

颜坤元, 李淑顺, 王宣婷, 等. 多效唑对鸡爪槭生长及叶色的影响[J]. 江苏农业学报, 2024, 40(10): 1794-1800.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2024.10.003

多效唑对鸡爪槭生长及叶色的影响

颜坤元¹, 李淑顺¹, 王宣婷², 马秋月¹, 杜一鸣¹, 李倩中¹, 朱 璐¹

(1. 江苏省农业科学院休闲农业研究所, 江苏 南京 210014; 2. 福建农林大学国际学院, 福建 福州 350000)

摘要: 本研究以江苏省农业科学院休闲农业研究所槭树创新团队自主选育的鸡爪槭新品种金陵丹枫二年生幼苗为试验材料, 探究不同质量浓度多效唑对金陵丹枫生长、叶色、叶绿素荧光指标及抗氧化酶活性的影响。在春季鸡爪槭展叶初期设定 7 个多效唑质量浓度(分别为 150 mg/L、300 mg/L、500 mg/L、800 mg/L、1 500 mg/L、2 000 mg/L、2 500 mg/L)整株喷施。结果表明, 喷施不同质量浓度多效唑均能明显抑制金陵丹枫植株生长, 且多效唑质量浓度越高, 金陵丹枫株高越矮、当年生新梢长度越短。同时, 喷施多效唑会影响金陵丹枫的叶色, 导致叶片变红, 花青素含量显著升高。进一步研究结果表明, 花青素合成途径关键基因 *ApPYL*、*ApCHS*、*ApCHI*、*ApF3H* 和 *ApDFR* 的表达量都高于对照。当多效唑质量浓度达到 2 000 mg/L 时, 叶片受到明显伤害。本研究中金陵丹枫矮化最适宜的多效唑质量浓度为 1 500 mg/L。适宜质量浓度多效唑喷施 28 d 后, 金陵丹枫叶片的 F_v/F_m 值、 F_v/F_m 值、过氧化物酶(*POD*)、超氧化物歧化酶(*SOD*)、过氧化氢酶(*CAT*)活性和可溶性糖含量显著升高, 表明多效唑在一定的质量浓度范围内可提高鸡爪槭金陵丹枫对逆境胁迫的耐受能力, 并能对鸡爪槭进行盆栽矮化和提高观赏性。

关键词: 多效唑; 鸡爪槭; 生长; 叶色

中图分类号: S792.35 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2024)10-1794-07

Effects of paclobutrazol on the growth and leaf color of *Acer palmatum* Thunb.

YAN Kunyuan¹, LI Shushun¹, WANG Xuanting², MA Qiuyue¹, DU Yiming¹, LI Qianzhong¹, ZHU Lu¹

(1. Institute of Leisure Agriculture, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. International College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350000, China)

Abstract: In this study, we used two-year-old seedlings of Jinling Danfeng, a new variety of *Acer palmatum* Thunb. independently selected and bred by Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, as experimental materials, and investigated the effects of different mass concentrations of paclobutrazol on the growth, leaf color, chlorophyll fluorescence parameters, and antioxidant enzyme activities of Jinling Danfeng. Seven spraying mass concentrations (150 mg/L, 300 mg/L, 500 mg/L, 800 mg/L, 1 500 mg/L, 2 000 mg/L, 2 500 mg/L) were set in the spring at the beginning of leaf development. The results showed that spraying different mass concentrations of paclobutrazol significantly inhibited the growth of *A. palmatum* Jinling Danfeng, and the higher the spraying mass concentration, the shorter the plant height and the length of the current year's new

shoots. Spraying paclobutrazol affected the leaf color of *A. palmatum* Jinling Danfeng, resulting in reddening of the leaves and a significant increase in anthocyanin content. The expression levels of key genes *ApPYL*, *ApCHS*, *ApCHI*, *ApF3H* and *ApDFR* in the anthocyanin synthesis pathway were higher than those in the control. The leaves were significantly injured when the mass concentration of paclobutrazol reached 2 000 mg/L. In this study, the optimum

收稿日期: 2023-12-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(31700628); 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(22)3182]

作者简介: 颜坤元(1990-), 女, 江苏盐城人, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向为槭树栽培与种质资源创制利用。(E-mail) yky@jaas.ac.cn

通讯作者: 李倩中, (E-mail) qianzhongli@jaas.ac.cn; 朱 璐, (E-mail) luzhu@jaas.ac.cn

mass concentration of paclobutrazol to promote dwarfing of Jinling Danfeng was 1 500 mg/L. The F_v/F_o value, F_v/F_m value, peroxidase (POD) activity, superoxide dismutase (SOD) activity, catalase (CAT) activity and soluble sugar content of leaves were also significantly increased after 28 days of spraying with appropriate mass concentration of paclobutrazol, indicating that paclobutrazol could improve the tolerance ability of *A. palmatum* Jinling Danfeng to adversity stress in a certain mass concentration range, and could dwarf and improve the ornamental value of potted *Acer palmatum* Thunb.

