

17 个菊花品种幼苗的耐镉性评价

施旭丽, 朱安超, 陈发棣, 房伟民, 管志勇, 陈素梅^①

(南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 采用营养液培养法研究了 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd 胁迫 20 d 后 17 个菊花 [*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.] 品种幼苗的外观形态及 7 个生长指标(包括株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量和叶片相对电导率)的变化,并据此比较各指标胁迫指数的差异;基于 8 个耐镉指标(包括单株叶片受害率以及 7 个生长指标的胁迫指数),采用主成分分析、隶属函数值分析、综合得分分析和 WPGMA 聚类分析方法对这些品种的耐镉性进行综合评价。结果显示:Cd 胁迫条件下各品种幼苗均表现出生长缓慢、植株矮小、叶片萎蔫黄化、根系生长不良等受害症状。不同品种的受害程度差异较大;各品种单株叶片受害率为 3.00% ~ 85.05%,其中品种‘钟山黄英’单株叶片受害率最低;各品种株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量和叶片相对电导率的胁迫指数分别为 65.72% ~ 92.86%、27.45% ~ 87.84%、29.25% ~ 76.54%、38.10% ~ 77.93%、51.42% ~ 88.23%、40.48% ~ 79.95% 和 140.98% ~ 268.79%,其中,品种‘钟山金葵’和‘钟山黄英’的受害程度均较轻。主成分分析结果表明:第 1 主成分贡献率为 81.089%,其中 8 个耐镉指标的载荷均较高,说明这些指标可基本反映菊花的耐镉性。各品种 8 个耐镉指标的综合得分和隶属函数值差异较大,其中品种‘钟山金葵’和‘钟山黄英’的隶属函数值和综合得分均较高,其耐镉性分别排在第 1 和第 2 位。WPGMA 聚类分析将 17 个菊花品种分为 4 组,其中,品种‘钟山金葵’单独聚为 I 组,品种‘钟山金山’、‘钟山红枫’、‘钟山樱桂’、‘钟山紫莲’和‘钟山丹桂’聚为 II 组,品种‘钟山黄英’、‘钟山紫桂’和‘钟山金玉’聚为 III 组,其余 8 个品种聚为 IV 组,分别属于高耐镉型、镉敏感型、耐镉型和低耐镉型。通过综合分析,认为品种‘钟山金葵’、‘钟山黄英’、‘钟山紫桂’和‘钟山金玉’的耐镉性较强,可用于 Cd 污染土壤的植物修复。

关键词: 菊花;耐镉性;耐镉指标;主成分分析;隶属函数值分析;聚类分析

中图分类号: Q945.78; S682.1; X53 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2015)03-0050-10

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2015.03.07

Evaluation on Cd resistance of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* SHI Xuli, ZHU Anchao, CHEN Fadi, FANG Weimin, GUAN Zhiyong, CHEN Sumei^① (College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2015, 24(3): 50-59

Abstract: Changes of morphology and seven growth indexes including plant height, root length, fresh weight of stem and leaf, fresh weight of root, dry weight of stem and leaf, dry weight of root and relative electric conductivity of leaf of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel. after 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd stressed for 20 d were researched by nutrient solution culture method, and differences in stress indexes of each index were compared accordingly. Based on eight Cd resistance indexes including individual leaf damage rate and stress indexes of seven growth indexes, Cd resistance of these cultivars were comprehensively evaluated by methods of principal component analysis, subordinate function value analysis, comprehensive score analysis and WPGMA cluster analysis. The results show that under Cd stress condition, seedlings of each cultivar all appear suffer symptoms such as growing slowly, drawl plant, yellow and wilting leaf, poor growth root, etc. Differences in damage degree of different

收稿日期: 2015-01-15

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划项目(2012BAD01B07005-1); 江苏省科技支撑计划项目(BE2012350; BE2011325); 上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2011)第 1-9 号]

作者简介: 施旭丽(1989—),女,浙江湖州人,硕士研究生,主要从事观赏植物的逆境生理与生态研究。

^①通信作者 E-mail: chensm@njau.edu.cn

cultivars are great. Individual leaf damage rate of different cultivars is 3.00%–85.05%, in which, that of cultivar ‘Zhongshanhuangying’ is the lowest. Stress indexes of plant height, root length, fresh weight of stem and leaf, fresh weight of root, dry weight of stem and leaf, dry weight of root and relative electric conductivity of leaf of different cultivars are 65.72%–92.86%, 27.45%–87.84%, 29.25%–76.54%, 38.10%–77.93%, 51.42%–88.23%, 40.48%–79.95% and 140.98%–268.79%, respectively, in which, damage degrees of cultivar ‘Zhongshanjinkui’ and ‘Zhongshanhuangying’ both are mild. The result of principal component analysis shows that contribution rate of the first principal component is 81.089%, in which, load of eight Cd resistance indexes is higher, indicating that these indexes can basically reflect the Cd resistance of *D. morifolium*. Differences in comprehensive score and subordinate function value of eight Cd resistance indexes of each cultivar are great, in which, those of cultivar ‘Zhongshanjinkui’ and ‘Zhongshanhuangying’ are higher, their Cd resistance ranks the first and the second place, respectively. 17 cultivars of *D. morifolium* are divided into four groups by WPGMA cluster analysis, in which, cultivar ‘Zhongshanjinkui’ is clustered to I group alone, cultivar ‘Zhongshanjinshan’, ‘Zhongshanhongfeng’, ‘Zhongshanyinggui’, ‘Zhongshanzilian’ and ‘Zhongshandangui’ are clustered to II group, cultivar ‘Zhongshanhuangying’, ‘Zhongshanzigui’ and ‘Zhongshanjinyu’ are clustered to III group, other eight cultivars are clustered to IV group, which belong to high Cd resistance type, Cd sensitive type, Cd resistance type and low Cd resistance type, respectively. By comprehensive analysis, it is suggested that Cd resistance of cultivar ‘Zhongshanjinkui’, ‘Zhongshanhuangying’, ‘Zhongshanzigui’ and ‘Zhongshanjinyu’ is stronger, these cultivars can be used for phytoremediation of polluted soil with Cd.

