

基于 AHP 法的济南大明湖公园冬季植物景观评价

卢鑫, 向言词* (湖南科技大学建筑与艺术设计学院, 湖南湘潭 411201)

摘要 通过对济南大明湖公园冬季植物景观实地调研, 选取 25 个冬季植物景观样地, 采用层次分析法(AHP)从生态效益、美学效益、社会效益 3 个方面进行综合评价, 从而建立大明湖公园冬季植物景观综合评价体系。结果表明: 准则层中权重值排序从高到低为美学效益、社会效益和生态效益; 生态效益、美学效益和社会效益中, 总权重值居首位的分别为植物适应性、植物景观协调性和舒适性; 冬季植物景观样地的综合评价结果为 11 个 I 级, 14 个 II 级, 无 III、IV 级, 表明大明湖公园冬季植物景观整体较好。结合评价结果与济南市冬季植物景观营造的实际情况, 提出 3 个冬季植物景观优化的建议, 以期更好地发挥冬季植物景观效果。

关键词 冬季植物景观; 层次分析法; 城市公园; 济南大明湖公园

中图分类号 S 688 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)24-0103-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.24.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Winter Plant Landscape Evaluation of Jinan Daming Lake Park Based on AHP Method

LU Xin, XIANG Yan-ci (School of Architecture and Art Design, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201)

Abstract Based on the field survey of winter plant landscape in Daming Lake Park in Jinan, 25 winter plant landscape sample plots were selected and comprehensively evaluated from three aspects of ecological benefits, aesthetic benefits and social benefits by using the analytic hierarchy process (AHP), so as to establish a comprehensive evaluation system of winter plant landscape in Daming Lake Park. The results were as follows: the order of weight values in the criterion layer from high to low was aesthetic benefit, social benefit and ecological benefit. Among the ecological benefits, aesthetic benefits and social benefits, the total weights ranked first in terms of plant adaptability, plant landscape coordination and comfort. The comprehensive evaluation results of the winter plant landscape plots in Daming Lake Park were eleven plots at the level of I, fourteen plots at the level of II, and no grades III and IV, indicating that the winter plant landscape of Daming Lake Park was good as a whole. Combined with the evaluation results and the actual situation of winter plant landscape construction in Jinan, three suggestions for winter plant landscape optimization were put forward, in order to better play the effect of winter plant landscape.

Key words Winter plant landscape; Analytic hierarchy process (AHP); City park; Jinan Daming Lake Park

城市公园作为人与自然生态系统互动的主要场所和绿地系统建设的重要组成部分, 对民众身心健康、城市可持续发展起着举足轻重的作用^[1-4]。植物景观作为城市公园中向人们传达美感和联想的媒介, 主要是指利用不同种类和规格的植物, 控制空间内的种植形式、空间布局 and 数量而形成的具有较高观赏价值的景观, 不仅可以创造优美的环境, 而且在维护城市生态系统多样性等方面发挥着重要作用^[5-8]。

近年来, 各种植物景观评价方法得到应用, 如层次分析法(AHP)、美景度评价法(SBE)、审美评判测量法(BIB-LCJ)、语义分析法(SD)等, 有利于提高城市公园植物景观评价的科学性和准确性^[9-12]。济南市大明湖公园闻名遐迩, 人流量大, 植物景观特色突出, 因此选取济南市大明湖公园作为主要研究对象, 采用层次分析法对综合影响冬季植物景观的因素进行评价研究, 以期在城市公园更好地发挥冬季植物景观效果提供参考。

1 研究区域概况

大明湖公园位于济南市历下区老城区北部, 属暖温带大陆性季风气候区, 冬季寒冷少雪, “四面荷花三面柳, 一城山色半城湖”是其景观的真实写照^[13]。经改扩建后, 大明湖公园总面积达到 103.4 hm², 水面面积为 57.7 hm², 陆地面积为 45.7 hm², 实现了由“园中湖”到“城中湖”的转变, 为人们提

供了良好的休闲娱乐空间。

2 研究方法

2.1 层次分析法(AHP法) 层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是指将决策相关要素分解为目标、准则、指标等层次, 在此基础上将人的主观判断以量化分析的形式表达、转化和处理, 是一种具有系统、灵活和简单等优点的定性与定量相结合的决策分析法^[14-16]。

