

## 大田作物秸秆量评估中秸秆系数取值研究

王晓玉<sup>1</sup> 薛帅<sup>1</sup> 谢光辉<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院/国家能源非粮生物质原料研发中心,北京 100193;

2. 中国农业大学 生物质工程中心,北京 100193)

**摘要** 本研究对《中国统计年鉴》各省的大田作物的不同种类,根据2006—2011年报导的秸秆系数的实测值,研究确定各省市自治区(除港、澳、台外)各类大田作物的秸秆系数取值,以数学模拟取值法对水稻、小麦和玉米3大作物进行取值,以相同或相似地区平均取值法、同类作物取值法确定其他作物取值。结果表明:水稻的秸秆系数取值变幅为0.74~1.33,全国平均值为1.04。小麦的变幅为1.05~1.41,全国平均值为1.28。玉米的变幅为0.93~1.30,全国平均值为1.07。豆类和薯类的变幅分别为1.13~1.86和0.42~0.75,全国平均值分别为1.35和0.53。黄红麻和棉花的秸秆系数的变幅分别为1.22~2.23和2.41~4.09,全国平均值分别为1.73和2.87。花生、油菜和芝麻的变幅分别为0.85~1.43、2.57~3.17和1.78~2.23,全国平均值分别为0.99、2.90和1.89。甘蔗的秸秆系数在各省统一取值为0.34。甜菜和烟草的变幅分别为0.18~0.67和0.49~0.92,全国平均值分别为0.37和0.66。“其他谷类”、“其他油料”和“其他麻类”的秸秆系数在各省取值均相同,分别为2.32、2.63和6.55。

**关键词** 大田作物; 秸秆; 秸秆系数; 模拟

中图分类号 S 216.2; S 51

文章编号 1007-4333(2012)01-0001-08

文献标志码 A

## Value-taking for residue factor as a parameter to assess the field residue of field crops

WANG Xiao-yu<sup>1</sup>, XUE Shuai<sup>1</sup>, XIE Guang-hui<sup>1,2\*</sup>

(1. College of Agronomy and Biotechnology/National Energy R&D Center for Biomass,

China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Biomass Engineering Center, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** Residue factor (RF) is an important parameter which is used to estimate field residue quantity of field crop. The aim of this research is to determine RF of all the field crops in 31 provinces (excluding Hong Kong, Macao, and Taiwan) according to crop RF values published mainly between 2006 and 2011. The field crops were selected according *China Statistical Yearbook*. The mathematical models were built to determine the RFs of the three major crops, i. e. rice, wheat, and maize. Rice RF varied between 0.74 and 1.33 and with an average of 1.04 among 30 provinces. Wheat RF varied between 1.05 and 1.41 and averaged 1.28 among 30 provinces. Maize had RF ranged between 0.93 and 1.30 and averaged 1.07 among 31 provinces. Average RF in the same or similar region was taken for the other crops. RF of beans and tubers varied between 1.13 and 1.86 and between 0.42 and 0.75, and the average were 1.35 and 0.53, respectively. Jute and ambarry hemp had RF ranged from 1.22 to 2.23 and averaged 1.73. Cotton RF ranged from 2.41 to 4.09 and averaged 2.87. Peanut had RF between 0.85 and 1.43, canola between 2.57 and 3.17, whereas sesame between 1.78 and 2.23. Other cereals, other oil crops and other fibers were the same value in all provinces which were 2.32, 2.63 and 6.55, respectively.

**Key words** field crops; crop residue; residue factor; modeling

收稿日期: 2011-06-22

基金项目: 国家“十一五”支撑计划项目(2006BAD07A04); 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(nyhyzx07-011)

