

# 中国适宜于非粮能源植物生产的土地概念、分类和发展战略

谢光辉<sup>1,5</sup> 段增强<sup>2,5</sup> 张宝贵<sup>2,5</sup> 佟东生<sup>3,5</sup> 王林风<sup>4,5</sup>

- (1. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193;
2. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193;
3. 中国大唐集团新能源股份有限公司,北京 100020;
4. 河南天冠企业集团有限公司,郑州 473000;
5. 国家能源非粮生物质原料研发中心,北京 100193)

**摘要** 当前社会不允许错失生物质能源减排温室气体和促进地区能源、环境与社会发展天赐良机,也不能接受其对粮食安全、生态环境和社会发展的任何不良影响。本研究在总结能源植物土地利用坚持非粮和生态保护原则的基础上,首先分析了我国当前土地利用与保障粮食安全的关系,认为大量土地撂荒、闲置和污染表明能源植物生产用地前景广阔。其次论证了我国应确立“以粮为纲、粮能并举”的土地利用方针,优化土地管理,实现土地集约利用,走保障粮食安全、发展能源和保护生态的多赢路线。最后确定了适宜于中国国情的可用于种植能源植物土地(宜能非粮地)的定义,讨论了宜能非粮地的污染超标、撂荒闲置、低等级、未利用、多用途增值和自然系统等非粮特征,将其分为宜能非粮耕地、宜能园地、宜能林地、宜能荒草地、宜能交通运输绿化用地、宜能水域和水利设施用地和其他未利用宜能土地等7大类。据此建议进一步研究土地利用的非粮和宜能的相关具体指标,以确定宜能非粮地的分级、面积和分布。

**关键词** 能源植物; 农用地; 边际土地; 环境

**中图分类号** S 216.2; Q 77

**文章编号** 1007-4333(2014)02-0001-08

**文献标志码** A

## Definition, classification and development strategy of land suitable for non-food energy plant production in China

XIE Guang-hui<sup>1,5</sup>, DUAN Zeng-qiang<sup>2,5</sup>, ZHANG Bao-gui<sup>2,5</sup>, TONG Dong-sheng<sup>3,5</sup>, WANG Lin-feng<sup>4,5</sup>

- (1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
3. China Datang Corporation Renewable Power Co. Limited, Beijing 100020, China;
4. Henan Tianguan Enterprise Group Co., Ltd, Henan 473000, China;
5. National Energy R&D Center for Non-food Biomass, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** In a world seeking solutions to its energy, environmental, and food challenges, we cannot afford to miss out on the global greenhouse-gas emission reductions and the local environmental and societal benefits when biofuel are appropriately manipulated. On the other hand, undesirable impacts due to abuse of biofuel on food security, environment, and society were also unacceptable. Based on ensuring food security and protecting environment principles, the paper firstly clarified the relationship between land use and food security in China, indicating a great quantity of abandoned agricultural land and polluted land that is not suitable for food production, but potentially suitable for energy plant production. Secondly, the study suggested a win-win path to optimize and intensify land use for food and energy production, in order to improve food security, developing biomass energy, and protecting environment

收稿日期: 2013-08-15

基金项目: 国家能源局能源节约和科技装备司项目(科技司函[2012]32号); 河南天冠企业集团有限公司和中国大唐集团新能源股份有限公司资助项目

第一作者: 谢光辉, 教授, 主要从事非粮生物质原料和能源植物研究, E-mail: xiegh@cau.edu.cn

synchronously in the country. Thirdly, the non-food land suitable for energy plant production (LSEP) was defined properly after a discussion on the characteristics of polluted land, abandoned agricultural land, unused land, and etc. according to the national situation. The NLSEP was classified into non-grain cultivated land for energy plant production (NC-LSEP), orchard land suitable for energy plant production (O-LSEP), forest land suitable for energy plant production (F-LSEP), waste grass land suitable for energy plant production (WG-LSEP), transportation and vireescence land suitable for energy plant production (TV-LSEP), water area and facility land suitable for energy plant production (WAF-LSEP), and the other unused land suitable for energy plant production (OU-LSEP). Finally, the authors suggested further studies on the criteria of non-food and suitability for energy plant production in order to identify NLSEP area and distribution.

**Key words** energy plant; agricultural land; marginal land; environment

发展生物质能源产业是国家能源安全和减少温室气体排放的战略需求,作为可再生能源被列入国家可再生能源法和战略性新兴产业发展规划中。除充分利用农林业和工业废弃物外,发展规模化、低成本和高效益的非粮能源植物生产,也是建立生物质原料供应体系<sup>[1]</sup>的重要内容。尽管有专家报道,在全球范围<sup>[2]</sup>及我国<sup>[3-5]</sup>,土地资源不是当前生物质能源发展的限制因素,但是,包括作者在内的更普遍的观点认为,耕地资源总体来说呈下降趋势,人口数量及人民生活水平上升使土地的承载压力不断增大,能源植物生产引发了极大的关注与争论<sup>[6]</sup>。为此,本研究总结能源植物对土地利用研发与政策发展进展,确定适合中国国情的适宜于种植能源植物生产的土地定义和分类,探讨其发展战略,为进一步制订相关可持续的土地利用和管理标准和政策提供依据。

