

## 吉林省玉米秸秆资源量估算及其利用的自然适宜性分析

那伟<sup>1</sup>, 郝登宝<sup>1</sup>, 赵新颖<sup>1</sup>, 李健<sup>2</sup>, 祝延立<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院农村能源与生态研究所, 吉林长春 130033; 2. 吉林省镇赉县农业环境保护与农村能源管理站, 吉林镇赉 137300)

**摘要** [目的]科学估算和评价吉林省玉米秸秆产量及其各种利用途径的自然适宜性,明确玉米秸秆资源开发潜力和方向。[方法]通过实地调查、抽样试验和文献分析方法,确定玉米秸秆资源可收集利用系数,估算出吉林省玉米秸秆资源的可收集利用量,对玉米秸秆资源在五料(燃料、饲料、肥料、工业原料、食用菌基料)上的适宜性和其各自的可收集利用量做出定量或定性的评价。[结果]确定玉米秸秆草谷比为1.32。吉林省玉米秸秆的自然适用性强,可用于燃料、饲料、肥料、工业原料及基料等利用,主要以饲料化、肥料化和能源化适宜性强。[结论]吉林省玉米秸秆资源具有多宜性,秸秆综合利用应按照多元利用、突出重点的原则,以肥料化还田和饲料化利用为主导方向,大力加强能源化利用,合理安排秸秆基料化利用和工业化利用,积极推进秸秆产业化发展。

**关键词** 玉米秸秆;草谷比;自然适宜性;吉林省

中图分类号 S216.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)36-0061-03

**Estimation of Corn Straw Resources and Analysis of Natural Suitability of Its Utilization in Jilin Province**

NA Wei, XI Deng-bao, ZHAO Xin-ying et al (Institute of Rural Energy and Ecology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130033)

**Abstract** [Objective] The research aimed to evaluate the natural suitability of corn straw yield and various utilization approaches in Jilin Province through scientific estimation, and to clarify the potential and direction of development of corn straw resources. [Method] Through field investigation, sampling test and literature analysis method, the collection and utilization coefficient of corn straw resources can be determined, and the collectable and utilization of corn straw resources in Jilin Province can be estimated. The suitability of corn stalk resources on five materials (fuel, feed, fertilizer, industrial raw materials, edible fungus base) and their respective collectable utilization amounts were quantitatively or qualitatively evaluated. [Result] The corn straw to grain ratio was determined to be 1.32. Jilin Province corn straw had strong natural applicability and could be used for fuel, feed, fertilizer, industrial raw materials and base materials, etc. [Conclusion] The corn straw resources in Jilin Province are multi-suitability. The comprehensive utilization of straw should follow the principle of multiple utilization, highlight the key points, take fertilizer conversion and forage conversion as the leading direction, vigorously strengthen the energy utilization, reasonably arrange the straw base material conversion and industrial utilization, and actively promote the development of straw industrialization.

**Key words** Corn straw; Ratio of straw to grain of corn; Natural suitability; Jilin Province

吉林省是我国玉米主产区,玉米是吉林省第一大粮食作物,素有黄金玉米带之称。据统计,吉林省玉米秸秆资源年产为3 000多万t,占吉林省全部秸秆资源的85%以上<sup>[1]</sup>。目前,吉林省玉米秸秆资源利用方式粗放,利用结构不合理,多数被家庭直接燃用和废弃焚烧,造成比较严重的农业资源浪费和农村环境污染等问题<sup>[1-2]</sup>。

玉米秸秆是玉米收获后的副产物,主要包括玉米的茎秆及玉米芯。该研究中玉米秸秆仅指玉米的茎秆与叶梢,不考虑玉米芯。玉米秸秆富含碳、氮、磷、钾、碳水化合物及有机质,蛋白质与脂肪也占有一定比例,基本组织构成以纤维素、中纤维素及木质素为主<sup>[3-4]</sup>,在饲料、肥料、燃料、食用菌基料、加工原料等方面具有很高的开发利用价值。

目前国内有关秸秆可收集利用量、适宜性评价等方面的研究尚不多见,有的也不够全面。特别是在秸秆资源的适宜性评价方面,仍基本处于感性认识阶段,对于特定用途的秸秆可获得量估算也大多是建立在感性认识基础上。有关以秸秆适宜性评价为基础的秸秆资源同一标准分类和定量汇总研究,在国内外都不多见。笔者按照确定的玉米秸秆资源

可收集利用系数,估算出吉林省玉米秸秆资源的可收集利用量,对玉米秸秆资源在五料(燃料、饲料、肥料、工业原料、食用菌基料)上的适宜性和其各自的可收集利用量做出定量或定性的评价。

