

基于GIS-LCA的能源植物黄连木开发环境潜力评估

路璐¹, 傅新宇², 江东², 付晶莹², 姜小三^{1*}

(1. 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统
国家重点实验室, 北京 100101)

摘要: 能源植物开发利用是应对能源问题和全球变化的有效途径之一, 准确的资源潜力及时空分布信息是资源规划和相关科学研究的重要基础。本文提出了耦合地理信息系统(GIS)空间分析与生命周期分析(LCA)进行能源植物开发利用潜力评估的技术方法, 以黄连木为例进行研究。基于土地利用数据、遥感数据、气象数据、土壤数据, 以及黄连木的生态习性, 采用多因子综合评价方法, 建立了1km空间栅格数据的黄连木种植适宜性综合评价模型, 获取了适宜于黄连木规模化种植的土地资源与空间分布; 另外, 采用LCA方法对黄连木开发利用主要环节的温室气体排放进行了定量估算。结果表明, 我国可用于发展黄连木的边际土地总量为1989.76万hm², 其中, 适宜黄连木生长的土地面积为710.32万hm², 较适宜黄连木生长的土地面积为1279.44万hm², 总温室气体减排潜力为2544.46万t。同时, 较之于传统的区域总体统计值的结果, 空间栅格的评估方法可为科学决策提供更为精细的数据支撑。

关键词: GIS; LCA; 多因子综合评价; 资源潜力

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2014.00328

1 引言

当今生物柴油已成为备受关注的可再生能源^[1]。充分合理地利用宜能边际土地资源、适度发展高产能源作物, 及开发生物质液体燃料, 是我国应对化石能源枯竭和发展替代能源的有效途径^[2]。黄连木(*Pistacia chinensis*)别名黄楝、楷木, 漆树科黄连木属落叶乔木, 是广泛分布于我国的重要木本油料树种之一, 种子含油率为35%~42.46%, 出油率为22%~30%; 果壳含油率3.28%, 种仁含油率56.5%^[3]。黄连木耐干旱、盐碱, 适合在各类土壤生长, 种子和果实含油量高, 且黄连木油脂生产的生物柴油碳链长度与普通柴油主要成分的碳链长度极为接近, 黄连木油脂非常适合用来生产生物柴油。我国幅员辽阔, 有大量不适于生产粮食但可种植高抗逆性能源作物的荒山、荒坡和盐碱地等边际土地, 我国“可再生能源中长期发展规划”明确提出开发盐碱地、荒草地、荒山荒地等边际性土地, 开展非粮生物液体燃料示范建设; 我国“可再生能源

发展‘十二五’规划”提出推进以小桐子、黄连木等为代表的木本油料植物果实生物柴油产业化示范。

准确的资源潜力及时空分布信息是资源规划和相关科学研究的重要基础。前人对黄连木的资源分布状况有一些记载, 国内外一些学者对黄连木品种的选育、生长及利用状况进行了调查研究^[3-6], 但是, 对黄连木的土地资源适宜性的研究很少。另外, 目前的研究只限于宜能边际土地资源的规模, 没有充分考虑在生物燃料生产链中, 存在着诸多可能的环境影响, 特别是固碳或温室气体的排放等, 因此, 缺乏对能源植物开发潜力的完整评估。生命周期分析(Life Cycle Analysis, LCA)是一种用于评价产品或系统在其整个生命周期中, 即从原材料获取、产品生产、产品使用及使用后处理整个过程中, 对环境影响和能量消耗进行分析的技术和方法^[1]。近年来, LCA作为一种全面完整的综合分析方法, 已被广泛应用于生物能源影响评价研究中。邢爱华等以菜籽油、麻疯树油和地沟油为原料制取生物柴油过程, 应用生命周期评价方法, 对生物柴油子

收稿日期: 2013-04-26; 修回日期: 2013-06-28.

