

基于OpenModeller-GARP的椰子 在中国的适生区预测

陈豪军¹, 陈永森^{1*}, 林聪田², 周全光¹, 王春田¹, 甘卫堂¹

(¹广西亚热带作物研究所, 南宁 530001; ²中国科学院动物研究所, 北京 100101)

摘要 【目的】研究椰子在我国的适生区,为椰子的推广种植提供技术支持。【方法】通过实地调查和已公开发表的科技论文,获取椰子在我国的已知分布点,结合环境数据,使用OpenModeller-GARP模型预测椰子在我国的可能适生区域。【结果】椰子在中国的潜在适生区为:广东的湛江市、徐闻县、雷州市、遂溪县、廉江市、化州市、吴川市、高州市、茂名市、阳江市、阳春市、江门市(南部)、开平市、中山市、珠海市、深圳市、惠州市(南部)、汕尾市、汕头市;广西的北海市、防城港市、东兴市、靖西县、那坡县;云南的勐腊县、景洪市、普洱市、江城、绿春县、金平县、屏边县、河口县;西藏的聂拉木县、普兰县;海南、香港、澳门及台湾全省。【结论】在我国除了海南、台湾、云南的西双版纳州、广东的雷州半岛、广西的北海外,尚有广西、广东、云南、西藏、香港、澳门等6省区的28个市(县)适合椰子栽培,可在这些地区进行适应性栽培后发展椰子生产。

关键词: 椰子; OpenModeller-GARP模型; 适生区; 预测

中图分类号: S667.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2012)10-1525-05

Potential geographic distributions of *Cocos nucifera* (L.) in China predicted by OpenModeller-GARP

CHEN Hao-jun¹, CHEN Yong-sen^{1*}, LIN Cong-tian², ZHOU Quan-guang¹,
WANG Chun-tian¹, GAN Wei-tang¹

(¹Guangxi Subtropical Crops Institute, Nanning 530001, China; ²Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: [Objective] In this research, potential geographic distributions of coconut (*Cocos nucifera*) were predicted by the OpenModeller-GARP model in order to offer effective technological support for extension and plantation of coconut. [Method] Important statistical information on existing coconut growth regions were obtained based upon on-site investigations and related published literatures. Then, the OpenModeller-GARP model was used to predict the potential distribution areas of the coconut in China. [Result] The results showed that the potential geographic distributions areas of coconut included Zhanjiang City, Xuwen County, Leizhou City, Suixi County, Lianjiang City, Huazhou City, Wuchuan City, Gaozhou City, Maoming City, Yangjiang City, Yangchun City, Jiangmen City (South), Kaiping City, Zhongshan City, Zhuhai City, Shenzhen City, Huizhou City (South), Shanwei City, Shantou City of Guangdong; Beihai City, Fangchenggang City, Dongxing City, Jingxi County, Napo County of Guangxi; Mengla County, Jinghong City, Jinghong City, Pu'er City, Jiangcheng County, Lüchun County, Jinping County, Pingbian County and Hekou County of Yunnan; Nyalam and Burang County of Tibet, Hainan, Hongkong, Macao, and Taiwan provinces. [Conclusion] Except for Hainan, Taiwan, Xishuangbanna prefecture of Yunnan, Leizhou Peninsula of Guangdong, and Beihai City of Guangxi, the twenty-eight cities and regions in Guangxi, Guangdong, Yunnan, Tibet, Hongkong, and Macao were tested to be suitable for coconut plantation, hence these cities and regions could be developed into coconut production regions after adaptable cultivation.

Key words: *Cocos nucifera* (L.); OpenModeller-GARP; potential geographic distributions; prediction

0 引言

【研究意义】椰子(*Cocos nucifera* L.)属棕榈科椰子属单子叶多年生常绿乔木,是一种典型的热带木本油料作物,主要分布于赤道两侧20°以内的热带滨海地区,在南北纬20.0~23.5°也有分布(张慧坚,2002)。全世界有90多个国家和地区种植椰子,种植面积达

1100万ha,年产椰果570亿个。我国椰子种植已有2000多年的历史,主要分布于海南省,其椰子产量占全国总产量的97%,在广东、广西、云南和台湾也有少量种植。目前我国椰子种植面积为4.6万ha,年产椰果2.43亿个,生产虽然已达到一定规模,但仍不能满足国内市场需求,每年还需从国外进口大量的椰子和椰子产

收稿日期: 2012-05-09

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项项目(200903026)

