

基于 GIS 的浙江杨梅种植区划

金志凤¹, 邓睿², 黄敬峰²

(1. 浙江省气候中心, 杭州 310017; 2. 浙江大学资源与环境学院, 杭州 310029)

摘要: 杨梅(*Myrica rubra* Sieb et Zucc.)是浙江著名的特色水果之一, 浙江的气候比较适宜杨梅种植, 但由于区域布局不合理制约了杨梅的发展。根据杨梅的生物学特性, 筛选出了杨梅种植的气候区划指标, 并建立了各区划指标与经度、纬度和海拔高度的空间分析模型。借助浙江省 1:25 万地形数据、数字高程模型(DEM)和数字化土壤图, 综合考虑气候因子、坡度、坡向、海拔高度、土壤类型和土壤质地等要素, 采用加权指数求和法, 对 11 个区划指标进行量化分级, 建立杨梅栽培区划指标判断矩阵。将 11 个区划指标适宜性等级图按照权重进行叠加分析, 得到综合指数分布图。同时参照浙江省土地利用现状, 将不适宜杨梅种植的地块屏蔽, 分析综合指数分布规律, 将浙江省杨梅种植综合气候区划划分为最适宜区、适宜区和不适宜区 3 个等级。最适宜种植区占评价区域面积的 25.15%, 主要集中在宁波、台州、温州、丽水、金华、杭州和绍兴地区的低丘陵地带; 适宜区占参评土地面积的 46.37%, 主要分布在丽水、温州、金华、杭州和衢州等海拔高度为 500~700 m 的半高山区; 不适宜区占评价区域面积的 28.48%, 主要在丽水市和杭州市的海拔在 700 m 以上的高山地区。本研究以期能为浙江特色作物的规划和杨梅产业的持续发展提供科学依据。

关键词: GIS; 加权指数; 气候适宜性; 综合区划; 杨梅; 浙江

中图分类号: S667.6, F207

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-8-0214-05

金志凤, 邓睿, 黄敬峰. 基于 GIS 的浙江杨梅种植区划[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 214-218.

Jin Zhifeng, Deng Rui, Huang Jingfeng. Regional planning for planting *Myrica rubra* based on GIS in Zhejiang Province[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 214-218. (in Chinese with English abstract)

0 引言

杨梅(*Myrica rubra* Sieb et Zucc.)原产于中国东南沿海地区和云贵高原的常绿果树, 栽培历史悠久。世界杨梅主要生产地在中国, 中国杨梅主要分布在浙、闽两省, 苏、粤、湘、皖、云等省也有少量种植^[1]。浙江属于亚热带季风气候区, 气候条件比较适宜杨梅的种植, 因此浙江杨梅面积、产量、品质和品种均居中国之首。近年来, 杨梅以其较高的经济效益和良好的生态效应, 栽培面积在浙江省逐年增加。但由于浙江地貌复杂, 气候多变, 杨梅区域布局的不合理, 造成杨梅产量波动较大。如, 2000年浙江省杨梅的种植面积比上年增加了14.5%, 但产量却下降了16%, 就是受1999年12月的严重霜冻引起的。因此, 如何充分利用气候资源优势, 合理科学地布局, 发展杨梅生产, 已引起业内人士高度关注。

缪松林、康志雄、陈志银、陈守智、何新华等^[2-6]已对中国和浙江、云南、广西杨梅种植布局进行了研究, 但他们采用的多是以点代面的方法, 误差较大, 不能准确反映地形的影响。GIS作为一种新的IT技术, 具有强大的空间分析能力, 广泛应用于资源管理和城市规划等领域的研究。近年来, 各国学者也把GIS应用于作物种植区划。Pollak L.M.和Rad R.B.等人^[7,8]利用GIS分别进行了玉米种植区划和农业气候分类研究。魏丽、李迎春、

