

黄淮海地区农作物秸秆资源分布及利用结构分析

方放^{1,2}, 李想³, 石祖梁⁴, 王飞^{1,3}, 常志州⁴,
张姍⁵, 孙仁华³, 宝哲³, 邱凌^{1*}

(1. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 杨凌 712100; 2. 中国农业科学院 北京 100081; 3. 农业部农业生态与资源保护总站, 北京 100125; 4. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 南京 210014; 5. 南京农业大学农学院, 南京 210095)

摘要: 为推动区域农作物秸秆全量化利用, 以黄淮海地区 5 省市为研究对象, 对各类农作物秸秆进行了统计分析, 计算了 5 省市农作物秸秆资源量、秸秆资源密度、人均秸秆资源占有量, 明确了秸秆资源分布及利用现状, 初步分析了秸秆全量化利用的潜势。结果表明: 黄淮海 5 省市农作物秸秆资源理论数量达到 2.4×10^8 t, 可收集量达到 2.1×10^8 t。秸秆综合利用率达 76%, 其中肥料化、饲料化、基料化、能源化、原料化利用分别占已利用量的 49.0%、31.6%、4.4%、8.8%、6.2%。秸秆资源密度和人均秸秆资源占有量均高于全国平均水平。通过分析黄淮海各省(市)秸秆潜在利用途径, 预测竞争性秸秆利用需求量为 1.5×10^8 t, 分别为肥料化 6.7×10^7 t、饲料化 5.7×10^7 t、基料化 1.1×10^7 t、原料化 1.8×10^7 t, 秸秆资源可能资源化利用量则为 8.80×10^7 t。在已有利用结构基础上, 黄淮海地区秸秆实现全量化利用的总体趋势表现为“两个增加”、“一个减少”、“两个调节”, 即基料化和原料化利用分别增加 2.5×10^6 和 6.3×10^6 t, 饲料化利用减少 4.8×10^5 t, 肥料化利用调节范围为 $-2.2 \times 10^7 \sim 7.2 \times 10^7$ t, 能源化利用调节范围为 $0 \sim 7.2 \times 10^7$ t。并提出“区域统筹, 整体推进”, 建立长效运行机制的工作思路。

关键词: 农作物; 秸秆; 肥料; 利用现状; 利用潜势; 黄淮海地区

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2015.02.032

中图分类号: X712; S210.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-02-0228-07

方放, 李想, 石祖梁, 等. 黄淮海地区农作物秸秆资源分布及利用结构分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(2): 228-234.

Fang Fang, Li Xiang, Shi Zuliang, et al. Analysis on distribution and use structure of crop straw resources in Huang-Huai-Hai Plain of China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(2): 228-234. (in Chinese with English abstract)

0 引言

黄淮海地区主要包括北京市、天津市、河北省、山东省、河南省 5 个行政省和直辖市, 是中国重要的粮食主产区, 占全国粮食播种面积的 33%, 粮食总产量占全国总量的 35%^[1]。该区属半干旱、半湿润地区, 热量资源可满足一年两熟的种植要求, 其主要栽种方式是冬小麦-夏玉米轮作, 花生、棉花、大豆、水稻等也有较高的种植面积。近年来, 随着农作物产量的不断提高, 其副产品秸秆的产生量也日益增多^[2], 同时伴随着农业生产和农民生活方式的转变, 黄淮海地区秸秆出现了地区性、季节性、结构性过剩, 秸秆随意丢弃和露天焚烧的现象激增, 不仅造成资源的巨大浪费, 而且带来污染大气、影响交通安全等严重问题^[3-5]。据研究, 农作物秸秆露天焚烧产生的氮氧化物、一氧化碳、苯等有害气体及颗粒物成为中国北方地区出现较重雾霾天气的重要污染源之一^[6], 因此

黄淮海地区秸秆禁烧和综合利用形势十分严峻。进一步推动农作物秸秆的综合利用, 首先必须对秸秆资源数量及其利用现状进行统计分析, 前人对作物秸秆产量、资源分布特征、利用途径等进行了大量的调查研究^[7-9], 但主要局限在全国水平上, 对不同地区秸秆资源分布特点和利用途径的研究较少。而从根本上解决好黄淮海地区秸秆相对过剩问题, 防止露天焚烧带来的一系列危害, 关键是要实现区域秸秆的全量利用。为此, 本文依据各省(市)的《秸秆综合利用规划中期评估报告》对黄淮海 5 省(市)农作物秸秆产生和利用现状及其利用潜力进行了系统的评估分析, 以期为该区域秸秆实现全量利用提供理论依据。

1 研究方法

1.1 数据来源

黄淮海地区种植制度和生活方式各不相同, 地区经济发展水平存在一定差异, 这对秸秆的利用方式将产生很大的影响。由于时间和人员有限, 本文主要采取文献分析的方法。数据主要来源于《秸秆综合利用中期评估报告》(2013)^[10], 《中国统计年鉴》(2013)^[11], 《中国农村统计年鉴》(2013)^[12], 《中国农业年鉴》(2012)^[13], 《全国农作物秸秆资源调查与评价报告》^[14], 《农作物秸秆资源资源化利用调查与评价研究》^[15], 北京市、天

