

灰色关联度分析法评价三十个紫斑牡丹品种

王晓晖¹, 王占营^{1,2}, 吴建梅¹, 刘迎锋³

(1. 洛阳农林科学院, 河南 洛阳 471023; 2. 华大基因洛阳农业创新中心, 河南 洛阳 471023; 3. 洛阳市农业局, 河南 洛阳 471023)

摘要:以“玉盘珍”“玉瓣绣球”“夜光杯”等 30 个紫斑牡丹品种为试验材料, 选取 9 个性状为评价因子, 采用灰色关联度分析法, 研究紫斑牡丹品种各性状指标对其品种总体表现的影响, 综合评价品种优劣, 以期筛选出适合洛阳地区生长且具有较好观赏性的紫斑牡丹品种, 探索科学的牡丹品种综合评价体系, 为牡丹育种和品种推广提供参考。结果表明: 参试的 30 个紫斑牡丹品种中有 20 个品种与参考品种的加权关联度较大($r > 0.6186$), 具有良好的适应性和观赏性。其中, “紫海银波”与参考品种的加权关联度最大($r = 0.8122$), 综合性状最优; 其次是“绣球红”($r = 0.7488$)和“夜光杯”($r = 0.7296$), 综合性状优良; 而“淡容装”关联度最小($r = 0.5317$), 综合性状最差。评价结果与品种的实际表现比较一致, 说明利用灰色关联度分析法对紫斑牡丹进行性状综合评价是科学可行的。

关键词:紫斑牡丹; 灰色关联度分析法; 综合评价

中图分类号:S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)18-0057-05

紫斑牡丹(*Paeonia rockii*)属芍药科芍药属植物, 是中国牡丹家族中最重要的成员之一^[1], 其植株高大, 花繁香浓, 且抗旱、抗寒, 近年来在全国范围内种植面积不断扩大。客观、全面的对其适应性和观赏性进行综合分析和评价显得尤为重要。灰色关联度分析法是邓聚龙教授^[2]1982 年创立的一种重要统计分析方法, 运用灰色关联度分析法分析参试品种, 对品种主要性状进行综合描述和量化评估, 能够克服单一性状两两比较的局限性, 可较全面地评价品种的优劣^[3]。近年来, 该方法也在观赏植物的评价中得到应用^[4-7]。现利用灰色关联度分析法对“玉盘珍”“玉瓣绣球”和“夜光杯”等 30 个紫斑牡丹品种进行综合评价, 以期筛选出适合洛阳地区生长且具有较好观赏性的品种, 为紫斑牡丹的推广应用以及牡丹育种中亲本材料的选择提供科学参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

洛阳市位于河南省西部, 地处东经 111.8°~112.59°、北纬 33.35°~35.05°。属暖温带大陆性季风气候和亚热带季风气候, 春旱多风, 夏热多雨, 秋爽日照长, 冬长寒冷少雨雪, 四季分明, 雨热同季。年平均气温约 15℃, 极端最高气温 40.4℃, 极端最低气温 -20.2℃。年降

雨量 630 mm, 无霜期 216 d。试验地地势平坦, 土壤为褐土, 土层厚度 60 cm, 通透性好, 肥力中等。

1.2 试验材料

洛阳农林科学院于 2009 年从甘肃引进 3 年生紫斑牡丹嫁接苗 100 余个品种, 从中选取已经适应洛阳气候特点和立地条件, 成活率高、生长健壮且能正常开花的 30 个品种, 于 2015 年进行观察试验。参试紫斑牡丹品种为“玉盘珍”“血染风采”“冰山翡翠”“青心白”“紫海银波”“玫瑰撒金”“紫蝶迎风”“蓝玉三彩”“枣园红”“红绣球”“丰功伟绩”“淡容装”“绣球红”“红海银波”“红杨妃”“和平红”“百丈冰”“仙鹅毛”“玉瓣绣球”“粉玉”“青春”“粉楼插翠”“群蝶争春”“黄河”“墨冠玉珠”“夜光杯”“景泰蓝”“玉秀”“蓝冠玉带”“紫云仙”。