2.2 评价指标体系的构建 根据大明湖公园冬季植物景观的特点和功能, 参考目前的研究成果^[17-20], 选取相应的目标层(A)、准则层(B)和指标层(C), 以 3 个二级指标、8 个三级指标构建大明湖公园冬季植物景观评价模型。其中, 从大明湖公园冬季植物景观的生态效益(B₁)、美学效益(B₂)和社会效益(B₃)3 个方面构建评价体系的准则层(B); 生态效益(B₁)由 2 个评价因子组成, 即植物多样性(C₁)、植物适应性(C₂); 美学效益(B₂)由 4 个评价因子组成, 即空间层次丰富度(C₃)、植物色彩丰富度(C₄)、植物景观协调性(C₅)、植物景观意境美(C₆); 社会效益(B₃)由 2 个评价因子组成, 即可达性(C₇)、舒适性(C₈) (图 1)。

2.3 评价指标权重的确定及一致性检验

2.3.1 构造判断矩阵。在两者比较判断的基础上, 采用二元对比法, 对同层次的评价因子进行比较赋值: 1, 同等重要; 3, 稍高重要; 5, 较高重要; 7, 强烈重要; 9, 极端重要; 2, 4, 6, 8, 两个相邻判断的中间值; $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$, 倒数^[21-22]。依照图 1 的层次结构关系, 构建准则层(B)和指标层(C)中的 A-B、B₁-(C₁~C₂)、B₂-(C₃~C₅)、B₃-(C₆~C₈) 各因子的判断矩阵, 为保证

基金项目 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA13020602, XDA13020503); 湖南省自然科学基金项目(2020JJ4294)。

作者简介 卢鑫(1994—), 女, 安徽宿州人, 硕士研究生, 研究方向: 植物景观设计。*通信作者, 教授, 从事观赏植物、景观修复与营造研究。

收稿日期 2022-04-15

判断矩阵的科学性和准确性,请湖南科技大学相关专业 20 名师生对判断矩阵进行赋值(表 1~4)。

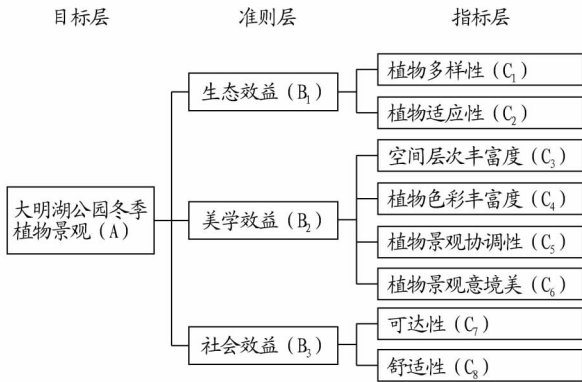


图 1 大明湖公园冬季植物景观评价模型

Fig.1 Landscape evaluation model of winter plant in Daming Lake Park

表 1 A-B 判断矩阵

Table 1 Judgment matrix of A-B

A	生态效益 Ecological benefit (B ₁)	美学效益 Aesthetic benefit (B ₂)	社会效益 Social benefit (B ₃)
生态效益 Ecological benefit (B ₁)	1	1/3	1/2
美学效益 Aesthetic benefit (B ₂)	3	1	2
社会效益 Social benefit (B ₃)	2	1/2	1

表 3 B₂-C 判断矩阵

Table 3 Judgment matrix of B₂-C

B ₂	空间层次丰富度 Spatial level richness (C ₃)	植物色彩丰富度 Color richness of plants (C ₄)	植物景观协调性 Plant landscape coordination (C ₅)	植物景观意境美 Artistic conception beauty of plant landscape (C ₆)
空间层次丰富度 Spatial level richness (C ₃)	1	2	1/3	1/2
植物色彩丰富度 Color richness of plants (C ₄)	1/2	1	1/5	1/2
植物景观协调性 Plant landscape coordination (C ₅)	3	5	1	2
植物景观意境美 Artistic conception beauty of plant landscape (C ₆)	2	2	1/2	1

表 4 B₃-C 判断矩阵

Table 4 Judgment matrix of B₃-C

B ₃	可达性 Accessibility (C ₇)	舒适性 Comfort (C ₈)
可达性 Accessibility (C ₇)	1	1/3
舒适性 Comfort (C ₈)	3	1

