

DOI:10.11937/bfyy.201508040

# 喜马拉雅紫茉莉对干旱的生理生态响应

代松家<sup>1</sup>, 魏晶晶<sup>1</sup>, 兰小中<sup>2</sup>

(1. 西藏大学农牧学院, 西藏高原生态研究所, 西藏 林芝 860000;

2. 西藏大学农牧学院, 西南大学药用植物联合研发中心, 西藏 林芝 860000)

**摘要:**以喜马拉雅紫茉莉1年生成年苗为试材,采用盆栽试验和自然干燥的方法,研究了喜马拉雅紫茉莉对土壤干旱胁迫的生理生态响应过程。结果表明:随着干旱程度的加剧,喜马拉雅紫茉莉叶片相对含水量(LRWC)及叶绿素(Chl)含量在中轻度干旱胁迫下变化幅度不大,在土壤含水量为8.88%~9.58%(28 d)时,开始发生显著变化;脯氨酸和可溶性糖的含量随土壤相对含水量降低而增加;喜马拉雅紫茉莉通过SOD和POD的协同作用以清除体内氧自由基,达到适应和抵御干旱逆境的目的,并且POD活性作用大于SOD活性作用。喜马拉雅紫茉莉可通过渗透调节、抗氧化酶活性升高等途径增强对干旱环境的耐受性和适应性;喜马拉雅紫茉莉有较强的抗旱性,干旱胁迫28 d(土壤含水量10%左右)为耐受极限。

**关键词:**喜马拉雅紫茉莉;干旱胁迫;渗透调节;保护酶;膜脂质过氧化

**中图分类号:**S 685.16 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0152-05

藏药“五根”之一喜马拉雅紫茉莉(*Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim.)藏文音译:哇智<sup>[1]</sup>,属双子叶植物纲紫

茉莉科(Nyctaginaceae)紫茉莉属(*Mirabilis*)植物喜马拉雅紫茉莉的干燥根<sup>[2-3]</sup>,产于西藏东部和四川西北部,印度有分布。多年生草本,高30~80 cm,茎粗壮、直立、多分枝,叶对生、卵状心形或卵状披针形,花紫色,果实椭圆形或卵形,黑色,长约5 mm,具棱,以根入药,生于海拔2 800~3 400 m的山坡草丛、荒地边或灌丛林地<sup>[4]</sup>。喜马拉雅紫茉莉具有温肾、益肾滋补、生肌、利尿、排石等功效<sup>[5-7]</sup>,是藏药十五味儿茶丸、巴桑母酥油丸、二十五味鬼臼丸、热巴罗布膏等剂型的主要原料之一,资源紧

**第一作者简介:**代松家(1983-),男,硕士研究生,研究方向为高原(高山)植物生理生态。E-mail:daisongjia@163.com.

**责任作者:**兰小中(1973-),男,硕士,教授,研究方向为药用植物资源及药用植物生理与分子生物学。E-mail:lanxiaozhong@163.com.

**基金项目:**西藏自治区中藏药资源普查资助项目(20120716-540000)。

**收稿日期:**2014-11-10

[8] 华秀红,宋金佛,刘超. 棕色蘑菇的栽培特性[J]. 中国食用菌,2008,27(1):25-26.

[9] 王玉,李政,黄亮,等. 棕色蘑菇液体菌种培养基和培养条件的优化[J]. 中国酿造,2011(9):138-140.