1.3 试验方法

1.3.1 性状筛选 根据牡丹的特点, 参考《中国牡丹品种图志》^[8]、《中国紫斑牡丹》^[1]等相关文献资料, 选取花型、花色、花朵直径、花朵高度、群体花期、花姿、花显示度、结实能力、生长势等性状指标对所调查的 30 个紫斑牡丹品种进行评价。各数量性状直接按数值进行评价, 描述性性状赋值见表 1。

1.3.2 测试方法 对数量性状的指标, 随机抽取 5 个样本测量, 取其平均值。对描述性性状的指标, 由 5 位园艺专家现场共同评定。花型: 以出现频率最多的花型为准。花色: 以盛花期花色为准, 括号内为其包含的颜色, 黑色(墨紫红色、深紫红色); 白色(乳白色); 粉色(粉白色, 粉红色); 红色(紫红、胭红、玫红); 蓝色(粉蓝色、蓝

第一作者简介:王晓晖(1979-), 女, 河南宜阳人, 本科, 助理研究员, 现主要从事牡丹育种及栽培技术等研究工作。E-mail: wxhnky@126.com.

收稿日期:2016-05-04

表 1 紫斑牡丹品种性状指标评价标准

Table 1 Varieties of *Paeonia rockii* traits index evaluation standard

花型 Flower type	花色 Flower color	花显示度 Floral display	花姿 Flowers	结实能力 Seed setting ability	生长势 Growth vigor	分值 Score
单瓣型	蓝、粉	低于叶面	花头下垂	不结	弱	0
荷花型	白、红、紫	平于叶面	花头侧垂	弱	中	1
菊花型	黑、黄、绿、复色	高于叶面	花头直立	一般	强	2
蔷薇型				多		3
托桂型						4
皇冠型						5
绣球型						6

色);复色为 2 种或 2 种以上颜色相混杂,或在同一花瓣上或不同花瓣中相间存在。花朵的大小:在盛花期测量,自然盛开状态下通过花心的花朵最宽处的直径为花朵直径,整朵花冠最高到最低处的垂直距离为花朵的高度。群体花期:单个品种从 5% 花朵初开到 95% 花朵凋谢所经历的天数。结实能力:根据结实的多少(结实的花朵数占枝条总数的比例)分为 4 级,70% 以上为多,30%~69% 为一般,29% 以下为弱,0 为不结实。长势:按枝干粗壮、花繁叶茂和嫩枝长短区分为强、中、弱 3 种情况。由于评价参考牡丹品种的各指标的重要性是不同的,因此给以不同的权重,各指标的权重请 5 位园艺专家打分,取其平均值见表 2。

表 2 各性状指标的权重

Table 2 Weight of each character index

性状 Character	权重 Weight	性状 Character	权重 Weight	性状 Character	权重 Weight
花色	0.15	花朵高度	0.05	群体花期	0.10
花型	0.20	花显示度	0.10	结实能力	0.05
花朵直径	0.20	花姿	0.10	生长势	0.05

1.3.3 分析方法 以参试的 30 个紫斑牡丹品种作为一个灰色系统,每一品种为系统中的一个灰元,对性状的量化值进行标准化及无量纲化处理后,以各性状评价的最大值作为“理想品种”参考(即参考品种),然后利用公式(1)计算参试品种与参考品种的各主要性状的关联系数。把参试品种各性状指标的权重和关联系数代入公式(2)求得被评价紫斑牡丹品种与参考品种的加权关联度。根据加权关联度大小的比较,对紫斑牡丹品种进行数量化的综合评价。关联度越大,则因素的相似程度越高,表明品种综合性状较优,反之则较差。

关联系数:

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad \dots\dots(1)。$$

加权关联度:

$$r_i = \sum_{k=1}^n w(k) \zeta_i(k) \quad \dots\dots(2)。$$

(1)、(2)公式中, $i=1,2,3,\dots,n$ (待评价品种数); $k=1,2,3,\dots,n$ (待评价性状数); $|x_0(k) - x_i(k)|$ 为第 i 个品种第 k 个性状的无量纲化处理的测度值与最优性状值的绝对差值。 ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$,按常规取 0.5。 r_i 为第 i 品种的灰色关联度, $w(k)$ 为第 k 个性状的权重值, $k=9$ 。