Key words: *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.; Cd resistance; Cd resistance index; principal component analysis; subordinate function value analysis; cluster analysis

重金属污染具有潜伏性、长期性和不可逆性,可对水资源和土壤环境造成严重破坏。目前已知的重金属污染主要有镉(Cd)污染、汞(Hg)污染、铅(Pb)污染、铬(Cr)污染和砷(As)污染,其中镉污染因移动性大、毒性高位居首位^[1]。镉是植物生长发育过程中的非必需营养元素,极易被植物吸收和积累,但超过一定阈值后不仅影响植物的正常生长和发育,还会造成农作物产量和品质下降,并能通过食物链进入人体,严重威胁人类健康^[2-3]。

利用可富集重金属或具有重金属耐性的植物对环境进行修复是治理重金属污染的新途径之一^[4],但目前针对耐镉植物缺乏科学、简便的评价体系,使耐镉植物的筛选受到一定程度的限制,镉污染环境的植物修复技术尚未得到广泛应用。观赏花卉植物多不被人们食用,其体内积累的镉也不会通过食物链进入人体,且植物采收后可通过特殊工艺进行镉的回收和提纯^[5],可有效防止镉的二次污染^[6],因此,观赏花卉植物是最佳的镉污染修复植物之一。为此,研究者对鸢尾(*Iris tectorum* Maxim.)^[7]、万寿菊(*Tagetes erecta* Linn.)^[8]和向日葵(*Helianthus annuus* Linn.)^[9]等植物的镉耐性及积累性进行了相关研究,但涉及的观赏花卉植物种类仍较少。

菊花[*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.]

为菊科(Asteraceae)菊属[*Dendranthema* (DC.) Des Moul.]多年生草本植物,为中国十大名花之一,观赏价值和应用价值均较高,且具有适应能力强、生长势旺盛、分枝能力强、着花繁密、整体花期长及景观效果好等优良特性,在花卉生产中占有重要地位^[10],是城乡露地绿化和美化环境的优良花卉^[11]。从菊花中筛选耐镉品种并用于城市园林绿化,可达到吸收土壤中的镉及美化环境的双重目的,具有较高的生态效益和经济效益。

鉴于此,作者采用营养液培养法对镉胁迫(200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd)条件下17个菊花品种幼苗生长状况(包括外观形态变化、单株叶片受害率和7个生长指标的胁迫指数)的差异进行比较;在此基础上,基于8个耐镉指标(包括单株叶片受害率和7个生长指标的胁迫指数)对17个菊花品种进行主成分分析,并采用隶属函数值分析法和综合得分分析法评价它们的镉耐性;此外,还依据8个耐镉指标采用加权配对算术平均法(weighted pair-group method using arithmetic average, WPGMA)对17个菊花品种进行聚类分析。以期建立一套简单易行的菊花苗期耐镉性评价方法,为菊花品种的耐镉性评价、耐镉种质筛选及耐镉性新品种选育等奠定研究基础,并为镉污染土壤的植物修复提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

以南京农业大学园艺学院菊花课题组自主选育的“钟山”系列菊花品种‘钟山金葵’(‘Zhongshan-jinkui’)、‘钟山黄英’(‘Zhongshanhuangying’)、‘钟山紫桂’(‘Zhongshanzigui’)、‘钟山金玉’(‘Zhongshan-jinyu’)、‘钟山云桂’(‘Zhongshanyungui’)、‘钟山星桂’(‘Zhongshanxinggui’)、‘钟山金桂’(‘Zhongshan-jingui’)、‘钟山霞桂’(‘Zhongshanxiagui’)、‘钟山早白’(‘Zhongshanzaobai’)、‘钟山酒红’(‘Zhongshan-jiuhong’)、‘钟山矮黄’(‘Zhongshanaihuan’)、‘钟山桂冠’(‘Zhongshanguiguan’)、‘钟山紫莲’(‘Zhongshanzilian’)、‘钟山金山’(‘Zhongshanjinshan’)、‘钟山红枫’(‘Zhongshanhongfeng’)、‘钟山樱桂’(‘Zhongshanyinggui’)和‘钟山丹桂’(‘Zhongshandangui’)为材料,依次编号1至17,均保存于南京农业大学菊花种质资源保存中心。

1.2 方法

1.2.1 供试幼苗培养 于2013年4月至2013年6月进行实验。在供试的17个菊花品种中分别选取生长健壮、长势一致、发育良好且无病虫害的植株,剪取长度6~8 cm的插穗(保留2~3片完全展开的叶片)进行扦插;将插穗插入装有蛭石和珍珠岩等体积混配基质的穴盘内,置于气温15℃~27℃条件下进行培育;扦插后5 d内每天喷水2~4次以避免叶片萎蔫,之后逐渐减少喷水次数,但仍保持基质适度湿润^[12]。

1.2.2 镉胁迫方法 在南京农业大学园艺学院植物培养室内进行镉胁迫实验。扦插育苗15 d后,在各品种的扦插苗中选取长势一致的8叶龄幼苗,洗净根部基质后用去离子水缓苗培养3~4 d,待有白色新根长出后移入装有1/2 Hoagland营养液的塑料周转箱(容积24 L)中进行预培养,供试幼苗均先用海绵固定后再插入具孔泡沫板中,每个周转箱种植2个品种,每个品种12株幼苗。预培养10 d后,向处理组营养液中加入0.1 mmol·L⁻¹ CdCl₂母液,使营养液中的Cd终浓度达到200 μmol·L⁻¹,对照组则使用1/2 Hoagland营养液继续培养。利用气泵保持水体通气,每4天更换1次培养液,每隔2天调节1次培养液的pH值(保持pH 6.5~pH 7.0);培养温度25℃。每品种各处理分别重复3次。

1.2.3 指标测定方法 胁迫处理20 d后,分别收集各品种对照组和处理组的植株,用直尺直接测量单株的株高和根长(最长根的长度);将茎叶和根分开,用去离子水洗净并吸干表面水分,分别称量茎叶和根的鲜质量;将茎叶和根置于105℃杀青1 h,并在80℃条件下烘干至恒质量后冷却,称量茎叶和根的干质量。叶片受害率用描叶法进行测量,通过测算单株总叶面积和受害叶(包括黄叶、萎蔫叶和干枯叶)总叶面积,按照公式“单株叶片受害率=(受害叶总叶面积/单株总叶面积)×100%^[13]”计算单株叶片受害率。采用雷磁DDS-307型电导仪(上海精密科学仪器有限公司)测定叶片煮沸前后的电导率,并按照公式“相对电导率=(煮沸前的电导率/煮沸后的电导率)×100%”计算叶片相对电导率。

根据上述指标的测量结果分别计算株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量和叶片相对电导率的胁迫指数^[14],计算公式为:某指标的胁迫指数=(处理组该指标的测定值/对照组该指标的测定值)×100%。

