

DOI:10.11937/bfyy.201509018

干旱胁迫及复水对大花飞燕草幼苗生理特性的影响

张彦妮, 刘奕佳, 李 博

(东北林业大学 园林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘 要:以大花飞燕草幼苗为试材,研究了干旱胁迫及复水条件对大花飞燕草幼苗膜脂过氧化和保护酶活性、渗透物质等生理特性的影响。结果表明:随干旱胁迫时间的延长,细胞膜透性和丙二醛(MDA)含量不断增加,在干旱胁迫的第20天,细胞膜透性和MDA含量均达到最大,此时植物受害严重。叶片中脯氨酸(Pro)含量迅速增加,复水后又开始下降,膜透性得到了一定的恢复。可溶性蛋白质含量不断下降。复水后,植物的可溶性蛋白质含量有所升高。当胁迫20 d时,其体内可溶性蛋白质含量最低。随着时间的推移,干旱胁迫下植株体内的过氧化物酶(POD)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性均呈先上升后下降的趋势,复水后,POD、SOD活性呈缓慢升高的趋势。第10天时,POD、SOD活性达到最大值,说明此时植物自身有较高的清除活性氧的能力。

关键词:大花飞燕草;干旱胁迫;生理特性

中图分类号:S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)09-0058-05

全球有三分之一的土地正在遭受干旱的威胁,干旱严重影响着植物的生长与发育,使得作物减产、草地退化、生态环境恶劣^[1]。植物干旱胁迫的研究有利于人们更加确切的了解植物的干旱适应能力。对于很多植物来说,干旱是其生长发育是否良好的重要影响因子,而幼苗期是植物生活史中相对较弱的阶段,研究这一时期的干旱胁迫对判断该种植物是否抗旱具有重要的作用。

迄今为止,对于植物在干旱胁迫下的生理特性研究较多^[2-6],这些研究结果表明,植物在遭遇干旱胁迫时会产生一定的适应机制,如干旱胁迫会导致植物细胞内活性氧自由基积累以及细胞膜的严重损伤,最终对植物造成致命的伤害,而植物本身也会产生一些抗氧化酶类,如超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)等来消除细胞内的活性氧自由基,同时还会产生一些小分子物质和蛋白类来维持细胞的渗透平衡。然而,不同种类的植物对于干旱胁迫的适应性有一定的差异。大花飞燕草(*Delphinium grandiflorum*)属毛茛科翠雀花属多年生草本植物,其花型别致,色彩淡雅,且抗寒性强,是一种难得的野生花卉,可用于花坛、花境或岩石园栽植,其优

第一作者简介:张彦妮(1974-),女,博士,副教授,研究方向为园林花卉的繁殖栽培及育种。E-mail: ynzhang808@126.com.

基金项目:黑龙江省教育厅科研资助项目(12543012)。

收稿日期:2015-01-19

An Experimental on Seed Collection and Planting Seedling of Six Species of Magnoliaceae

CHEN Jie, NING Yang, JIN Xiao-ling, LI Rui-xue

(College of Landscape Architecture, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004)

Abstract: Taking *Magnolia denudate*, *Magnolia sprengeri*, *Magnolia grandiflora*, *Magnolia virginiana*, *Michelia maudiae* and *Michelia chapensis* as experimental materials, seeding techniques of 6 species of Magnoliaceae were studied. The results showed that among the various kinds of experiment substance, the situations of seed germination and seedling were different. The seeds of *Magnolia denudate* which were from Hunan Ecological Botanical Garden had the highest germination rate(97.0%), *Magnolia* seeds at low temperature stratification treatment after sowing could assure the high germination rate.

Keywords: Magnoliaceae; seed; germination rate

美的花序也可应用于切花,近年来逐渐得到人们的广泛专注与喜爱,应用前景广阔。因此,深入了解大花飞燕草的抗旱能力具有重要的实践意义。目前,人们对大花飞燕草的研究主要局限在其成分和药理学作用上,研究表明飞燕草类植物中含有大量的黄酮类^[7]和生物碱类^[8]等药用成分,在临床上飞燕草类药物可治疗呼吸系统^[9]、泌尿系统^[10]、生殖系统^[11]、免疫系统^[12]等多种疾病。此外,人们在大花飞燕草的栽培繁殖技术^[13]以及再生体系建立^[14]方面也有一定的研究。而在其抗性方面的研究比较少见,目前已经报道的有盐碱胁迫对大花飞燕草种子萌发的影响^[15]和 PEG 胁迫对大花飞燕草幼苗生理特性的影响^[16]。

