

# GIS支持下的鲁东南丘陵区茶树土地适宜性评价

史同广<sup>1</sup>, 郑昭佩<sup>2</sup>, 王智勇<sup>2</sup>, 王林林<sup>2</sup>

(1. 山东建筑大学遥感与GIS研究中心, 山东 济南 250101; 2. 山东师范大学人口资源环境学院, 山东 济南 250014)

**摘要:** 首先研究了暖温带茶树品种生长与自然条件的关系, 分析确定了典型区日照市茶树种植的评价因子; 然后在 1:5万比例尺地图上, 运用 ARCGIS 对一月平均风速和不同高度下温度因子进行了模拟, 并在模拟了天文辐射的基础上对气温因子进行精细订正; 同时结合土壤、坡度、相对湿度等因子建立了评价因子量化分级表; 最后, 运用了模糊数学 (Fuzzy) 综合评价模型, 实现了土地适宜性评价。按照评价结果将研究区分为茶树最适宜、适宜、次适宜和不适宜种植区, 并对各类区进一步作了分析和讨论。

**关键词:** 土地适宜性评价; 茶树; GIS; DEM; 鲁东南

**中图分类号:** S159, S571.1

**文献标识码:** A

鲁东南丘陵区是山东省茶叶种植集中区域, 其中日照市最为典型。本文以日照市为例研究 GIS 辅助进行茶树土地适宜性评价。茶叶生产是日照产茶地区农村经济的支柱产业和农民增收的主要来源。然而茶树是典型的热带、亚热带植物, 日照市地处山东丘陵区, 属于温带气候区, 茶树生长所要求的土壤、气候等条件与南方都有较大的差异, 这给茶叶引种带来很大的困难。近年来由于盲目引种, 出现了一些成活率低、产量低、质量差的茶园, 影响了经济效益的提高。而在北方, 综合的评价茶树生长适宜性的研究尚属空白。通过分析温带茶树生长的限制因子, 认为温带地区茶树适宜种植分布区与地形空间格局密切相关, 因此, 首先基于 GIS 和 DEM 分析方法, 对影响茶树种植的气候因子进行了模拟, 同时结合土壤、坡度因子, 运用模糊数学评价模型, 对日照市进行了茶树适宜性评价, 为优化茶树种植布局, 提供科学依据。

## 1 研究区概况

日照市 (东港区、岚山区) 地处山东半岛南部,

119°04'45"~119°39'55"E, 35°12'01"~35°36'25"N。东濒黄海, 北邻胶南市、五莲县, 西连莒县、莒南县。陆域面积 1 799 km<sup>2</sup>。

研究区属鲁南丘陵区, 地势由西北向东南倾斜, 西北多山, 东南低洼多沿海平原, 海拔 656.9 m 至 1.3 m。本区丘陵系沂蒙山系的东伸部分, 大体走向与冬季风主风向 (偏北风) 垂直, 因而产生了许多背风向阳的地形单元, 为茶树种植提供了良好的空间。

区内土壤以棕壤为主, 占总面积的 79.01%, 研究区属于湿润暖温带季风气候区, 年均温 13℃, 无霜期 220 d 以上, 年降水 870 mm, ≥10℃活动积温 4 260℃, 年平均相对湿度 72%, 总体气候条件适合发展茶叶生产。

## 2 茶树土地适宜性评价指标体系

### 2.1 暖温带茶树生物地学特点

由于是第一次北方地区茶树土地适宜性研究, 所以除了要参考已有的经验和资料外, 更要立足于北方自然条件。

低温会使茶树产生冻害。一般在 -10℃左右,

收稿日期 (Received date): 2008-01-04; 改回日期 (Accepted): 2008-04-05。

基金项目 (Foundation item): 山东省科技攻关项目“3S技术支持下的山东茶树适生环境评价与区划研究” (编号: 2004GG2209065) 资助。[Program of Shandong Province to Tackle Key Problem in Science and Technology (grant 2004GG2209065)]

作者简介 (Biography): 史同广 (1962-), 男 (汉), 山东莱西人, 博士, 研究方向为 GIS 应用。山东建筑大学教授。[Shi Tongguang (1962-)

而在雪覆盖的情况下,可忍受  $-15^{\circ}\text{C}$  的低温侵袭<sup>[1]</sup>。研究区引种的茶树经过长期的环境适应,耐旱耐寒性都有很大的提高,在日照市的茶园记录中,出现过  $-18^{\circ}\text{C}$  的极端低温茶园仍能安全越冬的纪录。

