

基于 GIS 的浙江山核桃栽植综合区划

金志凤¹, 赵宏波², 李 波³, 李仁忠¹, 黄敬峰³

(1. 浙江省气候中心, 浙江 杭州 310017; 2. 浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江 临安 311300;
3. 浙江大学 资源与环境学院, 浙江 杭州 310029)

摘要: 山核桃 *Carya cathayensis* 是浙江特有的经济林种之一, 浙江的土壤、气候等环境条件比较适宜山核桃的生长, 但由于区域布局的不合理制约了浙江山核桃的发展。根据山核桃产量与气象条件的关系和山核桃的生物学特性, 提出了山核桃栽培的气候区划指标为年平均气温、年降水量、年日照时数和花期晴天数。综合考虑 4 个气候因子以及坡度、坡向、海拔高度、土壤类型和土壤质地等环境要素, 应用层次分析法确定 9 个影响因子权重, 基于应用统计学方法和地理信息系统, 建立山核桃栽培区划的综合评估模型。结合浙江省土壤地理条件和土地利用现状, 屏蔽不适宜山核桃种植的地块, 将浙江省山核桃栽培综合区划划分为最适宜区、适宜区和不适宜区等 3 个等级。结果表明: 浙江省山核桃最适宜栽培面积约占评价区域的 26.31%, 适宜区栽培面积约占 33.39%, 不适宜区栽培面积约占 40.30%。图 1 表 3 参 17

关键词: 经济林学; 山核桃; 地理信息系统; 加权指数; 综合区划; 栽培适宜性

中图分类号: S716.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2011)02-0256-06

Optimum areas for *Carya cathayensis* planting in Zhejiang Province based on GIS

JIN Zhi-feng¹, ZHAO Hong-bo², LI Bo³, LI Ren-zhong¹, HUANG Jing-feng³

(1. Climate Center in Zhejiang, Hangzhou 310017, Zhejiang, China; 2. School of Agriculture and Food Science, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. College of Resource and Environment, Zhejiang University, Hangzhou 310029, Zhejiang, China)

Abstract: *Carya cathayensis*, a special forest and fruit product, is suitable to the soil and climate of Zhejiang, but its development has been restricted due to irrational distribution. To provide a scientific basis for distribution and sustainable development of *C. cathayensis* in Zhejiang Province, geographical information system (GIS) was used to determine the best planting locations. Based on yield and weather relationships as well as biological characteristics, four climate indexes for planting: 1) average annual temperature, 2) annual rainfall, 3) annual duration of sunshine, and 4) favorable days in florescence, were established. Then, these four climatic factors along with factors of slope, aspect, altitude, soil type, and soil texture were used with an analytical hierarchy process to weight nine factors. Next, a comprehensive regional evaluation model of *C. cathayensis* was established based on applied statistics and GIS techniques. Soil geographical conditions and actual landuse in Zhejiang Province were combined and regions unsuitable for planting were shielded. Planting zones were divided into three grades: optimum, suitable, and unfavorable. Results of the evaluated area for Zhejiang Province indicated that about 26.31% was optimum, 33.39% was suitable, and 40.30% was unfavorable. [Ch, 1 fig. 3 tab. 17 ref.]

Key words: cash forestry; *Carya cathayensis*; GIS; weighting index; comprehensive regionalization; plant-

收稿日期: 2010-08-22; 修回日期: 2010-09-25

基金项目: 科学技术部农业科技成果转化资金资助项目(2008GB24160442); 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906023)

