

中国榛属植物种质资源分布格局及其适生区气候评价

霍宏亮^{1,2}, 马庆华¹, 李京璟¹, 赵天田¹, 王贵禧¹

¹中国林业科学研究院林业研究所/国家林业局林木培育实验室/林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091;

²中国农业科学院果树研究所/农业部园艺作物种质资源利用重点实验室, 兴城 125100)

摘要:应用地理信息系统和统计学原理, 研究中国榛属植物分布规律, 评价适生区气候, 分析气候因子对其分布的影响, 并根据适生气候的相似性, 探讨榛属植物种间关系。结果表明: 国内榛属植物纬度分布范围在 24°31'N ~ 51°42'N, 经度分布范围在 85°55'E ~ 132°12'E, 主要分布区从东北—华北山区、秦岭和甘肃南部及河南—华中—西南呈斜带状分布, 分布种数在华中地区达到最多; 垂直分布自东至西随经度降低海拔逐渐升高, 纬度对各种质分布海拔影响存在显著差异; 年均气温和冷温是影响榛属植物分布的关键气候因子; 榛属植物分布种数与各气候因子间的回归方程为: $Y = 11.883 - 0.051X_1 + 0.131X_2 - 0.003X_4 - 0.004X_5 - 0.001X_6 + 0.051X_8$, 根据分布区气候相似性进行聚类分析, 将我国榛属植物分为 3 类: 平榛和毛榛为一类, 川榛、华榛、刺榛、绒苞榛和滇榛为一类, 维西榛为一类。

关键词:榛属; 种质资源; 分布格局; 气候评价

Study on the Distribution of *Corylus* L. in China and the Climatic Evaluation of the Suitable Areas

HUO Hong-liang^{1,2}, MA Qing-hua¹, LI Jing-jing¹, ZHAO Tian-tian¹, WANG Gui-xi¹

¹ Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/Key Laboratory of Forestry Silviculture of State Forestry Administration/Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Beijing 100091;

² Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Horticultural Crops Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Xingcheng 125100)

Abstract: Geographic information system and the principle of statistics were applied to study the distribution of *Corylus* L. germplasm resources in China and the climates of the distribution areas. The climate factors affecting the distribution pattern of *Corylus* L. were analyzed in this study and the interspecific relationship of *Corylus* L. was also discussed according to the similarity of the suitable climates. The results showed that: the genus *Corylus* L. latitude range from 24°31' N-51°42' N and longitude range from 85°55' E-132°12' E. The main distribution areas of *Corylus* L. were from the mountainous area of northeast China, to the mountainous area of north China, to Qinling Mountains, southern of Gansu and Henan province, to central China, then to the southwest of China, which showed a diagonal distribution in China. The number of species of *Corylus* L. distributed in central China was the most. The vertical distribution of *Corylus* L. was increased gradually with decreasing of the longitude from east to west and there was a significant correlation between the latitude and the altitude distribution of *Corylus* L. in China. The average annual temperature and the cold temperature were the key factors affecting the distribution of *Corylus* L. . The regression equation between the distribution of species and the climatic factors was $Y = 11.883 - 0.051X_1 +$

收稿日期: 2015-10-13 修回日期: 2015-10-27 网络出版日期: 2016-08-12

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20160812.1317.044.html>

基金项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项(201304710)

第一作者主要从事果树种质资源和杂交育种研究。E-mail: hu_ohongliang@126.com

通信作者: 马庆华, 主要从事榛子资源与育种研究。E-mail: mqhmary@sina.com

王贵禧, 主要从事经济林与果品生物学研究。E-mail: wanggx0114@126.com

$0.131X_2 - 0.003X_4 - 0.004X_5 - 0.001X_6 + 0.051X_8$. According to the climate similarity of the distribution area of *Corylus* L., 3 groups were clustered: *C. heterophylla* Trautv and *C. mandshurica* Maxim. were clustered into the I group, *C. kweichowensis* Hu, *C. chinensis* Franch., *C. fargesii* Schneid., *C. yunnanensis* A. Ccmus and *C. ferox* Wall. were clustered into the II group and *C. wangii* Hu was clustered into the III group.

Key words: *Corylus* L.; germplasm resources; distribution pattern; climate evaluation

