

# 基于土地利用与功能角度的能源作物发展效益分析

王滔<sup>1</sup>, 杨君<sup>1</sup>, 段建南<sup>1</sup>, 唐伟<sup>2</sup>

(1. 湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南商学院 国际教育学院, 湖南 长沙 410205)

**摘要:** 通过结合非耕地、空闲地等土地利用现状, 对能源作物在土地功能和价值中的作用及其在我国规模种植的可行性进行了分析。结果表明, 我国存在大量可以种植能源作物的未利用土地以及边际土地, 部分试点项目已经取得良好效果且继续开发利用潜力巨大。通过种植能源作物来生产和开发生物质能源, 既是解决我国能源可持续开发利用的有效措施和新途径, 也是深入开发土地资源功能、提高有限土地利用率的内在要求。

**关键词:** 土地利用; 土地功能; 生物质能; 能源作物; 经济效益

**中图分类号:** F321.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2012)06-0075-05

## Analysis of Developing Efficiency of Energy Crops Based on Land Use and Land Functions

WANG Tao<sup>1</sup>, YANG Jun<sup>1</sup>, DUAN Jian-nan<sup>1</sup>, TANG Wei<sup>2</sup>(1. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;  
2. Faculty of International Education, Hunan University of Commerce, Changsha 410205, China)

**Abstract:** Based on the land use status of non-cultivated land, fallow land and so on, the effects in land function and value, and the feasibility of large-scale production in China of energy crops were analyzed. The results revealed that there was a great deal of unutilized land and marginal land available for energy crops, part of the pilot projects had achieved good results and were in possession of huge developmental potential. To plant energy crops for production and exploitation of biomass energy could not only solve the problem for sustainable energy requirement, but also deeply develop land function and boost land use rate.

**Key words:** land use; land function; biomass energy; energy crops; economic benefit

2011 年中国新闻网发布的报告表明, 随着中国经济的快速发展, 能源消耗量日益增加, 中国已经成为世界第二大能源消费国, 并且有可能在 3~5 a 内超越美国成为世界最大能源消费国。由于能源供应与经济发展之间的矛盾十分明显, 能源危机已成为中国乃至全球范围内人们关注的焦点。

生物质能源的特别之处在于它不是埋在地下的传统化石能源, 农民可以通过种植能源作物, 最终像收割庄稼一样来收获“石油”。利用能源作物制成的

生物燃料是一种可再生燃料, 是现阶段石油和煤碳资源的最佳替代品。因此, 种植和开发能源作物已成为世界各国特别是工业大国应对能源危机的首选。鉴于此, 对我国能源作物的研究现状等进行了总结。

### 1 国内外研究现状

2005 年 9 月, 巴西农业部长罗德里格斯撰文指出, 石油时代行将结束, 生物能源将成为被广泛运用的新能源。这为拥有生物能源技术和充足土地资源

收稿日期: 2012-01-15

基金项目: 国家自然科学基金(41171176); 湖南省教育厅 2011 年重点项目(11A046)

作者简介: 王滔(1989-), 男, 湖南永州人, 在读硕士研究生, 研究方向: 土地资源利用。E-mail: yongzhouwangtao@163.com

\* 通讯作者: 段建南(1957-), 男, 山西晋城人, 教授, 博士, 主要从事土地资源利用研究与教学工作。E-mail: duanjn@hunau.net

的巴西,提供了一个具有巨大商机的出口市场,“能源农业将是巴西的出路”。巴西现有牧场约 2 亿  $\text{hm}^2$ ,农田约 6 200 万  $\text{hm}^2$ 。除了山地和荒漠,大约还有约 1 亿  $\text{hm}^2$  的土地未开发利用,完全有条件在保证粮食生产的情况下,通过开发新的农田来扩大能源作物的种植<sup>[1]</sup>;美国生物质原材料土地栽培面积大约为 91 580 万  $\text{hm}^2$ ,其中大约 33% 的土地是森林,26% 的土地是草原牧场和农场,20% 的土地用于农作物生产。目前美国大约 75% 以上的物质(约 14 200 万 t 干物质)消费来源于森林土地,剩余的部分(约 4 800 万 t 干物质)来自农作物生产用地<sup>[2]</sup>;英国在 1990—2005 年期间先后实施了 32 个生物质能项目,投资 2 000 万英镑用于开发洁净能源新技术,规划了 60.7 万  $\text{hm}^2$  的土地种植芒属植物;澳大利亚与新西兰在 25 年间已累计种植速生矮林 500 万  $\text{hm}^2$ 。其中,澳大利亚规定电力运营商年提供可再生能源必须达到 9.5 TWH<sup>[3]</sup>。

