

文章编号 :1007 - 7588(2006)01 - 0009 - 05

中国大陆秸秆露天焚烧的量的估算

曹国良^{1,2}, 张小曳¹, 郑方成², 王亚强¹

(1. 中国气象局大气成分观测与服务分中心, 北京 100081;

2. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西安 710055)

摘要:根据 2001 年~2003 年各省市农作物的产量和谷草比值, 计算了全国和各省市农业秸秆的总量, 全国农业秸秆产生量约 6×10^8 t/年, 其中稻谷、小麦、玉米 3 种秸秆共占总量的 76% 左右; 结合各地区所处气候带、农村生活水平、植被覆盖现状和各种农作物的主要产量等, 预估了农业秸秆被露天焚烧的比例, 为 0~50%, 并由此计算了各年份我国大陆农业秸秆被露天焚烧的总量及各省市的清单, 并进一步细化到县、区级行政区, 使用地理信息系统给出了 $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ 的单位面积秸秆被露天焚烧量的分布图。研究表明, 由于经济发展水平和生活习惯的不同, 农业秸秆被露天焚烧的量在地区间的分布不均衡, 量较大的包括华东、东北地区的各省市; 单位面积秸秆被露天焚烧的量较高的地区由东北至华东呈带状分布。最后, 提出了控制秸秆露天焚烧的措施。

关键词:中国大陆; 秸秆; 露天燃烧; 清单

1 前言

我国是农业大国, 在农业主产区, 上世纪 70 年代以前, 农业秸秆主要用来作生活燃料和大牲畜的饲料, 由于作物单产水平较低, 秸秆数量也极为有限, 秸秆总量供应紧缺。上世纪 80 年代以来, 随着农作物单产提高, 农业秸秆总量迅速增加, 而直接作为生活燃料和饲料的比例大幅度减少, 广大农民为赶农时, 抢播种, 图省事, 多数地区就开始出现秸秆焚烧现象, 并越来越严重。大面积焚烧农业秸秆的现象不但造成了极大的环境污染问题, 而且浪费了宝贵的生物资源^[1,2]。

农业秸秆露天焚烧主要在如下 3 种地区:

(1) 地广人稀的产粮区: 如吉林、黑龙江省, 大量的秸秆被剩余而焚烧。

(2) 富裕地区: 随着农民生活水平的提高, 直接燃烧秸秆的方式逐渐被商品能源取代, 成为农民提高生活质量的首选目标。江苏、浙江等省农民生活用能的商品化率已超过 90%, 有 50% 左右的农业秸秆被遗弃或野外露天焚烧。

(3) 能源产区: 在一些能源产地, 由于农民很容易获得廉价的能源, 因而也有大量的秸秆剩余。

关于被露天焚烧掉的农业秸秆的量, 我国基本

没有这方面的统计资料。

为了解我国大陆农业秸秆被露天焚烧的数量, 根据计算的 2001 年~2003 年秸秆的产量和被露天焚烧的比例, 估算了农业秸秆被露天焚烧的总量及清单, 为解析污染源、预测气候影响模拟模式的研究提供参考。

2 研究资料与方法

2.1 农业秸秆的产生量

2001 年~2003 年全国及各省、市、自治区(不含港、澳、台)的粮食和经济作物的产量来源于国家统计局、农业部的年度统计资料^[3,4], 结合谷草比例, 得到全国及各省份的农业秸秆产量, 见表 1、表 2。可见, 近些年我国的农业秸秆总量在 6×10^8 t 左右, 变化不大, 其中稻谷、小麦、玉米 3 种粮食作物由于播种面积占总播种面积的 50%, 所产生的秸秆量占总量的 76% 左右。农业秸秆产生量较高的省份是河南、山东、河北、东北地区、四川等, 其中河南省的最高, 占全国的 10% 左右。西部地区由于农业作物总产量不高, 使得农业秸秆的产生量也较低。