由于自然干旱胁迫一般会受到土壤本身的影响^[17],所以近年来人们普遍采用 PEG 模拟干旱条件的方法来进行植物的抗旱性研究,多数人认为 PEG 模拟干旱是可行的。但是,PEG 毕竟只是渗透调节剂,有研究表明,PEG 6 000 溶液中因存在铝和锰而使其带有毒性^[18]。也有研究表明 PEG 还会使植物对磷的吸收减少。由此可见 PEG 在模拟干旱的同时还会对植物产生其它方面的影响,它并不能十全十美的模拟干旱逆境。因此,为了确保试验结果的严谨性和准确性,有必要进行大花飞燕草在自然干旱条件下生理特性的研究。

现以大花飞燕草幼苗为试验对象,采用盆栽控水试验的方法,通过研究干旱胁迫对植物膜脂过氧化和保护酶活性、渗透物质的影响,系统地探讨大花飞燕草幼苗的抗旱特性,以期为更好地在园林绿化中应用大花飞燕草美化环境奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为大花飞燕草种子,购买于北林科技种子有限公司,选取饱满、大小基本一致的种子,在东北林业大学新逸夫楼光照培养箱内穴盘育苗,萌发至 45 d 左右,选取生长状态一致的幼苗作为供试植物材料备用。

1.2 试验方法

将生长状况整齐一致的幼苗移栽到 10 cm×10 cm 的花盆中,每盆 3 株,培养土按园土:草炭土=3:1 的比例进行配比。于光照培养箱中(温度设为昼温 25℃,夜温 17℃,光周期为光照 16 h/黑暗 8 h)培养 15 d 后,即可进行胁迫处理。试验设干旱(进行持续干旱胁迫处理,即开始干旱胁迫时停止浇水,直到试验结束)、复水(自然干旱胁迫 9 d 后对植株进行复水)2 个处理,以正常浇水(每 3 d 浇 1 次水,浇水量一致)为对照;每处理 3 次重复,分别测定胁迫开始的当天(0)、5、10、15、20 d 的大花飞燕草叶片的生理生化指标。

1.3 项目测定

细胞质膜透性测定采用电导法^[19];丙二醛含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法^[20];游离脯氨酸含量测定采用茚三酮比色法^[19];可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[20];过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚(二甲氧基酚)法^[21];超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑(NBT)法^[21]。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 13.0 进行统计学分析,利用 Excel 2003 进行作图。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫及复水对大花飞燕草叶片细胞质膜透性的影响

从图 1 可以看出,随着干旱胁迫程度的加重和胁迫时间的延长,大花飞燕草的叶片膜相对透性逐渐增大,干旱胁迫 20 d 时,细胞膜透性达到最大,此时植物受害严重。胁迫第 9 天后,开始复水,发现第 10 天植物膜透性相对干旱有所降低,但比对照高了 24.6%,第 20 天时,复水比干旱降低了 13.06%,多重比较结果表明,不同胁迫组间差异极显著。说明此时复水对其膜透性有一定的缓解作用,但不能完全恢复,干旱的相对电导率最高,受损最严重。对大花飞燕草在不同时间胁迫和不同胁迫强度下的叶片相对电导率进行方差分析,结果表明,在干旱胁迫第 5 天和第 10 天的电导率,处理间差异显著($P<0.05$),而胁迫第 20 天时,不同胁迫处理间的电导率差异极显著($P<0.01$)。

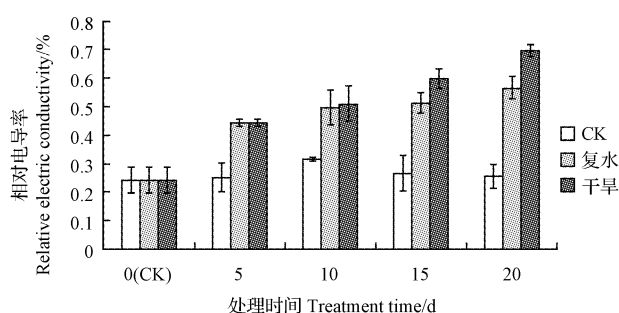


图 1 干旱胁迫下大花飞燕草叶片细胞膜透性变化

Fig. 1 Change of relative cell membrane permeability in leaves of *Delphinium grandiflorum* under drought stress

