

农耕文化在农作物秸秆综合利用产业中的传承与发展

——以贵池区秸秆综合利用产业现状为例

吴礼友¹, 石寅² (1. 池州市贵池区农业农村局, 安徽池州 247000; 2. 合肥丰能环保工程有限公司, 安徽合肥 237000)

摘要 通过对池州市贵池区农作物秸秆综合利用产业现状及发展趋势的分析, 初步探讨农耕文化与现代秸秆综合利用产业融合发展并得以提升, 阐述机械化还田技术的广泛应用; 秸秆饲料化新技术的升级; 炭基肥、固化成型燃料、生物质能发电等新兴产业的发展, 传统的农耕文化非但没有泯灭, 反而得到更好的传承与弘扬。

关键词 农耕文化; 传承与发展; 秸秆; 综合利用

中图分类号 S216.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)18-0206-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.18.056

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The Inheritance and Development of Farming Culture in the Comprehensive Utilization of Crop Straw—Taking the Current Situation of Straw Comprehensive Utilization Industry in Guichi District as an Example

WU Li-you¹, SHI Yin² (1. Agricultural and Rural Bureau of Guichi District, Chizhou City, Chizhou, Anhui 247000; 2. Hefei Fengneng Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Hefei, Anhui 237000)

Abstract Based on the analysis of the current situation and development trend of the comprehensive utilization industry of crop straw in Guichi District of Chizhou, this paper discussed the integration and development of agricultural culture and modern straw comprehensive utilization industry, and expounded the widespread application of mechanized return technology; the upgrading of new technology of straw feed; the development of emerging industries such as carbon-based fertilizers, solidified fuels, and biomass power generation. The traditional farming culture has not been eliminated, but has been better inherited and promoted.

Key words Farming culture; Inheritance and development; Straw; Comprehensive utilization

中华文明源远流长, 传统的农耕文化孕育着一代又一代勤劳而善良的炎黄子孙。农耕文化是中国传统文化之母, 它浸润着中国文化的方方面面, 千百年来一直是中国文化的主导文化, 它是炎黄子孙几千年生产生活的实践, 并以此形成了不同形式的农业思想及农业物质文化, 为中华民族繁衍生息、发展壮大奠定了坚实的基础^[1]。现代农业生产方式下, 如何传承与发展农耕文化, 一直受到各级领导及各方学者关注, 农耕文化在休闲农业、乡村文化旅游及地域文化等特色农业生产生活中的传承与发展等也常见诸文献。笔者结合贵池区农作物秸秆综合利用产业现状及综合利用产业发展趋势, 侧重探讨传统的农耕文化与现代农作物秸秆综合利用产业融合发展并得以传承和提升。

1 传承农耕文化的重要意义

1.1 农耕文化的传统含义 农耕文化是指农民在长期农业生产中形成的特色耕作技术以及自给自足的生活方式、文化传统、农政思想等。伴随着社会的进步, 古老原始的农业耕作方式也随之由刀耕火种、撂荒发展到轮耕、轮作复种和多熟农作制。

烧火(粪)灰是传统的农耕文化表现形式之一, 既能有效提升肥力, 改良土壤, 又能很好地处理入秋后的杂草和废弃的农作物秸秆, 是延续几千年的耕作方式。草木灰既可以用作肥料, 又可以使土地变得松软, 即使不翻地, 也可以让地表作物生长得很好, 是传统意义的和谐、环保、低碳理念的体现。但在当前形势下, 特别是近些年来, 环保压力不断加大, 层层传导的禁烧压力, 在不知不觉中影响了传统的农耕文