2.2 农业秸秆被露天焚烧比例

农田秸秆露天焚烧具有很强的季节性, 其燃烧量由所处气候带、农村生活水平、植被覆盖现状和各

收稿日期: 2004-12-02; 修订日期: 2005-04-06

基金项目: 中国气象局气候变化专项项目“涉及气候外交的关键气溶胶组形成、变化机制及对气候的影响”。

作者简介: 曹国良(1969~)男, 江苏兴化市人, 博士, 研究领域为全球变化专业。

E-mail: 82205975@163.com

表1 我国主要农作物秸秆产量

Table 1 Output of crop biomass in China ($\times 10^4$ t)

	谷草比*	2001		2002		2003	
		产量	秸秆量	产量	秸秆量	产量	秸秆量
稻谷	0.623	17 758.0	11 063.0	17 454.0	10 873.8	16 065.0	10 008.0
小麦	1.366	9 387.6	12 823.0	9 029.0	12 333.6	8 648.8	11 814.0
玉米	2.000	11 409.0	22 818.0	12 131.0	24 262.0	11 583.0	23 166.0
杂粮	1.000	1 093.0	1 093.0	1 184.6	1 184.6	1 131.5	1 132.0
豆类	1.500	2 052.9	3 079.0	2 241.2	3 361.8	2 127.5	3 191.0
薯类	0.500	3 563.2	1 782.0	3 666.0	1 833.0	3 513.1	1 757.0
油料	2.000	2 865.0	5 730.0	2 897.2	5 794.4	2 811.0	5 622.0
棉花	3.000	532.4	1 597.0	491.6	1 474.8	486.0	1 458.0
麻类	1.700	68.1	115.8	96.4	164.0	85.3	145.0
糖料	0.1(叶)	8 655.0	865.5	10 293.0	1 029.3	9 642.0	96.4
合计		60 967.0	62 311.0	62 311.0	62 311.0	59 257.0	59 257.0

* 谷草比采用的是中国农村能源行业协会数据(CAREI 2000 p24)

表2 近几年我国各省市秸秆露天焚烧的量

Table 2 Quantities of crop biomass open burned in china recent years

($\times 10^4$ t)

	产量			焚烧量		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
北京	181	147	104	83	68	48
天津	263	249	232	95	90	84
河北	4 356	4 249	4 275	1 080	1 053	1 060
山西	1 136	1 525	1 604	216	291	306
内蒙古	2 200	2 477	2 439	448	505	497
辽宁	2 193	2 335	2 401	517	550	566
吉林	3 268	3 791	3 942	661	767	797
黑龙江	3 485	4 146	3 441	749	891	739
上海	140	118	89	78	66	50
江苏	3 434	3 311	2 863	1 235	1 190	1 029
浙江	899	784	680	382	333	289
安徽	3 302	3 529	2 876	639	683	556
福建	598	565	531	193	183	172
江西	1 252	1 197	1 121	267	256	239
山东	6 703	5 959	6 280	1 782	1 585	1 670
河南	6 942	7 103	5 790	1 379	1 411	1150
湖北	2 494	2 296	2 256	566	521	512
湖南	2 260	2 099	2 082	497	461	457
广东	1 372	1 283	1 243	501	469	454
广西	1 688	1 752	1 761	315	327	328
海南	180	181	192	39	39	42
重庆	1 010	1 084	1 105	191	205	209
四川	3 231	3 513	3 468	615	669	660
贵州	1 354	1 349	1 350	186	185	186
云南	1 965	1 933	1 870	291	286	276
西藏	120	121	119	16	16	16
陕西	1 507	1 565	1 529	218	226	221
甘肃	1 115	1 173	1 199	159	168	171
青海	162	150	143	24	22	21
宁夏	385	435	423	66	75	73
新疆	1 773	1 893	1 847	287	306	299
全国	60 967	62 311	59 257	13 776	13 895	13 178

