

‘金焰’绣线菊幼苗水分胁迫耐性评价方法研究

武晓娜, 吴 萍, 程蕾洁, 洪 波

(东北林业大学 园林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘 要:以‘金焰’绣线菊 1 a 生幼苗为试材,通过确定植株形态萎蔫指数及测定叶片相对含水量、可溶性蛋白(SP)、可溶性糖(SS)、脯氨酸(Pro)、丙二醛(MDA)等含量及超氧化物歧化酶(SOD)等活性,对‘金焰’绣线菊的耐旱性评价方法进行了探讨。结果表明:‘金焰’绣线菊幼苗在自然失水和 PEG 渗透胁迫下的形态变化差别不明显,根据植株在失水胁迫下的形态特征,将植株萎蔫指数划分为 5 级。在自然失水胁迫下,随着胁迫时间的延长,叶片相对含水量持续下降,SP、MDA 和 Pro 含量持续上升,SS 含量先上升后下降再上升,SOD 活性呈先上升后下降的趋势,各指标变化规律显著,可作为自然失水胁迫耐旱性评价指标;PEG 渗透胁迫下,随着胁迫时间的延长,叶片相对含水量持续下降,SP、MDA 含量持续上升,SS 含量则在胁迫初期先上升,随后下降,最终呈上升趋势,故可作为 PEG 胁迫的耐旱性评价衡量指标,而 Pro 含量和 SOD 活性变化无规律,只能作为参考。

关键词:‘金焰’绣线菊;幼苗;耐旱性;形态;生理指标;评价

中图分类号:S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)24-0089-05

随着我国城市化进程的加快,城市园林绿化面积不断增加,园林绿化需要大量用水,但这与城市水资源短缺形成尖锐的矛盾,因此,培育耐旱节水型园林植物尤为迫切。探讨园林植物对水分胁迫耐性的评价方法,对于筛选耐旱节水型地被植物材料具有重要的理论和现实意义。

有关耐旱性评价方法的研究主要集中在小麦^[1-3]、大麦^[3]、玉米^[4]、高粱^[5]等农作物上,以及部分蔬菜作物如芸苔^[6]、芥菜^[7]等。在园林植物中仅在草坪^[8,9]、地被菊花^[10]中有报道。归纳耐旱性评价方面的研究报道,主要包括田间直接鉴定、室内盆栽鉴定、PEG 胁迫鉴定以及自然失水胁迫鉴定等方法。评价内容有植株形态指标如形态特性分级、株高、茎粗、根系、叶片(气孔、蜡质)等;产量指标如作物产量、作物干旱敏感指数等;生理指标如种苗生活力、水分状况、脯氨酸含量、脂质过氧化程度、抗氧化能力等。

‘金焰’绣线菊为蔷薇科绣线菊属落叶小灌木,是 20 世纪 90 年代我国引进的珍贵的园林绿化材料。由于它叶色艳丽多变,花期较长,具有较好的观赏性,且适应性

强,因此在全国各地广泛应用。关于‘金焰’绣线菊的研究大多集中在引种栽培、植物学特性及繁殖技术方面,对其耐旱性评价体系的研究未见报道。现对‘金焰’绣线菊幼苗进行水分胁迫下的生理反应的研究,为其进一步合理推广应用、降低养护成本以及对筛选耐旱性地被植物,利用基因工程,改良耐旱节水型地被植物,具有理论指导的意义,并为同属植物耐旱性评价提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2008 年 3 月至 2009 年 11 月在东北林业大学园林植物综合实验室进行。供试材料为株高约 20~25 cm 的金焰绣线菊 1 a 生幼苗。

1.2 失水胁迫处理

选取株高约 20~25 cm,生长状况基本相同的幼苗植株。将幼苗从栽培基质中取出,将根部用自来水小心冲洗干净,然后在 1/2 Hoagland and Arnon 营养液中平衡 3 d 后,用吸水纸快速吸干表面水分后备用。