化, 甚至使一些传统逐渐被遗忘。

1.2 传承农耕文化的重要意义 农耕文化是中国传统文化的主干成分, 在现代农业生产中具有十分重要的历史意义及现实指导意义。我国是一个农业大国, 经过几千年积累下来的农耕文化内涵丰富, 源远流长。农耕文化传承我国悠久的农业文明, 博大精深, 丰富多彩。农耕文化凝聚了我国 56 个民族的智慧和精华, 是中华民族不可替代、不可再生的宝贵财富, 也是全人类共有的精神财富^[2]。农耕文化是独具特色的文化遗产, 是生态价值的重要体现。农耕文化创造出土地连续耕种 2 000 多年而地力不衰减的奇迹^[3], 经济价值不可估量。

随着农业和农村经济的发展, 传承农耕文化也是现代农业生产的现实需要。2010 年 9 月 25 日, 原农业部总经济师陈萌山在“2010 年中国农耕文化节”开幕式上强调, 各地政府要深刻理解中国农耕文化的核心理念, 充分认识中国农耕文化的现实价值, 加强对农耕文化传承的支持和引导, 采取有效措施推进中国农耕文化的传承^[3]。传承农耕文化既要保持历史传统, 也要结合时代创新; 既要注重保存遗风遗韵、原汁原味, 也要与自然资源和产业发展相结合。

1.3 春耕大典再现贵池区农耕文化传统 贵池区委、区政府高度重视传承农耕文化, 从 2016 年开始, 借助杏花村文化旅游节平台, 每年 3 月举办一次春耕大典活动。2016 年 3 月 10 日首届春耕大典活动在杏花村文化旅游区拉开帷幕, 至今已举办 4 届。春耕大典以傩戏、舞蹈的形式再现了古代人插秧、耕地、播种、收割以及丰收的劳动过程。春耕大典以质朴的、群众喜闻乐见的直观形式, 引导人们现场感悟、体会传统农耕文化实质内涵。

作者简介 吴礼友(1963—), 男, 安徽庐江人, 高级农艺师, 从事农村能源技术推广与研究。

收稿日期 2020-03-02; **修回日期** 2020-04-16

2 贵池区秸秆综合利用产业发展现状

2.1 农作物秸秆资源丰富 全国秸秆每年产量 9 亿多 t, 综合利用率超过 82%^[4]; 全国农作物秸秆可收集利用量 8.24 亿 t, 综合利用率每提高 1 个百分点就意味着要处理 800 万 t 秸秆^[5]。安徽省是一个农业大省, 常年粮食播种面积近 0.067 亿 hm², 农作物秸秆常年可收集量 4 800 万 t^[6], 2018 年全省秸秆综合利用率约 89%, 高出全国 4 个百分点以上^[7]。根据近 3 年统计, 贵池区主要农作物播种面积 6.85 万 hm², 其中水稻 4.26 万 hm², 油菜 1.37 万 hm², 棉花 0.66 万 hm², 小麦 0.23 万 hm², 玉米 0.34 万 hm²。茶园 0.27 万 hm², 果园 0.02 万 hm², 蔬菜 0.51 万 hm²。农作物秸秆量为 47.52 万 t, 可收集量 38.44 万 t^[7]。

2.2 贵池区秸秆综合利用产业快速发展

2.2.1 政策支持力度大, 产业化利用企业发展速度快。安徽省委、省政府高度重视农作物秸秆禁烧和综合利用产业发展, 2017 年开始, 全省秸秆综合利用提升工程被纳入民生工程绩效考核, 贵池区配套出台多项支持政策, 在保证实施民生工程资金需求外, 2018、2019 年均出台《贵池区农作物秸秆收购实施办法》(贵政办〔2018〕20 号, 贵政办〔2019〕29 号) 文件, 规定奖补秸秆产业化利用企业 230 元/t, 其中定点收购补助 150 元/t, 运输费用补助 80 元/t。对参加省秸秆综合利用博览会的企业给予奖补, 签约企业及展品丰富企业给予 3 万元补助。