## The Optimization of Liquid Medium for Mycelium Culture of *Agaricus brunnescens*

CHEN Shuai-jun<sup>1</sup>, HUANG Liang<sup>1</sup>, WANG Yu<sup>1</sup>, BAN Li-tong<sup>1</sup>, SUN Qian<sup>2</sup>

(1. College of Agronomy and Resources Environmental, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384; 2. Tianjin Jinsannong Agricultural Technology Development Co. Ltd., Tianjin 300385)

**Abstract:** Taking *Agaricus brunnescens* MC441 as test materials, the most suitable culture medium for *Agaricus brunnescens* to maximize mycelia growth as the initial fermentation medium has been chosen from five fermentation medium. L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>) orthogonal experiment was applied to optimize, to provide reference for *Agaricus brunnescens* commercial process. The results showed that determine the fermentation medium was: bran 120 g/L, glucose 15 g/L, peptone 2.0 g/L. The mycelial dry weight of *A. brunnescens* amounted to 17.39 g/L with the optimum condition.

**Keywords:** *Agaricus brunnescens*; liquid spawn; optimal medium; mycelial dry weight

缺<sup>[8]</sup>,2005 年底西藏科技厅将该药材列为一级濒危藏药材<sup>[9]</sup>。

有关喜马拉雅紫茉莉的现代研究报道较少,主要集中在对喜马拉雅紫茉莉根部化学成分的研究<sup>[10-15]</sup>,而对喜马拉雅紫茉莉抗旱机理方面的研究尚鲜见报道。现以喜马拉雅紫茉莉 1 年生成年苗为试验材料,通过盆栽控水造成 3 个干旱等级,探讨喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下的生理生态响应,旨在揭示喜马拉雅紫茉莉抗旱机理,以期为喜马拉雅紫茉莉的种植和推广提供科学依据,缓解该藏药材的资源紧缺局面。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料喜马拉雅紫茉莉种子于 2011 年采自西藏大学农牧学院喜马拉雅紫茉莉人工种植示范基地。盆直径 40 cm,高 45 cm,每盆栽土 6 kg,盆土采自喜马拉雅紫茉莉人工种植示范基地,并与 1 倍重量的腐殖土混匀。2014 年 4 月 23 日育苗,6 月 26 日,生长至 64 d,选取健壮、生长势基本一致,并且未开花的实生苗 15 株,每 5 株为一平行重复组。

### 1.2 试验方法

2014 年 6 月 26 日,选取长势正常、一致的喜马拉雅紫茉莉盆栽苗(平均地茎 $(4.0 \pm 0.5)$ mm、平均苗高 $(80 \pm 12)$ cm)15 盆,进行干旱胁迫试验。试验采用持续干旱胁迫法,将各盆栽苗浇水至土壤饱和含水量,以后不再浇水,采用自然干燥法进行干旱胁迫处理。28 日开始测各项生理生化指标。土壤含水量以体积分数表示。胁迫第 1 天(T0)测得土壤饱和含水量为 33.10%~35.13%,第 7 天(T1)土壤含水量为 30.90%~36.63%,第 14 天(T2)为 17.88%~24.53%,第 21 天(T3)为 11.11%~11.94%,第 28 天(T4)为 8.88%~9.58%。

### 1.3 项目测定

土壤含水量、叶片相对含水量测定采用烘干称重法;丙二醛(MDA)含量和可溶性糖含量采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法<sup>[16]</sup>;叶绿素含量采用乙醇浸提法;脯氨酸含量测定采用茚三酮比色法;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用 NBT 光化还原法测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚染色法测定<sup>[17]</sup>。

### 1.4 数据分析

各类生理生化指标以平均值进行分析,试验数据采用 Excel 和 SPSS 21.0 软件进行分析,图形用 Excel 绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫下土壤含水量的变化

随着干旱时间的延长,土壤含水量呈下降趋势。由图 1 可知,在胁迫各阶段,喜马拉雅紫茉莉的盆栽土壤最大持水量分别在 T0:33.10%~35.13%(0 d)、T1:

30.90%~36.63%(7 d)、T2:17.88%~24.53%(14 d)、T3:11.11%~11.94%(21 d)、T4:8.88%~9.58%(28 d)。胁迫阶段的土壤含水量的变化,覆盖了轻度(16%~20%)、中度(14%~15%)、严重(5%~13%)3 个干旱等级。土壤水分条件的全面变化,保证了所测生理生化指标能够体现喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下的生理生化响应,为深入揭示喜马拉雅紫茉莉的抗旱性提供了可靠的前提。