1.2.1 自然失水胁迫处理 将备用植株整齐平放在培养皿中,在空气中失水胁迫 0~14 h,连续观察并记录植株萎蔫状况,定时取样进行各项指标测定。幼苗上部叶片用于测定叶片相对含水量(RWC)、超氧化物歧化酶(SOD)活性;中部叶片用于测定可溶性蛋白和脯氨酸(Pro)含量;下部叶片用于测定、丙二醛(MDA)及可溶性

第一作者简介:武晓娜(1985-),女,山东肥城人,硕士,现主要从事观赏植物逆境生理与解剖结构研究工作。

基金项目:国家林业局“948”资助项目(2006-4-74)。

收稿日期:2010-10-26

糖含量, 样本在液氮中速冻后 -40°C 保存。每个处理取3次重复。绣线菊幼苗胁迫处理条件均为温度 $(28\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、空气相对湿度 $(40\pm 2)\%$ 、光照强度约 $20\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

1.2.2 PEG 胁迫处理 将备用植株根系分别浸入20%、30%PEG 溶液中分别胁迫处理0~24 h, 此后试验步骤同1.2.1。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 萎蔫指数 在水分胁迫进程中, 直接观察和数码相机拍摄记录, 每0.5 h记录1次, 按照植株萎蔫进程描述其形态并分级。

1.3.2 水分状况指标 叶片含水量(RWC)采用浸泡、烘干法。 $\text{RWC} = (m_f - m_d) / (m_t - m_d) \times 100\%$, m_f : 样品鲜重, m_d : 样品干重, m_t : 样品饱和鲜重。

1.3.3 生理指标 SOD 活性测定采用氮蓝四唑光还原法, 可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝法, Pro 含量测

定采用茚三酮法; MDA 含量测定采用硫代巴比妥酸法, 可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法。

2 结果与分析

根据植株形态变化进行萎蔫指数的确定和生理指标的测定, 裸根胁迫植株完全萎蔫历时14 h, 20%PEG 胁迫植株完全萎蔫是历时24 h, 而30%PEG 胁迫植株完全萎蔫历时18 h。

2.1 不同失水胁迫方式下幼苗萎蔫指数的确定

在自然失水和 PEG 渗透2种胁迫处理的过程中, ‘金焰’绣线菊1 a 生幼苗植株地上部分的形态变化没有明显的区别, 因此, 将2种胁迫处理的植株萎蔫指数统一分为5级。0级, 植株株型整齐, 叶片自然外展, 叶色嫩绿; 1级, 顶端叶片开始卷曲, 叶色变深, 但下层叶片自然外展; 2级, 顶端叶片完全抱合, 植株上层和下层叶片开始内卷, 叶色变深; 3级, 整个植株叶片严重卷曲皱缩, 叶色灰绿; 4级, 植株完全枯萎(图1)。

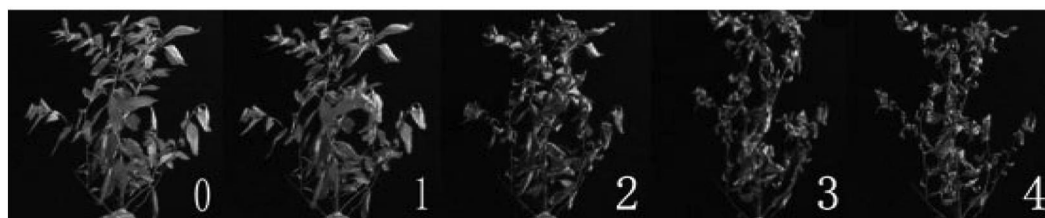


图1 ‘金焰’绣线菊幼苗失水胁迫萎蔫指数级数

2.2 自然失水胁迫对‘金焰’绣线菊幼苗生理指标的影响

由图2可看出, 在自然失水胁迫下, 叶片相对含水量随胁迫时间的延长呈逐渐下降的趋势。在胁迫6 h时, 叶片相对含水量下降幅度较大, 为47.7%, 与对照相比下降了50.5%; 胁迫8 h时, 叶片相对含水量继续下降至40.19%, 与对照相比下降了58.3%; 8 h后缓慢下降, 至14 h时, 叶片含水量下降到35.2%, 比对照下降了63.5%。可见, 在自然失水胁迫下, ‘金焰’绣线菊幼苗叶片失水速率较快, 水分胁迫可使叶片快速失水萎蔫, 从形态上可认为‘金焰’绣线菊幼苗不耐失水胁迫。