冬季风速的大小是引起茶树冻害的重要因子,风速过大,气温迅速下降,同时茶树会产生生理性失水现象,会造成茶树冻害。所以,冬季风速小的区域,有利于茶树安全越冬。

茶树生长期的空气湿度会影响茶叶的品质。实践证明,在相对湿度  $60\% \sim 70\%$  的山东省东部地区,茶树生长良好,茶叶品质也较高。

坡度、坡向的不同也会导致茶树生长状况的不同。茶树一般生长在山地阳坡处,日照市主要也是以起伏的地形为主,有利于茶树的种植。

茶树适宜酸性土壤,宜茶的土壤 pH 值一般在 6.5 以下。日照市土壤 pH 值在 5.5~6.5 间,适宜茶树生长。

## 2.2 评价因子的选择

依据因地制宜、综合性和主导因素相结合、稳定性空间变异性等原则,本研究在分析了已有研究成果的基础上,结合野外调查,总结当地科技人员和茶农的经验,选择了土壤 pH 值、土壤质地、最低月均温、极端低温、一月平均风速、坡度、坡向、年平均降水、年平均相对湿度等 9 项评价因子。

由于本文在风速、温度模拟中,已经充分考虑了坡向因子;另外,评价只限于日照市东港区和岚山区,由于该区降水基本能满足茶树生长需求,而且年平均降水在评价区内空间变化较小,所以年平均降水也没有作为最后的参评因子;除掉上述两项因子,最后遴选了土地适宜性评价的 7 项参评因子。

因子权重利用 AHP(层次分析法)计算,分别为冬季风速,0.239 9;极端低温,0.197 3;最低月均温,0.181 8;坡度,0.122 4;土壤 pH 值,0.086 4;土壤质地,0.086 4;年平均相对湿度,0.085 8。

## 3 评价因子空间分布模拟与量化分级

土壤适宜性评价各个因子是在基于 GIS 和 DEM(数字高程模型)完成的。由 1:5 万国家基本比例尺地形图数字化建立的 DEM 数据,栅格的水平分辨率为 25 m,数据最后都统一到北京 1954 坐标系,采用 krasovsky 椭球体和  $6^{\circ}$  分带的高斯-克吕格

投影。

### 3.1 一月平均风速的模拟

根据对气象资料的分析,确定日照市一月主风向为北风,利用幂指数公式<sup>[2]</sup>模拟近地面不同高度下的平均风速,其指数律公式如下

$$u = u_1 \left[ \frac{z}{z_1} \right]^m$$

式中  $u$  为距地面高度  $z$  处的风速;  $u_1$  为距地面高度  $z_1$  处的风速;  $m$  为风随高度变化指数,其取值大小按下垫面特征确定,一般介于  $1/8 \sim 1/2$ 。

同时考虑各坡向下,不同坡度,不同位置处的风速与开旷平地风速的比例关系<sup>[3]</sup>。借助这种关系计算日照市不同地段上平均风速的分布情况,最终计算出每一个栅格的风速。

### 3.2 气温因子的模拟

采用 GISSpline 法对零海拔平面上气象站点的气温进行内插,利用 DEM 格网图层与零海拔平面上气温分布格网图层在 ARC/INFO 的 GRID 模块下按照气温直减率 ( $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ) 法进行栅格运算,得到各栅格不同高程的平面上的气温分布。

采用光线追踪算法计算地形遮蔽<sup>[4]</sup>,在建立地形遮蔽模型和明确天文辐射模拟公式的基础上<sup>[4]</sup>,求出每一微分时刻的太阳天文辐射,最后利用 GIS 的多层面复合分析方法,将各微分时段数值累加求和得到一天的辐射量。

地形通过改变辐射的分布而影响温度的空间分布。根据前人研究,月平均温度与天文辐射在空间和时间尺度上都有着很好的相关关系<sup>[5,6]</sup>,实际地形下温度模型可表示为

$$T_s = T_h + r \times \Delta S$$

式中  $T_s$  为实际地形下的温度,  $T_h$  为实际高度上平面的温度,  $\Delta S$  为坡地与平地天文辐射之差,  $r$  为订正系数。  $r = 0.0734^{\circ}\text{C}/\text{M}(\text{J} \cdot \text{m}^2)^{[7]}$ 。