基金项目: 地震行业科研专项项目(201208018)。

作者简介: 路璐(1987-), 女, 硕士生, 研究方向为资源环境信息系统。E-mail: lulu_5030@163.com

*通讯作者: 姜小三(1967-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为资源环境信息系统。E-mail: gis@njau.edu.cn

过程的土地资源占用、水资源和能源消耗进行了计算^[7];胡志远等^[8]对以大豆、油菜籽、光皮树油和麻疯树油为原料生产生物柴油的生命周期能耗和污染物排放进行分析;董进宁等^[9]对大豆制取生物柴油进行的全生命周期分析表明,生物柴油项目对减少温室气体CO₂排放具有积极的作用;张爱霞对以小麦、玉米和甘薯为原料的生物乙醇LCA的成本、能耗和环境影响进行分析^[10],一些国外学者也利用麻疯树、木薯等作物进行生物液体燃料的排放分析^[11-14]。

目前,在黄连木能源发展潜力研究中,针对黄连木生态适应性进行适宜土地资源评价的研究相对较少;此外,估算能源植物发展潜力必须考虑其环境影响(环境效益或减排潜力),目前在这方面有一些研究成果,但仅针对单位质量或单位面积生物液体燃料生命周期的能耗及环境影响进行研究。本文的耦合地理信息系统(GIS)空间分析与生命周期分析(LCA)方法,旨在以黄连木为例进行能源植物开发利用潜力的研究。以估算出我国黄连木种植的土地资源潜力和黄连木生物柴油生命周期温室气体减排潜力。

本研究所用的数据源包括土地利用、地形等基础地理数据、气象观测数据(表1),以及黄连木加工

生产过程的技术参数等。其中,土地利用数据是由中国科学院资源环境科学数据中心提供的2010年1:100 000比例尺土地利用数据集,该数据集包括耕地、林地、草地、水域等6个一级地类和25个二级地类^[15],主要作为黄连木宜能边际土地利用提取的本底数据;高程数据来自全国1:25万地形图,经处理转化为1km²格网的平均坡度信息;气象数据为1971-2010年30年平均的中国1km²栅格数据,包括温度数据和水分条件数据,均来源于中国科学院资源环境科学数据中心格网系列数据集,作为黄连木种植的控制因子数据。经过Foxpro预处理的全国气象站点的气象数据在ArcGIS 9.3中转为站点的图层,再利用反向距离加权平均的方法内插出全国空间分辨率为1km²的年平均气温(Ta)、年平均降水量(Pa)、≥10℃积温等。

作为黄连木生命周期分析的输入,黄连木种植、果实收获等相关数据是通过查阅文献资料、年鉴得到的;化学品生产相关数据根据美国能源部阿冈国家实验室发表的GREET模型代入中国的边界条件计算得到;刘光斌等^[16]和李宜海等^[17]做过黄连木制备生物柴油的试研究,本研究中生物柴油生产工艺及生产过程数据参考麻疯树生产数据和试研究数据。

表1 研究数据概况

Tab. 1 Overview of research data

数据名称	比例尺/分辨率	格式	时间(年)	来源	说明
土地利用	1:10万	矢量	2000	RESDC	6个一级类,25个二级类
高程数据	1:25万	栅格	无	RESDC	用于提取坡度信息
气象数据	1km×1km	栅格	1971-2000	RESDC	温度数据和水分数据
土壤数据	1km×1km	栅格	无	RESDC	土壤有效厚度、土壤有机质含量等
保护区数据	1:10万	矢量	2000	RESDC	国家自然保护区范围

2 黄连木资源开发环境评估

2.1 适宜种植边际土地资源多因子空间评价模型

目前,国际上有多种土地适宜性评价方法,如:层次分析法、农业生态区法、多因子综合评价法等。其中,多因子综合评价法可以针对作物特点制定评价指标,具有灵活、适用性强等优点,已被广泛用于不同作物、不同土地利用方式的评价^[2,15]。多因子综合评价法的主要评价步骤为^[19]:

(1)设定作物对温度、水分、土壤及坡度等自然条件的要求与标准,并据适宜程度进行分级(表2)。

(2)依据上述指标体系和限制条件进行多因子评价:根据温度、水分和土壤适宜性等级数据共同决定的作物适宜性等级,通过坡度规则进行校正,得到最终的土地资源适宜性等级。

(3)以经济社会、环境等约束条件对评价结果进行修正。

2.2 生命周期评价(LCA)分析

生命周期评价(Life Cycle Analysis, LCA)是一种对产品、生产工艺及活动进行环境的负荷分析,它通过对能量和物质消耗,以及由此造成的废弃物排放进行辨识和量化,来评估能量和物质利用对环

表2 黄连木种植的地理要素限制因子^[3-4,6,20]

Tab. 2 Geographical factors for *Pistacia chinensis* plantation

		适宜	较适宜	不适宜
温度条件	年均气温(℃)	11.5~15.9	5.8~11.5 或 15.9~28.4	≤5.8 或 ≥28.4
	年均极端最低气温(℃)	≥-15	-26.5~-15	≤-23.6
	≥10℃积温(℃·d)	≥3800	1180~3800	≤1180
水分条件	降水(mm)	400~1300	1300~1900	≥1900 或 ≤400
土壤条件	有效深度(cm)	60	30	≤30
坡度条件	坡度(°)	15	25	≥25

境的影响,以寻求改善产品或工艺的途径^[21]。本研究采用 LCA 对黄连木生物柴油生产和使用过程中的温室气体排放进行定量计算^[22]。单位质量黄连木生物柴油净排放量评价公式如式(1):

$$C=C1+C2+C3+C4+C5-C6 \tag{1}$$

式(1)中,C1 是黄连木生物柴油生产过程的碳排放量;C2 是黄连木运输过程的碳排放量;C3 和 C4 是黄连木生物柴油转化过程的碳排放量;C5 是生物柴油运输至加油站过程中的碳排放量;C6 是副产品替代能量引起的碳排放量。其分别由式(2)~(6)计算(表3)。

表3 黄连木生物柴油生命周期过程排放公式^[20,23-24]

Tab. 3 Formula of life cycle of the *Pistacia chinensis* biodiesel

生命周期过程	公式
黄连木种植	$C1=\sum_{i=1}^n C_h \cdot X_i \tag{2}$
果实运输	$C2=d_i \cdot C_h \cdot x_j \tag{3}$
生物柴油生产	$C4=\sum_{i=1}^n C_h \cdot X_i \cdot x_j \cdot \gamma \cdot \alpha \tag{4}$
生物柴油运输	$C5=d_i \cdot C_h \cdot x_j \cdot \gamma \cdot \alpha \tag{5}$
副产品生产	$C6=\sum_i (CW_i \cdot M_i) \tag{6}$

上述公式中, X_i 是种植过程消耗的物质或能量的数量; C_h 是它们的能量强度,即生产单位产品(能量或物质)直接消耗的能量(如燃料、动力等),以及能源或物质在开采、生产、运输直到最终使用等各个阶段的间接能量消耗的总和; x_j 是j类土地黄连木果实单位产量; γ 是生物液体燃料转化率; α 是原料出油率; d_i 原料供应的平均运输距离; CW_i 是生物液体燃料转化过程中共生副产品的能量替代系数; M_i 是副产品产率。