第一作者: 王晓玉, 博士研究生, E-mail: xiao\_yu\_100@163.com

通讯作者: 谢光辉, 教授, 主要从事非粮生物质原料研究, E-mail: xiegh@cau.edu.cn

我国是农业大国,丰富的作物秸秆资源综合利用日益受到广泛关注。可以预见,在不远的将来秸秆也像籽粒一样成为农业生产的产量目标,因此近年秸秆资源量的研究成为生物质研究的热点方向。但是前人对我国秸秆量的估算为4~8亿t<sup>[1-3]</sup>,由于结果差异巨大,迄今为止对秸秆资源总量、种类和空间分布的研究并没有得到令人信服的结论。秸秆量研究一般用秸秆系数法,估算的准确性很大程度上取决于秸秆系数取值<sup>[4]</sup>。前人在秸秆系数取值上存在3个不足之处:第一,秸秆系数取值主要是1981—1984年前人的研究结果,已不符合当前作物生产现状<sup>[4]</sup>。例如,有研究将玉米的秸秆系数取值为2<sup>[5]</sup>,但是玉米是近20多年来品种改良和生产水平提高幅度最大的作物,当前秸秆系数要远远低于2<sup>[6]</sup>。第二,前人对同一作物在全国不同省市自治区的秸秆系数取值相同,但是我国从南到北、从西到东各地区的土壤、气候、耕作制度和栽培条件差异很大,不同地区同一作物秸秆系数应是不同的。第三,不同作者对同一作物的秸秆系数取值差异较大,以水稻为例,有约半数的研究者将其秸秆系数取值为0.6~0.7,其余研究者取值在0.9~1.1之间,导致水稻的秸秆量估值相差0.8亿t之多<sup>[4]</sup>。

为此,虽然本课题组的谢光辉等根据2006—2010年间发表的田间试验实测数据为主报导了大田作物在其主产省市自治区常规栽培条件下的秸秆系数值<sup>[6-7]</sup>,但仍存在下述2个缺点:第一,未能全面覆盖当前有关年鉴发布的各省大田作物种类,即每省都有部分作物有统计的产量数据,但没有查到相应的秸秆系数值。第二,有些作物秸秆系数值的样本量不足,会导致秸秆系数值与实际值之间的偏差较大。例如,占我国生产面积约一半的3大作物水稻、小麦和玉米在一些省市区的样本点数不足3个,又如豆类和薯类在能查到的省市自治区只有1~2个样本点。因此,本研究根据近年《中国统计年鉴》<sup>[8]</sup>发布的大田作物数据,通过数学模拟和其他方法研究确定不同省市自治区大田作物较为准确的秸秆系数取值,作为今后评估秸秆资源量的参数。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

大田作物范围:发布各省大田作物产量数据的年鉴为《中国统计年鉴》<sup>[8]</sup>和《中国农村统计年鉴》<sup>[9]</sup>,由于前者包含作物类型较全面,本研究以该

年鉴确定大田作物,包含有水稻、小麦、玉米、其他谷类,豆类、薯类、棉花、花生、油菜、芝麻、其他油料类、黄红麻、其他麻类、甘蔗、甜菜和烟叶。确定这些作物或种类的秸秆系数取值,以此计算得到的大田作物秸秆资源量可作为完全统计结果。

作物产量数据:作物产量数据来自于2009年《中国统计年鉴》<sup>[8]</sup>,用于确定每种大田作物的全国秸秆系数加权平均值。大豆的产量数据来源于有关省的统计年鉴<sup>[10-24]</sup>,用于确定“豆类作物”在各省的秸秆系数取值。

秸秆系数实测值:主要根据2006—2011年大田试验原创性论文获得的各作物在其主产的省市自治区的秸秆系数平均值<sup>[6-7]</sup>,本次研究还从前人2007—2010年已发表的著作和论文中获取某些作物的收获指数,根据谢光辉等<sup>[4]</sup>的方法求得其秸秆系数,以补充这些作物秸秆系数样本量。在文中除特殊说明外,本研究的秸秆系数实测值为干基,因此,在不同省市自治区的作物秸秆系数取值也基于干重。

温度数据:在中国气象科学数据共享网查得1971—2000年30年间31个省市自治区的148个气象站5~9月份的月最高与最低气温数据,气象站的选取以秸秆系数实测值<sup>[6-7]</sup>在各省不同种类作物的样点选距离最近为标准。各气象站点的月均温差是通过每个月的月最高气温减该月最低气温求得,用于建立月平均温差和秸秆系数关系的模拟方程。

### 1.2 数学模拟取值法

采用数学模拟取值法确定各省市自治区水稻、小麦和玉米的秸秆系数取值。利用SAS 9.1软件进行回归分析,将已知省市自治区的秸秆系数值与不同月份平均温差进行相关分析,采用多元逐步回归分析方法构建基于作物生长期的月平均温差模型。然后,进行模型运算获得这3个作物在各省的秸秆系数取值。