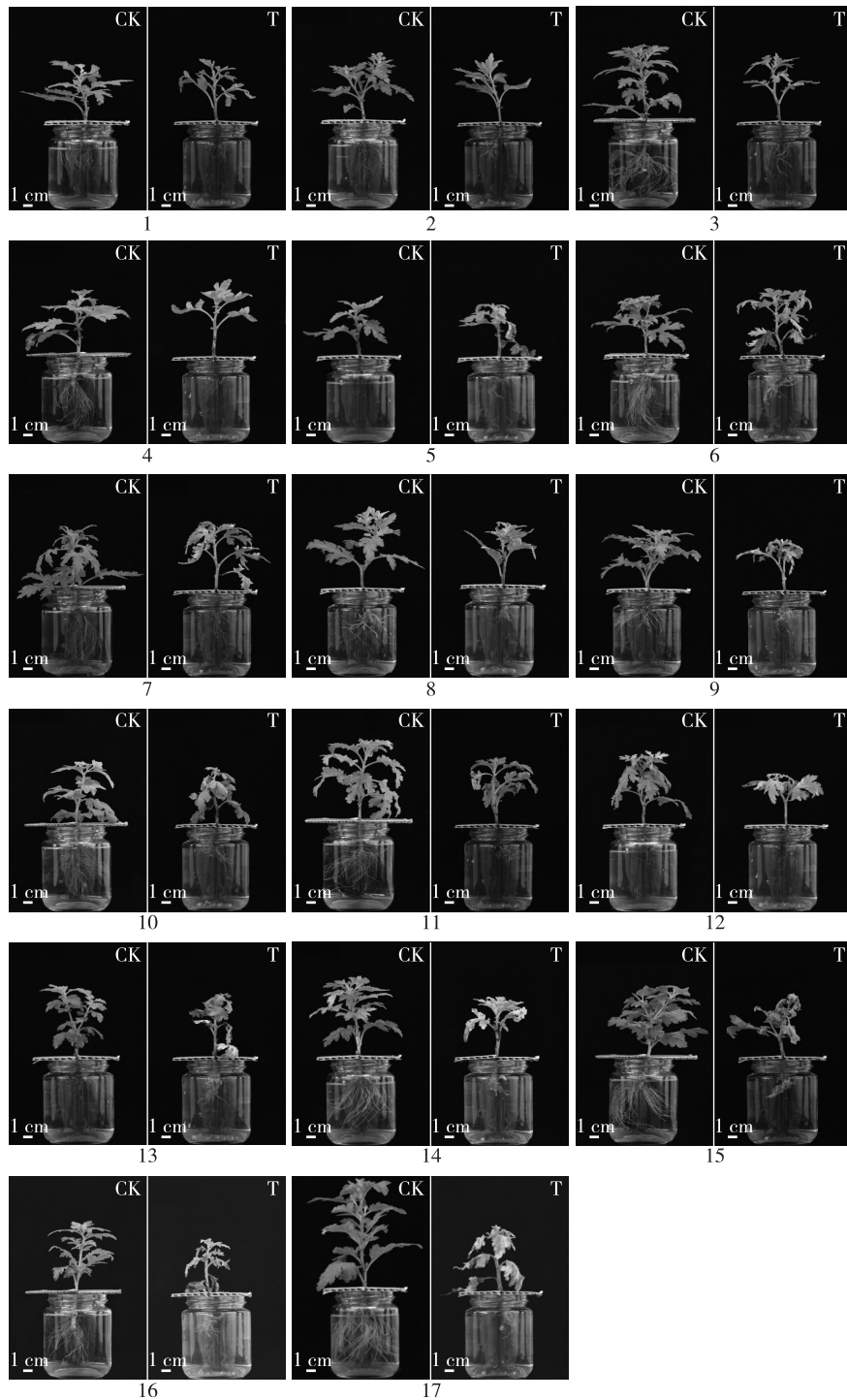
1.3 数据处理和统计分析

采用SPSS 17.0统计分析软件分别对17个菊花品种的8个耐镉指标进行差异显著性分析、主成分分析、隶属函数值分析和聚类分析。其中,可代替原有指标的主成分选取原则为其特征值大于1且累计方差贡献率不低于80%;在隶属函数值分析前确定不同主成分中各耐镉指标的权重值;每个品种某指标的得分为该指标的隶属函数值与该指标权重的乘积,某品种的综合得分为各指标得分的总和,综合得分越高,说明该品种的耐镉性越强;采用WPGMA法对17个菊花品种进行聚类分析^[15],并对各菊花品种的耐镉性进行分级。

2 结果和分析

2.1 Cd胁迫条件下菊花幼苗外观形态变化

经200 μmol·L⁻¹ Cd胁迫处理20 d后17个菊花品种幼苗的外观形态变化见图1。由图1可见:经Cd胁迫后17个菊花品种幼苗的地上和地下部分均受到Cd毒害,主要表现为生长缓慢、植株矮小、叶片萎蔫黄化、根系生长不良等,但不同品种间受害程度差异较大。其中,Cd胁迫条件下品种‘钟山金葵’、‘钟山黄英’和‘钟山金玉’幼苗的株高、叶片长势和根系生



CK: 对照组 The control group; T: 处理组 The treatment group ($200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}$).

1: ‘钟山金葵’ ‘Zhongshanjinkui’; 2: ‘钟山黄英’ ‘Zhongshanhuangying’; 3: ‘钟山紫桂’ ‘Zhongshanzigui’; 4: ‘钟山金玉’ ‘Zhongshanjinyu’; 5: ‘钟山金桂’ ‘Zhongshanjingui’; 6: ‘钟山云桂’ ‘Zhongshanyungui’; 7: ‘钟山霞桂’ ‘Zhongshanxiagui’; 8: ‘钟山星桂’ ‘Zhongshanxingui’; 9: ‘钟山矮黄’ ‘Zhongshanaihuang’; 10: ‘钟山酒红’ ‘Zhongshanjiuhong’; 11: ‘钟山早白’ ‘Zhongshanzaobai’; 12: ‘钟山桂冠’ ‘Zhongshanguiguan’; 13: ‘钟山紫莲’ ‘Zhongshanzilian’; 14: ‘钟山金山’ ‘Zhongshanjinshan’; 15: ‘钟山红枫’ ‘Zhongshanhongfeng’; 16: ‘钟山樱桂’ ‘Zhongshanyingui’; 17: ‘钟山丹桂’ ‘Zhongshandangui’.

