

济南城区绿地大叶女贞抗寒性分析与评价

慕德宇^{1*}, 张睿¹, 房乐瑶¹, 刘瑾¹, 王治华¹, 李楠¹, 慕宗昭²

¹山东建筑大学, 艺术学院园林植物研究所, 山东 济南

²山东省林业外资与工程项目管理站, 山东 济南

收稿日期: 2022年3月21日; 录用日期: 2022年5月10日; 发布日期: 2022年5月19日

摘要

针对2021年初济南市两次强寒潮(-18.3℃)天气侵袭, 采用全面踏查、典型抽样、样地详查的方法, 采集了济南城区20处绿地大叶女贞冻害数据。通过引入树体冻损指数概念, 构建其计算方法, 采用聚类分析和主成分分析对大叶女贞抗寒性进行综合评价。结果表明, 20处绿地大叶女贞冻损指数在77.39%~100.00%之间, 均值达93.64%; 通过聚类分析将20处大叶女贞划分为最轻、较轻、较重、严重4个冻损类型; 主成分分析结果表明, 位置效应是大叶女贞存活的关键指标, 胸径10~15 cm, 冠幅2~3 m的树体耐寒能力最弱; 虽然济南大叶女贞90%以上受到严重冻害, 但仍有零星栽培于4处调查点的19株几乎没有受冻害, 其种源耐寒性极强, 可作为北方耐寒性大叶女贞品种推广应用。

关键词

城区绿地, 大叶女贞, 抗寒性, 评价

Evaluation of *Ligustrum lucidum* Freezing Tolerance in Urban Green Space of Jinan

Deyu Mu^{1*}, Rui Zhang¹, Leyao Fang¹, Jin Liu¹, Zhihua Wang¹, Nan Li¹, Zongzhao Mu²

¹Institute of Ornamental Plants, School of Art, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

²Shandong Forestry Foreign Investment and Engineering Project Management Station, Jinan Shandong

Received: Mar. 21st, 2022; accepted: May 10th, 2022; published: May 19th, 2022

Abstract

In this study, the freezing damage data of *Ligustrum lucidum* in 20 different locations of urban Jinan were collected by the methods of comprehensive investigation, typical sampling and plot investigation after two strong cold waves (-18°C) in the year 2021. The concept of Tree Freezing

*通讯作者。

文章引用: 慕德宇, 张睿, 房乐瑶, 刘瑾, 王治华, 李楠, 慕宗昭. 济南城区绿地大叶女贞抗寒性分析与评价[J]. 植物学研究, 2022, 11(3): 280-289. DOI: 10.12677/br.2022.113033

Loss Index (TFLI) was introduced to calculation the plant's freezing conditions for the comprehensive evaluation of cold resistance of *Ligustrum lucidum* by cluster analysis and principal component analysis. The results indicated that the value of TFLI of *Ligustrum lucidum* in 20 locations ranged from 77.39% to 100.00%, with an average of 93.64%. The result of cluster analysis divided the 20 locations into four groups by the lightest, lighter, heavier and severe damage grade. The results of principal component analysis showed that position effect (windward/leeward) was the key index for survival of *Ligustrum lucidum* in cold winter, the cold tolerance of *Ligustrum lucidum* was the weakest when DBH was 10~15 cm and crown width was 2~3 m. Although, more than 90% of *Ligustrum lucidum* was severely damaged by freezing in Jinan, 19 individual plants isolated from 4 locations were freezing tolerance without injured during the cold winter. These plants had strong cold tolerance which could be selected and applied as a cold-tolerant variety in northern China.

Keywords

Urban Green Space, *Ligustrum lucidum*, Cold Resistance, Evaluation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大叶女贞(*Ligustrum lucidum*)隶属于木犀科女贞属,为常绿阔叶乔木,原产于我国长江流域及以南各省[1]。因其枝叶茂密、树形美观,叶、花、果均具有较高的观赏性,被广泛应用于园林绿化或庭院绿化中,是城区街道、街心公园、房前屋后、小区、工厂、矿区等地的常见绿化树种[2]。大叶女贞喜欢温暖湿润的气候,具有较强的适应性和抗污染性,可以抵抗二氧化硫、氯化氢等有毒有害气体,且能够滞尘阻烟[3],是分布比较广泛且抗污染的树种。