榛子是4大坚果之一,重要的油料、食品和工业原料,具有极高的经济价值和营养价值。榛子为桦木科(Betulaceae)榛属(*Corylus* L.)植物,全世界约有25种^[1],主要分布于亚洲、欧洲及北美洲。我国原产榛属植物种和变种的划分,植物学家历来持有不同见解。20世纪50年代,胡先啸^[2]最早将我国榛属植物分为6个种2个变种,认为川榛(*C. heterophylla* var. *sutchuenensis* Franch)是平榛的变种,满洲榛是华纪榛(*C. fargesii* Schneid.)的变种。陈嵘^[3]在《中国树木分类学》则把中国榛属植物分为4种2变种,认为川榛(*C. heterophylla* var. *sutchuenensis* Franch)和滇榛(*C. heterophylla* var. *yunnanensis* Franch)都是平榛(*C. heterophylla* Fischer ex Trautvetter)的变种;至70年代末,植物学家^[4-5]对我国榛属植物的形态学和生物学特征进行描述和评价,并将我国榛属植物分为7个种2变种,并有1个存疑种。中国榛属植物研究领域的全面调查始于20世纪80年代,梁维坚^[6]经过8年的实地考察,把中国原产榛属植物分为8个种和2个变种,8个种分别为平榛(*C. heterophylla* Fischer ex Trautvetter)、毛榛(*C. mandshurica* Maxim.)、川榛(*C. kweichowensis* Hu)、华榛(*C. chinensis* Franch.)、绒苞榛(*C. fargesii* Schneid.)、滇榛(*C. yunnanensis* (Franchet) A. Camus)、刺榛(*C. ferox* Wall.)和维西榛(*C. wangii* Hu),2个变种为藏刺榛(*C. thibetica* Batal.)和短柄川榛(*C. kweichowensis* Hu var. *brevipes* W. J. Liang),记录在《中国果树志·板栗榛子卷》中,是我国榛属植物研究领域的首部著作,是榛属植物研究的重要参考资料,但是上述研究对榛属植物的分布范围界定的较为笼统(仅具体到省),也没有分析其分布范围与海拔高度之间的关系,更缺乏对榛属植物资源分布与各气候因子之间关系的分析,有待进一步研究。近年来,各地学者根据上述研究的分类标准,对当地的榛属植物进行了更深入的调查研究,记录在当地的植物志或树木志中^[7-11],上述研究对当地榛属植物的调查较为具体和深入,但是对于我国榛属植物的总体分布来说,数据较为零散,急需进行专业方面的整合。

植物地理分布及其空间格局是物种重要的空间

特征,是植物生态学研究的重要领域^[12-14]。利用地理信息系统(GIS)、数理统计方法、机理模型,结合分布区气候是模拟植物地理分布,预测物种分布范围,研究植物与环境因子之间关系的重要手段^[15-17]。环境因子,尤其与物种空间分布格局密切相关^[18],不但限制物种分布范围和丰富度,并在其进化过程中影响物种植物学和遗传学性状^[19-20]。因此,植物地理学研究对生物多样性保护,资源评价和开发利用有重要意义^[21-22]。中国野生资源的多样性为以上研究和开发利用提供了丰富原材料和的巨大的基因库。本研究根据《中国植物志》及各地地方植物志记录,结合华北区的实地调查,认真核实相关资料,基于GIS研究榛属植物不同种质资源的水平和垂直分布规律,探讨榛属植物分布格局,并结合各分布区与生长和分布相关的气候因子,利用数理统计方法,评价适生区气候,对榛属植物分布和气候之间的关系及种质间关系进行研究,以期对榛属植物引种试验和资源开发利用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 中国榛属植物分布

1.1.1 资料整理及分析 在中国国家图书馆、中国科学院图书馆、中国林业科学院图书馆、北京林业大学图书馆等地借阅收集国家及地方植物志、树木志、植物名录及学术刊物上相关的文献资料,整理研究,确定国内榛属植物水平及垂直分布区,并运用EXCEL 2007分析相关数据,分析和研究种质垂直分布规律。

1.1.2 实地调查 根据文献记载,在燕山山脉、太行山脉、秦岭、吕梁山脉和中条山脉选点对华北区的榛属植物进行实地踏查,对已经发表的文献资料进行核实补充,并用GPS获取经纬度、海拔等地理信息。

1.2 气象数据收集

1.2.1 气象数据收集 在确定的中国榛属植物分布省份中,从每个省区根据不同地理位置、分布现状选择2~3个主要分布县,从气象站、中国气象数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn>)获得各主要

分布县城的气象资料,收集与榛属植物生长相关的气象插值数据,包括年均气温(X_1)、1 月份均温(X_2)、7 月份均温(X_3)、年均降水(X_4)、无霜期(X_5)、年日照时数(X_6)、极端高温(X_7)、极端低温(X_8),并统计经度(X_9)和纬度(X_{10})坐标。

1.2.2 榛属植物适生区气候评价 用 SPSS 19.0 对榛属植物适生区气候统计分析,比较不同种质的气候因子间的差异,并运用因子分析(factor analysis),探究气候因子对榛属植物分布的影响,并对分析进行 KMO 检验和 Bartlett 球形检验。运用回归分析(analysis of regression)建立分布区种质资源种数与气候因子之间的关系,并根据不同种质资源分布区气候数据,采用聚类分析法(clustering methodology)探究种质间遗传关系。

2 结果与分析

2.1 榛属植物分布

2.1.1 榛属植物水平分布规律 中国榛属植物水平分布如表 1 所示,中国榛属植物在总体分布上,经纬跨度较大,纬度范围 $24^{\circ}31'N \sim 51^{\circ}42'N$,北起黑龙江的呼玛县,南至云南省的安宁县;经度范围 $85^{\circ}55'E \sim 132^{\circ}12'E$,西起西藏的聂拉木,东达黑龙江省东部宝清县。在全国行政区中,黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、北京、天津、山东、山西、陕西、河南、湖北、安徽、湖南、四川、贵州、江苏、江西、浙江、云南、甘肃、宁夏、青海、西藏等 24 省区都有榛属植物资源分布(表 1)。其中,四川北部、甘肃南部和陕西是榛属植物资源分布最丰富的地区,四川有 7 个种,陕西和甘肃有 6 个种。我国榛属植物的分布区从中国东北—华北山区、秦岭和甘肃南部及河南—华中—西南呈斜带状分布。

