

江苏省农作物秸秆的生物天然气潜力及其温室气体减排估算

郭瑞琦, 张雅聪, 桑明娟, 万濛, 徐霞 (江苏师范大学测绘学院, 江苏徐州 221116)

摘要 以适宜我国江苏省生物天然气生产的各类农作物秸秆的资源量为基础, 以江苏省生物天然气的生产潜力为核心讨论其温室气体减排潜力。通过筛选的草谷比系数对江苏省秸秆资源进行全面系统的估算, 并对江苏省秸秆资源量的区域分布规律进行探讨。研究结果显示, 2012年江苏省理论秸秆资源量约4 840万t, 其中水稻秸秆占秸秆资源总量的49%, 小麦秸秆约占26%; 可获得量约为3 934万t; 秸秆的能源资源量为2 359万t。秸秆的生物天然气潜力为638 641万 m^3 , 其温室气体减排潜力为1 114.43万t。江苏省秸秆资源分布苏北地区最高, 苏中地区其次, 苏南地区最低。该研究结果可为江苏省秸秆资源利用提供参考依据。

关键词 生物天然气; 农作物秸秆; 温室气体减排

中图分类号 S216.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)34-111-04

Biogas Potential of Crop Straw and the Estimation of Reduction for Its Greenhouse Gas Emission in Jiangsu Province

GUO Rui-qi, ZHANG Ya-cong, SANG Ming-juan et al (School of Geodesy and Geomatics, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract This article is based on different kinds of crop straw resources in Jiangsu Province, which is appropriate for producing bio gas. Meanwhile, it is focusing on the production potential of bio gas and discussion of its potential for greenhouse gas emission reduction. We make a comprehensive estimate of straw resources in Jiangsu Province by screening grass valley ratio coefficient, and make an investigation on regional distribution of straw resources in Jiangsu Province. The results show that the theoretical straw resources of Jiangsu Province in 2012 is about 48.4 million tons. The rice straw accounted for 49% of total resources and wheat straw contributed to 26%. The availability reaches about 39.34 million tons. In 2012, straw energy resources in Jiangsu province is 23.59 million tons. Bio gas potential of crop straw is 638.641 million cubic meters, and the estimate of reduction for its greenhouse gas potential is 11.1443 million tons. The northern area of Jiangsu Province tops the highest stock of straw resources, the middle area comes to the second and the southern region ranks the last. The results can provide a reference for straw resource utilization in Jiangsu Province.

Key words Biological gas; Crop straw; Greenhouse gas emission reduction

生物燃气, 也称生物天然气, 是指从生物质转化而来的燃气, 包括沼气、合成气和氢气。目前只有沼气具有成本优势, 所以一般所说的生物燃气主要是指沼气^[1]。生物质气化有着悠久的历史, 特别是其在第二次世界大战期间在欧洲的应用^[2]。近几年, 其他西方发达国家如美国、英国、新西兰等也发展了不少生物天然气工程^[3]。与其他形态的生物能源相比, 生物天然气拥有最高的单位面积能量产出^[4]。可见在温室气体减排方面, 生物天然气与常规化石燃料, 以及其他生物能源相比, 都有极显著的优越性。

在我国, 生物天然气最初仅被作为一种能源的补充。直至20世纪70年代, 人们才尝试将沼液应用到农业生产中, 发现其不仅能提高作物产量, 还能增强作物抗病性和耐冻性。随后人们又逐渐发现沼液在喂猪和养鱼, 沼渣在提高土壤肥力等方面均有很好的效果。随着生物天然气发酵产物作用的陆续发现, 生物天然气综合利用也逐渐发展起来^[5]。近年来我国天然气的需求越来越大, 缺口也在逐渐增加。据我国国家能源局预测, 2020年我国天然气在一次能源消费中的比重将提高到10%以上, 而天然气缺口也会随着全国一次能源总消费量比例的提高而提高, 这个缺口的大部分完全可以用生物天然气来弥补。