作者简介: *为通讯作者,陈永森(1974-),高级农艺师,主要从事热带、亚热带果树病虫害研究工作, E-mail: cyongsen@163.com。陈豪军(1966-),高级农艺师,主要从事热带、亚热带果树栽培研究工作, E-mail: haojunc2005@163.com

品。据统计,我国加工用椰子每年市场需求量为26亿个,需求缺口达90%,而且随着我国人民生活水平的提高和旅游业的发展,对椰子及其产品的需求量将越来越大(冯美利等,2007)。【前人研究进展】OpenModeller是一个基于Bioclim、ENFA、SVM、MaxEnt、Desktop GARP、GARP等多个模型的生物潜在分布地预测系统平台,具有变量预先分析功能,生态位模型GARP(Genetic algorithm for rule-set production)是其中一个基于遗传算法的规则组合预测模型。GARP模型利用已有的物种分布资料和环境数据产生以生态位为基础的物种生态位需求,探索物种已知分布区的环境特征与研究区域的非随机关系,用于研究物种的潜在分布和生物多样性。近年来,国内已有许多研究者利用GARP模型成功研究了红火蚁(薛大勇等,2005)、日本松干蚧(李红梅等,2005)、阿根廷蚁(王艳平等,2007)、桔小实蝇(周国梁等,2007)、相似穿孔线虫(王运生等,2007)、紫茎泽兰(李双成和高江波,2008)、杏小食心虫(刘静远等,2008)、香蕉细菌性枯萎病菌(徐进等,2008)、甜菜包囊线虫(李建中等,2008)、芒果象甲(黄小玲等,2009)、玉米根萤叶甲(张俊华等,2009)、刺萼龙葵(钟良平等,2009)等在中国的潜在分布区域,为外来入侵生物的监测与预警提供了依据。【本研究切入点】虽然前人利用GARP进行了大量研究并取得了不少成效,但至目前为止,国内在利用GARP对物种潜在分布预测的研究中仅限于有害生物,利用GARP对椰子在我国的适生区预测未见报道。【拟解决的关键问题】以椰子在我国的已知分布数据为基础,结合环境数据,分析预测椰子在我国的适合栽培区域,为椰子的推广种植提供技术支持。

1 材料与方 法

1.1 资料来源

软件资料:应用的GARP模型是基于OpenModeller桌面版的GARP运算模型(OpenModeller Desktop 1.1.0),可从<http://openmodeller.sourceforge.net/>网页上免费下载。GIS软件采用PSDS 2.0,由中国科学院动物研究所提供。

环境数据:来自全球气候数据库World Clim(Hijmans et al. 2005),可从<http://www.worldclim.org/>网页上免费下载。环境数据包括年均降水量、年均温度、最冷月均温度、最热月均温度、最湿月降水量以及最干月降水量等19个环境因子变量,空间分辨率为10 min(约20 km),下载数据可直接应用于OpenModeller中GARP模型的运算。

地图资料:从国家基础地理信息系统http://nfgis.nsd.gov.cn/nfgis/chinese/c_xz.htm中下载1:400万的中国矢量地图作为底图。

1.2 椰子国内分布数据的收集与处理

共55个国内分布点数据,获取途径有两个:(1)实地调查用地标仪测定(包括广西、广东、云南3省的30个分布点);(2)查阅最近国内外公开发表的论文,得到椰子在海南和台湾的25个分布地点,然后在地名数据库(Geographic Names Data Base, GNDB)<http://geonames.nga.mil/ggmagaz/>查找相应的地标。得到表1所示椰子在中国的已知55个分布点地标后,将其转换成OpenModeller的输入文件格式。

1.3 研究方法

在OpenModeller平台依次导入环境图层数据和已知分布点数据后,遗传算法模型选择GARP(Single run),参数全部选择默认值,预测结果以ARC/INFO栅格格式输出,得到范围值为[0~10]的栅格图层,然后在PSDS 2.0中对图层数据进行处理,去掉中国以外部分,得出椰子在中国的适生分布区域图。

