

Limiting Ecological Factor Correlation Analysis of Shanxi Exotic Tree Species

Yanqin Feng, Ying Li, Nan Li, Yinding Lin*

Forestry College, Shanxi Agricultural University, Taigu
Email: fengyanqin128@126.com, *lyd_sxnd@sohu.com

Received: Feb. 24th, 2014; revised: Mar. 21st, 2014; accepted: Mar. 29th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

A systematic investigation including biological characteristics, ecological habits and environment factors of exotic tree species in Shanxi was carried out through the field method. According to the introduced theory of dominant factor, the analysis about different ecological factors in the process of introducing plant adaptability cultivation was performed. On this basis, the correlation degrees of ecological factors were analyzed. Finally, the key factors and contributions that will affect the growth of exotic tree species were put forward.

Keywords

Shanxi, Trees Introduction, Dominant Factor, Correlation Degree Analysis, Eco-Adaptation

山西外引园林树种限制性生态因子 关联度分析

冯燕琴, 李颖, 李楠, 蔺银鼎*

山西农业大学林学院, 太谷
Email: fengyanqin128@126.com, *lyd_sxnd@sohu.com

收稿日期: 2014年2月24日; 修回日期: 2014年3月21日; 录用日期: 2014年3月29日

*通讯作者。

摘要

采用实地调查法对山西外引园林树种的生物学特性、生态学习性以及当地的主要生态因子等进行了系统调查。依据主导因子引种理论,分析了不同生态因子在引进植物适应性栽培过程中所发挥的作用。最后对影响外引树种的生态因子进行了关联度分析,提出了影响山西省外引树种生态适应性的主导因子及贡献排序。

关键词

山西, 外引树种, 主导因子, 关联度分析, 生态适应性

1. 引言

城市园林化是城市建设的发展趋势,而引进丰富多样的外来树种是实现城市绿化事业发展的重要条件。但是伴随着大规模引入异地园林树种,也带来了外因树木的生态隐患和经济损失。因此借鉴国内外研究成果,探讨外引园林树种综合评价方法和体系是非常必要的。关联度分析也称灰色关联度分析,属于灰色系统理论范畴。作为一种分析方法,目前已相继在工业、经济和农业等各个领域开始应用。作者尝试将关联度分析方法应用于城市园林植物的生态适应性评价,以探讨城市园林植物综合评价的新途径。

2. 山西园林树木引种区生态特征

山西地处暖温带与中温带的过渡带,北纬 $34^{\circ}34'48''\sim 40^{\circ}43'24''$,东经 $110^{\circ}14'36''\sim 114^{\circ}33'24''$ 。山西属温带大陆性气候。冬季长而寒冷干燥;夏季短而炎热多雨;春季日夜温差大,风沙多;秋季短暂,气候温和[1]。年平均气温 $3\sim 14^{\circ}\text{C}$,昼夜温差大,南北温差也大。平均降水量为400到650毫米,但季节分布不均匀,夏季6~8月降水高度集中且暴雨多,降水量约占全年的60%以上。不同的微气候形成了山西省园林绿化树种分布格局的多样性[2](见表1)。

Table 1. Ecological factors of Introduction

表 1. 引种区生态因子

地点	无霜期(d)	年均温($^{\circ}\text{C}$)	极端低温($^{\circ}\text{C}$)	极端高温($^{\circ}\text{C}$)	年日照时数(h)	年降雨量(mm)
运城	210	12.8	-24.6	42.8	2276.5	555
临汾	190	10.7	-25.6	42.3	2194	483.9
长治	170	7.9	-22	38	2517	600
朔州	130	6.9	-40.4	38.3	2850	423
阳泉	155	10	-16.2	40.2	2800	500
离石	135	8.7	-25.4	38.9	2633	550
忻州	144	6.7	-26	38	2807.5	467
大同	128	5.5	-29.1	37.7	2800	400
晋城	197	11	-17.3	36.5	2563	597.1
榆次	158	9.8	-33	39.1	2662	450
太原	170	9.3	-25.5	39.4	2808	466.6
太谷	175	9.8	-25	40	2595.2	462.9

3. 分析方法

影响树木生长发育的生态条件是多种多样的。对树木引种驯化影响较大的生态因子主要有：极端高温、极端低温、年均温、年降雨量、日照时数等[3]。下面以樟子松为例来对主导因子影响树木引种的排序进行比较说明。

运用关联度分析法[4]对引种区与原产地的主要生态因子进行关联度分析。对几组变量曲线进行几何关系的对比。

由于表 2 中各生态因子的数量大小相差太大，为了便于计算比较，分析之前，需要对各生态因子进行归整化处理，将各因子原始数列表(见表 3)。

然后首先采用 y_j/y_j 和 $X_{k,j}/X_{k,1}$ 式原始数列的初始化值，求算结果见初始化序列表(见表 4)。

式中： $j = k = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)$ ，用 $y_j - X_{k,j}$ 式求差序列。结果见差序列表(见表 5)。