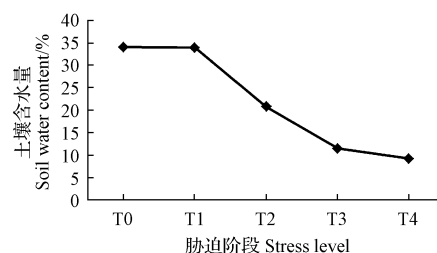


图 1 喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下土壤含水量变化

Fig. 1 The change of soil water content for *Mirabilis himalaica* under drought stress

### 2.2 干旱胁迫下叶片相对含水量及干旱症状的变化

由图 2、表 1 可知,随着干旱时间的延长,叶片相对含水量(LRWC)表现出下降趋势,干旱症状越来越严重。LRWC 在干旱处理第 T1、T2 阶段下降较平缓,与 T0 差异不大( $P>0.05$ );T3、T4 阶段下降幅度比较大,与 T0 显著差异( $P<0.05$ )。T0~T3 阶段,基本能正常生长,T3、T4 阶段,叶片出现不同程度的萎蔫,甚至出现枯黄、叶片脱落的症状。

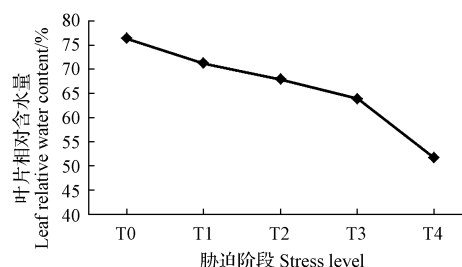


图 2 喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下叶片相对含水量变化

Fig. 2 The change of leaf relative water content for *Mirabilis himalaica* under drought stress

### 2.3 干旱胁迫下叶绿素含量的变化

由图 3 可知,随着干旱时间的延长,叶绿素 a+b 含量呈现逐步下降的趋势。在 T0~T3 阶段叶绿素 a+b 含量变化趋势比较平缓,基本维持在 2.18 mg/g 左右;在 T4 阶段,叶绿素 a+b 含量出现较大幅度的下降,只有 T0 阶段的 60.54%,此时喜马拉雅紫茉莉叶片出现枯黄现象,少数叶片脱落。

表 1 不同胁迫阶段喜马拉雅茉莉叶片干旱症状

Table 1 The symptoms of the leaf for *Mirabilis himalaica* under drought stress

	重复 1	重复 2	重复 3
T0	正常	正常	正常
T1	叶片颜色略微变浅	叶片颜色略微变浅	叶片颜色略微变浅
T2	叶片颜色变浅	叶片颜色变浅	叶片颜色变浅
T3	叶片出现萎蔫	叶片出现萎蔫	叶片出现萎蔫
T4	多数叶片枯黄,少数叶片脱落	多数叶片枯黄,少数叶片脱落	多数叶片枯黄,少数叶片脱落

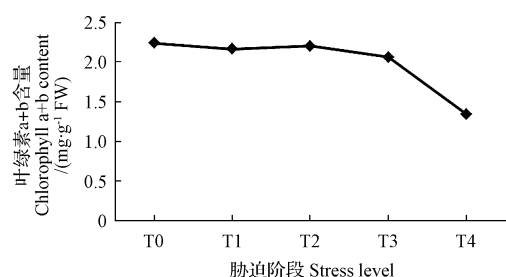


图 3 喜马拉雅茉莉在干旱胁迫下叶绿素 a+b 含量变化

Fig. 3 The change of chlorophyll a+b content for *Mirabilis himalaica* under drought stress