在一系列政策支持下, 贵池区秸秆综合利用产业快速发展。秸秆“五化”(肥料化、饲料化、基料化、燃料化、原料化) 利用产业不断提升, 秸秆综合利用水平逐年提高, 综合利用企业逐年增加。2019 年全区已建设各类“五化”利用企业 8 家, 全年农作物秸秆可收集量 35.72 万 t (小麦播种面积减少), 综合利用量 32.15 万 t, 综合利用率达到 90%, 其中产业化利用量占秸秆综合利用总量比例超过 44%, 能源化和原料化利用量占秸秆综合利用总量比例 40%, “五化”利用以能源化利用为主, 能源化利用量 12.94 万 t; 秸秆机械化还田是综合利用的主要方式之一, 肥料化利用达到 17.58 万 t, 饲料化和基料利用量 1.4 万 t, 工业原料化利用量 0.23 万 t。

2.2.2 产业布局合理, 五化利用水平不断提升。贵池区高度重视农作物秸秆综合利用产业布局, 充分利用安徽省秸秆综合利用产业化博览会平台, 引导秸秆综合利用企业分类投资建设, 综合利用水平逐年提升。

2.2.2.1 大力发展能源化利用企业。在民生工程支持下, 贵池区先后建成固化成型燃料生产企业 2 家, 分别是 2017 年池州市盛徽生物质燃料有限公司; 2019 年池州众丰现代农业发展有限公司。年产生物质固化成型燃料 10 万 t 以上, 折合替代标准煤 5 万 t 以上。

生物质能发电企业除地方国有企业 325 电厂外, 2018 年省秸秆综合利用博览会签约落地的池州万鸿生物质能源有限公司, 已建成投产。2019 年省秸秆综合利用博览会签约的安徽盛鸿生物质热电有限公司正在建设中。

秸秆沼气发电工程由池州市忠友秸秆综合利用有限公

司承建, 2019 年投产并网发电。

2.2.2.2 原料化利用企业初具规模。池州市天元电子运动器材有限公司连续 3 年参加省秸秆综合利用博览会, 其生产的可再生电子镖靶获得 2019 年安徽省秸秆再生产品博览会金奖。池州市曙光竹木业有限公司已完成技术改造, 利用秸秆替代林业废弃物生产纸浆。

2.2.2.3 饲料化生产开始起步。池州畜源牧业发展有限公司以养殖皖南小黄牛为主, 秸秆饲料化应用技术成熟, 与周边大户或经纪人订单收购。2019 年池州众丰现代农业发展有限公司增加饲料化利用生产线, 购置大型专用秸秆揉丝打捆成套设备, 年生产秸秆饲料 1 万 t。

3 贵池区秸秆综合利用产业发展趋势

3.1 建立健全秸秆收储运体系 因农作物收获时间相对集中, 短时间内秸秆大量产生, 丘陵地区田块零碎, 小型机械收集不彻底。分散的、企业自主建立的收储点难以胜任, 必须建设合理、高效的秸秆收储运体系。秸秆收储运体系包括镇街收储中心和村级收储站点建设, 依托地方国有企业 325 发电有限公司以及池州众丰现代农业发展有限公司、池州市忠友秸秆综合利用有限公司等龙头企业为主体, 建立全区秸秆收储体系, 站点分布于各个镇街行政村, 确保秸秆收储企业能够长期运营, 真正建立起市场驱动、公司化动作的长效运行机制。

3.2 壮大秸秆能源化利用产业集群 秸秆能源化采用主要包括秸秆固化成型燃料、秸秆发电、秸秆沼气、秸秆热解气化等技术方法, 依托池州市 325 发电有限公司, 池州万鸿生物质能源有限公司、安徽盛鸿生物质热电有限公司以及池州众丰现代农业发展有限公司、池州市忠友秸秆综合利用有限公司等大型龙头企业的建设, 培育发展以秸秆、林木废弃物等为主要原料来源的秸秆能源化综合利用及相关配套产业, 形成秸秆能源化利用产业集群。