种农作物的主要产量等因素决定,但最主要是由农民的收入水平和农民的秸秆利用成本决定^[5]。关于各地秸秆被露天焚烧的比例,有限的资料中,从1%~50%的都有^[6~15],相差极大,但总的情况是发达地区的比例高一些。据陈新锋在河南省的抽样调查,在没有外部干预和技术突破的条件下,农民收入水平与秸秆焚烧量成正比^[5]。

为了能相对准确地估计各省市露天焚烧的秸秆的量,综合了所能查到的资料,根据各省、市农村生活水平、气候带、植被覆盖现状和水稻、小麦、玉米的主要产地等资料,尤其是农村居民年平均收入的资料^[3],将全国按秸秆露天焚烧的比例分为5种区域,具体见表3。

表3 全国农业秸秆露天焚烧比例分析

Table 3 Proportion of crop biomass open burning in China

焚烧比例(%)	省市	分析
>40	北京、上海	经济发达 秸秆利用率低
30~40	天津、江苏、浙江、福建、广东 吉林、黑龙江	经济发达 秸秆利用率低 地广人稀 秸秆利用率低
20~30	山西、陕西 辽宁、河南、山东、河北、海 南、江西、湖北、湖南、安徽	能源产地,但经济欠发达 秸秆利用率较高
10~20	宁夏、甘肃、新疆、广西、四 川、重庆、云南、贵州	秸秆利用率高
<10	内蒙古、青海、西藏	秸秆利用率高

3 结果及分析

3.1 秸秆被露天焚烧的分区计算结果

根据各年度全国及各省市农业秸秆的产生量和被露天焚烧的比例,得到各年度各省市(不含港、澳、台)农业秸秆被露天焚烧的清单,见表2。可见,由于所处地理位置及气候条件不同,经济发展水平、人口分布密度的巨大差异,使得不同地区农业秸秆被露天焚烧的量相差悬殊,其中,山东省的焚烧量最高,其次为河南、江苏、河北、东北各省,这主要是因为华东地区的农村经济较发达,而东北地区是地广人稀的产粮区,秸秆剩余量较大,使得农业秸秆被露天焚烧的量很大。

3.2 网格分布

图1给出了全国按经纬度网格化处理($0.2^\circ \times 0.2^\circ$)的2003年全国农业秸秆被露天焚烧的量的分布(其它年份的分布与此图类似),可见单位面积农业秸秆被露天焚烧的量较高的地区集中在东北、华东和四川省,并由东北至华东呈带状分布。

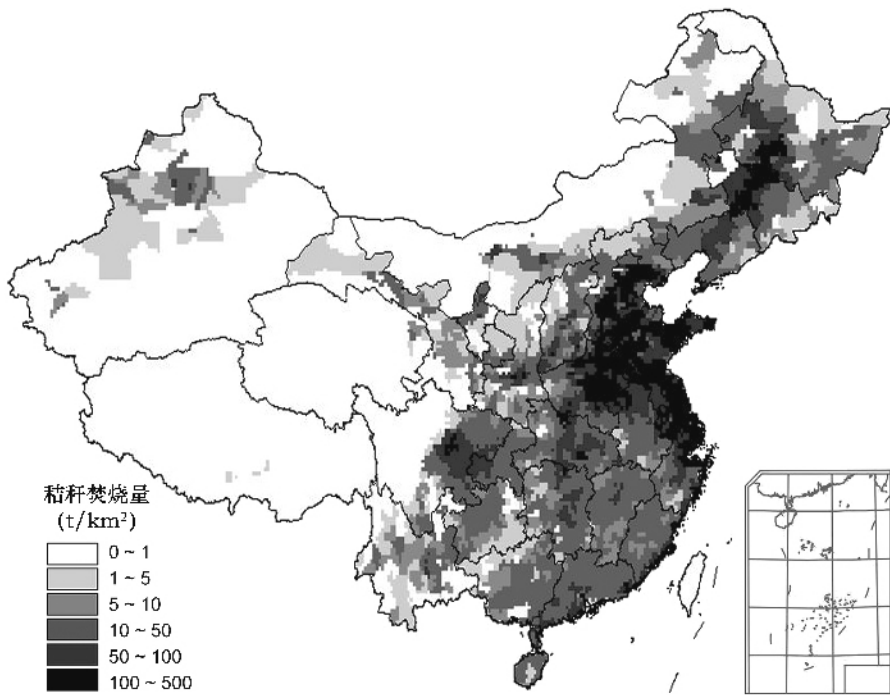


图 1 2003 年秸秆焚烧量的网格分布(0.2°×0.2°)

