

常绿阔叶灌木富贵草的耐旱性研究

严海燕¹, 潘凤玲², 董 然¹, 张 爽¹, 赵 超¹

(1. 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林省蛟河市农业环境保护监测站, 吉林 蛟河 132500)

摘 要:以 3 a 生富贵草扦插苗为试材, 通过盆栽试验, 研究了富贵草在土壤自然失水过程中与分段复水后土壤相对含水量(SWC)、叶片相对含水量(LWC)、相对电导率(REC)、丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、可溶性糖(SS)含量及游离脯氨酸(Pro)含量等生理生化指标的变化规律, 旨在探讨其对土壤水分变化的生理响应特性及耐旱能力。结果表明: 整个试验过程中, CK 叶片中除 SS 含量处于逐步积累状态外其余各指标处于相对稳定的动态平衡中; 在控水 42 d 的过程中, SWC 和 LWC 均随失水时间的延长而下降, 而 REC、MDA 含量和 SOD 活性均上升, POD 活性呈现升-降-升的变化规律, SS 含量先升后降, Pro 含量则先降后升; 控水 24、30 d 复水后, 富贵草各项生理指标均能很快恢复到 CK 水平; 控水 36 d 复水后, 各项生理指标恢复速度较快, 到试验结束时已接近 CK 水平; 控水 42 d 复水后, 各项生理指标恢复速度较慢; LWC 与 SWC 呈极显著正相关, REC、MDA、SS 与 SWC 之间呈极显著负相关, SOD、POD、Pro 与 SWC 之间呈显著负相关。综上可知, 富贵草是一种耐旱性很强的优良常绿阔叶小灌木, REC、MDA、SS、LWC 可作为富贵草耐旱性的有效评价指标, SOD、POD、Pro 在一定程度上也可以反映富贵草的耐旱性。

关键词:富贵草; 干旱胁迫; 生理特性

中图分类号:Q 948.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)23-0083-05

富贵草(*Pachysandra terminalis*)属黄杨科(Buxaceae)板凳果属(*Pachysandra* Michx.)常绿阔叶灌木, 高约 30 cm, 茎匍匐斜生, 又称顶花板凳果、顶蕊三角咪、粉蕊黄杨等^[1], 喜阴湿且耐寒, 多生于海拔 1 200~1 800 m 山坡或阴湿的沟谷林下^[2], 不仅观赏价值极佳, 而且带根全草还可入药称“转筋草”, 是难得的集良好观赏价值与重要药用价值于一体的优良植物。

为实现富贵草在长春地区的成功引种及推广应用, 改善北方园林冬季景观单调的局面, 课题组已经对富贵草的光适应性及耐寒性做出了相关研究^[3-4]并取得一定成果, 同时还进一步研究了富贵草的耐旱性。由于植物对于干旱胁迫及胁迫后复水会产生适应、伤害、修复以及补偿等不同的阶段性反应, 在反应中一些生理指标会发生与之相适应的规律性变化^[5], 因而分析生理指标的变化在一定程度上可以判断植物的耐旱能力。该研究舍弃以往 PEG 模拟失水的静态研究干旱的方法, 而采用

土壤在自然状态下的失水并分段复水的试验方法, 通过测定分析多个生理生化指标的变化来综合评价富贵草对土壤水分变化的适应性及耐旱能力, 使试验结果更具现实意义。现以 3 a 生富贵草扦插苗为试材, 通过盆栽试验, 研究了富贵草在土壤自然失水过程中与分段复水后土壤相对含水量(SWC)、叶片相对含水量(LWC)、相对电导率(REC)、丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、可溶性糖(SS)含量及游离脯氨酸(Pro)含量等生理生化指标的变化规律, 旨在探讨其对土壤水分变化的生理响应特性及耐旱能力, 从而全面掌握富贵草对温、光、水的适应性, 以期为其今后在长春地区的栽培管理及园林应用提供更全面的理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 3 a 生富贵草扦插苗, 其母株为 2006 年春季从北京中科院引进至吉林农业大学苗圃基地栽培的多年生扦插苗, 首次进行富贵草北移至中国东北地区的引种试验。

1.2 试验方法

在吉林农业大学园林苗圃基地空地上搭建早棚, 于 2012 年 5 月 15 日在田间选取健壮且长势一致的 3 a 生

第一作者简介:严海燕(1986-), 女, 硕士, 现主要从事园林植物栽培与应用研究工作。E-mail: yanhaiyan777@sina.cn.