3.3 培育秸秆原料化利用产业 大力发展秸秆代木、纤维原料、清洁制浆等工业利用领域, 大力发展以秸秆为主要原料的清洁制浆等产业。依托池州市天元电子运动器材有限公司、池州市曙光竹木业有限公司等龙头企业, 通过引进国内外秸秆综合利用先进适用技术和经验, 拓展和延伸环保秸秆生物质工艺品及秸秆造纸等相关产业链条, 形成秸秆原料化利用产业集群。同时积极引进秸秆清洁制浆, 秸秆生物基新材料, 秸秆一次性模压成型和以秸秆为主要原料的生物质工艺品、绿色餐具等无公害生产企业, 构建秸秆原料化利用相关产业链。

3.4 拓展秸秆饲料化利用产业 秸秆养畜是贵池区的传统产业, 秸秆的喂养方式主要有直接饲喂、长草短喂等。依托池州畜源牧业发展有限公司、池州众丰现代农业发展有限公司, 围绕规模养殖场的秸秆饲料化利用, 发展专业从事秸秆养畜饲料商品化利用的企业, 推进农作物秸秆饲料化利用产业发展。

3.5 改造复活现有国债沼气项目 秸秆和猪粪进行混合发酵被认为是一种更有效的方法, 不仅降低了单一发酵的碳氮

比不平衡问题,而且提高了系统的缓冲能力,有利于发酵反应的高效进行。试验表明,在“秸秆+猪粪”组合中,在相同进料负荷的条件下,混合物料的甲烷产量要高于单一的物料,猪粪是产甲烷的主要物质基础;秸秆对产甲烷的贡献较弱,但秸秆的添加能够有效减缓猪粪高氮含量而带来的氨抑制作用,维持厌氧发酵系统的稳定,从而提高总产气量。这对比以猪粪为主要原料的高浓度厌氧发酵而言,适量添加秸秆类高碳类物料具有积极的意义^[9]。自 2003 年以来,贵池区累计建设国债户用沼气项目 17 218 个;建设小型沼气工程计 37 个;承担建设大型沼气工程 11 处。均单一以畜禽粪便为发酵原料,但受生猪养殖市场起伏变化,大部分处于停用或半停用状态。如果添加农作物秸秆作原料,及时对各沼气工程进行更新改造,增加秸秆前处理及上料系统,让停用或半停用的沼气工程重新启动,让现有户用沼气池复活,不但可以增加秸秆利用新途径,更能让停用或半停用状态的沼气项目重新发挥效益。

4 传统农耕文化在现代秸秆综合利用产业中的传承和发展

秸秆综合利用产业的培育与发展,有效缓解了秸秆禁烧的压力,也缓和了干群关系。有了秸秆产业化利用企业,有了不同的消化方式,农村秸秆不用继续堆放在田间地头了,相反农民还能从中获得一定的利益,群众对秸秆禁烧的认识不知不觉中提高了。但是对不允许烧火(粪)灰仍然不能理解,认为这是传统农耕文化的扼杀。

4.1 农作物秸秆的传统用途 在人们的印象中,传统的秸秆利用方式主要有 3 种。一是当肥料,增加土壤肥力。除了烧火(粪)灰外,还广泛用于直接还田、过腹还田、高温堆肥等。虽然技术含量不高,但是可以有效疏松土壤,培肥地力。二是当柴禾用,做饭取暖。特别是圩区,柴草缺乏,用秸秆当柴禾烧饭、取暖非常普遍。三是当饲料,喂养牲畜。传统耕作方式下,农田耕作主要靠大牲畜。喂养牲畜的饲料主要是秸秆,特别是在寒冷的冬季。