2 结果与分析

根据筛选出的花型、花色、花朵直径、花朵高度、群体花期、花姿、花显示度、结实能力、生长势 9 个性状指标对所评价的 30 个紫斑牡丹品种进行测量与数量化赋值,参试品种与参考品种各指标平均值。由表 3 可知,参试的紫斑牡丹群体花期为 7~14 d,超过 10 d 的有 11 个品种,仅“玉秀”为 14 d;其大部分品种的花色一般、花型演化程度不高,有 11 个品种的花朵直径在 15 cm 以上,有 2 个品种的花朵高度在 8 cm 以上;但是几乎不存在花头下垂,花朵低于叶面的情况,而且大部分品种生长势强且具有较高的结实能力。

按灰色系统理论关联分析原则,关联度越大的数列与参考数列越接近,说明该品种的综合性状越好。通过比较指标的关联系数大小,可以明确各品种的优劣。由表 4 可知,综合性状的优劣依次为“紫海银波”>“绣球红”>“夜光杯”>“玉秀”>“玉瓣绣球”>“红绣球”>“丰功伟绩”>“蓝冠玉带”>“红海银波”>“血染风采”>“蓝玉三彩”>“黄河”>“墨冠玉珠”>“青心白”>“青春”>“紫云仙”>“玉盘珍”>“景泰蓝”>“和平红”>“群蝶争春”>“粉玉”>“枣园红”>“红杨妃”>“玫瑰撒金”>“紫蝶迎风”>“仙鹅毛”>“百丈冰”>“粉楼插翠”>“冰山翡翠”>“淡容装”。最优的为“紫海银波”,其关联度为 0.812 2,其次为“绣球红”0.748 8 和“夜光杯”0.729 6,最差的是“淡容装”,其关联度仅为 0.531 7。

“紫海银波”的花色、花显示度、花姿、生长势这 4 个指标与参考品种的关联系数均达到最大,花朵高度、花朵直径、群体花期与参考品种的关联系数都在 0.700 0 以上,其余性状指标的关联系数也为 0.600 0,所以其综合性状评价最优,最接近参考品种。“绣球红”虽然只有花型、花姿 2 个指标的关联系数达到 1.000 0,但其它性状指标的关联系数值均在中上等水平,故其综合排名为第 2。虽然“夜光杯”的花色、花姿等 5 个指标与参考品种的关联系数都达到 1.000 0,但其花朵较小,花型演化程度不高,对其观赏性影响较大,致使其排名为第 3。“淡容装”只有生长势较好,其花色不突出,花显示度差,花型、花朵大小、花姿等表现一般,离参考品种最远,其综合性状评价最差。

表 3 参试紫斑牡丹品种和参考牡丹品种各性状平均值

Table 3 The test and reference varieties of *Paonia rockii* varieties of peony traits average value