### 3.3 其他评价因子的实现

坡度因子的实现。以日照市 DEM 为基础,在 ARCVIEW 3.2a 下,利用表面分析 (Surface analysis Function) 功能对 DEM 进行坡度运算,从而提取坡度信息。

年平均相对湿度的实现。通过六个气象站点所提供的相对湿度信息在 Arcinfo 下通过 Spline 内插获得日照市年平均相对湿度空间分布。

土壤因子的实现。土壤评价因子主要是土壤质地和土壤 pH,数据来源于日照市土壤类型图,首先进行地图扫描,然后进行矢量化和属性添加,最后转

为栅格图像。

3.4 评价因子量化分级

首先,利用极限条件法对坡度进行评价,将小于 $<3^{\circ}$ 和 $>25^{\circ}$ 的坡度归为“不适宜”;另外,虽然坡向没有最终参评,但是定性的分析,北坡为不适宜区,所以将北坡( $330^{\circ}\sim 360^{\circ}$ , $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ )也归为“不适宜”。

以上述研究为基础建立了评价因子量化分级表(表 1),其中,在土壤质地中,为了定量评价的进行将砂砾壤、轻壤-中壤、轻粘-重壤分别定为 3、2、1。

表 1 评价因子等级表  
Table 1 Grades of evaluation factors

因子	I (最适宜)	II (适宜)	III (一般适宜)
冬季风速 (m/s)	$<2.5$	$2.5\sim 3$	$>3$
最低月均温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$>0.5$	$-1.5\sim 0.5$	$<-1.5$
极端低温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$>-13$	$-14.5\sim -13$	$<-14.5$
坡度 ( $^{\circ}$ )	$3\sim 5$	$5\sim 15$	$15\sim 25$
土壤 pH 值	5.6	5.9	6.3~6.5
土壤质地	3	2	1
相对湿度 (%)	$>70$	$68\sim 70$	$<68$

4 土地适宜性综合评价

4.1 评价方法

评价主要采用了模糊综合评价模型,本文在建立隶属函数时采用线性函数。

隶属于 I 级的隶属函数为

$$U_I(x)=\begin{cases} 0 & X_i\leq S_{j-1} \\ \frac{S_j-X_i}{S_j-S_{j-1}} & S_{j-1}<X_i<S_j \\ 1 & X_i\geq S_j \end{cases}$$

隶属于 J 级的隶属函数为

$$U_J(x)=\begin{cases} 0 & X_i\leq S_{j-1}, X_i\geq S_{j+1} \\ \frac{X_i-S_{j-1}}{S_j-S_{j-1}} & S_{j-1}<X_i<S_j \\ \frac{S_{j+1}-X_i}{S_{j+1}-S_j} & S_j<X_i\leq S_{j+1} \end{cases}$$

隶属于 K 级的隶属函数为

$$U_K(x)=\begin{cases} 0 & X_i\leq S_{ij} \\ \frac{X_i-S_{ij}}{S_{ij+1}-S_{ij}} & S_{ij}<X_i<S_{ij+1} \\ 1 & X_i\geq S_{ij+1} \end{cases}$$

以上各式中,  $U_I$ 、 $U_J$ 、 $U_K$  分别为 I、J、K 级隶属度函数,  $X_i$  为评价单元第  $i$  个限制性因素的实测值,  $S_{ij}$  为第  $i$  个限制性因素指标  $j$  级的标准值。

基于此,建立了模糊数学综合区划模型,并在 matlab 软件支持下计算得到日照市茶树土地适宜性评价结果(图 1),结果共分为最适宜、适宜、次适宜、不适宜四个等级。

由图可知,评价结果中最适宜区面积为  $38\,283\text{ hm}^2$ , 占总面积 21%;适宜区面积为  $54\,153\text{ hm}^2$ , 占总面积 30%;一般适宜区为  $15\,929\text{ hm}^2$ , 占总面积 9%,面积最小;不适宜区为  $71\,535\text{ hm}^2$ , 占总面积 40%,面积最大。

4.2 结果分析

与传统土地适宜性评价不同,该土地适宜性评价是在各主要评价因子精细模拟的基础上进行的,这些因子除了受经、纬度变化的影响外,受地形影响也非常明显。各因子在不同坡向、高度的明显分异,决定了评价结果随着地形的变化而变化特点。

