

5 种地被植物抗旱生理及差异比较^①

刘维君^{1,2}, 李宗艳¹, 杨壁嘉¹, 杨坤梅¹, 赵燕蓉¹

1. 西南林业大学 园林学院, 昆明 650224; 2. 甘肃省定西市工业和信息化委员会, 甘肃 定西 743000

摘要: 以 5 种园林地被植物迷迭香、千层金、薰衣草、紫柳和栀子花作为材料, 通过盆栽控水试验, 研究不同干旱胁迫水平对植物相对含水量、叶绿素总量、可溶性糖含量、丙二醛含量和脯氨酸含量的影响. 结果表明, 在中度胁迫处理下, 紫柳的相对含水量下降率最大, 迷迭香的叶绿素总量下降率最大, 紫柳的可溶性糖含量变化率最大, 薰衣草的丙二醛含量变化率最大, 迷迭香的脯氨酸含量变化率最大; 运用主成分分析 5 种植物干旱情况影响最大的生理指标是: 丙二醛和游离脯氨酸; 运用隶属函数法对抗旱能力进行综合评定, 得出 5 种园林地被植物抗旱性从大到小的顺序为: 千层金、栀子花、薰衣草、迷迭香、紫柳.

关键词: 地被植物; 干旱胁迫; 抗旱性

中图分类号: Q945

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)07-0018-06

迷迭香(*Rosemarinus officinalis* Linn)、千层金(*Melaleuca bracteata* F. Mell)、薰衣草(*Lavandula angustifolia* Mill)、紫柳(*Salvia leucantha* Linn)和栀子花(*Gardenia jasminoides* Ellis)作为常见的园林地被植物, 具有较高的观赏价值, 近年来在昆明园林景观应用中较常见, 但对其栽培生理和抗逆性研究却鲜见报道. 目前, 关于园林植物抗旱性研究的报道很多^[1-3], 昆明地区园林地被植物应用造景分析和种类调查也有比较多的研究^[4-6], 但对昆明地区几种常见的园林地被植物抗旱性的研究报道较少. 昆明干湿季分明, 园林地被植物的应用主要受旱季胁迫影响较大, 选择抗旱的植物种类对栽培和养护的意义重大.

本研究对水分胁迫下 5 种园林植物的叶相对含水量、叶绿素总量、可溶性糖含量等生理变化进行研究. 利用数学统计方法对 5 种植物的抗旱差异性进行综合评价, 分析各抗旱指标与抗旱性的关系. 筛选出合适的抗旱性生理指标用来有效反映昆明地区园林地被植物抗旱性强弱, 进一步研究其抗旱机理, 为日后筛选抗旱型园林地被植物, 繁育和合理管理养护等工作提供科学依据.

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于西南林业大学园林学院苗圃园的温室, 东经 $102^{\circ}10'$ ~ $103^{\circ}40'$, 北纬 $24^{\circ}23'$ ~ $26^{\circ}22'$, 属北亚热带高原季风气候, 最高温 30°C , 最低温度 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$, 年平均气温 15.1°C , 年降雨量 $1\ 035\ \text{mm}$, 年平均风速 $2.2\ \text{m/s}$.

1.2 试验材料

从昆明花仙子园艺公司种植的地被种苗中选出苗龄为 6~7 月的扦插苗, 株高近一致的 5 种植物各 60 盆作为试验材料, 在西南林业大学园林学院生理实验室完成相关生理指标的测定.

① 收稿日期: 2016-05-31

基金项目: 云南省级重点学科园林植物与观赏园艺项目(50097401).

作者简介: 刘维君(1983-), 女, 甘肃定西人, 硕士, 主要从事园林植物生理研究.

通信作者: 李宗艳, 博士.

1.3 试验设计

首先将植物进行统一的养分和水分管理, 保持其正常的发育生长和水分代谢. 经过正常水分培养 40 d 后, 植株生长状况基本稳定, 进行水分胁迫处理试验. 2013 年 10 月 10 日至 2013 年 11 月 16 日在西南林业大学园林学院苗圃园的温室进行控水试验. 采用完全随机区组设计控水试验, 共设 2 个水分梯度: 对照, 土壤相对含水量(RWC, 土壤含水量占田间持水量的百分数)为 80%~90%(CK 表示正常水分处理), 中度胁迫的 RWC 为 40%~50%(MD 表示中度胁迫). 5 种试验材料, 一个处理有 15 盆, 每盆 1 株, 5 盆为 1 重复, 3 次重复, 每天 19:00 用称质量法对所有试验植株称盆质量, 计算所需的补水量, 并且用量杯按所需水补充当天消耗的水分, 保证土壤相对含水量控制在所设定范围内. 控水 5 d 达到预设的水分梯度, 在达到预定控水梯度后的第 1, 4, 7, 10, 13 d 的上午 8:00 进行取样测定.