收稿日期: 2014-10-27 修订日期: 2015-01-10

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303101); 江苏省农业自主创新基金项目[CX(12)1002]

作者简介: 方放, 男, 安徽合肥人, 高级工程师, 博士, 主要从事农村能源环保政策研究。北京 中国农业科学院, 100081。Email: fangfang@caas.cn

*通信作者: 邱凌, 男, 陕西西乡人, 教授, 博士, 主要从事农村能源与环境工程研究。杨凌 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 712100。

Email: ql2871@126.com

津市、河北省、河南省、山东省的《2014~2015年秸秆综合利用实施方案》^[16-19]、《食用菌发展规划》^[19-21]、《畜牧业发展规划》^[22-26]，以及国内外公开发表的期刊论文等。同时走访科研院所有关专家，了解中国秸秆利用发展状况与发展趋势，探讨区域农作物秸秆全量化利用的方式方法。

1.2 计算方法

1.2.1 秸秆理论资源量与可收集资源量

农作物秸秆理论资源量与可收集资源量均来源于 5 省市上报的《2014~2015 年秸秆综合利用实施方案》中的统计数据。

1.2.2 可能源化利用秸秆量

评价秸秆可供能源利用的资源量时，除了扣除为保证土壤肥力秸秆还田外，还需要考虑当地秸秆资源现有的竞争性用途。由于秸秆还田量包括作物留茬部分，因此秸秆可能源化利用量公式如下：

可能源化利用量=可收集资源总量-饲料化利用量-原料化利用量-基料化利用量-(肥料化利用量-留茬量)；

留茬量=理论资源量-可收集资源量；

肥料化利用量指为实现土壤生产力维持与持续提高的秸秆最小还田量，黄淮海地区秸秆最小还田量应达到 3 t/hm^2 ^[27]；

饲料化利用量指奶(肉)牛的存栏总量所需求的饲用秸秆量，以每头牛年消耗秸秆 1.7 t(风干质量)计算^[15]；

基料化利用量指生产食用菌所需的秸秆量，按 1:1 比例计算^[27]；

原料化利用量来源于 5 省市上报的《2014—2015 年秸秆综合利用实施方案》中的统计数据。

1.2.3 人均秸秆资源占有量

人均秸秆资源占有量是指某一区域人均秸秆资源占有的数量，通常使用乡村人口总数。

1.2.4 秸秆资源密度

资源密度是指某一区域单位播种面积的秸秆资源数量。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 软件对数据进行处理和制图。

2 结果与分析

2.1 黄淮海地区农作物秸秆资源分布及其种类构成

根据已开展的农作物秸秆综合利用评估结果，2012 年黄淮海地区 5 省(市)农作物秸秆理论资源量约为 2.4 亿 t(表 1)；秸秆可收集总量为 2.1 亿 t，北京、天津、河北、河南、山东分别占 1.1%、1.0%、27.3%、36.5%、34.2%。从品种上看，小麦、玉米、花生秸秆产生量较多，分别占秸秆资源量的 39.2%、37.0%和 13.1%，而水稻、棉花、大豆、薯类等其他农作物秸秆产生量仅占总资源量的 10.7%。因此，小麦、玉米和花生秸秆是黄淮海地区农作物秸秆处理和利用的重点。

表 1 黄淮海地区主要农作物秸秆产生量
Table 1 Straw yield of different crops in Huang-Huai-Hai Plain

省市 Province/city	作物种类 Crops								秸秆总量 Total straw yield	可收集总量 Collectable amount
	玉米 Maize	小麦 Wheat	水稻 Rice	花生 Peanut	棉花 Cotton	大豆类 Legume	薯类 Potatos	其他 Others		
北京市 Beijing	229.6	26.5	0.4	1.6	1.5	1.2	0.7	1.1	262.6	233.3
天津市 Tianjin	128.4	65.0	11.2	1.8	28.9	2.7	—	—	237.9	207.3
河北省 Hebei	2 201.0	2 009.0	60.0	1 428.0	292.0	30.0	156.0	—	6 176.0	5 794.0
河南省 Henan	2 537.4	3 991.7	548.6	1 361.1	65.0	152.2	69.6	—	8 725.6	7 750.1
山东省 Shandong	3 807.4	3 334.3	118.2	355.5	387.4	—	—	652.9	8 655.8	7 259.7
总计 Total	8 903.7	9 426.5	738.3	3 148.0	774.8	186.2	226.4	654.0	24 057.9	21 244.4

2.2 黄淮海地区秸秆资源密度

黄淮海 5 省(市)秸秆资源密度平均为 6.94 t/hm^2 ，其中北京最高达 8.67 t/hm^2 ，其次为山东、河北、河南，天津仅为 5.08 t/hm^2 。除天津外，其余 4 省(市)秸秆资源密度均高于全国平均水平(表 2)。

