研究[J].干旱区资源与环境,2011,2(12):8-14.

[10] 黄祖辉,米松华.农业碳足迹研究:以浙江省为例[J].农业经济问题,2011(11):40-49.

[11] 耿涌,董会娟,郝凤明.应对气候变化的碳足迹研究综述[J].中国人口·资源与环境,2010,20(10):6-13.

[12] 段华平,张悦,赵建波.中国农田生态系统的碳足迹分析[J].水土保持学报,2011,25(5):203-209.

[13] 李波,张俊飏,李海鹏.中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J].中国人口·资源与环境,2011,21(8):80-87.

[14] 谢淑娟.广东省农业生产能源消费碳排放分析及减排对策[J].安徽农业科学,2011,39(28):17514-17516.

[15] 李克让.土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环[M].北京:气象出版社,2000.