金志凤、邱炳文和苏永秀^[9-14]等分别应用GIS开展了江西优质早稻、井冈山毛竹、常山胡柚、浙江茶树、漳州香蕉和广西龙眼种植区划研究, 周治国等^[15]建立了基于GIS的作物生产管理信息系统并用于作物区划。2004年, 金志凤等利用GIS开展了杨梅栽培气候区划^[16], 但在区划时仅考虑了海拔高度对气候要素的影响。本文在前期研究的基础上, 利用浙江72个观测站点的气候资料和1:25万分之一地形图数据, 建立了气候区划指标与经度、纬度和海拔高度多因子的空间分析模型, 采用GIS技术和加权指数分析方法, 在进行气候区划的基础上, 进一步引入了坡度、坡向、土壤类型和土壤质地等环境要素进行分析, 得到综合指数分布图。同时参照浙江省土地利用现状, 将不适宜杨梅种植的地块屏蔽, 依据综合指数分布规律, 进行浙江省杨梅种植综合气候区划。区划结果更加贴近实际, 为浙江杨梅的区域规划和杨梅产业的持续发展提供科学依据。

1 资料来源

研究的气象资料为浙江省72个气象观测站的气候数据, 包括经度、纬度、海拔高度等地理属性数据, 资料年限为建站以来至2005年, 其中41个站建于20世纪50年代, 7个站建于20世纪60年代, 24个站建于70年代。

地理信息数据采用国家基础地理信息中心提供的1:25万浙江省基础地理数据, 应用GIS技术提取出县级以上行政边界、主要河流、数字高程模型(DEM)以及经度、纬度、海拔高度、坡度、坡向等栅格数据。1:5万数字化土壤图来源于浙江省第二次土壤普查成果, 1:25万土地利用现状图来源于浙江省国土资源厅。

收稿日期: 2007-01-10 修订日期: 2008-06-03

基金项目: 浙江省科技厅科技计划(2005C33050)

作者简介: 金志凤(1966—), 女, 江苏海安人, 副研究员, 主要从事农业气象方面的研究。杭州 浙江省气候中心, 310017。

Email: jzfeng0423@163.com

2 杨梅生长与气象条件的关系

杨梅属于亚热带常绿果树，喜温暖气候，好湿耐荫。杨梅生长要求年平均温度 $\geq 14^{\circ}\text{C}$ 、年内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温在 $4500^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 以上和年降水量达 1000 mm 以上^[4]。在冬季，极端最低温度 $> -9^{\circ}\text{C}$ 时，杨梅可安全越冬。当极端最低温度 $\leq -9^{\circ}\text{C}$ 和日平均温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 连续3天以上时杨梅就会严重受冻，产量大幅度下降^[4]。5~6月份是杨梅果实发育和成熟关键期，忌高温。此时若平均温度超过 22°C ，则会导致果实含酸量增加。成熟期一般要求降水量达 160 mm 左右。如果降水量过多，易造成烂果或异常落果；当降水 $\leq 100\text{ mm}$ ，空气过于干燥，果实品质和外形明显受到影响^[3,4]。6月份平均相对湿度与平均温度之比值与杨梅果实的可溶性固形物和糖酸比之间存在密切关系。因此，温度和降水是决定杨梅地理分布的主要因子，也是影响产量的重要因素。

杨梅生长对地形、地貌和土壤也有一定的要求。杨梅最适宜种植在海拔 $100\sim 500\text{ m}$ 、 $5\sim 30^{\circ}$ 的山坡地，适宜土质松软，排水良好，含有石砾，pH值为 $4.5\sim 6.0$ 的红黄壤土^[1]。杨梅能与菌根共生，比较瘠薄的山坡地即可生长，平坦肥沃地栽种反而使树体徒长、落花落果多，产量也降低。阴坡杨梅柔软多汁，风味佳，向阳地果实硬汁少。

3 杨梅栽培气候区划

3.1 确定气候区划指标，建立空间分析模型

杨梅是多年生果树，因此，确定杨梅种植的气候区划指标，需要考虑的要素有：①热量条件，年平均气温($T_{\text{年}}$)和年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温($\Sigma T_{\geq 10}$)；②越冬期气候条件，年极端最低气温 $\leq -9^{\circ}\text{C}$ 出现的频率($F_{T_{\min}\leq -9}$)；③果实成熟期关键气候因子，即5~6月的平均气温(T_{5-6})、6月平均相对湿度与平均气温的比值(U_6/T_6)和6月降水量 $\leq 100\text{ mm}$ 出现的频率($F_{R6\leq 100}$)。本文将以上6个要素作为划分各类适宜区的气候指标因子。