我国生物质能源生产起步较晚,但发展速度快且潜力巨大。其中,燃料乙醇生产北方以玉米、甜高粱和甘薯为主要原料,南方则以甘蔗和木薯等为原料<sup>[4]</sup>。到 2007 年燃料乙醇总产量为 160 万 t,生物质能源生产占地 77.421 万  $\text{hm}^2$ ,占农作物总播种面积的 0.5%<sup>[5]</sup>。依据国家发改委制定的《可再生能源中长期发展规划》,我国生物能源生产目标具体为:到 2020 年,燃料乙醇 1 000 万 t,生物柴油 200 万 t。按照土地足迹法计算,2020 年将投入农作物播种面积的 17.41% (698.6 万  $\text{hm}^2$ ) 用于能源作物种植<sup>[6]</sup>。

## 2 能源作物在土地能源功能和利用中的意义

当前在有限的土地上,特别是贫瘠的未利用土地以及空闲耕地上种植能源作物,并进行科学合理地开发和利用,将是我国应对燃料能源危机的重要措施,同时能源作物的开发与种植,不仅使能源可再生和综合利用,也为农业经济的复苏和农民增收创造了良机。

### 2.1 种植能源作物的主要土地功能和价值

土地的本质属性是具有生产能力,可以生产出人类需要的植物产品。土地的能量功能属于土地的生产功能之一,具体是指通过在土地上种植能源作物,再将作物提炼成生物质能,以满足国民经济对于能源的需求。其中,种植能源作物对于土地属性及价值的体现主要有以下 5 个方面。

#### 2.1.1 能源功能 能源作物是再生能源,取之不

尽,用之不竭。当玉米通过加工可以转化成乙醇汽油时,玉米已经开始具有能源属性。据德国奥尔登堡大学经济学博士林奇聪在《能源季刊》中指出,每 1  $\text{hm}^2$  的油菜田可生产 1 200 L 植物油和 1 060 L 的氧气(40 个人 1 a 的需氧量),植物油不仅可供食用,同时只要经过简单的化学反应,就可变成生物柴油<sup>[7]</sup>。

2.1.2 环境保护和二氧化碳调节功能 由能源作物制成的生物柴油不含硫化物,不会形成酸雨,避免了对土壤和地下水的污染。此外,能源作物还可通过 2 种途径减少大气中二氧化碳含量。一方面作为 1 种碳中和能源,生物能作物可以抵消燃烧化石燃料产生的二氧化碳;另一方面如果植物品种选择得当,还可以利用植物根部将碳几乎永久性固定在地下。

2.1.3 水土保持功能 由于现代农业的高度生产、单一作物的种植以及过度机械化,导致了严重的土壤退化和土壤流失。种植能源作物不仅可阻止土壤的流失,还可帮助土壤建立新土壤层。同时,在常年不用的水土流失严重地区种植能源植物,既可节约土地,又可相对缓解地质灾害威胁。

2.1.4 经济价值 种植能源作物能够节约用地、提高经济收益,同时缓解传统能源的压力。此外,能源作物的种植作为农民日常生产外的副业,也为农民家庭增收提供了稳定的渠道。

2.1.5 景观生态价值 能源植物一般对土地的要求比较低,可在荒坡野岭等边际性土地上种植,既装点了荒坡,又美化了自然景观。同时一定规模的能源作物种植所形成的地域性农地景观及农地生物多样性生态结构系统,能够有效避免和防止农作物种植因过度单一化、专业化、连作化而引发的病虫害加剧、水土流失、旱涝灾害频繁、生态失调等生态环境问题。