本文主要分析黄连木开发利用过程涉及的3种主要温室气体 GHGs,分别为 CH₄、N₂O 和 CO₂,其

中,可用“全球温升潜力系数”(GWPs)综合计算等效温室气体排放量^[25]。根据大气环境变化国际政府间工作组(IPCC)推荐,GWPs 值设定为:CO₂为1、CH₄为21、N₂O 为310。则温室气体总排放可通过式(7)计算^[24-26]:

$$GHGs=21CH_4+310N_2O+CO_2 \tag{7}$$

其中,黄连木生物柴油环境排放计算的主要参数参见文献[1]、[18]、[20]。

3 黄连木开发环境的 GIS-LCA 评估结果与分析

3.1 适宜黄连木种植的土地资源及空间分布

根据黄连木温度、水分、土壤和坡度4个因子的适宜、较适宜和不适宜的判断条件,得到黄连木土地适宜性多因子评价结果的空间分布结果,如图1所示。

由图1可看出,我国适宜黄连木种植的宜能边际土地空间分布整体上呈现东北-西南走向,适宜种植区和较适宜种植区分别有两条比较明显的东北-西南走向线^[19]。主要集中在华北太行山、华中、

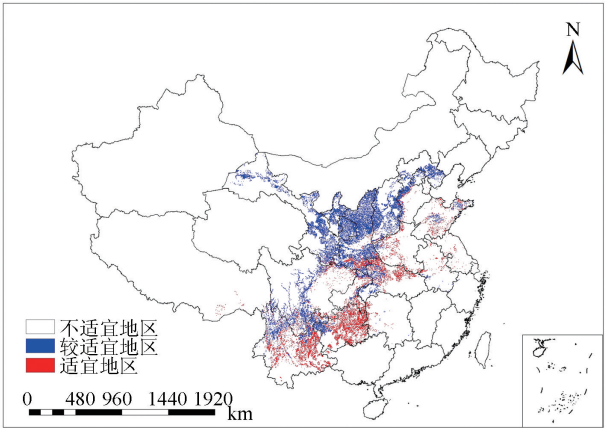


图1 黄连木宜能边际土地适宜性空间分布

Fig.1 Spatial distribution of marginal land suitable for *Pistacia chinensis* in China

西北黄土高原、西南云贵高原等地区,而东南沿海各省区(如山东、江苏、浙江、广东等)经济较发达,土地利用集约度高,各项用地以农用地和建设用地为主,适宜生长的黄连木土地较少。这一结果与侯新村^[3]等通过几年的黄连木资源实地调查研究得出我国黄连木的地理分布规律较为一致。综合适宜种植和较适宜种植黄连木的省份,种植潜力最大的省份是陕西省,种植面积为741.68万hm²,种植潜力最小的省份是西藏自治区,面积为14.24万hm²。

国家相关政策、法规等社会经济因素都会对适宜黄连木作物发展的土地资源开发利用产生重要影响。根据现有林业政策法规^[27],灌木林地不能轻易改变其用途,故从上述结果中扣除灌木林。空间统计结果表明,我国可以种植黄连木的边际土地总

量为1989.76万hm²,其中,适宜黄连木生长的土地面积为710.32万hm²,较适宜黄连木生长的土地面积为1279.44万hm²。

3.2 黄连木发展生物柴油的减排效益分析

黄连木生物柴油LCA碳排放的基础数据包括植物光合作用的固碳量、生物柴油LCA各环节的直接环境排放,以及由于农药化肥、甲醇、氢氧化钠、蒸汽、电力生产和燃煤等的使用间接向环境排放的污染物^[23-26]。黄连木果实油的CO₂清单分析考虑了所有的投入和生产过程的温室气体净排放量或净固碳量。根据相关文献的研究结果^[27-30],黄连木发展生物柴油的碳排放情况,如表4、5、6所示。

根据黄连木适宜种植的土地资源空间分布数

表4 适宜土地黄连木生物柴油生命周期总排放(g/hm²)

Tab.4 Carbon emissions from the *Pistacia chinensis* biodiesel system during the whole life cycle for the suitable land (g/hm²)