SOD 活性随胁迫时间的延长呈现先升后降的趋势。在0~8 h内, SOD 活性缓慢上升, 至10 h时急剧上升, SOD 活性达到 $87.4\ \text{U}/\text{mg}$, 与对照相比上升了55.8%; 随着胁迫时间的继续延长呈现了下降趋势, 至14 h时下降到 $68.1\ \text{U}/\text{mg}$, 但比对照依然高出21.4%。‘金焰’绣线菊幼苗在自然失水情况下 SOD 活性虽然呈先升后降的变化, 但总体水平相对较高, 表明‘金焰’绣线菊幼苗在逆境胁迫下的抗氧化能力较强, 虽然从形态上叶片失

水较快, 但其在水分胁迫后的恢复能力却相对较强。

脯氨酸含量(Pro)随胁迫时间的延长呈现逐渐上升的趋势。在2~6 h内缓慢上升, 6 h时达到 $64.3\ \mu\text{g}/\text{g}$, 比对照增加了7.9倍; 在胁迫6~8 h期间, 脯氨酸含量显著增加, 并在随后的胁迫时间内一直持续升高, 至14 h时达到最高, 此时脯氨酸含量比对照增加了11.5倍。‘金焰’绣线菊幼苗在自然失水情况下脯氨酸含量的持续升高, 表明植株在失水胁迫时通过渗透调节方式进行自身保护的能力较强, 且该指标呈现规律性变化。

在自然失水胁迫下, ‘金焰’绣线菊幼苗叶片可溶性糖含量随胁迫时间的延长呈现上升-下降-上升的趋势。在胁迫2 h时, 可溶性糖含量缓慢升高, 达到 $32.9\ \text{mg}/\text{g}$; 至4 h时下降到相近0 h时的水平, 随后又持续升高, 在10~12 h期间又明显升高, 达 $59.5\ \text{mg}/\text{g}$, 其后一直保持较高水平, 在14 h时可溶性糖含量达到对照水平的2.3倍。可溶性糖含量升高说明在自然失水胁迫下, 细胞严重失水, 电解质、可溶性糖等向外渗透, 植株受害越来越严重, 且该指标呈规律性变化。

可溶性蛋白含量虽胁迫时间的延长呈现逐渐上升

的趋势。其中, 0~2 h 内缓慢上升, 2~6 h 内可溶性蛋白含量趋于稳定; 8 h 时开始明显升高, 达 6.8 mg/g; 在胁迫 14 h 达到最高, 为 13.7 mg/g, 此时比对照提高了近 60%。可溶性蛋白含量总体水平是升高的, 表明了植株通过提高渗透调节而延缓干旱过程, 且该指标呈规律性变化。

MDA 含量也同样随胁迫时间的延长呈现逐渐上升的趋势, 且上升的幅度一直比较平缓, 在胁迫后期 (14 h) 其含量接近达到了对照水平的 2 倍。MDA 是指示植物膜脂质过氧化程度的关键指标, MDA 含量的持续升高表明了‘金焰’绣线菊幼苗叶片细胞受到伤害情况逐渐加重, 且该指标呈规律性变化。

归纳上述自然失水胁迫处理结果, 叶片相对含水量、Pro 含量、可溶性蛋白含量以及 MDA 含量均具显著规律性变化, 可作为‘金焰’绣线菊幼苗自然失水胁迫的衡量指标。