Key words: paclobutrazol; *Acer palmatum* Thunb.; growth; leaf color

鸡爪槭(*Acer palmatum*)原产于中国和朝鲜半岛^[1],因其丰富多变的叶色和优美的叶形,已成为中国重要的彩叶树种之一,在园林植物中占据重要地位。鸡爪槭不仅广泛应用于园林绿化中,也是制作盆景的重要材料^[2]。与松柏等盆景制作材料相比,鸡爪槭生长速度稍快的特点在一定程度上制约了其在盆景上的应用。为此,需要喷施植物生长调节剂控制其生长速度,降低株高,调控株型。

作为一款重要的植物生长调节剂,多效唑主要通过抑制植物内源赤霉素的合成达到延缓植物生长的目的^[3-4]。研究表明,多效唑具有抑制植物营养生长^[5-6],促进生殖生长^[6-7],调节叶色^[8],调控观赏植物花期^[9],提高植物抗逆性^[10]等作用。施用多效唑后可使本地植物莲子草、天胡荽、一枝黄花、蟛蜞菊和对应的入侵植物喜旱莲子草、南美天胡荽、加拿大一枝黄花、南美蟛蜞菊的地上、地下部分生物量以及总生物量显著减少^[5]。多效唑不仅可以通过降低株高和节间长度抑制茄子植株生长,还可通过增加果实横径、缩短纵径,影响茄子果实发育^[6]。对北美冬青喷施多效唑后发现,随着多效唑质量浓度的增加,叶片中叶绿素和胡萝卜素含量显著增加,光合能力和效率显著增强^[8]。施用不同浓度多效唑后的美洲野牡丹株高均降低,节间均缩短,花期均不同程度延迟,但开花持续时间与清水对照一致^[9]。外施多效唑减缓了桑树株高的增长速度,促使桑树积累了更多的叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白质,提高了桑树的抗旱能力^[10]。

本研究以江苏省农业科学院休闲农业研究所槭树创新团队自育的鸡爪槭金陵丹枫二年生幼苗为研究对象,设置7个不同质量浓度的多效唑对其进行外源喷施,并对喷施前后的植株表型、色素含量、抗氧化酶活性、叶绿素荧光参数以及花青素合成途径关键基因表达量进行分析,以期获得最适宜鸡爪槭

盆栽矮化和观赏的多效唑质量浓度,为鸡爪槭在盆景中的应用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料与处理方法

挑选长势整齐一致的鸡爪槭金陵丹枫二年生组培苗作为试验材料,种植于江苏省农业科学院实验室,试验期间温度控制在15~25℃,湿度控制在60%~90%。15%多效唑可湿性粉剂购自四川国光农化股份有限公司,共设置7个处理,编号分别为T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7,对应喷施质量浓度分别为150 mg/L、300 mg/L、500 mg/L、800 mg/L、1 500 mg/L、2 000 mg/L、2 500 mg/L,对照组(CK)喷施清水。于2023年3月20日金陵丹枫展叶初期开始处理,每隔7 d于上午10:00整株喷施,每个处理喷施10株(盆),共喷施4次,28 d后(4月17日)使用直尺测量株高和新梢长度。使用万深LA-S植物图像分析仪分析叶长、叶宽和叶面积。

1.2 叶绿素、类胡萝卜素和花青素的提取及含量的测定

选取多效唑处理28 d后的金陵丹枫植株第3张和第4张完全展开叶提取叶绿素、类胡萝卜素和花青素。叶绿素和类胡萝卜素的提取及计算参照朱璐等^[11]的方法进行,同时利用酶标仪分别在530 nm和657 nm处读取吸光度值(OD),根据公式 $\Delta OD = OD_{530} - 1/4 OD_{657}$ 计算花青素的含量。

1.3 花青素合成途径关键基因表达量分析

取对照和多效唑处理后的金陵丹枫叶片提取总RNA,并反转录成cDNA,使用荧光定量PCR技术分析花青素合成途径关键基因*ApPYL*、*ApCHS*、*ApCHI*、*ApF3H*和*ApDFR*的表达量,内参基因为*ApActin*。反应体系、反应程序和特异性引物参照朱璐等^[11]的方法进行。