作者简介: 金志凤, 高级工程师, 从事农业气象与农业气候区划研究。E-mail: jzfeng0423@163.com

ing suitability

山核桃 *Carya cathayensis* 是古老的孑遗树种之一，为中国特有的干果和木本油料树种，是山核桃属 20 个种中经济价值最高而大量栽培的 3 个种之一^[1]。中国山核桃主要分布在以浙江昌化为中心的浙皖交界的天目山区，地处 29° ~ 31°N, 118° ~ 120°E，包括浙江临安、淳安、安吉以及安徽的宁国、歙县、绩溪等县市。2009 年，浙江省山核桃栽培面积为 4.8 万 hm²，其中投产面积 3.8 万 hm²，产量 2.07 万 t·a⁻¹，产值 8.7 亿元·a⁻¹。山核桃因其较高的经济效益和良好的生态效益，成为产区农民的主要经济来源。但是，受环境条件的影响，山核桃大多分布在浙西天目山山区，且受气候条件的影响，山核桃产量的大小年份至今仍然存在，在一定程度上制约了山核桃发展。因此，如何充分利用环境资源优势，合理科学地布局，发展山核桃生产，已引起业内人士高度关注。从 20 世纪 60 年代开始，就有学者从事山核桃相关研究。黎章矩等^[2-6]对山核桃的生物学特性、繁殖栽培技术，唐守顺等^[7]对山核桃生产气候资源的开发利用，陈国瑞等^[8]和骆咏等^[9]分别对气候条件和海拔高度对山核桃产量的影响，杨淑贞等^[10]和吴志辉等^[11]对山核桃干腐病和溃疡病的发生规律等开展了研究。张日清等^[12]通过对引种地和原产地的气候、土壤条件对比，分析了美国山核桃 *Carya illinoensis* 在中国引种的可行性；吴家富等^[13]根据山核桃生长区域和土壤特征等将宁国山核桃划分出适宜栽植区 7 处，一般区 4 处。上述区划采用的是以点代面的方法，误差较大，不能准确反映地形的影响。地理信息系统(GIS)具有强大的空间分析能力，广泛应用于各类农作物区划的研究^[14-16]。为此，笔者利用浙江省 72 个气象观测站点数据，建立了气候区划指标的空间分析模型，采用加权指数分析方法，建立了山核桃种植综合评估模型，借助 GIS 技术完成了基于气候—地形—土壤的山核桃种植综合区划，为浙江省山核桃的规划布局和持续发展提供科学依据。

1 研究对象和数据来源

1.1 山核桃生长与环境条件

山核桃较耐寒，喜荫，怕高温干旱；喜深厚肥沃、疏松、排水良好的微酸至中性的土壤。根据山核桃主产区气候资料分析，年平均气温为 15.0 ~ 17.0 °C，最热月(7 月)平均气温为 27.0 ~ 28.5 °C，最冷月(1 月)平均气温为 3.0 ~ 5.0 °C，极端最高气温为 41.0 ~ 42.0 °C(临安 1995 年 7 月 20 日，42.1 °C)，极端最低气温为 -7.0 ~ -17.4 °C(安吉 1977 年 1 月 5 日)；年降水量为 1 350 ~ 1 500 mm，山核桃生长期(4 - 8 月)降水量为 700 ~ 900 mm；年平均相对湿度为 75% ~ 81%；年日照时数为 1 730 ~ 1 860 h，4 - 8 月生长期日照时数为 830 ~ 910 h。影响山核桃的主要气象灾害是花期连阴雨和夏季高温干旱。正常年景，山核桃于 4 月下旬 - 5 月中旬开花，雌花花期一般 5 ~ 7 d，雄花 4 d。此时如遇连阴雨，坐果率显著偏低。如，1977 年，临安山核桃在整个花期的 25 d 中仅有 4 d 是晴天，坐果率极低，导致当年产量仅为上年的 19.8%。山核桃果肉生长期(7 - 8 月)正值盛夏之际，常遭受高温干旱危害，果肉生长缓慢，果仁偏小，进而影响产量和品质。

山核桃是喜钙树种，在岩石裸露的石灰土上生长结果良好，是石灰土的指示植物。此外，灰质页岩、紫砂岩、花岗岩、板岩上发育的砂壤至黏壤土也可栽植。土壤酸碱度为 pH 5.5 ~ 7.0，以 pH 6.0 ~ 7.0 最佳，土层厚度在 50 cm 以上，疏松、排水良好，含钾丰富的土壤有利于山核桃生长结果。