责任作者:董然(1966-), 女, 博士, 教授, 现主要从长白山野生植物的引种驯化等科研工作。

基金项目:吉林省科技厅资助项目(20125036)。

收稿日期:2013-09-06

富贵草扦插苗进行统一盆栽。将盆栽苗置于早棚中,并在地面铺设塑料膜使盆苗与地面隔开,将盆栽苗随机分成5组,每组30盆,缓苗1个月,期间进行正常的水管理。于2012年6月15日开始按表1进行试验处理,每次浇水时要使盆底刚好溢出水为止,在取样时要选择富贵草从上往下数的第4~5片成熟功能叶,表中空白处

表示不对植株进行任何处理从而使土壤呈现自然失水状态,复水之后的植株与对照(CK)的水管理相同;每次采样时间为上午8:00~9:00,在采样后再对盆苗进行浇水或复水(表1),并将土样和叶样带回实验室进行相关指标的测定。

表 1

土壤自然失水及复水试验设计

Table 1

Experimental design for the soil water stress experiment

日期 /年-月-日	处理时间/d	CK (正常管理)	A组 (自然失水 42 d)	B组 (自然失水 24 d)	C组 (自然失水 30 d)	D组 (自然失水 36 d)
2012-06-15	0	取样、浇水	浇水	浇水	浇水	浇水
2012-06-21	6	取样、浇水	取样	—	—	—
2012-06-27	12	取样、浇水	取样	—	—	—
2012-07-03	18	取样、浇水	取样	—	—	—
2012-07-09	24	取样、浇水	取样	复水	—	—
2012-07-15	30	取样、浇水	取样	取样、浇水	复水	—
2012-07-21	36	取样、浇水	取样	取样、浇水	取样、浇水	复水
2012-07-27	42	取样、浇水	取样、复水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水
2012-08-02	48	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水
2012-08-08	54	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水
2012-08-14	60	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水
2012-08-20	66	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水	取样、浇水

1.3 项目测定

土壤含水量(SWC)=(湿土重-烘干土重)/烘干土重;叶片相对含水量(RWC)、相对电导率(REC)、丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、可溶性糖(SS)含量、游离脯氨酸(Pro)含量,均按照张以顺等^[6]的方法测定。

2 结果与分析

2.1 土壤自然失水及复水对土壤含水量(SWC)和叶片相对含水量(LWC)的影响

由图1可知,CK在整个试验过程中SWC基本保持相对稳定,而试验组在土壤自然失水42d的过程中SWC一直降低。在控水前6d土壤失水速度缓慢且SWC较高,在控水6d后失水速度明显加快,之后失水速度略有降低。在控水第24、30、36、42天时,SWC分别达到了14.8%、6.0%、5.2%、4.1%,分别是CK的25.8%、10.5%、9.1%、7.2%。复水后,试验组的SWC均回升,B、C组均能很快回升至CK水平,D组和A组恢复能力相对较差,到试验结束时为CK的76.7%。

由图2可知,CK在整个试验过程中LWC在71.56%左右变化,而试验组在土壤自然失水42d的过程中LWC不断下降。复水后LWC均回升,但最终的恢复效果因土壤失水时间的不同而存在差异。在控水24、30、36、42d时,LWC分别为55.0%、48.1%、41.1%、30.8%,分别是CK的77.5%、67.7%、57.8%、43.4%,到试验结束时LWC分别达到了71.5%、71.4%、61.8%、43.8%,分别是CK的99.7%、99.8%、85.9%和60.6%。