根据浙江省72个站点气候资料，整理出从建站至2005年（一般约40年，最短35年，最长55年）的区划指标因子值，运用数理统计方法^[17]建立了气候区划指标与纬度、经度和海拔高度的空间分析模型（表1）。模型均通过了信度为0.01的显著性检验。

表 1 气候区划指标空间分析模型

Table 1 Spatial analysis model of climate division indexes

区划指标空间分析模型	相关系数	F 值
$T_{\text{年}} = -0.759\varphi - 0.221\lambda - 0.00518h + 66.08$	0.9685	342.924**
$\Sigma T_{\geq 10} = -308.61\varphi - 94.66\lambda - 1.786h + 26214.247$	0.9675	331.500**
$F_{(T_{\min}\leq -9)} = 6.01\varphi - 1.823\lambda + 0.0642h + 44.453$	0.9061	103.963**
$T_{5-6} = -0.386\varphi - 0.869\lambda - 0.00551h + 138.816$	0.9460	193.412**
$U_6/T_6 = 0.01997\varphi + 0.239\lambda + 0.001283h - 25.951$	0.9028	99.922**
$F_{(R6\leq 100)} = 4.664\varphi + 4.986\lambda - 0.005h - 724.169$	0.8776	75.927**

备注： φ —纬度，($^{\circ}$)； λ —经度，($^{\circ}$)； h —海拔高度， m 。

3.2 评价方法

本研究评价模型采用的是基于 GIS 的加权指数求和法。即根据不同区划指标影响强度的差异，给定与该区

划指标强度相对应的权重，将区划指标的权重和评价值的乘积之和作为量化指标进行分级。

其评价模型为：

$$Y_i = \sum_{j=1}^m P_j X_{ij}$$

($i=1, 2, 3\cdots n$ 评价单元； $j=1, 2, 3\cdots m$ 区划指标)

(1)

式中 Y_i ——评价目标的得分； P_j ——第 j 个区划指标的权重； X_{ij} ——评价单元 i 在区划指标 j 上的评价值； n ——单元数； m ——区划指标数。

3.2.1 气候区划指标的等级确定

为了便于分析和最后评价结果的量化表达，将各种区划指标进行量化分级处理。一级表示最适宜，二级表示适宜，而三级表示不适宜（表 2）。

表 2 气候区划指标量化表

Table 2 Climate division indexes

等级/分值	$T_{\text{年}}$ $/^{\circ}\text{C}$	$\Sigma T_{\geq 10}$ $/^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$	$F_{T_{\min}\leq -9}$ $\%$	T_{5-6} $/^{\circ}\text{C}$	U_6/T_6	$F_{R6\leq 100}$ $\%$
一级/3 分	15~20	≥ 4500	< 10	< 22	≥ 3.5	< 10
二级/2 分	12~15	≥ 4500	10~20	22~23	3.4~3.5	10~20
三级/1 分	< 12 或 ≥ 20	< 4500	≥ 20	≥ 23	< 3.4	≥ 20

将经度、纬度和海拔高度等图层叠加后生成的叠加分析结果图的图斑作为评价单元，能最大限度地保证同一评价单元内土地基本属性的一致性，同时避免评价单元选取过细造成的数据运算量过大，所以此次分析采用 $100\text{ m}\times 100\text{ m}$ 的栅格大小。再根据建立的空间分析模型，基于浙江省的经度、纬度和海拔高度栅格图，在ArcMap的空间分析模块中，通过“raster calculator”命令，生成单个气候区划指标的栅格图，并根据区划指标等级，参照其等级分值属性，按等级在栅格图中表示出来，即形成各个单因子的气候区划分级图（图略）。

3.2.2 确定气候区划指标权重

由于各个气候区划指标对杨梅种植的影响是相互补充又相互制约的，为了综合考虑多因子的影响，引入了层次分析法。

1) 建立层次结构模型

首先是确定气候区划指标的层次结构模型。按其对应适宜性的影响程度不同，分成两个层次：第一层为目标层即杨梅种植气候区划层；第二层为因子层即 6 个气候区划指标层。

2) 构造判断矩阵

将同一层中各因素相对于上一层而言进行两两比较，对每一层中各因素相对重要性给出一定的判断，采用 1~9 比率标度进行定量化，并进行两两因素之间的比较，就形成了判断矩阵^[18]。该判断矩阵必须满足以下三个特征：