由于生物天然气具有清洁、环保的特点, 我国在近年来开始逐步加大对对其潜能的探索与资金的投入。而江苏省作

为沿海经济发达地区, 科学技术发达, 具有将秸秆综合利用的先天优势。农作物固体废弃物的能源化利用, 尤其是农作物秸秆的生物天然气利用是江苏省发展环保型农业的重要手段^[6]。因此, 对江苏省农作物秸秆生物天然气潜力及其温室气体减排的估算, 不但有助于对秸秆这一农作物所带来的自然资源进行有效的资源配置及利用, 更可以加大江苏省对生物质资源的重视, 从而促进江苏省乃至全国各个省市环保型农业项目的发展。

1 研究对象、方法

1.1 研究对象 以江苏省小麦、稻谷、玉米、豆类、薯类、油料、棉花等主要农作物的秸秆作为研究对象, 分析并计算各市农作物秸秆资源潜力以及生物秸秆天然气潜力, 以秸秆所提供的生物天然气计算温室气体减排潜力。

1.2 研究方法 首先筛选草谷比系数, 我国各类秸秆收集系数数据, 以建立相对完善的统计计算体系, 然后对江苏省各市农作物秸秆理论蕴含量、可获得量、能源资源量以及生物秸秆天然气潜力进行研究计算, 最后通过替代能源减排的方法来估算沼气的温室气体减排效果。数据来源: 2012年江苏省各市统计年鉴。

2 农作物秸秆资源潜力

2.1 理论蕴藏量 理论资源量是指某一区域秸秆的年总产量, 表明理论上该地区每年最大可能生产的秸秆资源量。由于江苏省农作物秸秆资源分布比较分散, 很难直接计算其资源量, 一般通过草谷比系数进行估算。草谷比系数指植株秸秆与收获粮食或产品之间的比值。根据农作物的产量与草谷比系数的乘积计算农作物秸秆的理论蕴含量。计算公式

基金项目 江苏省大学生创新创业项目(201410320085X); 江苏师范大学大学生创新创业项目(JSNU-828)。

作者简介 郭瑞琦(1994-), 内蒙古赤峰人, 本科生, 专业: 土地资源管理。

收稿日期 2015-11-05

如下式所示: $TRA_{\text{straw}} = \sum_{i=1}^n P_i \times \lambda_i$ 式中, TRA_{straw} (Theoretical Resources Amount) 为秸秆资源的理论蕴藏量(t); P_i 为第 i 种农

作物的产量(t); λ_i 为第 i 类农作物的草谷比系数。我国主要农作物草谷比系数见表1。

表1 我国主要农作物草谷比系数

农作物	科技部星火计划	可再生能源战略研究组	中国农村能源行业协会	毕于运等(2009年)	谢光辉等(2010年)	Zeng等(2007年)	Yang(2010年)
稻谷	0.95	0.62	1.00	0.9	1.00	0.623	0.68
小麦	1.28	1.37	1.00	1.1	1.17	1.366	0.73
玉米	1.25	2.00	2.00	1.2	1.04	2.0	1.25
其他杂粮	-	-	-	-	-	1	-
豆类	1.50	1.50	1.50	1.6	1.50	1.5	1.5
薯类	0.50	0.50	1.00	0.5	0.46	0.5	1.0
油料作物	2.21	2.00	2.00	2.0	2.16	2.0	1.01
棉花	3.14	3.00	3.00	3.4	2.91	3.0	5.51
甘蔗	0.10	0.25	0.10	0.06	0.06	0.1	-
甜菜	-	-	-	0.1	0.43	0.1	-
蔬菜	-	-	-	0.1	-	-	-

注:表中数值综合自石元春^[7]、陈利洪^[8]。比较后,该研究的草谷比系数采用 Zeng 等^[9]。

在江苏省,由于地理位置与气候的原因,小麦和稻谷的产量较高。其中小麦总量为 1 709 万 t, 占全省总量的 39.69%, 稻谷总量为 1 431 万 t, 占全省总量的 33.25%。可见在江苏省各种秸秆资源中所占比重最大的是小麦和稻谷秸秆。研究主要农作物秸秆的蕴含量,有利于开发农作物秸秆高效利用,促进生物质能源的规模化、产业化发展^[10]。因此,江苏省各市应加大对这两种秸秆利用的重视程度。

