

基于气象因子的柏木属植物引种成活率预测模型

殷茜, 刘兴剑, 任全进, 李亚 (江苏省中国科学院植物研究所/南京中山植物园, 江苏南京 210014)

摘要 [目的]探索柏木属(*Cupressus* L.)植物在南京中山植物园的引种成活率与来源地各气象因子之间的关系。[方法]根据1976年以来的档案数据,通过主成分分析法对气象因子参数进行降维处理,得到2个相互独立的主成分;以主成分为自变量,平均成活率为因变量,利用回归分析法建立引种成活率预测模型。[结果]引种成活率预测模型为: $Y = 88.480 + 0.028Z_1 - 0.10Z_2$,其中主成分 Z_1 温光条件因子是决定引种成活率最主要的因素。[结论]该模型可为柏木属植物引种前评估提供理论依据。
关键词 柏木属植物;引种成活率;气象因子;主成分分析法;回归分析
中图分类号 Q948.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)24-0009-02

Prediction Model of Survival Rates of Introduced *Cupressus* Plants Based on Meteorological Factors
YIN Qian, LIU Xing-jian, REN Quan-jin et al (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences/Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-sen, Nanjing, Jiangsu 210014)
Abstract [Objective] The aim was to study the relationship between the survival rate of introduced *Cupressus* plants in Nanjing botanical garden Mem. Sun Yat-sen and the environmental factors of source area. [Method] The data from 1976 to now was studied by the principal component analysis(PCA). The meteorological parameters were reduced to 2 independent principal components. With the principal components as independent variable, the average survival rate as dependent variable, the regression analysis method was used to establish the prediction model of the survival rate. [Result] The prediction model of the survival rate was as followed: $Y = 88.480 + 0.028Z_1 - 0.10Z_2$, the main component Z_1 as temperature and light condition factor was the most important factor determining survival rate of introduction. [Conclusion] This model can provide the basis for the evaluation of *Cupressus* plant introduction.
Key words *Cupressus* plant; Survival rate of introduced plants; Meteorological factors; Principal component analysis; Regression analysis

柏科(Cupressaceae)柏木属(*Cupressus* L.)是一个古老的属,起源于地中海地区,分布于北美南部、亚洲东部、喜马拉雅山区及地中海等温带及亚热带地区,共约20种,其中4种为我国特有^[1-2]。柏木属植物多为高大常绿乔木,叶鳞形,树冠浓绿秀丽、材质细密,可供建筑、桥梁、家具等用材,枝叶可提供芳香油,亦可作园林观赏^[3]。南京中山植物园自1929年建园至今,从国内外引种大量柏木属植物,经过几十年的引种实践,部分引种成功,部分植物因为不适宜而死亡。植物的引种驯化是一门综合性的应用科学,气象相似论是重要的理论基础之一^[4],为揭示气象因子与柏木属植物引种成活率的相关性,笔者收集了该属12种植物引种来源地的气象信息,并在此基础上运用主成分回归分析法,构建了柏木属植物引种成活率预测模型。

1 材料与方法

1.1 栽培地自然条件 南京中山植物园坐落于紫金山国家森林公园内,占地面积186 hm²,地理坐标为118°48'E, 32°07'N,海拔30~300 m,年平均气温15.4℃,1月平均温度2.3℃,7月平均温度27.7℃,无霜期237 d,年降水量1 000 mm,土壤为黄棕壤和黄褐土。

1.2 材料选择与成活率计算 南京中山植物园自1929年建园至今,从国内外引种柏木属植物共104批次,780余株,涵盖了21个分类单元。为了排除主要以历史人为等因素导致的植物死亡,根据1976年文革后的植物档案,选取与登记号对应的12种柏木属植物(共64批次,547株)为研究对象,记录成活数,与定植数对比分别计算平均引种成活率。

1.3 气象资料 国内气象资料来源于中国气象科学数据共享服务网 <http://cdc.cma.gov.cn>,国外气象资料来源于世界天气信息服务网 <http://www.worldweather.cn/zh/home.html>,来源地气象数据为近30年期的平均值,海拔资料来源于 <http://haiba.qhdi.com/>,不同来源地的气象参数,取各地平均值参与计算。