1.4 生理生化指标测定

叶片相对含水量的测定采用鲜质量法^[7]. 叶绿素总量用张宪政方法测定^[8]. 可溶性糖和丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法^[9]. 游离脯氨酸含量采用磺基水杨酸法^[10].

1.5 数据处理

试验数据均用 Microsoft Excel 2003 进行计算及做图, 用 SPSS19.0 对试验数据进行统计分析, 采用方差分析进行差异显著性分析, 并对各指标进行主成分分析, 最后分别用隶属函数法综合评价 5 种供试材料的抗旱性.

2 结果分析

2.1 水分胁迫对叶相对含水量的影响

由图 1 可以看出, 随着胁迫进程的进行, 在第 7 d 之前, 所有种叶片相对含水量在不断下降, 但下降幅度不明显, 从第 10 d 开始, 紫柳出现叶片含水量急剧下降, 在 10 d 和 13 d 时的叶相对含水量比 CK 下降了 40.78% 和 47.22%; 其余 4 种在整个胁迫期, 叶相对含水量的变化不大, 其中, 干旱胁迫对千层金叶的相对含水量的影响最小, 千层金在干旱胁迫处理的第 1, 4, 7, 10 和 13 d 的叶相对含水量比 CK 下降了 6.40%, 9.47%, 7.71%, 13.08% 和 14.42%, 其叶片含水量的下降幅度较其他 4 种植物平缓. 经不同时间段叶片含水量下降率的方差分析(表 1), 仅紫柳存在方差极具有统计学意义外, 其余种在不同时期的变化差异不具有统计学意义.

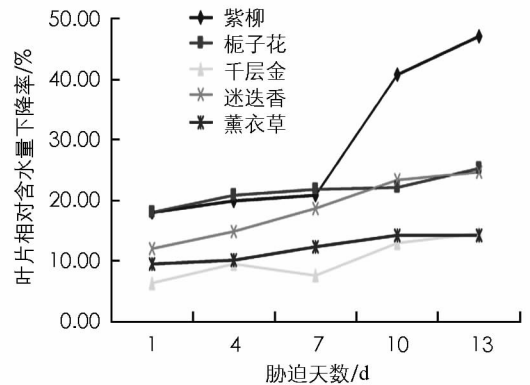


图 1 中度水分胁迫下各物种相对含水量下降率影响

表 1 水分胁迫下相对含水量下降率的方差分析

物种	平方和	组间自由度	均方	F 值	P 值
紫柳	2 209.669	4	552.417	7.137	0.006
栀子花	172.858	4	43.215	0.204	0.930
千层金	406.815	4	101.704	0.233	0.913
迷迭香	326.362	4	81.590	0.018	0.999
薰衣草	130.711	4	32.678	0.097	0.981

2.2 水分胁迫对叶绿素总量变化的影响

从图 2 可知, 在整个中度胁迫过程中, 植物的叶绿素总量(鲜质量比)都有下降, 但影响幅度不大. 在胁迫第 13 d 最小, 分别为 6.58, 3.63, 1.17, 2.11, 1.49 mg/g. 紫柳在干旱胁迫处理的第 1, 4, 7, 10 和 13 d 的叶绿素总量比 CK 下降了 56.49%, 12.92%, 45.33%, 16.09% 和 17.80%; 除千层金外, 其余种在胁迫叶绿素总量下降率较大, 后期变化较平缓. 通过植物在不同时间叶绿素总量下降率的方差分析(表 2), 除紫柳外, 其余种的叶绿素总量下降率在不同胁迫时间中差异具有统计学意义.