2 结果与分析

2.1 椰子在我国的分布特点

我国的椰子栽培主要集中在海南省,海南一省就占了我国椰子生产总量的97%,而广东、广西、云南3省之和仅占3%。海南省的椰子种植集中于文昌、琼海、三亚、万宁、陵水5个市(县),两广地区的椰子栽培在上世纪80年代初期曾在广西的北海市、广东的雷州市(原海康县)和徐闻县大规模种植,但由于种种原因,90年代后期椰子生产面积开始缩减,至今椰子在两广地区已主要是庭园或者行道绿化为目的,未见有以生产为目的的规模栽培。云南省椰子生产性栽培集中在西双版纳州景洪市和红河州的河口县,在德宏州和西双版纳的勐腊县虽有零星种植,但也不是生产性栽培。据张治国(2005)报道,在台湾海拔300 m以下地区均能种植椰子,台湾椰子的经济栽培分布于嘉义以南的沿海带与东部海岸,兼作防风林或耕地保护林,主产区集中于台南、屏东、台东和高雄4县。1994~2009年我国(未包括台湾省)椰子生产情况(张慧坚,2002)见表2,台湾省历年椰子生产情况(张治国,2005)见表3。

2.2 椰子在我国的潜在分布区

本研究基于OpenModeller多模型生物潜在分布地预测系统平台,利用GARP生态位模型对椰子的分布区域进行了预测,预测结果利用PSDS 2.0的GIS处理功能,抽取椰子在中国的适生分布区域,叠加1:400万省界图并进行处理后,结果如图1所示。由图1可以看出,椰子在中国的潜在适生区主要是广西、广东、云南、西藏、海南、香港、澳门及台湾全省。再根据适生指数的大小,将适生区分为非适生区(0~4)、低度适生区(5~6)、中度适生区(7~9)和高度适生区(10)。

表 1 已知椰子在国内的分布点

Tab.1 Domestic known distribution of coconut

序号 Group number	纬度 Latitude	经度 Longitude	已知分布点 Location	序号 Group number	纬度 Latitude	经度 Longitude	已知分布点 Location
1	21.6802	107.9399	东兴市马路镇吊应村	29	20.0150	110.3253	海南省海口市
2	21.6805	107.9427	东兴市马路镇吊应村	30	19.5421	110.7898	海南省文昌市
3	21.6604	107.9587	东兴市马路镇	31	19.5220	110.7836	海南省文昌市
4	21.6566	107.9542	东兴市马路镇火光农场	32	19.2577	110.4784	海南省琼海市
5	21.6566	107.9542	东兴市马路镇火光农场	33	18.5006	110.0312	陵水黎族自治县
6	21.6553	107.9619	东兴市马路镇政府	34	18.6341	109.7058	保亭黎族苗族自治县
7	21.6349	107.9673	东兴市马路镇大旺村	35	18.2522	109.5097	海南省三亚市
8	21.5363	108.1299	东兴市京岛风景区	36	18.7496	109.1760	乐东黎族自治县
9	21.4891	109.1700	北海大道东3号	37	19.0324	109.8384	琼中黎族苗族自治县
10	21.0531	109.1290	北海涠洲岛盛塘小学	38	19.9101	109.6947	海南省临高县
11	21.0277	109.0896	北海涠洲岛竹蔗僚村	39	19.5203	109.5812	海南省儋州市
12	21.0365	109.1123	北海涠洲岛	40	19.3521	110.1070	海南省屯昌县
13	21.0365	109.1123	北海涠洲岛	41	19.7370	110.0145	海南省澄迈县
14	21.2015	110.4111	湛江海滨大道南海滨公园	42	19.2249	109.4515	白沙黎族自治县
15	21.2015	110.4111	湛江海滨大道南海滨公园	43	18.7938	110.3951	海南省万宁市
16	20.9754	110.0411	湛江雷州市	44	19.2594	109.0542	海南省昌江县
17	20.5956	110.0595	雷州市那停村	45	18.7755	109.5159	海南省五指山市
18	20.2723	110.2612	徐闻县白沙湾村	46	20.0027	110.3538	海南省海口市琼山区
19	20.2723	110.2613	徐闻县白沙湾村	47	23.1325	120.2942	台湾台南
20	20.2827	110.2214	徐闻县白沙湾村	48	23.0092	120.6671	台湾高雄
21	20.2459	110.1416	海安镇四塘管区西港村	49	22.6744	120.4945	台湾屏东
22	20.2459	110.1416	海安镇四塘管区西港村	50	22.9812	120.9980	台湾台东
23	20.2459	110.1416	海安镇四塘管区西港村	51	22.0233	100.7728	西双版纳州景洪市
24	20.3133	110.1879	徐闻县县城	52	22.5295	103.9393	红河州河口县
25	22.0359	112.9198	广东省江门市台山市	53	21.4758	101.5675	西双版纳州勐腊县
26	19.2509	109.0606	昌江黎族自治县	54	24.4521	98.5862	德宏州
27	19.0279	108.8384	海南省东方市	55	22.7774	100.9594	云南省普洱市
28	19.6869	110.3769	海南省定安县				