1.4 预测模型构建 运用主成分分析和回归分析法,构建成活率预测模型。试验数据均采用SPSS 24.0软件处理。

2 结果与分析

2.1 引种成活率与气象参数 对12种不同来源地的柏木属植物的成活率进行测算,收集来源地气象参数,测算平均值结果见表1。

2.2 主成分分析 通过主成分变换,将相关性较高的变量信息综合成相关性低的主成分,解决气象因子之间多重共线性的问题^[5-6]。气象参数之间的相关系数矩阵见表2。由表2可知,各参数间存在不同程度的相关性,通过KMO和Bartlett球形度检验可知,KMO值=0.271, Bartlett球形度检验 $P(=0.000) < 0.01$,综合2个指标,说明气象参数之间存在相关性,适宜进行主成分分析。

7项气象参数进行主成分分析结果见表3。由表3可知,前2个主成分累积贡献率达76.017%,基本反映了气象因子的主要信息,各特征值表征各主成分在各变量上的荷载,从而得到各主成分的表达式如下:

$$Z_1 = 0.846X_1 + 0.625X_2 + 0.937X_3 + 0.441X_4 + 0.001X_5 - 0.782X_6 - 0.803X_7 \quad (1)$$

$$Z_2 = -0.033X_1 - 0.285X_2 + 0.034X_3 + 0.754X_4 + 0.977X_5 + 0.463X_6 - 0.254X_7 \quad (2)$$

主成分 Z_1 在各变量上的荷载排序为: $X_3 > X_1 > X_7 > X_6 > X_2 > X_4 > X_5$,与气温、光照密切相关的因子排在靠前位

基金项目 南京中山植物园绿手指基金项目。
作者简介 殷茜(1985—),女,江苏南京人,助理研究员,硕士,从事植物园的活植物管理。
收稿日期 2017-06-16

表 1 柏木属植物平均引种成活率与来源地气象参数

Table 1 The average survival rate of introduced *Cupressus* plants and meteorological parameters of source area

序号 No.	中文名 Chinese name	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Y
1	绿干柏 <i>Cupressus arizonica</i>	3.0	29.5	15.06	46.22	4.70	4	3.45	89.0
2	阿里桑那光柏 <i>C. arizonica</i> var. <i>glabra</i>	-8.4	27.3	7.90	46.28	7.32	2 104	11.00	31.3
3	岷江柏木 <i>C. chengiana</i>	-2.0	25.5	12.31	120.34	11.62	1 150	3.80	57.8
4	干香柏 <i>C. duclouxiana</i>	2.2	25.0	15.48	87.59	11.34	2 350	4.30	24.6
5	巨柏 <i>C. gigantea</i>	-6.0	22.8	8.20	53.42	10.20	3 200	6.70	0.6
6	墨西哥柏木 <i>C. lusitana</i>	5.8	26.6	16.53	68.02	10.62	2 100	5.64	31.8
7	麦克纳布柏木 <i>C. macnabiana</i>	3.6	33.4	16.11	39.21	5.01	8	5.91	88.8
8	门多西诺柏木 <i>C. pigmaea</i>	7.6	21.2	14.08	50.06	6.08	16	6.10	88.9
9	地中海柏木 <i>C. sempervirens</i>	1.4	31.8	15.63	138.42	9.75	121	5.10	86.8
10	柱形意柏 <i>C. sempervirens</i> ‘ <i>Stricta Group</i> ’	3.1	30.6	15.20	67.03	6.62	53	4.10	89.1
11	塔形意柏 <i>C. sempervirens</i> ‘ <i>pyramidalis</i> ’	-0.9	29.2	12.99	76.68	6.92	122	4.01	86.9
12	西藏柏木 <i>C. torulosa</i>	-10.1	22.7	8.06	35.04	5.01	2 300	8.25	25.8

注: X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 Y 分别代表月均最低气温(℃)、月均最高气温(℃)、月平均气温(℃)、月均降水量(mm)、月均降水日(d)、平均海拔(m)、平均日照时长(h)和平均成活率(%)
Note: X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 and Y stand for mean monthly minimum temperature(℃), mean monthly maximum temperature(℃), mean monthly temperature(℃), monthly rain fall amounts(mm), mean monthly precipitation day(d), average elevation(m), average sunshine duration(h) and average survival rate(%)