### 1.3 实测数据取值法

对水稻、小麦和玉米以外的作物,以本系列研究发表结果<sup>[6-7]</sup>为主,结合本研究所补充的秸秆系数样本<sup>[25-31]</sup>,一般情况下,某一作物在同一个省市自治区的秸秆系数样本量达到3个或以上,则取其算术平均值按实测值作为该省该作物的秸秆系数取值。

### 1.4 相同或相似地区平均取值法

如果某一作物在同一个省达不到3个样本量,甚至某省就没有该作物的收获指数或秸秆系数报

道。本研究以其临近省市区或相同或相似地区有关省市区的该作物秸秆系数算术平均值作为其秸秆系数取值。为此,根据常规方法将31个省市区划分为华北、东北、西北、华中、华东、华南、西南和青藏8个地区,以及北方和南方2个大区,北方区包括北京、天津、黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、山东、河南、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、新疆、青海和西藏,共计16个;南方区包括湖北、湖南、江西、广东、广西、福建、海南、重庆、四川、贵州、云南、上海、江苏、浙江和安徽,共计15个。

### 1.5 同类作物取值法

《中国统计年鉴》对豆类作物发布了“豆类”的产量,根据15个省级统计年鉴发布的大豆产量<sup>[10-24]</sup>可知,大豆产量占“豆类”产量比例在这些省市区范围为70.7%~95.1%,全国平均为86.6%。可见,中国“豆类”作物以大豆为主,由于查不到大豆以外其他豆类作物的秸秆系数值,“豆类”的秸秆系数值即取大豆的秸秆系数值。该年鉴发布31个省“薯类”作物产量,主要由马铃薯、甘薯和木薯组成<sup>[32]</sup>,将这3个作物的秸秆系数<sup>[7]</sup>按同一“薯类”确定在各省的取值。

为了获得各省作物秸秆系数的完全统计结果,根据年鉴中的作物种类,可将“谷物”产量减去稻谷、小麦和玉米产量之和的差值作为“其他谷类”产量,将“油料”产量减去花生、油菜和芝麻产量之和的差值作为“其他油料”产量,以“麻类”产量减去黄红麻

产量的差值作为“其他麻类”的产量,因此,应确定“其他谷类”、“其他油料”和“其他麻类”的秸秆系数取值。在我国,“其他谷类”作物包括大麦、黑麦、燕麦、谷子、糜、黍、荞麦和高粱等,“其他油料”作物包括向日葵、胡麻和白瓜籽等,“其他麻类”作物主要包括剑麻、苧麻和亚麻等<sup>[32]</sup>。对于每一种“其他”类作物,将该类作物中能查到的作物的秸秆系数的算术平均值作为其秸秆系数取值。

### 1.6 作物秸秆系数全国平均值计算方法

按以上方法确定各省作物秸秆系数取值后,以总产量加权平均法求得各作物全国秸秆系数平均值。

## 2 各省市自治区大田作物秸秆系数取值

### 2.1 水稻

数学建模中以相关系数筛选发现,6和8月的月平均温差对水稻秸秆系数影响最大,根据本系列研究的前一报道中16个省市自治区的秸秆系数<sup>[6]</sup>,建立了如下的非线性预测模型(1)。并求得年鉴中发布水稻产量的30个省市区的水稻秸秆系数取值范围为0.74~1.33,全国平均值为1.04(表1)。

$$R_{\text{rice}} = \frac{1}{17.92 \times \sqrt{X_A} - 1.41 \times X_J} - 1$$

$$(R^2 = 0.9969^{**}, n = 16) \quad (1)$$

其中: $R_{\text{rice}}$ 指水稻的秸秆系数, $X_J$ 和 $X_A$ 分别代表6和8月的月平均温差, $n$ 指建模所用秸秆系数的省市区数。

表1 中国30个省市自治区的水稻秸秆系数取值

Table 1 Value-taking for residue factor of rice in 30 provinces of China

地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数			
华北	北京	1.10	西北	内蒙古	0.83	华南	广东	1.07	华东	上海	1.28			
	天津	1.33		甘肃	0.84		广西	1.10		江苏	1.24			
	河北	0.95		宁夏	0.99		海南	1.20		浙江	1.07			
	山西	1.00		陕西	0.94		福建	1.14		安徽	1.09			
	山东	1.29		新疆	0.74		西南	重庆		0.91	华中	江西	1.03	
	河南	0.97		东北	辽宁		1.03	四川		0.90	湖北	0.96		
青藏	西藏	1.07	吉林	1.03	贵州	1.14	湖南	0.98	全国平均	1.04				
											黑龙江	0.92	云南	1.14