2.3 PEG 胁迫对‘金焰’绣线菊幼苗生理指标的影响

由图 2 可看出, 在 PEG 胁迫下, 叶片相对含水量随胁迫时间的延长而持续下降, 且下降幅度随胁迫浓度的增高而增大。20%PEG 胁迫至 24 h 时, 叶片相对含水量由 0 h 时的 96.4% 下降到 35.7%, 而 30%PEG 胁迫 2 h 时, 叶片相对含水量急剧下降为 80.8%。随后一直持续下降, 18 h 时即下降到 38.3%。这一结果表明, 在 2 种浓度的 PEG 胁迫下, ‘金焰’绣线菊叶片失水速率都很快, 30%PEG 胁迫下叶片迅速失水, 受到伤害速度更快, 在 18 h 时植株已趋于死亡。20%PEG 胁迫下叶片相对含水量变化的规律性更强。

SOD 活性在 2 种胁迫浓度下随胁迫时间的延长呈现不规律的变化。20%PEG 胁迫 0~6 h 期间, SOD 活性缓慢增加, 6 h 时达到第 1 个峰值, 为 71.2 U/mg, 随后开始下降, 12 h 时降至低于对照 4.3% 的水平, 12~14 h 又急剧升高, 在 14 h 时达到最高点, 为 88.9 U/mg, 随后又呈现显著下降趋势, 在 24 h 时再次降至低于对照的水平, 为 50.9 U/mg; 30%PEG 胁迫初期, SOD 活性上升的幅度明显高于 20%PEG 胁迫的水平, 其中 0~8 h 间一直持续上升, 在 8 h 时达到第 1 个峰值, 为 77.2 U/mg, 比对照增加了 37.6%, 8~12 h 间又显著下降, 12 h 时即降至接近对照水平。随后又呈现了先升后降的变化, 18 h 时重新回至接近对照水平。上述结果表明, 在 2 种浓

度 PEG 胁迫下, ‘金焰’绣线菊幼苗在 SOD 酶活性变化趋势总体上是相一致的, 且随胁迫时间延长变化规律性不强。

Pro 含量随 PEG 胁迫浓度的上升呈现不同的变化趋势。20%PEG 胁迫下, Pro 含量随胁迫时间的延长呈现不规律的变化, 在胁迫最初的 14 h 内, Pro 含量显著上升, 14 h 后则缓慢下降, 16 h 后又急剧上升, 在 22 h 达到峰值, 为 139.8 $\mu\text{g/g}$, 比对照上升了 9 倍, 随后又急剧下降; 30%PEG 胁迫下, Pro 含量则呈现出逐渐上升的趋势, 6 h 和 14 h 时显著上升, 18 h 时达到最高值, 为 148.4 $\mu\text{g/g}$, 比对照上升了 10 倍。上述结果表明, ‘金焰’绣线菊幼苗在较低浓度 PEG 胁迫下 Pro 含量指标呈先升高, 调整后下降然后再升高的趋势, 而在较高浓度下则呈持续升高的趋势。

可溶性糖含量在 2 种 PEG 浓度胁迫下随时间的延长均呈现上升-下降-上升的趋势, 且随胁迫浓度的提高上升-下降-上升的幅度增大。20%PEG 胁迫下, 胁迫最初的 0~10 h 间显著上升, 10 h 时达到 56.4 mg/g, 与对照相比上升了 52.2%。10 h 后开始下降, 16 h 后又重新显著上升, 24 h 时达到峰值, 为 61.7 mg/g, 与对照相比上升了 1.3 倍; 30%PEG 胁迫下可溶性糖含量的变化趋势与 20%PEG 胁迫状况相类似, 但表现为开始下降的时间提前且下降的幅度较大, 这表明‘金焰’绣线菊幼苗在胁迫之初受到伤害, 但通过不同调节途径的调节使得幼苗的伤害暂时得到缓解, 最后随着胁迫时间的延长, 幼苗受伤害程度逐渐严重, 总体上分析可溶性糖含量呈现规律性变化。

可溶性蛋白和 MDA 含量均随胁迫时间的延长呈现逐渐稳定上升的趋势, 且随胁迫浓度的提高上升幅度增大。高浓度 PEG 胁迫下可溶性蛋白含量在胁迫 14 h 时表现出急剧升高, 但较低浓度下则上升趋势较为平稳。MDA 含量在 2 种浓度胁迫下变化幅度均较小。上述结果表明, 在不同浓度 PEG 胁迫下, ‘金焰’绣线菊幼苗受伤害程度逐渐加强, 且 2 项指标呈规律性变化。