不同种榛属植物在国内的分布地域不同。从纬度范围看,平榛和毛榛的主要分布区是 $36.78^{\circ}N \sim 51.73^{\circ}N$ 的高纬度区,包括大兴安岭、小兴安岭、吉林的完达山、张广才岭、辽宁、燕山、太行山、吕梁山等地。川榛、华榛、刺榛、绒苞榛主要分布在甘肃南部的祁连山和岷山、陕西的秦岭、河南的伏牛山和大别山区、四川的大巴山和乐山、湖南的衡山和天门山、湖北的神农架、贵州的梵净山等地,纬度在 $24.92^{\circ}N \sim 36.78^{\circ}N$ 之间;滇榛主要分布在四川和云南。从经度范围看,平榛和毛榛的主要分布在东经 $100.57^{\circ}E \sim 132.2^{\circ}E$ 范围内,川榛、华榛、绒苞榛分布在 $98.08^{\circ}E \sim 121.3^{\circ}E$,滇榛分布在 $98.5^{\circ}E \sim 104.87^{\circ}E$ 之间,刺榛分布的经度带较宽,从 85.98°

$E \sim 114.1^{\circ}E$ 的范围皆有分布。维西榛资源较少,主要分布在云南省维西县。

2.1.2 榛属植物垂直分布规律 国内榛属植物的垂直分布海拔范围广,如表 1 所示,海拔 $100 \sim 4000$ m 都有榛属种质资源的分布,同时具有较强的规律性。总体来看,从东至西,随着经度的减小,种质资源的分布与中国大陆地势走向一致,分布海拔逐渐升高;从东北的大兴安岭小兴安岭林区至四川省北部,随着纬度的降低,平榛和毛榛分布海拔逐渐升高,在东北三省、内蒙古地区的分布海拔范围为 100 m ~ 1200 m,而在太行山区的河北山西地界则分布在海拔 1000 m 以上。尤其在低纬度区,平榛和毛榛受海拔影响明显,纬度越低,其分布的海拔越高。

川榛、华榛、刺榛、绒苞榛分布沿甘肃—湖北—湖南一线海拔逐渐降低,而在湖南—贵州—云南一线,随着经度的降低,自东向西分布海拔逐渐升高。在同一地区,刺榛的分布海拔一般高于川榛、华榛和绒苞榛。滇榛主要分布在四川和云南 1500 m 以上的高海拔区,维西榛主要分布在滇西北海拔 $3000 \sim 4000$ m 深山林地。甘肃南部和秦岭沿线海拔 $1000 \sim 3000$ m 之间榛属植物种质资源丰富,分布集中。

2.2 榛属植物适生区气候评价

2.2.1 榛属植物适生区气候因子分析 对国内榛属植物分布相关的气候因子进行统计分析,分布区的气候特征如表 2 所示。对 8 个气候因子及与分布相关的经度和纬度进行因子分析,解释的总方差分析显示,前 3 个主成分的累积贡献率为 83.426% ,因此这 3 个主成分可以较好地解释原有变量所包含的全部信息。各环境因子的因子载荷矩阵可以解释其与主成分的关系,可见在影响国内榛属植物分布的 3 个主成分中,第 1 主成分主要代表了年均气温(X_1)、1 月平均气温(X_2)、无霜期(X_5)、极端低温(X_8),贡献率为 54.9% ,第 2 主成分主要解释经度(X_9)及 7 月平均气温(X_3)这 2 个因子,贡献率 18.27% ,第 3 主成分较好地代表了极端高温(X_7)。第 1 主成分贡献率较大,说明在统计的 10 个因子中,对榛属植物分布影响较大的主要是年均气温,1 月平均气温(X_2)、无霜期(X_5)、极端低温(X_8),其次是 7 月平均气温(X_3)和极端高温(X_7)。Bartlett 球形检验 $p < 0.01$,说明各环境因子之间存在显著相关性,KMO 计量为 0.826 ,大于 0.7 ,说明样本适宜进行因子分析。