2.2 干旱胁迫及复水对大花飞燕草丙二醛(MDA)含量的影响

由图 2 可知,植物在 0~10 d 时,MDA 含量增长缓慢,干旱处理上升了 52.6%,说明此时的膜损害较小,在胁迫的第 10 天时,复水和干旱处理的 MDA 含量差异不显著,与对照差异显著。胁迫 10~20 d 后 MDA 含量迅

速上升,干旱处理上升了 216.7%,此时,植物的膜氧化程度最严重。在复水过程中,MDA 含量有所下降。在 15 d 时,干旱比对照高 155.8%,复水的幼苗 MDA 含量比对照高 81.9%。20 d 时,干旱胁迫下的幼苗迅速上升比对照高 216.7%,而复水的幼苗 MDA 含量有较小的下降,但并没有恢复到对照的程度,比干旱低 50.3%,比对照高 57.3%,多重比较表明,与对照相比复水与干旱处理均达到差异极显著,说明复水的植物膜还有损害,没有完全恢复。

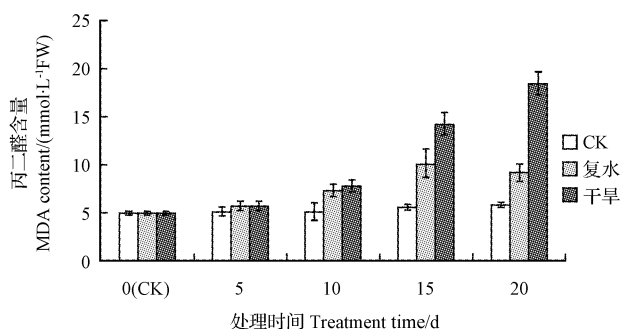


图 2 干旱胁迫下大花飞燕草叶片丙二醛含量的变化

Fig. 2 Change of MDA content in *Delphinium grandiflorum* leaves under drought stress

2.3 干旱胁迫及复水对大花飞燕草脯氨酸(Pro)含量的影响

由图 3 可知,在干旱胁迫过程中,叶片中 Pro 含量变化明显。在水分胁迫 0~5 d 内,Pro 含量未发生明显变化,在胁迫 5 d 后,Pro 含量逐渐增加,胁迫 5~15 d 时,Pro 含量迅速增加,但复水后又呈现下降趋势,说明幼苗细胞膜透性得到了一定的恢复。胁迫 20 d 时,干旱组幼苗的 Pro 含量下降,但仍高于对照,推测是因为植物已受害严重,细胞原生质承受较大压力,造成原生质的损伤,使植物机能紊乱。通过对叶片 Pro 的方差分析发现,当胁迫 0~5 d 时,处理间差异不显著。胁迫 10~20 d 时,胁迫处理间达到差异极显著($P<0.01$)。

2.4 干旱胁迫及复水对大花飞燕草可溶性蛋白质含量的影响

从图 4 可以看出,植物在干旱胁迫的过程中,可溶性蛋白质含量呈下降趋势。在复水过程中,植物的可溶性蛋白质含量得到了回升。当胁迫 20 d 时,干旱组的植物可溶性蛋白质含量最低,比对照低 91.5%,而复水的可溶性蛋白质含量比对照低 13.6%。说明此时,干旱胁迫使蛋白质的合成受阻,植物受损严重,而复水的可溶性蛋白质含量得到一定恢复。通过对胁迫条件下植物可溶性蛋白质含量的方差分析,在胁迫的第 5 天和第 15

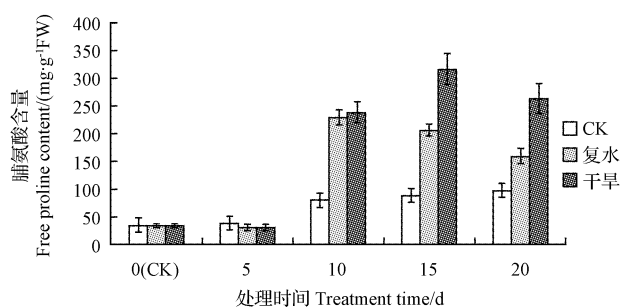


图 3 干旱胁迫下大花飞燕草叶片脯氨酸含量的变化

Fig. 3 Change of Pro content in *Delphinium grandiflorum* leaves under drought stress