表 2 1994-2009年中国椰子生产情况

Tab.2 Coconut production status of China during 1994-2000

地域 Districts	统计项目 Statistical calculated item	年份 Year							
		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2009
海南 Hainan	种植面积(万ha)	2.747	2.873	2.857	2.927	2.928	3.820	4.440	4.018
	收获面积(万ha)	1.430	1.533	1.573	1.680	1.626	1.800	1.960	2.575
	椰果产量(万个)	10270.00	11613.00	12671.00	14768.00	16083.00	17122.00	19200.00	23697.94
广东 Guangdong	种植面积(万ha)	0.015	0.052	0.080	0.070	0.065	0.054	0.049	0.013
	收获面积(万ha)	0.007	0.008	0.013	0.020	0.023	0.015	0.017	0.011
	椰果产量(万个)	47.00	64.00	79.00	85.00	330.00	128.00	162.00	153.00
云南 Yunnan	种植面积(万ha)	※	※	※	※	0.018	※	0.030	0.069
	收获面积(万ha)	※	※	※	※	0.016	※	0.030	0.010
	椰果产量(万个)	※	※	※	※	20.000	※	9.670	61.50
全国 Nationwide	种植面积(万ha)	2.775	2.925	2.935	3.017	3.011	3.894	4.519	4.100
	收获面积(万ha)	1.444	1.541	1.586	1.720	1.663	1.835	2.007	2.596
	椰果产量(万个)	10353.80	11677.00	12750.00	14853.4.00	16433.00	17271.20	19349.00	23912.44

※表示原文未给出统计数据,2009年中国椰子生产情况数据来源于农业部发展南亚热带作物办公室的“2009年全国热带、亚热带作物生产情况”
 ※ means that there are no statistical data available for that year in the corresponding location ;The data of 2009 coconut production status came from “the national tropical and subtropical crops production situation in 2009” released by the Office of Southern Subtropical Crops Unit Development , the Ministry of Agriculture

非适生区 :全国除海南、广东、广西、云南、西藏、台湾、香港和澳门外其他所有省区。

低度适生区 :广西中南部、广东中南部、云南中部和西南部、西藏东南部。

中度适生区 :广西南部、广东南部、云南中南部、台湾中部。

高度适生区 :广东的湛江市、徐闻县、雷州市、遂

溪县、廉江市、化州市、吴川市、高州市、茂名市、阳江市、阳春市、江门市(南部)、开平市、中山市、珠海市、深圳市、惠州市(南部)、汕尾市、汕头市 ;广西的北海市、防城港市、东兴市、靖西县、那坡县 ;云南的勐腊县、景洪市、普洱市、江城、绿春县、金平县、屏边县、河口县 ;西藏的聂拉木县、普兰县 ;海南、香港、澳门及台湾全省。

表 3 1994-2002年台湾省椰子生产情况

Tab.3 Coconut production statistics from 1994-2002 in Taiwan Province

年份 Year	种植面积(ha) Planting area	种植株数(万株) Plants per 10000 plants	株产(kg) Yield per plant	单产(t/ha) Yield per ha	产量(t) Yield	产值(万新台币) Output value (10,000 NT\$)	生产成本(新台币/kg) Production costs (NT\$/kg)
1994	4595	98.4	53	10.6	33279	11980	14.6
1995	5220	153.2	56	10.9	37884	9284	14.1
1996	5390	105.7	56	10.9	40279	64403	17.5
1997	5286	103.7	58	10.8	41905	68474	17.4
1998	5376	109.6	57	10.6	42339	71239	17.0
1999	5186	101.6	57	10.7	44297	70706	15.9
2000	5150	106.1	55	11.0	48347	73090	13.8
2001	4936	109.0	52	11.3	49522	78322	12.5
2002	4840	106.8	57	11.0	49341	75767	11.1