### 2.2 种植能源作物对农村土地利用的主要作用

能源安全和粮食安全是人类面临的两大问题。由于中国人多地少,粮食安全压力长期存在,所以中国不可能以牺牲粮食安全为代价来发展能源作物,这就要求中国必须走一条具有中国特色的生物质能源发展道路。具体而言,就是在坚持“不与人争粮,不与粮争地”的基本原则下,充分利用边际未利用地、贫瘠地、重盐碱地等未开发或是难以利用的土地,同时根据各地耕地使用时间,有效利用空闲耕地种植适宜的能源作物,基本措施和功效有以下 3 点:

第一,结合边际土地造林或植被重建、种植能源作物,不仅可为生物能源提供充足的原料,而且通过

植物固碳可降低现有空气中二氧化碳的浓度,对于缓解全球变暖有一定贡献;第二抗逆(耐旱、耐盐、耐海水浇灌)植物能利用其他植物不能利用的边际土地,并能在该地区正常生长,可为人类消费节约更多的有限资源,并带来一定的经济和社会效益,对建立两型社会具有重要意义;第三,在边际土地种植抗逆植物,对防治沙漠化、可持续开发利用边际性土地有重要意义。在荒漠、贫瘠山区、盐碱地、河谷、沟地等非耕地区域种植适应性强的油料作物或种植能源林,既有助于恢复植被、改善生态环境,又能给山区人民带来额外收益或改善和提高当地人民生活水平,促进当地经济发展、保护日益恶化的生态环境。

### 3 我国适宜能源植物种植的土地条件和现状分析

能源作物具有高效太阳能转化,高效水分利用,高效能量产出,高抗逆能力,低生产成本“四高一低”优势。同时,与化石能源相比,利用能源作物制取的液体生物燃料,环境污染物释放量少,对环境质量没有太大影响;与核能相比,能源作物使用安全,可以进行生物降解,被称为“绿色能源”<sup>[8]</sup>,像芒草一类的第二代能源作物还具有诸多优势,其生物量大,环境适应性强,通过人工驯化可在干旱、贫瘠和不适合粮食生产的边际性土地上栽种,它发达的地下茎,可无性繁殖,保土固沙效果好,可以起到改善土地生产条件的作用。

#### 3.1 能源作物在非耕地上种植的适宜性和条件分析

2008 年东北财经大学经济与社会发展研究院研究员周淑景<sup>[9]</sup>通过长期研究后指出,“能源植物种植产业待发展,非耕地植物是主流”,并且从 2 个主要效益方面进行了分析:第一,从生态效益上分析,利用非耕地资源大面积、广范围、多样化种植各种能源植物特别是木本能源植物,既能改善农作物种植因过度单一化、专业化、连作化而引发的水土流失、旱涝灾害等生态环境问题,也可保障区域生态环境质量和农业增产农民增收;第二,从能源生产及其经济产出效果上分析,中国目前尚存在数亿公顷的非耕地还未得到真正利用,若其中的 15%(约合 6 500 万  $\text{hm}^2$ )用于发展能源植物种植,土地生产率平均按每公顷生产 21 桶代用液体燃料计算,每年即可生产 13.65 亿桶石油代用品,可满足 2020 年后全国液体燃料消费需求预计总量的 41%~46%。代用液体燃料售价平均每桶按 120 美元、美元与人民币比价按 1:6.5 计算,全国能源植物种植形成的年生物能

源产品总收入可达 10 647 亿元人民币,相当于目前全国工农业增加值的 9%。同时,凯赛生物技术有限公司董事长、总裁刘修才在主题为“中国与世界经济:增长·调整·合作”的中国发展高层论坛 2010 年会上表示,从中国目前的条件来分析,在中国非耕地种植生物质并转化为原料,每年可以替代 6 个大庆油田。这也充分证明了能源作物在我国非耕地上种植大有可为。