表 2 秸秆资源密度和人均秸秆资源占有量

Table 2 Density of straw resources and per capita hold of straw resources

省市 Province/city	秸秆资源密度 Density of straw resources/(t·hm ⁻²)	人均占有秸秆量 Per capita hold of straw resources/t
全国 Nationwide	5.94	1.47
黄淮海 5 省 Mean value of five provinces	6.94	1.63
北京 Beijing	8.68	0.94
天津 Tianjin	5.08	0.90
河北 Hebei	7.04	1.57
河南 Henan	6.12	1.56
山东 Shandong	7.97	1.83

全国人均秸秆资源占有量为 1.47 t，而黄淮海 5 省(市)平均为 1.63 t，其中山东最高为 1.81 t，天津最低仅为 0.90 t，北京和天津两市人均秸秆资源占有量低于全国平均水平(表 2)。

2.3 黄淮海地区农作物秸秆的利用结构

黄淮海地区秸秆已利用总量约为 1.83 亿 t，综合利用率为 76.0% (秸秆利用量/秸秆总量)，其中河北省秸秆综合利用率超过 80%，天津市和河南省低于 75%。从秸秆种类上来看，玉米、小麦秸秆利用绝对量最高，分别占已利用量的 37.45%和 39.22%；而从相对利用量来看，玉米、小麦、水稻、花生、棉花、大豆、薯类、其他作物秸秆利用量占各自产生量的比例分别为 76.9%、76.1%、60.6%、80.4%、76.6%、58.0%、75.3%、63.6%，以花生秸秆相对利用率最高。

肥料化、饲料化、基料化、能源化和原料化是黄淮海地区农作物秸秆利用的主要方式，分别占已利用量的

49.0%、31.6%、4.4%、8.8%和 6.2%，以肥料化和饲料化利用为主（表 3）。不同作物秸秆利用结构存在差异，玉米、花生、大豆、薯类秸秆均以饲料化和肥料化为主要利用方式，分别占已利用量的 45.3%~56.4%和 22.6%~38.0%；小麦秸秆 74.5%作为肥料化利用；水稻秸秆饲料化和原料化利用分别占 52.9%和 26.2%；棉花秸秆能源化和肥料化利用分别占 53.3%和 27.1%；其他作物秸秆饲料化、肥料化、能源化分别占 41.8%、28.2%和 22.8%。

不同省（市）之间秸秆利用结构也存在一定差异，北京市和山东省秸秆肥料化利用比例超过 50%，并兼顾饲料化和能源化利用，其中北京市主要利用玉米和小麦秸秆，对其他作物秸秆基本未作利用，而山东省各类秸秆利用发展较为均衡；河北省、河南省秸秆肥料化和饲料化利用并重，各类秸秆均有较高的利用率；天津市则以能源化利用为主，兼顾肥料化和饲料化发展，玉米秸秆和水稻秸秆利用率较高，而花生秸秆则尚未开发利用。

表 3 黄淮海地区农作物秸秆利用结构
Table 3 Utilization structure of crop straw in Huang-Huai-Hai Plain