1.4 叶绿素荧光指标的测定

利用Handy PEA植物效率分析仪测定对照和

多效唑处理后的金陵丹枫叶片叶绿素荧光指标,将叶片置于暗适应夹中暗适应 30 min,然后分别测定初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)和最大可变荧光(F_v),并计算 PS II 潜在活性(F_v/F_0)和 PS II 最大光能转换效率(F_v/F_m)。

1.5 抗氧化酶活性和可溶性蛋白质含量的测定

对照和多效唑处理后的金陵丹枫叶片中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性使用南京建成生物工程研究所有限公司生产的试剂盒进行测定。可溶性糖含量使用蒽酮比色法进行测定。

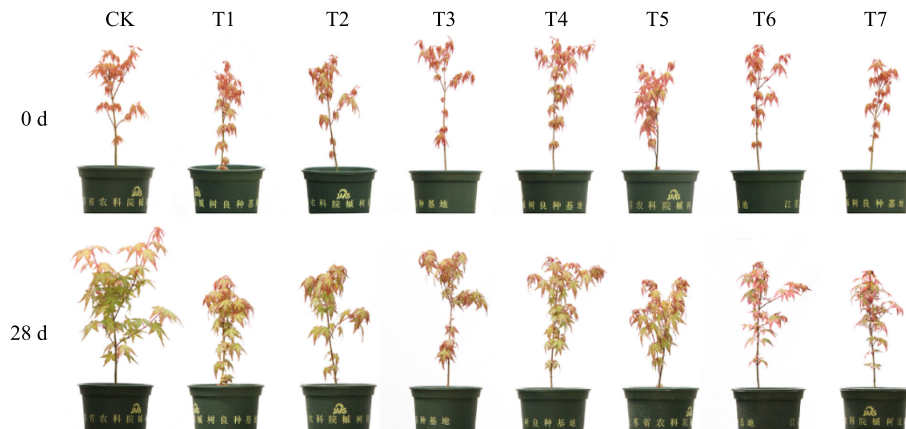
1.6 统计分析

使用 SPSS 22.0 软件对试验数据进行显著性分析,显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 多效唑处理对金陵丹枫生长的影响

喷施不同质量浓度多效唑 28 d 后对金陵丹枫有明显的矮化效应,且多效唑质量浓度越高,矮化效果越明显(图 1、表 1)。试验结果表明,多效唑主要是通过抑制金陵丹枫当年生新梢的生长来控制株高,且多效唑质量浓度越高,新梢生长越慢。2 500 mg/L 多效唑处理金陵丹枫 28 d 后,其新梢平均生长量为 1.58 cm,仅为对照新梢生长量的 22.7%。不同质量浓度多效唑处理 28 d 后金陵丹枫叶片总数均较对照减少。多效唑对金陵丹枫叶片生长也产生了明显的抑制作用,叶长、叶宽和叶面积的增长量均随着多效唑质量浓度的升高而逐渐减少(表 1)。



CK:喷施清水;T1~T7:多效唑喷施质量浓度分别为 150 mg/L、300 mg/L、500 mg/L、800 mg/L、1 500 mg/L、2 000 mg/L、2 500 mg/L。

图 1 不同质量浓度多效唑处理对金陵丹枫生长的影响

Fig.1 Effects of multiple treatments with different mass concentrations of paclobutrazol on the growth of Jinling Danfeng

表 1 不同质量浓度多效唑处理 28 d 后金陵丹枫的生长指标

Table 1 Growth indexes of Jinling Danfeng after twenty-eight days of treatments with different mass concentrations of paclobutrazol

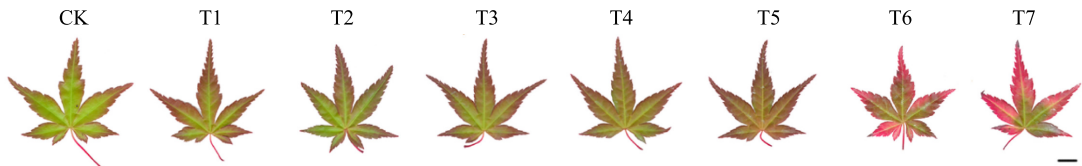
处理	株高生长量 (cm)	新梢生长量 (cm)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶面积 (cm ²)	叶片数 (张)
CK	3.95±1.10a	6.96±1.41a	5.41±0.50a	4.59±0.38a	80.90±8.88a	56.67±3.71a
T1	1.25±0.35b	5.37±0.91ab	5.12±0.46a	4.31±0.26a	73.76±5.82ab	54.00±2.00ab
T2	1.16±0.19bc	5.06±0.57ab	4.92±0.31a	4.24±0.43a	69.27±3.56abc	53.33±1.76ab
T3	0.89±0.21bcd	4.79±0.90ab	4.82±0.47a	4.18±0.21a	65.70±4.36abc	53.00±4.73ab
T4	0.72±0.23bcd	4.28±0.61bc	4.57±0.41a	3.97±0.35a	62.78±3.37bc	53.33±2.40ab
T5	0.55±0.14cd	3.39±0.38bcd	4.37±0.31a	3.84±0.18a	60.21±2.35bc	51.33±1.76ab
T6	0.35±0.08d	1.87±0.41cd	4.33±0.33a	3.64±0.38a	58.38±3.36bc	48.00±1.15ab
T7	0.27±0.08d	1.58±0.33d	4.27±0.25a	3.50±0.33a	56.25±2.97c	46.67±1.76b