归纳 PEG 胁迫对‘金焰’绣线菊幼苗各项生理指标的影响结果, 叶片相对含水量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量和 MDA 含量等生理指标可结合植株形态观察作为‘金焰’绣线菊幼苗植株耐水分胁迫快速评价指标, 而 SOD 活性和 Pro 含量只能作为参考。

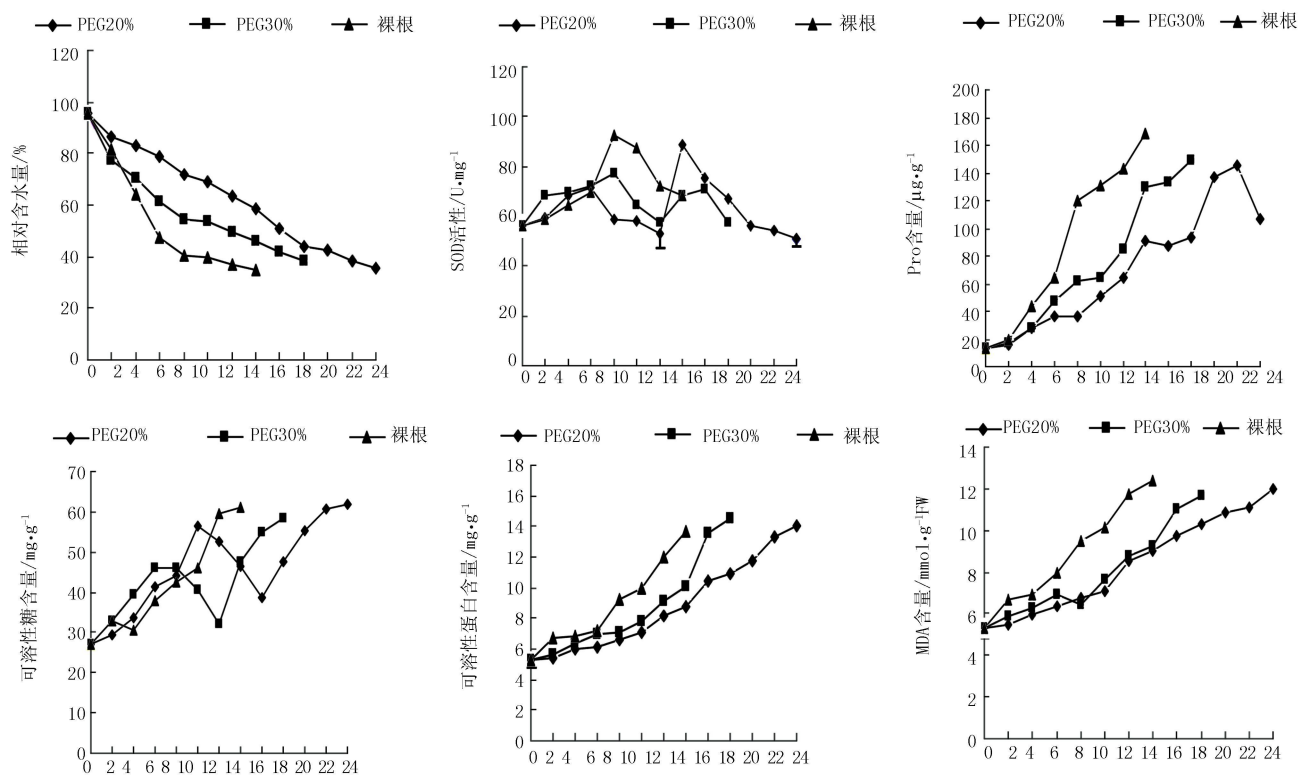


图2 不同浓度PEG胁迫对金焰绣线菊幼苗各生理指标的影响

3 讨论与结论

植物对水分胁迫的适应性是一个非常复杂的综合性反应。该试验的目的是获得简单快速的绣线菊幼苗耐旱特性评价方法。研究表明,植物基因型的耐旱性可通过鉴定其幼苗阶段的耐旱性来反映^[1,3]。在选择耐旱性的园林植物时,首先应当考虑在干旱逆境下的观赏性状。试验中用数码成像的方法连续记录了‘金焰’绣线菊幼苗在水分胁迫处理过程中的形态变化,根据植株萎蔫进程划分为5级,所确定的萎蔫指数结合相关的生理指标能够快速评价绣线菊幼苗的耐旱性。叶片相对含水量是指干旱胁迫时叶片含水量与该叶片所持最大含水量的比值。在干旱胁迫下,叶片的相对含水量一般都会呈现下降的趋势^[11-12],而且土壤干旱情况越严重,其下降幅度越大。目前对水稻、玉米、小麦等禾本科作物抗旱性鉴定指标的研究已经表明,叶片相对含水量的变化可以较好地反映出作物的抗旱性^[13]。该试验2种胁迫方式下叶片含水量均呈现持续下降的趋势。SOD是一种典型的诱导酶,外部环境的改变能影响它的活性水平。植物在逆境下受到伤害以及植物对逆境抵抗能力往往与体内SOD的活性水平有关,抗逆性强的植物在逆境条件下SOD活性降低幅度小或保持相对稳定,有的甚至有所升高,因而避免或减小了活性氧引起的伤害^[14]。