### 2.2 小麦

拟合结果发现5和6月月平均温差对小麦秸秆系数影响最大,根据11个省市自治区的小麦秸秆系

数<sup>[6]</sup>,建立了小麦秸秆系数与这两月的月温差的非线性预测模型(2)。求得30个省市自治区的秸秆系数平均值为1.28,取值范围为1.05~1.41(表2)。

表2 中国30个省市自治区的小麦秸秆系数取值

Table 2 Value-taking for residue factor of wheat in 30 provinces of China

地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	
华北	北京	1.29	西北	内蒙古	1.13	华东	上海	1.09	华南	广东	1.27	
	天津	1.16		甘肃	1.26		江苏	1.41		广西	1.22	
	河北	1.22		宁夏	1.08		浙江	1.20		福建	1.34	
	山西	1.25		陕西	1.27	安徽	1.12	华中		江西	1.36	
	山东	1.39		新疆	1.36	西南	重庆			1.08	湖北	1.39
	河南	1.29		东北	辽宁		1.22			四川	1.12	湖南
青藏	青海	1.31	吉林	1.25	贵州	1.29	全国平均			1.28		
	西藏	1.22	黑龙江	1.05	云南	1.20						

$$R_{\text{wheat}} = \frac{1}{51.81 \times X_M - 61.00 \times X_J - 620.80 \times \sqrt{X_M} + 681.60 \times \sqrt{X_J}} - 1$$

$$(R^2 = 0.9977^{**}, n = 11) \quad (2)$$

其中: $R_{\text{wheat}}$ 指小麦的秸秆系数, $X_M$ 和 $X_J$ 分别指5和6月的月平均温差, $n$ 指建模所用秸秆系数的省市自治区数。

### 2.3 玉米

经拟合研究发现,9月月平均温差对玉米秸秆系数影响最大,基于12个不同省市自治区的玉米秸秆系数<sup>[6]</sup>,建立了非线性预测模型(3)。求得31个

省市自治区的玉米秸秆系数取值范围为0.93~1.30,平均值为1.07(表3)。

$$R_{\text{maize}} = \frac{1}{23.10 \times \sqrt{X_S} - 2.57 \times X_S} - 1$$

$$(R^2 = 0.9983^{**}, n = 12) \quad (3)$$

其中: $R_{\text{maize}}$ 为玉米的秸秆系数, $X_S$ 为9月的月平均温差, $n$ 指建模所用秸秆系数的省市自治区数。

表3 中国31个省市自治区的玉米秸秆系数取值

Table 3 Value-taking for residue factor of maize in 31 provinces of China

地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	地区	省市自治区	秸秆系数	
华北	北京	1.02	西北	内蒙古	1.30	华南	广东	0.93	华东	上海	0.93	
	天津	0.99		甘肃	1.11		广西	0.94		江苏	1.00	
	河北	1.05		宁夏	1.21		海南	0.94		浙江	0.96	
	山西	1.16		陕西	1.10	福建	0.93	安徽		1.00		
	山东	0.96		新疆	1.15	西南	重庆	0.96		华中	江西	0.95
	河南	1.07		东北	辽宁		1.03	四川			0.98	湖北
青藏	青海	1.10	吉林	1.09	贵州	0.94	湖南	0.96	全国平均			
	西藏	0.95	黑龙江	1.16	云南	0.93						

### 2.4 其他谷类

根据前一研究结果<sup>[6]</sup>,燕麦的秸秆系数值为1.94,小黑麦为1.93,黑麦为4.00,青稞为4.88,大

麦为1.04,谷子为1.73,将这些作物的秸秆系数求算术平均值得到2.32,即为全国各省其他谷类的秸秆系数取值(表4),也是其全国平均值。

表 4 中国各省市自治区水稻、小麦、玉米和薯类以外的作物秸秆系数取值

Table 4 Value-taking for residue factor of crops excluding wheat, maize and tubers in each province of China