表 1 中国榛属植物分布表

Table 1 The distribution of Chinese *Corylus* L. germplasm resources in China

省区(直辖市)	主要分布市县	主要山系	种质	海拔(m)
Province/Municipality	City/County	Mountain range	Germplasm	Elevation
黑龙江	北安、爱辉、呼玛、宝清、勃利、林口、绥棱、庆安、尚志、五常	小兴安岭、完达山、老爷岭、张广才岭	平榛、毛榛	300 ~ 600
吉林	梨树、延吉、汪清、敦化、通化、珲春、安图、伊通	长白山及其余脉	平榛、毛榛	300 ~ 1200
辽宁	铁岭、西丰、抚顺、新宾、清原、灯塔、辽阳、岫岩、凤城、宽甸、抚顺、本溪、丹东	中部、东部、北部的丘陵山地、缓坡	平榛、毛榛	100 ~ 600
内蒙古	赤峰市、哲理木、乌兰察布、呼伦贝尔	大兴安岭及余脉	平榛、毛榛	300 ~ 600
河北	武安、蔚县、阜平、平山、灵寿、赞皇、涿鹿、遵化、青龙、丰宁、滦平、隆化、围场、承德、兴隆	燕山、太行山	平榛、毛榛	≥1000
北京	密云、怀柔、延庆、门头沟	燕山	平榛、毛榛	≥1000
天津	蓟县	燕山	平榛	≥1000
山西	浑源、五台、晋城、陵川、阳城、古交、中阳、太原、沁水、夏县	太行山、吕梁山脉、中条山	平榛、毛榛	1100 ~ 2500
陕西	陇县、渭南、宜君、眉县、宁陕县、华阴县、户县、凤县、佛平、安康、岚皋	秦岭	平榛、毛榛	1000 ~ 2000
山东	青岛、烟台、淄博、胶州	胶东丘陵、鲁山、昆崮山、艾山、牙山	平榛、毛榛、川榛	
河南	嵩山、卢氏、栾川、西峡、南召、浙川、内乡、鲁山、济源、辉县	太行山、伏牛山、大别山、桐柏山区	平榛、毛榛、川榛、华榛、绒苞榛、刺榛	1000 ~ 2000
湖北	宣恩、利川、建始、巴东、驻锡、均县、兴山、房县、罗田、神农架、宜昌、五峰县	大巴山及余脉、武陵山	川榛、华榛、绒苞榛	1000 ~ 2500
安徽	黄山、霍山	黄山、大别山	川榛	1200 ~ 1600
湖南	石门、桑植、大庸、绥宁、新宁、城步、怀化、洪江、兹利、黔阳、湘西、衡山、龙山、永顺、武陵源、通道	衡山、天门山	川榛、华榛、藏刺榛	500 ~ 1700
四川	平武、南川、天全、会东、泸定、宝兴、木里、康定、洪雅、汶川、巫溪、乐山、攀枝花、凉山州、甘孜、西昌、米易、德昌、通江、武隆、马边、茂县、城口、金阳、美姑、宁南、昭觉	大巴山、峨眉山、岷山脉	平榛、毛榛、川榛、华榛、绒苞榛、滇榛、刺榛	1400 ~ 3000
贵州	织金、修文、开阳、息烽、贵阳、毕节、梵净山、咸宁、兴义	武陵山、梵净山、苗岭	川榛、华榛、滇榛、刺榛	1000 ~ 2000
甘肃	成县、天水、陇县、徽县、武山、康乐、武都、文县、舟曲、新都、平凉、华亭、庄浪、岷县、临潭、夏河、和政、合水	祁连山脉、岷山	平榛、毛榛、川榛、华榛、绒苞榛、刺榛	1500 ~ 2600
宁夏	固原、六盘山、泾源、隆德、原州区	六盘山	平榛、川榛	1600 ~ 2000
江苏	宜兴、连云港	云台山	平榛、川榛	300 ~ 625
浙江	天台、安吉、临安	天目山	川榛	≥1000
云南	维西、德钦、洱源、丽江、昆明、东川、昭通、彝良、镇雄、鹤庆、腾冲、漾濞、贡山、中甸、大理、嵩明		华榛、滇榛、刺榛、维西榛	1500 ~ 3700
青海	贵南、同德、民和、循化	祁连山余脉	毛榛	2000 ~ 2300
江西	九江、星子、武宁、修水、幕阜山、太平山	庐山、罗霄山脉	川榛	
西藏	察隅、错那、定结、聂拉木	喜马拉雅山脉	刺榛	2600 ~ 2800

表 2 环境因子分析主成分提取表

Table 2 Information of principal component of environmental factors

因子 Factor	主成分 Principal component		
	1	2	3
年均气温(X_1)	0.945	0.100	0.041
1月平均气温(X_2)	0.930	-0.231	0.065
无霜期(X_5)	0.906	0.143	-0.139
极端低温(X_8)	0.895	-0.334	-0.050
纬度(X_{10})	-0.818	0.506	-0.043
年均降水(X_4)	0.772	0.231	0.052
年日照时数(X_6)	-0.675	0.040	0.130
经度(X_9)	-0.383	0.865	-0.024
7月平均气温(X_3)	0.385	0.813	0.020
极端高温(X_7)	-0.047	-0.004	0.990

2.2.2 榛属植物分布区重要环境因子比较及其与分布种数的关系 对与国内榛属植物资源分布相关的气候因子进行统计分析,分布区的气候特征如图 1 所示。比较年均气温(X_1)、1 月份均温(X_2)、7 月份均温(X_3)、极端高温(X_7)、极端低温(X_8)等 5 个与温度相关的因素,可见参与分析的 7 个种质资源适生区的年均气温(X_1)介于 $-2.0 \sim 19.7 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,均值为 $11.4 \text{ }^\circ\text{C}$,表明榛属植物普遍适合生长在温和的环境中。极端低温最小值都低于 $-20.0 \text{ }^\circ\text{C}$,均值普遍低于 $0 \text{ }^\circ\text{C}$,表明低温对榛属植物分布有重要影响,与因子分析所得结果一致。平榛和毛榛具有较强的抗寒性,极端低温最小值为 $-48.2 \text{ }^\circ\text{C}$,远低于其他 5 个种质资源。平榛和毛榛分布区 1 月份均温的平均值低于 $0 \text{ }^\circ\text{C}$,但是,其他 5 个种质的 1 月均温