重矩阵 $W=[0.163\ 2,0.540\ 1,0.296\ 7]$,可接受; B_1-C 矩阵最大特征值 $\lambda_{max}=2.000\ 0$, $CI=0.000\ 0$, $RI=0.000\ 0$, $CR=0.000\ 0<0.1$,判断矩阵满足一致性检验,则权重矩阵 $W=[0.200\ 0,0.800\ 0]$,可接受; B_2-C 矩阵最大特征值 $\lambda_{max}=4.040\ 7$, $CI=0.013\ 6$, $RI=0.900\ 0$, $CR=0.015\ 1<0.1$,判断矩阵满足一致性检验,则权重矩阵 $W=[0.159\ 7,0.098\ 7,0.491\ 6,0.250\ 0]$,可接受; B_3-C 矩阵最大特征值 $\lambda_{max}=2.000\ 0$, $CI=$

表 2 B₁-C 判断矩阵

Table 2 Judgment matrix of B₁-C

B ₁	植物多样性 Plant diversity (C ₁)	植物适应性 Plant adaptability (C ₂)
植物多样性 Plant diversity (C ₁)	1	1/4
植物适应性 Plant adaptability (C ₂)	4	1

2.3.2 计算指标权重与一致性检验。根据许树柏^[23]的方法,运用方根法,求得矩阵最大特征值,由于人们认知的模糊性和多样性,需先求得一致性指标,再进行一致性检验。计算公式为(1)~(3):

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

式中, A 为判断矩阵, W 为相应的特征向量, n 为判断矩阵阶数, CI 为一致性指标, CR 为随机一致性比率(当 CR 为 0.1 时,判断矩阵满足一致性检验,否则需重新调整权重), RI 为平均随机一致性指标, n 阶 1~10 分别取值 0、0、0.58、0.90、1.12、1.24、1.32、1.41、1.45、1.49^[23]。

根据表 2~5 所示的评判指标重要性,构建判断矩阵,算得 $A-B$ 矩阵最大特征值 $\lambda_{max}=3.009\ 3$, $CI=0.004\ 7$, $RI=0.580\ 0$, $CR=0.008\ 1<0.1$,判断矩阵满足一致性检验,则权

重矩阵 $W=[0.247\ 8,0.752\ 2]$,可接受。

2.4 调查方法与评分

2.4.1 调查方法。基于植物景观的季节性,对大明湖公园冬季植物景观进行实地调研,选择 2022 年 1 月中旬光照充足且能见度高的天气,于 10:00—16:00 进行拍摄。为了保证所拍照片的统一性和代表性,减少操作带来的误差,照片拍摄时要求光照充足,顺光,不更换相机且保持相机参数设置不变,拍摄高度保持在 1.6 m,横向构图,并避免非景观因素介入。最后,根据评判目的从 215 张中挑选 25 张,作为大明湖公园冬季植物景观层次分析的基础资料。

2.4.2 评分。评价根据每项评价因子设 5 个级别,即 10(非常满意)、8(满意)、6(一般)、4(不满意)和 2(非常不满意),

评分以专家打分的方式进行。通过景观综合评价指数法,先求得某冬季植物景观样地的综合评价价值,再求得综合评价指数,为了更直观反映冬季植物景观的质量,其综合评价指数作为分级依据被划分为 4 个等级(表 5)^[24]。计算公式分别为(4)、(5):

$$S = \sum_{i=1}^n (X_i F_i) \quad (4)$$

$$C_{CEL} = \frac{S}{S_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中, X_i 为该因子的总权重值, F_i 为该因子的平均得分值, S_0 为理想值。

表 5 冬季植物景观综合评价等级划分

Table 5 Standard for comprehensive evaluation of plant landscape

综合评价指数 Comprehensive evaluation index	等级 Grade	含义 Meaning
$100\% > C_{CEL} \geq 80\%$	I	优
$80\% > C_{CEL} \geq 60\%$	II	良
$60\% > C_{CEL} \geq 40\%$	III	中
$C_{CEL} < 40\%$	IV	差

表 6 大明湖公园冬季植物景观评价权重

Table 6 Weights of factors for evaluating plant landscape in Daming Lake Park in winter