1.2 数据来源

气象资料为浙江省 72 个气象观测站(68 个一般站和 4 个高山站)的逐日气象要素数据，资料年限为 1971 至 2008 年，包括观测站的经度、纬度、海拔高度等地理属性数据。地理信息数据采用国家基础地理信息中心提供的 1 : 25 万浙江省地理数据，1 : 5 万数字化土壤图来源于浙江省第 2 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。

2 研究方法

2.1 山核桃气候区划指标的选择和空间分布模型的建立

选择山核桃主产地临安市 1971 - 2008 年逐年的山核桃面积、产量资料，结合同期气象要素进行相关分析(表 1)。经 *F* 检验，年平均气温、冬季(1 月)平均气温、年日照时数、年平均相对湿度和开花期

(4月下旬-5月中旬)的晴天数均通过了信度 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验; $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的积温通过的是信度 $\alpha = 0.1$ 的检验。

山核桃是多年生落叶树种。在分析气象要素对山核桃产量影响的基础上,结合山核桃生物学特性和前人研究成果,主要考虑对山核桃树体生长以及对开花、果实的品质和产量影响较大的气候生态因子,确定①热量条件,即年平均气温($T_{\text{年}}$);②水分条件,即年降水量($R_{\text{年}}$);③光照条件,年日照时数($S_{\text{年}}$);④关键期气候因子,即山核桃开花期的晴天数($t_{\text{晴}}$)4个要素为山核桃种植的气候区划指标。

气候区划指标的空间插值采用的是混合插值法(即多元回归法+逆距离权重法)^[17],计算公式: $F = f(\varphi, \lambda, h) + \varepsilon$ 。其中: φ 为纬度, λ 为经度, h 为海拔高度, ε 为残差项。

利用浙江省72个气象站的数据统计4个气候区划的指标,结合观测站点地理属性数据,应用统计学方法,建立4个气候区划指标的空间分布模型(表2)。经 F 检验,均通过了信度为0.01的显著性检验。

表2 山核桃气候区划指标的多元回归模型

Table 2 Multivariable regression model of *Carya cathayensis* climatic regionalization index

类型	多元回归模型	相关系数	F值
热量条件	$T_{\text{年}} = 56.831 - 0.650\varphi - 0.170\lambda - 0.0031h - 0.00000178h^2$	0.97***	284.80
水分条件	$R_{\text{年}} = 12632.353 - 111.964\varphi - 65.774\lambda + 0.228h$	0.77***	33.09
光照条件	$S_{\text{年}} = -4723.340 + 46.770\varphi + 42.827\lambda + 0.0357h$	0.66***	17.86
关键期因子	$t_{\text{晴}} = -60.451 + 1.396\varphi + 0.253\lambda - 0.000947h$	0.92***	127.43

说明:***通过信度 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。

2.2 建立综合区划评估模型

2.2.1 区划评价模型的构建 采用加权指数求和法,即根据不同区划指标影响的强度不同,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乘积之和作为量化指标进行分级。评价模型为:

$$Y_i = \sum_{j=1}^m P_j X_{ij} (i=1, 2, 3, \dots, n \text{ 评价单元}; j=1, 2, 3, \dots, m \text{ 区划指标})。其中: Y_i \text{ 为评价目标的得分}; P_j$$

为第 j 个区划指标的权重; X_{ij} 为评价单元 i 在区划指标 j 上的评价值; n 为单元数; m 为区划指标数。

2.2.2 区划指标的分级标准 考虑到植株的生长不仅与气候条件,尤其是与土壤(类型和质地)和地形(坡度、坡向和海拔高度)有着密切的关系,因此,选定山核桃的综合区划指标为4个气候指标、2个土壤指标和3个地形指标。即根据每个因子的影响程度,对各区划指标进行量化处理,分别赋值1~3(表3)。借助GIS技术,按照最适宜、适宜和不适宜3个标准,完成9个综合区划指标的单个分级图(图略)。