周期过程/排放物质	VOC	CO	NO _x	PM ₁₀	SO _x	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
种植过程	1350.88	1610.04	9152.48	2977.4	8918.72	2852.68	29.04	-802 092.39
果实运输过程	87.01	141.70	219.76	19.54	1.76	1.60	6	255 956.80
原料油生产	2.57	52.96	268.62	11.08	1268.21	232.92	1.37	200 838.82
生物柴油生产	10.38	74.17	472.34	15.25	3261.93	623.63	1.8	249 049.87
柴油运输过程	10.39	16.92	26.25	2.33	0.21	0.19	0.72	30 570.84
配送过程	0.02	0.16	2.13	0.21	5.07	0.02	0.02	1653.81
燃烧过程	939.54	5754.67	1505.40	314.96	0	27.76	128.12	3 492 945.91
合计	2400.79	7650.62	11 646.98	3340.77	13455.9	3738.8	167.07	3 428 923.66

表5 较适宜土地黄连木生物柴油生命周期总排放(g/hm²)

Tab.5 Carbon emissions from the *Pistacia chinensis* biodiesel system during the whole life cycle for the fairly suitable land (g/hm²)

周期过程/排放物质	VOC	CO	NO _x	PM ₁₀	SO _x	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
种植过程	776.76	925.77	5262.68	1712.01	5128.26	1640.29	16.70	1 256 130.21
果实运输过程	50.03	81.48	126.36	11.23	1.01	0.92	3.45	147 175.16
原料油生产	1.48	30.45	154.46	6.37	729.22	133.93	0.79	115 482.32
生物柴油生产	5.97	42.65	271.60	8.77	1875.61	358.59	1.04	143 203.67
柴油运输过程	5.98	9.73	15.09	1.34	0.12	0.11	0.41	17 578.23
配送过程	0.01	0.09	1.22	0.12	2.92	0.01	0.01	950.94
燃烧过程	540.23	3308.93	865.60	181.10	0	15.96	73.67	2 008 443.90
合计	1380.46	4399.1	6697.01	1920.94	7737.14	2149.81	96.07	1 971 631.10

表6 我国黄连木生物柴油总温室气体减排潜力

Tab.6 Total GHGs reduction potential caused by *Pistacia chinensis* biodiesel production in China

作物类型	适宜土地 (万hm ²)	单位减排 (万t)	适宜土地减排 (万t)	较适宜土地 (万hm ²)	单位减排 (万t)	较适宜土地减排 (万t)	总减排 (万t)
黄连木	710.32	1.399	993.74	1279.44	1.212	1550.69	2544.45

据,结合表4-6的分析结果,可得到利用黄连木发展生物柴油的总温室气体减排潜力。结果表明,我国黄连木生物液体燃料能源作物总温室气体减排潜力为2544.46万t,其中,适宜种植黄连木土地的温室气体减排为993.74万t,较适宜种植黄连木的土地温室气体减排为1550.69万t。根据吴伟光^[30]设定的生物液体燃料发展的高、中、低3种方案,即分别利用100%、70%和30%宜能边际土地资源种植能源作物,则我国每年生产的黄连木生物液体燃料的总温室气体减排潜力分别为2544.45万t、1781.12万t和763.34万t。

4 结论与讨论

本文从适宜于黄连木种植的土地资源潜力、黄连木生物柴油生命周期温室气体减排潜力入手,对我国黄连木的种植发展潜力的环境潜力进行了评估,主要结论如下:

(1)我国可种植黄连木的边际土地总量为1989.76万hm²,其中,适宜黄连木生长的土地面积为710.32万hm²,较适宜黄连木生长的土地面积为1279.44万hm²。种植潜力最大的省份是陕西省,潜力最小的是西藏自治区。在各类型土地中,灌木林和天然草地是主要土地利用类型。

(2)在整个生命周期过程中,所有排放的污染物中CO₂排放量最多,其次是NO_x和SO_x;生物柴油的燃烧阶段排放的污染物最多,生物柴油生产、转化阶段污染物排放量次之,配送过程排放最少,而种植阶段温室气体吸收量占排放量的17.08%。

(3)根据宜能边际土地中适宜、较适宜黄连木种植的土地资源数量和传统柴油与生物柴油的对比结果,估算出我国黄连木生物液体燃料能源作物总温室气体减排潜力为2544.46万t,适宜和不适宜两种等级土地的GHG减排量分别为993.74万t和1550.69万t。