作物	省市自治区	秸秆系数	作物	省市自治区	秸秆系数	
其他谷类	各省市区	2.32	甜菜	各省市区	0.37	
	全国平均	2.32		全国平均	0.37	
豆类	黑龙江	1.13	花生	山东	0.89	
	吉林	1.50		北方其余省市区	0.86	
	辽宁	1.29		福建	1.08	
	新疆	1.33		南方其余省市区	1.26	
	北方其余省市区	1.36		全国平均	0.99	
	南方省市区	1.52		油菜	北方省市区	2.57
	全国平均	1.35			南方省市区	2.98
	棉花	新疆		2.85	芝麻	全国平均
河南		2.41	河南	1.78		
山东		2.64	北方其余省市区	1.78		
北方其余省市区		2.62	南方省市区	2.01		
南方省市区		3.35	全国平均	1.89		
全国平均		2.87	其他油料	各省市区		2.63
黄红麻		各省市区		1.73		全国平均
		全国平均	1.73	烟草		湖南
其他麻类	各省市区	6.55	云南		0.52	
	全国平均	6.55	其余省市区	0.71		
甘蔗	各省市区	0.34	全国平均	0.66		
	全国平均	0.34				

## 2.5 薯类

本研究将甘薯、马铃薯和木薯均统一按薯类以相同或相似地区平均取值法,根据前一研究报道<sup>[7]</sup>

对薯类在各省的秸秆系数取值见表 5。华北地区中各省市区样本量达到 2 个,包括北京、天津、河北、山西、山东和河南共 6 省的秸秆系数取值为 0.42。青

表 5 中国 31 个省市自治区的薯类秸秆系数取值

Table 5 Value-taking for residue factor of tubers in 31 provinces of China

地区	省市自治区	数据来源地区 <sup>[7]</sup>	样本数	秸秆系数取值
华北	北京、天津、河北、山西、山东、河南	河北、山东	2	0.42
青藏	青海、西藏	青海	1	0.75
西北	内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、新疆	甘肃、陕西	5	0.62
东北	辽宁、吉林、黑龙江	华北、西北、青藏	3	0.60
华南	广东、广西、海南、福建	广东、海南	2	0.58
西南	重庆、四川、贵州、云南	重庆、贵州	3	0.49
华中	江西、湖北、湖南	湖北、江西	3	0.52
华东	上海、江苏、浙江、安徽	华南、西南、华中	3	0.53
全国平均				0.53

藏地区中仅青海省有1个样本,该地区的青海和西藏2省取值均取0.75。西北地区中甘肃和陕西共计5个样本,加权平均获得该地区的薯类秸秆系数值为0.62,包括内蒙古、甘肃、宁夏、陕西和新疆共5省。由于前一研究没有获得东北地区薯类作物的秸秆系数,因此,该地区按照相同或相似地区平均值法得到取值为0.60。在华南地区,通过广东和海南2省的2个样本,求得该地区的秸秆系数取值为0.58,包括广东、广西、海南和福建4省区。西南4省重庆、四川、贵州和云南的秸秆系数取值为0.49。华中地区中的湖北和江西2省经算术平均得该地区的薯类秸秆系数取值为0.52,包括江西、湖北和湖南。在华东地区没有获得样本,由华南、西南和华中3大地区加权平均求得薯类秸秆系数值为0.53,即为华东地区的取值。全国平均薯类秸秆系数值是0.53。

## 2.6 豆类

按同类作物取值法将大豆的秸秆系数值作为豆类的秸秆系数取值。前一研究中黑龙江大豆秸秆系数样本量达到3个,其平均值为1.13<sup>[7]</sup>,作为该省豆类作物秸秆系数取值(表4)。将黑龙江的值和前一研究获得的吉林的2个样本平均值(1.86)作基于样本量的加权平均,求得吉林的豆类秸秆系数取值为1.50。又将吉林的这个系数取值和本次研究补充的辽宁大豆秸秆系数1.08<sup>[29]</sup>作平均求得辽宁的取值为1.29。新疆大豆秸秆系数在前一研究中有2个样本<sup>[7]</sup>,本次又查得2个<sup>[27,30]</sup>,取这4个样本的平均值1.33作为该区豆类的秸秆系数取值。将谢光辉等报道的山西(1.17)、甘肃(1.78)、吉林(1.86)的秸秆系数<sup>[7]</sup>,及本次研究又查得辽宁(1.08)<sup>[29]</sup>和陕西(1.15)<sup>[31]</sup>的秸秆系数,总计7省加权求得北方地区取值为1.36,包括北京、天津、河北、山西、山东、河南、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、青海和西藏共计12省(表4)。将江苏(1.38)<sup>[7]</sup>和浙江(1.66)<sup>[28]</sup>的秸秆系数值加权求得南方取值为1.52,包含湖北、湖南、江西、广东、广西、福建、海南、重庆、四川、贵州、云南、上海、江苏、浙江和安徽共15省。全国平均秸秆系数值为1.35。