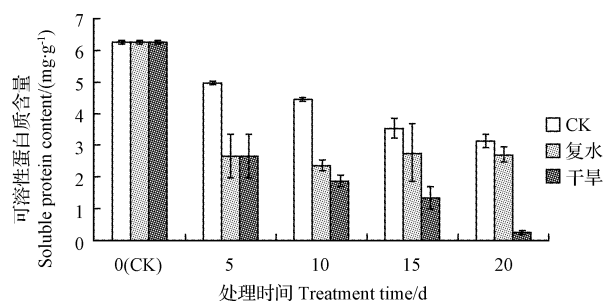


图 4 干旱胁迫下大花飞燕草叶片可溶性蛋白质含量的变化

Fig. 4 Change of soluble protein content in *Delphinium grandiflorum* leaves under drought stress

天处理间差异显著($P<0.05$),10 d 和 20 d 时可溶性蛋白质含量差异极显著($P<0.01$)。

2.5 干旱胁迫及复水对大花飞燕草抗氧化酶体系的影响

从图 5 可以看出,在干旱胁迫条件下,植物的 POD 含量从整体上都要高于对照及复水的幼苗,整体趋势呈现先升高后降低,随着时间的推移,在幼苗受迫的 5~10 d 的 POD 活性呈上升趋势,而且 POD 活性在第 10 天达到最大值,在 15~20 d 期间,植物的 POD 活性有所下降但仍高于对照。最后幼苗在干旱胁迫下的 POD 活性高于复水,此时植物受害严重,推测是 POD 要保持很高的活性来响应干旱带来的影响。对不同胁迫时间处理下幼苗的 POD 活性进行方差分析表明,胁迫 10 d 时,植物的 POD 活性处理间差异极显著($P<0.01$),当植物胁迫 0~5 d 时,POD 活性差异不显著,胁迫 10 d 时,对照与复水差异极显著。胁迫 20 d 时,对照与复水 POD 活性处理差异不显著,说明此时,复水恢复了一定的清除过氧化物的能力。

从图 5 还可以看出,随着时间的推移,干旱胁迫下植物的 SOD 活性呈现出先上升后下降的趋势,而复水条件

下的 SOD 活性呈现出缓慢升高的趋势。在胁迫 0~5 d 时, SOD 活性变化很小, 说明此时的胁迫对植物的影响很小, 第 10 天时干旱 SOD 活性达到最大值, 此时, 植物保持着较高的清除活性氧的能力。在第 20 天时, 干旱 SOD 活性下降, 复水的 SOD 活性高于干旱, 但复水及干旱均高于对照, 说明此时干旱植物清除超氧负离子的能力减弱, 细胞膜透性增大, 植物受害, 但还保持着一定的 SOD 活性。对不同胁迫时间处理的幼苗的 SOD 活性进行方差分析结果表明, 在胁迫第 10 天和第 20 天时, 植物 SOD 活性呈现差异显著 ($P < 0.05$)。