2.2 土壤自然失水及复水对叶片相对电导率(REC)和

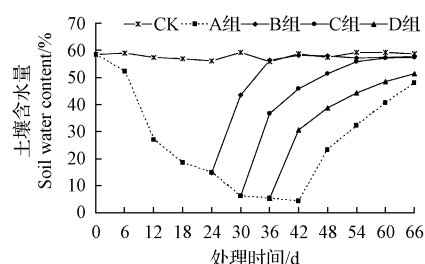


图 1 土壤自然失水及复水对土壤含水量的影响

Fig. 1 Effect of soil water stress on soil water content

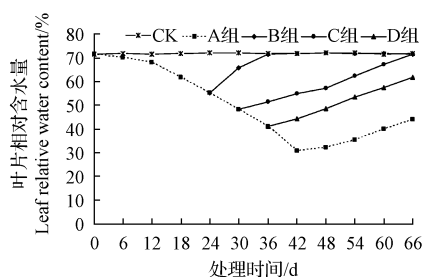


图 2 土壤自然失水及复水对叶片相对含水量的影响

Fig. 2 Effects of soil water stress on leaf relative water content

丙二醛(MDA)含量的影响

由图3和图4可知,REC与MDA的变化规律基本一致:CK在整个试验过程中基本保持稳定,而试验组在土壤自然失水42d的过程中不断上升。复水后,B、C组中REC和MDA含量均能较快回落至CK水平;而D组在复水后第6天时REC和MDA含量均略有增加,随后减小并接近CK水平;A组在复水后18d内REC和MDA含量一直增加,到复水后第24天才有所降低,试

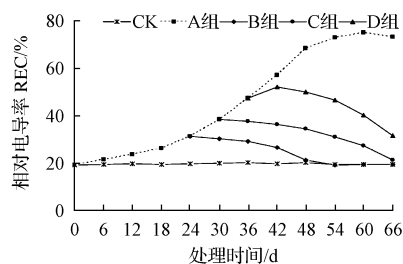


图3 土壤自然失水及复水对叶片 REC 的影响

Fig. 3 Effects of soil water stress on REC

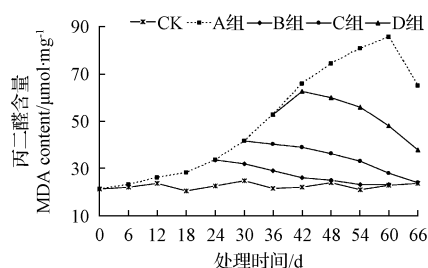


图4 土壤自然失水及复水对 MDA 含量的影响

Fig. 4 Effects of soil water stress on MDA content

验结束时仍显著高于 CK。

2.3 土壤自然失水及复水对叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化物酶(POD)活性的影响

由图5和图6可知,CK在整个试验过程中SOD活性、POD活性均处于相对稳定的动态变化之中,而试验组在土壤自然失水42d的过程中SOD活性不断上升,而POD活性则先上升到控水18~30d间有所降低随后活性又上升。复水后,B组SOD活性、POD活性迅速回落至CK水平;而C、D组中SOD活性、POD活性则先上升后下降;A组在复水后的前6d内SOD活性下降随后上升最后下降,而POD活性在复水后第6天活性上升之后也一直降低,与SOD活性间表现明显的协同作用。

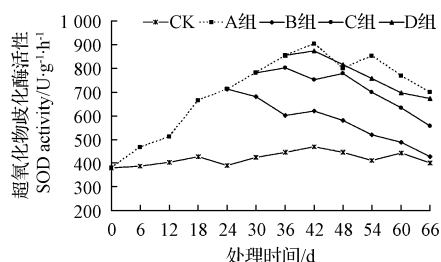


图5 土壤自然失水及复水对叶片 SOD 活性的影响

Fig. 5 Effects of soil water stress on SOD activity

2.4 土壤自然失水及复水对叶片可溶性糖(SS)含量和游离脯氨酸(Pro)含量的影响

由图7可知,CK在整个试验过程中SS含量一直呈积累状态,而试验组在土壤自然失水42d的过程中SS

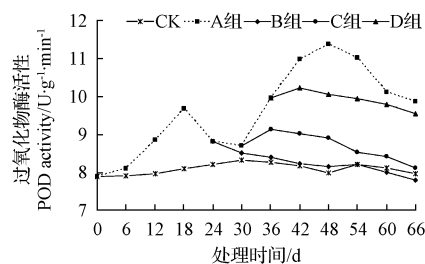


图6 土壤自然失水及复水对叶片 POD 活性的影响

Fig. 6 Effects of soil water stress on POD activity

含量则先升后降,在第30天时达到最大值,为同期CK的1.7倍。复水后,B组在前6d内SS含量仍增加随后减小,到复水24d时SS含量已回落至CK水平,之后SS的变化与CK一致;C组中SS呈现降-升-降-升的变化规律,到试验结束时达到85.0 mg/g为CK组的1.2倍;D组则呈现升-降-升-降的变化规律;A组在复水后第6天时SS含量仍下降随后上升,最终达到96.1 mg/g,为CK组的1.1倍。