10⁴ t

省市 Province/city	利用方式 Utilization patterns	作物种类 Crops								利用总量 Utilization amount
		玉米 Maize	小麦 Wheat	水稻 Rice	花生 Peanut	棉花 Cotton	大豆类 Legume	薯类 Potatos	其他 Others	
北京市 Beijing	肥料化 Fertilizer	118.10	21.20	—	—	—	—	—	—	139.30
	饲料化 Fodder	43.90	—	—	—	—	—	—	—	43.90
	基料化 Stroma	1.00	0.66	—	—	—	—	—	—	1.66
	能源化 Energy and fuel	18.80	—	—	—	—	—	—	—	18.80
	原料化 Feed stock	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	小计 Subtotal	181.80	21.86	—	—	—	—	—	—	203.66
天津市 Tianjin	肥料化 Fertilizer	16.86	24.33	0.73	—	0.11	0.05	—	—	42.08
	饲料化 Fodder	32.38	—	—	—	—	0.17	—	—	32.55
	基料化 Stroma	—	—	—	—	0.01	—	—	—	0.01
	能源化 Energy and fuel	47.38	6.66	—	—	6.11	1.12	—	—	61.27
	原料化 Feed stock	3.32	0.10	6.45	—	0.38	—	—	—	10.25
	小计 Subtotal	99.94	31.09	7.18	—	6.61	1.34	—	—	146.16
河北省 Hebei	肥料化 Fertilizer	148.00	1 500.00	18.31	374.11	150.81	20.63	36.13	—	2 248.00
	饲料化 Fodder	1 220.00	200.00	22.95	657.89	—	—	71.15	—	2 172.00
	基料化 Stroma	211.00	55.00	2.87	18.28	13.96	1.43	7.46	—	360.00
	能源化 Energy and fuel	—	—	1.17	27.96	52.71	3.59	3.05	—	38.50
	原料化 Feed stock	—	—	6.01	143.06	32.26	—	15.63	—	196.96
	小计 Subtotal	1 579.00	1 755.00	51.32	1 221.33	249.74	25.66	133.42	—	5 015.46
河南省 Henan	肥料化 Fertilizer	839.02	1 753.25	48.84	175.29	—	20.26	13.34	—	2 850.00
	饲料化 Fodder	812.66	343.45	198.30	486.09	—	60.77	23.73	—	1 925.00
	基料化 Stroma	25.40	158.52	—	96.08	—	—	—	—	280.00
	能源化 Energy and fuel	163.62	224.94	—	120.89	40.55	—	—	—	550.00
	原料化 Feed stock	32.35	237.77	51.78	118.10	—	—	—	—	440.00
	小计 Subtotal	1 873.05	2 717.93	298.92	996.45	40.55	81.03	37.07	—	6 045.00
山东省 Shandong	肥料化 Fertilizer	1 480.00	2 039.00	10.30	21.97	15.93	—	—	117.51	3 684.71
	饲料化 Fodder	989.26	178.21	15.46	236.69	—	—	—	174.13	1 593.75
	基料化 Stroma	114.65	44.83	8.19	10.40	17.33	—	—	15.67	211.07
	能源化 Energy and fuel	393.65	148.16	2.91	38.60	216.88	—	—	95.02	895.22
	原料化 Feed stock	133.78	232.84	53.04	4.40	46.25	—	—	13.88	484.19
	小计 Subtotal	3 111.35	2 643.04	89.90	312.07	296.39	—	—	416.21	6 868.96
总计 Total	肥料化 Fertilizer	2 601.98	5 337.78	78.18	571.37	166.85	40.94	49.47	117.51	8 964.08
	饲料化 Fodder	3 098.20	721.66	236.71	1 380.67	—	60.94	94.88	174.13	5 767.19
	基料化 Stroma	352.05	259.01	11.06	124.76	31.30	1.43	7.46	15.67	802.74
	能源化 Energy and fuel	623.45	379.76	4.09	187.46	316.25	4.71	3.05	95.02	1 613.78
	原料化 Feed stock	169.45	470.71	117.28	265.56	78.89	—	15.63	13.88	1 131.40
	合计 Total	6 845.14	7 168.92	447.32	2 529.84	593.29	108.03	170.49	416.21	18 279.21

2.4 黄淮海地区农作物秸秆的利用潜力

2.4.1 秸秆剩余量及其潜在趋势

表 4 结果显示，黄淮海地区未得到有效利用的秸秆总量为 5 778.7 万 t，其中北京市剩余 58.9 万 t，以玉米秸秆为主，占剩余量的 81.2%；天津市剩余 91.8 万 t，

以玉米、小麦、棉花为主，分别占 30.9%、37.0%、24.3%；河北省剩余秸秆 1 160.6 万 t，以玉米、小麦和花生为主，分别占 53.6%、21.9%、17.8%；河南省剩余秸秆 2 680.6 万 t，以玉米、小麦、水稻、花生为主，分别占 24.8%、47.5%、9.3%、13.6%；山东省剩余秸秆 1 786.8 万 t，以

玉米、小麦、其他秸秆为主, 分别占 39.0%、38.7%、13.2%。随着农业生产的发展、科学种田水平的提高、作物生态环境的改变及农业机械化程度的扩大, 作物的

产量将维持稳定或进一步提高^[3, 28], 假设作物草谷比不变, 则秸秆剩余量在理论上将有所增加或维持现有水平。

表 4 黄淮海地区不同作物秸秆剩余量

Table 4 Remaining straw resources of different crop in Huang-Huai-Hai Plain

10⁴ t

省市 Province/city	玉米 Maize	小麦 Wheat	水稻 Rice	花生 Peanut	棉花 Cotton	大豆类 Legume	薯类 Potatos	其他 Others	秸秆剩余量 Remaining straw
北京市 Beijing	47.8	4.6	0.4	1.6	1.5	1.2	0.7	1.1	58.9
天津市 Tianjin	28.4	34.0	4.0	1.8	22.3	1.4	—	—	91.8
河北省 Hebei	622.0	254.0	8.7	206.7	42.3	4.3	22.6	—	1 160.6
河南省 Henan	664.3	1273.8	249.7	364.6	24.5	71.2	32.6	—	2 680.6
山东省 Shandong	696.1	691.2	28.3	43.4	91.1	—	—	236.7	1 786.8
合计 Total	2 058.6	2 257.6	291.0	618.1	181.5	78.1	55.9	237.8	5 778.7

2.4.2 秸秆竞争性需求分析

1) 秸秆肥料化需求: 前人研究认为华北农区秸秆还田量在 3~7.5 t/hm² 时均有增产效果^[29], 为实现土壤生产力维持与持续提高, 秸秆最小还田量应达到 3 t/hm²^[27]。北京、天津、河北、河南和山东现有耕地面积分别为 23.2、44.4、631.5、792.6 和 750.7 万 hm²^[12], 秸秆最小还田量应分别达到 69.6、133.2、1 894.5、2 377.8、2 252.1 万 t (表 5), 占秸秆资源总量的 28%。因此, 现有秸秆肥料化利用结构中, 除河北省需至少增加秸秆还田量 159.2 万 t 外, 其余省市均超过最小还田量需求, 满足土壤肥力提升标准。