**1 资料与方法****1.1 玉米秸秆资源量参数确定**

**1.1.1 草谷比。**根据吉林省的东、中、西的区域自然特征,在三大分布区域选择当地具有代表性的地形、地势、耕作制度和栽培的大田,且在无障碍和小气候的影响下选取玉米收获样本。根据收获方式测量玉米秸秆割茬高度,将全部收获后的样本烘干和脱粒,称取样本秸秆和籽粒的重量,计算样品的草谷比。在试验基础上,结合已有研究文献<sup>[1,5]</sup>,测定估算得到吉林省东部、中部、西部地区玉米的草谷比分别为1.30、1.25、1.41,该研究取吉林省3个区域的平均值为1.32。

**1.1.2 可收集系数。**在吉林省玉米主产区,对机械收获和人工收获的留茬高度进行了调查,考虑秸秆收集方式、割茬高度以及运输过程中损失,通过实地调查确定作物割茬高度占作物株高比例和秸秆枝叶损失率。根据吉林省农户玉米种植和收获情况,结合秸秆调查相关研究文献<sup>[1,5]</sup>所提供的秸秆残留量等相关信息,测算出吉林省玉米秸秆资源的收集系数是0.89~0.93,确定吉林省玉米秸秆可收集系数为0.91。

**1.2 玉米秸秆资源自然适宜性评价的方法** 农作物秸秆可用于多种用途。在既定的条件下,决定一种秸秆最适宜用作何种用途为最优选择,既要考虑秸秆本身的自然特征,又要

**基金项目** 吉林省科技厅软科学项目(20170418076FG);吉林省农业科学院创新工程重大项目“种养废弃物高效循环利用关键技术集成与示范研究”;吉林省环保厅项目(吉环科字2016-17)。

**作者简介** 那伟(1977—),男,吉林梅河口人,副研究员,博士,从事循环农业与农村生态研究。\*通讯作者,研究员,硕士,从事农业废弃物资源化利用研究。

**收稿日期** 2018-08-27; **修回日期** 2018-10-16

考虑利用技术的成熟度,还要考虑经济效益与社会效益。该研究将对玉米秸秆的自然适宜性进行分级评价。秸秆自然适宜性即在现实技术经济水平条件下,由玉米秸秆本身自然特性,如质地、密度、碳氮比、养分含量、热值等,所决定的在其各种利用途径上的适宜程度。用于各种用途的玉米秸秆可被划分为不同的适宜级别,如最适宜、一般适宜、次适宜、不适宜等<sup>[6]</sup>。

## 2 玉米秸秆资源量估算

表征玉米秸秆资源量的指标主要是理论资源量和可收集利用资源量。理论资源量是指理论上某地区每年最大可能生产的秸秆资源量。计算方法是当年玉米总产量与其草谷比的乘积,通过此方法可以估算出地区玉米秸秆资源理论总量。由于在玉米收获过程中需要留茬收割,在秸秆收集以及运输过程中会发生枝叶脱落情况,损失一些秸秆资源。除去在收集过程中资源损失,剩余为可收集资源量。可收集资

源量是指某区域通过现有收集方式可供实际利用的最大秸秆数量,计算方法是理论资源量与收集系数的乘积,通过此方法可以估算出玉米秸秆可收集资源量。可收集利用资源量是表征玉米秸秆资源量的重要指标,是进行秸秆综合利用的重要参考数据。

从表1可以看出,2008—2017年吉林省玉米秸秆与玉米总产量呈上升趋势,2017年是2008年秸秆可收集资源量的1.35倍,年均增长3.01%。从区域分布上看,根据2017年吉林省各地区玉米产量计算各地区玉米秸秆产量,其中长春市、四平市、松原市的玉米秸秆资源量大,分别占吉林省总量的27.1%、23.2%和19.5%;其次为吉林市和白城市,分别占吉林省总量的10.0%和7.8%,白山市资源量最小,仅占吉林省总量的0.7%。可见,吉林省玉米秸秆资源集中分布在中部地区和中西部地区。

表1 2008—2017年吉林省玉米秸秆资源量估算

Table 1 Estimation of corn stalk resources in Jilin Province from 2008 to 2017

年份 Year	玉米产量 Corn yield 万 t	草谷比 Ratio of straw to grain of corn	理论资源量 Theoretical resource//万 t	可收集系数 Collectable coefficient	可收集资源量 Collectable resources//万 t
2008	2 083.00	1.32	2 749.56	0.91	2 502.10
2009	1 810.00	1.32	2 389.20	0.91	2 174.17
2010	2 004.00	1.32	2 645.28	0.91	2 407.20
2011	2 339.00	1.32	3 087.48	0.91	2 809.61
2012	2 578.78	1.32	3 403.99	0.91	3 097.63
2013	2 775.74	1.32	3 663.98	0.91	3 334.22
2014	2 733.50	1.32	3 608.22	0.91	3 283.48
2015	2 805.73	1.32	3 703.56	0.91	3 370.24
2016	2 833.00	1.32	3 739.56	0.91	3 403.00
2017	2 802.40	1.32	3 699.17	0.91	3 366.24