经计算汇总,全省秸秆的理论蕴含量为 4 840 万 t, 其中排在前三名的分别是盐城市、徐州市和南通市。可观的秸秆蕴含量体现了江苏省丰富的秸秆资源,为江苏省农作物秸秆的综合利用提供了坚实的基础。

2.2 可获得量 可获得量是指某一区域通过现有收集方式可供实际利用的最大秸秆数量,可通过理论资源量乘以收集系数来确定。由于并非所有的秸秆资源都能有效收集,在排除了收集损失后的秸秆资源量才是秸秆资源的可获得量。计算公式如下式所示: $ARA_{\text{straw}} = \sum_{i=1}^n TRA_i \times \eta_i$ 。式中, ARA_{straw} (Available Resources Amount) 为秸秆资源的可获得量(t); TRA_i 为理论资源量(t); η_i 为收集系数。目前,主要的秸秆农作物的收集系数如表2所示。根据所查资料,笔者以各类秸秆的收集平均系数作为该研究的计算系数。

表2 我国各类秸秆收集系数

农作物秸秆	王亚静等(2010年)	蔡亚庆等(2011年)	Yang等(2010年)	平均
稻谷秸秆	0.83	0.75	0.78	0.79
小麦秸秆	0.83	0.74	0.76	0.78
玉米秸秆	0.83	0.95	0.95	0.91
豆类秸秆	0.88	0.80	0.75	0.81
薯类秸秆	0.80	0.80	0.75	0.78
油料作物秸秆	0.85	0.88	0.90	0.88
棉花秸秆	0.90	0.90	0.90	0.90

注:王亚静等^[11]、蔡亚庆等^[12]、Yang等^[13]、平均收集系数参考自陈利洪^[8]。

根据经济发展状况及地理位置等情况,江苏可以划分为

苏北(连云港、宿迁、徐州、盐城和淮安)、苏中(扬州、泰州和南通)和苏南(镇江、南京、无锡、苏州和常州),其中苏北秸秆资源可获得量为 2 168 万 t, 占全省 55%; 苏中为 1 096 万 t, 占全省的 28%; 苏南为 670 万 t, 占全省的 17% (图1)。通过图1可知,江苏省苏南、苏中、苏北的秸秆资源可获得量具有显著差异,其中苏中及苏北的秸秆资源可获得量占全省的 83%, 可见江苏省秸秆资源应侧重苏中以及苏北的开发。

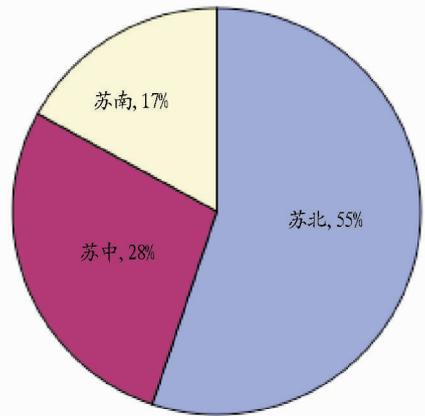


图1 江苏省秸秆资源可获得量南北差异示意图

2.3 能源资源量 除开必要的畜牧饲料和工业原料外,生活燃料、秸秆还田、废弃及烧掉部分的秸秆是秸秆可能资源化利用的主体。计算公式如下式所示: $EURA_{\text{straw}} = \sum_{i=1}^n ARA_i \times \beta_i$ 。式中, $EURA_{\text{straw}}$ (Resources Amount for Energy Use) 为可用于能源的资源量(t); ARA_i 为可获得量(t); β_i 为能源使用率(%)。江苏省能源资源量由高到低前5名分别是盐城、徐州、南通、连云港和宿迁,其中4个为苏北城市,可见在能源资源量方面苏北明显高于苏中和苏南。

通过对江苏省各个市秸秆的理论蕴含量、可获得量以及能源资源量进行分析后,不难发现江苏省的秸秆资源不但储量丰富且存在地区差异。为更清晰地表示各个市的农作物秸秆资源潜力,笔者采用图2对江苏省各市农作物秸秆资源

潜力进行表示。从图2可知,江苏省秸秆资源潜力各市差异显著,其中排在前3名的是盐城、徐州、南通,而秸秆资源潜力最小的则是无锡、南京、镇江。从江苏省苏南、苏中、苏北3个分区来看,苏北地区的秸秆资源潜力依然是遥遥领先的,苏中紧随其后,苏南最少。秸秆资源潜力的地区分布差异,对江苏省的秸秆综合利用有借鉴意义。