由图 4 可知,随着干旱时间的延长,叶绿素 a/b 值呈现逐渐下降的趋势。T1~T4 阶段较 T0 分别下降了 5.13%、15.52%、25.42%、38.64%,经统计分析可知,各阶段的差异并不显著( $P>0.05$ )。

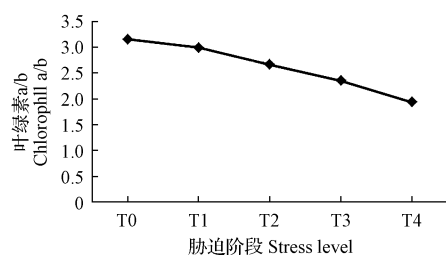


图 4 喜马拉雅茉莉在干旱胁迫下叶绿素 a/b 变化

Fig. 4 The change of chlorophyll a/b content for *Mirabilis himalaica* under drought stress

#### 2.4 干旱胁迫下渗透调节物质的变化

由图 5 可知,随着干旱时间的延长,可溶性糖含量呈现逐渐增加的趋势。与 T0 相比,T1~T4 阶段分别升高了 22.19%、65.24%、106.45%、164.75%,差异显著( $P<0.05$ )。

由图 6 可知,随着干旱时间的延长,脯氨酸含量呈现先升高后下降的趋势。T1~T3 阶段较之 T0 分别升高了 89.98%、104.54%、170.71%,差异显著( $P<0.05$ ),T4 阶段略有下降,但仍高于 T0 阶段 152.01%。

#### 2.5 干旱胁迫下丙二醛含量的变化

由图 7 可知,随着干旱时间的延长,丙二醛(MDA)含量表现为先略微降低、再缓慢升高、后大幅升高的变化趋势。T1 阶段较之 T0 略微下降了 0.37  $\mu\text{mol/g}$ ,T2、

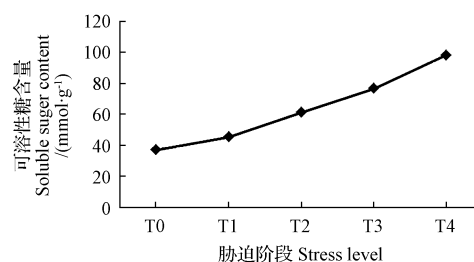


图 5 喜马拉雅茉莉在干旱胁迫下可溶性糖含量变化

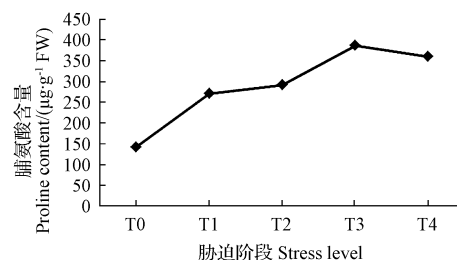
Fig. 5 The change of the soluble sugar content for *Mirabilis himalaica* under drought stress

图 6 喜马拉雅茉莉在干旱胁迫下脯氨酸含量变化

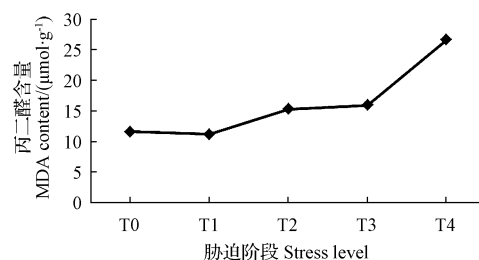
Fig. 6 The change of proline content for *Mirabilis himalaica* under drought stress

图 7 喜马拉雅茉莉在干旱胁迫下丙二醛含量变化

Fig. 7 The change of MDA content for *Mirabilis himalaica* under drought stress

T3 阶段较之 T0 升高了 31.84%、37.38%,T4 阶段较之 T0 升高了 129.50%。

#### 2.6 干旱胁迫下保护酶活性的变化

由图 8 可知,随着干旱时间的延长,超氧化物歧化酶(SOD)活性呈现先升高后降低的变化趋势。在 T1 阶段达到最大值为 163.55 U/g,在 T4 胁迫阶段降到最低,