Fig.1 Gridded distribution of crop biomass open burned in 2003(t/km²)

4 减少秸秆露天焚烧的建议

秸秆露天焚烧已经成为社会关注的公害,它主要有四大危害:

(1) 焚烧后产生大量的烟雾、烟尘、一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫等污染物质,使局部大气环境质量恶化,诱发呼吸道、肺部和眼部疾病等。

(2) 露天焚烧秸秆影响交通安全。焚烧秸秆产生的大量烟雾,使空气能见度下降,影响飞机正常起降和车辆安全行驶,诱发交通事故。

(3) 影响公共设施安全。尤其是在通讯线路、高压输电线路附近焚烧秸秆,容易造成线路损坏,易诱发火灾事故。

(4) 秸秆的露天焚烧,烤焦了 3cm~5cm 的土壤,使得有机质大量损失,土壤生物不复存在,实际上损害了土壤的墒情。

国家环保总局、农业部、财政部、铁道部、交通部和民航总局曾在 2000 年 5 月联合发布“秸秆禁烧和综合利用管理办法”,但实行效果并不理想。秸秆禁烧必须疏堵结合,以疏为主,要建立秸秆禁烧的长效机制,综合利用是关键,应从以下几点重点展开工作:

(1) 国家应尽快出台相应的经济、环保政策,对秸秆综合利用产业予以扶持。建议财政部、农业部、国家环保总局等部门尽快出台有关秸秆综合利用方

面的设备、方案及政策。

(2) 推广秸秆直接还田技术。秸秆还田能有效增加土壤有机质含量,改良土壤,培肥地力,特别对缓解我国氮、磷、钾比例失调的矛盾,弥补磷、钾化肥不足有十分重要的意义。坚持常年秸秆还田,不但在培肥阶段有明显的增产作用,而且后效十分明显,有持续的增产作用。当然,秸秆还田的适宜方式、时间、数量、粉碎程度、翻压深度、土壤水分等因素必须综合考虑。

(3) 畜牧业及乡镇企业较发达的地区,可大力推广青贮、微贮、氨化、盐化、碱化等秸秆饲料技术,推进草食动物养殖业的发展和提高乡镇企业的经济效益;

(4) 利用秸秆热解气化技术,大力推广秸秆气化集中供气的推广应用,为广大农民提供清洁、高效、优质的燃气,满足农民对优质生活燃料的需要。国内一些高等院校和科研院所已在这方面做了大量应用研究,取得不少成果;总体看来,我国秸秆气化技术已相当成熟,且集中供气在我国也具有良好的市场前景。

(5) 推广秸秆制沼气技术。先把秸秆氨化制成饲料,经牲畜过腹后入沼气池产生沼气,再把副产物沼渣和沼液作高效有机肥和养殖营养饲料。这项沼气技术既利用了秸秆资源,又从饲料、燃料、肥料这

3方面实现良性循环,是最科学、最合理的秸秆综合利用技术之一。

(6)在目前气化技术相当成熟的条件下,进行高效低耗秸秆气化技术的研究与开发,建设大中型秸秆发电厂,不仅具有较好的经济效益,而且具有良好的生态和社会效益。目前山东、河北、陕西等省已开始进行秸秆发电厂的建设。