求最小值与最大值：

$$\min_{k,j} |y_j - X_{k,j}| = |1-1| = 0$$

$$\min_{k,j} |y_j - X_{k,j}| = |4.58 - 0.38| = 4.21$$

求关联系数 ξ (见表 6)，其公式为：

Table 2. Introduction of ecological factors between the origins and introduced areas on *Pinus sylvestris*

表 2. 樟子松原产地与引种区生态因子比较

地点	无霜期(d)	年均温(°C)	极端低温(°C)	极端高温(°C)	年日照时数(h)	年降雨量(mm)
大兴安岭北部	85	2.4	-46	39	1400	450
长治	170	7.9	-22	38	2517	600
朔州	130	6.9	-40.4	38.3	2850	423
阳泉	155	10	-16.2	40.2	2800	500
离石	135	8.7	-25.4	38.9	2633	550
忻州	144	6.7	-26	38	2807.5	467
大同	128	5.5	-29.1	37.7	2800	400
晋城	197	11	-17.3	36.5	2563	597.1
榆次	158	9.8	-33	39.1	2662	450
太原	170	9.3	-25.5	39.4	2808	466.6

Table 3. Ecological factors in the origins and introduced areas of *Pinus sylvestris*

表 3. 樟子松原产地与引种区的主要生态因子

地点	大兴安岭北部	长治	朔州	阳泉	离石	忻州	大同	晋城	榆次	太原
无霜(d)	85	170	130	155	135	144	128	197	158	170
年均温(°C)	2.4	7.9	6.9	10	8.7	6.7	5.5	11	9.8	9.3
极端低温(°C)	-46	-22	-40.4	-16.2	-25.4	-26	-29.1	-17.3	-33	-25.5
极端高温(°C)	39	38	38.3	40.2	38.9	38	37.7	36.5	39.1	39.4
年日照时数(h)	1400	2517	2850	2800	2633	2807.5	2800	2563	2662	2808
年降雨量(mm)	450	600	423	500	550	467	400	597.1	450	466.6

Table 4. At the beginning of the sequence table in the origins and introduced areas of *Pinus sylvestris*
表 4. 樟子松原产地与引种区初化值序列表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	1.00	2.00	1.53	1.82	1.59	1.69	1.51	2.32	1.86	2.00
X ₁	1.00	3.29	2.88	4.17	3.63	2.79	2.29	4.58	4.08	3.88
X ₂	1.00	0.48	0.88	0.35	0.55	0.57	0.63	0.38	0.72	0.55
X ₃	1.00	0.97	0.98	1.03	1.00	0.97	0.97	0.94	1.00	1.01
X ₄	1.00	1.80	2.04	2.00	1.88	2.01	2.00	1.83	1.90	2.01
X ₅	1.00	1.33	0.94	1.11	1.22	1.04	0.89	1.33	1.00	1.04

Table 5. Difference sequence table in the origins and introduced areas of *Pinus sylvestris*
表 5. 樟子松原产地与引种区差异序列表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X ₁	0.00	1.29	1.35	2.34	2.04	1.10	0.79	2.27	2.22	1.88
X ₂	0.00	2.81	2.00	3.81	3.07	2.23	1.66	4.21	3.37	3.32
X ₃	0.00	0.50	0.10	0.68	0.45	0.41	0.33	0.56	0.29	0.46
X ₄	0.00	0.82	1.05	0.97	0.88	1.03	1.03	0.89	0.90	1.00
X ₅	0.00	0.46	1.10	0.89	0.66	0.97	1.11	0.50	0.90	0.97

Table 6. Correlation coefficient of the sequence table in the origins and introduced areas of *The Pinus sylvestris*
表 6. 樟子松原产地与引种区关联系数序列表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
{§}	1.00	0.62	0.61	0.47	0.51	0.66	0.73	0.48	0.49	0.53
{§}	1.00	0.43	0.51	0.36	0.41	0.49	0.56	0.33	0.38	0.39
{§}	1.00	0.81	0.95	0.76	0.83	0.84	0.86	0.79	0.88	0.82
{§}	1.00	0.72	0.67	0.68	0.70	0.67	0.67	0.70	0.70	0.68
{§}	1.00	0.82	0.66	0.70	0.76	0.69	0.65	0.81	0.70	0.68

$$\xi_{k,j} = \frac{\min_{k,j} |y_j - X_{k,j}| + \rho \times \max_{k,j} |y_j - X_{k,j}|}{|y_j - X_{k,j}| + \rho \times \max_{k,j} |y_j - X_{k,j}|}$$

ρ 为分辨系数，通常 $\rho = 0.5$ 。

按 $r_i = \frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 (\xi)$ 求 $\{x_1\} \dots \{x_{10}\}$ 的关联度 r ，结果如下。

$$r_1 = 0.61 \quad r_2 = 0.49 \quad r_3 = 0.85 \quad r_4 = 0.72 \quad r_5 = 0.75$$

通过灰色关联度分析，得出年均温、极端低温、极端高温、年日照时数、年均降水量对樟子松生长影响程度的大小顺序为 $r_3 > r_5 > r_4 > r_1 > r_2$ ，影响樟子松引种的生态因子排列：极端高温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端低温 > 年均温。