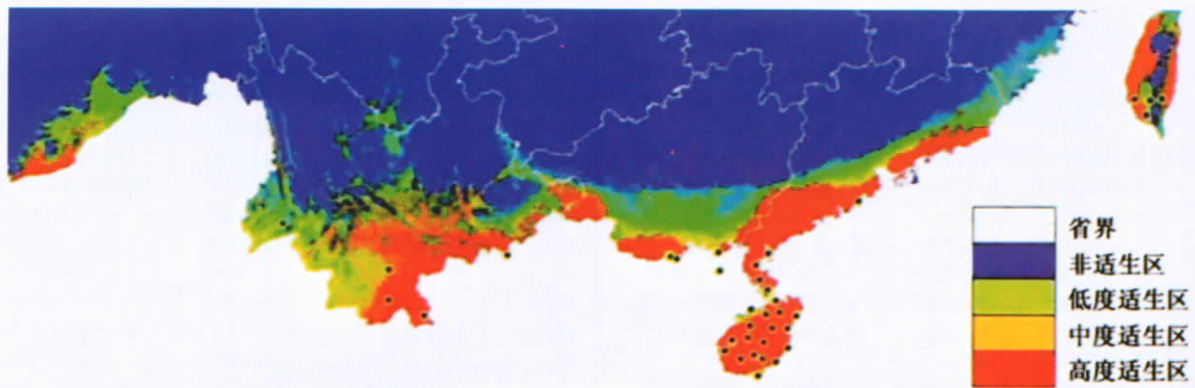


图 1 OpenModeller-GARP模型预测椰子在中国的适生分布区

Fig.1 Potential geographic distributions of *Cocos nucifera* Linn. in China predicted by OpenModeller-GARP

3 讨论

利用GARP模型对物种的潜在分布区域进行预测已被广泛应用于入侵有害生物的风险分析,但大多数采用GARP网站提供的14个环境因子图层数据,Open-Modeller-GARP可直接应用从WorldClim上下载的19个生物气候变量,并且分辨率远优于GARP网站提供的数据,单从这方面来说,OpenModeller-GARP的预测结果将会更准确。

目前,国内应用GARP对物种潜在分布地进行预测,还仅限于对入侵有害生物的预测,未见GARP在作物栽培学科应用的报道。为了验证预测结果,本研究在实地调查物种分布点时,注意对国内椰子栽培历史进行调查,得到了一些历史上有栽培但现已无分布的点数据(广西的合浦县、钦州市;广东的遂溪县、台山市的上川镇和下川镇),这些点数据也再次验证了预测结果。在作物栽培学科,土壤类型和光照数据与植物生长密切相关,而本研究使用包括温度、湿度和降雨量等19个环境因子变量,缺少海拔、植被、土壤和光照等其他类型的环境因子,由此可能产生预测结果比实际的潜在分布区大的情况,因此在推广椰子种植过程中应充分考虑这些环境因子带来的差异,在进行适应性栽培的前提下,发展椰子生产,扩大种植面积。

4 结论

应用OpenModeller-GARP对我国椰子适生区进行预测,结果表明,在我国除了海南、台湾、云南的西双版纳州、广东的雷州半岛、广西的北海以外,尚有广西、广东、云南、西藏、香港、澳门等6省区的28个市(县)适合椰子栽培,可在这些地区进行适应性栽培后发展椰子生产。

参考文献:

冯美利,李杰,王必尊. 2007. 我国椰子综合研究进展概述[J]. 中国热带农业 (5) 30-31.
 Feng M L, Li J, Wang B Z. 2007. Summary of the comprehensive coconut research progress in China[J]. China Tropical Agriculture (5) 30-31.
 黄小玲,李伟丰,楚文静. 2009. 基于GARP的三种芒果象甲在中国的适生性分析[J]. 环境昆虫学报, 31(4) 306-310.
 Huang X L, Li W F, Chu W J. 2009. Prediction of potential geographic distribution areas for three mango weevils in China using GARP modeling system[J]. Journal of Environmental Entomology, 31(4) 306-310.
 李红梅,韩红香,薛大勇. 2005. 利用GARP生态位模型预测日本松干蚧在中国的地理分布[J]. 昆虫学报, 48(1) 95-100.
 Li H M, Han H X, Xue D Y. 2005. Prediction of potential geographic distribution areas for the pine bark scale, *Matsucoccus*