CK、T1~T7 见图 1 注。同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 多效唑处理对金陵丹枫叶色的影响

喷施不同质量浓度多效唑对金陵丹枫的叶色产生了显著影响,且随着多效唑质量浓度的升高,叶片颜色不断改变,T7 处理的叶片变为深红色(图 2),T6 处理叶片边缘开始变为鲜红色,表明叶片受到了明显的伤害,表明叶片受伤害程度也在增加。因此,

2 000 mg/L及以上质量浓度多效唑不适宜喷施金陵丹枫。对不同质量浓度多效唑处理后的叶片进行色素含量测定,结果表明,花青素含量随着多效唑质量浓度的升高明显上升,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 的含量随多效唑质量浓度升高呈先上升后下降的趋势(表 2)。



标尺:1 cm。CK、T1~T7 见图 1 注。

图 2 不同质量浓度多效唑处理 28 d 后金陵丹枫叶色

Fig.2 The leaf color of Jinling Danfeng after twenty-eight days of treatments with different mass concentrations of paclobutrazol

表 2 不同质量浓度多效唑处理 28 d 后金陵丹枫叶色素含量

Table 2 Leaf pigment content of Jinling Danfeng after twenty-eight days of treatments with different mass concentrations of paclobutrazol

处理	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	叶绿素 a+b 含量 (mg/g)	类胡萝卜素含量 (mg/g)	花青素含量 (mg/g)
CK	3.83±0.15d	1.18±0.02e	5.01±0.17de	1.36±0.06b	0.58±0.03g
T1	4.28±0.15abc	1.33±0.03d	5.61±0.18bcd	1.32±0.04b	1.38±0.15f
T2	4.35±0.13abc	1.42±0.04cd	5.77±0.17bc	1.31±0.05b	1.69±0.09ef
T3	4.56±0.14ab	1.49±0.01bc	6.05±0.15ab	1.35±0.04b	1.92±0.05de
T4	4.59±0.12ab	1.57±0.03b	6.16±0.15ab	1.46±0.03ab	2.20±0.20cd
T5	4.78±0.22a	1.68±0.04a	6.46±0.26a	1.55±0.07a	2.38±0.07c
T6	4.09±0.28bc	1.19±0.05e	5.28±0.33cde	1.10±0.05c	2.76±0.07b
T7	3.86±0.18d	1.06±0.04f	4.92±0.22e	1.02±0.06c	3.20±0.11a

CK、T1~T7 见图 1 注。同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.3 多效唑处理对花青素合成途径关键基因表达量的影响

对不同质量浓度多效唑处理 28 d 后的金陵丹枫叶片中花青素合成途径关键基因表达量进行分析,结果表明,花青素合成途径关键基因 *ApPYL*、*ApCHS*、*ApCHI*、*ApF3H* 和 *ApDFR* 的表达量各处理与对照相比均不同程度提高,*ApCHS*、*ApCHI* 与多效唑质量浓度呈正相关关系。*ApCHS*、*ApCHI*、*ApF3H* 和 *ApDFR* 的表达量均在 T7 处理达到最高值;*ApPYL* 在 T6 处理达到最高值,T7 处理略有下降但与 T6 处理差异不显著(图 3)。