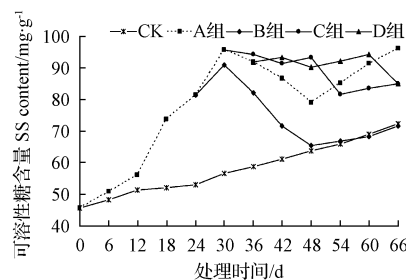


图7 土壤自然失水及复水对叶片 SS 含量的影响

Fig. 7 Effects of soil water stress on SS content

由图8可知,CK在整个试验过程中Pro含量一直相对稳定,而试验组在土壤失水42d的过程中Pro含量总体呈现降-升-降的变化规律,在控水第12天时下降至43.2 μg/g,之后上升,到第42天时达到最大值192.2 μg/g,是CK组的2.4倍。复水后,B、C、D组Pro一直下降最终都基本恢复至CK水平。控水42d的植株复水后,Pro含量也处于大幅度下降状态,但最终含量仍很高,为136.9 μg/g,是CK组的1.8倍。

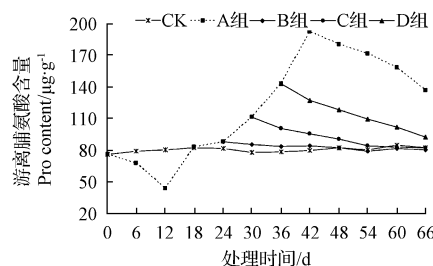


图8 土壤自然失水及复水对叶片 Pro 含量的影响

Fig. 8 Effects of soil water stress on Pro content

2.5 各指标之间的相关性分析

SWC 是土壤干旱程度的衡量标准,SWC 越低则干旱胁迫越严重。由表 2 可知,SWC 与 LWC 之间呈极显著正相关(相关性系数 $r^{**} = 0.663$),而与 REC、MDA、

SS 则呈极显著负相关($r^{**} = -0.533, -0.611, -0.596$),与 SOD、POD、Pro 之间呈显著负相关($r^{*} = -0.359, -0.343, -0.356$)。

表 2 各指标之间的相关性分析

Table 2	Correlations analysis with the indexes							
	SWC	LWC	REC	MDA	SOD	POD	SS	Pro
SWC	1							
LWC	0.633**	1						
REC	-0.533**	-0.908**	1					
MDA	-0.611**	-0.914**	0.984**	1				
SOD	-0.359*	-0.877**	0.757**	0.773**	1			
POD	-0.343*	-0.847**	0.830**	0.857**	0.776**	1		
SS	-0.596**	-0.701**	0.651**	0.649**	0.888**	0.559**	1	
Pro	-0.356*	-0.900**	0.887**	0.895**	0.753**	0.768**	0.629**	1

注:*表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$ 。

3 结论与讨论

土壤是植物赖以生存的物质基础,植物生长所需的水分主要来自土壤。在土壤自然失水的初始阶段土壤含水量(SWC)下降缓慢,随后急速下降,之后又缓慢下降,这与孙笑丛^[7]对开蕨研究所得的结果一致。叶片相对含水量(LWC)能较好反映植物水分状况,也能用来判断叶片的保水能力,干旱逆境下抗旱能力强的植物能维持较高的 LWC;复水后,抗旱性强的植物 LWC 能较快升至正常水平^[8]。富贵草在控水 24、30 d 复水后 LWC 均能恢复到 CK 水平;控水 36 d 复水后 LWC 上升的速度也较快,在试验结束时已接近 CK;而控水 42 d 复水后 LWC 上升的速度缓慢,在试验结束时与 CK 差异较大。表明富贵草在经历 24、30 d 的土壤自然失水后能很快恢复正常的水分代谢,控水 36 d 复水后也有较好的恢复状态,但在控水 42 d 复水后恢复较迟缓。可见富贵草叶片具有较强的保水能力。

植物在经历干旱胁迫后,组织内 MDA 含量越高、REC 越大,表明其遭受到的干旱胁迫伤害越严重^[9]。该研究中控水 24、30 d 复水后,REC 和 MDA 均能逐渐回落至 CK 水平;控水 36 d 复水,REC 和 MDA 也能逐渐接近 CK 水平;而胁迫 42 d 再复水,REC 和 MDA 只略有下降,但在试验结束时仍大大高于 CK 水平。