## 1 能源植物生产土地利用应坚持非粮和生态保护原则

能源植物生产包括相应的种植业、林业和水产养殖,都要依赖土地并对生态环境产生影响。我国人口多、耕地少,种植能源作物占用耕地对粮食安全有潜在的负面影响。2007年国家发展和改革委员会颁布的《可再生能源中长期发展规划》强调,“特别是要高度重视生物质能开发与粮食和生态环境的关系,不得违法占用耕地,不得大量消耗粮食,不得破坏生态环境。”为此,我国能源植物生产要坚持“非粮”原则和“生态保护”原则。

非粮原则的本质属性是不影响国家粮食安全<sup>[7]</sup>,土地利用的非粮属性也应是如此,不能简单地将“不与粮争地”理解为“只要能种粮的地就不能用来种能源植物”。2007年农业部颁布的《农业生物质能产业发展规划(2007—2015年)》确定了“不与

粮争地”原则,即“始终把保障国家粮食安全作为农业发展的第一任务,开发能源作物应以不占用粮食、棉花等战略物资生产用地,不开垦草原为前提,充分利用荒地、盐碱地和冬闲田等不适宜种粮或未充分利用的土地资源,避免能源作物与粮棉作物争地。”这个原则基本上是正确的,只是不占用棉花等战略物资生产用地的观点值得商榷,因为棉花不是粮食,而生物质能源原料也必然是国家战略物资。

能源植物生产的生态保护原则也是十分重要的。众所周知,全球生物质能源得到广泛重视与飞速发展,其最重要驱动力之一就是可替代化石能源从而减少碳排放。但近20年大量的实例与研究<sup>[2,8-9]</sup>证明,合理的土地利用促进了能源安全,改善了生态环境,提高了农业收益;反之,如开发热带雨林或草地,则会导致生态环境遭到破坏并增加温室气体排放。尤其边际性土地多处于生态脆弱地区,规模化能源植物生产面临消耗水资源<sup>[10]</sup>、破坏植被等一系列环境挑战。因此,必需遵守水土保持的相关法律法规,以生态效益优先,做到因地制宜,在涵养水源、保持水土、防风固沙、保护生物多样性的条件下发展非粮能源植物生产。

## 2 巨大的土地撂荒、闲置和污染表明能源植物生产用地前景广阔

土地是人类长期以来赖以生存的最基本的生产资料。中国人口多,耕地资源承载的压力是巨大的,应实行“最严格”的土地管理制度。但是,十多年以来,中国耕地资源利用效率处于快速下降中,耕地浪费现象十分严重,主要表现为耕地撂荒、农村居民点土地闲置、工矿废弃地复垦率低、复种指数下降。

耕地撂荒也叫弃耕、抛荒等,指土地生产经营者在一定时期内对现有耕地停止或减少耕耘,从而导致耕地处于一种未知性的荒芜或未充分利用时的状态。

耕地因停止耕耘而处于闲置与荒芜状态,是狭义的耕地撂荒即显性撂荒;耕地因减少耕耘而处于未充分利用状态,是广义耕地撂荒即隐性撂荒<sup>[11-12]</sup>。2011年《国际先驱导报》报道,全国每年撂荒耕地面积近200万hm<sup>2</sup><sup>[13]</sup>,这与周小萍等<sup>[14]</sup>“根据多年典型调查数据

进行推理粗略估算”得到各省撂荒比例,计算求得的全国撂荒面积值相似。但是,笔者将不同报道的20个地点显性撂荒耕地占耕地面积比例求得平均值为12.2%,以此估算全国每年撂荒耕地达1485万hm<sup>2</sup>(表1)<sup>[12-57]</sup>,比《国际先驱导报》报道的数值高6倍以上。

表1 中国不同地点显性撂荒耕地面积及比例

Table 1 Area and proportion of visible abandoned arable land (VAL) in different sites of China