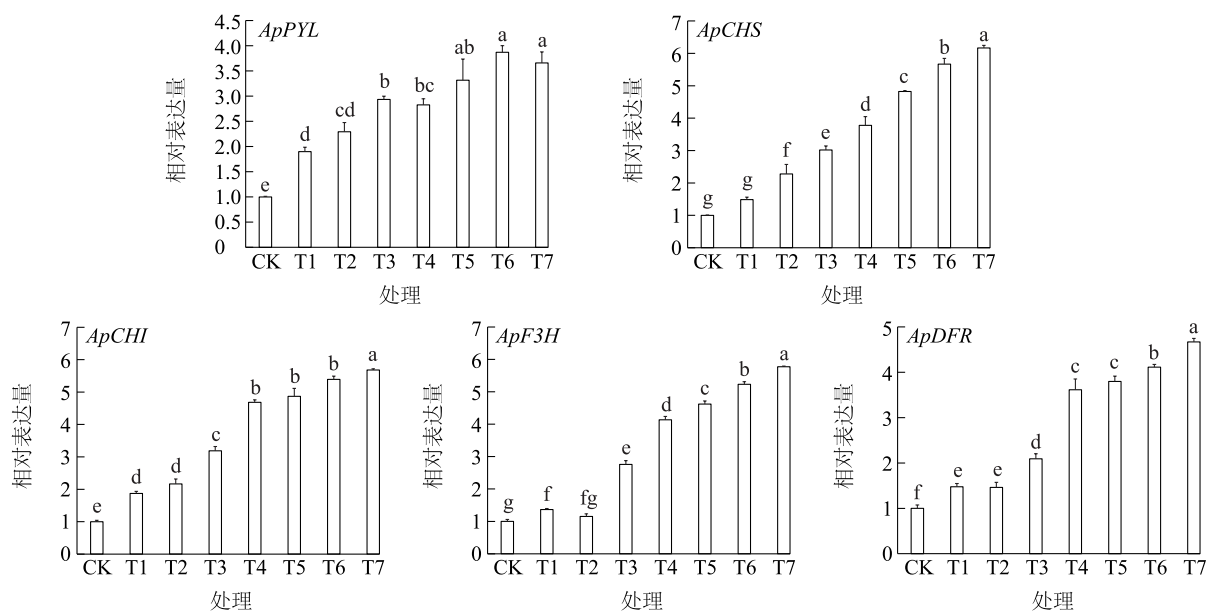
2.4 多效唑处理后的金陵丹枫叶绿素荧光参数

对喷施不同质量浓度多效唑 28 d 后的金陵丹枫叶绿素荧光参数进行测定,结果表明,不同质量浓度多效唑处理后 PS II 潜在活性(F_v/F_o)呈先上升后

下降的趋势,与对照相比,T2、T3、T4、T5、T6 处理 F_v/F_o 值显著上升;不同质量浓度多效唑处理后 PS II 最大光能转化效率(F_v/F_m)也呈先上升后下降的趋势,与对照相比,T3、T4、T5 处理 F_v/F_m 值显著上升,而 T6、T7 处理 F_v/F_m 值显著下降。 F_v/F_o 值和 F_v/F_m 均在 T5 处理达到最高值,分别是对照的 1.6 倍和 1.2 倍(图 4)。

2.5 不同质量浓度多效唑处理对金陵丹枫抗氧化酶活性及可溶性糖含量的影响

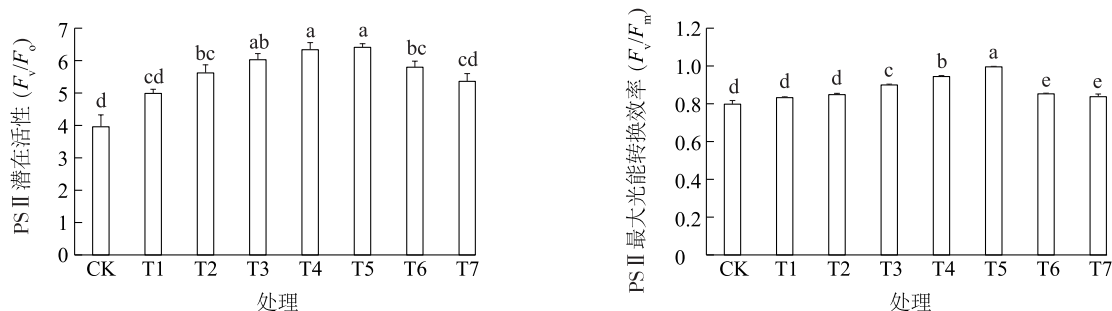
对喷施不同质量浓度多效唑 28 d 后的金陵丹枫幼苗抗氧化酶活性进行测定,结果表明,随着多效唑质量浓度的不断升高,*POD*、*CAT*、*SOD* 活性呈先逐渐上升后大幅度下降的趋势,T5 处理 *POD*、*CAT* 和 *SOD* 活性达到最高值,分别是对照的 3.0 倍、6.1 倍和 2.2 倍,T6、T7 处理 *POD*、*CAT* 和 *SOD* 活性与



CK、T1~T7 见图 1 注。不同处理间标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 3 花青素合成途径关键基因的表达量

Fig.3 Expression of key genes in anthocyanin synthesis pathway



CK、T1~T7 见图 1 注。不同处理间标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 4 多效唑处理后的金陵丹枫叶绿素荧光参数