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Indicator layer	总权重值 Total weight value	总排序 Total sort
大明湖公园冬季植物景观 landscape of Daming Lake Park(A)	生态效益(B_1)(0.163 2)	植物多样性(C_1)(0.200 0)	0.032 6	8
		植物适应性(C_2)(0.800 0)	0.130 6	4
	美学效益(B_2)(0.540 1)	空间层次丰富度(C_3)(0.159 7)	0.086 3	5
		植物色彩丰富度(C_4)(0.098 7)	0.053 3	7
		植物景观协调性(C_5)(0.491 6)	0.265 5	1
		植物景观意境美(C_6)(0.250 0)	0.135 0	3
	社会效益(B_3)(0.296 7)	可达性(C_7)(0.247 8)	0.073 5	6
		舒适性(C_8)(0.752 8)	0.223 2	2

湖公园冬季植物景观样地的综合评价结果为 I 级冬季植物景观样地有 11 个,占总量的 44%,样地编号分别为 5、10、11、13、14、15、16、17、19、20、21; II 级冬季植物景观样地有 14 个,占总量的 56%,样地编号分别为 1、2、3、4、6、7、8、9、12、18、22、23、24、25;样地均无 III 级和 IV 级冬季植物景观。该综合评价结果表明,大明湖公园冬季植物景观整体较好。I 级冬季植物景观样地的特点主要是植物种类繁多,且健康状况较优,在冬季植物景观中色彩较丰富,整体空间层次变化丰富,与周围环境协调且氛围感强,可达性较高,能为游人提供较高的舒适环境。II 级冬季植物景观样地的特点主要是植物种类较多且健康状况基本良好,在冬季植物景观中色彩较单调,整体空间层次变化丰富程度较低,与周围环境协调且氛围感较好,可达性良好,能为游人提供较好的舒适环境。

4 结论与讨论

综合考虑济南大明湖公园冬季植物景观的主要评价因子,采用层次分析法对大明湖公园冬季植物景观的 25 个样地进行综合评价分析。基于生态效益、美学效益、社会效益 3 个评价指标共 8 个评价因子,通过构建判断矩阵进行计算、

3 结果与分析

3.1 评价指标权重值分析 根据大明湖公园冬季植物景观评价模型(图 1),对构建的判断矩阵进行计算统计和一致性检验,获得各评价因子的权重值及总权重值(表 6)。由表 6 可知,准则层美学效益的权重(0.540 1)居于首位,说明美学效益是大明湖公园冬季植物景观的主要因素,其次是社会效益(0.296 7),生态效益(0.163 2)最小。生态效益中植物适应性的总权重值(0.130 6)最高,其次为植物多样性(0.032 6),说明一个健康稳定的植物群落在保障冬季植物景观的观赏特性中发挥着重要作用;美学效益中植物景观协调性的总权重值(0.265 5)最高,说明观赏者认为冬季植物景观与周围环境相互协调才能更加充分地展现冬季植物景观之美;社会效益中舒适性的总权重值(0.223 2)最高,其次为可达性(0.073 5),说明观赏者更加注重对冬季植物景观的认同以及冬季植物景观所能提供的舒适空间。

3.2 公园冬季植物景观评价结果 通过计算每个冬季植物景观样地的综合评价价值,并根据综合评价指数,分别计算出各植物景观样地的评价等级(表 7)。由表 7 可知,25 个大明

湖公园冬季植物景观样地的综合评价结果为 I 级冬季植物景观样地有 11 个,占总量的 44%; II 级冬季植物景观样地有 14 个,占总量的 56%; III 级和 IV 级冬季植物景观样地均无,表明大明湖公园冬季植物景观总体较好。

统计和一致性检验,得出各评价因子的权重值及总权重值,并由专家评分及计算得出综合评价结果。主要结论如下:

(1) 准则层中权重值从高到低的排序依次为美学效益(0.540 1)、社会效益(0.296 7)和生态效益(0.163 2),说明评价者对能用感官直接感受到的视觉效果较重视,对冬季植物景观能改善城市环境的生态功能和间接带来的使用及精神层面功能的重视程度不如前者。

(2) 生态效益、美学效益和社会效益中总权重值居首位的分别为植物适应性(0.130 6)、植物景观协调性(0.265 5)和舒适性(0.223 2),说明一个健康稳定的冬季植物景观群落,在关注总体外貌的同时,更要注重与周围整体环境的协调,这样不仅能充分发挥冬季植物景观的美感,给观赏者留下深刻印象,更能提高观赏者的认同感与舒适性。

(3) 25 个大明湖公园冬季植物景观样地的综合评价结果可以总结出, I 级冬季植物景观样地有 11 个,占总量的 44%; II 级冬季植物景观样地有 14 个,占总量的 56%; III 级和 IV 级冬季植物景观样地均无,表明大明湖公园冬季植物景观总体较好。