## 2.7 棉花

《中国统计年鉴》<sup>[8]</sup>发布的棉花产量为皮棉,本研究秸秆系数取值也基于皮棉。该年鉴共发布了25省棉花产量,前一研究<sup>[7]</sup>仅查到了新疆、河南、山东、江苏和湖北共5省的棉花秸秆系数值。进一步

检索文献又得到河南省<sup>[33]</sup>和山东省<sup>[34]</sup>的样本各1个。这样新疆、河南和山东3个省的样本量均达到了3个,其取值分别为2.85、2.41、2.64(表4)。以这3个省的值进行加权平均求得北方的棉花秸秆系数取值为2.62,即为北京、天津、河北、山西、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、辽宁、吉林和黑龙江共11省棉花秸秆系数取值。江苏和湖北棉花秸秆系数分别为2.61和4.09<sup>[7]</sup>,将这2省的系数取加权平均值为3.35,作为南方区各省棉花的秸秆系数取值,包括江苏、湖北、四川、贵州、湖南、江西、上海、浙江、安徽、广西和福建,共计11省。全国平均值为2.87(表4)。

## 2.8 花生

谢光辉等<sup>[7]</sup>仅报道了河北、河南、山东、湖南、福建和广西的花生秸秆系数值,其中只有山东和福建2省的样本量达到3个,根据算术平均法获得其取值分别为0.89和1.08(表4)。将河北、河南和山东的秸秆系数<sup>[7]</sup>以加权平均法求得北方花生取值为0.86,包括北京、天津、河北、河南、山西、内蒙古、甘肃、陕西、新疆、辽宁、吉林和黑龙江共计12省市。将湖南、福建和广西3省的花生秸秆系数进行平均得到南方秸秆系数取值为1.26,包括上海、江苏、浙江、安徽、湖北、湖南、江西、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州和云南共计14省。全国平均值为0.99。

## 2.9 油菜

《中国统计年鉴》发布了27个省油菜的产量,谢光辉等报道了内蒙古、江苏、湖北、湖南、四川和贵州6省的油菜秸秆系数值<sup>[7]</sup>,其中没有任何一个省的样本量达到3个,因此,本研究还以北方和南方两大区给油菜秸秆系数取值,其中北方取值为2.57,包括内蒙古、河北、山西、山东、河南、甘肃、宁夏、陕西、新疆、辽宁、黑龙江、青海和西藏共13省(表4)。通过对江苏、湖北、湖南、四川和贵州5省加权得南方地区秸秆系数取值为2.98,包括上海、江苏、浙江、安徽、湖北、湖南、江西、广东、广西、福建、四川、重庆、贵州和云南共计14省。全国平均值为2.90。

## 2.10 芝麻

前一研究仅查得河南省和湖北省的芝麻秸秆系数值,其中河南的样本量为3个,秸秆系数值为1.78<sup>[7]</sup>,我将这一数值作为北方包括河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、陕西和新疆共计9省的芝麻秸秆系数取值(表4)。湖北的样本量仅1个,秸秆系数值为2.23<sup>[7]</sup>,将这个值和北方的值取平均得到2.01,作为南方区的取值,包括江苏、浙

江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆和四川共 12 省。全国平均值为 1.89。

### 2.11 其他油料

其他油料中本研究只查得向日葵的秸秆系数, 前一研究根据 4 省区确定了其秸秆系数平均值为 2.63<sup>[7]</sup>, 这一数值就作为其他油料在 28 个省市区的秸秆系数取值(表 4)。

### 2.12 黄红麻

前一研究黄麻与红麻的秸秆系数<sup>[7]</sup>取平均值为 1.73, 即为黄红麻在各省的秸秆系数取值。因此, 通过计算得黄红麻全国平均值为 1.73(表 4)。