#### 3.2 能源作物在空闲土地上种植的时间和前景分析

目前对于冬闲田的选取标准,通常是根据当地秋收后至次年春播前至少可种植一季以上作物,但未种植作物(含牧草)的耕地进行筛选。主要引入 2 个耕地评价分析指标:一是冬闲田面积,主要是指当地耕地总面积减去秋播作物面积,根据实际结果可推测种植能源作物的概算面积;二是能源作物可利用的冬闲田面积是指在基本不影响春播的条件下可种植一季能源作物的冬闲田面积。根据此项指标,对当地冬闲田的土地能源功能进行综合评价和精准估算。我国农区具有丰富的农闲田资源,包括冬闲田、夏秋闲田、隙地以及“四边地”(即田边、沟边、路边、宅边)等。特别是我国北方“两季不足、一季有余”和南方亚热带地区的 1 100 万  $\text{hm}^2$ “三季不足、两季有余”以及“两季不足、一季有余”的冬闲稻田。这种情况存在的主要原因是农民普遍认为秋收是一年农业生产的结束,冬季不下田成为了一种习惯;在农资价格日益上涨的情况下,较其他季节作物,春粮效益相对较低,农民宁可选择让农地闲置。这就导致冬闲土地大量存在,土地利用率低。

相对于普通农作物,种植能源作物周期短,管理投入成本少,后期利用潜力巨大。例如,农业部能源环保研究所所长赵立欣 2007 年曾指出,广西农民利用冬闲田种植木薯生产乙醇,每公顷土地创收达到 15 万元以上。同时木薯市场价每吨 350~370 元,且有继续上涨的态势。从国内市场上看,利用冬闲田种植马铃薯、甜菜等能源作物,为生产液态能源提供原料,前景十分看好<sup>[10]</sup>。因此,国家通过政策扶持和经济补贴,鼓励农民在冬闲土地上进行能源作物种植,是切实可行的。

#### 3.3 能源作物在边际土地上种植的适宜性和前景分析

边际性土地是指那些尚未被利用,自然条件较差,而又能产生一定生物量,有一定生产潜力和开发价值的土地,这类土地暂不宜垦为农田,但可以生长或种植某些适应性强的植物。根据有关数据,我国有

后备性土地 8 254 万  $\text{hm}^2$ , 现有能源林地 5 176 万  $\text{hm}^2$ 。若 22% 条件差的后备性土地不计在内, 可供种植能源作物的边际性土地面积为 11 608 万  $\text{hm}^2$ , 经过综合产能评估, 年总产能潜力为 4.15 亿 t 标煤。

按土地本身利用性状和开发的难易程度, 可将这些后备边际性土地划分为 4 类。其中 I 类边际性土地是指自然条件相对较好、适当改良即可种植能源植物的土地。包括国土资源部提出的, 面积为 734.4 万  $\text{hm}^2$  的“耕地后备土地资源”; 坡度在  $15^\circ$  以下的、可种植能源植物的荒山荒地占总面积的 30%, 即 1 402 万  $\text{hm}^2$ , 这两类土地之和为 2 136 万  $\text{hm}^2$ ; II 类边际性土地是指适合于发展灌木能源林的, 即坡度在  $15^\circ \sim 25^\circ$  的荒山、荒地共 3 285 万  $\text{hm}^2$ , 以及采伐迹地 251 万  $\text{hm}^2$  和火烧迹地 60 万  $\text{hm}^2$ , 合计面积 3596 万  $\text{hm}^2$ ; III 类边际性土地是指适合于发展旱生灌木能源林的, 即国家林业局报告的“宜林沙荒地”, 面积 70 013 万  $\text{hm}^2$ <sup>[11]</sup>。这些都是可以用来种植能源植物的土地后备资源。例如, 中国农业大学严良政等<sup>[12]</sup>认为, 我国新疆、甘肃、宁夏、山东和江西等地利用宜耕边际性土地生产非粮农作物的潜力巨大。其中, 新疆荒漠区生长的大量柽柳科植物是理想的能源植物, 结合荒漠治理, 利用新疆的荒漠土地资源, 培育耐旱抗碱的能源植物, 大规模开发能源植物种植基地, 将可实现环境治理与能源需求双赢。

因此, 在坚持不争耕地的原则下, 我国能源作物的种植依然有很广阔的发展空间。利用不能垦为耕地、不宜种植常规农作物的边际性土地, 大面积、大范围发展能源植物, 特别是木本能源植物种植, 拓展农业对土地、光、热、水和生物等自然能源的利用范围, 是在不影响耕地作业和粮食生产的基础上, 我国土地利用的一次伟大进步和创新, 其不仅有效发挥了土地的能源生产属性, 更为农民增收提供了更多土地和利用途径。