表 7 大明湖公园冬季植物景观综合评分统计结果

Table 7 Comprehensive score of winter plant landscape in Daming Lake Park

编号 No.	评价因子平均得分 Average score of evaluation factors								综合评价指数 Comprehensive evaluation index // %	等级 Grade
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈		
1	7.473 7	7.578 9	7.736 8	7.105 3	7.421 1	7.421 1	7.157 9	7.631 6	74.82	II
2	8.157 9	8.000 0	7.684 2	7.631 6	7.631 6	7.315 8	7.368 4	7.842 1	76.86	II
3	7.842 1	7.631 6	7.631 6	7.263 2	7.842 1	7.736 8	7.526 3	7.736 8	77.05	II
4	7.210 5	7.736 8	7.368 4	7.210 5	7.578 9	7.684 2	8.105 3	7.736 8	76.38	II
5	8.157 9	8.000 0	8.157 9	7.789 5	8.105 3	8.105 3	7.421 1	8.052 6	80.19	I
6	7.842 1	7.947 4	7.736 8	7.842 1	8.105 3	7.684 2	7.842 1	7.684 2	78.60	II
7	8.000 0	7.894 7	7.684 2	7.894 7	8.000 0	7.894 7	7.473 7	7.894 7	78.77	II
8	7.894 7	7.684 2	7.578 9	7.421 1	7.894 7	8.000 0	7.736 8	8.052 6	78.53	II
9	8.210 5	7.842 1	8.052 6	7.842 1	8.263 2	7.947 4	7.684 2	7.894 7	79.98	II
10	8.052 6	8.105 3	8.210 5	7.736 8	8.105 3	7.736 8	8.052 6	7.947 4	80.04	I
11	8.105 3	8.210 5	8.052 6	7.631 6	7.894 7	7.947 4	7.789 5	8.210 5	80.12	I
12	8.105 3	7.736 8	8.052 6	8.052 6	7.789 5	7.842 1	7.894 7	8.105 3	79.15	II
13	8.052 6	8.000 0	8.210 5	7.736 8	8.105 3	8.105 3	7.842 1	8.157 9	80.72	I
14	8.157 9	8.052 6	7.789 5	8.157 9	8.157 9	7.894 7	7.578 9	8.052 6	80.11	I
15	7.947 4	8.157 9	8.210 5	7.894 7	8.578 9	8.157 9	8.052 6	8.263 2	82.69	I
16	8.315 8	7.894 7	8.000 0	7.736 8	8.105 3	8.000 0	8.000 0	8.000 0	80.11	I
17	7.947 4	7.736 8	8.210 5	8.105 3	8.210 5	8.000 0	7.789 5	8.052 6	80.40	I
18	8.052 6	7.631 6	7.736 8	7.526 3	7.789 5	7.789 5	7.789 5	8.157 9	78.41	II
19	8.263 2	8.210 5	7.842 1	7.684 2	8.000 0	8.000 0	8.000 0	8.052 6	80.17	I
20	8.000 0	7.842 1	7.894 7	7.421 1	8.157 9	7.894 7	7.894 7	8.368 4	80.42	I
21	7.789 5	8.105 3	8.368 4	7.421 1	8.263 2	8.157 9	7.684 2	8.000 0	80.76	I
22	7.578 9	7.736 8	7.736 8	7.421 1	7.947 4	8.000 0	8.105 3	7.789 5	78.45	II
23	7.736 8	7.631 6	7.842 1	7.421 1	7.842 1	8.052 6	7.473 7	7.684 2	77.55	II
24	8.052 6	7.631 6	7.947 4	7.631 6	8.052 6	8.052 6	7.842 1	7.842 1	78.82	II
25	8.000 0	8.000 0	7.947 4	7.736 8	8.052 6	7.684 2	7.684 2	8.000 0	79.88	II

在济南大明湖公园内,植物作为有生命力的要素,结合前人研究结论^[25-26]及实地调研可知,公园内冬季多以观花及观枝干的树种为主,虽常绿树种与落叶树种配比比较协调,但是草地等在冬季仍会大面积裸露。因此,在大明湖公园冬季植物景观优化时,提出如下优化建议:①加强适应当地、性能较好的冬季景观树种,如冬季观花、观果或颜色突出、形状奇特的树种等,充分发挥冬季植物景观的生态效益;②注重冬季植物景观的四维空间形态,将其动态发展纳入整体规划,打造具有济南地域特色的冬季植物景观;③尽可能为观赏者提供合理的休憩及可停留空间,注重冬季植物景观的社会效益。