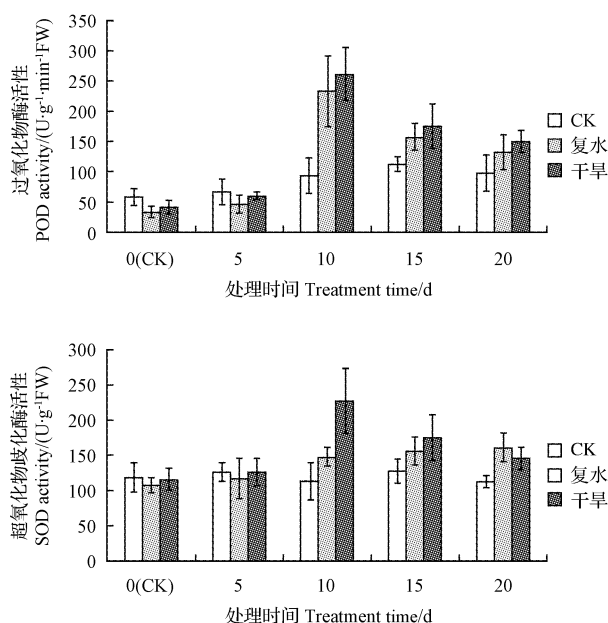


图 5 干旱胁迫下大花飞燕草叶片

过氧化物酶活性、超氧化物歧化酶活性的变化

Fig. 5 Change of POD activity, SOD activity in

Delphinium grandiflorum leaves under drought stress

3 讨论与结论

对植物进行形态特征观察, 发现复水后的植物各项生理指标恢复, 但没有达到其对照的效果, 说明大花飞燕草幼苗具有一定的恢复能力。

细胞膜具有选择透过性, 当植物遭受恶劣环境影响或其它一些伤害时, 往往都会对细胞膜造成影响。细胞膜的选择透过功能被破坏甚至丧失, 就会导致细胞内的大量离子外流, 继而使植物组织液的电导率升高。目前大量研究表明, 植物在缺水时细胞膜会发生过氧化作用, 对细胞膜造成严重损害。丙二醛是细胞膜过氧化作用的产物之一, 丙二醛含量可以反映出植物细胞膜受损害的程度^[22]。该研究在土壤自然干旱处理过程中, 随着胁迫的加深, 植物的相对电导率与 MDA 含量的走势一

致, 均呈上升趋势, 在胁迫的 0~10 d 过程中, MDA 含量和电导率的值增长缓慢, 10 d 后其值加剧上升, 说明 10 d 后植物膜受损加剧。而复水后的植物, 其幼苗的 MDA 含量与电导率的值比干旱的值要低, 但仍明显高于对照, 表明了受害的程度有所缓解, 但没恢复到对照状态。

植物的可溶性蛋白质具有亲水性, 它的存在使得植物细胞具有一定的保水力, 植物可以通过可溶性蛋白质的合成与降解来进行渗透调节。该研究中大花飞燕草在土壤自然干旱胁迫下, 自然胁迫叶片中的可溶性蛋白质含量呈现出下降的趋势, 而复水的叶片呈先下降后上升的趋势。说明植物的受害程度越强, 其可溶性蛋白质含量越低, 而当植物有所恢复时, 其合成可溶性蛋白质的能力增加, 含量也增大。这与葛体达等^[23]的研究结果一致。水溶性蛋白质含量的降低可能是由于干旱胁迫使植物蛋白合成受阻的原因, 植物受损严重, 而复水后的幼苗, 蛋白质含量缓慢升高, 恢复了植物蛋白合成的平衡。

脯氨酸的含量在植物细胞的渗透调节过程中起着至关重要的作用。前人的研究表明脯氨酸含量是检测植物干旱程度的参考指标^[24-25]。该研究中幼苗在干旱胁迫之初(0~5 d), Pro 含量变化较小, 随后其值迅速上升, 当到第 15 天以后, 值降低, 而复水后的幼苗其值明显下降, 说明 Pro 作为维持渗透胁迫的物质, 其含量随着胁迫程度的增加而增加, 复水后渗透压得以缓解而有所下降。表明了大花飞燕草通过增加渗透胁迫物质来提高细胞液浓度, 降低渗透势, 抵抗干旱胁迫, 而复水植物得到了修复而使得其值减小。

通过试验发现, 随着大花飞燕草过氧化程度的不断加深, SOD、POD 活性呈现出不断升高的趋势, 主要的作用是清除植物体内过多的过氧化物, 以免植物受到伤害, 在自然干旱 0~5 d 时, 其受干旱影响很小。在自然干旱达到 10 d 后其受害严重, 经复水处理后其表现出一定的恢复能力, SOD、POD 活性降低。说明这一阶段的大花飞燕草可以通过自身的保护酶, 渗透等调节, 降低干旱胁迫对其质膜的过氧化程度, 减小对质膜的伤害, 这就会使得干旱胁迫对大花飞燕草的伤害大大减弱。

综上所述, 大花飞燕草可以通过自身的调节作用, 抵御外界的干旱, 具有一定的抗旱能力, 可以在城市园林景观营造中使用, 大大的丰富了城市园林植物的种类。

参考文献

- [1] 樊江文, 钟华平, 陈立波, 等. 我国北方干旱和半干旱区草地退化的若干科学问题[J]. 中国草地学报, 2007, 29(5): 95-101.
- [2] 李广敏, 唐连顺, 商振清, 等. 渗透胁迫对玉米幼苗保护酶系统的影响及其与抗旱性的关系[J]. 河北农业大学学报, 1994, 17(2): 1-5.