图1 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}$ 胁迫 20 d 后 17 个菊花品种幼苗的形态变化
 Fig. 1 Change in morphology of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel. after $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}$ stressed for 20 d

长状况均与对照差异较小,说明这3个菊花品种受Cd毒害较轻;而Cd胁迫条件下品种‘钟山丹桂’、‘钟山樱桂’和‘钟山红枫’幼苗生长状况较差、株高明显低于对照、叶片受伤害面积较大、根系生长也受到明显抑制,说明这3个菊花品种受Cd毒害较重。

2.2 Cd胁迫条件下菊花幼苗单株叶片受害率比较

经 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫处理20 d后17个菊花品种幼苗的单株叶片受害率见表1。实验结果显示:

$200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫20 d后多数品种幼苗的单株叶片受害率差异显著($P < 0.05$)。其中,单株叶片受害率最大的品种为‘钟山丹桂’,达到85.04%;品种‘钟山樱桂’、‘钟山早白’和‘钟山金山’的单株叶片受害率也较高,均在60%以上;品种‘钟山金葵’、‘钟山紫桂’和‘钟山金玉’的叶片受害程度较轻,单株叶片受害率均在10%以下;单株叶片受害率最低的品种为‘钟山黄英’,仅3.00%。

表1 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫20 d后17个菊花品种幼苗单株叶片受害率的比较

Table 1 Comparison on individual leaf damage rate of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel. after $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd stressed for 20 d

品种 Cultivar	单株叶片受害率/% ¹⁾ Individual leaf damage rate ¹⁾	品种 Cultivar	单株叶片受害率/% ¹⁾ Individual leaf damage rate ¹⁾
钟山金葵 Zhongshanjinkui	8.00±1.08n	钟山酒红 Zhongshanjiuhong	33.00±1.55h
钟山黄英 Zhongshanhuangying	3.00±1.38o	钟山早白 Zhongshanzaobai	67.01±1.71c
钟山紫桂 Zhongshanzigui	8.00±1.40n	钟山桂冠 Zhongshanguiguan	35.03±1.58g
钟山金玉 Zhongshanjinyu	9.51±1.21m	钟山紫莲 Zhongshanzilian	45.05±1.52f
钟山金桂 Zhongshanjingui	24.68±1.70j	钟山金山 Zhongshanjinshan	65.30±1.91d
钟山云桂 Zhongshanyungui	45.08±1.82f	钟山红枫 Zhongshanhongfeng	55.00±1.33e
钟山霞桂 Zhongshanxiagui	14.99±1.33l	钟山樱桂 Zhongshanyingui	80.11±1.35b
钟山星桂 Zhongshanxingui	30.27±1.86i	钟山丹桂 Zhongshandangui	85.04±1.63a
钟山矮黄 Zhongshanaihuang	18.44±1.51k		

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

2.3 Cd胁迫条件下菊花幼苗生长指标的胁迫指数分析

经 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫处理20 d后17个菊花品种幼苗的7个生长指标的胁迫指数见表2。结果显示:在 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫条件下,17个菊花品种的幼苗生长均受到较大影响,各品种幼苗的株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量和根干质量均明显降低,而叶片相对电导率则明显提高。但不同品种幼苗各指标胁迫指数的变化幅度差异较大,其中,株高胁迫指数为65.72%~92.86%,根长胁迫指数为27.45%~87.84%,茎叶鲜质量和根鲜质量的胁迫指数分别为29.25%~76.54%和38.10%~77.93%,茎叶干质量和根干质量的胁迫指数分别为51.42%~88.23%和40.48%~79.95%,叶片相对电导率的胁迫指数为140.98%~268.79%。从各指标胁迫指数的变化幅度可见:Cd胁迫条件下不同菊花品种幼苗的株高胁迫指数差异较小,根长、根鲜质量和叶片相对电导率的胁迫指数变化幅度则较大,尤其是叶片相对电导率的胁迫指数变化幅度最大,说明供试菊花品种幼苗的根长、根鲜质量和叶片相对电导率对Cd胁迫

的敏感性较强。

由表2还可见:在 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫条件下,在17个菊花品种中,品种‘钟山金葵’和‘钟山黄英’幼苗的株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量和根干质量的胁迫指数均相对较高,而叶片相对电导率的胁迫指数则相对较低,说明经 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫处理后这2个菊花品种幼苗的各项指标与对照差异较小, $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫对它们幼苗生长的抑制作用较弱;而品种‘钟山樱桂’和‘钟山丹桂’幼苗各指标的胁迫指数大小与上述2个菊花品种相异,说明经 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫处理后这2个菊花品种幼苗的各指标与对照差异较大,Cd胁迫对这2个菊花品种幼苗生长的抑制作用较强。

2.4 Cd胁迫条件下菊花幼苗耐镉指标的主成分分析

经 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫处理后17个菊花品种的8个耐镉指标(包括单株叶片伤害率以及株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量和叶片相对电导率7个生长指标的胁迫指数)的主成分分析结果见表3。主成分分析结果显示:第1主成分

的特征值最高,为6.487,贡献率达到81.089%,基本上可以反映8个测定指标的绝大部分信息,因此,可将第1主成分作为17个菊花品种耐镉性评价的综合分析指标。

对第1主成分的进一步分析结果(表3)表明:茎

叶鲜质量胁迫指数的载荷最高,为0.945,其后载荷依次为根鲜质量胁迫指数(0.929)、单株叶片伤害率(-0.902)、株高胁迫指数(0.898)、茎叶干质量胁迫指数(0.892)、根长胁迫指数(0.891)、叶片相对电导率胁迫指数(-0.885)、根干质量胁迫指数(0.859)。

表2 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd 胁迫 20 d 后 17 个菊花品种幼苗各生长指标的胁迫指数 ($\bar{X} \pm \text{SD}$, $n=3$)

Table 2 Stress index of different growth indexes of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel. after 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd stressed for 20 d ($\bar{X} \pm \text{SD}$, $n=3$)

品种编号 ¹⁾ No. of cultivar ¹⁾	各生长指标的胁迫指数/% ²⁾ Stress index of different growth indexes ²⁾						
	株高 Plant height	根长 Root length	茎叶鲜质量 Fresh weight of stem and leaf	根鲜质量 Fresh weight of root	茎叶干质量 Dry weight of stem and leaf	根干质量 Dry weight of root	叶片相对电导率 Relative electric conductivity of leaf
1	92.80±1.15a	87.84±1.68a	75.92±1.18a	77.93±1.33a	86.51±0.47ab	79.95±0.32a	140.98±3.91h
2	92.86±0.38a	70.51±2.02b	76.54±0.68a	72.60±1.54b	88.23±0.83a	77.33±0.25ab	187.25±5.64g
3	84.23±0.30c	61.02±1.62c	68.36±1.07b	71.43±1.09bc	83.96±1.62bc	75.10±0.66bc	180.44±5.27g
4	89.17±0.74b	52.42±0.33ef	70.13±2.10b	65.13±2.48efgh	85.35±1.19bc	71.01±1.53de	189.60±2.24g
5	84.43±0.82c	50.25±1.72fg	67.65±1.78b	63.87±3.03fghi	83.56±1.97c	75.63±0.69bc	222.76±2.26de
6	81.91±0.92de	52.88±1.47de	67.62±1.60b	68.79±2.44cd	84.03±1.34bc	77.71±1.45ab	223.83±5.50de
7	82.03±0.56de	55.11±1.29d	69.37±1.26b	66.00±1.30defg	83.90±1.40bc	57.06±1.38f	219.78±9.02e
8	83.68±0.51cd	49.72±1.81g	67.74±0.54b	67.51±0.81de	83.51±0.22c	74.74±0.90bc	246.42±13.85d
9	82.86±0.93cd	46.28±2.30h	56.32±1.24e	62.66±1.29ghi	72.65±1.33f	73.53±1.60cd	203.60±8.38f
10	79.90±2.54f	52.95±1.34de	61.00±0.54d	65.02±0.22efgh	76.37±0.88de	68.38±1.79e	234.58±5.82d
11	74.71±0.64g	51.00±0.95efg	63.80±1.14c	66.67±2.44def	77.96±2.12d	71.58±5.35de	213.32±8.63ef
12	74.25±1.23g	45.31±0.10h	59.71±2.32d	61.44±1.57hi	76.46±2.07de	69.28±1.77e	234.55±8.76de
13	80.64±1.05ef	45.56±1.23h	55.39±1.26e	60.82±2.39i	72.77±1.28f	53.25±2.70g	248.92±7.04bc
14	74.97±0.49g	34.94±0.49i	51.77±2.83f	44.13±1.08k	73.91±1.39ef	44.87±1.74h	260.54±4.08ab
15	80.25±0.70ef	28.90±1.24j	47.26±1.01g	38.51±3.45l	67.42±0.85g	40.48±0.73i	252.16±4.14bc
16	67.51±1.26h	44.43±1.16h	29.25±1.01i	50.73±2.41j	51.42±0.38i	53.88±0.80g	254.87±4.25bc
17	65.72±0.10i	27.45±0.27j	36.23±1.41h	38.10±0.40l	63.58±3.51h	44.87±1.35h	268.79±5.58a