| 地点<br>Site   | 年份<br>Year | 撂荒耕地面积/hm <sup>2</sup><br>VAL area | 撂荒占耕地面积比例/%<br>% of VAL to total arable land | 文献           |
|--------------|------------|------------------------------------|--|--------------|
| 吉林省长白县       | 2006—2010  | 171.8                              | 4.1  | [12]         |
| 安徽省          | 2001       | 约为9万                               |  | [20]         |
| 池州市          | 近年         |                                    | 18.0   | [21]         |
| 寿县           | 2001       | 1.09万                              | 9.0  | [20]         |
| 霍邱县花园镇       | 2001       | 106                                | 35.2   | [22]         |
| 江西省          | 2001       | 4~33万                              |  | [20]         |
| 瑞昌市          | 2008       | 常年性700                             | 4.3  | [23]         |
| 瑞昌市          | 2008       | 季节性940                             | 5.7  | [23]         |
| 宜黄县          | 2008       |                                    | 12.0   | [24]         |
| 永新县          | 2001       | 季节性133                             |  | [20]         |
| 浙江省舟山市       | 2008       | 常年性430<br>季节性5170                  | 7.7<br>92.3                                  | [56]<br>[56] |
| 山东省苍山县       | 2005       | 6667                               | 8.3  | [25]         |
| 河南省安阳县       | 2006       |                                    | 不完全统计2.5                                     | [26]         |
| 湖北省监利县       | 1999       | 2.7万                               | 23.7   | [22]         |
| 湖南省永州市       | 2011       | 4592                               | 5.3  | [27]         |
| 长沙市          | 2007       | 常年性338                             |  | [28]         |
| 长沙市          | 2007       | 季节性2.28万                           |  | [28]         |
| 邵阳市          | 2005       | 常年性5.76万                           | 10.3   | [29]         |
| 邵阳市          | 2005       | 季节性16.64万                          | 29.8   | [29]         |
| 汉寿县          | 2001       | 1467                               | 2.8  | [22]         |
| 株洲县          | 2000       | 常年性28                              | <1.0   | [20]         |
| 株洲县          | 2000       | 季节性800                             | 占水田面积2.9                                     | [20]         |
| 四川省内江市       | 近年         | 56.67                              | 0.4  | [30]         |
| 渠县嘉禾乡        | 近年         |                                    | 10.0   | [31]         |
| 南江县          | 2007       | 1200                               | 4.2  | [32]         |
| 武胜县          | 2007       | 2133                               | 7.8  | [24]         |
| 乐山县伏龙乡       | 2001       | 73                                 | 8.5  | [22]         |
| 重庆市万州区部分乡镇   | 2007       |                                    | 1.0~7.0                                      | [33]         |
| 贵州省桐梓县天坪乡    | 近年         |                                    | 15.0   | [22]         |
| 黎平县洪州镇阳朝村    | 近年         |                                    | 旱地撂荒30.0                                     | [22]         |
| 中国(以上数据平均)   | 2004—2011  | 1485万 <sup>b</sup>                 | 12.2 <sup>a</sup>                            |              |
| (周小萍等报道)     | 2004       | 164~244万                           | 1.26~1.88                                    | [14]         |
| (《国际先驱导报》报道) | 近年         | 约200万                              |  | [13]         |

注:a以本表所列中国以上地点撂荒耕地占耕地比例求平均值获得。b以《中国统计年鉴2013》<sup>[37]</sup>中耕地面积121715.9hm<sup>2</sup>乘以撂荒耕地占耕地比例平均值10.2%获得。

Note:a. The average VAL percentage of proportion values of all the sites above in this table. b. The total VAL area was calculated from the total arable land area multiplied with the average VAL percentage.

由于表1所列数据只计入了部分季节性撂荒,而常年性撂荒也存在低估现象,以此统计的撂荒地总面积为1 485万 $\text{hm}^2$ ,比以复种指数下降计算耕地弃种面积低得多。根据专家研究,我国复种指数潜力为181.0%~198.5%<sup>[15-16]</sup>,而2007和2008年复种指数分别为126%和128%,不但与潜力理论值相差较大,还分别比20世纪90年代下降了29%和27%<sup>[17-18]</sup>。以《中国统计年鉴:2013》<sup>[37]</sup>公布的2008年耕地面积,按下降28%计算,撂荒总面积高达3 408万 $\text{hm}^2$ 。复种指数降低主要原因是冬季作物生产面积减小,形成了大量的冬闲地造成耕地浪费。例如,2008年南方冬作区福建、江西、湖南、湖北、广东、广西、贵州和云南等8个省区冬闲耕地面积为 $7.45 \times 10^6 \text{hm}^2$ ,占耕地总面积的36%<sup>[19]</sup>。

相对于显性耕地撂荒,隐性撂荒更可怕。隐性撂荒是指土地生产经营者虽然在田块上播种农作物,但投入的人、财、物数量明显降低,达不到要求或低于正常水平,从而导致耕地单产水平降低<sup>[11]</sup>。耕地撂荒的根本原因是种地收益不断降低形成农地边际化现象,完全边际化则导致弃耕撂荒和播种面积下降<sup>[11,35-36]</sup>。和此观点可相互印证的是,众所周知,农业劳动力存在严重的女性化和老龄化趋势,依靠农民对土地的传统感情维持农业生产<sup>[34]</sup>。但是,新一代农民对土地传统的“命根子”观念,正在转变为“弃如敝屣”<sup>[12,24]</sup>,下一代谁来种地的问题是不远的未来中国粮食安全的最主要威胁。