① $R_{ii}=1$ ；

② $R_{ij}=1/R_{ji}(i, j=1, 2, 3\cdots n)$ ；

③ $R_{ij}\geq 0(i, j=1, 2, 3\cdots n)$ 。

i, j 表示在判断矩阵中的因子所处的行列数。只有满

足上述三个特征的判断才具有完全一致性。

3) CR 检验

为了判别权重是否合理，需要对判断矩阵进行一致性检验，检验公式为：

$$CR = CI/RI \tag{2}$$

$$CI = \frac{1}{n-1}(\lambda_{\max} - n) \tag{3}$$

公式 (2) 中 CR 为判断矩阵的一次性比率， CI 为判断矩阵的一致性指标，由公式 (3) 给出。其中， λ_{\max} 为矩阵的最大特征根。 RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标，对 1~9 阶判断矩阵， RI 值分别为 0, 0, 0.58, 0.90, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45。

当 $CR<0.1$ 时，即认为判断矩阵具有满意的一致性，说明权数的分配是合理，否则就需要对判断矩阵进行调整。浙江杨梅种植气候区划判断矩阵见表 3。 $CR=0.00076<0.1$ ，表明权数的分配是合理的。

表 3 气候区划判断矩阵

Table 3 Judgment matrix of climate division indexes

区划指标	$T_{\text{年}}$	$\Sigma T_{\geq 10}$	$F_{T_{\min} \leq -9}$	T_{5-6}	U_6/T_6	$F_{R_6 \leq 100}$	W (权重)
$T_{\text{年}}$	1	1/4	1/3	1	1/2	1/2	0.08
$\Sigma T_{\geq 10}$	4	1	1	3	2	2	0.29
$F_{T_{\min} \leq -9}$	3	1	1	2	2	2	0.25
T_{5-6}	1	1/3	1/3	1	1	1	0.10
U_6/T_6	2	1/2	1/2	1	1	2/3	0.13
$F_{R_6 \leq 100}$	2	1/2	1/2	1	3/2	1	0.15

3.2.3 气候区划结果

在 ArcMap 空间分析模块的“raster calculator”命令支持下，将 6 个气候区划指标适宜性等级图按照权重进行叠加分析，得到综合指数分布图。分析综合指数分布规律，通过多次试验用“reclassify”命令划分等级指数，将浙江杨梅种植气候适宜性划分为 3 个等级，见图 1。

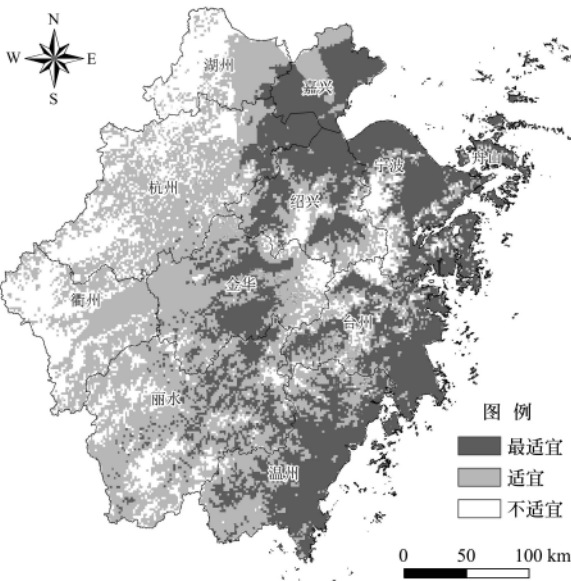


图 1 浙江省杨梅种植气候区划图

Fig.1 Climatic division map of *Myrica rubra* planting in Zhejiang

4 杨梅种植综合区划

杨梅的生长发育和产量形成不仅受气候条件的影响，同时还受地形、土壤等条件的制约。因此，在进行浙江杨梅种植综合区划时，应考虑气候和地形、土壤等因子的综合影响。

在杨梅种植综合区划中，目标层为杨梅种植区划 (A)，准则层选取了气候 (B1)、地形 (B2) 和土壤 (B3)。方案层除了选用了 $T_{\text{年}}$ ， $\Sigma T_{\geq 10}^{\circ}\text{C}$ ， $F_{T_{\min} \leq -9}$ ， T_{5-6} ， U_6/T_6 和 $F_{R_6 \leq 100}$ 等 6 个气候区划指标，还选取了海拔高度、坡度、坡向、土壤类型和土壤质地等 5 个区划指标，依次将它们定为 C1~C11。