### 2.13 其他麻类

麻类作物中除黄红麻外, 其他麻类中本研究只查得苧麻秸秆系数值为 6.55<sup>[35-36]</sup>, 我国苧麻的产量占世界该作物总产量的 90%<sup>[37]</sup>, 因此, 其他麻类的秸秆系数取值和全国平均取值均为 6.55(表 4)。

### 2.14 甘蔗

2006—2010 年间报道的甘蔗在的秸秆系数有两个样本, 分别为福建基于干重的 0.43 和广西的顶梢、叶干重与茎鲜重之比 0.06<sup>[7]</sup>。为了统一, 本研究根据鲜蔗茎一般含水量为 70%<sup>[38-39]</sup>, 将广西的秸秆系数取值折为基于干重的值为 0.24。以这 2 省区的值求算术平均值为 0.34, 作为全国种植甘蔗的 17 个省市区秸秆系数取值(表 4), 也为全国平均值。

### 2.15 甜菜

年鉴共统计了 12 个省市区的甜菜产量, 在前一研究中只有黑龙江省有 3 个样本<sup>[7]</sup>, 本次又获得 1 个<sup>[40]</sup>, 该省的甜菜秸秆系数平均值为 0.49。由于黑龙江的值与新疆(0.18)和内蒙古(0.30)的值差异较大<sup>[7]</sup>, 以这 3 个省的值求基于样本数的加权平均获得秸秆系数为 0.37, 作为黑龙江、内蒙古、新疆、河北、山西、山东、甘肃、辽宁、吉林、四川、云南和青海的甜菜秸秆系数取值(表 4)。全国平均值也为 0.37。

### 2.16 烟草

由于能查到的烟草秸秆系数的样本量也较小, 仍按北方和南方两个大区确定其秸秆系数取值。在北方区, 谢光辉等报道了河南和新疆烟草秸秆系数<sup>[7]</sup>, 本次研究又查得陕西 1 个样本(0.89)<sup>[41]</sup>, 这 3 个省的样本量均低于 3 个, 基于样本数的加权平均得到北方地区的烟草秸秆系数取值为 0.71, 包括新疆、河北、山西、山东、河南、辽宁、吉林、黑龙江、青海、内蒙古、甘肃、宁夏和陕西共计 13 省(表 4)。南

方地区中, 湖南和云南 2 省的样本量达到 3 个或以上, 其取值即为前一研究结果的值, 分别为 0.85 和 0.52。通过安徽、湖南、贵州、云南和福建 5 省的系数值加权平均求得南方地区的取值为 0.71, 包括江苏、浙江、安徽、湖北、江西、福建、重庆、四川、贵州、广西和广东共计 11 省。全国平均值为 0.66。

## 3 讨 论

获得大田作物秸秆系数的合理取值, 才能准确评估大田作物秸秆资源量及其种类和分布, 因此本研究是该系列研究中最重要的一环。首先确定了对应于《中国统计年鉴》<sup>[8]</sup>上发布的所有大田作物在相应省市自治区的秸秆系数取值, 这样才能以完全统计的方法估算我国大田作物秸秆资源量。而且, 本研究对秸秆系数的取值基于 2006—2011 年间的实测值, 是符合当前大田作物生产水平的取值。

根据 2008 和 2009 年统计, 水稻、小麦和玉米占大田作物总产量的比例为 67.5%<sup>[8]</sup>, 其秸秆是量最大、最集中、可获得性最高的种类, 准确确定其秸秆系数尤其重要。在本研究中这 3 大作物的秸秆系数的样本量也最多, 再经过数学模拟方法进行了平滑处理, 因此, 在所有作物中这 3 大作物的秸秆系数取值是最接近真实值的。

除 3 大作物以外, 某作物在一个省有 3 个或以上的实测值为样本量, 则以其平均值作为该省的秸秆系数取值, 其他样本量更小的多数作物则通过相同或相似地区平均取值法、同类作物取值法进行取值, 也是当前能获得的最近似的秸秆系数值。只有少数在较小区域种植的作物在全国取同一值, 如甘蔗、黄红麻等。确定作物秸秆系数取值的区域越大, 其准确性越小。