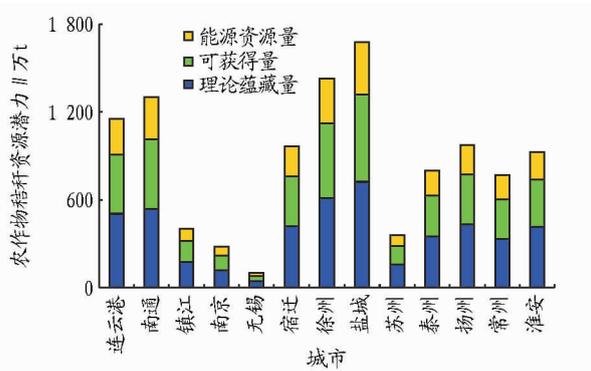


图2 江苏省各市农作物秸秆资源潜力

3 农作物秸秆的生物天然气潜力

$$Biogas_{\text{straw-potential}} = \sum_{i=1}^n TRA_i \times \eta_i \times \beta_i \times TS \times V_{CH_4}$$

式中, $Biogas_{\text{straw-potential}}$ 为秸秆生物天然气潜力 (m^3); TRA_i 为秸秆理论资源量 (t); η_i 为收集系数; β_i 为能源使用率 (%), 取值 60%; TS 为干物质质量分数 (%), 取值 90%; V_{CH_4} 为秸秆的产气率 (%), 取值 $0.30 m^3/kg$ 。经计算可得, 2012 年全省农作物秸秆的生物天然气潜力为 638 641 万 m^3 。其中盐城市的农作物秸秆生物天然气潜力最大, 为 96 549 万 m^3 ; 无锡市生物天然气潜力最少, 为 5 816 万 m^3 , 盐城市的生物天然气潜力是无锡市的 16 倍 (图 3)。可见, 江苏省应加大对盐城等生物天然气潜力较大城市的农作物秸秆综合利用的扶持力度, 以保证秸秆资源的充分开发。

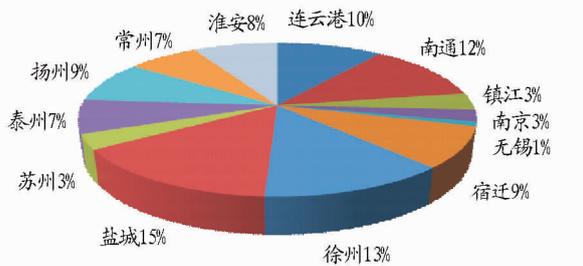


图3 江苏省各市农作物秸秆的生物天然气潜力

4 生物天然气的温室气体减排潜力

程序等^[14]引用国外的研究结果显示以生命周期分析法 (Life Cycle Assessment, LCA) 计算的温室气体减排量 (每取得 $1 kW \cdot h$ 做功的能量所排放的 CO_2 克数), 生物天然气为 $-414 g$, 硬煤为 $508 \sim 807 g$, 核能为 $89 g$, 即便是被称为洁净能源的石化天然气也达 $398 g$ 。换句话说, 如果当前天然气用量的一半用生物天然气替代, 则其温室气体的总排放量将为零。生物天然气温室气体减排是最近几年生物天然气研究的热点之一。生物天然气替代传统能源可减少 CO_2 排放, 禽畜粪便和工业废水厌氧消化可减少 CH_4 排放^[5]。程序

等^[14]指出生物天然气是所有现代能源中独一无二的温室气体负净排放能源。因此, 大力发展生物天然气产业也是温室气体减排的诉求。

首先将生物燃气的燃烧热值换成 $1 kg$ 标准煤, 然后通过节约 $1 kg$ 标准煤等于减排 $2.493 kg CO_2$ 进行减排计算^[15]。1 标准大气压下 $1 m^3$ 普通的生物燃气的热值约为 $0.7 kg$ 标准煤的热值。1 标准大气压下 $1 m^3$ 生物燃气作为替代能源可以相对减少 CO_2 的排放量 $= 2.493 \times 0.7 = 1.745 kg$ 。计算农作物秸秆转化的生物燃气代替化石燃料所产生的碳减排量, 由此可得江苏省生物天然气温室气体减排潜力为 1 114.43 万 t (图 4)。秸秆温室气体减排潜力与可获得量成正相关。