(7)利用秸秆生产全降解快餐盒。利用稻麦草浆做的快餐盒各项指标良好,价格低廉,而且生产过程中无毒、无污染,原料来源广泛。快餐盒被扔后能很快降解,不构成环境威胁,焚烧时也无毒气放出,不会污染环境空气。这项技术既有社会效益,又有经济效益,应为今后秸秆资源化技术的发展方向之一。

5 结论

(1)近些年我国的秸秆总量变化不大,在 6×10^8 t左右,其中稻谷、小麦、玉米3种粮食作物由于播种面积大,所产生的秸秆量占总量的76%左右。

(2)各省、市由于气候、农村生活水平、植被覆盖现状和水稻、小麦、玉米的产量等不同,使得农业秸秆被露天焚烧的比例不同。

(3)农业秸秆被露天焚烧的量在地区间的分布极不均衡,量最大的是山东、河南等省,其它较大的包括华东、东北等省市,西部地区则较少。

(4)单位面积农业秸秆被露天焚烧的量较高的地区由东北至华东呈带状分布。

(5)秸秆禁烧必须建立长效机制,加强综合利用的技术研究、推广,并从产业政策、综合规划、经济支持等方面予以倾斜,在一定区域内集中产生秸秆综合利用的规模效益,并予以推广。

参考文献 (References):

[1] Duan F. k. , Liu X. D. , Yu T. Identification and estimate of biomass burning contribution to the urban aerosol organic carbon concentrations in Beijing[J]. *Atmospheric Environment* , 2004 , 38 (9): 1 275 ~ 1 282 .

[2] 杭维琦,陈建江. 野外燃烧秸秆对环境质量的影响与防治[J]. 环境监测管理与技术, 2000 , 12(2): 36 ~ 37. [HANG Wei-qi, CHEN Jian-jiang. Effect on environmental quality of and control of setting straw on fire on field[J]. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring* , 2000 , 12(2): 36 ~ 37.]

[3] 国家统计局. 中国统计年鉴 2001 ~ 2003[R]. 北京: 中国统计出版社, 2001 ~ 2003. [National Bureau of Statistics of China.

China Statistical Yearbook 2001 ~ 2003[R]. Beijing : China Statistic Press , 2001 ~ 2003.]