在黄连木生物柴油生命周期评价研究中,由于受到研究数据的限制,本论文仅对部分关键数据进行了实地调研,所以,进一步的对数据实地调研,将会使得评价结果更加合理。在大规模发展生物能源时,大规模单一黄连木作物种植可能引起土壤肥力退化、病虫害增加、生物多样性破坏等一系列生态问题。因此,后续将结合这些方面的内容进行研究。

参考文献:

- [1] Rebitzera G, Ekvallb T, Frischknecht R, *et al.* Life cycle assessment, Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications[J]. *Environment International*, 2004(30):701-720.
- [2] Zhuang D F, Jiang D, Liu L, *et al.* Assessment of bioenergy potential on marginal land in China[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2010(15):901-912.
- [3] 侯新村,左海涛,牟洪香.能源植物黄连木在我国的地理分布规律[J].*生态环境学报*,2010,19(5):1160-1164.
- [4] 符瑜,潘学标,高浩.中国黄连木的地理分布与生境气候特征分析[J].*中国农业气象*,2009,30(3):318-322.
- [5] Dunn D E, Cole J C, Smith M W. Position of cut, bud retention and auxins influence rooting of *Pistacia chinensis*[J]. *Scientia Horticulturae*, 1996(67):105-110.
- [6] 王涛.中国主要生物质燃料油木本能源植物资源概况与展望[J].*科技导报*,2005(5):12-14.
- [7] 邢爱华,马捷,张英皓,等.生物柴油全生命周期资源和能源消耗分析[J].*过程工程学报*,2010,10(2):314-320.
- [8] 胡志远,谭丕强,楼狄明,等.不同原料制备生物柴油全生命周期能耗和排放评价[J].*农业工程学报*,2006,22(11):141-146.
- [9] 董进宁,马晓茜.生物柴油项目的生命周期评价[J].*现代化工*,2007,27(9):59-63.
- [10] Gelfand I, Sahajpal R, Zhang X C, *et al.* Sustainable bioenergy production from marginal lands in the US Midwest [J]. *Nature*, 2013(493):514-517.
- [11] Smith W K, Cleveland C C, Reed, S C, *et al.* Bioenergy potential of the United States constrained by satellite observations of existing productivity[J]. *Environ. Sci. Technol.*, 2012(46):3536-3544.
- [12] Shah S, Gupta M N. Lipase catalyzed preparation of biodiesel from *Jatropha* oil in a solvent free system[J]. *Process Biochem*, 2007(42):409-414.
- [13] Achten W J, Verchot L, Franken Y J, *et al.* *Jatropha* bio-diesel production and use[J]. *Biomass Bioenergy* 2008(32):1063-1084.
- [14] Tapanes N O, Aranda D G, de Mesquita J W, *et al.* Transesterification of *Jatropha curcas* oil glycerides: Theoretical and experimental studies of biodiesel reaction[J]. *Fuel*, 2008(87):2286-2295.
- [15] 刘纪远,张增祥,庄大方,等.中国近期土地利用变化的空间格局分析[J].*中国科学D辑:地球科学*,2002,32(12):1031-1041.
- [16] 刘光斌,黄长干,刘苑秋,等.黄连木油的提取及其制备生物柴油的研究[J].*中国粮油学报*,2009,24(7):84-88.
- [17] 李宜海,谢晓航,熊彬,等.黄连木油制备生物柴油的中试研究[J].*可再生能源*,2010,28(4):54-61.