平均值高于 $0 \text{ }^\circ\text{C}$,可见榛属植物种间对于需冷量的要求是不同的。7 个种质分布区极端高温最大值高于 $42 \text{ }^\circ\text{C}$,可见种质间对高温的耐受性相近。川榛和华榛分布区平均年均降雨量较大,平榛和毛榛则远小于其他 5 个种质,可见榛属植物对水分的需求同样存在差异;平榛和毛榛的无霜期较短,约为 170 d 左右,其他 5 个种质的无霜期相对较长(图 2)。分布区年日照时数均值在 789.4 h 以上,种内和种间差异有统计学意义($p < 0.01$)。

将与榛属植物分布相关的 10 个因子中贡献率较大的年均气温(X_1)、无霜期(X_5)、极端低温(X_8)作为进入变量,其余因子作为逐步回归变量,以种质数(Y)作为因变量进行逐步回归分析。经过三步回归,模型复相关系数增大,标准估计误差减小,模型趋于准确,根据回归系数表建立的回归方程为 $Y = 11.883 - 0.051X_1 + 0.131X_2 - 0.003X_4 - 0.004X_5 - 0.001X_6 + 0.051X_8$,对模型进行检验,其残差直方图基本符合正态分布,表明模型效果良好。

2.2.3 不同榛属植物分布区气候相似性探究 利用国内各榛属植物种质分布区的气象基础数据,进行聚类分析,研究各种质分布区气候的相似性。聚类树状图(图 3)可清晰地看出各种质之间的距离和相似程度。国内 8 个种质资源最小距离系数为 0.008,最大为 0.74,可见榛属植物适生区气候因子种间的差异性较大。整体在距离系数 0.218 处聚为 3 类,其中第 I 类是主要分布在北方区的平榛和毛榛,聚类距离系数最小,适生区气候极为相似;川榛、华榛、绒苞榛、滇榛、刺榛聚为第 II 类,这 6 个种质之

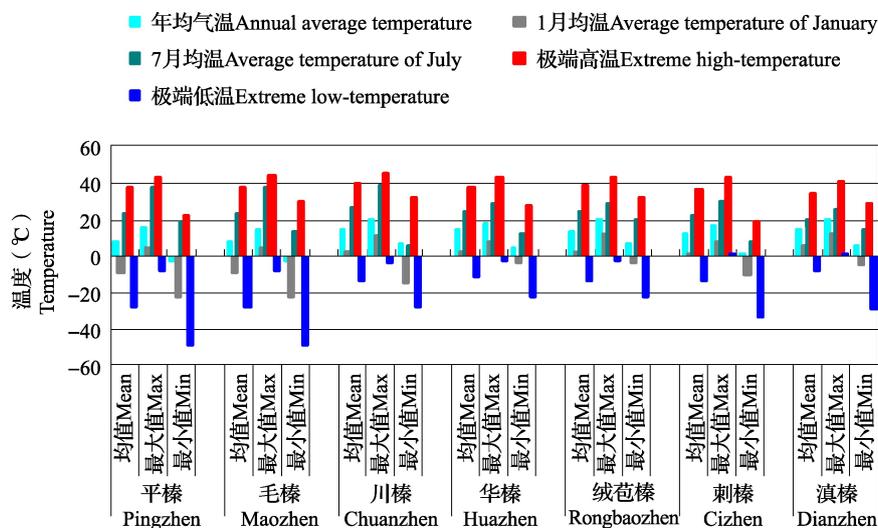


图 1 中国榛属植物资源分布区温度因子对比

Fig. 1 The temperature of the distribution areas of Chinese *Corylus L.* germplasm resources