编号 No.	品种名称 Variety name	花色 Flower color	花型 Flower type	花朵直径 Flower diameter/cm	花朵高度 Flower height/cm	花显示度 Floral display	花姿 Flower pose	群体花期 Group flowering period/d	结实能力 Seed setting ability	生长势 Growing vigor
1	“玉盘珍”	0	0	13.4	6.3	2	2	8	3	2
2	“血染风采”	0	1	14.1	5.9	2	2	9	3	2
3	“冰山翡翠”	0	3	12.2	6.5	1	1	12	0	2
4	“青心白”	0	2	12.5	7.8	2	2	11	1	2
5	“紫海银波”	2	4	15.1	7.2	2	2	12	2	2
6	“玫瑰撒金”	1	2	13.5	5.3	1	2	10	1	1
7	“紫蝶迎风”	1	1	12.8	5.4	1	2	9	3	0
8	“蓝玉三彩”	1	2	13.1	6.5	2	2	12	1	1
9	“枣园红”	1	0	14.3	5.1	1	2	9	3	1
10	“红绣球”	1	6	15.2	9.1	1	1	10	1	1
11	“丰功伟绩”	1	0	14.9	5.8	2	2	7	3	2
12	“淡容装”	0	3	13.5	6.4	0	1	10	1	2
13	“绣球红”	1	6	15.3	7.7	1	2	13	1	1
14	“红海银波”	1	4	9.5	4.5	2	2	8	2	2
15	“红杨妃”	1	0	16.7	4.9	1	1	10	2	2
16	“和平红”	1	1	14.6	4.5	2	2	10	2	0
17	“百丈冰”	0	3	13.5	6.6	1	1	11	1	2
18	“仙鹅毛”	0	5	11.6	8.7	0	1	12	1	1
19	“玉瓣绣球”	0	6	13.4	6.8	1	2	9	0	2
20	“粉玉”	0	4	13.1	3.2	1	2	12	1	1
21	“青春”	0	2	16.2	5.1	2	2	10	1	1
22	“粉楼插翠”	0	3	15.2	6.5	1	1	8	0	2
23	“群蝶争春”	0	2	15.5	5.7	1	2	11	2	2
24	“黄河”	2	0	13.5	5.4	1	2	9	2	1
25	“墨冠玉珠”	2	2	13.2	5.5	1	2	9	1	0
26	“夜光杯”	2	0	13.5	5.3	2	2	8	3	2
27	“景泰蓝”	1	1	15.2	6.1	1	2	11	2	2
28	“玉秀”	0	0	15.0	6.8	2	2	14	3	2
29	“蓝冠玉带”	1	2	18.2	7.1	2	1	9	2	1
30	“紫云仙”	1	1	15.9	5.9	1	2	10	2	2
31	参考品种	2	6	18.2	9.1	2	2	14	3	2

表 4 参试紫斑牡丹品种与参考牡丹品种的关联系数及加权联度排名

Table 4 The correlation coefficient among varieties of *Paonia rockii* and reference varieties of peony and the weighted degree ranking

编号 No.	品种名称 Variety name	花色 Flower color	花型 Flower type	花朵直径 Flower diameter /cm	花朵高度 Flower height /cm	花显示度 Floral display	花姿 Flower pose	群体花期 Group flowering period/d	结实能力 Seed setting ability	生长势 Growing vigor	加权关联度 Weighted correlation degree	排名 Ranking
1	“玉盘珍”	0.333 3	0.333 3	0.654 7	0.619 0	1.000 0	1.000 0	0.538 5	1.000 0	1.0000	0.632 4	17
2	“血染风采”	0.333 3	0.375 0	0.689 4	0.587 1	1.000 0	1.000 0	0.583 3	1.000 0	1.000 0	0.650 6	10
3	“冰山翡翠”	0.333 3	0.500 0	0.602 6	0.636 4	0.500 0	0.500 0	0.777 8	0.333 3	1.000 0	0.546 8	29
4	“青心白”	0.333 3	0.428 6	0.614 9	0.777 8	1.000 0	1.000 0	0.700 0	0.428 6	1.000 0	0.639 0	14
5	“紫海银波”	1.000 0	0.600 0	0.745 9	0.705 4	1.000 0	1.000 0	0.777 8	0.600 0	1.000 0	0.812 2	1
6	“玫瑰撒金”	0.500 0	0.428 6	0.659 4	0.544 9	0.500 0	1.000 0	0.636 4	0.428 6	0.500 0	0.579 9	24
7	“紫蝶迎风”	0.500 0	0.375 0	0.627 6	0.551 5	0.500 0	1.000 0	0.583 3	1.000 0	0.333 3	0.578 1	25
8	“蓝玉三彩”	0.500 0	0.428 6	0.640 8	0.636 4	1.000 0	1.000 0	0.777 8	0.428 6	0.500 0	0.644 9	11
9	“枣园红”	0.500 0	0.333 3	0.700 0	0.532 2	0.500 0	1.000 0	0.583 3	1.000 0	0.500 0	0.591 6	22
10	“红绣球”	0.500 0	1.000 0	0.752 1	1.000 0	0.500 0	0.500 0	0.636 4	0.428 6	0.500 0	0.685 5	6
11	“丰功伟绩”	0.500 0	0.333 3	0.733 9	0.579 6	1.000 0	1.000 0	0.500 0	1.000 0	1.000 0	0.667 4	7
12	“淡容装”	0.333 3	0.500 0	0.659 4	0.627 6	0.333 3	0.500 0	0.636 4	0.428 6	1.000 0	0.531 7	30
13	“绣球红”	0.500 0	1.000 0	0.758 3	0.764 7	0.500 0	1.000 0	0.875 0	0.428 6	0.500 0	0.748 8	2
14	“红海银波”	0.500 0	0.600 0	0.511 2	0.497 3	1.000 0	1.000 0	0.538 5	0.600 0	1.000 0	0.656 0	9
15	“红杨妃”	0.500 0	0.333 3	0.858 5	0.520 0	0.500 0	0.500 0	0.636 4	0.600 0	1.000 0	0.583 0	23
16	“和平红”	0.500 0	0.375 0	0.716 5	0.497 3	1.000 0	1.000 0	0.636 4	0.600 0	0.333 3	0.628 5	19
17	“百丈冰”	0.333 3	0.500 0	0.659 4	0.645 4	0.500 0	0.500 0	0.700 0	0.428 6	1.000 0	0.555 6	27
18	“仙鹅毛”	0.333 3	0.750 0	0.579 6	0.919 2	0.333 3	0.500 0	0.777 8	0.428 6	0.500 0	0.569 4	26