居民点闲置也浪费着大量的土地。大量农民外出打工,导致农村居民点当地大量房屋无人居住,四周还留有大量预备宅基地,建新房向居民点周围扩展,人口逐渐向外围迁移形成“空心村”<sup>[12,36,40]</sup>。另外,我国煤矿、金属矿土地复垦的潜力巨大。据郭利刚<sup>[41]</sup>研究,1987—2009年矿区损毁土地复垦为耕地、林草、建设用地的潜力分别为41.9万、48.6万和10.1万 $\text{hm}^2$ 。据武卫政<sup>[42]</sup>报道,全国因采矿形成的采空区面积约134.9万 $\text{hm}^2$ ,采矿活动占用或被破坏的土地面积约238.3万 $\text{hm}^2$ ,目前复垦率仅为12%。

尽管我国显性和隐性撂荒面积如此巨大,近年谷物进口量虽有增加,2012年谷物和谷物粉进口总量达到1 398万t,粮食(谷物)自给率仍然高达97.7%<sup>[37]</sup>。可见中国具备保障粮食安全的耕地潜力<sup>[14]</sup>。2006年农业部颁布的《全国粮食生产发展规划(2006—2020年)》明确指出,从粮食生产能力的

增长潜力和制约因素看,影响未来中国粮食发展的因素既有资源型因素,也有政策性因素,但主要在于政策性因素。

另一方面,不可忽略的是,根据2013年公布的第二次全国本地调查成果<sup>[57]</sup>,我国有相当数量耕地受到中、重度污染。根据环境保护部公布数据<sup>[38]</sup>,我国污染超标面积约为1 000万 $\text{hm}^2$ 、占耕地总面积8.3%。而媒体报道重金属污染面积达2 400万 $\text{hm}^2$ ,占耕地总面积的20%。更严重的是,专家断言“现在我国土壤污染比世界其他国家都要严重,日益加剧的污染趋势可能还要持续30年”<sup>[39]</sup>。污染超标耕地治理难度大、时间长,不应该用来生产粮食和副食品原料,而适宜于种植非粮能源植物。

国家土地管理法明确禁止闲置荒芜耕地。2008年国务院颁布了《关于促进节约集约用地的通知》,要求大力促进节约集约用地,走出一条建设占地少、利用效率高的符合我国国情的土地利用新路子。我国完全可在不影响粮食安全的条件下,通过土地优化管理,尤其是充分利用大面积的荒草地、荒坡地、盐碱地等未利用地<sup>[3-4,43]</sup>、废弃矿地和污染超标耕地资源,促进生物能源产业发展,实现发展绿色能源、减排温室气体、保护生物多样性、保障粮食安全的多赢目标。这正是当前集约高效利用土地资源,彻底逆转农地边际化现象的有效途径。

### 3 以粮为纲、以能促粮,实现粮食、能源和生态的同步发展

人类在人口不断膨胀并为自己创造财富的同时,也埋下了可能导致自我毁灭的祸根。自有史以来,人类社会正面临最为复杂的多重危机。发展生物质能源能有效缓解温室气体效应和能源危机,促进经济、社会发展<sup>[5,47]</sup>。但是,十多年来,在全球生物质能源产业迅速发展的同时,人们对生物质能源发展尤其是原料生产对粮食安全、生物多样性、土壤退化等的影响,进行了激烈、持久的研究和讨论。其结论逐渐明晰,那就是,既不允许错失生物质能源减排温室气体和促进地区能源、环境、社会发展天赐良机,也不能接受其对粮食安全、生态环境和社会发展的任何不良影响。其关键是我们不能走错误路线,而务必走粮食安全、发展能源和生态保护的多赢的正确路线<sup>[2,9]</sup>。

我国的生物质能源发展更有其特殊性,不能过

分简单地思考和处理这个问题。需要环境科学、经济学、技术、农村社区、政府部门等多领域通力合作攻关,在政策制定和技术研发上做大量工作,研究中国特色的集约、高效、可持续地配置土地资源机制,同步满足当前社会对粮食和生物质能源原料的需求。

我国的粮食安全与生物质能源的正确关系是“以粮为纲、以能促粮”,二者不是完全对立、水火不容的,而是能做到相互促进的。“不与粮争地”是正确的,但是,政策制定者要清醒地认识到,就我国当前粮食总产现状<sup>[1,44]</sup>和当前耕地撂荒现状来看,发展生物质能源完全不需要“争”地,而是如何减少农地弃耕,因地制宜地利用不宜粮食生产的土地,提高土地利用效率。卢良恕等<sup>[45]</sup>提倡,在粮食供给充裕时,耕地可以根据市场需求改种其他作物。这样做,一方面可以减少粮食库存压力,减轻财政负担;另一方面可以提高土地资源的产出效益,提高种粮农民的收益。国外系统研究<sup>[6,9]</sup>结论也表明,利用农业生产废弃的退化耕地生产生物燃料应受到大力提倡。