采用“加权指数求和法”，在 ArcMap 空间分析模块坡度和坡向栅格图用 GIS 空间分析模块的“surface analysis”中“slope”和“aspect”命令分别从数字高程模型 (DEM) 中提取。土壤类型和土壤质地分别从数字化土壤图中提取。

根据研究^[2-4,16,19]结果，确定综合区划指标等级量化 (表 4)。

表 4 杨梅综合区划指标等级量表

Table 4 Grade numerical table of *Myrica rubra* composite division indexes

区划指标	下一级区划指标	等级及分值		
		最适宜(3)	适宜 (2)	不适宜 (1)
气候 (B1)	$T_{\text{年}}/^{\circ}\text{C}$ (C1)	15~20	12~15	<12或≥20
	$\Sigma T_{\geq 10}/\%$ (C2)	≥4500	≥4500	<4500
	$f(T_{\min} \leq -9)/\%$ (C3)	<10	10~20	≥20
	$T_{5-6}/^{\circ}\text{C}$ (C4)	<22	22-23	≥23
	U_6/T_6 (C5)	≥3.5	3.4-3.5	<3.4
	$f(R_6 \leq 100)(\%)$ (C6)	<10	10-20	≥20
地形 (B2)	海拔高度/m (C7)	100~500	500~700	<100、≥700
	坡度/(°) (C8)	5~20	20~30	<5, ≥30
	坡向(C9)	北坡、东北坡	其他坡向	—
土壤 (B3)	土壤类型(C10)	红壤、黄壤	潮土、水稻土、滨海盐土、紫色土	石灰土
	土壤质地(C11)	砾质、砂质壤土	壤土、壤质砂土	粘土、壤质粘土

建立杨梅种植区划指标判断矩阵，构造层次单排序和层次总排序，并进行一致性检验 (表略)。各区划指标的权重值为 $C1=0.0264$ ， $C2=0.0957$ ， $C3=0.0825$ ， $C4=0.033$ ， $C5=0.0429$ ， $C6=0.0495$ ， $C7=0.2544$ ， $C8=0.1488$ ， $C9=0.0768$ ， $C10=0.1273$ ， $C11=0.0627$ 。 $CR=0.0056<0.1$ ，通过了一致性满意检验。支持下，将 11 个区划指标适宜性等级图按照权重进行叠加分析，得到综合指数分布图。同时参照浙江省土地利用现状，将不适宜杨梅种植的地块屏蔽，参与评价的土地共 64636.84 hm^2 (占全省面积的 63.49%)。再分析综合指数分布规律，将浙江省杨梅种植综合区划划分为最适宜区、适宜区和不适宜区 3 个等级。