该试验自然失水胁迫下SOD活性先升后降,而PEG胁迫下其规律则表现不明显。植物遭受水分胁迫后,体内活性氧产生和清除的动态平衡被破坏,活性氧水平上升导致丙二醛MDA大量积累,造成膜脂的过氧化和脱脂作用,使膜蛋白受损,细胞结构损伤^[15-16]。该试验2种胁迫方式下,丙二醛含量均呈现逐渐上升的趋势,表明了随胁迫时间的延长,植株细胞受到的伤害逐渐加重。可溶性蛋白与调节植物细胞的渗透势有关,高含量的可溶性蛋白可帮助维持植物细胞较低的渗透势,抵抗干旱胁迫带来的伤害^[17]。该试验2种胁迫胁迫方式下,可溶性蛋白含量均呈现逐渐升高的趋势。脯氨酸在水分胁迫条件下的积累起到了胞质渗透压调节剂的作用,保护膜与酶的结构,缓解胁迫压力^[18]。该试验随着干旱胁迫程度的加剧,游离脯氨酸含量随之增加,其含量的增加有利于细胞或组织的持水,防止脱水,可以增强细胞的渗透调节能力,提高抗旱性。

自然失水胁迫和PEG渗透胁迫2种方法都可用于‘金焰’绣线菊1a生幼苗耐旱性快速评价。自然失水胁迫处理下,叶片相对含水量、Pro含量、可溶性蛋白含量及MDA含量可作为植株耐旱性快速评价指标;PEG胁迫处理下,叶片相对含水量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量和MDA含量可作为植株耐旱性快速评价指标。

自然失水胁迫和PEG渗透胁迫2种方法都可用于‘金焰’绣线菊1a生幼苗耐旱性快速评价。自然失水胁迫处理下,叶片相对含水量、Pro含量、可溶性蛋白含量及MDA含量可作为植株耐旱性快速评价指标;PEG胁迫处理下,叶片相对含水量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量和MDA含量可作为植株耐旱性快速评价指标。