¹⁾ 1: ‘钟山金葵’ ‘Zhongshanjinkui’; 2: ‘钟山黄英’ ‘Zhongshanhuangying’; 3: ‘钟山紫桂’ ‘Zhongshanzigui’; 4: ‘钟山金玉’ ‘Zhongshanjinyu’; 5: ‘钟山金桂’ ‘Zhongshanjingui’; 6: ‘钟山云桂’ ‘Zhongshanyungui’; 7: ‘钟山霞桂’ ‘Zhongshanxiagui’; 8: ‘钟山星桂’ ‘Zhongshanxingui’; 9: ‘钟山矮黄’ ‘Zhongshanaihuang’; 10: ‘钟山酒红’ ‘Zhongshanjiuhong’; 11: ‘钟山早白’ ‘Zhongshanzaobai’; 12: ‘钟山桂冠’ ‘Zhongshanguiguan’; 13: ‘钟山紫莲’ ‘Zhongshanzilian’; 14: ‘钟山金山’ ‘Zhongshanjinshan’; 15: ‘钟山红枫’ ‘Zhongshanhongfeng’; 16: ‘钟山樱桂’ ‘Zhongshanyingui’; 17: ‘钟山丹桂’ ‘Zhongshandangui’.

²⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

表3 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd 胁迫处理 20 d 后 17 个菊花品种幼苗耐镉指标的主成分分析结果

Table 3 Result of principal component analysis on Cd resistance index of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel. after 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd stressed for 20 d

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累计贡献率/% Cumulative contribution rate	指标 ¹⁾ Index ¹⁾	载荷 Load	系数 Coefficient	权重 Weight
1	6.487	81.089	81.089	FWSL	0.945	0.371	0.131
2	0.614	7.675	88.764	FWR	0.929	0.365	0.129
3	0.437	5.460	94.224	ILDR	-0.902	-0.354	0.125
4	0.199	2.492	96.716	PH	0.898	0.352	0.124
5	0.132	1.650	98.366	DWSL	0.892	0.350	0.124
6	0.095	1.188	99.554	RL	0.891	0.350	0.124
7	0.030	0.379	99.933	RECL	-0.885	-0.347	0.123
8	0.005	0.067	100.000	DWR	0.859	0.337	0.120

¹⁾ FWSL: 茎叶鲜质量胁迫指数 Stress index of fresh weight of stem and leaf; FWR: 根鲜质量胁迫指数 Stress index of fresh weight of root; ILDR: 单株叶片受害率 Individual leaf damage rate; PH: 株高胁迫指数 Stress index of plant height; DWSL: 茎叶干质量胁迫指数 Stress index of dry weight of stem and leaf; RL: 根长胁迫指数 Stress index of root length; RECL: 叶片相对电导率胁迫指数 Stress index of relative electric conductivity of leaf; DWR: 根干质量胁迫指数 Stress index of dry weight of root.

这8个耐镉指标的载荷均较高,说明它们可以从不同方面反映供试菊花品种的耐镉性。

根据载荷和第1主成分的特征值计算各指标在第1主成分线性组合中的系数,并对这些系数进行加权平均数的归一化,最终得到各耐镉指标的权重值(表3)。结果显示:在第1主成分中,茎叶鲜质量胁迫指数的系数和权重值绝对值最大,根干质量胁迫指数的系数和权重值绝对值最小,但总体上看,各耐镉指标的系数和权重值绝对值的差异较小。

2.5 Cd胁迫条件下菊花耐镉指标的隶属函数值和综合得分

根据主成分分析结果,对17个菊花品种的单株叶片伤害率以及株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量和叶片相对电导率7个生长指标的胁迫指数进行隶属函数值和综合得分的计算,结

果分别见表4和表5;供试17个品种耐镉指标的综合得分及其耐镉性的排序结果见表5。

由表4可见:经 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫处理20 d后,品种‘钟山金葵’和‘钟山黄英’8个耐镉指标的隶属函数值均较高,而品种‘钟山樱桂’和‘钟山丹桂’各指标的隶属函数值均较低。

由表5可见:供试的17个菊花品种8个耐镉指标的综合得分差异较大。其中,综合得分最高的品种是‘钟山金葵’,达到0.984;其次为品种‘钟山黄英’,其综合得分为0.894;综合得分最低的品种是‘钟山丹桂’,仅为0.073;而品种‘钟山樱桂’的综合得分也较低,为0.146。根据综合得分越高耐镉性越强的规律,品种‘钟山丹桂’和‘钟山樱桂’的耐镉能力较弱,而品种‘钟山金葵’和‘钟山黄英’的耐镉能力较强。

表4 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫处理20 d后17个菊花品种幼苗8个耐镉指标的隶属函数值

Table 4 Subordinate function value of eight Cd resistance indexes of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel. after $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd stressed for 20 d