在不改变耕地用途的前提下,发展能源作物不会降低耕地的数量和质量,而且有利于提升维护我国粮食安全的耕地资源保障能力。因为一旦粮食安全受到威胁,生产能源的边际耕地及其设施、种植技术可迅速改变用于生产粮食。首先,促进中低产田水利等基本设施建设,提高落后地区土地生产力;其次,改造污染地、荒草地、荒坡地、废弃矿地、盐碱地等未利用土地资源,通过复垦和整理增加耕地面积。通常情况下,能源作物具有更高的抗逆特性,能促进新增耕地土壤熟化;最后,促进农业科技开发,有利于提高机械化水平、抗逆育种和抗逆栽培技术。而且,随着石化能源的耗竭,其价格上涨将提高粮食生产成本,发展生物质能源将在一定程度上抵消这种成本提高从而抑制粮价上涨。

更为重要的是,发展能源作物生产是抵制一些发达国家倾销农产品,保护国家粮食生产体系的最有效战略措施。这些国家企图以巨额农业补贴,生产“便宜”粮食扭曲世界粮食贸易,冲击发展中国家粮食生产基础能力,从而达到以“粮食武器”主导世界的目的<sup>[36]</sup>。近年来,正是因为多数发展中国家奉行自给自足的粮食保护主义,美国则通过大力发展玉米乙醇,改变一部分粮食的基本用途,创造粮食需求,维护其高额补贴政策实施,给其农场主带来丰厚的利润。而且,持续扩大世界粮食供求矛盾,提升粮

食的战略地位,并通过调控其本土生物质能源产业,以影响世界粮食与能源供应格局<sup>[36]</sup>。美国能如此高明地将生物质能源作为谋求全球霸权的武器之一,而我国为什么总是一方面惊呼“粮食安全”威胁,另一方面因种粮效益太低而撂荒大量土地,还有巨大污染超标不能种粮的耕地,却过分担心种植能源植物会与粮“争”地!

## 4 适宜能源植物生产用地的概念及非粮特征

笔者将不适宜生产粮食或农业废弃的,具备能源植物生长需要的基本条件,适宜于规模化种植或生长非粮能源植物的土地,统称为宜能非粮地,包括人工耕作及不耕作可收获其地上部分植物的天然生态系统土地。尽管传统农作物、林业、畜禽生产形成大量的有机残余物也属于生物质原料,但不属于能源植物范畴<sup>[50]</sup>,其生产用地当然不属于宜能非粮地。

宜能非粮地属于边际性土地,即从经济或环境边际收益上,不适宜于种粮的荒地和低质农地等<sup>[5,46,48-49]</sup>。张文龙<sup>[51]</sup>试图将环境、经济、社会效益多目标决策转化为单一目标函数,依据不同的区域特征赋予各目标不同的权重值,通过数学模型量化确定边际地。

宜能非粮地主要是对农作物生产有障碍的土地,其主要障碍特征或者称其为非粮特征如下。

### 4.1 污染超标土地

污染超标地往往是耕地或园地,多数属于各地划定的基本农田范围内。因为导致污染最可能的因素江河灌溉污染、大气沉降及化肥污染,污染超标地应是集中连片的,而且治理难度大、时间长。据周生贤<sup>[38]</sup>报道,土壤污染面积较大的地区为长三角、珠三角、京津冀、辽中南和西南、中南等地。

### 4.2 弃耕地

因种粮效益较低导致对现有耕地停止耕耘,包括常年性和季节性撂荒。季节性撂荒形成冬闲田或秋闲田,在主要季节生产粮食作物,不种粮季节可种植能源作物。由于能源作物种类多,有的主要进行营养生长而不需要完成生殖生长,对生长季节和长度要求弹性大,可充分利用光热资源提高复种指数。

### 4.3 低等农用地

因其光温、土壤和灌溉设施等方面条件差,粮食

产量不稳定,往往处于粮食生产的边际效益状态,或者往往受到风沙、水土流失等生态灾害的侵扰,处于不稳定的生产状态。根据历时10年的全国耕地质量等级调查与评定工作总结<sup>[52]</sup>,依据《农用地分等规程 DT/T 1004—2003》将全国耕地按1~4、5~8、9~12和13~15等分别划分为优待地、高等地、中等地和低等地,其中低等地占总耕地面积的17%。除耕地外,其他农用地中也有更多低等地。低等农用地主要包括以下4类。

1) 坡沟地。含坡地和沟地,因土地所在地理条件以及水土流失而形成,如黄土高原已经失去其自然植被覆盖,而成为全世界土壤退化最严重的地区之一,可种植多年生植物以恢复生态功能<sup>[53]</sup>。

2) 丘陵山地。广泛分布于丘岭山区,面积很大。土层薄而贫瘠,多没有灌溉条件,较平或有一定的坡度,种植低产旱地作物或荒芜。

3) 滩涂盐碱地。沿海滩涂滩地和内陆滩地包括海滨盐碱地,以及内陆盐碱地。如在黄河三角洲有条件较差土地120万 $\text{hm}^2$ ,适宜开发为非粮能源植物生产用地<sup>[54]</sup>。