置,所以将 Z_1 称为“温光条件因子”;主成分 Z_2 在各变量上的荷载排序为: $X_5 > X_4 > X_6 > X_2 > X_7 > X_3 > X_1$,与降水量、降水日密切相关的因子排在靠前位置,所以将 Z_2 称为“水分条件因子”。

表 2 气象参数之间的相关性

Table 2 Correlation relationships between the climatic factors

参数 Parameter	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1.000						
X_2	0.273	1.000					
X_3	0.915	0.527	1.000				
X_4	0.163	0.215	0.327	1.000			
X_5	0.012	-0.224	0.066	0.693	1.000		
X_6	-0.592	-0.600	-0.602	-0.156	0.494	1.000	
X_7	-0.621	-0.290	-0.703	-0.464	-0.188	0.495	1.000

表 3 前 2 个主成分的特征值及累积贡献率

Table 3 Eigenvalue and cumulative contribution rate of the first 2 principal components

参数 Parameter	成分 Components	
	1	2
X_1	0.846	-0.033
X_2	0.625	-0.285
X_3	0.937	0.034
X_4	0.441	0.754
X_5	0.001	0.977
X_6	-0.782	0.463
X_7	-0.803	-0.254
特征值 Eigenvalue	3.436	1.885
方差贡献率 Variance contribution rate//%	49.091	26.927
累积贡献率 Cumulative contribution rate//%	49.091	76.017

2.3 回归分析与预测模型构建 用平均成活率作因变量,主成分 Z_1 、 Z_2 作自变量,进行多元回归分析,得到二元线性回归方程: $Y = 88.480 + 0.028Z_1 - 0.10Z_2$,该回归方程 $F =$

25 768.773, $P(=0.000) < 0.01$,说明该方程非常显著。 Z_1 的回归系数检验 $t = 12.165$, $P(=0.000) < 0.01$,说明 Z_1 的回归系数检验达到非常显著水平,对于平均成活率影响非常显著, Z_2 的回归系数检验 $t = -2.526$, $P(=0.032) < 0.05$,说明 Z_2 的回归系数检验达到显著水平,对平均成活率影响显著。

3 结论与讨论

采用主成分分析法,可避免气象因子间的相互干扰,在减少变量的同时解决多重共线性问题,将多个影响成活率的气象参数转化为 2 个综合指标,即主成分。主成分 Z_1 回归系数检验非常显著,进一步证明温光条件,较其他气象因子而言,最大程度地影响着柏木属植物的引种成活情况;主成分 Z_2 回归系数检验显著,证明水分条件对柏木属植物的引种成活情况有较多影响,但不及温光条件更主要。

建立的回归方程显著,说明用主成分作为自变量进行回归来预测柏木属植物引种成活率是合适的,该模型可为柏木属植物引种前评估提供依据。由于影响引种植物成活率的因素,除气象因子外还有物种本身适应能力、栽培管理、其他人为因素、突发极端天气等复杂因素,因此,基于气象因子对引种成活率进行预测,需要因植物种类而异,可为引种技术改进提供参考。

参考文献

[1] 牟林春,王丽,姚丽,等. 中国柏木属(*Cupressus* L.)植物的 petG-trmP 序列分析及其系统学意义[J]. 四川大学学报(自然科学版),2005,42(5):1033-1037.
[2] 汪企明,吴礼才,余金柱,等. 柏木属引种研究[J]. 江苏林业科技,1992(1):1-7,45.
[3] 傅立国,陈潭清,郎楷永,等. 中国高等植物志:第三卷[M]. 青岛:青岛出版社,2000:78.
[4] 贺善安,张佐双,顾姻,等. 植物园学[M]. 北京:中国农业出版社,2004:44.
[5] 刘润幸. 利用 SPSS 进行主成分回归分析[J]. 中国公共卫生,2001,17(8):746-748.
[6] 张洪军. 主成分分析方法求解主成分方法的改进[J]. 学术问题研究,2016(1):95-100.