2.2.3 区划指标权重的确定 应用层次分析法确定区划指标权重。①建立层次结构模型。根据各区划指标对作物种植适宜性的影响程度不同,分成3个层次:第1层为目标层,即山核桃种植综合区划层;第2层为因子层,即一级区划指标层(气候、地形和土壤);第3层为子因子层,即二级区划指标层(4个气候指标、3个地形指标和2个土壤指标)。②构造判断矩阵。将同一层中各要素相对于上一层而言进行两两比较,对每一层中各要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,并进行两两要素之间的比较,就形成了判断矩阵。该矩阵必须满足以下3个特征: $R_{ii} = 1$; $R_{ij} = 1/R_{ji} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$; $R_{ij} > 0 (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 。只有满足上述3个特征的判断矩阵才具有完全一致性。③矩阵随机一致性比率的检验(CR检验)。对判断矩阵所求的权重是否合理,需要对判断矩阵进行一致性检验,检验公式为: $R_C = C_I/R_I$ 。其中: R_C 为判断矩阵的一次性比率, C_I 为一一致性指标。计算公式:

表1 临安市山核桃产量与气象因子的相关性

Table 1 Correlativity of *Carya cathayensis* yield and weather factors in Lin'an

气象因子	相关系数	F值
年平均气温	0.462***	9.773
$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的积温	0.277*	2.998
冬季(1月)平均气温	0.514***	12.957
花期晴天数	0.452***	9.228
年日照时数	0.324***	4.221
年平均相对湿度	0.543***	10.452

说明:***通过信度 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验,*通过信度 $\alpha = 0.10$ 的检验。

表 3 山核桃综合区划指标分级标准

Table 3 Grade standard of comprehensive regionalization index of *Carya cathayensis*

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)	14 ~ 16	12 ~ 14 或 16 ~ 18	<12 或 ≥ 18
	$R_{\text{年}}/\text{mm}$ (C2)	1 400 ~ 1 600	1 000 ~ 1 400 或 1 600 ~ 1 800	<1 000 或 $\geq 1 800$
	$S_{\text{年}}/\text{h}$ (C3)	1 600 ~ 1 800	1 500 ~ 1 600 或 1 800 ~ 1 900	<1 500 或 $\geq 1 900$
	$t_{\text{晴}}/\text{d}$ (C4)	≥ 15	10 ~ 15	<10
地形(B2)	海拔高度/m(C5)	300 ~ 700	700 ~ 1 100 或 50 ~ 300	<50 或 $\geq 1 100$
	坡度/ $^{\circ}$ (C6)	5 ~ 25	25 ~ 40	<5 或 ≥ 40
	坡向(C7)	北坡, 东北坡, 西北坡	其他	
土壤(B3)	土壤类型(C8)	石灰岩土, 钙质黑色土, 钙质紫砂土	红壤, 黄壤, 潮土, 水稻土, 粗骨土, 棕壤	滨海盐土
	土壤质地(C9)	黏壤土, 壤土, 砂质壤土	砾质土, 壤质砂土	黏土, 壤质黏土

$C_1 = \frac{1}{n-1}(\lambda_{\max} - n)$ 。其中, λ_{\max} 为矩阵的最大特征根。 R_1 为判断矩阵的平均随机一致性指标。对 1 ~ 9 阶判断矩阵, 计算得到 9 个区划指标的权重值为 $C_1 = 0.087 4$, $C_2 = 0.060 7$, $C_3 = 0.041 3$, $C_4 = 0.060 7$, $C_5 = 0.174 7$, $C_6 = 0.101 9$, $C_7 = 0.053 4$, $C_8 = 0.281 4$, $C_9 = 0.138 6$ 。 $R_c = 0.002 4 < 0.1$ 。构建层次结构的判断矩阵的一致性是可以接受的, 所以上述各因子的权重设定是合理的。

3 结果与分析

在 GIS 技术平台的支持下, 运用其中的空间分析模块, 将 9 个综合区划指标适宜性等级图进行叠加计算, 得到综合指数分布图。考虑到山核桃种植有一定的局限性, 参照浙江省土地利用现状, 在山核桃综合区划时屏蔽了一些城镇和农村居民点、交通水利用地、河流湖泊等不适合种植区域, 最后再通过分析综合指数分布规律, 将浙江省山核桃种植综合划分为最适宜、适宜和不适宜 3 个等级(图 1)。