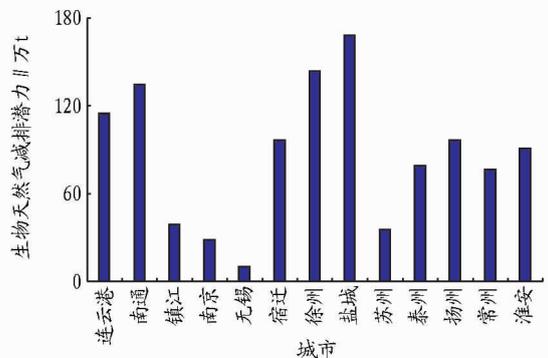


图4 江苏省各市农作物秸秆的生物天然气减排潜力

5 江苏省农作物秸秆利用的问题及对策

5.1 江苏省农作物秸秆利用的问题 江苏省农作物秸秆能源丰富, 但由于地域环境与开发程度, 各省市的农作物秸秆资源潜力、可获得量等不尽相同。从江苏省各市秸秆资源的综合潜力来看, 苏北农作物秸秆理论蕴含量、可获得量、能源资源量数目可观, 是江苏省秸秆能源需重点开发的区域, 苏中也有着大量的秸秆资源有待开发, 苏南地区最少。目前, 江苏省秸秆利用主要存在的问题有:

5.1.1 农作物秸秆资源区域差异过大。 江苏省在农作物秸秆资源方面地区差异过大, 不同区域的农作物秸秆资源潜力也有所不同, 各个市应该根据该市的农作物秸秆资源量以及资源潜力来确定适合该市的农作物秸秆利用方式, 而今江苏省的农作物秸秆利用政策并没有针对各个地区的具体情况分别对待。笼统的政策将会成为各地区秸秆能源发展的阻碍, 使得各市农作物秸秆的综合利用面临着利用方式不合理、江苏省对各市资金分配不均等情况。

5.1.2 农作物秸秆资源利用不合理。 在江苏省秸秆资源丰富的地区, 丰富的秸秆资源潜力同样也伴随着秸秆的不合理利用, 其潜力越大, 秸秆的利用问题越有待解决, 若缺少合理制度约束以及补贴政策, 则会发生大量秸秆的不合理利用现象。目前, 江苏省主要以奖罚并行的方式以治理秸秆的焚烧现象。在《江苏省秸秆禁烧工作考核及奖励办法》中规定, 将对各省辖市和县 (市、区) 进行“百分制”秸秆禁烧考核, 对于焚烧秸秆的镇 (区) 进行处罚, 并对优秀的镇 (区) 及领导实施奖励。但由于补贴尚未落实到个人, 农民还面临着相关的补贴不到位、秸秆收集机械不足等问题, 以至于个别地区区

秆焚烧现象屡禁不止。

5.1.3 相关市场管理机制尚未成熟。在江苏地区,同样存在秸秆能源生产企业的经营不善或倒闭的现象。除了运作机制的因素外,根本原因还是秸秆的收、贮、运技术和装备落后,必须创新、提升^[16]。可见,省政府对秸秆的收集、贮存、运输指导体系有待完善,对企业的相关资金、技术的支援还需加强。从生物质能源市场方面来看,缺乏有效措施以推动秸秆能源发展。同时,政府在秸秆利用方面多为秸秆焚烧问题的禁止,对待秸秆能源多方面利用及发展的积极性有待提高。