参考文献

- [1] Islam M S, Srivastava P S L, Deshmukh P S. Evaluation of screening techniques for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. Indian Journal of Plant Physiology, 1998, 3(3): 197-200.
- [2] Grzesiak S, Grzesiak M T, Filek W, et al. Evaluation of physiological screening tests for breeding drought resistant tritiale (*Triticosecale wittmackii*) [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2003, 25(1): 29-37.
- [3] Olsovska K, Brestic M. Function of hydraulic and chemical water stress signalization in evaluation of drought resistance of juvenile plants[J]. Journal of Central European Agriculture, 2001, 2(3/4): 157-164.
- [4] Bolanos J, Edmeades G O, Martinez L. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. Responses in drought-adaptive physiological and morphological traits[J]. III. Field Crops Research, 1993, 31(3/4): 269-286.
- [5] Okonkwo C A C, Onoenyi F I. Morphological characters as indicators of drought resistance in diverse sorghum varieties in the scrub savannah Nigeria [J]. Tropical Agriculture, 1998, 75(4): 440-444.
- [6] Kumar A, Singh D P. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed brassica species [J]. Annals of Botany, 1998, 81: 413-420.
- [7] Dat J F, Lopez-Delgado H, Foyer C H, et al. Parallel changes in H_2O_2 and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings[J]. Plant Physiology, 1998, 116: 1351-1357.
- [8] Zhao Y G, Fernandez C J, Bowman D C, et al. Selection criteria for drought-resistance breeding in turfgrass[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1994, 119(6): 1317-1324.
- [9] Jiang Y W, Huang B. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation[J]. Crop Science, 2001, 41: 436-442.
- [10] 张常青, 洪波, 李建科, 等. 地被菊幼苗耐旱性评价方法研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 789-796.
- [11] 赵福庚, 何龙飞, 罗庆云. 植物逆境生理生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 175-179.
- [12] 韩蕊莲, 李丽嫒, 梁宗锁. 干旱胁迫下沙棘叶片细胞膜透性与渗透调节物质研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(1): 23-27.
- [13] 裴英杰, 郑家玲, 庚红, 等. 用于玉米品种抗旱性鉴定的生理生化指标[J]. 华北农学报, 1992, 7(1): 68-73.
- [14] 王鑫, 侯平, 尹林克. 水分胁迫对怪柳植物可溶性物质的影响[J]. 干旱区研究, 1995, 16(2): 6-11.
- [15] 刘友良. 植物水分逆境生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 167-175.
- [16] 李德全. 植物抗性生理研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1992: 5-9.
- [17] 张莉, 续九如. 水分胁迫下刺槐不同无性系生理生化反应的研究[J]. 林业科学, 2003, 39(4): 162-167.
- [18] 卢少云, 陈斯平, 陈斯曼, 等. 3种暖季型草坪草在干旱条件下脯氨酸含量和抗氧化酶活性的变化[J]. 园艺学报, 2003, 30(3): 303-305.

Simple Method to Evaluate the Drought Tolerance of *Spiraea* \times *bumalda* 'Goldflame' Seedlings

WU Xiao-na, WU Ping, CHENG Lei-jie, HONG Bo

(College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract: One-year seedlings of *Spiraea* \times *bumalda* 'Goldflame' were exposed with the determination of the wilting index and the measurements of the leaf relative water content, SP, SS, Pro, MDA content and the SOD activities, a simple method to evaluate the drought tolerance of *Spiraea* \times *bumalda* 'Goldflame' was discussed. The results showed that differences of the morphological change of *Spiraea* \times *bumalda* 'Goldflame' seedlings were not obvious under the two different water stress. According to the morphological feature of the plants under different water stress, the wilting index was divided into 5 grades. Under the dehydrations in air, with lengthen of stress time, the leaf relative water content was persistent declined. However, the SP content, Pro content, MDA content were continued increased while the SS content showed an increase-reduce-increase tendency and the activities of SOD showed an upgrade-decline tendency. The changes of the physiological indexes were related to drought tolerance significantly, so they were the evaluation indicators for water stress tolerance of *Spiraea* \times *bumalda* 'Goldflame' seedlings under the dehydrations in air; Under the PEG stress, with the lengthen of stress time, the leaf relative water content was persistent declined. However, the SP content, MDA content were continued increased while the SS content showed an increase-reduce-increase tendency, so they were the evaluation indicators for PEG stress tolerance of *Spiraea* \times *bumalda* 'Goldflame' seedlings. However, the Pro content and the activities of SOD showed no tendency, so they were only the references for water tolerance evaluation.

Key words: *Spiraea* \times *bumalda* 'Goldflame'; seedlings; drought tolerance; morphology; physiological indexes; evaluation