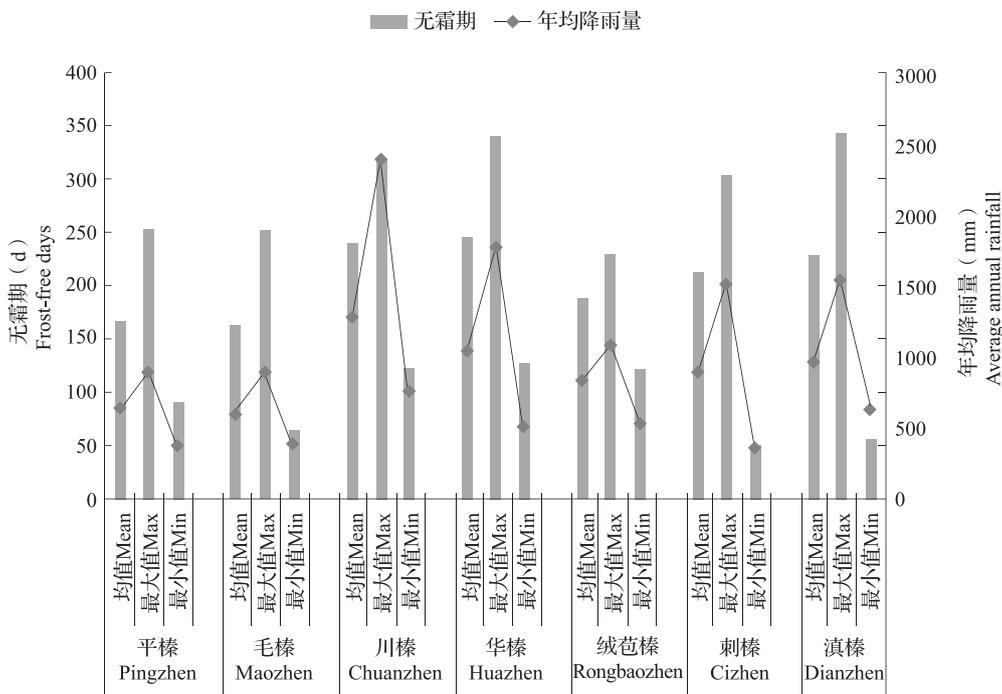


图 2 中国榛属植物资源分布区无霜期和年降雨量对比

Fig. 2 The contrast of frost-free season and annual rainfall of Chinese *Corylus L.* germplasm resources

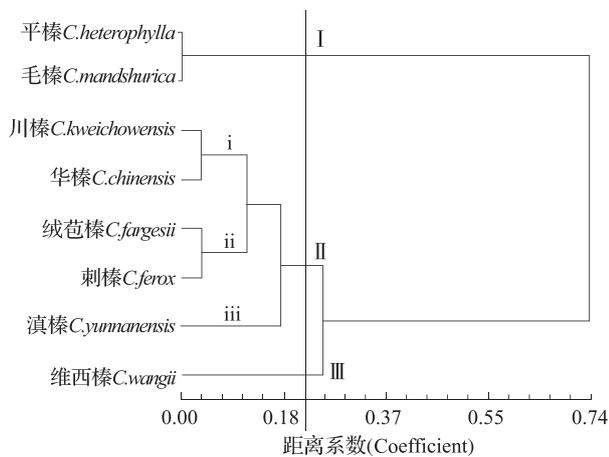


图 3 榛属植物种质分布区的气候相似性分析

Fig. 3 Climatic similarity analysis of *Corylus L.* germplasm resources distribution

间彼此距离仍存在差异,分为 3 个亚类:川榛和华榛同组(i),刺榛和绒苞榛同组(ii),滇榛为一组(iii);维西榛为第 III 类,独自成组。第 III 类与第 I 类的距离远大于其与第 II 类的距离,气候因子的相似性聚类结果与分布研究结果有较高的一致性。

3 讨论

3.1 中国榛属植物资源格局特征

本研究基于 GIS 技术支持,在前人的研究基础上对国内分布的 8 个榛属种质资源的分布格局做更

深一步探索。国内榛属植物种类丰富,分布情况复杂。榛属植物,尤其是灌木种,具有萌蘖克隆生殖特性,因此一般都趋于集群分布,并逐渐向随机分布过渡^[23]。本研究明确了不同种质的集中分布区,榛属植物从东北至西南,不同种质的适生区域不同,分布种数呈正态分布。而对种质垂直分布规律进行研究,榛属植物空间层次明显,一般同一地区有多个种质分布的情况下,种类从低海拔至高海拔递变,每个种质的主要海拔分布空间较为独立,零散分布有较少的重叠区域,例如,同一地区毛榛主要分布海拔一般高于平榛,刺榛的分布海拔一般高于川榛、华榛和绒苞榛,分布海拔随地理位置的差异也表现不同。同时其海拔分布范围与其他植物相比相对较大,如栗属一般分布海拔上限为 3000 m 左右,而榛属植物在滇西北海拔 3500 ~ 4000 m 的范围内仍有分布^[24]。由此可见,榛属种质资源在中国的分布格局杂而不乱,呈现广泛性、连续性、独立性的特点,这是种质遗传多样性和稳定性的基础。而种质的地理分布与地质变迁、环境条件、人类活动密切相关,环境条件中至关重要的应首推气候因子,且气候因子与榛属植物的分布存在定量关系^[25]。

3.2 气候对榛属植物分布的影响及其在构建生态群落中的作用

植被与气候之间的相互作用,表现在植被对其

适生区气候要素的适应性与植被对气候的反馈作用^[26]。气候是影响植物分布的主导因素,表现在光和热是生命活动能量来源,水分是影响植物生理活动因素和构成植物机体的基本成分^[27]。本研究对 108 个榛属植物分布的样点气候数据进行统计,分析榛属植物适生区气候总体趋势以及各种质间的区别。研究发现温度是影响榛属种质分布的主导因子,冷温尤为重要。早在 1987 年科学家发现全球尺度上的植物分布与极端气候(极端低温和极端高温)关系密切,可限定植被分布的空间界限,尤其是冬季气温直接控制本地地区的木本植物的自然分布^[28-29],本研究的结果与前人一致。温度对植物的影响主要表现在植物耐热和耐冷性及其对热量和冷量的需求。榛子对需冷量的要求更为严格,欧洲榛雄花序、雌花序、叶芽对冷量要求都存在差异,一般叶芽的需冷量最大,雄花序的需冷量最小;种质间差异更为显著^[30]。温度、光照、降水、无霜期等气候因子的平均和极端状态,对物种分布均有决定性影响,气候的变化也会造成物种分布范围的改变,包括目前适宜、新适宜和总适宜分布范围变化及分布空间格局变化^[31]。研究气候因子对物种分布的影响,一方面有利于未来生物多样性保护,另一方面对利用川榛等中南部种质为亲本材料,培育适合秦岭、长江中下游地区栽培的品种,打破目前只有适合北方栽培品种的现状,有重要的理论和现实意义。