### 3.4 能源作物在未利用土地上种植的可行性和前景分析

2006 年度全国土地利用变更调查结果报告显示, 全国 31 个省(区、市)土地调查面积中, 未利用地 2.61 亿  $\text{hm}^2$ , 占全国土地总面积的 27.3%。但是我国对未利用地的使用力度很小, 当年全国新增建设用地 32.87 万  $\text{hm}^2$ , 其中占用农用地达 28.88 万  $\text{hm}^2$ , 占新增建设用地总量的 87.88%, 占用未利用地 3.99 万  $\text{hm}^2$ , 仅占新增建设用地总量的 12.12%<sup>[13]</sup>。因此, 如果能够选择在未利用土地上种植可以生长的能源作物, 将是我国土地利用与能源开发的一次伟大结

合。譬如, 其中, 光皮树就是一种适合种植的多用途油料能源树种。喜光, 耐寒, 对土壤适应性较强, 在微盐、碱性的土壤和富含石灰质的黏土中均能正常生长, 并且在酸性土及石灰岩土也能生长, 适合在我国南方大部分未利用土地生长。据有关统计, 在我国中部以南各省, 如湘、鄂、赣、黔、桂、粤、闽等地未利用的石灰岩山地总面积有 3 000 万  $\text{hm}^2$  以上, 如按 10% 面积栽植光皮树, 可年产光皮树油 5 000 万 t。此外, 2010 年中石油天然气公司和国家林业局以湖南林业科学院为技术支撑单位, 决定要在湖南投资 2 000 万元营建约 6 700  $\text{hm}^2$  光皮树良种示范油料基地。并且 2020 年前将在湖南的永州、湘西自治州和湘中开发近 40 万  $\text{hm}^2$  的未利用土地来建立生物柴油原料基地。这些数据可以充分证明, 在我国大量的未利用地上种植能源作物前景巨大<sup>[14]</sup>。

### 4 能源作物对农村社会土地经济效益的影响分析

2010 年袁展汽等<sup>[15]</sup>通过研究发现, 从华南地区引进一系列木薯品种, 在土壤肥力较低的红壤旱坡边际土地上种植, 可以获得较高的鲜薯产量, 优势品种一般在 30 t/ $\text{hm}^2$  左右, 并且在肥水条件好的地块种植, 产量更高, 可以达到 45 t/ $\text{hm}^2$  以上。而且, 木薯种植和收获比其他作物简单, 花工少, 种植成本低。以木薯为加工原料的江西雨帆酒精有限公司以“公司+农户+基地”的形式, 与种植户签订生产与收购合同, 2009 年收购价 470 元/t, 木薯产量按 30 t/ $\text{hm}^2$  计, 产值 14 100 元/ $\text{hm}^2$ 。扣除肥料、农药、种茎等生产成本, 纯收入 9 900 元/ $\text{hm}^2$  左右, 高于当地种植花生、大豆、油菜、玉米等农作物的收入。同时, 周淑景通过实地调查指出, 以广泛分布在中国长江流域及其以南地区、适宜该地区低山丘陵坡地和农村“四旁”土地、城市建成区绿化用地种植的油桐与乌桕为例, 第一, 零星种植的油桐和乌桕进入盛果期的年均单株籽粒产量一般可达 25~30 kg, 大树可超过 50 kg; 第二, 集中连片种植的油桐、乌桕林地, 盛果期平均年籽粒产量一般为 11 250~13 500 kg/ $\text{hm}^2$ , 可生产相当于 23~28 桶普通柴油的生物柴油, 高产林地的年籽粒产量可达 1.5 万~1.8 万 kg/ $\text{hm}^2$ , 生产 31~37 桶代用柴油。油桐和乌桕的籽粒售价按 1.2 元/kg 计算, 加上木材蓄积形成的产值收入, 规模化种植的油桐和乌桕年均土地的产值收入可达 1.95 万~2.25 万元/ $\text{hm}^2$ , 扣除物质费用后的农业纯收入年均约 1.75 万~2.05 万元/ $\text{hm}^2$ , 远高于一般大宗农作物种植的经济收入。目