2) 秸秆饲料化利用量需求: 依据各省出台的“十二五”畜牧业发展规划, 河北、河南、山东、天津、北京规定了至 2015 年, 奶牛和肉牛的存栏总量分别为 1 140、1 580、580、37、27 万头^[22-26]。以每头牛年消耗秸秆 1.7 t (风干质量) 计算^[15], 5 省市秸秆饲料化利用量将分别为 1 938、2 686、986、62.9、45.9 万 t (表 5)。其中河南、

天津和北京需要在现有饲料化利用结构上继续增加 761.0、30.4、2.0 万 t, 而河北和山东在养殖结构调整后, 将减少 234.0、614.7 万 t。

3) 秸秆基料化利用需求: 依据河北、河南、山东“十二五”食用菌产业发展规划^[19-21], 3 省食用菌产量均将达到 350 万 t (表 5), 秸秆基料与食用菌产量 1:1 比例推算^[27], 共需秸秆量 1 050 万 t, 3 省分别在原利用基础上再增加 40.0、70.0、138.9 万 t。

4) 秸秆原料化利用需求: 依据各省(市)秸秆综合利用实施方案, 河北、河南、山东、天津将新增秸秆原料化利用能力 29.4、97.0、497.9、5.0 万 t^[16-19]。

5) 秸秆可能源化利用量: 扣除以上秸秆竞争性用途, 北京、天津、河北、河南和山东 5 省(市)秸秆可能源化利用量分别为 147.1、26.2、1 767.1、2 774.8、4 085.6 万 t, 总量为 8 801.2 万 t, 占秸秆可收集量的 41.4%。

表 5 黄淮海地区农作物秸秆利用潜势分析

Table 5 Trend analysis on crop straw utilization in Huang-Huai-Hai Plain

10⁴ t

省市 Province/city	肥料化 Fertilizer	饲料化 Fodder	基料化 Stroma	原料化 Feed stock	可能源化利用量 Potentials of energy utilization
北京市 Beijing	69.6	45.9	0.0	0.0	147.1
天津市 Tianjin	133.2	62.9	0.0	15.3	26.6
河北省 Hebei	1 894.5	1 938.0	350.0	226.4	1 767.1
河南省 Henan	2 377.8	2 686.0	350.0	537.0	2 774.8
山东省 Shandong	2 252.1	986.0	350.0	982.1	4 085.6
总计 Total	6 727.2	5 718.8	1 050.0	1 760.7	8 801.2

2.4.3 黄淮海地区秸秆全量化利用结构分析

黄淮海地区秸秆实现“五料化”全量利用的总体趋势表现为“两个增加”、“一个减少”、“两个调节”。“两个增加”分别为秸秆基料化利用增加 247.3 万 t、秸秆原料化利用增加 629.3 万 t; “一个减少”为秸秆饲料化利用减少 48.4 万 t; “两个调节”为秸秆肥料化利用(包括直接还田)与能源化利用之间的相互调节, 其中秸秆肥料化利用在原结构上调节范围为-2 236.9~7 187.4 万 t, 秸秆能源化利用量在原结构上调节范围为 0~7 187.4 万 t。由于区域秸秆产生种类和可利用方式存在差异, 在实际工作中应采取“区域统筹”的方法来推动秸秆全量化利用。

3 讨论

本文统计结果表明, 黄淮海地区秸秆资源密度较全国平均水平高出 17%, 其主要原因是由于黄淮海地区是中国重要的商品粮生产基地, 农业集约化程度和生产水平较高^[30], 因而秸秆产生较为集中、较为丰富。但天津市秸秆资源密度低于全国平均水平, 这可能与天津市耕地面积的减少、粮套菜种植模式的增加^[31]等原因有关。崔明等^[27]按人均秸秆资源占有量高于全国平均水平、介于全国平均水平之间、低于全国平均水平的标准将秸秆分为资源丰富区、资源一般区和资源贫乏区, 本文结果显示, 北京市和天津市属于秸秆资源贫乏区, 河北省和河

南省属秸秆资源一般区,而山东省秸秆资源较为丰富。因此,在秸秆资源开发利用过程中不同地区应区别对待。在秸秆资源贫乏区和一般区,应优先保障土壤肥力平衡和农户生活用能,适度推广其他方式秸秆利用。而在秸秆资源丰富区,在满足土壤肥力提升和农村居民生活用能后,可集中开发利用,为城镇居民和工业用户提供能源并发展多种形式的利用结构。