表 2 水分胁迫下叶绿素总量下降率的方差分析

物种	平方和	组间自由度	均方	F 值	P 值
紫柳	4 710.655	4	1 177.664	1.036	0.435
栀子花	5 359.126	4	1 339.781	7.216	0.005
千层金	156 779.206	4	39 194.802	11.300	0.001
迷迭香	8 660.735	4	2 165.184	3.483	0.050
薰衣草	10 697.521	4	2 674.380	5.582	0.013

2.3 水分胁迫处理对可溶性糖含量变化的影响

由图 3 可知,在中度胁迫处理下,紫柳在整个干旱胁迫期间,可溶性糖含量比对照都有所下降,在第 4 天时,可溶性糖下降幅度达到最大,为 47.77%,随后其变化随着胁迫时间的延长趋于平缓;迷迭香和千层金在胁迫前期,叶片内可溶性糖含量比对照下降,在第 7 d 后,它们的可溶性糖含量回复上升,高于对照水平. 栀子花和薰衣草在第 1 d,可溶性糖含量上升达到最大,胁迫期间可溶性含量高于对照处理. 通过对同种材料不同时间可溶性糖变化幅度的方差分析,5 种植物的可溶性糖含量的下降率差异具有统计学意义.

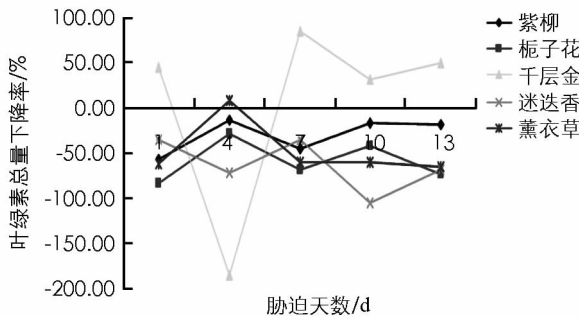


图 2 中度水分胁迫下
各物种叶绿素总量下降率影响

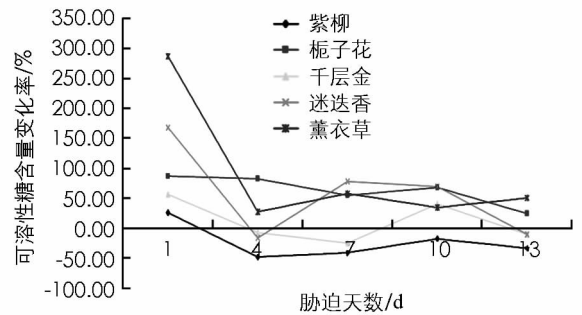


图 3 中度水分胁迫下
各物种可溶性糖含量变化率影响

2.4 水分胁迫处理对丙二醛含量变化的影响

从图 4 中可知,随着水分胁迫时间的延长,紫柳、迷迭香和薰衣草的丙二醛含量增大,上升率在处理后第 10 d 内平缓变化,在第 13 d 时出现急剧变化. 在整个胁迫期,千层金叶片中丙二醛含量变化幅度最大. 仅栀子花在胁迫期内,叶片丙二醛含量与对照比较稍有下降,但没有显著变化. 对 5 种植物丙二醛含量变化率的方差分析(表 3),结果表明,迷迭香和薰衣草丙二醛含量在不同胁迫时间的差异具有统计学意义. 不同种按丙二醛含量的变化幅度由大到小排序为:薰衣草、紫柳、迷迭香、栀子花、千层金. 最大值分别为 1.93,0.33,2.34,0.74,2.92 $\mu\text{mol/g}$.

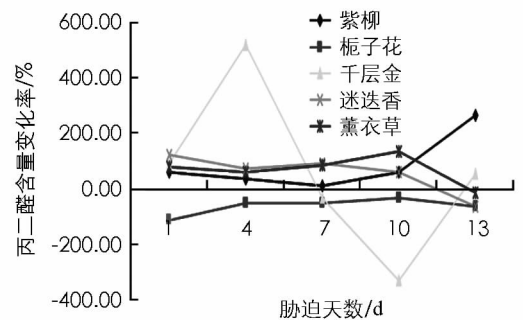


图 4 中度水分胁迫下
各物种 MDA 含量变化率影响

表 3 水分胁迫下丙二醛含量变化率的方差分析

物种	平方和	组间自由度	均方	F 值	P 值
紫柳	123 166.54	4	30 791.635	0.652	0.638
栀子花	11 494.778	4	2 873.695	0.092	0.983
千层金	1 136 375.998	4	284 093.99	1.197	0.370
迷迭香	21 919.94	4	5 479.985	16.586	0.000
薰衣草	34 899.89	4	8 724.974	10.629	0.001