## 参 考 文 献

- [1] 王丽, 李雪铭, 许妍. 中国大陆秸秆露天焚烧的经济损失研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(2): 170-175
- [2] 汪海波, 秦元萍, 余康. 我国农作物秸秆资源的分布、利用与开发策略[J]. 国土与自然资源研究, 2008, (2): 92-93
- [3] 钟华平, 岳艳珍, 樊江文. 中国作物秸秆资源及其利用[J]. 资源科学, 2003, (4): 62-67
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 谢光辉, 韩东倩, 王晓玉, 等. 中国禾谷类大田作物收获指数和

- 秸秆系数[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(1): 1-8
- [7] 谢光辉, 王晓玉, 韩东倩, 等. 中国非禾谷类大田作物收获指数和秸秆系数[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(1): 9-17
- [8] 国家统计局. 中国统计年鉴 2009[R]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 464-466
- [9] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴 2009[R]. 中国统计出版社, 2009: 142-149
- [10] 河北省统计局. 河北统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 534
- [11] 山西省统计局. 山西统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 249-250
- [12] 黑龙江省统计局. 黑龙江统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 281-283
- [13] 吉林省统计局. 吉林统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 232
- [14] 辽宁省统计局. 辽宁统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 291-292
- [15] 内蒙古统计局. 内蒙古统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 293
- [16] 北京统计局. 北京统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 216
- [17] 天津统计局. 天津统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 221
- [18] 河南省统计局. 河南统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 303
- [19] 山东省统计局. 山东统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 288
- [20] 上海统计局. 上海统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 214
- [21] 江苏省统计局. 江苏统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 184
- [22] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 331-332
- [23] 湖南省统计局. 湖南统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 206
- [24] 江西省统计局. 江西统计年鉴 2008[R]. 北京: 中国统计出版社, 2008: 220-221
- [25] 李月梅. 施肥对青海蚕豆产量及土壤养分的影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(4): 684-687
- [26] 陶志强, 柴强, 杨彩虹, 等. 交替灌溉对间作小麦蚕豆产量和根系的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 2(1): 34-38
- [27] 王红波, 赵霞, 任喜琴, 等. 密度对覆膜菜用大豆根系生长及产量的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2010(5): 44-46
- [28] 钱秋平, 杨统一, 程林润, 等. 不同大豆品种对根际土壤微生物群落影响的差异[J]. 南京林业大学学报, 2010, 5(34): 1-6
- [29] 宁万太, 马强, 周桦. 不同施肥制度对作物产量及土壤磷钾肥力的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 3(28): 123-128
- [30] 张恒斌, 刘胜利, 战勇, 等. 不同播期对早熟大豆产量及农艺性状的影响[J]. 作物栽培, 2010(2): 22-23
- [31] 咎亚玲, 王朝辉, Graham Lyons. 不同轮作体系土壤残留硒锌对小麦产量与营养品质的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(2): 235-238
- [32] 董钻, 沈秀瑛. 作物栽培学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 18-21
- [33] 马宗斌, 李伶俐, 朱伟, 等. 施钾对不同基因型棉花光合特性及产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1129-1134
- [34] 赵洪亮, 于谦林, 卢合全, 等. 山东生态条件下纯作春棉的适宜密度研究[J]. 山东农业科学, 2010, 12: 18-21
- [35] 朱四元, 汤清明, 刘头明, 等. 不同苧麻品种根际微生物的变化及其对产量影响的初步研究[J]. 中国麻业科学, 2010, 4(32): 193-197
- [36] 杨瑞芳, 崔国贤, 肖之平. 农艺措施对湘北红壤丘岗区苧麻产量的影响试验研究[J]. 现代农业科技, 2009, 20: 27-28
- [37] 刘立军, 王辉, 彭定祥. 苧麻产量和品质影响因素研究进展[J]. 中国麻业科学, 2010, 5(32): 275-280
- [38] Veka P D, 张柳俐. 叶鞘含水量对甘蔗蔗汁品质的影响[J]. 四川甘蔗, 1991(4): 30-31
- [39] 谢金兰, 罗亚伟, 梁阔, 等. 冬植甘蔗萌芽出苗与土壤水分的关系[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(27): 14961-14962
- [40] 赫磊, 王晔, 李丹, 等. 不同类型甜菜品种根中  $Mg^{2+}$ -ATP 酶活性和产质量的关系[J]. 中国糖料, 2009(3): 5-8
- [41] 蒋文昊, 李援农, 黄晔, 等. 不同生育期灌水量对烤烟生长发育及产量的影响[J]. 节水灌溉, 2011(2): 33-39

责任编辑: 袁文业