表 5 浙江宜/不宜杨梅种植区域面积

Table 5 Area of cultivation suitability for *Myrica rubra*

适宜性	面积/km ²	比例/%
最适宜	16259.11	25.15
适宜	29969.51	46.37
不适宜	18408.22	28.48

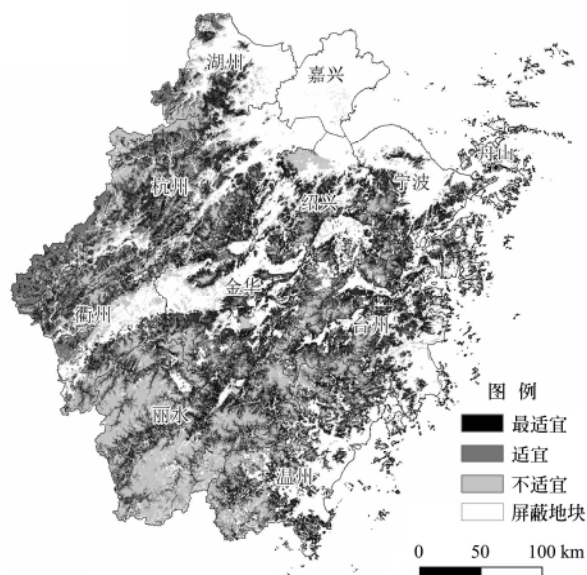


图 2 浙江省杨梅种植综合区划图

Fig.2 Composite division map of *Myrica rubra* planting in Zhejiang

由表 5 和图 2 可知,浙江省最适宜杨梅种植面积有 16259.11 km², 约占评价区域面积的 25.15%, 主要集中在宁波、台州、温州、丽水、金华、杭州和绍兴地区的低丘陵地带。这些地区主要是海拔 100~500 m 的缓坡, 雨量充沛, 热量充足, 冬季极端最低温度 $\leq -9^{\circ}\text{C}$ 的频率和 6 月降水量 $\leq 100\text{ mm}$ 的频率都小于 10%, 土壤为含砾石的砂质红壤和黄壤, 正常年景下杨梅生产能获得优质高产。适宜栽培面积有 29969.51 km², 占参评土地面积的 46.37%, 主要分布在丽水、温州、金华、杭州和衢州等海拔高度为 500~700 m 的半高山区, 主要适合栽种晚熟杨梅, 土壤主要是水稻土, 冬季 $\leq -9^{\circ}\text{C}$ 的频率和 6 月降水量 $\leq 100\text{ mm}$ 的频率都在 15%左右, 杨梅产量不稳定, 这些地区可作为浙江杨梅的生态效益而发展。不适宜栽培区有 18408.22 km², 占评价区域面积的 28.48%, 主要在丽水市和杭州市的海拔在 700 m 以上的高山地区, 冬季 $\leq -9^{\circ}\text{C}$ 的频率大于 20%, 杨梅易遭受冻害, 且土壤多为石灰性土并过于粘重, 这些地区不宜盲目发展杨梅生产。

5 结论和讨论

5.1 结论

根据杨梅的生物学特性, 筛选出了杨梅种植的气候区划指标, 并建立了各区划指标的空间分析模型。应用加权指数求和法, 开展了基于 GIS 技术的浙江省杨梅栽培气候—地形—土壤—土地利用现状的综合区划研究。依

据综合指数分布规律, 将浙江省杨梅种植综合气候区划划分为最适宜区、适宜区和不适宜区 3 个等级。最适宜种植区主要集中在宁波、台州、温州、丽水、金华、杭州和绍兴的低丘陵地带; 适宜区主要分布在丽水、温州、金华、杭州和衢州等海拔高度为 500~700 m 的半高山区; 而不适宜区主要在丽水和杭州的海拔在 700 m 以上的高山地区。

5.2 讨论

从 20 世纪 90 年代初期开始, 就有人从事杨梅栽培区划研究, 但他们开展的都是基于气候指标的区划, 应用的气候资料也是以点代面。在本区划中引入了 GIS 等高新技术和信息技术。在应用统计学方法建立了各气候区划指标与海拔高度、经度和纬度的空间分析模型的基础上, 应用 GIS 技术对各区划指标和区划结果进行了细网格化推算, 区间分辨率达 100 m \times 100 m。

本区划中, 在充分考虑气候区划指标的条件下, 还兼顾了地形和土壤属性等因子的影响, 引入了气候—地形—土壤综合评价模型。同时参照浙江省土地利用现状, 将不适宜杨梅栽培的地块屏蔽。区划结果从分布趋势上来看, 更加贴近实际, 可操作性强。

区划指标的选择大多是参考前人的研究成果, 从综合区划结果来看, 还有局部地区区划等级与实际略有差异。因此, 区划指标还需要在实际应用中不断修正与完善, 使农业气候区划结果更加合理、实用。

[参 考 文 献]