表 4(续)

Table 4(Continued)

编号 No.	品种名称 Variety name	花色 Flower color	花型 Flower type	花朵直径 Flower diameter /cm	花朵高度 Flower height /cm	花显示度 Floral display	花姿 Flower pose	群体花期 Group flowering period/d	结实能力 Seed setting ability	生长势 Growing vigor	加权关联度 Weighted correlation degree	排名 Ranking
19	“玉瓣绣球”	0.333 3	1.000 0	0.654 7	0.664 2	0.500 0	1.000 0	0.583 3	0.333 3	1.000 0	0.689 1	5
20	“粉玉”	0.333 3	0.600 0	0.640 8	0.435 4	0.500 0	1.000 0	0.777 8	0.428 6	0.500 0	0.594 1	21
21	“青春”	0.333 3	0.428 6	0.819 8	0.532 2	1.000 0	1.000 0	0.636 4	0.428 6	0.500 0	0.636 4	15
22	“粉楼插翠”	0.333 3	0.500 0	0.752 1	0.636 4	0.500 0	0.500 0	0.538 5	0.333 3	1.000 0	0.552 7	28
23	“群蝶争春”	0.333 3	0.428 6	0.771 2	0.572 3	0.500 0	1.000 0	0.700 0	0.600 0	1.000 0	0.618 6	20
24	“黄河”	1.000 0	0.333 3	0.659 4	0.551 5	0.500 0	1.000 0	0.583 3	0.600 0	0.500 0	0.639 5	12
25	“墨冠玉珠”	1.000 0	0.428 6	0.645 4	0.558 3	0.500 0	1.000 0	0.583 3	0.428 6	0.333 3	0.639 1	13
26	“夜光杯”	1.000 0	0.333 3	0.659 4	0.544 9	1.000 0	1.000 0	0.538 5	1.000 0	1.000 0	0.729 6	3
27	“景泰蓝”	0.500 0	0.375 0	0.752 1	0.602 6	0.500 0	1.000 0	0.700 0	0.600 0	1.000 0	0.630 5	18
28	“玉秀”	0.333 3	0.333 3	0.739 8	0.664 2	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.697 8	4
29	“蓝冠玉带”	0.500 0	0.428 6	1.000 0	0.694 7	1.000 0	0.500 0	0.583 3	0.600 0	0.500 0	0.658 8	8
30	“紫云仙”	0.500 0	0.375 0	0.798 2	0.587 1	0.500 0	1.000 0	0.636 4	0.600 0	1.000 0	0.632 6	16