5.2 江苏省农作物秸秆利用的对策

5.2.1 根据各市具体情况选择秸秆利用方式。应针对江苏省各市的农作物秸秆利用情况制定符合当地能源发展的相关政策。关于江苏省苏南、苏北、苏中应制定不同的秸秆利用策略。如2009年8月国家发改委正式公布的《江苏沿海地区发展规划》中将“鼓励发展可再生能源与清洁能源”作为加快江苏沿海地区发展五大领域重点任务内容之一^[17]。江苏省也可将在秸秆能源方面有巨大优势的苏中、苏北地区作为省秸秆综合利用的重点发展对象,加大对该地区的秸秆能源开发的资金投入与技术支援。并在该地区重点扶持秸秆用量大的秸秆利用企业,以实现大量秸秆资源的集中、高效利用。以秸秆工业原料化为例,秸秆在建筑材料领域内目前的应用已相当广泛,秸秆消耗量大、产品附加值高,又能节约木材,很有发展前景^[18]。此外还有大型秸秆气化企业以及秸秆发电厂等,都适合在秸秆资源丰富的地区发展。将苏北、苏中丰富的秸秆资源能源化,不仅能够解决苏南地区能源缺口问题,还能带动苏北、苏中地区的经济发展,是个协调江苏省区域经济平衡发展的方法^[1]。

而对于农作物秸秆资源相对较少的苏南地区,则应侧重对中、小型秸秆利用企业的扶持以及农作物秸秆自用工程的资金、技术支持。特别是生物质气化直接供气技术和中小型生物质气化发电技术,由于投资小,比较适合农村地区分散利用,具有较好的经济性、社会效益和发展前景^[19]。只有掌握情况、分区对待才能合理地解决江苏省秸秆利用问题。

5.2.2 加大对农民的扶持力度。在整个秸秆利用活动中,农民作为秸秆能源经济循环中的基本主体,其对秸秆能源的高效利用有着不可忽略的地位。为此,提高农民对秸秆利用的积极性至关重要。政府对此需采取各种激励措施,如对机械化还田的补贴,在经过充分调查和研究的基础上,根据实际情况制订出各地秸秆机械化还田及补贴标准,补贴金额不得少于还田成本,并按还田标准监督实施工作等^[20],在减少焚烧秸秆所带来环境污染的同时保障农民利益。也可出台相关的焚烧补贴以减少农民的损失,由于禁烧补贴对描述约束和禁令约束都具有积极影响,可以显著提高农户亲环境行为,并且禁烧补贴通过对亲环境行为者的褒奖产生了显著的示范效应^[21],这对秸秆的焚烧问题有一定的借鉴作用。

5.2.3 完善市场机制,提高政府积极性。在秸秆利用的前期,地方政府应加大对秸秆收集、贮运和利用服务体系的建

设,早日完善相关资金补贴制度,以解决秸秆生产企业在秸秆利用过程中的收集、储存问题。在秸秆的企业利用中,则应继续加强对各市农作物秸秆项目资金、技术的支持。其中可重点扶持规模化加工秸秆饲料、燃料和原料的示范基地建设,利用政府信贷、税收政策给予鼓励^[22],以带动地方农作物秸秆市场发展。由于秸秆能源市场还需要一定的外部动力来推动秸秆能源经济链的内在循环,因此可加大秸秆生物质能源产业的外部性影响,如尽快出台与碳排放相关的管理办法,鼓励和支持有条件的地区探索碳排放交易,结合低碳试点工作,开展碳排放试点,逐步建立碳交易制度和监管体系^[23],采取一系列措施推动秸秆能源发展。

同时,国家对地方政府激励还需加大。如在生物质秸秆利用方面,可按照地方政府在环境保护专项考核中所得的分数划分为几个等级,分别按不同比例返还税收^[24],使地方政府能积极扶持农作物秸秆能源生产企业,主动参与到生物质能源的发展中。

6 结论和展望

基于对江苏省各市的农作物秸秆的资源潜力以及温室气体减排潜力的正确估算,可知江苏省农作物秸秆资源存在资源潜力大、区域分布差异明显等特点。因此,在江苏省农作物秸秆的综合利用中更需要针对不同地区分别对待,才可以实现生物质秸秆资源的高度利用,促进江苏省乃至全国各省的环保型农业的发展。同时,在农作物秸秆利用中,更需要政府细化扶持对象,加大对农民、企业的资金、技术的支持,并出台详细的农作物秸秆能源市场管理办法,以解决农作物秸秆不合理利用带来的环境问题,使江苏省农作物秸秆发挥其最大的生物天然气减排潜力。