随着农业机械化普及、农村劳动力成本提高和农村燃料结构改善,秸秆相对过剩的问题将会越来越突出,秸秆在田间露天焚烧的潜在可能性上升。与此同时,社会各界围绕农作物秸秆的全面禁烧、秸秆还田、秸秆收集利用、生态补偿等方面,开展了大量调查研究与科学试验^[32-34],各级政府也出台了相应的政策,极大地推动了秸秆禁烧与综合利用工作。但仍存在着禁烧时段内时有焚烧、禁烧期后大量集中焚烧,及秸秆随意遗弃等现象有增无减。因此,从根本上解决秸秆禁烧禁抛问题,关键是要为秸秆找到出路。目前,秸秆的利用形式主要归纳为肥料化、饲料化、基料化、能源化、原料化五大方向^[35],各地区由于经济发展水平、产业结构、秸秆种类不同,其利用方式也不尽相同。黄淮海 5 省市秸秆资源量巨大,目前秸秆综合利用率约为 76%,不同种类秸秆利用量占其各自产生量的比率也均超过 50%,但主要以肥料化(直接还田)和饲料化利用为主,秸秆利用结构还较为单一,多途径的秸秆综合利用产业化格局尚待形成。为充分认识秸秆资源的开发潜力,前人对适宜于各类用途的秸秆资源进行了定量估算和分级评价^[35],本文统计结果表明黄淮海 5 省市秸秆剩余量 5778.7 万 t,约 75% 是小麦和玉米秸秆,其在固化成型、青(黄)贮、机械粉碎还田、工业加工等方面均具有较好的利用价值,因此黄淮海地区剩余秸秆资源具有良好的开发和应用前景。

走“区域秸秆全量利用”之路,才是破解秸秆禁烧难题的有效措施。在进一步推动黄淮海地区乃至全国的秸秆禁烧和综合利用工作中,需要确立“区域统筹、整体推进”的工作思路,构建秸秆利用的全量化技术。本文对黄淮海五省市秸秆利用潜势进行了定量分析,提出了黄淮海地区秸秆“五料化”利用总体趋势为“两个增加”、“一个减少”和“两个调节”,最终实现秸秆全量利用的目标。在实际工作中应以县域为尺度,乡镇为基础(因其面积符合秸秆经济收集所要求的半径范围,收集量也可满足一般企业所需要规模数量),根据地理和经济条件,结合农业生产发展水平,因地制宜地制定秸秆综合利用发展规划,对区域内秸秆产生量及时空分布,秸秆收集、还田数量及空间布局等进行统筹优化,着眼于长效机制的建立。在操作层面上具体应解决以下问题:秸秆还田方面,需要开发或筛选相应农机农艺相结合的装备与技术,解决“如何还、还下去、还得好、适宜还田量、还田时序”等问题;在秸秆收集上,需要解决如何满足收种季节紧、低成本,并协调好收集秸秆与其后续利用间衔接问题;在秸秆利用上,需要因地

制宜选择秸秆利用技术,并开拓创造秸秆利用新途径和新潜力,从根本上解决“用得掉、用得好”的问题;在机制创新上,要真正构建起基于政策引导下的区域秸秆全量利用市场化运行体制与机制,重点解决好“谁主导、谁运行、补多少、补给谁”的问题。而关于“区域秸秆全量利用”具体如何开展,还须结合黄淮海地区的实例进行深入的探讨和研究。

4 结 论

黄淮海地区主要农作物秸秆产生总量为 2.4 亿 t,可收集量为 2.1 亿 t,秸秆利用率为 76%。竞争性秸秆利用需求量为 1.5 亿 t,秸秆资源可能资源化利用量为 8 801.2 万 t。通过预测,在已有利用结构上,黄淮海地区秸秆实现全量利用的总体趋势表现为基料化和原料化利用分别增加 247.3 万和 629.3 万 t,饲料化利用减少 48.4 万 t,肥料化利用调节范围为-2 236.9~7 187.4 万 t,能源化利用调节范围为 0~7 187.4 万 t。针对区域秸秆全量化利用目标,提出“区域统筹,整体推进”,并构建以乡镇为单元的长效运行机制的工作思路。

[参 考 文 献]

- [1] 王凌河,赵志轩,黄站峰,等.黄淮海地区农业水问题及保障性对策[J].生态学杂志,2009,28(10):2094-2101. Wang Linghe, Zhao Zhixuan, Huang Zhanfeng, et al. Agricultural water use in Huang-Hua-iHai region: Problems and countermeasures[J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(10): 2094-2101. (in Chinese with English)
- [2] 石祖梁,杨四军,常志州,等.秸秆产生利用现状调查与禁烧面临难点分析——以江苏省某乡镇为例[J].农业资源与环境学报,2014,31(2):103-109. Shi Zuliang, Yang Sijun, Chang Zhizhou, et al. Investigation of straw yield and utilization status and analysis of difficulty in prohibition straw burning: A case study in a township in Jiangsu Province, China[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2014, 31(2): 103-109. (in Chinese with English)
- [3] 包建财,郁继华,冯致,等.西部七省区作物秸秆资源分布及利用现状[J].应用生态学报,2014,25(1):181-187. Bao Jiancai, Yu Jihua, Feng Zhi, et al. Situation of distribution and utilization of crop straw resources in seven western provinces, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(1): 181-187. (in Chinese with English)
- [4] 郑军,史建民.我国农作物秸秆资源化利用的特征和困境及出路——以山东为例[J].农业现代化研究,2012,33(3):354-358. Zheng Jun, Shi Jianming. Utilization of crop straw: Current situation, dilemma of micro-economics and ways out: Taking Shandong Province as example[J]. Research of Agricultural Modernization, 2012, 33(3): 354-358. (in Chinese with English)
- [5] 毕于运.秸秆资源评价与利用研究[D].北京:中国农业科学院,2010.