## 3 玉米秸秆资源的自然适宜性评价

秸秆自然适宜性是指在现实技术经济水平条件下,由秸秆形态、质地、密度、物体结构、物质组分、养分含量、热值等自身特征所决定的,在其各种利用途径上的适宜程度<sup>[7]</sup>。根据玉米茎秆和玉米叶的物质特征,分析玉米秸秆利用的自然适宜性程度。

**3.1 玉米秸秆资源的还田肥料化适宜性评价** 凡是未经过养殖转化与肥料加工,而以原物或直接粉碎后回归土壤的秸秆都应被称为秸秆直接还田,大多数农作物秸秆都可直接还田。该研究将玉米秸秆直接还田适宜性分为适宜和不适宜。玉米秸秆营养物质丰富、氮和磷含量较高,优于麦秸与稻草,钾含量高于麦秸、稍低于稻草。玉米秸秆的氮磷钾元素总含量均值达27 kg/t<sup>[8]</sup>。2017年,吉林省玉米秸秆适宜直接还田的为3 366.24万t,相当于260万t氮磷钾复合肥的养分总含量。大量研究表明,玉米秸秆还田能够增加土壤有机质含量,改善土壤理化性状,提高蓄水保墒能力,增加粮食产量<sup>[9]</sup>。目前,受吉林省区域的温度、水分、技术成本等影响,吉林省玉米秸秆直接还田比例仅为4.03%。按照有机肥的分类,玉米秸秆属于3级有机肥,玉米秸秆还田适宜性属于适宜还田,吉林省秸秆直接还田替代有机肥的潜力巨大。

**3.2 玉米秸秆资源的饲料化适宜性评价** 秸秆资源的饲料化可以分为直接饲喂和加工饲喂。可饲喂评价分为可直接饲喂性评价与可加工饲喂性评价2个部分,将可饲喂的适宜性划分为适宜、一般适宜、不适宜3级。一般来说,玉米秸秆在自然状态条件下是一种劣质饲料,粗纤维含量高,直接饲喂适口性差,需要进行加工以提高其饲用价值,如秸秆青贮、微贮、氨化、揉搓丝化、压块及颗粒饲料加工等。通过这些加工工艺,可有效改善秸秆的适口性与营养成分,提高秸秆采食率与转化效率,提高秸秆直接饲喂的可适宜程度。综合以上诸多因素,玉米茎秆应当划分为一般适宜直接饲喂与适宜加工饲喂级别,玉米叶梢则属于适宜直接饲喂级别。

**3.3 玉米秸秆资源的可燃性适宜性评价** 可燃性是生物质的基本特性。玉米秸秆的平均热值为1 4437 kJ/kg,略高于秸秆的平均热值(14 226 kJ/kg,秸秆含水率15%左右),相当于标准煤热值的49.2%,即2 kg玉米秸秆约折合1 kg标准煤。秸秆耐燃性能主要取决于其木质化程度,木质化程度越高,耐燃性越强,反之亦然<sup>[7]</sup>。根据玉米秸秆的耐燃性与农村能源消费结构,将玉米秸秆可燃用的适宜性分为适宜、一般适宜、不适宜3级。2017年吉林省可收集利用的玉米秸秆总量为3 366.24万t,可折合1 683.12万t标准煤。目前,吉

林省玉米秸秆家庭燃用占全部秸秆的 61.5%，直接燃烧效率低，污染大，资源浪费严重，而通过秸秆固化、炭化、气化、发电与沼气转化可以提高能源利用效率，效果较好。

**3.4 玉米秸秆资源的基料化适宜性评价** 玉米秸秆富含食用菌赖以生存的纤维素与木质素等有机物，且来源广泛、成本低，是食用菌生产中较好的原料。目前，吉林省利用玉米秸秆栽培的食用菌品种有大球盖菇、真姬菇、平菇、草菇、双孢菇、鸡腿菇、秀珍菇等。吉林省推广玉米-蘑菇套作模式，在玉米地通过秸秆粉碎作为基质，培育大球盖菇等，经济效益和生态效益显著，通过该模式既保障玉米产量，又增加食用菌产量。玉米秸秆的基料化利用程度为适宜。