- [4] 中国农业年鉴编辑部. 中国农业年鉴 2001 ~ 2003[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001 ~ 2003. [Editorial Department of China Agriculture Yearbook. China Agriculture Yearbook 2001 ~ 2003[R]. Beijing : China Agriculture Press , 2001 ~ 2003.]
- [5] 陈新锋. 对我国农村焚烧秸秆污染及其治理的经济学分析[J]. 中国农村经济, 2001 (2): 47 ~ 52. [CHEN Xin-feng. Economics analysis on pollution from straw burning and managing in rural China[J]. *China Rural Economy* , 2001 (2): 47 ~ 52.]
- [6] 姚政,王树红,蒋小华等. 上海郊区秸秆还田现状与对策初探[J]. 农业环境与发展, 2001 , (3): 40 ~ 41. [YAO Zheng , WANG Shu-hong , JIANG Xiao-hua , et al. The current situation and approach of return straw to field in suburb of Shanghai[J]. *Agro-Environment and Development* , 2001 (3): 40 ~ 41.]
- [7] 瓮伟,杨继涛,赵青玲,等. 我国秸秆资源化技术现状及其发展方向[J]. 中国资源综合利用, 2004 (7): 18 ~ 21. [WENG Wei , YANG Ji-tao , ZHAO Qing-ling , et al. Current situation and developing direction of straw utilization technology in China[J]. *China Resources Comprehensive Utilization* , 2004 (7): 18 ~ 21.]
- [8] 胡代泽. 我国农作物秸秆资源的利用现状与前景[J]. 资源开发与市场, 2000 , 16(1): 19 ~ 20. [HU Dai-ze. The utilizing status and prospects of the crop straw resources in China[J]. *Resource Development & Market* , 2000 , 16(1): 19 ~ 20.]
- [9] 郭标,陈静,朱晓东,等. 农村秸秆焚烧的原因及对策研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2001 , 11(51): 110 ~ 112. [WU Li , CHEN Jing , ZHU Xiao-dong , et al. Straw-burning in rural areas of China : caused and controlling strategy[J]. *China Population , Resources and Environment* , 2001 , 11(51): 110 ~ 112.]
- [10] 林日强,宋丹丽. 广东省作物秸秆的利用现状及问题[J]. 土壤与环境, 2002 , 11(1): 110. [LIN Ri-qiang , SONG Dan-li. Utilizing status and problems of crop straw on Guangdong Province [J]. *Soil and Environmental Sciences* , 2002 , 11(1): 110.]
- [11] 余臻. 福州市农作物秸秆资源化发展趋势[J]. 福建环境, 2003 , 20(5): 31 ~ 32. [YU Zhen. The developing trend of resources treatment of crop stalk in Fuzhou City[J]. *Fujian Environment* , 2003 , 20(5): 31 ~ 32.]
- [12] 刘娅. 农作物秸秆治理与综合利用[J]. 辽宁农业科学, 2003 , (1): 18 ~ 23. [LIU Ya. Managing and integrated using of crop biomass [J]. *Liaoning Agricultural Sciences* , 2003 , (1): 18 ~ 23.]
- [13] Gu S H , Zhang X L and Wang G H. Energy Use and Agricultural Sustainable Development[M]. Beijing : Beijing Press , 2001 .
- [14] Yevich , R. , and J. A. Logan. An assessment of biofuel use and burning of agricultural waste in the developing world[J]. *Global Biogeochem. Cycles* , 2003 , 17 (4): 1095 , doi : 10.1029/2002GB001952 . 1 ~ 40.
- [15] Streets D. G. , Shalini Guptaa , Stephanie T. et al. Black carbon emissions in China[J]. *Atmospheric Environment* , 2001 , 35 : 4 281 ~ 4 296.

Estimating the Quantity of Crop Residues Burnt in Open Field in China

CAO Guo-liang^{1,2}, ZHANG Xiao-ye¹, ZHENG Fang-cheng², WANG Ya-qiang¹

(1. Centre for Atmosphere Watch & Services, CMA; Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;

2. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract Burning crop residue in the field after harvesting, as a way of disposing the waste, is a common practice in China, and exist mainly in three kinds of regions: grain-producing regions with a small population density such as Jilin and Heilongjiang; developed regions such as Shanghai, Zhejiang and Jiangsu; energy producing regions such as Shanxi. It has resulted in many serious and urgent problems including air pollution, transportation problem, soil quality, fertility degradation, and so on. Total amount of crop residue was calculated based on statistics of crop output from 2001 to 2003 and crop-to-residue ratios. The quantity of crop residue is about 6×10^8 t/a; rice, wheat and corn residues account for 76% of the total. The proportion of residue burnt in open field in each province ranges from 0 to 50% according to the data of living standards, climate zones and production sites at each province. Total quantity of crop residue burnt in recent years in China is about 1.6×10^8 t/a, and the largest contribution is from Shandong, Henan, Jiangsu, Hebei, and Heilongjiang, most of which are in the eastern China due to the higher income of peasant and the higher rural population density. As a case, the spatial grid with resolution of $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ shows the distribution of crop residue burnt in China in 2003. The results show a significant differences among regions: the provinces in East China and Northeast China contribute to a higher proportion of residue burnt in open air, and the proportions in western China and Inner Mongolia are lower due to a lower rural population density and lower economic development level. The regions with a higher proportion concentrate in a belt across major agricultural zone, from Northeast China to East China. At last, some suggestions on how to decrease crop residue burnt in China are put forward. In order to lessen the effect on environmental quality, open burning must be prohibited, and a long-term mechanism should be set up. The strategy should include administrative and legal management approaches, as well as economic and technical methods.

Key words China; Crop residue; Open burning; Distribution