参考文献

- [1] JIM C Y, CHEN W Y. Recreation-amenity use and contingent valuation of urban greenspaces in Guangzhou, China [J]. *Landscape and urban planning*, 2006, 75(1/2): 81-96.
- [2] HE M, WANG Y, WANG W J, et al. Therapeutic plant landscape design of urban forest parks based on the Five Senses Theory: A case study of Stanley Park in Canada [J]. *International journal of geoheritage and parks*, 2022, 10(1): 97-112.
- [3] 郑天晨, 严岩, 章文, 等. 基于社交媒体数据的城市公园景感评价 [J]. *生态学报*, 2022, 42(2): 561-568.
- [4] 刘晓芳, 咨涛, 赵宇, 等. 城市公园景感要素及其对人群公园活动方式的影响 [J]. *生态学报*, 2020, 40(22): 8176-8190.
- [5] 宁惠娟, 邵锋, 孙茜茜, 等. 基于 AHP 法的杭州花港观鱼公园植物景观评价 [J]. *浙江农业学报*, 2011, 23(4): 717-724.
- [6] 郜春丽, 翁殊斐, 赵宝玉. 基于 AHP 法的滨水绿道植物景观评价体系构

- 建 [J]. *西北林学院学报*, 2013, 28(3): 206-209.
- [7] 刘瑞雪, 许晓雪, 陈龙清. 基于使用行为的城市公园植物景观空间调查研究: 以深圳湾滨海公园为例 [J]. *中国园林*, 2019, 35(4): 123-128.
- [8] 孙利强, 李倩倩, 袁德强, 等. 基于 AHP 法的郑州市 9 个公园冬季植物景观评价 [J]. *湖南农业科学*, 2020(4): 43-46.
- [9] 翁殊斐, 柯峰, 黎彩敏. 用 AHP 法和 SBE 法研究广州公园植物景观单元 [J]. *中国园林*, 2009, 25(4): 78-81.
- [10] 安静, 刘念念, 杨荣和, 等. 花溪国家城市湿地公园夏季植物景观美感评价 [J]. *生态经济*, 2014, 30(10): 194-199.
- [11] 张哲, 潘会堂. 园林植物景观评价研究进展 [J]. *浙江农林大学学报*, 2011, 28(6): 962-967.
- [12] 张鸽, 田忠平, 王媛媛, 等. 基于 SD 法的沈阳市植物园植物景观评价研究 [J]. *安徽农业科学*, 2022, 50(1): 118-122.
- [13] 李丽. 自然景观模式的城市公园改造综合分析: 以济南大明湖公园改扩建为例 [J]. *中国园林*, 2003, 19(10): 69-72.
- [14] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其在应用研究 [J]. *数学的实践与认识*, 2012, 42(7): 93-100.
- [15] 陈芳洲, 董丽. 基于 AHP 法的西安市 9 个公园绿地冬季植物景观评价 [J]. *西北林学院学报*, 2015, 30(5): 258-261.
- [16] 韩利, 梅强, 陆玉梅, 等. AHP-模糊综合评价方法的分析与研究 [J]. *中国安全科学学报*, 2004, 14(7): 86-89.
- [17] 刘维斯, 颜玉娟, 都晓璐. 城市公园植物景观评价指标体系建立方法研究 [J]. *山西建筑*, 2009, 35(14): 343-344.
- [18] 吴云霄, 屈亚潭, 杨艳艳, 等. 基于 AHP 法与 SBE 法的延安市道路绿地景观评价 [J]. *广西林业科学*, 2021, 50(6): 719-724.
- [19] 刘台, 钟毅, 何飞阳, 等. 基于 AHP 法的城郊游憩林景观及环境质量评价体系构建 [J]. *四川林业科技*, 2021, 42(2): 66-70.
- [20] 刘艺平, 赵佳伦, 李晓敏, 等. 基于 AHP 法和 SBE 法的郑州龙子湖公园植物群落景观综合评价 [J]. *西北林学院学报*, 2021, 36(2): 250-257.
- [21] 龚剑, 胡乃联, 崔翔, 等. 基于 AHP-TOPSIS 评判模型的岩爆倾向性预测 [J]. *岩石力学与工程学报*, 2014, 33(7): 1442-1448.