近年来我国北方的山东、河南、河北、甘肃等省区的城镇市区也展开了大叶女贞的应用栽培[4] [5] [6],但因其不抗寒的特性,低于-12℃易使大叶女贞遭受冻害,叶片干枯,枝条和主干受损,失去观赏性,成为北方城区大面积推广栽培大叶女贞的主要制约因素[7]。大叶女贞冻害主要发生在我国长江流域以北的地区,是指低温状态下大叶女贞树木的细胞及组织受到的生理性伤害,常表现为树的叶片、叶芽、小枝干冻伤萎蔫,严重者树干冻裂,主干干枯,树叶脱落,甚至整株死亡[8]。大叶女贞根部无休眠期,四季处于活跃状态,其抗寒性较地上部分要强,一般低温时出现地上部分冻死,只有根部具有生命活动的状况。目前,针对大叶女贞冬季易受冻害、观赏性差等特点,开展了低温胁迫生理研究、分子机理研究以及转基因研究等[9]-[14]。但对大叶女贞极端低温胁迫下抗冻害能力的研究与报道较少。2020年12月底和2021年1月初,济南出现了两次强寒潮天气。气象部门监测数据显示[15],2020年12月28日夜间至30日,市区最低气温达到-13℃,为1986年以来12月的最低气温,是1951年有气象记录以来12月的第3位低值;2021年1月7日,除长清以外,济南全市其他国家观测站最低气温都打破了建站以来1月上旬最低气温的纪录,济南市区平均最低气温达-18.3℃,创下1951年以来同期的最冷纪录。

大叶女贞是济南城区冬季仅有的两种常见常绿阔叶乔木树种,在城区园林绿化中起着重要的作用。大叶女贞在济南应用广泛[16],但其抗寒性比较差,济南的两次强寒潮天气对其造成了严重冻损,许多植株树冠枯萎,叶片脱落,甚至整株死亡,其景观效果特差,因此大叶女贞抗冻害问题成为济南市民关注的话题。鉴于此,我们对济南城区绿地的大叶女贞展开了实地调查研究,系统分析和综合评价了济南城

区大叶女贞的受冻害情况,并探索济南城区绿地大叶女贞耐寒性问题的解决途径,为筛选或培育出适合北方生长的抗寒能力强的大叶女贞优良种质资源提供科学依据。

2. 研究区概况

济南市位于山东省中西部,北接平原,南邻泰山,背山面水,总体地势南高北低,呈半盆地状。市区南北较窄,东西狭长,经十路长达 100 多 km,两端链接着西部的长清区和东部的章丘区。研究区位于济南市城区绿地,坐标位置为北纬 36°60'~36°67',东经 116°94'~117°00',一般地面标高在 20 m~30 m 之间,属于暖温带半湿润大陆性季风气候区,四季分明,春季干旱少雨,夏季炎热多雨,秋季较为清爽,冬季气温低,年平均气温 14.2℃,1 月最冷,平均气温-0.2℃,7 月最热,平均气温 28.3℃,极端气温最高 40.5℃,最低零下 18.3℃。一般年份,年平均降水量在 700 mm 左右,无霜期可达 210 d [17]。济南市冬季长达 136 d~157 d。济南市的土壤以棕壤和褐土两类为主,另外还有潮土、沙姜黑土、水稻土、风砂土,厚度深大 3 m~10 m,土壤 pH 值 8 左右。

3. 研究方法

3.1. 城区绿地的踏查

在收集整理济南大叶女贞在城区绿地的分布、栽培、配置等方面资料的基础上,采取踏查的方法,全面掌握济南城区绿地大叶女贞的分布状况、栽培面积、树体大小、生长状况以及遭受低温冻害的冻损状况等相关信息,为调查点的确定和评价指标体系的建立提供依据。

3.2. 调查地点的选择

在全面踏查的基础上,选择有代表性的景区、公园、街道、学校、小区作为此次济南城区绿地大叶女贞遭受冻损的实地调查样点。其中,居民小区分别选取了济南东部、西部、南部、北部四个方位有代表性的低、中、高档小区(建大花园、凤栖第、奥东花园、草山岭小区、时代花苑、华润中央公园、伟东新都、佛山苑小区、司里街小区)为调查点;选择山东建筑大学为代表性的学校调查点;选择大明湖、五龙潭、趵突泉、泉城公园、泉城广场、森林公园为代表性公园绿地调查点,选择经十路(省立医院东院区段、中鲁远洋大厦段、舜耕路段)、黑虎泉西路为代表性的道路调查点。

3.3. 调查样木的确定

在全面掌握调查点内大叶女贞的分布、生长(胸径和冠幅)、冻损情况的基础上,每个点选择有代表性受冻损的大叶女贞样本量在 20 株以上。若调查点的样本量过大,则采用随机或隔行或分段抽样的方法,选取样株量不超过 90 株;若调查点的样本量小于 90 株,大于 20 株,则至少选取 20 株样木。

3.4. 调查时间的确定

根据大叶女贞的生物学特性、发芽情况以及 2021 年春天气温回升情况,确定在 4 月下旬至 5 月下旬完成大叶女贞受冻损情况的调查;6 月中旬再观察记录大叶女贞树体发芽恢复情况;7 月中旬进行第三次补充调查,进一步观察记录大叶女贞的冻害、萌芽、抽枝、开花、展叶情况,以确认最终的树体冻损情况。