2.5 水分胁迫处理对游离脯氨酸含量变化的影响

由图 5 可知,在中度水分胁迫处理下,5 种植物在整个处理间内,游离脯氨酸含量保持上升,其中在第 1 d 和第 7 d 时上升幅度较大. 迷迭香在干旱胁迫处理的第 1,4,7,10 和 13 d 时的游离脯氨酸含量比

CK 变化了 387.52%, 183.86%, 743.40%, 25.16% 和 5.89%; 千层金在干旱胁迫处理的第 1, 4, 7, 10 和 13 d 时的游离脯氨酸含量比 CK 变化了 183.80%, 92.36%, 184.81%, 21.91% 和 67.78%。对同种植物在不同胁迫时间中游离脯氨酸含量的方差分析, 所有种的脯氨酸含量差异均极具有统计学意义。按变化幅度由大到小排序为: 迷迭香、栀子花、紫柳、薰衣草、千层金。

2.6 5 种植物抗旱性综合评价

2.6.1 主成分分析

对这 5 种植物的 5 项观测指标: 叶片相对含水量(X_1)、叶绿素总量(X_2)、丙二醛含量(X_3)、游离脯氨酸含量(X_4)、可溶性糖含量(X_5)作主成分分析, 得到各变量的特征值及相应贡献率(表 4)。

表 4 各综合指标的系数及贡献率

主成分	1	2	3	4
特征值	1.739	1.409	1.063	1.021
方差贡献率 $\alpha_i/\%$	21.737	17.611	13.282	12.758
累积贡献率 $\sum \alpha_i/\%$	21.737	39.348	52.630	65.389
X_1	0.394	0.741	-0.112	0.075
X_2	-0.289	0.053	-0.496	0.751
X_3	0.649	0.318	0.236	-0.244
X_4	0.643	0.247	-0.162	0.046
X_5	0.248	0.135	-0.667	0.412

注: X_1 为叶片相对含水量; X_2 为叶绿素总量; X_3 为丙二醛含量; X_4 为游离脯氨酸含量; X_5 为可溶性糖含量。

运用主成分分析讨论 5 种植物各项生理指标的内在相互关系发现: 第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分、第 4 主成分的方差贡献率为 65.389%, 5 种植物干旱情况影响最大的生理指标是: 丙二醛、游离脯氨酸, 因此可以将这些指标作为这 5 种园林地被植物抗旱性研究的测定和评价指标。

2.6.2 隶属函数评价

本试验利用模糊隶属函数法对 5 个单项指标在水分胁迫下平均值的标准化值求出各物种的隶属度评价价值, 进行综合评价, 根据隶属度评价价值对各物种的抗干旱强弱顺序进行排序^[11]。对 5 种园林地被植物间抗旱性强弱的比较, 应用隶属函数法进行综合评定, 结果见表 5。5 种植物抗旱性指标隶属函数总平均值从大到小依次为: 千层金(0.783)、栀子花(0.652)、薰衣草(0.628)、迷迭香(0.583)、紫柳(0.554), 所以初步得出 5 种植物的抗旱性从大到小的顺序为: 千层金、栀子花、薰衣草、迷迭香、紫柳。

表 5 5 种植物抗旱性指标受干旱影响程度的综合评价

指标参数	紫柳	栀子花	千层金	迷迭香	薰衣草
叶片含水量	0.689	0.520	0.735	0.346	0.644
叶绿素总量	0.281	0.332	1.899	-0.008	-0.381
丙二醛含量	0.502	0.482	0.568	0.246	0.432
可溶性糖含量	0.214	0.527	0.090	0.554	0.223
游离脯氨酸含量	0.587	0.753	0.986	0.930	0.566
隶属度评价价值	0.554	0.652	0.783	0.583	0.628
位次	5	2	1	4	3

3 讨 论

活细胞的代谢活动和必要组成物质是水分, 植物叶保水能力的强弱可以用叶含水量高低反映^[12]。干旱条件下, 植物的抗旱性越强, 胁迫导致细胞膜受到的伤害程度越小, 是因为叶片持水力越强, 能保持较高