表 4 烯酰吗啉和霜脲氧复配对大豆疫霉根腐病菌的联合毒力

Table 4 Combined toxicity of dimethomorph and cymoxanil to *Phytophthora sojae*

药剂比例 The ratio of drugs	毒力回归方程 Regression equation	EC ₅₀ μg/mL	ATI	TTI	CTC
1:0	$y=0.508\ 9x+6.017\ 9$	0.135 3	—	—	—
0:1	$y=1.489\ 5x+7.914\ 1$	0.141 4	—	—	—
1:1	$y=0.260\ 4x+5.807\ 4$	0.045 0	274	80	342
1:2	$y=0.285\ 8x+5.833\ 6$	0.054 1	228	78	291
2:1	$y=0.289\ 6x+5.830\ 0$	0.056 9	217	82	265
1:3	$y=0.275\ 0x+5.854\ 0$	0.044 8	275	77	356
3:1	$y=0.327\ 6x+5.840\ 0$	0.077 0	160	83	194

表 5 霜脲氧和甲霜灵复配对大豆疫霉根腐病菌的联合毒力

Table 5 Combined toxicity of cymoxanil and metalaxyl to *Phytophthora sojae*

药剂比例 The ratio of drugs	毒力回归方程 Regression equation	EC ₅₀ μg/mL	ATI	TTI	CTC
1:0	$y=1.489\ 5x+7.914\ 1$	0.141 4	—	—	—
0:1	$y=0.527\ 5x+6.103\ 9$	0.123 3	—	—	—
1:1	$y=0.506\ 9x+6.066\ 5$	0.122 0	101	87	116
1:2	$y=0.481\ 1x+6.066\ 4$	0.109 0	113	92	124
2:1	$y=0.509\ 4x+6.089\ 3$	0.117 8	105	50	210
1:3	$y=0.329\ 0x+5.996\ 0$	0.048 4	255	94	272
3:1	$y=0.342\ 8x+5.982\ 7$	0.056 9	217	81	267

表 6 啞菌酯和烯酰吗啉复配对大豆疫霉根腐病菌的联合毒力

Table 6 Combined toxicity of azoxystrobin and dimethomorph to *Phytophthora sojae*

药剂比例 The ratio of drugs	毒力回归方程 Regression equation	EC ₅₀ μg/mL	ATI	TTI	CTC
1:0	$y=0.352\ 6x+5.415\ 1$	0.308 1	—	—	—
0:1	$y=0.508\ 9x+6.017\ 9$	0.135 3	—	—	—
1:1	$y=0.351\ 6x+5.974\ 2$	0.062 6	197	60	326
1:2	$y=0.389\ 5x+5.933\ 8$	0.090 9	99	69	145
2:1	$y=0.397\ 7x+5.830\ 1$	0.124 0	99	52	191
1:3	$y=0.584\ 1x+6.022\ 6$	0.173 7	71	73	98
3:1	$y=0.566\ 7x+5.952\ 7$	0.186 2	66	73	91

表 7 啞菌酯和霜脲氧复配对大豆疫霉根腐病菌的联合毒力

Table 7 Combined toxicity of azoxystrobin and cymoxanil to *Phytophthora sojae*

药剂比例 The ratio of drugs	毒力回归方程 Regression equation	EC ₅₀ μg/mL	ATI	TTI	CTC
1:0	$y=0.352\ 6x+5.415\ 1$	0.308 1	—	—	—
0:1	$y=0.526\ 9x+5.863\ 9$	0.194 0	—	—	—
1:1	$y=0.558\ 7x+5.775\ 8$	0.249 4	49	55	90
1:2	$y=0.325\ 1x+5.842\ 5$	0.074 9	165	62	267
2:1	$y=0.558\ 3x+5.813\ 3$	0.233 0	53	44	119
1:3	$y=0.516\ 5x+5.850\ 4$	0.192 7	64	65	98