3.5. 调查数据的采集

在布设固定调查样地中,使用皮尺、径阶尺对样木进行每木检尺,测量大叶女贞的胸径、冠幅、冻损、恢复等数据信息,同时记录大叶女贞的种植方式、栽植密度、生长环境(迎风面、背风面)以及样地的

调查地点、调查时间、经纬度、树体生长势等数据信息。

对于原本就枯萎死亡、病虫害危害、人为因素等冻害以外的其他因素，使大叶女贞受损害的，不进行数据采集，以确保数据的准确性。

3.6. 树体冻损评价指标的建立

根据大叶女贞冻损情况和专家的建议，将冻害程度分为 5 个等级[18]。济南城区绿地大叶女贞树体冻害评损的分级标准和指标，具体详见表 1。

Table 1. Classification of *Ligustrum lucidum* damage degree

表 1. 大叶女贞受害情况分级表

受害等级	树体冻害评损标准及指标		
	树冠整体受害	叶片(叶尖)、枝(芽)	翌春萌发力和开花
1 级	程度最轻	叶片受害 $\leq 20\%$ ，其部分叶片死亡	春天能正常萌发和基本能开花
2 级	程度较轻	$20\% <$ 叶片受害死亡 $\leq 40\%$ ，其部分小枝死亡	仅部分小枝春季无法正常萌发，部分枝条能开花
3 级	程度中等	$40\% <$ 受害叶片死亡甚至完全脱落 $\leq 60\%$ ，其部分小枝及少量侧枝死亡	春季大部分小枝能正常萌发，个别枝条能开花
4 级	程度较重	$60\% <$ 叶片受害死亡 $\leq 80\%$ ，未全部脱落或者全部脱落，其大部分小枝及少量侧枝死亡	春季树冠萌发力较差，无花序
5 级	程度最重	叶片受害死亡脱落 $> 80\%$ ，甚至叶片全部死亡脱落，其整体小枝基本全部死亡，侧枝及主干大部分受害	春季少量枝干可萌发或者无法萌发，甚至整株死亡

3.7. 树木胸径分级

为便于数据整理和后期结果分析的需要，将济南城区 20 处绿地调查点的所有树木胸径调查资料进行整理分级，共分为 5 个等级，分别用 A、B、C、D、E 表示，其划分标准如表 2 所示。

Table 2. Classification of plants' DBH

表 2. 胸径等级分级表

胸径区间(cm)及其等级划分				
A 级	B 级	C 级	D 级	E 级
胸径 ≤ 10 cm	10 cm $<$ 胸径 ≤ 15 cm	15 cm $<$ 胸径 ≤ 20 cm	20 cm $<$ 胸径 ≤ 25 cm	胸径 > 25 cm

3.8. 树木冠幅分级

为研究大叶女贞树体大小的耐寒性需要，将济南市城区 20 处绿地调查点的 840 株大叶女贞调查数据进行整理分级，将其划分为 F 级、G 级、H 级、I 级、G 级、K 级六个等级，其树木冠幅区间划分的标准见表 3 所示。

Table 3. Classification of plants' crown width

表 3. 冠幅等级分级表

冠幅区间(m)及其等级划分					
F 级	G 级	H 级	I 级	J 级	K 级
冠幅 ≤ 1 m	1 cm $<$ 冠幅 ≤ 2 m	2 m $<$ 冠幅 ≤ 3 m	3 m $<$ 冠幅 ≤ 4 m	4 m $<$ 冠幅 ≤ 5 m	冠幅 > 5 m

3.9. 数据处理

采用公式(1)计算大叶女贞树体的冻损指数[19]

$$R = \frac{\sum [Y_i \times X_i]}{Y \times X} \times 100 \quad (1)$$

(1)式中: R 为树体冻损指数; Y_i 代表第 i 级树体冻损株数; X_i 代表第 i 级树体冻损级数值; Y 代表调查总株数; X 代表最高分级级数值。

将实地调查采集的数据信息, 利用 EXCEL 进行归纳和分类整理。采用 SPSS22.0 软件, 对大叶女贞冻损情况的量化数据进行聚类分析[20]及主成分分析[21]。最后用 EXCEL 整理绘制相关图表。