4.2 农耕文化在现代秸秆综合利用产业融合发展中得以升华

4.2.1 炭基肥是升级版草木灰(火粪灰)。烧火粪灰是秸秆肥料化最基本的表现形式之一,也是民间对农耕文化最简单、最直接的认知形式之一。草木灰是柴草燃烧后形成的灰肥,是一种质地疏松的热性速效肥,在农业生产上广泛应用,经常用作底肥。除含速效钾(5%~15%)外,还含有磷、钙、铁、镁、硫等有效养分。随着技术的提升,新型生物质炭基有机肥在秸秆炭化技术的帮助下得以实现。通过秸秆制碳机设备将秸秆等生物质有机物进行炭化处理,而后进行深加工制成新型炭基有机肥,以稻壳生物质炭为例,其基本理化性质如下:pH 8.09,有机碳 301.27 g/kg,全氮 4.11 g/kg,全磷 1.29 g/kg,全钾 13.70 g/kg,钙 3.25 g/kg,镁 1.45 g/kg,C/N 为 80.91^[10]。炭基肥有机质含量高,营养十分全面,一次施肥可以满足作物对多种元素的要求,弥补了长期施用无机肥的不足。

生物炭是含碳量丰富的生物质在无氧或限氧条件下低

温热解而得到的一种细粒度、多孔性的碳质材料,其可提高土壤蓄水储养能力,保护土壤微生物,提高作物产量^[11]。新型炭基有机肥可适用于各种农作物、园艺、水果、经济林、花卉、苗木等土壤中,可作为作物的基肥、追肥等,同其他化学肥料配合使用。

生物炭经过不同形成处理后,形式不同规格的炭基肥。这一新兴的炭基肥产业在贵池区已开始发展,将渐成规模。2018 年安徽省秸秆综合利用博览会签约落地的池州万鸿生物质能源有限公司已建成投产,公司建设 1 条制炭生产线和 1 条制肥生产线,进行生物质炭和生物质有机肥的成型加工,年产生物质炭 1.6 万 t。2019 年省秸秆综合利用博览会签约的安徽盛鸿生物质热电有限公司采用先进的气化工艺技术生生物质炭、燃气,设计制炭车间 800 m²,缓冲炭仓、炭粉制棒机,年产生物质炭 9 000 t。

4.2.2 秸秆机械化还田是直接还田的再提升。不同的秸秆还田方式对土壤有机质含量影响大,粉碎后还田比直接还田增加的有机质含量多,且变化趋势明显。粉碎还田微生物与土壤的接触面积大,微生物代谢旺盛,土壤有机质积累多,传统的直接还田,即使给水量上升也难以有效提高土壤有机质含量。研究表明,与传统的直接覆盖还田相比,粉碎还田呼吸量、有机质含量、还田率都较高,但同时损失率较高;当还田量为 33%时呼吸量、有机质含量、还田率最高,还田量为 67%时损失率最低;还田时间在 11~19 d 时,呼吸量激增;有机质含量在 10 d 时最高;还田率和损失率都随着时间的推移而不断增大^[12]。

机械化粉碎后还田已广泛应用,2019 年底,全省农机总动力达到 6 700 万 kW,比 2015 年增长 16%。全省主要农作物耕种收综合机械化水平达到 80%,比 2015 年的 71.6%提高 8.4 百分点^[13]。据贵池区农机化发展中心介绍,该区农作物秸秆机械化收割水平已达 80%,收割机基本加装粉碎机,部分农作物秸秆边收割、边粉碎、边还田,比直接还田效果好。

4.2.3 秸秆固化成型燃料是秸秆当柴禾的升华。改革开放前,许多农村生活能源仍主要依靠秸秆、薪柴等生物质低效直接燃烧的传统利用方式提供。现实生活中,秸秆直接用作燃料已渐行渐远,基本成为过去式。随着时代的发展,秸秆作为燃料依然存在,并且赋予新的形式和内涵,是新的可再生能源,前景广阔。

秸秆是一种很好的清洁可再生能源,每 2 t 秸秆的热值相当于 1 t 标准煤,而平均含硫量只有 0.38%,远低于煤 1.00%的平均含硫量,具有显著的能源效益和环境效益^[14]。

秸秆固化成型燃料技术能克服秸秆直接利用时体积大、密度小、含水率高和储运不方便的缺点,成型后的燃料性能得到极大改善,使用方便,是煤、气、油等高价位能源的理想替代产品。