Fig.4 Chlorophyll fluorescence parameters of Jinling Danfeng after paclobutrazol treatment

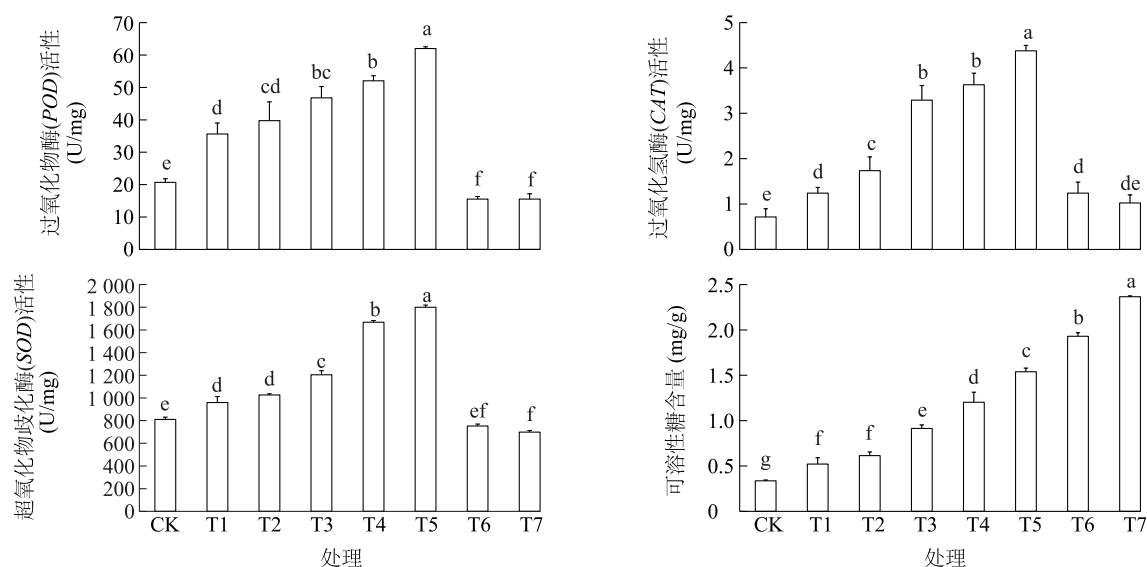
T5 处理相比均显著降低;随着多效唑质量浓度的不断升高,可溶性糖含量持续上升,T7 处理可溶性糖含量达到最高值(图 5)。

3 讨论

鸡爪槭作为高档彩叶苗木,在观赏苗木中一直占据重要地位^[12-13]。该树种具有优美的形态和较强的可塑性,是制作盆景的重要素材。对鸡爪槭喷施适宜浓度的植物生长调节剂可对株型起到较好的调节作用。多效唑作为一种广谱性植物生长延缓剂,已广泛应用于农作物和观赏植物中。Kamran 等^[14]的试验结果表明,多效唑可明显降低小麦的株

高、节间长度和重心高度,增加小麦基部节间木质素的积累,从而提高小麦茎秆的抗倒伏能力。林旗华等^[15]在杨梅花序原基分化阶段,对花序喷施适宜浓度的多效唑,结果发现多效唑可诱导杨梅雌株形成雄花。Pal 等^[16]对番茄施用多效唑,结果发现多效唑可显著降低番茄株高,提高其光合速率和水分利用效率以及耐旱性。陈逸飞^[17]的研究结果表明,不同浓度多效唑均对多年生黑麦草具有矮化效应,可减少黑麦草的修剪频率。

促使植株矮化是多效唑的主要功能之一。彭玉辅等^[18]设置 500 mg/L、1 000 mg/L 和 2 000 mg/L 3 个质量浓度,探究多效唑对红叶地肤的矮化效果,结



CK、T1~T7 见图 1 注。不同处理间标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

图 5 不同质量浓度多效唑处理的金陵丹枫幼苗抗氧化酶活性和可溶性糖含量的变化

Fig.5 Changes of antioxidant enzyme activity and soluble sugar content in Jinling Danfeng seedlings treated with different mass concentrations of paclobutrazol

果发现应用 1 000 mg/L 多效唑对红叶地肤矮化效果最好^[18]。邹祖有等^[19]的试验结果表明,叶面喷施多效唑可有效抑制杉木幼株生长。从本研究结果可知,多效唑对鸡爪槭金陵丹枫具有明显的矮化效应,主要通过抑制当年生新梢的生长量来达到矮化植株的目的。当多效唑质量浓度达到 2 500 mg/L 时,金陵丹枫新梢基本停止生长。进一步研究结果表明,多效唑不仅影响金陵丹枫的株高,对其叶片生长也有明显的抑制作用。