前,大量实例证明,许多省市都在利用种粮难的边际性土地种植能源作物,项目进展顺利,经济效益乐观。因此,广大农村在坚持“不得占用耕地、不得消耗粮食、不得破坏生态环境”的原则下种植能源作物,将是我国应对国内外石油和煤两大能源供给日趋紧张局势的具有可持续性的长久措施。同时,农村更多的未利用地、边际地、闲置地等土地资源的开发与利用,有效解决了因农村生产力的提高而导致的劳动力过剩问题,也给农业增效、农民增收提供了条件。此外,需要指出的是农民即便是只将能源作物的种植作为一项家庭副业,只要能够利用起其房前屋后的间隙地连同其他可利用的零星小块土地种植,其1a的副业额外收入也是比较可观的。

## 5 展望

当前,从国际能源局势来看,世界石油和煤等化石能源的短缺和价格飞涨,以及环境污染的压力已经相当巨大。通过种植能源作物来生产和开发生物质能,既可以满足全球经济发展日益增长能源需求,同时又为深入开发土地的能源功能,充分利用土地资源、促进土地集约利用,缓解能源紧张、加速生物质能源代替传统能源的研究提供了推动力,是国际开发与利用新能源的主要途径和趋势。

就中国土地资源的基本国情来看,尚未被利用,自然条件较差,而又能产生一定生物量,有一定生产潜力和开发价值的土地,这类土地暂不宜垦为农田,但可以生长或种植某些适应性强的植物,因而可以充分利用这些土地、发挥土地的能源功能。另外,在荒山、荒地、沙区、盐碱地等立地条件较差地区,培育生存能力强且具有较好外部经济性的能源作物,增强这些地区造林绿化的源动力,即可以有效促进植被恢复,加快荒山荒沙绿化,又能提高区域环境质量和绿化面积。同时,利用耕地作业时间上产生的冬闲田发展能源作物,在耕地质量、熟期安排、种植技术等生产条件方面已具有较好的基础。在不耽误耕地正常粮食作物生产的基础上来种植能源作物,也

为因地制宜、充分合理利用土地,实现节约和集约利用农村土地,开辟新的农村经济产业和缓解能源危机提供新的思路和途径。

## 参考文献:

- [1] 吴志华. 巴西的能源农业战略[J]. 求是, 2006(5): 59-60.
- [2] 朱增勇, 李思经. 美国生物质能源开发利用的经验和启示[J]. 世界农业, 2007(6): 52-54.
- [3] Wright L. Worldwide commercial development of bioenergy with a focus on energy crop-based projects[J]. Biomass and Bioenergy, 2006, 30(8): 706-714.
- [4] 苏毅. 甘蔗糖蜜综合利用对策研究[J]. 广西轻工业, 2000(4): 5-15.
- [5] 国家统计局. 中国统计年鉴(2008)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [6] Yang H, Zhou Y, Liu J. Land and water requirements of biofuel and implications for food supply and the environment in China[J]. Energy Policy, 2009(37): 1876-1885.
- [7] 蔡均猛, 刘荣厚. 生物质能: 机遇与挑战[J]. 国际学术动态, 2009(3): 43-44.
- [8] 王亚静, 毕于运, 唐华俊. 中国能源作物研究进展及发展趋势[J]. 中国科技论坛, 2009(3): 124-128.
- [9] 周淑景. 能源植物种植产业待发展 非耕地植物是主流[N]. 科学时报, 2008-08-11.
- [10] 农业部鼓励湖北农民利用冬闲田种植能源作物[N]. 农村新报, 2007-04-20.
- [11] 谢光辉, 郭兴强, 王鑫, 等. 能源作物资源现状与发展前景[J]. 资源科学, 2007(5): 74-80.
- [12] “热土”开发解燃料乙醇原料难题[N]. 中国化工报, 2008-07-29.
- [13] 张坤, 喻瑶, 刘小帆. 能源作物与土地能源功能的分析与探讨[J]. 中国农村小康科技, 2010(1): 9-11.
- [14] 周贵龙. 生物柴油树种-光皮树的种植前景及效益分析[J]. 农村百事通, 2008(16): 14-15.
- [15] 袁展汽, 肖运萍, 刘仁根, 等. 江西种植能源作物木薯的优势条件及发展对策[J]. 中国农学通报, 2010, 26(14): 396-399.