1. 从总体而言,不适宜区主要分布在东部和南部坡度较小的区域。除此之外,由于大部分评价因子(除土壤 pH)都是从东南到西北呈由好到差分布,这决定了从东南向西北茶树适宜性逐渐降低的分布特点。最适宜区主要分布在东部和南部自然条件较好的区域,适宜区主要分布在中部地区,西部地区海拔较高,主要为一般适宜区。

2. 另外一个明显的特点是,各等适宜区呈犬牙交错状,除了不适宜区外,不存在某一适宜等级区连片分布的情况。由于地形复杂,导致一月平均风速、温度等主要因子在不同坡向产生了很大的变化,尤其是冬季风速,北坡最大,南坡最小,东西坡居中。

3. 随着海拔的增加,茶树适宜级在降低,这符合茶树生长的特点。南湖东部和河山、东港西部交界处,后村南部和巨峰、高兴北部交界处,巨峰、涛雒南部和碑廓、虎山北部交界处,以及虎山北部等地区,海拔相对都比较高(图 2),随着海拔的增加,风速、坡度、不断增加,而温度不断降低,这造成了随海拔增加而茶树适宜性不断降低的垂着分布特点。

5 讨论

1. 本适宜性评价为北方地区首次茶树种植适宜性评价,还有待于进一步完善。尽管 50 多年来日照市在北方地区茶树推广种植方面做了大量工作,

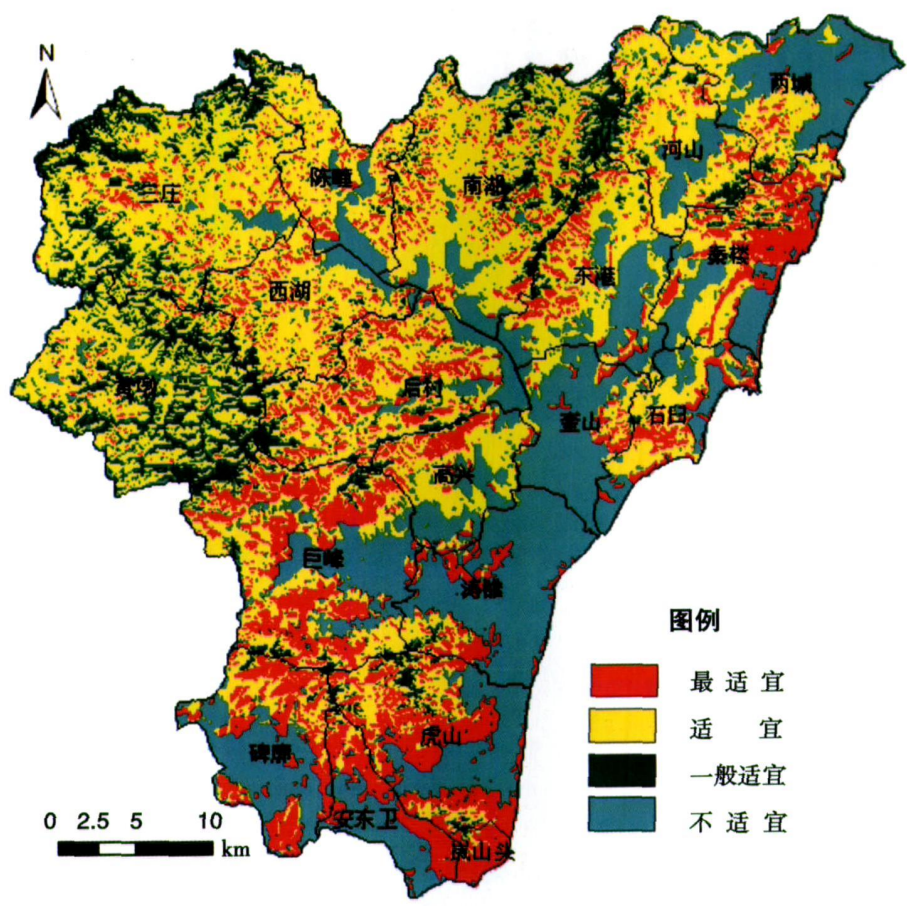


图 1 研究区茶树土地适宜性评价结果

Fig 1 Resultmap of land suitability evaluation of tea plant in study area

积累了不少的经验资料,但是由于种植面积、规模、发展时间有限,北方茶树生态适宜性与南方相比到底还存在哪些区别,比如,茶树品种在不断改善,耐寒、耐旱性不断提高,土壤适宜性也有所变化,诸如气温、土壤等因素的适宜范围还需要专门研究。因此,评价因子的选取和分级问题还有待进一步研究。