植物体内的保护酶清除系统对维持自由基生成与消除之间的动态平衡具有重要作用,抗旱性强的植物保护酶活性高^[10-11]。SOD 和 POD 是植物细胞保护酶系统中 2 个非常重要的抗氧化酶。在土壤自然失水 42 d 的过程中,SOD 活性一直上升,并没有出现王久生等^[12]在研究小麦时发现的“阈值”现象,可能是因为富贵草的抗旱能力强,胁迫 42 d 时 SOD 活性尚未达到其“阈值”。在控水 18 d 后 POD 活性下降可能是因为初始失水的 18 d 内 SOD 和 POD 协同作用使植物体内的活性氧含量

大大降低,此时只在 SOD 的作用下便能维持细胞内自由基的平衡;而当失水继续进行到 30 d 时,活性氧又大量积累,此时只有 SOD 和 POD 同时启动才能维持自由基的平衡,因而 POD 活性上升。可以看出,富贵草在遭受土壤自然失水的过程中 SOD 和 POD 之间保持着密切的协同作用,这与万里强等^[13]提出的 SOD 与 POD 协同作用的说法一致。控水 24、30 d 复水后,SOD 和 POD 活性能很快回落至 CK 水平,表明富贵草具有较强的耐旱性。而在胁迫 36、40 d 复水后到试验结束时 SOD 和 POD 仍维持着较高的活性,说明此时植株体内活性氧的含量还保持在较高水平,富贵草遭受到了较严重的干旱胁迫伤害。

当植物遭受干旱胁迫时,体内的渗透调节物质会在细胞内迅速大量积累以维持细胞中较高的渗透压保证植物在干旱逆境下能吸收水分^[14]。可溶性糖(SS)和游离脯氨酸(Pro)是植物体内重要的渗透调节物质^[15-16]。在土壤自然失水的过程中,Pro 含量先降后升,这与张智等^[17]的研究结果并不一致,究其原因还需作更深入的研究。从复水后各试验组 SS 含量和 Pro 含量的变化来看,富贵草在控水 24、30 d 后复水均能很快脱离渗透逆境;控水 36 d 的植株恢复速度也较快;而控水 42 d 的富贵草恢复速度则较缓慢,可能是因为生理功能已遭受到较大程度的伤害。

在土壤自然失水干旱的过程中,SWC 越低表明植物遭受的干旱程度越重。尹光华等^[18]在研究 15 个玉米杂交种的抗旱生理时发现 LWC 和 MDA 含量可以作为其抗旱评价指标,而 SS 含量和 POD 活性变化不明显。席嘉宾等^[19]研究表明,Pro 含量、SS 含量、MDA 含量随干旱胁迫的加重而一直增加,与干旱逆境具有密切的相关性。以该试验中 SWC 与 LWC、REC、MDA、SOD、POD、SS、Pro 之间的相关性可知,LWC、REC、MDA、SS

含量可以作为富贵草耐旱性的有效评价指标,而 SOD、POD 活性和 Pro 含量在一定程度上也可以反映富贵草的耐旱性。

综上所述,富贵草在控水 24 d 和 30 d 复水后均能恢复正常的生理功能。当控水 36 d 复水后植株也有较好的恢复状态,只是所需的恢复时间更长。而对于控水 42 d 的植株其生理生化特性已遭受较大幅度的破坏,但从复水后生理生化指标的变化来看富贵草仍然是处于逐渐恢复的生长状态之中,至于 42 d 的自然干旱是否对其生理功能产生了不可逆的破坏作用则还需要更进一步的研究。

参考文献

- [1] 湖北省卫生局. 湖北中药志[M]. 2 册. 武汉:湖北人民出版社,1982:605-608.
- [2] 王安敏,郝德民. 常绿耐阴地被植物-顶花三角梅在北京引种成功[J]. 中国花卉盆景,1993(3):28-29.
- [3] 严海燕,董然,金光勋,等. 遮阴对富贵草光合特性的影响[J]. 东北林业大学学报,2013,41(5):47-50,60.
- [4] 严海燕,董然,于向丽,等. 常绿阔叶灌木富贵草越冬过程中抗寒性生理指标的动态变化[J]. 北方园艺,2012(24):70-73.
- [5] 赵丽英,邓西平,山仑. 渗透胁迫对小麦幼苗叶绿素荧光参数的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(7):1261-1264.
- [6] 张以顺,黄霞,陈云凤. 植物生理学实验教程[M]. 北京:高等教育出版社,2009.