4) 荒草地(沙荒地)。生长草本植物为主,不用于畜牧业的草地,包括自上世纪50年代以来,累计开垦草原约2000万 $\text{hm}^2$ ,其中不少已被撂荒成为荒草地<sup>[55]</sup>。

#### 4.4 未利用地

目前还未利用的土地,多数是难利用的土地,具体包括沙地、戈壁、重度盐碱地、沼泽地、裸地、裸岩和砾地等。其中适宜能源植物生产的土地也不多,往往需要通过工程改造才行。具有能源植物生产潜力的主要包括:沿海和内陆滩涂、荒草地、盐碱地、沼泽地等。

#### 4.5 废弃矿地

煤和金属等矿区采矿活动损毁而废弃的土地。

#### 4.6 自然系统生物质土地

不耕作可收获其地上部分植物用于能源生产的天然生态系统土地,包括污染或未利用水面、沼泽地、山林地等。

#### 4.7 多用途增值土地

包括交通运输道路绿化用地及水利设施附属用地,可用以种植以护路绿化为主要目的兼用于能源的植物。

### 5 基于土地利用现状对宜能非粮地的分类

依据国家标准《土地利用现状分类 GB/T

21010—2007》,结合土地障碍因素,将中国宜能非粮地分为以下7大类。

#### 5.1 宜能非粮耕地

从经济、生态、季节或食品安全方面不适于种植粮食作物甚至废弃的耕地。

#### 5.2 宜能园地

指从经济、生态或食品安全等方面不适于种植果树、茶树等其他果树类植物甚至废弃的园地,以及可与果树间作的草本能源植物用地。

#### 5.3 宜能林地

适宜自然生长或用以种植木本能源植物的林地,以及可与林木间作的草本能源植物用地。

1) 宜能有林地和灌木林地。天然生长或人工培育可用作能源有林地和灌木林地,主要应为薪炭林地、能源油料林地和能源速生林地。

2) 宜能疏林地和迹地。树木郁闭度10%~19%的疏林地和采伐迹地、火烧迹地等无立木林地。包括农林复合系统林地,即以间作等方式种植的能源林地和与林木间作的一年生或多年生草本能源植物用地。

#### 5.4 宜能荒草地

天然牧草地和人工牧草地以外的其他草地,即树木郁闭度 $<0.1$ ,表层为土质,生长草本植物为主,不用于畜牧业的草地。

#### 5.5 宜能交通运输绿化用地

在铁路、公路、街道、农村道路两侧的土地,可用以种植以护路绿化为主要目的兼用于能源的植物。据 Tang 等<sup>[48]</sup>报道,中国公路两侧的土地至少达75万 $\text{hm}^2$ 。

#### 5.6 宜能水域和水利设施用地

1) 宜能水面。人工开挖或天然形成的适宜于养殖或收获水生能源植物的水面。

2) 宜能水利设施用地。未利用的潮侵地带沿海滩涂滩地和内陆滩地,以及沟渠护堤林和相关设施的堤路林地,适宜于种植草本或木本能源植物。

#### 5.7 其他未利用宜能土地

指上述地类以外的其他类型的宜能土地,包括宜能盐碱地、沼泽地、沙地和裸地。

1) 宜能盐碱地。表层聚集盐碱,生长天然耐盐植物而不适宜粮食作物生长的盐碱地。

2) 宜能沼泽地。经常积水或渍水可生长沼生或湿生能源植物的沼泽地。

3) 宜能沙地。表层为沙覆盖、具备能源植物生

长需要的基本温度和水分条件的沙地。

4)宜能裸地。具备能源植物生长需要的基本温度和水分条件的裸地。

## 6 非粮和宜能的具体指标需要进一步研究确定

本研究确定的宜能非粮地种类均具有非粮特征。但是,在具体操作中,确定污染超标、低等级和闲置农用地的非粮指标,以及符合规模化能源植物生产和生态保护要求的宜能指标,还需要进一步研究确定,才能系统研究我国宜能非粮地的分级、面积及其分布。需要确定的指标主要包括以下内容。

### 6.1 从不影响粮食安全的需要确定污染超标、低等级和闲置地的指标

对于污染超标地需根据污染物类型及其浓度研究确定用于能源作物生产的指标。低等级农用地往往是撂荒或秋冬闲置地的主要类型,根据国家和地方相关粮食生产和农业产业规划,以及土地边际经济效益和弃耕情况确定用于能源作物生产的指标。

### 6.2 从能源植物生长的需要确定土壤及其相关的气象和水文指标

主要指标包括土层深度、土壤质地、有机质含量、土壤容重、养分含量、酸碱性、含盐类型及含盐量等。主要气象指标包括降水量及其分布、积温、年平均温度、无霜期、太阳辐射量、潜在蒸发量。水文条件包括地下水埋深、矿化度、地表径流量及其时空分布、汛期长短等。