多变的叶色是鸡爪槭重要的观赏特性,其叶色主要受各种色素(叶绿素、类胡萝卜素和花青素)含量的影响。已有研究结果表明,喷施多效唑会影响植物叶片中色素的含量。汪嘉琛等^[20]研究发现,与清水对照相比,喷施多效唑的马拉巴栗叶片中叶绿素含量和类胡萝卜素含量显著增加。祖恩普等^[21]研究发现,经多效唑浸种处理后的玉米幼苗叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素 a+b 的含量与蒸馏水浸种的对照相比均显著提高。本研究使用多效唑对鸡爪槭金陵丹枫整株定期喷施处理,28 d 后发现叶片明显变红,检测后发现叶片中花青素含量显著升高。进一步研究结果表明,花青素合成途径关键基因 *ApPYL*、*ApCHS*、*ApCHI*、*ApF3H* 和 *ApDFR* 的表达量与对照相比均升高。当多效唑质量浓度达到 2 000 mg/L 时,

金陵丹枫叶片边缘变红,伤害明显。同时,叶片中叶绿素和类胡萝卜素含量显著下降,花青素含量则显著上升。表明多效唑质量浓度达到 2 000 mg/L 时已严重影响了金陵丹枫叶片的生长。

喷施适宜浓度的多效唑可显著提高植物抗逆性。Liu 等^[22]研究结果表明,对草坪草高羊茅外施多效唑可提高其抗氧化能力和光合作用效率,增加脱落酸(ABA)浓度,降低赤霉素(GA)浓度,并最终提高高羊茅耐弱光的能力。董扬^[23]的研究结果表明,在甜高粱拔节中后期对叶面喷施 900 mg/L 多效唑可显著提高其光合作用效率,可溶性糖和可溶性蛋白质含量增加,同时增强植株抗倒伏能力。赵明等^[24]将多效唑分别与苯并噻二唑(BTH)和壳聚糖(CTS)混配后喷施香蕉幼苗,结果发现,混配液可显著提高香蕉幼苗抗氧化酶活性,并诱导提高香蕉幼苗抗枯萎病的能力。 F_v/F_m 值表示植物 PS II 反应中心潜在的光化学活性, F_v/F_m 值则表示植物最大光能转化效率^[25],这 2 个指标都在一定程度上反映了植物的抗逆能力。本研究结果表明,对鸡爪槭金陵丹枫喷施多效唑 28 d 后,与 CK 相比,T2、T3、T4、T5、T6 处理 F_v/F_m 值显著上升;T3、T4、T5 处理 F_v/F_m 值显著上升。与 CK 相比,T1、T2、T3、T4、T5 处理在喷施多效唑 28 d 后金陵丹枫 POD、CAT、SOD

活性显著上升。随着多效唑质量浓度的不断升高,可溶性糖含量持续上升。表明多效唑提高了金陵丹枫对逆境胁迫的耐受能力。与多效唑质量浓度1 500 mg/L处理相比,当多效唑质量浓度达到2 000 mg/L时, F_v/F_o 值、 F_v/F_m 值、*POD*活性、*CAT*活性、*SOD*活性显著下降,推测与叶片受到明显伤害有关;可溶性糖含量持续上升可能与叶片需要更多的糖与花青素相互作用形成花青素苷有关。

4 结论

本研究对鸡爪槭金陵丹枫二年生幼苗进行多效唑喷施试验,发现不同质量浓度多效唑对金陵丹枫生长均有明显的抑制作用。多效唑质量浓度越高,对株高和新梢长度的抑制越明显。多效唑对金陵丹枫叶色影响显著,喷施多效唑后叶片变红,叶片中花青素含量与对照相比显著升高,花青素合成途径关键基因 *ApPYL*、*ApCHS*、*ApCHI*、*ApF3H* 和 *ApDFR* 表达量均高于对照。喷施适宜质量浓度多效唑可提高金陵丹枫植株抗逆性,T1、T2、T3、T4、T5 处理与CK相比叶片的叶绿素荧光参数(F_v/F_o 值、 F_v/F_m 值)、*POD*活性、*SOD*活性、*CAT*活性均呈不断上升趋势;7个处理可溶性糖含量呈持续上升趋势。研究结果表明,高质量浓度多效唑对金陵丹枫叶片具有一定的伤害,因此促进金陵丹枫矮化最适宜的多效唑质量浓度为1 500 mg/L。该研究结果可为鸡爪槭株型调控提供理论依据。

参考文献:

- [1] 方文培. 中国植物志第46卷[M]. 北京:科学出版社,1981.
- [2] 邱迎君,祝志勇,易官美. 槭树科植物的种质资源及其开发利用价值[J]. 安徽农业科学,2014,42(12):3598-3599,3601.
- [3] 丁万博,王泓灏,栾晓阳,等. 植物生长延缓剂在人参属植物上的应用研究进展[J]. 人参研究,2023,35(4):44-46.
- [4] 游 鸯,汪 天. 多效唑作用及应用研究进展(综述)[J]. 亚热带植物科学,2013,42(4):361-366.
- [5] LIU Y J, ODUOR A M O, DAI Z C, et al. Suppression of a plant hormone gibberellin reduces growth of invasive plants more than native plants[J]. Nordic Society Oikos,2021,130(5):781-789.
- [6] 赵宇婧,王雨格,舒金帅,等. 多效唑喷施对茄子株型和果实性状的影响[J]. 中国蔬菜,2023(9):98-104.
- [7] LIU Y, LI Y, GUO H X, et al. Gibberellin biosynthesis is required for CPPU-induced parthenocarpy in melon[J]. Horticulture Research,2023,10(6):uhad123.
- [8] 黄 婧,周 鹏,李 飞,等. 多效唑对北美冬青‘冬红’盆栽苗生长和光合特性的影响[J]. 江苏林业科技,2023,50(2):8-13.
- [9] 余智城,何雪娇,林秀香,等. 多效唑对美洲野牡丹株型和花期的影响[J]. 福建热作科技,2023,48(2):15-17.
- [10] 李 健,李 菲,黄 团,等. 多效唑对桑树抗旱能力的调控效应研究[J]. 农业与技术,2023,43(19):30-33.
- [11] 朱 璐,闻 婧,马秋月,等. 鸡爪槭金陵丹枫和金陵黄枫叶片呈色分析[J]. 江苏农业学报,2022,38(2):521-527.
- [12] VERTREES J D, GREGORY P. Japanese maples: the complete guide to selection and cultivation [M]. Portland: Timber Press, 2010:39-63.
- [13] BI W, GAO Y, SHEN J, et al. Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Acer* (maple): a review[J]. Journal of Ethnopharmacology,2016,189:31-60.
- [14] KAMRAN M, AHMAD I, WU X R, et al. Application of paclobutrazol: a strategy for inducing lodging resistance of wheat through mediation of plant height, stem physical strength, and lignin biosynthesis [J]. Environmental Science and Pollution Research International,2018,25(29):29366-29378.
- [15] 林旗华,钟秋珍,张泽煌. 多效唑诱导雌株杨梅形成雄花研究[J]. 东南园艺,2023,11(3):168-171.
- [16] PAL S, ZHAO J S, KHAN A, et al. Paclobutrazol induces tolerance in tomato to deficit irrigation through diversified effects on plant morphology, physiology and metabolism [J]. Scientific Reports,2016,6:39321.
- [17] 陈逸飞. 多效唑不同喷施浓度对多年生黑麦草的矮化效果初报[J]. 上海农业科技,2023,2023(6):82-84.
- [18] 彭玉辅,陈华玲,王国行,等. 多效唑·矮壮素对红叶地肤矮化效果研究[J]. 安徽农业科学,2024,52(11):93-96.
- [19] 邹祖有,郑会全,韦如萍,等. 叶面喷施多效唑对杉木无性系幼株生长的效应分析[J]. 广东农业科学,2023,50(8):118-125.
- [20] 汪嘉琛,郑焙华,蔡天仁,等. 叶面喷施多效唑对马拉巴栗控冠效应的影响[J]. 东南园艺,2023,11(4):252-256.
- [21] 祖恩普,耿惠敏. 多效唑浸种对盐胁迫下玉米幼苗的影响[J]. 洛阳师范学院学报,2022,41(8):26-28.
- [22] LIU B, LONG S, LIU K, et al. Paclobutrazol ameliorates low-light-induced damage by improving photosynthesis, antioxidant defense system, and regulating hormone levels in tall fescue[J]. International Journal of Molecular Sciences,2022,23(17):9966.
- [23] 董 扬. 多效唑对甜高粱生长发育的调控效应研究[J]. 农业科技通讯,2022(12):150-153.
- [24] 赵 明,邹 瑜,龙 芳,等. 多效唑与诱抗剂互作对香蕉苗生长及抗枯萎病能力的综合效应[J]. 西南农业学报,2023,36(5):965-973.
- [25] 王雪梅. 18种槭树科树种光合特性及叶绿素荧光参数的比较[J]. 西北林学院学报,2023,38(6):123-129.

(责任编辑:黄克玲)