- [1] 缪松林, 王定祥. 杨梅[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1987.
- [2] 缪松林, 黄寿波, 梁森苗, 等. 中国杨梅生态区划研究[J]. 浙江农业大学学报, 1995, 21(4): 366—372.
- [3] 康志雄, 骆文坚, 吕爱华, 等. 杨梅栽培气候区划与应用研究[J]. 果树学报, 2002, 19(2): 118—122.
- [4] 陈志银, 李三玉, 叶明儿, 等. 浙江省杨梅气候生态区划的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1993, 19(2): 139—144.
- [5] 陈守智, 李正丽, 徐丽梅, 等. 云南省杨梅生态区划的研究[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(3): 307—310.
- [6] 何新华, 潘介春, 潘 鸿, 等. 广西杨梅经济栽培区划研究[J]. 中国果业信息, 2006, 23(10): 12—13.
- [7] Pollak L M, Corbett J D. Using GIS datasets to classify in Mexico and Central-America[J]. Agronomy Journal, 1993, 85(6): 1133—1139.
- [8] Rad R B, Rahimi M. Agroclimatological classification by using GIS: a case study of northwestern Iran[J]. Geophysical Research Abstracts, 2003, (5): 8.
- [9] 魏 丽, 殷剑敏, 王怀清. GIS 支持下的江西省优质早稻种植气候区划[J]. 中国农业气象, 2002, 23(2): 27—31.
- [10] 李迎春, 张建萍. GIS 支持下的井冈山山区毛竹种植气候区划[J]. 中国农业生态学报, 2002, 10(4): 94—96.
- [11] 金志凤, 尚华勤. GIS 技术在常山县胡柚种植气候区划中的应用[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 153—155.
- [12] 金志凤, 封秀燕. 基于 GIS 的浙江省茶树栽培气候区划[J]. 茶叶, 2006, 32(1): 7—10.
- [13] Qiu Bingwen, Chi Tianhe, Wang Qinmin. Fruit tree suit-ability assessment using GIS and multi-criteria

- evaluation[J]. Transactions of the CSAE(农业工程学报), 2005, 21(6): 96—100.
- [14] 苏永秀, 丁美花, 李 政, 等. GIS在广西龙眼种植优化布局中的应用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 145—149.
- [15] 周治国, 曹卫星, 朱 艳, 等. 基于 GIS 的作物生产管理信息系统[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 114—118.
- [16] 金志凤, 姚益平, 樊高峰. 基于GIS的浙江省杨梅栽培气候生态区划[J]. 浙江气象, 2004, 25(3): 21—23.
- [17] 魏淑秋. 农业气象统计[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1985: 50—51.
- [18] 李元左, 邱涤珊. 基于广义判断形式的模糊排序方法[J]. 模糊系统与数学. 1997, 11(4): 65—71.
- [19] 顾 浩, 景元书, 金志凤. 浙江象山杨梅产量分析[J]. 江西农业学报, 2007, 19(9): 38—40.

Regional planning for planting *Myrica rubra* based on GIS in Zhejiang Province

Jin Zhifeng¹, Deng Rui², Huang jingfeng²

(1. Climate Center in Zhejiang Province, Hangzhou 310017, China;

2. Resource and Environment College, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: *Myrica rubra* is one of the famous and characteristic fruit in Zhejiang Province, where the climate is very befitting to its planting, but the irrational distribution restricted its development. Therefore, this study screened out climate division indexes for planting by biological characteristic and established spatial analysis model for the division indexes relating to longitude, latitude and height above sea level. This study, using the sum method of weighting exponent, graded quantitatively for the eleven division indexes by dint of landform data of Zhejiang with a scale of proportion is 1 : 250000, DEM and Digital soil map, considering integratedly various factors including climate factor, gradient, slop direction, height above sea level, soil type and soil quality, established the judgment matrix of the division index for *Myrica rubra* planting. The distributed chart of the synthesis indexes was obtained through making superposition analysis of the adaptability grade chart for the weighted means of the eleven division indexes. This study shielded the plots that disagree with plant *Myrica rubra* according to ground using actual data of Zhejiang, analyzed the distribution law of the synthesis index, plotted Zhejiang Province to three grades including optimum area, suitable area and inaptitude area. The highly suitable areas were accounted for 25.15% of the evaluated areas, mainly distributing in the foothill of Ningbo, Taizhou, Wenzhou, Lishui, Jinhua, Hangzhou and Shaoxing. The suitable areas were occupied 46.37%, and distributed chiefly in low mountains with a elevation between 500~700 m in Lishui, Wenzhou, Jinhua, Hangzhou and Quzhou. While the unsuitable areas accounted for 28.48%, distributing in high mountains above 700m in Lishui and Hangzhou. This study offered scientific opinion for programming of characteristic crop and development of *Myrica rubra* industry in Zhejiang.

Key words: GIS; weighting exponent; climate suitability; composite division; *Myrica rubra*; Zhejiang