参考文献

- [1] 中国网. 生物天然气[EB/OL]. (2011-05-17) [2015-10-25]. <http://www.bioon.com/bioindustry/bioenergy/484390.shtml>.
- [2] ELDER T, GROOM L H. Pilot-scale gasification of woody biomass [J]. *Biomass and bioenergy*, 2011, 35(8): 3522-3528.
- [3] LIEFFERING M, NEWTON P, THIELE J H. Greenhouse gas and energy balance of dairy farms using unutilised pasture co-digested with effluent for biogas production [J]. *Australian journal of experimental agriculture*, 2008, 48(1/2): 104-108.
- [4] BRUNI E, JENSEN A P, PEDERSEN E S, et al. Anaerobic digestion of maize focusing on variety, harvest time and pretreatment [J]. *Applied energy*, 2010, 87(7): 2212-2217.
- [5] 张培栋, 李新荣, 杨艳丽, 等. 中国大中型沼气工程温室气体减排效益分析[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(9): 239-243.
- [6] 周玉新. 江苏环保型农业的发展模式及其驱动力研究[J]. *农业经济*, 2010(5): 6-8.
- [7] 石元春. 中国生物质原料资源[J]. *中国工程科学*, 2011, 13(2): 16-23.
- [8] 陈利洪. 中国生物燃气发展与温室减排研究[D]. 北京: 北京师范大学, 2013.
- [9] ZENG X Y, MA Y T, MA L R. Utilization of straw in biomass energy in China [J]. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2007, 11(5): 976-987.
- [10] 丁文斌, 王雅鹏, 徐勇. 生物质能源材料: 主要农作物秸秆产量潜力分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(5): 84-89.
- [11] 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.
- [12] 蔡亚庆, 仇焕广, 徐志刚. 中国各区域秸秆资源能源化利用的潜力分析[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(10): 1637-1646.

3种提取法获得的提取物中,以70%乙醇提取物的抑菌作用最强,60%丙酮提取物有抑菌效果,而沸水提取物抑菌效果不显著。

2.2 植物不同部位提取物的杀虫效果 为了对比兴安藜芦的不同药用部位的杀虫效果,以70%乙醇提取的兴安藜芦根、茎、叶的活性成分进行杀虫试验。由表2可知,对榆紫叶甲幼虫防治作用最强的为根提取物,茎提取物次之,叶提取物

最弱。其中,70%乙醇叶提取液的最低杀虫浓度(MIC)为0.50 g/ml。

2.3 藜芦提取液对榆紫叶甲幼虫不同时期的防治效果比较 结果表明,提取液对榆紫叶甲3龄以前幼虫的防治效果较明显,因此,对榆紫叶甲幼虫的防治应在3龄幼虫以前进行。

表1 兴安藜芦根、茎、叶提取液对榆紫叶甲幼虫的防治效果

浓度 %	根			茎			叶		
	沸水提取物	70%乙醇 提取物	60%丙酮 提取物	沸水提取物	70%乙醇 提取物	60%丙酮 提取物	沸水提取物	70%乙醇 提取物	60%丙酮 提取物
CK	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2.55	20.35	19.58	1.91	18.71	18.88	2.00	8.66	8.33
15	10.34	42.45	41.56	11.23	24.78	22.01	10.13	30.21	11.12
25	19.21	58.33	47.31	12.35	43.43	38.42	13.34	34.54	22.34
50	32.52	100	80.12	26.12	75.45	71.30	17.05	46.71	42.04
100	36.60	100	100	30.45	78.12	62.43	27.23	47.26	42.04

表2 兴安藜芦根、茎、叶70%乙醇提取液的杀虫效果

浓度//%	根提取物	茎提取物	叶提取物
CK	0	0	0
5	23.80	18.77	8.51
15	43.55	25.04	30.05
25	56.91	44.12	34.40
50	100	77.40	47.00
100	100	76.98	47.82

3 结论与讨论

试验结果表明,兴安藜芦不同部位的沸水提取液、乙醇提取液、丙酮提取液均对榆紫叶甲幼虫有不同程度的防治效果,充分说明兴安藜芦是一种很好的杀虫植物,可望开发研制成植物源杀虫剂。防治效果,发现兴安藜芦根70%乙醇提取液的防治效果最好,对比兴安藜芦对不同龄期榆紫叶甲幼虫的防治效果,发现兴安藜芦根提取物对榆紫叶甲幼虫的防治效果明显好于茎、叶提取物。