- coccus matsumurae* (Kuwana) (Homoptera: Margarodidae) in China using GARP modeling system[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 48(1) :95-100.
- 李建中, 彭德良, 刘淑艳. 2008. 潜在外来入侵甜菜孢囊线虫在中国的适生性风险分析[J]. *植物保护*, 34(5) :90-94.
- Li J Z, Peng D L, Liu S Y. 2008. Potential geographic distribution of the potential invasive species, the sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*, in China[J]. *Plant Protection*, 34(5) :90-94.
- 李双成, 高江波. 2008. 基于 GARP 模型的紫茎泽兰空间分布预测——以云南纵向岭谷为例[J]. *生态学杂志*, 27(9) :1531-1536.
- Li S C, Gao J B. 2008. Prediction of spatial distribution of *Eupatorium adenophorum* Sprengel based on GARP model: A case study in Longitudinal Range-Gorge Region of Yunnan Province[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 27(9) :1531-1536.
- 刘静远, 陈洪俊, 李志红, 陈乃中, 王之岭. 2008. 基于 GARP 的杏小食心虫在中国的潜在分布研究[J]. *植物保护*, 34(5) :39-43.
- Liu J Y, Chen H J, Li Z H, Chen N Z, Wang Z L. 2008. Prediction of potential distributions of *Grapholita prunivora* (Walsh) in China, based on GARP modeling methods[J]. *Plant Protection*, 34(5) :39-43.
- 王艳平, 陈乃中, 陈洪俊, 陈岩, 罗开喜. 2007. 利用 GARP 生态位模型初步预测阿根廷蚁在中国的适生区[J]. *植物检疫*, 21(2) :73-74.
- Wang Y P, Chen N Z, Chen H J, Chen Y, Luo K X. 2007. Prediction of potential distribution area of *Linepithema humile* Mayr in China[J]. *Plant Quarantine*, 21(2) :73-74.
- 王运生, 谢丙炎, 万方浩, 肖启明, 戴良英. 2007. 相似穿孔线虫在中国的适生区预测[J]. *中国农业科学*, 40(11) :2502-2506.
- Wang Y S, Xie B Y, Wan F H, Xiao Q M, Dai L Y. 2007. Potential geographic distribution of *Radopholus similis* in China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 40(11) :2502-2506.
- 徐进, 陈林, 许景生, 张争, 张昊, 冯洁. 2008. 香蕉细菌性枯萎病菌在中国的潜在适生区域[J]. *植物保护学报*, 35(3) :233-238.
- Xu J, Chen L, Xu J S, Zhang Z, Zhang H, Feng J. 2008. Prediction of potential distribution area of *Ralstonia solanacearum* race 2 in China[J]. *Acta Phytologica Sinica*, 35(3) :233-238.
- 薛大勇, 李红梅, 韩红香, 张润志. 2005. 红火蚁在中国的分布区预测[J]. *昆虫知识*, 42(1) :57-60.
- Xue D Y, Li H M, Han H X, Zhang R Z. 2005. A prediction of potential distribution area of *Solenopsis invicta* in China [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(1) :57-60.
- 张慧坚. 2002. 世界与中国的椰子业[J]. *热带农业科学*, 22(3) :41-45.
- Zhang H J. 2002. World and chinese coconut industry[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 22(3) :41-45.
- 张俊华, 马菲, 曹逸霞, 黄习军, 陈宏, 陈乃中. 2009. 玉米根萤叶甲在中国的潜在适生区域与检疫措施研究[J]. *植物检疫*, 23(6) :9-12.
- Zhang J H, Ma F, Cao Y X, Huang X J, Chen H, Chen N Z. 2009. Potential geographic distribution of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* Leconte, and its quarantine measures in China[J]. *Plant Quarantine*, 23(6) :9-12.
- 张治国. 2005. 台湾椰子产业现状、存在问题及应对策略[J]. *柑桔与亚热带果树信息*, 21(6) :18-21.
- Zhang Z G. 2005. The production status, existing problems, and coping strategies of the coconut industry in Taiwan[J]. *Citrus and Subtropical Fruit Trees Information Institute*, 21(6) :18-21.
- 钟良平, 沈文君, 万方浩, 王进军. 2009. 用 GARP 生态位模型预测刺萼龙葵在中国的潜在分布区[J]. *生态学杂志*, 28(1) :162-166.
- Zhong G P, Shen W J, Wan F H, Wang J J. 2009. Potential distribution areas of *Solanum rostratum* in China: A prediction with GARP niche model[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 28(1) :162-166.
- 周国梁, 陈晨, 叶军, 胡白石, 刘凤权. 2007. 利用 GARP 生态位模型预测桔小实蝇(*Bactrocera dorsalis*)在中国的适生区域[J]. *生态学报*, 27(8) :3362-3369.
- Zhou G L, Chen C, Ye J, Hu B S, Liu F Q. 2007. Predicting potential ecological distribution of *Bactrocera dorsalis* in China using GARP ecological niche modeling[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 27(8) :3362-3369.
- Hijmans R J, Cameron S E, Parra J L, Jones P G, Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas[J]. *International Journal of Climatology*, 25(15) :1965-1978.

(责任编辑 麻小燕)