- [18] 张彩霞.我国生物乙醇的资源潜力及影响评价[D].北京:中国科学院地理科学与资源研究所,2010.
- [19] Lu L, Jiang D, Zhuang D F, *et al.* Evaluating the marginal land resources suitable for developing *Pistacia chinensis*-based biodiesel in China[J]. *Energies*, 2012(5): 2165-2177.
- [20] 刘磊.中国西南五省区生物液体燃料开发潜力及影响研究[D].北京:中国科学院地理科学与资源研究所,2011.
- [21] 邹治平,马晓茜,赵增立,等.水力发电工程的生命周期分析[J].水力发电,2004,30(4):53-55.
- [22] 王赞信,卢英.麻疯树种子油生命周期的经济、环境与能量效率[J].长江流域资源与环境,2011,20(1):61-67.
- [23] 张治山,袁希钢.玉米燃料乙醇生命周期碳平衡分析[J].环境科学,2006,27(4):616-619.
- [24] Fiorese G, Guariso G. A GIS-based approach to evaluate biomass potential from energy crops at regional scale[J]. *Environmental Modelling & Software*, 2010(25):702-711.
- [25] 丁文武,原林,汤晓玉,等.玉米燃料乙醇生命周期能耗分析[J].哈尔滨工程大学学报,2010,164(6):773-779.
- [26] Ou X M, Zhang X L, Chang S Y, *et al.* Energy consumption and GHG emissions of six biofuel pathways by LCA in (the) People's Republic of China[J]. *Applied Energy*, 2009(86):S197-S208.
- [27] 曹玉昆,吕田,陈宁静.天然林保护工程政策对中国现行林业政策的影响分析[J].林业经济问题,2011,31(5):377-382.
- [28] Sobrinoa F H, Monroya C R, Pérez J H. Biofuels and fossil fuels: Life Cycle Analysis (LCA) optimisation through productive resources maximisation[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011(15):2621-2628.
- [29] 王修兰,徐师华,李佑祥.CO₂浓度倍增对小麦生育性状和产量构成的影响[J].生态学报,1996,16(3):328-332.
- [30] 吴伟光.我国西南地区生物柴油原料麻疯树发展潜力研究[D].北京:中国科学院地理科学与资源研究所,2010.

Assessment of Bioenergy Potential of *Pistacia chinensis* in China Based on GIS and Life Cycle Analysis

LU Lu¹, FU Xinyu², JIANG Dong², FU Jingying² and JIANG Xiaosan^{1*}

(1. College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Fossil fuel shortages and environmental pollution problems are worsening, while globally, countries are actively seeking alternative energy sources. As an important renewable energy, bio-fuel (including bio-fuel ethanol and biodiesel) has attracted extensive attention of governments and enterprises throughout the world. Development and utilization of energy plants is one effective way to deal with energy issues and global change, and accurate information resource potential and the spatial and temporal important distribution is a foundation for resource planning and related research. The main objective of this paper is to establish an operational method for comprehensive evaluating biodiesel potential of *Pistacia chinensis* in China by combining GIS with life cycle analysis (LCA). Geographic Information System (GIS) is adopted as a tool to process spatial data from different sources, and establish the integrated multiple factors model. Meanwhile, LCA is used to evaluate the GHG emission from *Pistacia chinensis* plantation, yield acquisition, production, and product use through to post-processing. First, the potentiality, degree and spatial distribution of marginal land resources suitable for *Pistacia chinensis* planting are determined. Next, LCA-based analytical model of GHG emission reduction potential of biodiesel produced from *Pistacia chinensis* is established. By this means, the analysis and appraisal of maximum net GHG emission reduction potential of biodiesel from *Pistacia chinensis* can be achieved, thus offering technical methods and typical cases for analysis of development potentials and environmental benefits of biofuels derived from

energy plants. The results indicate that total area of marginal land exploitable for development of *Pistacia chinensis* is about 19.90 million hm^2 , which is made up of the suitable area 7.10 million hm^2 and the fairly suitable area 12.79 million hm^2 . And the total greenhouse gas emission reduction potential is 2.55 million tons per year.

Key words: GIS; LCA; multiple factor integrated analysis; resource potential

***Corresponding author:** JIANG Xiaosan, E-mail: gis@njau.edu.cn