### 6.3 从能源植物规模化生产和收储运要求确定地形地貌指标

能源植物规模化生产要求土地连片,收储运要求地形平整、交通便利。我国不少边际性土地属地理上的边际或边缘,即小块零落的土地,难以符合能源行业大规模生产对土地规模的要求。因此,要研究确定地形、坡度等相关指标,以适合大规模开发种植能源植物。寇建平等<sup>[3]</sup>以改良作业工程难易程度,为主要依据将宜能土地分为3大类,是研究该类指标的有益探索。

### 6.4 从保护环境的要求确定能源植物生产可利用土地的生态指标

多数宜能非粮地在生态上较脆弱。如荒草地多处于干旱或半干旱气候区,降水量小,蒸发量大,自然降水不能满足乔木类植物需水,其上稀疏的灌木

和草本植物的生态功能是防风固沙、保持生物多样性。如果规模化种植能源作物,会带来加剧地区用水量矛盾等一系列生态问题,大量盲目开垦会导致生态灾难。因此,从水土保持和生态保护的要求,确定能源植物生产可利用土地的基本生态条件,才能优先保护生态环境,因地制宜开发土地,结合退耕还林还草及防护林、绿化带等生态建设,宜林则林,宜草则草,开发环境增值型非粮能源植物。

## 参 考 文 献

- [1] 谢光辉.非粮生物质原料体系研发进展及方向[J].中国农业大学学报,2012,17(6):1-19
- [2] Kline K L, Dale V H, Lee R, et al. In defense of biofuels, done right[J]. Issues Sci Technol, 2009, 25(3): 75-84
- [3] 寇建平, 毕于运, 赵立欣, 等. 中国宜能荒地资源调查与评价[J]. 可再生能源, 2008, 26(6): 3-9
- [4] Zhuang D F, Jiang D, Liu L, et al. Assessment of bioenergy potential on marginal land in China [J]. Renew Sust Energ Rev, 2011 (15): 1050-1056
- [5] 石元春. 决胜生物质[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 304-313
- [6] Miyake S, Renouf M, Peterson A, et al. Land-use and environmental pressures resulting from current and future bioenergy crop expansion: A review[J]. J Rural Stud, 2012, 28: 650-658
- [7] 谢光辉. 论中国非粮生物质原料的非粮属性[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(6): 1-5
- [8] Fargione J, Hill J, Tilman D, et al. Land clearing and the biofuel carbon debt[J]. Sci, 2008, 319: 1235-1237
- [9] Tilman D, Socolow R, Foley J A, et al. Beneficial biofuels: The food, energy, and environment trilemma [J]. Sci, 2009, 325: 270-271
- [10] Evans J M, Cohen M J. Regional water resource implications of bioethanol production in the Southeastern United States[J]. Global Change Biol, 2009, 15: 2261-2273
- [11] 黄利民, 张安录, 刘成武. 耕地撂荒及其定量分析[J]. 咸宁学院学报, 2008, 28(03): 113-116
- [12] 赵吉发, 杨强, 乾杰, 等. 农民外出务工背景下的耕地抛荒现象分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(29): 14518-14520
- [13] 江宜航, 金微发. 农民弃种拉响粮食安全警钟[N]. 国际先驱导报, 2011-05-23
- [14] 周小萍, 陈百明, 张添丁. 中国“藏粮于地”粮食生产能力评估[J]. 经济地理, 2008, 28(3): 475-478
- [15] 范锦龙, 吴炳方. 基于GIS的复种指数潜力研究[J]. 遥感学报, 2004, 8(6): 637-644
- [16] 史俊通, 刘孟君, 李军. 论复种与我国粮食生产的可持续发展[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 51-57