为确保处理数据量纲的统一性, 在聚类分析中, 将受冻害等级中每级别的株数进行百分比数据处理, 然后再作聚类分析。

4. 结果与分析

4.1. 不同地点树体的冻损分析

将济南城区 20 处绿地大叶女贞树体冻害情况的调查数据整理汇总于表 4 中。表 4 表明, 20 处城区绿地大叶女贞树体受冻等级的分布区间存在着明显差异, 大叶女贞树体受冻害等级在 1 级~5 级之间, 冻损指数在 77.39%~100.00%之间, 其均值为 93.64%, 可划分为受冻害较轻、受冻害较重、受冻害严重三个冻损类型。其中: 凤栖第、华润中央公园、伟东新都、司里街小区、五龙潭、经十路中鲁远洋大厦、黑虎泉西路段共 7 个调查点的大叶女贞树体受冻害等级均达到了最高级 5 级, 树体冻损指数达 100.00%, 说明该调查区域大叶女贞种源耐寒性均较差, 其种源不适宜济南冬季极端天气条件; 建大花园、奥东花园、草山岭、佛山苑、大明湖、趵突泉、泉城广场、森林公园、经十路舜耕路段共 9 个调查点的大叶女贞树体受冻害等级, 除佛山苑调查点中有 1 株大叶女贞受冻害被划分到 1 级外, 其余均在 3 级~5 级之间, 冻损指数均在 91.82%~99.72%之间, 说明该调查区域内大叶女贞的个别种源具有一定的耐寒性, 其种源较适宜济南冬季天气条件; 时代花苑、山东建筑大学、泉城公园、经十路省立医院东院区段共 4 个调查点大叶女贞树体受冻害等级在 1 级~5 级之间, 冻损指数在 77.39%~84.38%之间, 说明该调查区域内大叶女贞的部分种源具有较强的耐寒性, 其种源适宜济南冬季极端天气条件。

Table 4. Frost damage of *Ligustrun lucidum* in urban green space of Jinan in winter of 2021

表 4. 2021 年初济南城区绿地大叶女贞树体冻害情况表

序号	调查地点	树体冻害各级别株数/株					累计	树体冻损指数/%
		1 级	2 级	3 级	4 级	5 级		
1	建大花园	0	0	1	17	34	52	92.69
2	凤栖第	0	0	0	0	26	26	100.00
3	奥东花园	0	0	1	1	21	23	97.39
4	草山岭	0	0	0	1	65	66	99.70
5	时代花苑	12	0	1	2	31	46	77.39
6	华润中央公园	0	0	0	0	33	33	100.00
7	伟东新都	0	0	0	0	31	31	100.00
8	佛山苑	1	0	0	2	33	36	96.67

Continued

9	司里街小区	0	0	0	0	26	26	100.00
10	山东建筑大学	2	0	2	63	20	87	82.76
11	大明湖	0	0	0	5	32	37	97.30
12	五龙潭	0	0	0	0	37	37	100.00
13	趵突泉	0	0	4	2	62	68	97.06
14	泉城公园	4	1	1	29	11	46	78.26
15	泉城广场	0	0	0	2	27	29	98.62
16	森林公园	0	2	0	12	30	44	91.82
17	经十路省立医院东院区段	0	2	3	13	14	32	84.38
18	经十路中鲁远洋大厦段	0	0	0	0	29	29	100.00
19	经十路舜耕路段	0	0	0	1	71	72	99.72
20	黑虎泉西路	0	0	0	0	20	20	100.00
21	整个城区绿地	19	5	13	150	653	840	93.64