- [7] 孙笑从. 对开蔗在干旱胁迫下形态生理及哈尔滨露地生境生长发育节律特征[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [8] 郑敏娜,李向林,万里强,等. 四种暖季型禾草对水分胁迫的生理响应[J]. 中国农学通报,2009,25(9):114-119.
- [9] 王爱国,邵从本,罗广华,等. 丙二醛作为植物脂质过氧化指标的探讨[J]. 植物生理学通讯,1986,22(2):55-57.
- [10] 陈善福,书庆尧. 植物耐干旱胁迫的生物学机理及其基因工程研究进展[J]. 植物学通报,1999,16(5):555-560.
- [11] 黄萍,贾东坡,袁志良,等. 外来杂草小花山桃草对干旱胁迫的生理响应[J]. 东北林业大学学报,2010,42(4):102-106.
- [12] 王久生,王根轩. CO₂ 倍增对渗透胁迫下小麦叶片抗氧化酶类及细胞程序性死亡的影响[J]. 植物生理学报,2000,26(5):453-457.
- [13] 万里强,李向林,石永红,等. PEG 胁迫下 4 个黑麦草品种生理生化指标响应与比较研究[J]. 草业学报,2010,19(1):83-88.
- [14] 何森,李文鹤,卓丽环. 野菊幼苗对自然干旱胁迫的生理响应[J]. 草业科学,2011,28(8):1456-1460.
- [15] 贺少轩,梁宗锁,蔚丽珍,等. 土壤干旱对 2 个种源野生酸枣幼苗生长和生理特性的影响[J]. 西北植物学报,2009,29(7):1387-1393.
- [16] 刘世鹏,刘济明,陈宗礼,等. 模拟干旱胁迫对枣树幼苗的抗氧化系统和渗透调节的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(9):1781-1787.
- [17] 张智,夏宜平,常乐,等. 3 种观赏草在自然失水胁迫下的生理变化与耐旱性关系[J]. 东北林业大学学报,2007,35(12):17-20.
- [18] 尹光华,沈业杰,张颖,等. 玉米品种抗旱生理生化指标研究[J]. 华北农学报,2010,25(增刊):88-92.
- [19] 席嘉宾,罗耀,张巨明,等. 几种常绿草坪草对干旱胁迫的生理响应[J]. 草原与草坪,2011,31(2):28-32.

Study on Drought Tolerance of an Evergreen Broad-leaved Shrub *Pachysandra terminalis*

YAN Hai-yan¹, PAN Feng-ling², DONG Ran¹, ZHANG Shuang¹, ZHAO Chao¹

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118; 2. Agricultural Environment Protection and Monitoring Station of Jiaohe City in Jilin Province, Jiaohe, Jilin 132500)

Abstract: Taking three-year-old cuttage seedlings of *Pachysandra terminalis* as experimental material, through pot experiment of artificial drought stress and rewatered at different time in outdoor environment, the soil water content (SWC), leaf relative water content (LWC), the relative electric conductivity (REC), malondialdehyde (MDA) content, superoxide dismutase (SOD) activity, peroxidase (POD) activity, soluble sugar (SS) content and free proline (Pro) contents variation of some physiological and biochemical indexes of *Pachysandra terminalis* were studied, the change of soil moisture and drought tolerance physiological response were explored. The results showed that all indexes were in relatively stable dynamic equilibrium except SS content in the control group during the entire experiment; SWC and LWC were down with the stress time, while REC, MDA content and SOD activity increased, POD activity presented the variation of the up-down-up, SS content increased and then decreased, Pro content decreased and then increased in the process of natural soil dehydration 42 d. The physiological indexes of 24 d and 30 d could quickly restore to the level of CK after rewatered. The recovery speed of the stress of it under 36 d was a little faster than 42 d. The recovery speed of the stress of it under 42 d was the slowest than the others. LWC had significantly positive correlation with SWC. REC, MDA, SS had significantly negative correlation with SWC. SOD, POD, Pro had significantly negative correlation with SWC. In brief, *P. terminalis* was an excellent evergreen broad-leaved shrub with strong drought-endurance, REC, MDA, SS, LWC were effective evaluation indexes of the drought adaptability of *P. terminalis*. SOD activity, POD activity, Pro content could partly reflected the adaptability of it.

Key words: *Pachysandra terminalis*; drought stress; physiological characteristics