- [17] 廖西元,李凤博,徐春春,等.粮食安全的国家战略[J].农业经济问题,2011(4):9-15
- [18] 李琳凤,李孟刚.提高复种指数是保障我国粮食安全的有效途径[J].管理现代化,2012(3):26-28
- [19] 米健,罗其友,高明杰.南方冬作区马铃薯增产潜力与适度规模[J].安徽农业科学,2011,39(9):5124-5127,5174
- [20] 贺金钟,贺春荣,王宗尧.农村耕地抛荒问题现状及成因分析[J].现代农业科技,2012(23):350-351
- [21] 钱立文.农村闲置土地的成因与对策分析[J].沿海企业与科技,2009(10):69-71
- [22] 邵代兴,何腾兵.山区闲置土地资源开发利用[J].山地农业生物学报,2007,26(2):146-150
- [23] 徐勋元,王丽娟.瑞昌市农村耕地抛荒成因及对策[J].江西农业学报,2008,20(11):171-173
- [24] 庾莉萍.从“命根子”到“弃如敝屣”:探讨我国土地撂荒问题及解决办法[J].资源与人居环境,2008(15):18-21
- [25] 吴建华,吕金荣.当前农村耕地抛荒的原因与对策[J].现代农业科技,2006(10):82
- [26] 国家统计局河南调查总队.河南粮食生产持续稳定发展中的问题与分析[EB/OL].2008-06-19. [http://www.stats.gov.cn/tjfx/dfxx/t20080618\\_402486998.htm](http://www.stats.gov.cn/tjfx/dfxx/t20080618_402486998.htm)
- [27] 中共永州市委党校课题组.关于永州市耕地抛荒情况的调查研究[J].湖南行政学院学报,2012(5):66-71
- [28] 刘伟健,余舞蛟.综合利用耕地,遏制耕地抛荒,促进粮食生产发展[J].作物研究,2008,22(1):62,64
- [29] 尹侠,胡立平,袁仕海.农村耕地抛荒:新农村建设的亟需解决的问题[J].武汉金融,2006(9):60-62
- [30] 刘吕权.利用撂荒地做文章[J].农村经营管理,2010(5):26-27
- [31] 郭琳.农村土地撂荒的成因及对策研究[J].四川经济管理学院学报,2009(4):11-13
- [32] 王玲.边远山区解决土地撂荒的对策与思考[J].北京农业,2009(25):8-9
- [33] 万州区农情信息中心.万州区农村土地撂荒情况调查及思考[EB/OL].2008-04-17. <http://www.cqagri.gov.cn/nyfz/detail.asp?pubID=315610>
- [34] 朱启臻,李洁.农村劳动力流失与新农村建设[J].调研世界,2007(10):22-25,40
- [35] 刘成武,李秀彬.对中国农地边际化现象的诊断:以三大粮食作物生产的平均状况为例[J].地理研究,2006,25(5):895-904
- [36] 尹成杰.粮安天下:全球粮食危机与中国粮食安全[M].北京:中国经济出版社,2009
- [37] 国家统计局.中国统计年鉴2013[R].北京:中国统计出版社
- [38] 周生贤.向人大常委会报告环境保护工作情况(实录)[EB/OL].2011-10-25. [http://www.china.com.cn/news/2011-10/25/content\\_23723648.htm](http://www.china.com.cn/news/2011-10/25/content_23723648.htm)
- [39] 孙彬,管建涛,连振祥,等.大地之殇三:重金属之痛[N].经济参考报,2013-06-13
- [40] 王滔,段建南,杨君.基于“三个最严格”的农村闲置土地问题分析[J].江苏农业科学,2012,40(8):397-400
- [41] 郭利刚.我国煤矿、金属矿损毁土地复垦潜力研究[D].北京:中国地质大学,2011
- [42] 武卫政.我国工矿废弃地复垦率仅为12%[N].人民日报,2010-09-30(2)
- [43] 易玲,张增祥,汪潇,等.近30年中国主要耕地后备资源的时空变化[J].农业工程学报,2013,29(6):1-11
- [44] 邵鲁,盛亚军.关于我国粮食安全问题的研究综述[J].农业经济与管理,2011,7(3):17-25
- [45] 卢良恕,王健.粮食安全[M].杭州:浙江大学出版社,2007:118-119
- [46] 程序.生物质能源与粮食安全及减排温室气体效应[J].中国人口、资源与环境,2009,19(3):3-7
- [47] Wang M, Han J, Dunn J B, et al. Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for use[J]. Environ Res Lett, 2012, 7(4):1-13
- [48] Tang Y, Xie J S, Geng S. Marginal land-based biomass energy production in China[J]. J Integr Plant Biol, 2010, 52(1):112-121
- [49] Qin Z C, Zhuang Q L, Zhu X D, et al. Carbon consequences and agricultural implications of growing biofuel crops on marginal agricultural lands in China[J]. Environ Sci Technol, 2011, 45:10765-10772
- [50] 谢光辉.能源植物分类及转化利用[J].中国农业大学学报,2011,16(2):1-7
- [51] 张文龙.基于边际土地利用的能源安全策略:以中国能源植物种植为例[J].可再生能源,2010,28(6):112-117
- [52] 国土资源部.中国耕地质量等级调查与评定[S].2009:1-8
- [53] Sang T, Zhu W X. China's bioenergy potential [J]. GCB Bioenergy, 2011, 3(2):79-90
- [54] Zhang J F, Jiang J M, Shan Q H, et al. Research on the black locust (*Robinia pseudoacacia*) forest as biomass energy resources in Yellow River delta region[C]//Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), VOLS 1-7, Wuhan, 2009:3157-3160
- [55] 农业部.全国草原保护建设利用总体规划[EB/OL].2007-4-4. [http://www.moa.gov.cn/sjzz/xumusi/sheji/201006/t20100606\\_1534928.htm](http://www.moa.gov.cn/sjzz/xumusi/sheji/201006/t20100606_1534928.htm)
- [56] 赵献林,王爱玲.农村劳动力危机与国家粮食安全隐患[J].河南农业科学,2009(1):9-11
- [57] 国土资源部.国家统计局.国务院第二次全国土地调查领导小组办公室.关于第二次全国土地调查主要数据成果的公报[EB/OL].2013-12-30. [http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230\\_1298865.htm](http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230_1298865.htm)