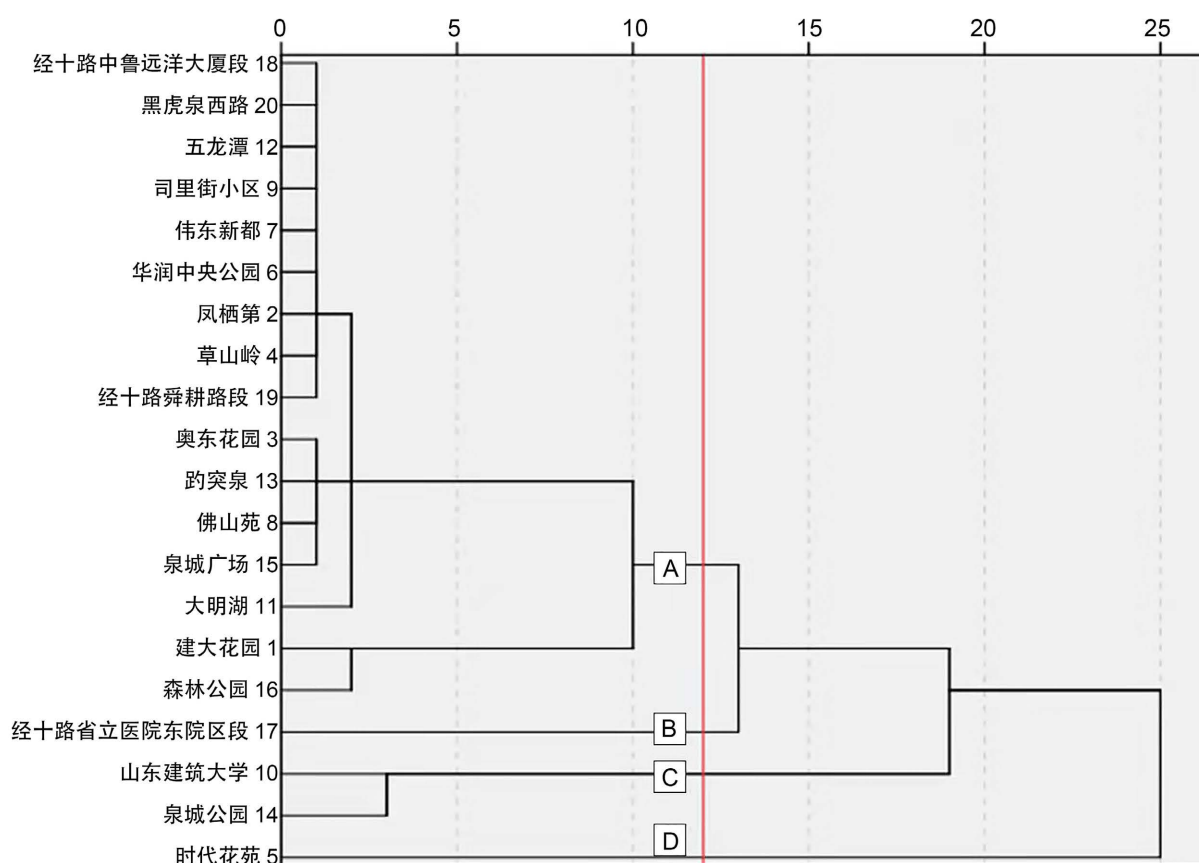


Figure 1. Cluster analysis of tree freezing loss index of *Ligustrum lucidum*

图 1. 大叶女贞树体冻损指数聚类分析图

根据表 4 数据, 将受害等级数据与冻损指数统一量纲后, 绘制 2021 年冬季济南城区绿地 20 个调查点大叶女贞树体冻损情况聚类分析图 1。图 1 表明, 时代花苑大叶女贞树体冻损指数为 77.39%, 受冻情

况属于 I 类(D 组), 树木受损与其它调查点相比较属于最轻; 泉城公园、山东建筑大学大叶女贞树木冻损指数为 78.26%和 82.76%, 受冻情况属于 II 类(C 组), 树木受损与其它调查点相比较属于较轻; 经十路省立医院东院区段大叶女贞树木冻损指数为 84.38%, 受冻情况属于 III 类(B 组), 树木受损与其它调查点相比较属于较重; 建大花园、森林公园、经十路中鲁远洋大厦段、经十路舜耕路段、五龙潭、黑虎泉西路、凤栖第、伟东新都、司里街小区、华润中央公园、草山岭、泉城广场、奥东花园、大明湖、趵突泉、佛山苑大叶女贞, 冻损指数在 91.82%~100.00%之间, 树木受冻情况属于 IV 类(A 组), 树木受损与前三类相比较属于最为严重的。

聚类分析的结果(图 1), 将济南城区绿地 20 处调查地点的大叶女贞树木冻损情况细化归类为 4 组, 即树木冻损最轻(D 组)、树木冻损较轻(C 组)、树木冻损较重(B 组)、树木冻损严重(A 组)4 个类型, 这与实地调查和观测的结果基本吻合。在济南市天桥区时代花苑小区调查发现, 虽然冬季最低气温达到了 -18.3℃, 但有 12 株大叶女贞几乎没有出现冻害现象, 说明该大叶女贞种源能够适应济南极端天气条件, 可以大量繁殖并推广应用。

由此可以看出, 将树木冻损指数与树木受冻害等级结合展开城区绿地大叶女贞抗寒性分析和评价, 能很好的体现其树木受到冻害的整体程度。因此, 将受冻等级与树木冻损指数结合并统一量纲后, 采用聚类分析的方法能很好地细化和归类大叶女贞树木冻损整体程度, 符合实际情况。

4.2. 树木冻损综合评价

毋庸置疑, 冬季突然的极端寒潮天气是造成 2020 年底和 2021 年初济南城区绿地大叶女贞受到冻害的主要原因。但在栽植地点、栽植环境、胸径大小、树冠差异方面, 究竟那是主要因素, 那些是次要因素, 仅从某一个方面确定大叶女贞树木的受冻情况, 是不全面的。因此, 需要进行综合系统的分析。

根据 2021 年济南城区 20 处绿地大叶女贞的树木冻害调查数据, 将其不同栽植地点、不同栽植环境(L 迎风面、M 背风面)、不同树木胸径等级(A 级、B 级、C 级、D 级、E 级)以及不同树木冠幅等级(F 级、G 级、H 级、I 级、J 级、K 级)的冻损指数整理汇总于表 5 中, 并根据表 5 中 20 个调查地点, 13 个变量、260 项指标值做主成分分析, 所得的结果如图 2 所示。