3.3 气候对榛属植物种质遗传多样性的影响

物种多样性受遗传信息与环境因子的共同作用,榛属种质资源适生区气候的相似性是其对气候因子需求和种间遗传关系的体现,因此,探讨适生区气候的相似性有助于对种质间遗传关系和遗传多样性的研究^[32]。本研究对国内榛属植物种质间分布区适生气候的相似性探究,结果发现北方种平榛和毛榛距离较近,川榛、华榛、刺榛和绒苞榛和滇榛距离较近,这与中国榛属植物种间遗传关系的 SSR 分析和 RAPD 分析的结果基本一致^[33-34],适生区气候相似性的聚类结果与分子水平的种间遗传关系一致性良好,一方面受到气候因素本身在进化过程中对种质性状的选择作用,极其相似的气候条件会使种质获得部分相同的性状,并向子代遗传;另一方面还受到中国榛属植物分布的格局特征和自交不亲和性所影响,川榛、华榛、刺榛和绒苞榛和滇榛在甘肃南部、四川和云南北部、秦岭中交错分布,种间杂交亲和的种质相互授粉,基因交流频繁,因此遗传关系较近。

3.4 榛属植物种质遗传多样性研究的重要意义

目前,平欧杂种榛是中国最主要的栽培榛种,是利用中国野生平榛的抗寒性和国外欧洲榛的大果丰产特性,通过杂交获得的新种质,但是,平欧杂种榛的品种(系)主要适合北方地区栽培(最南分布在苏北和皖北一带),抗干热能力差,花器官不能完成休眠而导致产量降低或空壳率高,因此,急需利用南方地区的野生榛属植物资源进行新的杂交育种,如华榛的无萌芽性状和单干乔木性状、川榛广泛的适应性等^[35],培育适合秦岭以南、长江中下游地区栽培的榛子品种。同时,现有平欧杂种榛在坚果经济性状上也存在缺陷,急需根据未来国际市场的需求,进行适合各类加工产品的榛子新品种的选育工作^[36]。因此,开展适合各种育种目标的杂交亲本的选择和基于亲本间亲和性的杂交育种,是未来榛子育种工作的重要任务。本研究基于大数据检索,结合实地调查,全面探讨了中国榛属植物的分布格局,并对其适生区的气候条件进行评价,为新一代杂交育种亲本的选择和未来杂交后代的试验推广,提供了基础数据。

参考文献

- [1] Bassil N V, Botta R, Mehlenbacher S A. Microsatellite markers in hazelnut: isolation, characterization, and cross-species amplification [J]. *Amer Soc Hort Sci*, 2005, 130(4): 543-549
- [2] 胡先啸. 经济植物手册:上册[M]. 北京:科学出版社, 1955: 178-182
- [3] 陈嵘. 中国树木分类学[M]. 北京:北京科学技术出版社, 1957:175
- [4] 俞德浚. 中国果树分类学[M]. 北京:农业出版社, 1979: 258-264
- [5] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第二十一卷[M]. 北京:科学出版社, 1979:46-54
- [6] 张宇和, 柳莹, 梁维坚, 等. 中国果树志·板栗榛子卷[M]. 北京:中国林业出版社, 2005:190-200
- [7] 陈汉斌, 郑亦津, 李法曾. 山东植物志:上卷[M]. 青岛:青岛出版社, 1990:908
- [8] 中国科学院江西分院. 江西植物志[M]. 南昌:江西人民出版社, 1960:40-41
- [9] 刘克明. 湖南植物志[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 2000:115
- [10] 中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志[M]. 北京:科学出版社, 1991:172-179
- [11] 牛春山. 陕西树木志[M]. 北京:中国林业出版社, 1990:117
- [12] Austin M P. Spatial prediction of species distribution: An interface between ecological theory and statistical modeling [J]. *Ecol Model*, 2002, 157:101-118
- [13] 郝晓慧, 温仲明, 王金鑫, 等. 基于 GAM 模型的延河流域主要草地物种空间分布及其与环境的关系[J]. *生态学杂志*, 2008, 27(10):1718-1724
- [14] 沈泽昊, 张新时. 三峡大老岭地区主要木本植物分布的地形格局[J]. *植物生态学报*, 2000, 24(5):581-589
- [15] 陈海生, 刘国顺, 刘大双, 等. GIS 支持下的河南省烟草生态适宜性综合评价[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(7):2425-2433
- [16] 朱源, 康慕谊. 排序和广义线性模型与广义可加模型在植物种与环境关系研究中的应用[J]. *生态学杂志*, 2005(24):