贵池区自 2017 年开始,借助民生工程支持,先后建成池州市盛徽生物质燃料有限公司;池州众丰现代农业发展有限公司。可年产生物质固化成型颗粒燃料 10 万 t 以上,相当于节约 5 万 t 标准煤。

4.2.4 秸秆气化或生物质发电是秸秆能源化发展的大方向。为充分利用当地生物质能源资源,以当地充足的秸秆及农林废弃物为原料,贵池区大力培育和扶持秸秆气化或生物质发电企业,加快可再生能源开发利用,有效延长农业产业链,提高农业效益,增加农民收入,改善农村环境,促进农村地区经济和社会的可持续发展。

池州市 325 发电有限公司(简称 325 电厂)是贵池区地方国有企业,2 台 75 t/h 生物质发电机组已于 2014 年 10 月 15 日顺利并网发电,全部采用生物质燃料直燃发电,主要燃料品种为农作物秸秆、农林废弃物。年消耗生物质燃料约 25 万 t,其中秸秆年利用量为 8 万 t 左右,节约标准煤 17.5 万 t。2015 以来,每年发电 1.6 亿 kW·h 以上,每年产值 1.2 亿元,税收近 700 万元。

池州万鸿生物质能源有限公司、安徽盛鸿生物质热电有限公司都是农作物秸秆、农林废弃物热解炭化发电企业。池州万鸿生物质能源有限公司已于 2019 年建成投产,采用先进的气化工艺技术生产生物炭、燃气,生物炭经加工制成炭基肥等,燃气用于发电。年处理秸秆农林废弃物 6 万 t,年制炭 1.2 万 t,年发电量 2 232 万 kW·h 并输出至国家电网。

池州市忠友秸秆综合利用有限公司是一家农作物秸秆综合利用集中供气发电工程,是 2017 年贵池区农作物秸秆综合利用民生工程,一期工程年处理秸秆 3 000 t,已建成并网发电。二期工程扩建一座 5 000 m³ 发酵罐、一座 1 000 m³ 储气罐、250 kW 发电机组等配套设施,完工后发电量可达 175 万 kW·h。秸秆年利用量 15 000 t,年产值 620 万元。

4.2.5 秸秆饲料化应用更加广泛。秸秆饲料化技术是提高秸秆饲用价值的有效途径,以物理方法及微生物处理方法为主。农作物秸秆中含有丰富的纤维素、半纤维素、木质素等非淀粉类大分子物质,是草食性家畜重要的粗饲料来源。研

究发现,1.00 t 普通秸秆的营养价值与 0.25 t 粮食的营养价值相当。秸秆饲料可比大幅度提高牛、羊肉及其奶制品的产量和质量,进而改善人民群众的膳食结构;减少饲料用粮,解决人畜争粮矛盾。发展畜牧业的同时一定程度上解决秸秆的资源化问题,提高秸秆的利用率^[15]。池州畜源牧业发展有限公司以养殖皖南小黄牛为主,秸秆饲料化应用技术成熟,与周边大户或经纪人订单收购。2019 年池州众丰现代农业发展有限公司增加饲料化利用生产线,购置大型专用秸秆揉切打捆成套设备,年物理化生产秸秆饲料 1 万 t。