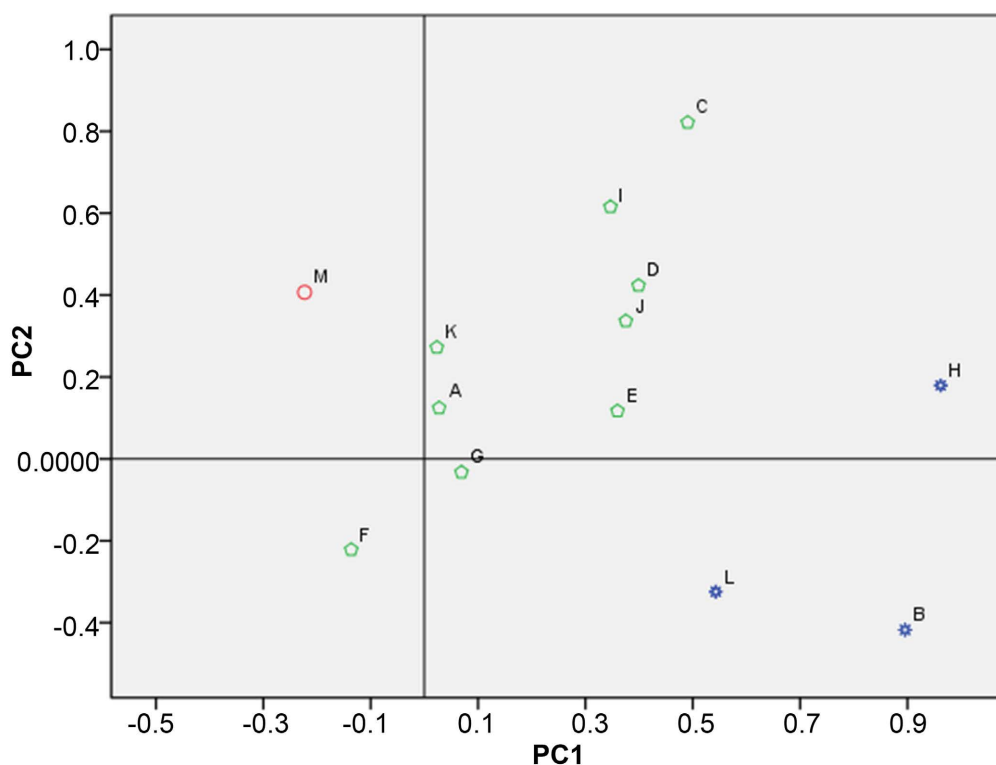
Table 5. Tree freezing loss index of *Ligustrum lucidum* in urban green space of Jinan in 2021

表 5. 2021 年初济南 20 处城区绿地大叶女贞树木冻损指数表

序号	调查地点	栽植位置树木冻损指数/%		不同胸径等级的树木冻损指数/%					不同冠幅等级的树木冻损指数/%					
		迎风面(L)	背风面(M)	A 级	B 级	C 级	D 级	E 级	F 级	G 级	H 级	I 级	J 级	K 级
1	建大花园	89.23	96.15	93.68	92.38	91.67	0.00	0.00	0.00	92.31	93.08	91.67	100.00	0.00
2	凤栖第	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
3	奥东	97.39	0.00	0.00	100.00	95.71	100.00	0.00	0.00	100.00	98.33	93.33	0.00	0.00
4	草山岭	99.51	100.00	100.00	98.18	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	99.17	100.00	0.00	0.00
5	时代花苑	70.29	100.00	100.00	81.54	82.00	45.00	0.00	100.00	97.50	83.81	60.00	20.00	20.00
6	华润中央公园	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00
7	伟东新都	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
8	佛山苑	100.00	96.36	94.78	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	85.71	100.00	97.50	100.00	0.00
9	司里街小区	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Continued

10	山东建筑大学	81.52	95.00	66.67	83.87	84.74	82.22	80.00	80.00	80.00	83.64	82.00	80.00	80.00
11	大明湖	97.30	0.00	100.00	97.78	98.57	94.55	100.00	100.00	90.00	94.00	100.00	100.00	100.00
12	五龙潭	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
13	趵突泉	86.15	99.64	100.00	100.00	94.29	100.00	88.57	100.00	100.00	98.75	94.00	98.00	73.33
14	泉城公园	75.56	88.00	80.00	74.29	85.71	80.00	0.00	88.57	81.82	73.75	81.67	0.00	0.00
15	泉城广场	98.62	0.00	100.00	100.00	100.00	97.14	98.95	0.00	100.00	97.14	100.00	98.33	100.00
16	森林公园	0.00	91.82	92.00	83.64	97.33	92.50	0.00	0.00	88.00	94.55	92.00	90.00	93.33
17	经十路省立医院东院区段	84.38	0.00	83.87	100.00	0.00	0.00	0.00	95.00	86.00	81.11	0.00	0.00	0.00
18	经十路中鲁远洋大厦段	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
19	经十路舜耕路段	99.72	0.00	100.00	98.89	100.00	100.00	100.00	100.00	98.75	100.00	100.00	100.00	0.00
20	黑虎泉西路	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