- Bi Yuyun. Study on Straw Resources Evaluation and Utilization in China[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. (in Chinese with English)
- [6] 刘丽华, 蒋静艳, 宗良纲. 秸秆燃烧比例时空变化与影响因素——以江苏省为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(9): 1535—1545.
- Liu Lihua, Jiang Jingyan, Zong Lianggang. The Spatial-temporal variation of the burning proportion of crop straw and its influencing factors: A case study of Jiangsu Province[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(9): 1535—1545. (in Chinese with English)
- [7] 毕于运, 高春雨, 王亚静, 等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 211—217.
- Bi Yuyun, Gao Chunyu, Wang Yajing, et al. Estimation of straw resources in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(12): 211—217. (in Chinese with English abstract)
- [8] 高利伟, 马林, 张卫峰, 等. 中国作物秸秆养分资源数量估算及其利用状况[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 173—179.
- Gao Liwei, Ma Lin, Zhang Weifeng, et al. Estimation of nutrient resource quantity of crop straw and its utilization situation in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(7): 173—179. (in Chinese with English abstract)
- [9] 谢光辉, 王晓玉, 任兰天. 中国作物秸秆资源评估研究现状[J]. 生物工程学报, 2010, 26(7): 855—863.
- Xie Guanghui, Wang Xiaoyu, Ren Lantian. China's crop residues resources evaluation[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2010, 26(7): 855—863. (in Chinese with English abstract)
- [10] 农业部农业生态与资源保护总站. 秸秆综合利用中期评估报告[R]. 2013.
- [11] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [12] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [13] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [14] 农业部科技教育司. 全国农作物秸秆资源调查与评价报告[R]. 2010.
- [15] 农业部规划设计研究院. 农作物秸秆资源能源化利用调查与评价研究[R]. 2008.
- [16] 河北省农业厅. 河北省 2014-2015 年秸秆综合利用实施方案[G]. 2014.
- [17] 山东省农业厅. 山东省 2014-2015 年度秸秆综合利用实施方案[G]. 2014.
- [18] 天津市农业委员会. 天津市 2014-2015 年秸秆综合利用实施方案[G]. 2014.
- [19] 河南省农业委员会. 河南省 2014-2015 年农作物秸秆综合利用实施方案[G]. 2014.
- [20] 河北省农业厅. 食用菌产业“十二五”发展规划[G]. 2011.
- [21] 山东省农业厅. 山东省食用菌产业“十二五”发展规划[G]. 2011.
- [22] 北京市农业委员会. 北京市畜牧业发展规划[G]. 2011.
- [23] 河北省人民政府. 关于加快现代畜牧业发展的意见[G]. 2011.
- [24] 河南省农业委员会. 河南省畜牧业“十二五”发展规划[G]. 2011.
- [25] 山东省农业厅. 山东省畜牧业“十二五”发展规划[G]. 2011.
- [26] 天津市农业委员会. 天津市现代畜牧业建设布局规划[G]. 2011.
- [27] 崔明, 赵立欣, 田宜水, 等. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 291—296.
- Cui Ming, Zhao Lixin, Tian Yishui, et al. Analysis and evaluation on energy utilization of main crop straw resources in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(12): 291—296. (in Chinese with English abstract)
- [28] 姚宗路, 赵立欣, 田宜水, 等. 黑龙江省农作物秸秆资源利用现状及中长期展望[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 288—292.
- Yao Zonglu, Zhao Lixin, Tian Yishui, et al. Utilization status and medium and long-term forecast of crop straw resource in Heilongjiang Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(11): 288—292. (in Chinese with English abstract)
- [29] 曾木祥, 王蓉芳, 彭世琪, 等. 我国主要农区秸秆还田试验总结[J]. 土壤通报, 2002, 33(5): 336—339.
- Zeng Muxiang, Wang Rongfang, Peng Shiqi, et al. Summary of returning straw into field of main agricultural areas in China[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2002, 33 (5): 336—339. (in Chinese with English abstract)
- [30] 李长生, 李茂松, 马秀枝, 等. 黄淮海地区农田污染对粮食生产的制约及防治对策[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 286—291.
- Li Changsheng, Li Maosong, Ma Xiuzhi, et al. Restriction of farmland's pollution in Huang-Huai-Hai area on grain production and its prevention and control measures[J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(6): 286—291. (in Chinese with English abstract)
- [31] 天津市发展改革委, 天津市农委. 天津市农作物秸秆综合利用规划中期评估报告[R]. 2012.
- [32] 常志州, 陈新华, 杨四军, 等. 稻麦秸秆直接还田技术发展现状及展望[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(4): 909—914.
- Chang ZhiZhou, Chen Xinhua, Yang Sijun, et al. A review on technique for rice and wheat straws returning and utilization[J]. Jiangsu Journal of Agriculture Science, 2014, 30(4): 909—914. (in Chinese with English abstract)
- [33] 徐勇, 勇强, 余世袁. 构建秸秆高效综合利用体系的对策与措施——以江苏省为例[J]. 生物质化学工程, 2013, 47(3): 11—16.
- Xu Yong, Yu Qiang, Yu Shiyuan. Strategies and measures to construct an effective comprehensive utilization system of crop straw-taking: Jiangsu Province as an example[J].