4. 分析结果

用上述方法计算出其他树种生态因子的关联度，结果如表 7。

Table 7. The dominant factor affecting tree introduction

表 7. 影响树木引种的主导因子排序表

编号	树种名称	主导因子排序
1	大果青杆	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
2	樟子松	极端高温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端低温 > 年均温
3	雪松	年均温 > 日照时数 > 极端低温 > 极端高温 > 年均降水量
4	美国五针松	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
5	红皮云杉	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
6	水杉	年均温 > 日照时数 > 年均降水量 > 极端高温 > 极端低温
7	铺地柏	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
8	翠蓝柏	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
9	香柏	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
10	新疆杨	年均温=日照时数 > 极端高温 > 极端低温 > 年均降水量
11	金丝柳	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
12	银芽柳	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
13	圆冠榆	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
14	金叶榆	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 日照时数 > 极端高温
15	大叶榆	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
16	紫玉兰	年均降水量 > 极端低温 > 极端高温 > 年均温 > 日照时数
17	广玉兰	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
18	望春玉兰	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
19	鹅掌楸	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
20	法桐	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
21	珍珠绣线菊	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
22	粉花绣线菊	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
23	金焰绣线菊	年均降水量 > 年均温 > 极端低温 > 日照时数 > 极端高温
24	金山绣线菊	年均降水量 > 年均温 > 极端低温 > 日照时数 > 极端高温
25	火棘	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
26	枇杷	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
27	石楠	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
28	贴梗海棠	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
29	四季玫瑰	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
30	棣棠	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
31	鸡麻	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
32	紫叶李	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
33	美人梅	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
34	东京樱花	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数

续表

35	日本晚樱	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
36	紫叶矮樱	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
37	槭栎	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
38	山皂荚	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
39	紫穗槐	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
40	刺槐	年均温 > 日照时数 > 极端高温 > 极端低温 > 年均降水量
41	毛刺槐	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
42	香花槐	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
43	锦熟黄杨	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
44	雀舌黄杨	年均降水量 > 年均温 > 日照时数 > 极端高温 > 极端低温
45	朝鲜黄杨	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
46	火炬树	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
47	美国红栎	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
48	胶东卫矛	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
49	美国红枫	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
50	鸡爪槭	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
51	三角枫	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
52	复叶槭	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
53	银槭	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
54	黄山栾树	年均降水量 > 年均温 > 日照时数 > 极端高温 > 极端低温
55	西南栾树	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
56	美国地锦	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
57	木槿	年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数 > 极端低温
58	紫薇	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
59	石榴	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
60	八角金盘	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
61	雪柳	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
62	洋白蜡	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
63	美国白蜡	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
64	金钟花	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
65	东北连翘	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
66	洋丁香	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
67	辽东丁香	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
68	金叶女贞	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
69	白花泡桐	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
70	黄金树	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温

续表

71	美国凌霄	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
72	鞑靼忍冬	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
73	红花忍冬	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
74	台尔曼忍冬	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
75	珊瑚树	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
76	天目琼花	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
77	木绣球	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
78	红王子锦带	年均温 > 极端低温 > 年均降水量 > 日照时数 > 极端高温
79	海州常山	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
80	黄檗	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
81	海桐	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
82	枸骨	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
83	偃伏榉木	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数
84	棕榈	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
85	北美枫香	年均降水量 > 极端低温 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
86	粗榧	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
87	金桂	极端低温 > 年均降水量 > 年均温 > 极端高温 > 日照时数
88	凤尾兰	极端低温 > 年均温 > 年均降水量 > 极端高温 > 日照时数

5. 结论

经对山西省现有 88 种外引园林树种的限制性因子进行关联度分析, 极端低温为主导限制因子的树种 49 种, 占总引种数的 55%; 年降水量为主导限制因子的树种 24 种, 占总引种数的 27%; 年均温为主导限制因子的树种 13 个, 占总引种数 14%。结果表明, 山西省虽然从南到北生态气候的差异非常明显, 但在诸多对外引园林树木的限制性生态因子中, 极端低温和干旱分别占据前两位。该研究结果该分析结果和山西的生态特征是一致的[1]。这一研究结果对山西省筛选新的外引园林树种具有重要的指导意义。对此, 建议山西省以及同类生态区在引进异地园林树种时, 重点考察拟引入园林树种的温度和湿度等生态因子的适应范围即生态幅, 尤其注重拟引入园林树种对极端低温和干旱的耐受力。同时也应成为制定园林植物管护措施的理论依据。

基金项目

山西省林业科技创新课题。

参考文献 (References)

- [1] 裴淑兰, 梁林峰 (2008) 太原市园林绿化树种的调查与分析. *中国园林*, **6**, 90-94.
- [2] 徐树文, 白埃堤, 主编 (2000) 山西省林木种质资源及区划. 中国林业出版社, 北京.
- [3] 张士权 (2005) 晋西北树木引种驯化初步研究. *山西林业科技*, **4**, 7-10.
- [4] 李叶, 张川红, 郑勇奇 (2010) 外来树种生态经济综合评价指标体系. *生态学杂志*, **5**, 1039-1046.