该研究是将药液涂于榆树叶后,并将接虫后的叶片置于培养皿中央培养,通过观察榆紫叶甲幼虫的生长情况研究兴安藜芦的害虫防治效果,克服了试管法或滤纸片法的不足,并具有稳定可靠和定量性好等优点,适用于有色生物制剂

抑菌浓度的测定。采用该试验方法判断防治榆紫叶甲效果且以无菌落生长为最低杀虫浓度,故所测定的数据实际上是最低杀虫浓度,其结果可推广用于榆紫叶甲幼虫的生物防治。

参考文献

- [1] 李孟楼. 森林昆虫学通论[M]. 北京:中国林业出版社,2002:206-207.
- [2] 张强,张德军,崔殿军. 黑龙江省西部地区榆紫叶甲发生与防治[J]. 防护林科技,2009(1):115-116.
- [3] 孟繁君,张大明,宋丽文,等. 榆紫叶甲生物学特性及其防治技术[J]. 林业科技,2009,34(3):33-34.
- [4] 刘钦玲. 佳木斯市榆紫叶甲生物学特性及其防治对策[J]. 黑龙江农业科学,2012(3):79-80.
- [5] 王海涛,张丽丽. 佳木斯市榆紫叶甲的发生与防治[J]. 现代化农业,2011(3):7-8.
- [6] 安瑞军,李秀辉,张冬梅. 榆紫叶甲生物学特性的研究[J]. 林业科技,2005,30(5):18-20.
- [7] HUANG Y Z, YANG C J, XUE D, et al. Coniaet and repellency activities of ethanol extracts from twenty medicinal plants against *Phizopertha dominica* (Fab.) [J]. Acta entomologica sinica, 2007, 50(2): 118-124.
- [8] 洪坚平,谢英荷,巫东堂. 农业微生物资源的开发与利用[M]. 北京:中国林业出版社,2000:138-140.
- [9] 齐跃强. 生物制剂防治柳树舞毒蛾幼虫试验[J]. 陕西林业科技,2006(2):14-16.
- [10] 舒惠国,李保同. 生物防治概述[M]. 北京:中国人事出版社,2005:147-149.

(上接第114页)

- [13] YANG Y L, ZHANG P D, ZHANG W L, et al. Quantitative appraisal and potential analysis for primary biomass resources for energy utilization in China [J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2010, 14(9): 3050-3058.
- [14] 程序,朱万斌. 产业沼气:我国可再生能源家族中的“奇兵”[J]. 中外能源,2011,16(1):37-42.
- [15] 中国国家统计局,中国环境保护部. 中国环境统计年鉴2009[M]. 北京:中国统计出版社,2009.
- [16] 陈永生,朱德文,吴崇友,等. 对江苏省秸秆问题的思考和建议[J]. 农业开发与装备,2007(8):8-10.
- [17] 范恒山. 引领江苏沿海地区加快发展的行动指南[N]. 新华日报,2009-08-21.
- [18] 韩鲁佳,闫巧娟,刘向阳,等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J].

- 农业工程学报,2002,18(3):87-91.
- [19] 丛璐,徐有宁,韩作斌. 生物质能及应用技术[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版),2009,5(1):9-13.
- [20] 江苏省发展改革委,江苏省农业委员会. 江苏省农作物秸秆综合利用规划(2010-2015年)[A]. 2009-12-02.
- [21] 郭利京,赵瑾. 非正式制度与农户亲环境行为:以农户秸秆处理行为为例[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(11):69-75.
- [22] 高翔. 江苏省农作物秸秆综合利用技术分析[J]. 江西农业学报,2010,22(12):130-133.
- [23] 李太平,徐超. 江苏省农作物秸秆资源能源化潜力与区域分布研究[J]. 江苏社会科学,2011(5):234-237.
- [24] 崔和瑞,邱大芳,任峰. 我国秸秆发电项目推广中的问题与政府责任及其实现路径[J]. 农业现代化研究,2012,33(1):69-73.