浙江省山核桃最适宜栽植面积有 2.5 万 km^2 , 占评价区域的 26.31%, 主要分布在杭州市的临安、桐庐、建德、淳安, 湖州的安吉, 绍兴诸暨、新昌, 金华的浦江、东阳, 台州的天台, 以及丽水的遂昌、丽水、缙云等地。这些地区主要是海拔 300 ~ 700 m 的中低山区, 热量充足, 年平均气温均在 16.0 $^{\circ}\text{C}$ 左右, 年降水量为 1 400 ~ 1 600 mm, 湿度适宜, 山核桃开花期的晴天数一般都多于 15 d, 年日照时数为 1 600 ~ 1 800 h。这些区域环境条件较优、交通较为便利, 包含目前浙江省山核桃主要种植区, 最适宜建立规模经营的山核桃商品基地。在目前种植基础上, 在上述区域围绕目前的栽植中心可逐渐发展扩大山核桃规模。

浙江省山核桃适宜栽植面积有 3.2 万 km^2 , 占评价区域的 33.39%, 主要分布在湖州的长兴、德清, 宁波的奉化、宁海、象山, 舟山的定海, 衢州的开化、常山, 金华的武义、永康, 台州的仙居、临海, 温州的永嘉等海拔高度为 50 ~ 300 m 的平原丘陵地带。这些区域土壤主要是水稻土、红壤、黄壤, 光热资源丰富, 雨水充沛, 不利的是春季连阴雨和夏季高温干旱时有发生, 导致山核桃产量不稳定, 这些地区可作为浙江山核桃的后备发展区。在这些区域, 一方面在造林树种规划时可增加山核桃, 另一方面在一些地形复杂和特殊的区域可发展一定规模的山核桃, 丰富农业产业, 增加农民收入。

浙江省山核桃不适宜栽植区有 3.9 万 km^2 , 占评价区域的 40.30%, 主要分布在杭嘉湖宁绍平原、金衢盆地、台州东南部沿海区域、温州大部以及丽水等地区, 其海拔高度在 50 m 以下的平原地带, 或者海拔高度 700 m 以上的中高山。平原地区, 气候资源丰富, 但春季连阴雨和夏季高温干旱频繁发生, 高山地区气候资源较差, 这些地区不宜盲目发展山核桃生产。

4 结论与讨论

应用统计学方法, 分析了山核桃产量与气象条件的关系, 结合生物学特性和前人研究成果, 筛选出

了影响山核桃产量的关键期和关键期气候因子,明确提出了年平均气温、年降水量、年日照时数和花期晴天数为山核桃栽植气候区划指标。考虑到山核桃是石灰岩指示树种,其果实的优质高产对土壤条件和地形环境的需求,在上述4个气候区划指标的基础上,选定土壤类型和土壤质地为土壤指标,海拔高度、坡度和坡向为地形指标。山核桃栽植综合区划指标的确定,充分考虑到了气候及土壤和地形等环境条件的综合影响。建立了基于经度、纬度和海拔高度的气候区划指标的空间分析模型,对区划指标小网格推算,并对其残差部分进行空间插值。解决了前人研究中以点代面的不足,实现了区划指标的精细化。

应用加权指数求和法,创新性地建立了山核桃综合区划评估模型,开展了基于GIS技术的浙江省山核桃栽植的气候—土壤—地形的综合区划研究。同时,参照浙江省土地利用现状,将不适合山核桃栽植地块屏蔽。根据综合指数的分布规律,把山核桃栽植区划分为最适宜、适宜和不适宜的3个区域,并进行了分区评述。精细化的综合区划结果更贴近实际,具有可操作性。该结果对于指导浙江省山核桃产业的进一步发展、林业用地的综合规划以及农业产业结构的调整等都具有重要的指导意义。目前,山核桃产业发展主要集中在浙江省,而浙江省又以临安为主产区,市场占有率80%以上,淳安有一定规模,其他地区如桐庐、安吉、建德、富阳、浦江、武义、常山等县市也逐步开始发展山核桃栽植。根据本研究结果,除目前的主要栽植区域临安、淳安以及逐渐开始发展栽植的桐庐、建德、安吉、浦江等地区外,还可以在诸暨、新昌、东阳、天台、遂昌、丽水、缙云等地的适合区域科学合理的发展规模栽植;而同样山地比例较高的武义、常山、开化以及长兴、德清、奉化、宁海、象山、定海、永康、仙居、临海、永嘉等地应具体情况具体分析,根据立地条件适当地有选择的发展。因此,发展山核桃产业,应遵循山核桃的自然生长规律和生物学习性,充分考察当地的自然地理、气候条件,科学合理的进行。