品种 Cultivar	各耐镉指标的隶属函数值 ¹⁾ Subordinative function value of different Cd resistance indexes ¹⁾							
	ILDR	PH	RL	FWSL	FWR	DWSL	DWR	RECL
钟山金葵 Zhongshanjinkui	0.939	0.998	1.000	0.987	1.000	0.953	1.000	1.000
钟山黄英 Zhongshanhuangying	1.000	1.000	0.713	1.000	0.866	1.000	0.934	0.638
钟山紫桂 Zhongshanzigui	0.939	0.682	0.556	0.827	0.837	0.884	0.877	0.691
钟山金玉 Zhongshanjinyu	0.921	0.864	0.413	0.864	0.679	0.922	0.773	0.620
钟山金桂 Zhongshanjingui	0.732	0.689	0.377	0.812	0.647	0.873	0.891	0.360
钟山云桂 Zhongshanyungui	0.488	0.596	0.421	0.811	0.771	0.886	0.943	0.352
钟山霞桂 Zhongshanxiagui	0.854	0.601	0.458	0.848	0.700	0.882	0.420	0.383
钟山星桂 Zhongshanxinggui	0.671	0.662	0.369	0.814	0.738	0.872	0.868	0.175
钟山矮黄 Zhongshanaihuang	0.811	0.631	0.312	0.572	0.617	0.577	0.837	0.510
钟山酒红 Zhongshanjiuhong	0.634	0.523	0.422	0.671	0.676	0.678	0.707	0.268
钟山早白 Zhongshanzaobai	0.220	0.331	0.390	0.731	0.717	0.721	0.788	0.434
钟山桂冠 Zhongshanguiguan	0.451	0.314	0.296	0.644	0.586	0.681	0.730	0.268
钟山紫莲 Zhongshanzilian	0.488	0.550	0.300	0.553	0.571	0.580	0.324	0.155
钟山金山 Zhongshanjinshan	0.244	0.341	0.124	0.476	0.151	0.611	0.111	0.065
钟山红枫 Zhongshanhongfeng	0.366	0.535	0.024	0.381	0.010	0.435	0.000	0.130
钟山樱桂 Zhongshanyinggui	0.061	0.066	0.281	0.000	0.317	0.000	0.339	0.109
钟山丹桂 Zhongshandangui	0.000	0.000	0.000	0.148	0.000	0.330	0.111	0.000

¹⁾ ILDR: 单株叶片受害率 Individual leaf damage rate; PH: 株高胁迫指数 Stress index of plant height; RL: 根长胁迫指数 Stress index of root length; FWSL: 茎叶鲜质量胁迫指数 Stress index of fresh weight of stem and leaf; FWR: 根鲜质量胁迫指数 Stress index of fresh weight of root; DWSL: 茎叶干质量胁迫指数 Stress index of dry weight of stem and leaf; DWR: 根干质量胁迫指数 Stress index of dry weight of root; RECL: 叶片相对电导率胁迫指数 Stress index of relative electric conductivity of leaf.

2.6 供试菊花品种耐镉性的聚类分析

以单株叶片受害率以及株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量和叶片相对电导率7个生长指标的胁迫指数为依据,采用平均距离法对供试17个菊花品种进行聚类分析,结果见图2。由图

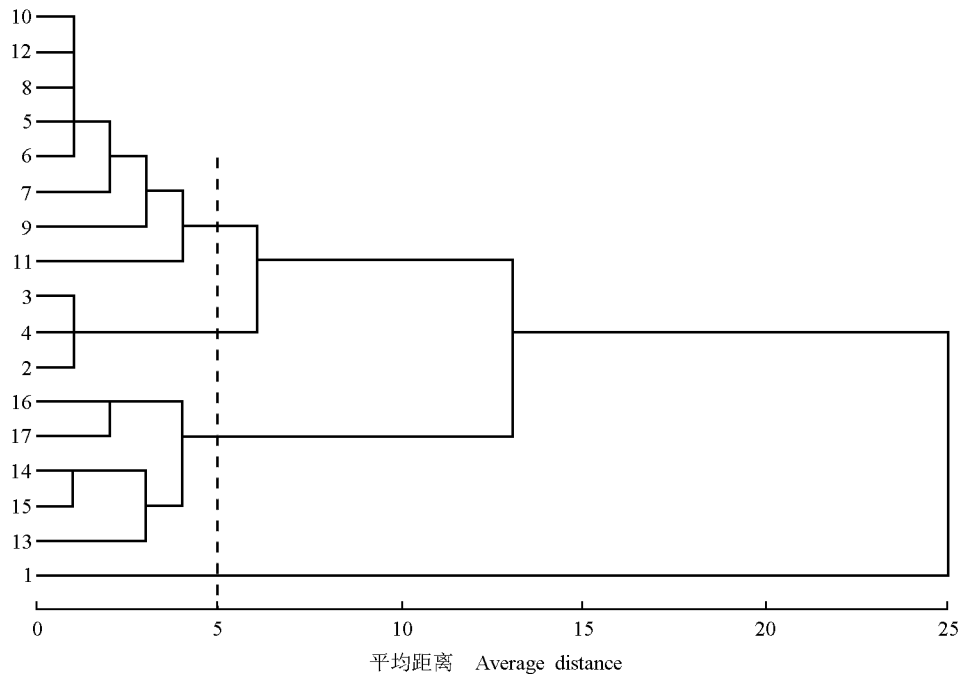
2可见:在平均距离5处,17个菊花品种被分为4组。其中,第I组仅有‘钟山金葵’1个品种,属于高耐镉型;第II组包括‘钟山金山’、‘钟山红枫’、‘钟山樱桂’、‘钟山紫莲’和‘钟山丹桂’5个品种,属于镉敏感型;第III组包括‘钟山黄英’、‘钟山紫桂’和‘钟山金

表 5 200 μmol · L⁻¹Cd 胁迫 20 d 后 17 个菊花品种幼苗 8 个耐镉指标的综合得分及其耐镉性排序

Table 5 Comprehensive score of eight Cd resistance indexes and Cd resistance order of seedlings of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel. after 200 μmol · L⁻¹ Cd stressed for 20 d