参考文献

[1] 王炎,李昶罕,秦莹.云南农耕文化对农业发展促进作用的研究[J].安徽农业科学,2013,41(26):10902-10903,10906.
[2] “中华农耕文化展”将在中国农业博物馆开幕[EB/OL].(2012-02-29)[2019-03-01].http://www.gov.cn/gzdt/2012-02/29/content_2079555.
[3] 孙白露,朱启臻.农业文化的价值及继承和保护探讨[J].农业现代化研究,2011,32(1):54-58.
[4] 常钦.秸秆利用,下气力培育产业链——目前全国秸秆每年产量 9 亿多吨,综合利用率超过 82%[N].人民日报,2018-07-08(009).
[5] 乔金亮.农业面源污染,攻坚![N].经济日报,2018-08-01(015).
[6] 高翔,许克祥.安徽省农作物秸秆综合利用研究[J].安徽农业科学,2017,45(28):55-57.
[7] 刘军.秸秆综合利用和农村能源工作综述[J].安徽省农村能源总站,2019-08-02.
[8] 吴礼友.池州市贵池区农作物秸秆禁烧及综合利用对策[J].安徽农业科学,2018,46(6):62-65.
[9] 黄强,龚贵金,黄艺瑶,等.水稻秸秆-猪粪混合发酵研究[J].安徽农业科学,2019,47(24):202-204.
[10] 徐成龙,杨应娟,自启泉,等.不同生物质炭施用量对大理烤烟生长发育和质量的影响[J].安徽农业科学,2017,45(1):38-40,43.
[11] 谢发萍,高亮,李苗苗,等.炭基肥与化肥配施对生菜养分吸收与产量的影响[J].安徽农业科学,2019,47(21):163-165.
[12] 宋翠银,孔秋婵,马文凯,等.秸秆循环利用与土壤碳循环关系[J].安徽农业科学,2013,41(5):2040-2043.
[13] 安徽省农业委员会.我省 1 市 8 县基本实现主要农作物生产全程机械化[EB/OL].(2020-01-09)[2020-01-15].https://kuaihao.qq.com/s/20200109A0KR6800.
[14] 张婷,张一新,向洪勇.农作物秸秆综合利用措施研究进展[J].安徽农业科学,2017,45(2):80-85,124.

(上接第 196 页)

[10] 张永贤,常霞,韩红园,等.去甲基姜黄素的 NMR 数据解析[J].河南科学,2019,37(8):1255-1258.
[11] 薛建平,黄月琴,张爱怀.怀姜试管姜诱导技术的研究[J].中国中药杂志,2007,32(16):1621-1624.
[12] 国家卫生和计划生育委员会.食品中水分的测定:GB 5009.3—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[13] 国家卫生和计划生育委员会.食品中灰分的测定:GB 5009.4—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[14] 国家卫生和计划生育委员会.食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[15] 国家卫生和计划生育委员会.食品中脂肪的测定:GB 5009.6—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[16] 国家卫生和计划生育委员会.食品中铜的测定:GB 5009.13—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
[17] 国家卫生和计划生育委员会.食品中锌的测定:GB 5009.14—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
[18] 国家卫生和计划生育委员会.食品中磷的测定:GB 5009.87—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[19] 国家卫生和计划生育委员会.食品中铁的测定:GB 5009.90—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.

[20] 国家卫生和计划生育委员会.食品中钾、钠的测定:GB 5009.91—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
[21] 国家卫生和计划生育委员会.食品中钙的测定:GB 5009.92—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[22] 国家卫生和计划生育委员会.食品中硒的测定:GB 5009.93—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
[23] 国家卫生和计划生育委员会.食品中镁的测定:GB 5009.241—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
[24] 国家卫生和计划生育委员会.食品中锰的测定:GB 5009.242—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
[25] 王红萍,沈达茜.文山生姜叶的营养成分分析[J].饲料研究,2015(24):59-62.
[26] 孙秀发,周才琼,肖安红.食品营养学[M].郑州:郑州大学出版社,2011:7-19,34-39,41-49.
[27] 杨维东,刘洁生,彭喜春.微量元素与健康[M].武汉:华中科技大学出版社,2007:15-26,40-66,76-85,90-92.
[28] RAYMAN M P.Selenium in cancer prevention:A review of the evidence and mechanism of action[J].Proceedings of the nutrition society,2005,64(4):527-542.
[29] 常霞,陈欣,陈玲,等.生姜功能性成分 8-姜酚的 NMR 数据解析[J].河南科学,2019,37(11):1742-1746.