区划指标的选择基本上是综合山核桃产量与气象条件的密切关系和植株的生物学特性,从分区的结果来看,可能存在着少部分地区区划等级与实际不符的现象。因此,区划指标的筛选和等级细化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:

参考文献:

- [1] 黎章矩. 山核桃栽培与加工[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003.
- [2] 程晓建, 黎章矩, 戴文圣. 浙江省经济林产业现状与发展对策[J]. 福建林业科技, 2009, 36(3): 207-210.
CHENG Xiaojian, LI Zhangju, DAI Wensheng. Present situation and development countermeasure of economic forest industry in Zhejiang Province [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2009, 36(3): 207-210.
- [3] 郭传友, 黄坚钦, 方炎明. 山核桃研究综述及展望[J]. 经济林研究, 2004, 22(1): 61-63.
GUO Chuanyou, HUANG Jianqin, FANG Yanming. Review and perspective of research on *Carya cathayensis* [J]. *Nonwood For Res*, 2004, 22(1): 61-63.
- [4] 黎章矩. 山核桃芽、梢发育状况与结果关系的研究[J]. 浙江林学院学报, 1985, 2(2): 27-32.

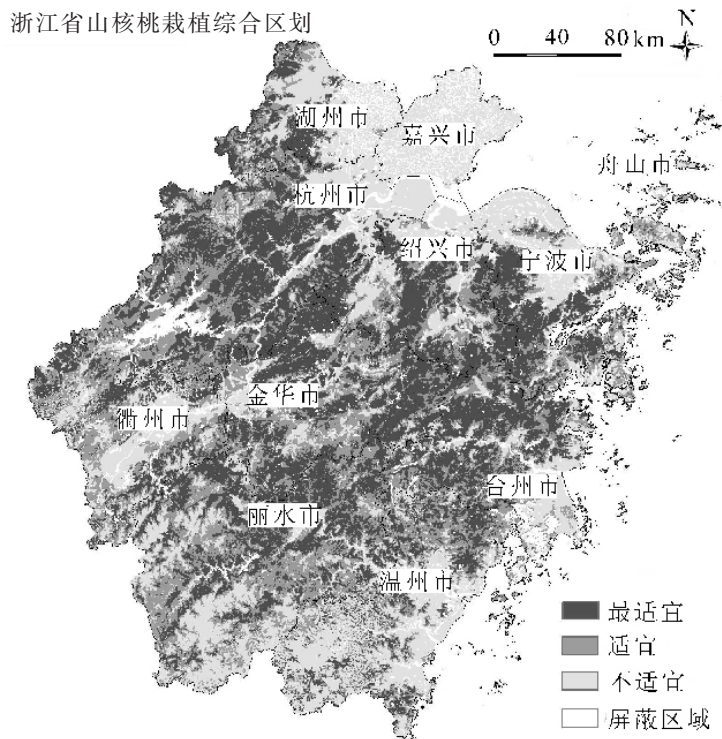


图1 浙江省山核桃栽植综合区划图
Figure 1 Comprehensive regionalization of *Carya cathayensis* planting in Zhejiang