此时 SOD 活性为 T0 阶段的 65%; 各阶段的 SOD 活性均达差异显著水平 ( $P < 0.05$ )。

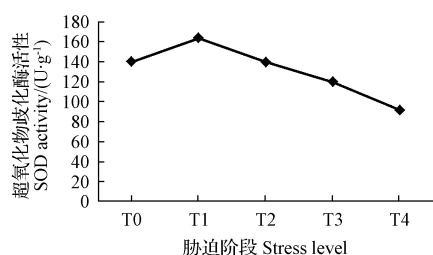


图8 喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下 SOD 活性变化

Fig. 8 The changes of SOD activity for *Mirabilis himalaica* under drought stress

由图 9 可知,随着干旱时间的延长,过氧化物酶(POD)活性呈现先下降、再升高、而后略微下降的变化趋势。在 T1 阶段达到最小值,而后 T2、T3、T4 阶段维持在  $67 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  左右,差异不显著 ( $P > 0.05$ ),T4 阶段较之 T0 仍升高了 26.67%。

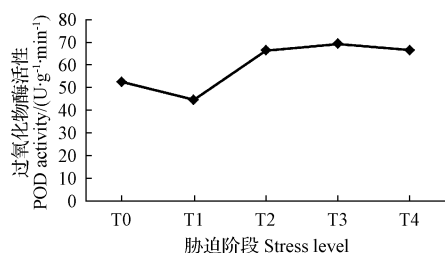


图9 喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下 POD 活性变化

Fig. 9 The changes of POD activity for *Mirabilis himalaica* under drought stress

### 3 结论与讨论

叶片相对含水量的变化是反映植物抗旱性的重要指标<sup>[18]</sup>,叶绿素是植物叶片进行光合作用的重要物质因子之一,其含量和组成成分与光合速率有着密切的关系,其变化幅度的大小和速度与植物抗旱性正相关<sup>[19-20]</sup>。由喜马拉雅紫茉莉叶片相对含水量和叶绿素的变化趋势可以看出,在中轻度干旱胁迫下变化幅度不大,在土壤含水量为 8.88%~9.58%(28 d)时,才开始发生显著变化,表现了较好的持水力,叶绿素含量在重度干旱胁迫之前的稳定表现也保证了光合作用的顺利进行。这与罗大庆等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。

渗透调节是植物适应干旱胁迫的一种重要生理机制<sup>[22]</sup>。可溶性糖(SS)对植物细胞具有渗透调节及保护膜结构稳定的作用,植物通过在体内主动积累可溶性糖以降低细胞渗透势,适应外界逆境的胁迫<sup>[23]</sup>。辛国荣等<sup>[24]</sup>研究表明,当植物受到干旱胁迫时,植物体内游离脯氨酸(Pro)会大量积累,Pro 含量的积累与抗旱性呈正

相关。由喜马拉雅紫茉莉随着干旱胁迫时间的延长 SS 和 Pro 的含量变化趋势可以看出,SS 和 Pro 含量的显著增加,表明喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下通过积累 SS 和 Pro 来降低渗透势和维持细胞膨压,以抵御和适应干旱。在重度干旱胁迫时,Pro 含量出现了小幅下降,表明喜马拉雅紫茉莉通过 Pro 渗透调节能力下降,而 SS 含量此时仍然保持增加趋势,从这个意义上说,在适应和抵御干旱胁迫时,SS 比 Pro 发挥着更大的作用,这与韩蕊莲等<sup>[25]</sup>的研究结果一致,但与吴芹等<sup>[18]</sup>的研究结果相反。