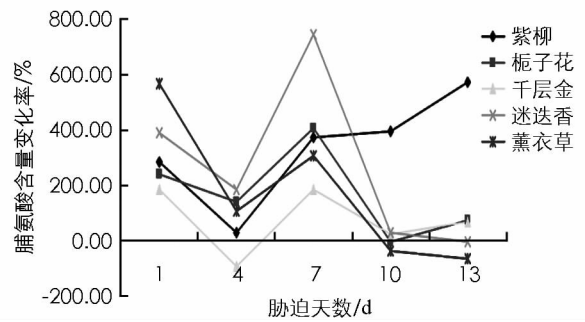


图 5 中度水分胁迫下
游离脯氨酸含量变化率影响

的叶片含水量^[13]. 研究表明,抗旱性强的植物如千层金、栀子花等随着干旱胁迫程度的增加,叶相对含水量变化不大;反之,抗旱性较差的植物随着干旱时间的延长,叶相对含水量下降幅度较大.国内外研究表明,植物在水分胁迫下,叶绿素总量会下降,受干旱胁迫影响较大的植物叶绿素总量下降速度更快.在中度干旱下 5 种植物的叶绿素总量变化差异具有统计学意义,推测其对植物光合代谢会产生一定的影响.

植物干旱伤害的最初和关键部位通常被认为是膜系统,质膜受伤害程度可以用测定水分胁迫下植物丙二醛含量来了解^[14]. 蒋理研究表明,植物的丙二醛含量上升,抗旱性增加,两者呈负相关^[15]. 较多的学者研究表明,水分胁迫会导致植物叶丙二醛含量的增加,影响细胞的物质代谢^[16]. 本研究结果同样表明,随着水分胁迫时间的延长,丙二醛含量表现出上升的影响趋势,受干旱胁迫影响较大的紫柳的丙二醛含量上升趋势大.可溶性糖、脯氨酸是合适的渗透调节物质,逆境下可作参考性生理指标反映植物抗逆性^[17]. 大部分研究认为,植物在干旱胁迫下可溶性糖含量会出现不同程度的增加,能够增强植物细胞的渗透调节能力,保持体内水分,减轻或消除干旱胁迫造成的伤害^[18]. 在干旱胁迫下,杏、苹果叶中的可溶性糖含量持续上升^[19-20]. 在本研究中,在中度水分胁迫下,随着干旱胁迫的加重,5 种园林植物的叶可溶性糖含量变化趋势不同,与植物抗旱性无绝对相关性,说明在受到干旱胁迫时植物有比较多种类的渗透调节物质,它们具有多样性.脯氨酸与植物抗旱性之间的关系研究结果不一致,一些学者研究表明,植物干旱胁迫下脯氨酸增加量与抗旱性呈正相关^[21],也有一些研究是在逆境条件下植物脯氨酸含量变化不大,其脯氨酸积累与物种抗旱性无关,是干旱胁迫产生的结果^[22]. 在本研究中,随着干旱胁迫加重,5 种园林地被植物的脯氨酸含量均有不同程度的增加,是 5 种植物的主要的渗透物质之一,这与大部分学者研究结果一致^[18],其中迷迭香的叶脯氨酸含量大幅增加,但实际观察它的抗旱性不是最强,而观察表现较好的千层金其叶脯氨酸含量始终没有较大变化,说明在本试验中植物叶片的脯氨酸积累可能只是干旱胁迫产生的结果.

对干旱研究,各生理指标都有相关性、重要性.娄方芳^[23]在研究黄牡丹抗旱性能密切相关的有脯氨酸、叶绿素等生理指标;钱璐璜^[2]等研究表明叶失水率、相对含水量和丙二醛含量可作为园林地被植物抗旱性的评价指标;王斌等^[3]研究表明光合和叶绿素荧光参数等可作为评价木本植物抗旱性的有效指标.本试验研究表明丙二醛含量和脯氨酸含量 2 个指标可作为 5 种植物抗旱性的评价指标.通过各个生理指标权重综合评价植物的抗旱性,能较客观地反映种间抗旱效果的差异.

参考文献:

- [1] 史燕山, 骆建霞, 王 煦, 等. 5 种草本地被植物抗旱性研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(5): 130-134.
- [2] 钱璐璜, 雷江丽, 庄雪影. 华南地区 8 种常见园林地被植物抗旱性比较研究 [J]. 西北植物学报, 2012, 32(4): 759-766.
- [3] 王 斌, 杨秀珍, 戴思兰. 4 种园林树木抗旱性的综合分析 [J]. 北京林业大学学报, 2013, 35(11): 95-102.
- [4] 林济君. 昆明常见园林地被植物耐旱性研究 [J]. 北方园艺, 2012(18): 96-98.
- [5] 熊桂华, 孙成江, 段晓梅, 等. 昆明市城市道路的地被植物应用现状调查分析 [J]. 南方农业(园林花卉版), 2007, 5(10): 26-28.
- [6] 关文灵. 昆明市园林绿化的现状与发展对策 [J]. 云南林业科技, 2001(3): 37-40.
- [7] 赵世杰. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2002.
- [8] 苏正淑, 张宪政. 几种测定植物叶绿素含量的方法比较 [J]. 植物生理学通讯, 1989(5): 77-78.
- [9] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 7.
- [10] 周祖富, 黎兆安. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [11] 唐承财, 钟全林, 王 健. 林木抗旱生理研究进展 [J]. 世界林业研究, 2008, 21(1): 20-25.
- [12] 孙 群, 梁宗锁, 杨建伟, 等. 干旱对苗木萌芽期水分状况、ABA 含量及萌芽特性的影响 [J]. 植物生态学报, 2002, 26(5): 634-638.
- [13] 刘惠芬, 史铭均, 高玉葆. 不同种群羊草幼苗对渗透胁迫的反应和生理生态适应 [J]. 南开大学学报, 2003, 36(2): 31-36.
- [14] 党 青, 韩 刚, 孙德祥, 等. 干旱胁迫下杨柴的抗氧化防御系统研究 [J]. 西北林学院学报, 2008, 23(4): 1-4.
- [15] 吴志华, 曾富华, 马生健, 等. 水分胁迫下植物活性氧代谢研究进展(综述 I) [J]. 亚热带植物科学, 2004, 33(2):

19—21.

- [16] 时连辉,牟志美,姚健. 不同桑树品种在土壤水分胁迫下膜伤害和保护酶活性变化[J]. 蚕业科学, 2005, 31(1): 13—17.
- [17] SHINOZAKI KAZUO, YAMAGUCHI-SHINOZAKI KAZUKO. Gene Networks Involved in Drought Stress Response and Tolerance [J]. Journal of Experimental Botany [J]. 2007, 58(2): 221—227.
- [18] 徐莲珍,蔡靖,姜在民,等. 水分胁迫对3种苗木叶片渗透调节物质与保护酶活性的影响[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(2):12—16.
- [19] 蒲光兰,袁大刚,胡学华,等. 杏树抗旱性研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(3): 40—43.
- [20] 李岩. 苹果植株根源干旱信号及其对地上部抗旱生理机制的调控[D]. 泰安: 山东农业大学, 2000.
- [21] 桑子阳,马履一,陈发菊. 干旱胁迫对红花玉兰幼苗生长和生理特性的影响[J]. 西北植物学, 2011, 31(1): 109—115.
- [22] 卢少云,陈斯平,陈斯曼,等. 三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—306.
- [23] 娄方芳. 黄牡丹种子休眠与萌发特性及苗木的抗旱性初步研究[D]. 昆明: 西南林业大学, 2008.

On Comparison of Drought Resistant Physiology and Differences of Five Groundcover Plants

LIU Wei-jun^{1,2}, LI Zong-yan¹,
YANG Bi-jia¹, YANG Kun-mei¹, ZHAO Yan-rong¹

1. Faculty of Landscape, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2. Dingxi City Industrial and Information Board of Gansu Province, Dingxi Gansu 743000, China

Abstract: *Rosemarinus officinalis*, *Melaleuca bracteata*, *Lavandula pedunculata*, *Salvia leucantha* and *Grardenia jasminoides* have been used to study the effects on physiological changes under the moderate drought, which chlorophyll, soluble sugar, malondialdehyde, praline, peroxidase fluorescent were detected by pot experiment. The results indicate that, under moderate drought stress, the decreasing rate of RWC of *Salvia leucantha* is the maximum, the decreasing rate of total chlorophyll content of *Rosemarinus officinalis* is the maximum, the change of the soluble sugar content for *Salvia leucantha* is the maximum, the change of Malondialdehyde content of *Rosemarinus officinalis* is the maximum, the Pro content rate of change for *Rosemarinus officinalis* is the maximum, and the *Melaleuca bracteata* is the minimum; the relationship between eight physiological indicators of five plants were discussed by principal component analysis. The principal physiological parameters: Malondialdehyde and Proline have great impacts on drought resistance of five species. In this study, subordinate function method is employed to evaluate the drought resistance. The order of the drought resistance for the plants investigated in this thesis is as follows: *Melaleuca bracteata*, *Grardenia jasminoides*, *Lavandula pedunculata*, *Rosemarinus officinalis*, *Salvia leucantha*.

Key words: ground cover plant; drought stress; drought resistance