**3.5 玉米秸秆资源的原料化适宜性评价** 秸秆与木材的化学组分较为近似，都具有丰富的纤维素与木质素，所以秸秆在许多门类可替代木材作为工业加工的原材料，如造纸、板材等。秸秆工业加工的用途十分广泛，包括造纸、包装材料加工、人造板加工、环保用品（包括一次性餐具）加工、编织等。目前，吉林省玉米秸秆原料化生产规模小，生产厂家少，关键技术尚处于研究阶段，没有大规模推广示范。

#### 4 结论与讨论

(1) 经过笔者实地测试、试验和相关调查，结合相关文献，确定吉林省玉米秸秆的草谷比为 1.32。

(2) 根据草谷比测算，2017 年吉林省玉米秸秆可收集资源量为 3 366.24 万 t，其中不包含玉米芯。吉林省玉米秸秆主要集中在分布在中部和中西部的长春、四平 and 松原地区。

(3) 吉林省玉米秸秆的自然适用性强，可用于燃料、饲料、肥料、工业原料及基料等，且在每种用途中的适宜性级别有所不同。在直接还田肥料化方面，玉米秸秆属于适宜肥料化，属于 3 级有机肥级别。在饲料化方面，玉米茎秆属于一般饲喂，适宜加工饲喂，玉米叶稍适宜直接饲喂。玉米秸秆

是目前食用菌生产中较好的替代基质原料。以玉米秸秆为原料进行板材、纸浆生产的工业化开发目前在吉林省尚处于研发阶段。

(4) 该研究将玉米秸秆的肥料化、饲料化、可燃性、基料化和原料化进行了适宜性级别的界定划分，但囿于篇幅所限，并未将玉米芯作为玉米秸秆的组成部分进行论述，玉米芯也可用于燃料、饲料、基料、工业原料等多种用途。同时，在玉米秸秆资源化利用中没有分析秸秆的三化一电和沼气的适宜性，随着研究的深入，将不断进行改进。

(5) 吉林省玉米秸秆资源量巨大，秸秆综合利用效率低。玉米秸秆资源利用结构不合理，家庭直接燃用与焚烧仍占 80% 以上，饲料化比重为 10%，直接还田比例仅为 4.03%。针对吉林省秸秆综合利用现状及问题，吉林省秸秆资源利用应按照多元利用、突出重点的原则，以肥料化还田和饲料化利用为主导方向，大力加强资源化利用，合理安排秸秆基料化利用和工业化利用，积极推进秸秆产业化发展。

#### 参考文献

- [1] 那伟,赵新颖,黄泉.吉林省玉米秸秆可利用资源评价分析[J].中国农业资源与区划,2010,31(6):32-36.
- [2] 朴香兰.吉林省农作物秸秆资源的现状及综合利用[J].延边大学学报,2003,25(1):60-64.
- [3] 张强,秦涛,张红艳,等.玉米秸秆的综合开发利用[J].玉米科学,2006,14(2):168-169.
- [4] 吴鸿欣,曹洪国,韩增德,等.中国玉米秸秆综合利用技术介绍与探讨[J].农业工程,2011,1(3):9-12.
- [5] 那伟,刘鹏,张永峰,等.吉林省主要农作物秸秆可利用资源分析评价[J].吉林农业大学学报,2010,32(4):413-418.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 全国农业技术推广服务中心.中国有机肥料养分志[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [9] 贵立德,王小鹏.干旱半干旱区玉米秸秆还田增产保墒技术研究[J].安徽农业科学,2012,40(33):16061-16062,16066.

#### 名词解释

扩展学科扩散指标:指在统计源期刊范围内,引用该刊的期刊数量与其所在学科全部期刊数量之比。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{引用刊数}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展学科扩散指标:指期刊所在学科内,引用该刊的期刊数占全部期刊数量的比例。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{所在学科内引用被评价期刊的数量}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展被引半衰期:指该期刊在统计当年被引用的全部次数中,较新一半是在多长一段时间内发表的。被引半衰期是测度期刊老化速度的一种指标,通常不是针对个别文献或某一组文献,而是对某一学科或专业领域的文献的总和而言的。

扩展 H 指数:指该期刊在统计当年被引的论文中,至少有 h 篇论文的被引频次不低于 h 次。

来源文献量:指来源期刊在统计当年发表的全部论文数,它们是统计期刊引用数据的来源。

文献选出率:按统计源的选取原则选出的文献数与期刊的发表文献数之比。

参考文献量:指来源期刊论文所引用的全部参考文献数,是衡量该期刊科学交流程度和吸收外部信息能力的一个指标。

平均引文数:指来源期刊每一篇论文平均引用的参考文献数。

平均作者数:指来源期刊每一篇论文平均拥有的作者数,是衡量该期刊科学生产能力的一个指标。

地区分布数:指来源期刊登载论文所涉及的地区数,按全国 31 个省区市计(不包括港澳台)。这是衡量期刊论文覆盖面和全国影响力大小的一个指标。