- LI Zhangju. On the relationship between the development of the buds as well shoots and the fruit setting of *Carya cathayensis* Sarg. [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1985, **2** (2): 27 - 32.
- [5] 黎章矩. 山核桃花芽分化与开花习性的研究[J]. 南京林业大学学报, 1986, **10** (3): 37 - 43.
- LI Zhangju. Flower-bud differentiation and flowering regularity of *Carya cathayensis* Sarg[J]. *J Nanjing For Univ*, 1986, **10** (3): 37 - 43.
- [6] 李永夫, 金松恒, 叶正钱, 等. 低磷胁迫对山核桃幼苗根系形态和生理特征的影响[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27** (2): 239 - 245.
- LI Yongfu, JIN Songheng, YE Zhengqian, *et al.* Root morphology and physiological characteristics in *Carya cathayensis* seedlings with low phosphorus stress [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27** (2): 239 - 245.
- [7] 唐守顺, 王小云, 宋阳, 等. 皖南山核桃生产气候资源的开发利用[J]. 气象, 1995, **21** (1): 48 - 51.
- TANG Shoushun, WANG Xiaoyun, SONG Yang, *et al.* Exploitation and utilization of climate resources of *Carya cathayensis* production in southern Anhui Province [J]. *Meteorol Mon*, 1995, **21** (1): 48 - 51.
- [8] 陈国瑞, 黄必恒. 影响山核桃产量的主导气象因子分析[J]. 浙江林学院学报, 1992, **9** (2): 144 - 150.
- CHEN Guorui, HUANG Biheng. Main meteorological factors effecting the fruit yield of *Carya cathayensis* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1992, **9** (2): 144 - 150.
- [9] 骆咏, 傅松玲, 张良富, 等. 海拔高度对山核桃生长与产量的影响[J]. 经济林研究, 2008, **26** (1): 71 - 73.
- LUO Yong, FU Songling, ZHANG Liangfu, *et al.* Effects of altitude on growth and yield in *Carya cathayensis* [J]. *Nonwood For Res*, 2008, **26** (1): 71 - 73.
- [10] 杨淑贞, 丁立忠, 楼君芳, 等. 山核桃干腐病发生发展规律及防治技术[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26** (2): 228 - 232.
- YANG Shuzhen, DING Lizhong, LOU Junfang, *et al.* Occurrence regularity of *Carya cathayensis* canker disease and its control [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26** (2): 228 - 232.
- [11] 吴志辉, 束庆龙, 余益胜. 气候因子对山核桃溃疡病发生的影响[J]. 经济林研究, 2006, **24** (2): 1 - 4.
- WU Zhihui, SHU Qinglong, YU Yisheng. Effects of climate factors on *Dothiorella gregaria* of hickory [J]. *Nonwood For Res*, 2006, **24** (2): 1 - 4.
- [12] 张日清, 吕芳德. 美国山核桃在原产地分布、引种栽培区划及主要栽培品种分类研究概述 [J]. 经济林研究, 2002, **20** (3): 53 - 55.
- ZHANG Riqing, LÜ Fangde. Pecan distribution, cultural regionalization and cultivar classification in USA [J]. *Nonwood For Res*, 2002, **20** (3): 53 - 55.
- [13] 吴家富, 李运怀, 路玉林. 山核桃适宜种植区的划分及土壤地球化学特征[J]. 安徽林业, 2008 (1): 41.
- WU Jiafu, LI Yunhuai, LU Yulin. Division of adaptive cultivated areas in *Carya cathayensis* and its soil geochemistry character [J]. *Anhui For*, 2008 (1): 41.
- [14] 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]. *Trans CSAE*, 2008, **24** (8): 214 - 218.
- [15] 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** (5): 153 - 155.
- JIN Zhifeng, SHANG Huaqin. Application of GIS technology in climate division of Changshan Huyou planting area [J]. *Trans CSAE*, 2003, **19** (5): 153 - 155.
- [16] 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.
- JIN Zhifeng, FENG Xiuyan. Tea plant climate division in Zhejiang Province base on GIS technology [J]. *J Tea*, 2006, **32** (1): 7 - 10.
- [17] 蔡福, 于贵瑞, 祝青林, 等. 气象要素空间化方法精度的比较研究——以平均气温为例[J]. 资源科学, 2005, **27** (5): 173 - 179.
- CAI Fu, YU Guirui, ZHU Qinglin, *et al.* Comparison of precisions between spatial methods of climatic factors: a case study on mean air temperature [J]. *Resour Sci*, 2005, **27** (5): 173 - 179.