(图中: A 表示胸径 ≤ 10 cm、B 表示 10 cm $<$ 胸径 ≤ 15 cm、C 表示 15 cm $<$ 胸径 ≤ 20 cm、D 表示 20 cm $<$ 胸径 ≤ 25 cm、E 表示胸径 > 25 cm 的树木胸径等级; F 表示冠幅 ≤ 1 m、G 级表示 1 m $<$ 冠幅 ≤ 2 m、H 表示 2 m $<$ 冠幅 ≤ 3 m、I 表示 3 m $<$ 冠幅 ≤ 4 m、J 表示 4 m $<$ 冠幅 ≤ 5 m、K 表示冠幅 > 5 m 的树木冠幅等级; L 表示背风阳面, M 表示迎风阴面)

Figure 2. Principal component analysis of tree freezing loss index of *Ligustrum lucidum*

图 2. 2021 年初济南城区绿地大叶女贞树木冻损指数主成分分析图

由图 2 可知, 经过主成分分析, 基于其不同栽植环境冻损指数指标对不同调查地点的排序, 前两个主成份共解释了 49.5% 的数据变异, 其中第一个主成了解释了 30.4% 的数据变异。根据各指标在图中坐标

的聚集位置,可将指标 M (绿色点)分为一组,表明位置效应在大叶女贞的抗寒性指标中起到了重要作用,背风区域大叶女贞冻损指数均较低;指标 L、B、H (蓝色)分为一组,表明指标迎风面、 $10\text{ cm} < \text{胸径} \leq 15\text{ cm}$ 以及 $2\text{ m} < \text{冠幅} \leq 3\text{ m}$ 范围内的大叶女贞受冻害程度最大,冻损指数较高,表现为抗寒能力最差;其余指标(红色)分为一组,此类树体指标下的大叶女贞受冻害程度较为相似,抗寒性一般。

5. 讨论与结论

5.1. 讨论

1) 大叶女贞枝叶茂密有利于延长低温下雨雪的驻留时间,因而树体易造成冻害。树体冻害的类型主要分为两种,物理性冻害和生理性冻害[22]。2021年初冬,济南城区绿地大叶女贞冻害的主要类型为后者,其表现为植株叶片失水收缩变色,树皮局部产生凹凸,内表层变成褐色,树干处冻伤或者开裂,春夏时节枝梢干枯、树叶掉落,部分植株整株死亡。

2) 关于园林树木冻损程度的表示方法,目前多采用分级的方法表示,其分级的数值,因不同文献而有所差异[23][24][25],其只能体现每个等级树木的受害情况,有其局限性。为此,本文引用了森林病害学中的感病指数计算方法,构建了树体冻损指数算法,以期能全面反映大叶女贞遭受极寒天气的冻损情况。本研究初次尝试表明,树体冻损指数法能够反映2021年济南城区绿地大叶女贞的整体冻害程度,其方法仍需在实践中检验。

3) 本研究是在极端低温胁迫下,综合分析和评价了不同地点、栽植环境、树体大小的冻损情况。根据济南气象局数据显示,2016年冬季也发生过极端低温天气[26],草山岭调查点当时树体受冻害较轻或恢复好的大叶女贞,此次受害比较轻。究其原因,是否与种源、栽植时修枝过度、立地条件、长期驯化有关,需要进一步研究和探讨。

5.2. 结论

1) 经过实地调查和聚类分析结果发现,20处城区绿地大叶女贞树体受冻害等级的区间分布存在着明显差异,其树体受害等级在1级~5级之间,冻损指数在77.39%~100.00%之间;依据树体冻损指数聚类分析结果,可将其划分为冻损最轻(树体冻损指数为77.39%,涉及时代花苑1个点)、冻损较轻(树体冻损指数为78.26%和82.76%,涉及泉城公园、山东建筑大学大2个点)、冻损较重(树体冻损指数为84.38%,涉及经十路省立医院东院区段1个点)、冻损严重(冻损指数在91.82%~100.00%之间,涉及建大花园、森林公园、经十路舜耕路段等16个点),共四个冻损类型。

2) 通过对栽植地点、栽植环境、胸径大小和冠幅差异的主成分综合分析,可将13个指标分成3组,其中背风面(M)对大叶女贞抵御寒冷温度作用最强,表明位置效应在大叶女贞的抗寒性指标中起到了重要作用,背风区域大叶女贞冻损指数均较低;相反,迎风面(L级)、 $10\text{ cm} < \text{胸径} \leq 15\text{ cm}$ (B级)以及 $2\text{ m} < \text{冠幅} \leq 3\text{ m}$ (H级)范围内的大叶女贞受冻害程度最大,冻损指数较高,表现为抗寒能力最差。