- 807-811
- [17] 刘瑞雪,詹娟,史志华,等.丹江口水库消落带土壤种子库与地上植被和环境的关系[J].应用生态学报,2013,24(3):801-808
- [18] 王巍,刘灿然,马克平,等.东灵山两个落叶阔叶林中辽东栎种群结构和动态[J].植物学报,1999,41(4):425-432
- [19] 王婧,王少波,康宏樟,等.东亚地区栓皮栎的地理分布格局及其气候特征[J].上海交通大学学报,2009,28(6):235-241
- [20] 吴正方,斩英华,刘吉平,等.东北地区植被分布全球气候变化区域响应[J].地理科学,2003,23(5):564-570
- [21] Mccarty J P. Ecological consequences of recent climate change [J]. Conserv Biol,2001,15:320-331
- [22] Thomas C D, Cameron A, Green R E, et al. Extinction risk from climate change [J]. Nature,2004,427:145-148
- [23] 戚继忠,郝永福,李克元.榛子种群空间格局及其动态研究[J].吉林林学院学报,1996,12(2):99-103
- [24] 刘国华,方精云.我国栗属物种(*Castanea millissima*)地理分布及其空间特征分析[J].生态学报,2001,21(1):164-170
- [25] 纪国锋,戚继忠.榛属内种的分布与气候因子关系的研究[J].吉林林学院学报,1997,13(3):129-131
- [26] 杨正宇,周广胜,杨安.4个常用的气候-植被分类模型对中国植被分类模拟的比较研究[J].植物生态学报,2003,27(5):587-593
- [27] 方精云.我国森林植被带的生态气候学分析[J].生态学报,1991,11(4):377-387
- [28] Woodward E I, Williams B G. Climate and plant distribution at global and local scales [J]. Vegetatio,1987,69:189-197.
- [29] Box E O, Cmmpacker D W, Hardin E D. A climatic model for location of plant species in Florida, USA [J]. J Biogeogr,1993,30:629-644
- [30] Mehlenbacher S A. Chilling requirements of hazelnut cultivars [J]. Sci Hortic-Amsterdam,2001,47:271-282
- [31] Walther G R, Post E, Convey P, et al. Ecological response to recent climate change [J]. Nature,2002,416:389-395
- [32] 杨锋,刘志,伊凯,等.东北山定子(*Malus baccata* (L.) Borkh)野生居群表型遗传多样性分析及生态地理分布研究[J].植物遗传资源学报,2015,16(3):490-496
- [33] 冯斌,张希踪,解明,等.榛子种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J].辽宁师范大学学报,2007,30(2):216-219
- [34] 王艳梅,苏淑钗,翟明普.中国榛属植物遗传关系的 SSR 分析[J].东北林业大学学报,2008,36(11):48-51
- [35] 马庆华,霍宏亮,陈新,等.川榛遗传资源分类、分布及其研究利用现状分析[J].植物遗传资源学报,2014,15(6):1223-1231
- [36] 马庆华,王贵禧,梁维坚,等.我国榛属植物种质资源的研究、利用与创新[J].果树学报,2013(1):159-164

欢迎订阅 2017 年《作物学报》中、英文版

《作物学报》是中国科学技术协会主管、中国作物学会和中国农业科学院作物科学研究所共同主办、科学出版社出版的有关作物科学的学术期刊。本刊从 2001 年起连续 14 年被中国科技信息研究所授予“百种中国杰出学术期刊”称号。2013 和 2015 年被新闻出版广电总局评为“百强科技期刊”，2011 年获“第二届中国出版政府奖期刊奖提名奖”。本刊主要刊载农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、种质资源以及与作物生产有关的生物技术、生物数学等学科具基础理论或实践应用性的原始研究论文、专题评述和研究简报等。

月刊，每期定价 60 元，全年 720 元。全国各地邮局均可订阅，刊号：ISSN 0496 - 3490，CN 11 - 1809/S，邮发代号：82 - 336，也可向编辑部直接订购。

The Crop Journal (《作物学报》英文版) 是中国科协主管，中国作物学会、中国农业科学院作物科学研究所和中国科技出版传媒股份有限公司共同主办的学术期刊。本刊目前被 ESCI 数据库、Scopus 数据库、美国化学文摘(CA)、英国国际农业与生物科学研究中心文摘(CABI)、英国食品科学与技术文摘、联合国粮农组织的 AGRIS 数据库、DOAJ、中国科学引文数据库(CSCD)、中国知网、万方数据、中国科技论文在线等收录，且与国际知名出版商 Elsevier 合作，在 ScienceDirect 网络出版平台实现全文开放获取(Open Access)和在线预出版(Online first)。本刊主要刊登农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、生态、种质资源以及与农作物有关的生物技术、生物数学、农业气象等领域以第一手资料撰写的研究论文、研究简报以及专题综述等。

双月刊，每期定价 60 元，全年 360 元。全国各地邮局均可订阅，刊号：CN 10 - 1112/S，ISSN 2095 - 5421，2214 - 5141 (Online)，邮发代号：80 - 668，也可向编辑部直接订购。

地址：北京市海淀区中关村南大街 12 号中国农业科学院作物科学研究所《作物学报》编辑部

邮编：100081

电话：010-82108548；010-82105793

网址(中文刊)：<http://zwx.chinacrops.org/>

E-mail(中文刊)：zwx301@caas.cn

网址(英文刊)：<http://www.sciencedirect.com/science/journal/22145141>

E-mail(英文刊)：cropjournal@caas.cn