品种 Cultivar	各耐镉指标的得分 ¹⁾ Score of different Cd resistance indexes ¹⁾								综合得分 Comprehensive score	排序 Order
	ILDR	PH	RL	FWSL	FWR	DWSL	DWR	RECL		
钟山金葵 Zhongshanjinkui	0.117	0.124	0.124	0.129	0.129	0.118	0.120	0.123	0.984	1
钟山黄英 Zhongshanhuangying	0.125	0.124	0.088	0.131	0.112	0.124	0.112	0.078	0.894	2
钟山紫桂 Zhongshanzigui	0.117	0.085	0.069	0.108	0.108	0.110	0.105	0.085	0.787	3
钟山金玉 Zhongshanjinyu	0.115	0.107	0.051	0.113	0.088	0.114	0.093	0.076	0.757	4
钟山金桂 Zhongshanjingui	0.061	0.074	0.052	0.106	0.099	0.110	0.113	0.043	0.658	6
钟山云桂 Zhongshanyungui	0.084	0.082	0.046	0.107	0.095	0.108	0.104	0.022	0.648	7
钟山霞桂 Zhongshanxiagui	0.092	0.085	0.047	0.106	0.083	0.108	0.107	0.044	0.672	5
钟山星桂 Zhongshanxingui	0.107	0.075	0.057	0.111	0.090	0.109	0.050	0.047	0.646	8
钟山矮黄 Zhongshanaihuang	0.028	0.041	0.048	0.096	0.092	0.089	0.095	0.053	0.542	11
钟山酒红 Zhongshanjiuhong	0.079	0.065	0.052	0.088	0.087	0.084	0.085	0.033	0.573	10
钟山早白 Zhongshanzaobai	0.101	0.078	0.039	0.075	0.080	0.072	0.100	0.063	0.608	9
钟山桂冠 Zhongshanguiguan	0.056	0.039	0.037	0.084	0.076	0.084	0.088	0.033	0.497	12
钟山紫莲 Zhongshanzilian	0.061	0.068	0.037	0.072	0.074	0.072	0.039	0.019	0.442	13
钟山金山 Zhongshanjinshan	0.031	0.042	0.015	0.062	0.019	0.076	0.013	0.008	0.266	14
钟山红枫 Zhongshanhongfeng	0.046	0.066	0.003	0.050	0.001	0.054	0.000	0.016	0.236	15
钟山樱桂 Zhongshanyingui	0.008	0.008	0.035	0.000	0.041	0.000	0.041	0.013	0.146	16
钟山丹桂 Zhongshandangui	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.041	0.013	0.000	0.073	17

¹⁾ ILDR: 单株叶片受害率 Individual leaf damage rate; PH: 株高胁迫指数 Stress index of plant height; RL: 根长胁迫指数 Stress index of root length; FWSL: 茎叶鲜质量胁迫指数 Stress index of fresh weight of stem and leaf; FWR: 根鲜质量胁迫指数 Stress index of fresh weight of root; DWSL: 茎叶干质量胁迫指数 Stress index of dry weight of stem and leaf; DWR: 根干质量胁迫指数 Stress index of dry weight of root; RECL: 叶片相对电导率胁迫指数 Stress index of relative electric conductivity of leaf.



1: ‘钟山金葵’ ‘Zhongshanjinkui’; 2: ‘钟山黄英’ ‘Zhongshanhuangying’; 3: ‘钟山紫桂’ ‘Zhongshanzigui’; 4: ‘钟山金玉’ ‘Zhongshanjinyu’; 5: ‘钟山金桂’ ‘Zhongshanjingui’; 6: ‘钟山云桂’ ‘Zhongshanyungui’; 7: ‘钟山霞桂’ ‘Zhongshanxiagui’; 8: ‘钟山星桂’ ‘Zhongshanxingui’; 9: ‘钟山矮黄’ ‘Zhongshanaihuang’; 10: ‘钟山酒红’ ‘Zhongshanjiuhong’; 11: ‘钟山早白’ ‘Zhongshanzaobai’; 12: ‘钟山桂冠’ ‘Zhongshanguiguan’; 13: ‘钟山紫莲’ ‘Zhongshanzilian’; 14: ‘钟山金山’ ‘Zhongshanjinshan’; 15: ‘钟山红枫’ ‘Zhongshanhongfeng’; 16: ‘钟山樱桂’ ‘Zhongshanyingui’; 17: ‘钟山丹桂’ ‘Zhongshandangui’.

图 2 17 个菊花品种耐镉性的聚类分析结果

Fig. 2 Result of cluster analysis of Cd resistance of 17 cultivars of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.

玉'3个品种,均属于耐镉型;第Ⅳ组包括'钟山金桂'、'钟山云桂'、'钟山星桂'、'钟山霞桂'、'钟山矮黄'、'钟山酒红'、'钟山早白'和'钟山桂冠'8个品种,属于低耐镉型。这一聚类分析结果与根据各品种综合得分获得的耐镉性排序结果基本一致。

3 讨论和结论

近年来,关于Cd对植物生长和代谢的影响研究成为植物逆境生理学领域的研究热点之一。李惠英等^[16]研究认为Cd胁迫对小麦(*Triticum monococcum* Linn.)根系生长有较强的抑制作用;郭艳丽等^[17]认为Cd胁迫可显著抑制向日葵幼苗的生长、降低其生物量,同时增加其体内的MDA含量;曾俊等^[18]的研究结果表明:随Cd胁迫浓度的提高,月季花(*Rosa chinensis* Jacq.)的株高、茎粗、最大根长和生物量都逐渐降低;徐学华等^[19]发现:随Cd浓度的增加,红瑞木(*Swida alba* Opiz)的株高生长受到抑制、生物量逐渐降低、叶面积减小、细胞膜透性增加;王辉等^[20]认为: Cd胁迫能抑制大豆[*Glycine max* (Linn.) Merr.]幼苗的生长,并且随Cd处理浓度的提高,大豆植株的株高和干质量均明显下降,MDA含量和膜透性增加。可见,Cd胁迫对植物生长发育均有一定的抑制作用。本研究中,在200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cd胁迫条件下,供试的17个菊花品种幼苗均出现植株生长缓慢,叶片萎蔫、下垂并黄化,根系褐化,茎叶和根的鲜质量和干质量下降,叶片相对电导率升高等受害症状,说明Cd胁迫对菊花幼苗的生长发育也具有一定的抑制作用,但不同品种的受害程度差异较大,说明供试的17个菊花品种对Cd胁迫的耐性有一定差异。

采用多指标进行综合评价能够克服单一指标评价时的片面性,更全面、科学、准确地评价植物的抗逆能力,因此,近年来许多研究者采用主成分分析法结合隶属函数值分析法和聚类分析法对作物的抗逆性进行综合评价^[21-27]。本研究中,应用主成分分析和隶属函数值分析法并结合各指标的相关信息对供试17个菊花品种的耐镉性进行综合评价,并据此对17个菊花品种的耐镉性进行聚类分析,结果表明:第1主成分贡献率较高,达到81.089%,而其中8个耐镉指标(包括单株叶片伤害率以及株高、根长、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量和叶片相对电导率7个生长指标的胁迫指数)的载荷均较高,说明这

8项指标可基本反映菊花的耐镉性,可作为菊花耐镉性评价的主要评价指标,其中,单株叶片伤害率和株高胁迫指数更适宜应用于生产实践。采用WPGMA聚类分析方法对供试17个菊花品种的耐镉性进行分组,结果表明:在平均距离5处,17个菊花品种可被分为4组。其中,第Ⅰ组仅有'钟山金葵'1个品种,第Ⅱ组包括'钟山金山'、'钟山红枫'、'钟山樱桂'、'钟山紫莲'和'钟山丹桂'5个品种,第Ⅲ组包括'钟山黄英'、'钟山紫桂'和'钟山金玉'3个品种,第Ⅳ组包括'钟山金桂'、'钟山云桂'、'钟山星桂'、'钟山霞桂'、'钟山矮黄'、'钟山酒红'、'钟山早白'和'钟山桂冠'8个品种,各组的耐镉性依次属于高耐镉型、镉敏感型、耐镉型、低耐镉型。