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化作用的主要分解产物,其积累是活性氧毒害作用的结果,是膜系统受伤害的重要标志之一,其含量能够反映植物细胞遭受逆境伤害的程度<sup>[26]</sup>。喜马拉雅紫茉莉在轻中度胁迫时,MDA 变化幅度小,表明细胞膜受害程度小,在重度干旱胁迫(土壤含水量 8.88%~9.58%)时,MDA 出现了较大的增加,表明此时土壤水分状况可能超过了喜马拉雅紫茉莉生理耐受范围,使膜系统受到损坏。

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)是植物体内清除自由基的重要保护酶<sup>[26]</sup>,SOD 能将活性氧清除而形成  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,而 POD 可把  $\text{H}_2\text{O}_2$  变为  $\text{H}_2\text{O}$ ,它们协调一致作用可将活性氧维持于一个较低水平<sup>[27]</sup>。该试验中 SOD 活性在轻度胁迫(土壤含水量 30.90%~36.63%)时即开始持续下降,而此时 POD 呈现增加趋势,只在重度干旱(土壤含水量 8.88%~9.58%)时才开始出现缓慢下降的趋势,由此推测,喜马拉雅紫茉莉通过 SOD 和 POD 的协同作用以清除体内氧自由基,达到适应和抵御干旱逆境的目的,并且 POD 活性作用大于 SOD 活性作用,这与吴芹等<sup>[18]</sup>的研究结果一致,与张永刚等<sup>[28]</sup>研究结果不一致,这可能与植物材料的种类与抗旱的敏感程度及作用机理不同有关,值得做出进一步的研究。

综上所述,喜马拉雅紫茉莉在抗旱途径与机制方面与其它研究成果有一定的共性,即在干旱胁迫下通过渗透调节物质维持细胞膨压、保护酶活性增强保护细胞膜免受伤害等方式来增强对干旱逆境的耐受性和适应性,以保证光合作用及其它生理代谢活动的正常进行。喜马拉雅紫茉莉在持续干旱胁迫下各项生理生态指标的表现说明,其在土壤含水量 10%左右时仍能维持基本的生长需要,并且在第 28 天时(考虑到试验期间林芝地区光照较弱、空气湿度较大的原因,此数据仅供参考)复水,第 2 天所有试验用苗全部返青,此可为喜马拉雅紫茉莉这一资源紧缺的藏药材在西藏干旱区、半干旱区的种植和推广提供重要的科学依据。喜马拉雅紫茉莉在干旱胁迫下的根部生长特征及有效成分鱼藤酮的含量变化的进一步研究,可丰富该试验研究的内容和意义,值得做更深入的探索。