2. 各个因子的模拟是基于 DEM 数据完成的,所以模拟结果较为精准。冬季平均风速的模拟,考虑了不同坡度、坡向、坡位的影响;辐射模拟考虑了太阳光照在不同坡向上不同的分布;温度模拟不仅考虑了高度,而且利用天文辐射结果作了进一步的订正,这突破了以往气候因子只能描述其在水平方向变化的局限,能够直观地反映出各因子随地理位置和随海拔的立体变化特征。但是,影响风速、辐射、温度的因素及其复杂,而且,有关模拟技术还有待发展。所以这方面的问题还有待进一步研究。

3. 评价是在 GIS 空间分析技术支持下,结合模糊数学评价模型进行的,这提高了区划的精确度。

空间分析是 GIS 的“灵魂”所在,它可以将各个不同的因素通过空间叠加得到一个综合分析结果;模糊数学模型可以将自然要素随空间变化的过渡性很好的体现出来,很好的保留各评价因子的原始状态,二者结合使得评价结果更准确、更符合实际;同时,评价运用的方法技术可为其他农作物种植适宜性评价研究提供可借鉴的经验和方法。

参考文献 ( references)

[ 1 ] Institute of Tea the Chinese Academy of Agricultural sciences Chinese Tea Culture[M ]. Shanghai: Shanghai Science Press 1986 [中国农业科学院茶叶研究所. 中国茶叶栽培学 [ M ]. 上海: 上海科学出版社, 1986. ]

[ 2 ] ZhiShiqun QianGuangning Luo Jinling A study of wind velocity varying with altitude on the Coastal Areas of Guangdong Province [ J]. Tropical Geography, 2001, 21(6): 131~ 134 植石群, 钱光明, 罗金铃. 广东省沿海风随高度变化研究 [ J ]. 热带地理, 2001, 21(2): 131~ 134

[ 3 ] Fu Baopu. Climatology of Mountain Area, Beijing: Science Press of

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

- China 1983. [傅抱璞. 山地气候 [M]. 北京: 科学出版社, 1983.]
- [4] Yang X in Simulation on Solar Radiation and Temperature and Its Application in Agriculture Based on Digital Elevation Model [D]. Xian Dissertation for masters degree in Northwest University 2004. 杨昕. 基于数字高程模型的地面光热资源模拟及农业应用 [D]. 西安: 西北大学硕士论文, 2004
- [5] Lu Qiyao Calculation method of yearly and monthly mean temperature in mountain area [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1988 45(3): 213~222 卢其尧. 山区年月平均气温推算方法的研究 [J]. 地理学报, 1988 45(3): 213~222
- [6] Wong Duming Analysis of microclimate in valley and mountain ridge and slope area in Dazhai county [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, (1078): 68~80 [翁笃鸣. 大寨大队沟、梁、坡地的小气候分析 [J]. 南京气象学院学报, (1078): 68~80]
- [7] Cheng Lu Spatial Distribution of Solar Radiation and Temperature over Mountainous Area of Qinling [D]. Nanjing Dissertation for Masters degree in Nanjing Institute of Meteorology, 2003 [程路. 秦岭山地辐射和气温空间分布研究 [D]. 南京: 南京气象学院硕士论文, 2003]

## Land Suitability Evaluation of Tea Plant in Rizhao Southeast Shandong Province Based on GIS

SHI Tongguang<sup>1</sup>, ZHENG Zhaopei<sup>2</sup>, WANG Zhiyong<sup>2</sup>, WANG Linlin<sup>2</sup>

(1. Remote Sensing and GIS Research Center of Shandong Architecture University, Jinan 250101, China;

2. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

**Abstract** Based on the analyzing of the relationship between tea plant growing and natural condition, the paper chose land suitability evaluation indexes of tea plant in Rizhao city Shandong province. On the background of map at scale 1: 50 000. The average January wind speed and temperature factors were spatially interpolated using GIS and DEM, and the temperature factors were corrected accurately with the extraterrestrial solar radiation which was simulation on DEM. The evaluation factors system was built with the average January wind speed, temperature factors, relative humidity, slope, soil texture and soil pH. At last, the comprehension evaluation was achieved by the way of combining the fuzzy model and GIS, the evaluation result was divided into four grades and was analyzed for every one.

**Key words** land suitability evaluation, tea plant, GIS, DEM (digital elevation models); southeast Shandong Province