3 结论与讨论

采用菌丝生长速率法,测定了甲霜灵、烯酰吗啉、氟吗啉、啞菌酯、霜脲氧、霜霉威、啞酰菌胺、苯甲·丙环唑 8 种杀菌剂对大豆疫霉根腐病菌的室内毒力。结果表明,甲霜灵、烯酰吗啉、霜脲氧、氟吗啉和啞菌酯对大豆疫霉菌毒力较强,可用于大豆疫霉根腐病的防治。甲霜灵作为防治作物疫病的主导药剂在多年使用后,仍对大豆疫霉有很强的毒力,而有些报道^[6-8]指出在一些地区大豆疫霉已对甲霜灵产生了抗药性。其原因可能与安徽大豆产区较少使用甲霜灵防治大豆疫霉根腐病有关。为了避免或延缓病菌抗药性的产生,在病害防治上应尽量避免长期单一使用某一杀菌剂,提倡不同药剂交替使用或混合使用。

经药剂复配筛选,发现甲霜灵、烯酰吗啉、霜脲氧和啞菌酯两两复配均可产生对抑制大豆疫霉有显著增效作用的配比混合物;其中,尤以烯酰吗啉与霜脲氧按 1:3 复配、啞菌酯和烯酰吗啉按 1:1 复配、霜脲氧和甲霜灵按 1:3 复配、啞菌酯和霜脲氧按 1:2 复配、啞菌酯和甲霜灵按 1:1 复配、烯酰吗啉+甲霜灵按 1:3 复配,增效作用最佳。该研究结果为防治大豆疫霉根腐病的新型复配剂开发及生产上药剂合理混用提供了科学依据。

参考文献

- [1] 李增辉,蒋绿荣,冷冰雪,等.安徽省大豆疫霉根腐病菌的鉴定及 rDNA-ITS 序列分析[J].植物保护学报,2017,44(1):121-128.
- [2] 王燕,王晓莉,王源超.作物疫病致病机制研究进展与面临的挑战[J].中国科学基金,2020,34(4):393-400.
- [3] LIU D,LI P,HU J L,et al.Genetic diversity among isolates of *Phytophthora sojae* in Anhui province of China based on ISSR-PCR markers[J].J Amer Soc Hort Sci,2018,143(4):304-309.
- [4] 杨晓贺,张瑜,顾鑫,等.大豆疫霉根腐病的综合防治[J].大豆科学,2014,33(4):554-558.
- [5] 叶文武,郑小波,王源超.大豆根腐病监测与防控关键技术研究进展[J].大豆科学,2020,39(5):804-809.
- [6] 左豫虎,侯巨梅,康振生,等.大豆疫霉菌抗甲霜灵特性研究[J].菌物学报,2005,24(3):422-428.
- [7] 崔林开,李井干,陆静,等.大豆疫霉菌对甲霜灵抗性风险的研究[J].南京农业大学学报,2013,36(1):47-51.
- [8] 国莉玲,左豫虎,柯希望,等.大豆疫霉菌(*Phytophthora sojae*)抗甲霜灵菌株筛选及生物学特性[J].中国油料作物学报,2014,36(5):623-629.
- [9] 崔人方,黄静,文景芝.防治大豆疫霉根腐病的药剂筛选[J].大豆科技,2011(3):18-21.
- [10] 郭梁,李本金,刘裴清,等.福建省大豆疫霉菌对甲霜灵和啞菌酯的敏感性测定[J].农药,2016,55(2):130-133.
- [11] 朱振东,王晓鸣,田玉兰,等.防治大豆疫霉根腐病的药剂筛选[J].农药学报,1999,1(3):39-44.
- [12] 兰成忠,陈庆河,赵健,等.大豆疫霉菌部分生物学特性及其药剂筛选研究[J].植物保护,2007,33(4):92-96.
- [13] DAI Y L,LIU T F,ZHANG L F,et al.First report of *Phytophthora* root and stem rot caused by *Phytophthora sojae* on soybean in Taihe, China [J].Plant Dis,2015,99(12):1861-1862.
- [14] 郑小波.疫霉菌及其研究技术[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [15] SUN Y P,JOHNSON E R.Analysis of joint action of insecticides against house flies[J].J Econ Entomol,1960,53(5):887-892.

(上接第 106 页)

- [22] 黄贯虹,方刚.系统工程方法与应用[M].广州:暨南大学出版社,2005.
- [23] 许树柏.实用决策方法——层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.

- [24] 芦建国,李舒仪.公园植物景观综合评价方法及其应用[J].南京林业大学学报(自然科学版),2009,33(6):139-142.
- [25] 赵然.济南大明湖植物景观研究[D].杭州:浙江农林大学,2013.
- [26] 蔡建国,赵然,钱黎君,等.济南大明湖公园木本植物配置结构分析[J].山东建筑大学学报,2012,27(6):597-602.