- Biomass Chemical Engineering, 2013, 47(3): 11—16. (in Chinese with English abstract)
- [34] 马友华, 王桂苓, 王伟, 等. 农作物秸秆管理技术与措施及其生态补偿——以安徽省为例[J]. 农业环境与发展, 2011, (4): 50—58.
Ma Youhua, Wang Guiling, Wang Wei, et al. Crop straw management techniques and measures and eco-compensation: A case study of Anhui Province[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2011, (4): 50—58. (in Chinese with English abstract)
- [35] 王亚静, 毕于运, 高春雨. 中国秸秆资源可收集利用量及其适宜性评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(9): 1852—1859.
Wang Yajing, Bi Yuyun, Gao Chunyu. Collectable amounts and suitability evaluation of straw resource in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(9): 1852—1859. (in Chinese with English abstract)

Analysis on distribution and use structure of crop straw resources in Huang-Huai-Hai Plain of China

Fang Fang^{1,2}, Li Xiang³, Shi Zuliang⁴, Wang Fei^{1,3}, Chang Zhizhou⁴, Zhang Shan⁵,
Sun Renhua³, Bao Zhe³, Qiu Ling^{1*}

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

3. Rural Energy and Environment Agency, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China;

4. Institute of Agriculture Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;

5. College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: With the continuous increase of crop yields, the amount of straw, as a by-product, also increased progressively. At the same time, since agricultural production style and farmers' lifestyle have changed a lot, the distribution of straw appeared regional, seasonal and structural surplus. More and more straw was thrown away and open burning at will, causing not only a huge waste of resource, but also a series of problems, like atmospheric pollution and traffic interruption and so on. To solve the problems caused by relative straw surplus fundamentally, and to prevent the series of damage brought by open burning, the key point was to realize the full utilization of the total straw. It was of great significance to fully recognize and correctly evaluate the developing potential of straw resource for making better use of total straw and optimizing utilization structure. This study made the research target with five provinces in Huang-Huai-Hai Plain; combined with literature survey and organizing some discussions, the yield, distribution density, amount per capita and utilization status of crop straw resource in Huang-Huai-Hai Plain of China were estimated, and the potential utilization of total straw was discussed. The results showed that crop straw resource in Huang-Huai-Hai Plain was very abundant, the theoretical amount of crop straw in five provinces was 2.4×10^8 t in 2012, and it was 8.9×10^7 , 9.4×10^7 , 7.4×10^6 , 3.1×10^7 , 7.7×10^6 , 1.9×10^6 , 2.3×10^6 and 6.5×10^6 t for maize, wheat, rice, peanut, cotton, legume, potatoes and other crops, respectively. The collectable straw amount was 2.1×10^8 t. The mean comprehensive utilization efficiency of crop straw reached 76% in this area of five provinces, and straw utilization efficiency of Hebei Province was higher than the other four. Crop straw was mainly used as fertilizer, fodder, stroma, fuel and feed stock, accounting for 49.0%, 31.6%, 4.4%, 8.8% and 6.2%, respectively, in terms of usage amount, but there existed obvious difference in straw use structure among five provinces. The density of straw resource and straw resource per capita in Huang-Huai-Hai Plain were higher than national average value, but the result from Tianjin was opposite. By analyzing potential use ways, it could be forecasted the competitive demand amount for straw resource was 1.5×10^8 t, of which straw utilization amounts for fertilizer, fodder, stroma and feed stock were 6.7×10^7 , 5.7×10^7 , 1.1×10^7 and 1.8×10^7 t, respectively. Potential straw amount for energy utilization was 8.8×10^7 t. Based on the results as above, the general trend for total straw utilization in Huang-Huai-Hai Plain could be summarized as 'two increase', 'one decrease' and 'two regulation'. On the basis of original use structure, straw utilization amount for stroma and feed stock would increase by 2.5×10^6 and 6.3×10^6 t, and reduce by 4.8×10^5 t for fodder utilization. Adjustment range of straw amount for fertilizer was from -2.2×10^7 to 7.2×10^7 t, and for fuel utilization was from 0 to 7.2×10^7 t. It should take 'regional planning as a whole', which means that taking county or village and town as a research unit, and setting up a mechanism for long-term operation are suggested to promote total straw utilization in Huang-Huai-Hai Plain.

Key words: crops; straw; fertilizers; utilization situation; utilization potential; Huang-Huai-Hai Plain