3 结论与讨论

参试的 30 个紫斑牡丹品种中有 20 个品种与参考牡丹品种的加权关联度在 0.618 6 以上,具有良好的适应性和观赏性,特别是“紫海银波”“绣球红”“夜光杯”这 3 个品种,与参考品种的关联度较大,综合表现较优,可在洛阳地区大面积推广应用。灰色关联度分析法评价紫斑牡丹品种,其评价结果基本与生产实践相一致,说明该方法是可行的。该方法可为牡丹品种资源的评价,以及专用型牡丹品种的筛选和牡丹育种中亲本骨干材料的选择等提供参考。

采用灰色关联度分析法可较全面地分析紫斑牡丹的综合性状表现,其结果更加数量化,并具有一定的可靠性。实际评价过程中各性状对其总体观赏价值的影响程度不同,需要合理确定不同的权重。为了使牡丹的观赏评价结果和评价体系更具客观性和可操作性,在进一步的研究中,可以根据具体的选育目标,选择评价指标以及为其合理的赋值,以期建立适宜的评价体系。并尽可能多地选取数量指标,将评价指标量化处理,形成统一的综合评价标准。

牡丹除了观花外,其芽、果、枝干等在园林绿化中也

具有一定的观赏价值。该研究中这些“有形”性状叠加或组合产生的效果,以及其它许多诸如文化、审美观、市场取向等涉及主观意识的“无形”影响,对于评价一个品种同样十分重要^[1]。如何建立一个完善的牡丹综合评价体系还有待进一步系统化研究。

参考文献

- [1] 成仿云,李嘉珏,陈德忠,等. 中国紫斑牡丹[M]. 北京:中国林业出版社,2005.
- [2] 邓聚龙. 灰色系统综述[J]. 世界科学,1983(7):1-5.
- [3] 李秀玲,刘君,宋海鹏,等. 13 种观赏草在南京地区夏秋两季观赏价值的灰色关联分析[J]. 草业科学,2010(2):39-44.
- [4] 杜淑辉,臧德奎,孙居文. 木瓜属观赏品质的灰色关联度综合评价[J]. 山东农业科学,2011(1):12-15.
- [5] 雷中华,王琴,石必显,等. 应用灰色系统理论对向日葵品种进行综合评价[J]. 新疆农业科学,2010,47(9):1770-1774.
- [6] 刘光立,陈其兵,曹洋,等. 基于灰色系统理论的天彭牡丹品种综合评价[J]. 北方园艺,2010(14):109-112.
- [7] RAJU S P, SUHAS S J. Multi-objective optimization of surface roughness and cutting forces in high-speed turning of Inconel 718 using Taguchi grey relational analysis(TGRA)[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011,56:47-62.
- [8] 王连英. 中国牡丹品种图志[M]. 北京:中国林业出版社,1997.

Evaluation of Thirty Varieties of *Paeonia* Papaveracea Based on Grey Correlation Analysis Method

WANG Xiaohui¹, WANG Zhanying^{1,2}, WU Jianmei¹, LIU Yingfeng³

(1. Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Luoyang, Henan 471023; 2. BGI Luoyang Agricultural Innovation Center, Luoyang, Henan 471023; 3. Luoyang City Agricultural Bureau, Luoyang, Henan 471023)

Abstract: Using ‘Jade plate’, ‘Flap Hydrangea’ and ‘Luminous cup’ and other 30 varieties of *Paeonia rockii* as experimental materials, nine characteristics were chosen as evaluation factors, by using the grey correlation analysis, the influence of varieties of *Paeonia rockii* traits on the overall performance of the varieties were studied, evaluation of varieties were comprehensived, in order to screen out suitable *Paeonia rockii* varieties for Luoyang region growth and had good

重金属胁迫对草地早熟禾萌发、生长及光合特性的影响

尹娟¹, 李 宁²

(1. 信阳农林学院 林学院, 河南 信阳 464000; 2. 河南职业技术学院 环境艺术工程系, 河南 郑州 450046)