3) 调查结果发现,虽然2021年1月初济南平均气温达到 -18.3°C ,有90%以上的大叶女贞受到严重冻害,冻损指数均值达93.64%;但在调查的20处城区绿地、840株大叶女贞中,仍有时代花苑12株、泉城公园4株、山东建筑大学2株、佛山苑1株,其受冻害等级均为1级,几乎没有受到冻害。这些零星分布栽培、耐寒性极强的大叶女贞种源,可进行扩繁栽培,作为北方耐寒性大叶女贞优良品种进行推广应用。

基金项目

山东省农业科技资金(林业科技创新)项目(2019LY005; 2019LY009)。

参考文献

- [1] 张振英. 大叶女贞与几种主要观赏树木抗寒性比较研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2012.
- [2] 张俊兵. 大叶女贞育苗技术及绿化应用[J]. 农家参谋, 2021(16): 167-168.
- [3] 陈有民. 园林树木学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [4] 晏增, 赵蓬晖, 杨淑红, 等. 冬季郑州市 12 个常绿树种的光合特性及滞尘能力[J]. 广西植物, 2021, 41(9): 1433-1442.
- [5] 刘宝臣, 唐伟斌. 大叶女贞耐寒性研究——基于 2009 年河北省邢台市大叶女贞冻害调查分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(13): 7783-7784+7831.
- [6] 张德祥, 张君艳. 天水城市常绿阔叶树种调查及综合性状评价[J]. 中国水土保持, 2021(7): 59-62.
- [7] 房玉洁, 马强, 杜岩. 大叶女贞的繁育技术及应用[J]. 林业实用技术, 2007(8): 41.
- [8] 燕瑞勤. 关中地区南部大叶女贞冻害发生症状及影响因素调查研究[J]. 现代农业科技, 2012(13): 151-154.
- [9] 林艳, 郭伟珍, 徐振华, 等. 大叶女贞抗寒性及冬季叶片相对电导率变化研究[J]. 天津农业科学, 2012, 18(5): 145-149.
- [10] 袁俊云, 张桂玲, 化黎玲, 等. 临沂市外来常绿阔叶树种抗寒性研究[J]. 林业科技通讯, 2015(9): 19-22.
- [11] 陈丽丽, 蔺芳, 张家洋. 温度骤变对 5 种北方常绿植物抗寒性生理指标的影响[J]. 西部林业科学, 2016, 45(2): 112-116+123.
- [12] 徐锡磊. 大叶女贞在北方绿化种植的表现[J]. 农业科技通讯, 2007(11): 133-134.
- [13] 王长宪, 刘静, 王斌, 等. 大叶女贞抗寒基因 AmEBP1 高效转化体系的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2009, 40(4): 508-512.
- [14] 赵志新, 林艳, 郭伟珍. 大叶女贞不同家系及单株冻害分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(8): 130-132.
- [15] 济南市气象局. 2021 年济南市主要天气气候事件[EB/OL]. http://sd.cma.gov.cn/xwzx_3497/jcdtss/202201/t20220111_4403602.html, 2022-01-11.
- [16] 齐海鹰, 安吉磊. 济南地区 25 种常绿阔叶树种抗寒性调查[C]//中国园艺学会. 庆祝中国园艺学会创建 80 周年暨第 11 次全国会员代表大会论文摘要集. 2009: 204.
- [17] 布凤琴, 魏雪莲, 韩梅珍, 等. 济南常绿阔叶树冻害主要影响因子研究[C]//中国植物园. 中国植物学会会议论文集. 北京: 中国林业出版社, 2010: 181-189.
- [18] 起越, 谭宏超, 谭汝强, 等. 雄安新区竹子生长及冻害调查[J]. 世界竹藤通讯, 2021, 19(2): 65-69.
- [19] 慕宗昭, 杨吉华, 房用, 等. 林业工程项目环境保护管理实务[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2018: 217.
- [20] 慕德宇, 孙举永, 谢经霞, 等. 山东生态造林项目植物配置与景观效果评价[J]. 山东建筑大学学报, 2021, 36(2): 61-68.
- [21] 慕德宇. 离体培养条件下 12 个白榆优良无性系氯化钠盐分抗性筛选的研究[J]. 山东大学学报(理学版), 2013, 48(3): 19-23.
- [22] 冯晓科. 雨雪冰冻天气对大叶女贞生长的影响及减灾措施[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(23): 104-105.
- [23] 刘怀明. 小麦冻害情况调查及其应对措施[J]. 现代农业, 2021(3): 33-35.
- [24] 井俊丽, 刘铭潇, 魏欣, 等. 几种苹果中间砧的抗寒性评价[J/OL]. 果树学报, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?doi=10.13925/j.cnki.gsx.20210444>, 2022-03-10: 1-19.
- [25] 温福欣. 大果榛子冻害调查研究[J]. 北方果树, 2022(1): 17-18.
- [26] 张振花, 朱学亮, 孙恺. 济南市三个公园植物冻害调查与分析[J]. 农业与技术, 2021, 41(18): 126-128.