- [3] 彭昌操,孙中海. 低温锻炼期间柑桔原生质体 SOD 和 CAT 酶活性的变化[J]. 华中农业大学学报,2000,19(4):384-387.
- [4] 孔兰静,李红双,张志国. 三种观赏草对土壤干旱胁迫的生理响应[J]. 中国草地学报,2008,30(4):40-45.
- [5] 池书敏,李广敏,史吉平,等. 玉米抗旱机理研究[J]. 河北农业大学学报,1997,20(4):11-15.
- [6] Sergi M B, Lenonor A. Drought-induced changes in the redox state of alpha-tocopherol, ascorbate and the diterpenecarnosic acid in chloroplasts of labiate species differing in carnosic acid contents[J]. Plant Physiology, 2003, 131:1816-1825.
- [7] Marin C, Boutaleb-Charki S, Diaz J G, et al. Antileishmaniasis activity of flavonoids from *Consolida oliveriana* [J]. Journal of Natural Products, 2009, 72(6):1069-1074.
- [8] 刘炳仑. 毛茛科部分有毒蜜粉源植物及其花粉形态[J]. 养蜂科技, 1996(3):5-7.
- [9] Kokoska L, Urbanova K, Kloucek P, et al. Essential oils in the ranunculaceae family: chemical composition of hydrodistilled oils from *Consolida regalis*, *Delphinium elatum*, *Nigella hispanica*, and *N. nigellastrum* seeds[J]. Chemistry and Biodiversity, 2012, 9(1):151-161.
- [10] 韩丽春,许翠英. 大花飞燕草对离体器官的作用[J]. 内蒙古医学杂志, 1980, 9(1):1-2.
- [11] 王世毅,何立生,周光创. 大花飞燕草肌松作用的研究[J]. 黑龙江医药, 1978(5):16-20.
- [12] 徐力,刘彦季. 飞燕草总黄酮提取物对小鼠炎症抑制作用的研究[J]. 中国当代医药, 2011, 18(32):14-59.
- [13] 吴晓蕾,王松,王素玲. 飞燕草的繁育技术及养护管理[J]. 才智, 2011 (32):19.
- [14] 王金发,何小玲,何炎明. 大花飞燕草的组织培养及再生体系建立[J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(4):315-318.
- [15] 张彦妮,李博,何森. 盐胁迫对大花飞燕草种子萌发的影响[J]. 草业科学, 2012, 29(8):1235-1239.
- [16] 张彦妮,李博,何森. PEG 干旱胁迫对大花飞燕草幼苗生理特性的影响[J]. 草业科学, 2014, 31(3):446-450.
- [17] 刘晓东,李洋洋,何森. PEG 模拟干旱胁迫对玉带草生理特性的影响[J]. 草业科学, 2012, 29(5):687-693.
- [18] Lagerwerff J V. Control of osmotic pressure of culture solution with polyethylene glycol[J]. Science, 1961, 133:1186-1487.
- [19] 郝再斌,苍晶,徐仲. 植物生理试验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2004:22-108.
- [20] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2009:184-263.
- [21] 徐启贺. 苹果砧木对于干旱胁迫的生理响应及抗旱性评价[D]. 北京:中国农业科学院, 2010.
- [22] 谢志玉,张文辉,刘新成. 干旱胁迫对文冠果幼苗生长和生理生化特征的影响[J]. 西北植物学报, 2010, 30(5):948-954.
- [23] 葛体达,隋方功,白莉平,等. 水分胁迫下夏玉米根叶保护酶活性变化及其对膜脂过氧化作用的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(5):922-928.
- [24] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义[J]. 植物生理通讯, 1984(1):15-21.
- [25] 刘娥娥,宗会,郭振飞,等. 干旱、盐、低温胁迫对水稻幼苗脯氨酸含量的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(3):235-238.

Effect of Drought Stress and Rewatering on Physiological Characteristics of *Delphinium grandiflorum* Seedling

ZHANG Yan-ni, LIU Yi-jia, LI Bo

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

Abstract: Taking *Delphinium grandiflorum* seedlings as test materials, effect of soil drought stress and rewatering on membrane lipid peroxidation, protective enzyme activity and the permeable material of seedlings were studied. The results showed that with the prolonging of drought stress time, cell membrane permeability and malondialdehyde rose significantly, in section 20 days of drought stress, the cell membrane permeability and malondialdehyde content reached the maximum, the plant was severely damaged. Proline content in leaves increased rapidly, after rewatering began to decline, but the content of soluble protein in the opposite. With the passage of time, the peroxidase and superoxide dismutase activity showed a downward trend after the first rise. After rewatering, peroxidase and superoxide dismutase activity showed a slowly increasing trend. In section 10 days of drought stress, the peroxidase and superoxide dismutase activity reached the maximum, the results showed that the plant had a higher ability of scavenging active oxygen.

Keywords: *Delphinium grandiflorum*; drought stress; physiological property