摘 要:以草地早熟禾为研究材料,研究了不同浓度的重金属离子镉(Cd^{2+})、铜(Cu^{2+})和铅(Pb^{2+})对其种子萌发、幼苗生长及光合特性的影响。结果表明:低浓度的 Cd^{2+} ($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)和 Cu^{2+} ($100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)处理时,对草地早熟禾种子萌发有一定的促进作用,发芽率分别达到了96.2%和94.2%,发芽指数分别为9.8和9.7,均高于对照;当 Cd^{2+} 浓度高于 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 Cu^{2+} 浓度高于 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,种子发芽率和发芽指数均低于对照。当 Cu^{2+} 浓度低于 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,随着浓度的增大,幼苗的株高、总根长和地上生物量以及叶绿素含量和 F_v/F_m 值有一定的增加;当 Cu^{2+} 浓度高于 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,随着浓度的增大,则呈下降趋势。而随着 Pb^{2+} 浓度的增加,草地早熟禾种子的萌发、幼苗的生长及光合效率均逐渐下降,且低于对照。

关键词:草地早熟禾;重金属;萌发;生长;光合特性

中图分类号:S 543+.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)18-0061-04

重金属不仅不易随水淋溶,也不能被土壤微生物分解,相反却能通过生物富集作用在土壤环境中逐渐积累下来,甚至可能转化成毒性更大的甲基化合物,给植物的生长发育造成影响,严重时将威胁到农、牧业的生产安全及人类的生命和健康^[1-2]。镉(Cd)^[3]和铅(Pb)^[4-5]均不是植物生长所必需的营养元素,且对人类和植物有较严重的毒害作用。它们进入植物体后,通常会改变细胞膜透性,使植物的光合作用、呼吸作用及氮同化作用等受到抑制,导致植物体内的生理生化过程发生紊乱,植物生长发育受阻,严重时导致植株死亡。铜(Cu)是植物生长发育所必需的微量元素。因此一定浓度范围的 Cu 对植物不会产生明显的毒害作用,低浓度甚至还会促进

植物生长,但当浓度过高时也会对植物的生长发育产生影响,导致植物生长缓慢、生理代谢紊乱,严重时出现死亡^[6]。

草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)属禾本科早熟禾属植物,广泛分布于北温带冷凉湿润地区,是一种多年生冷季型禾草,其叶形美观,具匍匐根状茎,既是一种牧草,也是一种优良的草坪草^[7]。该研究主要探讨了重金属离子 Cd^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 对草地早熟禾种子萌发、幼苗生长及光合特性的影响,为进一步研究草坪草对重金属胁迫的响应机制提供资料,也为城市绿化草坪草的选择提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于信阳农林学院,地理坐标为东经 $114^{\circ}06'$,北纬 $31^{\circ}125'$,年平均气温 $15.1 \sim 15.3^{\circ}\text{C}$,无霜期长,平均 $220 \sim 230 \text{ d}$;降雨丰沛,年均降雨量 $900 \sim 1400 \text{ mm}$ 。

第一作者简介:尹娟(1979-),女,硕士,讲师,现主要从事园林植物栽培选择与应用等研究工作。E-mail: yijuan9999@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31270664)。

收稿日期:2016-04-18

ornamental, to explore scientific peony cultivars comprehensive evaluation system, provided a reference for peony breeding and extension of new varieties. The results showed that among the 30 varieties of *Paeonia* papaveracea, there were 20 varieties and reference variety weight relation larger ($r > 0.6186$), had a good adaptability and ornamental. Among them, 'Zihai silverwave' with the weighted correlation degree of the reference variety was the largest ($r = 0.8122$), comprehensive characters was the best, the second was 'Red Hydrangea' ($r = 0.7488$) and 'Luminous cup' ($r = 0.7296$), and the 'Light capacitance' connection was the least ($r = 0.5317$). The evaluation results were consistent with the actual performance of the varieties. Using grey relational analysis method was scientific and feasible evaluation of *Paeonia* papaveracea.

Keywords: *Paeonia*; grey correlation analysis method; comprehensive evaluation