综合各方面研究结果,认为供试17个菊花品种的耐镉性差异明显,但多数品种的耐镉性不强,仅初步筛选出1个高耐镉型品种'钟山金葵'和3个耐镉型品种'钟山黄英'、'钟山紫桂'和'钟山金玉',这4个菊花品种可用于Cd污染土壤的植物修复。

参考文献:

- [1] SIMON L. Cadmium accumulation and distribution in sunflower plant [J]. *Journal of Plant Nutrition*, 1998, 21: 341-352.
- [2] JÄRUP L, AKESSON A. Current status of cadmium as an environmental health problem [J]. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2009, 238: 201-208.
- [3] UENO D, YAMAJI N, KONO I, et al. Gene limiting cadmium accumulation in rice [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107: 16500-16505.
- [4] 郭智, 黄苏珍, 原海燕. Cd胁迫对马蔺和鸢尾幼苗生长、Cd积累及微量元素吸收的影响 [J]. *生态环境*, 2008, 17(2): 651-656.
- [5] 傅亚平, 廖卢艳, 刘阳, 等. 乳酸菌发酵技术脱除大米粉中镉的工艺优化 [J]. *农业工程学报*, 2015, 31(6): 319-326.
- [6] 庞玉建, 宗浩. 重金属超积累植物的研究进展 [J]. *四川环境*, 2008, 27(2): 79-84.
- [7] 原海燕. 鸢尾属(*Iris* L.)4种植物镉(Cd)积累、耐性机理及影响因素研究 [D]. 南京: 南京农业大学园艺学院, 2006.
- [8] 冯倩, 付莎莎, 台培东, 等. 缺硫对万寿菊镉积累的影响 [J]. *生态学杂志*, 2009, 28(9): 1818-1823.
- [9] 郭平, 刘畅, 张海博, 等. 向日葵幼苗对Pb、Cu富集能力与耐受性研究 [J]. *水土保持学报*, 2007, 21(6): 92-95.
- [10] 杨伟, 陈发棣, 陈素梅, 等. 不同菊花品种不同开花阶段舌状花耐热性比较 [J]. *南京农业大学学报*, 2011, 34(2): 47-53.
- [11] 许宏刚, 吴永华, 廖伟彪, 等. 4种菊科植物的抗旱性评价 [J]. *甘肃农业科技*, 2011(10): 15-17.

- [12] 施旭丽,王筠竹,王萃铂,等. 4个国庆盆菊品种扦插繁殖[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(1): 141-147.
- [13] 管志勇,陈发棣,滕年军,等. 5种菊花近缘种属植物的耐盐性比较[J]. 中国农业科学, 2010, 43(4): 787-794.
- [14] 李源,刘贵波,高洪文,等. 紫花苜蓿种质苗期抗旱性综合评价研究[J]. 草地学报, 2009, 17(6): 807-812.
- [15] 王青丰,田云鹤,黄勇,等. 18个地黄种质的表型性状及相关统计学分析[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(1): 28-35.
- [16] 李惠英,田魁祥,赵欣胜. 不同小麦品系耐镉能力对比研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17(4): 279-282.
- [17] 郭艳丽,台培东,韩艳萍,等. 镉胁迫对向日葵幼苗生长和生理特性的影响[J]. 环境工程学报, 2009, 3(12): 2291-2296.
- [18] 曾俊,汪有良,王国良,等. 镉、铅胁迫对月季生长及生理生化特性影响[J]. 林业科技发展, 2010, 24(5): 60-67.
- [19] 徐学华,黄大庄,王连芳,等. 土壤铅、镉胁迫对红瑞木生长及生理生化特性的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 213-217.
- [20] 王辉,张文会. 不同浓度的镉胁迫对大豆幼苗生长的影响[J]. 聊城大学学报:自然科学版, 2008, 21(3): 76-78.
- [21] 唐中华,焦琰,张学科,等. 高温对长春花生活史型形成和生理代谢的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3641-3646.
- [22] 许瑛,陈煜,陈发棣,等. 菊花耐寒特性分析及其评价指标的确定[J]. 中国农业科学, 2009, 42(3): 974-981.
- [23] 周广生,梅方竹,周竹青,等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1378-1382.
- [24] 李贵全,张海燕,季兰,等. 不同大豆品种抗旱性综合评价[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2408-2412.
- [25] 孙静,曾俊,王银杰,等. 20个切花菊品种抗旱性评价与筛选[J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(1): 24-28.
- [26] 桂连友,孟国玲,龚信文,等. 茄子品种(系)对侧多食跗线螨抗性聚类分析[J]. 中国农业科学, 2001, 34(5): 465-468.
- [27] 贾双双,高荣广,徐坤. 番茄砧木对南方根结线虫抗性鉴定[J]. 中国农业科学, 2009, 42(12): 4301-4307.

(责任编辑:佟金凤)

《植物分类与资源学报》2016年征订启事

《植物分类与资源学报》创刊于1979年,是由中国科学院主管、中国科学院昆明植物研究所及中国植物学会主办的全国性自然科学学术期刊。经过30多年的努力,现已成为我国与植物科学研究相关的主要学术性期刊之一,目前已成为“中国科学引文数据库来源期刊(CSCD)”、“中文核心期刊要目总览(2011版)来源期刊”、“中国科技论文统计源期刊”及“中国科技核心期刊”等。本刊所发表的论文在国内生物、农林、医药、轻工等二次文献刊物中均有收录,并从1980年起被CA(美国化学文摘)和BA(美国生物学文摘)等连续摘报,也为生物科学的当代进展(CABS)、国际农业与生物科学研究中心(CABI)数据库、俄罗斯文摘杂志(PЖ)、国际农业科技情报系统(Agris)和乌利希国际期刊指南(UIPD)等收录。目前,本刊已经与30多个国家和地区建立发行和交换关系,并已加入中国学术期刊(光盘版)、中国学术期刊网及“万方数据——数字

化期刊群”。本刊连续多年荣获中国科学院优秀期刊、云南省优秀期刊。

2016年,本刊将变更为英文版期刊,刊名也将变更为《Plant Diversity》,广泛接受植物学相关研究领域的各类研究论文和综述。研究对象以野生植物为主,兼顾引种驯化后的野生物种;分布地以中国及喜马拉雅地区为主,兼顾其他地区。

本刊为双月刊,单月25日出版,2016年每期30元,邮发代号64-11,在邮局漏订的读者可直接与本刊编辑部联系订阅。地址:云南省昆明市蓝黑路132号中国科学院昆明植物研究所内(邮编650201)。E-mail: bianji@mail.kib.ac.cn, linnana@mail.kib.ac.cn; 网址: http://journal.kib.ac.cn; 电话(传真): 0871-65223032。