## 参考文献

- [1] 黄立成,东珠.对藏药“五根”的探讨[J].中国民族民间医药杂志,1994(4):14-16.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国卫生部药品标准藏药[S].1册.1995:104.
- [3] 帝玛尔,舟增彭措.晶珠本草[M].上海:上海科学技术出版社,1986:88.
- [4] 幸福梅,臧建成,兰小中.喜马拉雅紫茉莉种子化感作用初探[J].中国园艺文摘,2012(12):22-24.
- [5] 青海省药品检验所,青海省藏医药研究所.中国藏药[M].1卷.上海:上海科学技术出版社,1996:303.
- [6] 唐昌林.中国植物志[M].北京:科学出版社,1996.
- [7] 中国科学院西北高原生物研究所.藏药志[M].西宁:青海人民出版社,1991:461.
- [8] 李光喜,杨培全.紫茉莉属药用植物研究进展[J].广东医药学院学报,1994,10(4):251-253.
- [9] 蔡翠萍,汪书丽,权红,等.藏药材喜马拉雅紫茉莉种质资源的形态多样性[J].西南师范大学学报(自然科学版),2013(12):61-66.
- [10] 李光喜,杨培全.紫茉莉属药用植物研究进展[J].广东医药学院学报,1994,10(4):251-253.
- [11] Ahmad M S,Ranf A,Mustafa J,et al. An 8-hydroxy octadeca-CIS-11,14-dienoic from *Mirabilis jalapa* seed oil[J]. Phyto Chem,1984,23:2247-2249.
- [12] 危英,杨小生,郝小江,等.紫茉莉根的化学成分[J].中国中药杂志,2003,28(12):115.
- [13] Ghosh T K,Rao C C. Some structural features of the Dglucan from the seed of *Mirabilis jalapa*[J]. Carbohydr Res,1981,90:243.
- [14] 王琳,杨德成,江金霖,等.紫茉莉属植物的化学成分和药理活性的研究进展[J].中国民族民间医药,2010,19(7):31-34.
- [15] 巩江,王聪聪,倪土峰,等.国产紫茉莉属植物药理学研究[J].安徽农业科学,2009,37(13):5959-5962.
- [16] 张志良,瞿伟菁,李小方.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [17] 郑柄松.现代植物生理生化研究技术[M].北京:气象出版社,2006.
- [18] 吴芹,张光灿,裴斌.3个树种对不同程度土壤干旱的生理生化响应[J].生态学报,2013,33(12):3648-3655.
- [19] 聂华堂,陈竹生.水分胁迫下柑桔的生理变化与抗性的关系[J].中国农业科学,1991,24(4):14-18.
- [20] 代莉.卡斯特山地适生树种香茶书群落学及其苗期水分光合特性研究[D].贵州:贵州大学,2005.
- [21] 罗大庆,薛会英.干旱胁迫下砂生槐、锦鸡儿的生理生化特性与抗旱性[J].干旱区资源与环境,2011,25(9):122-127.
- [22] 孙存华,李扬.藜对干旱胁迫的生理生化反应[J].生态学报,2005,25(10):2556-2561.
- [23] 刘毓侠,杨春英.发达国家现代农业的发展[J].河南农业科学,1994(2):23-25.
- [24] 辛国荣,董美玲.水分胁迫下植物乙烯、脯氨酸积累、气孔反应的研究现状[J].草业科学,1997(1):62-66.
- [25] 韩蕊莲,李丽霞,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.
- [26] 孙景宽,张文辉.沙枣和孩儿拳幼苗气体交换特征与保护酶对干旱胁迫的响应[J].生态学报,2009,29(3):1330-1340.
- [27] 蒋明义,邢家海,王芸堂.水分胁迫与植物膜脂过氧化[J].西北农业大学学报,1996,22(6):729-734.
- [28] 张永刚,韩媒,姜雪,等.黄芩对干旱复水的生理生态响应[J].中国中药杂志,2013,38(22):3845-3850.

Physiological and Ecological Responses of *Mirabilis himalaica* to Drought StressDAI Song-jia<sup>1</sup>, WEI Jing-jing<sup>1</sup>, LAN Xiao-zhong<sup>2</sup>

(1. Institute of Tibetan Plateau Ecology, Agricultural and Animal Husbandry College of Tibet University, Nyingchi, Tibet 860000; 2. TAAHC-SWU Medicinal Plants Joint Research and Development Centre, Agricultural and Animal Husbandry College of Tibet University, Nyingchi, Tibet 860000)

**Abstract:** Tanking one-year-old seedling of *Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim as material, using pot experiment and natural drying method, physiological and ecological response of soil drought stress to *Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim. was studied. The results showed that, with the drought degree intensified, the change of the *Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim. leaf relative water content (LRWC) and the content of chlorophyll (chlorophyll) under the mild drought stress change was not big, under the soil moisture content 8.88%—9.58% (28 d), began to change significantly; The content of proline and soluble sugar increased with the decreasing RWC; The *Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim. through the synergy of SOD and POD to removing oxygen free radicals in the body, achieve the purpose of resist drought adversity, POD activity function was greater than the SOD activity. Through the way such as osmotic adjustment and activities of antioxidant enzymes increasing, *Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim. enhanced resistance and adaptability to drought environment; The *Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim. had strong drought resistance, drought stress of 28 d (soil moisture content 10%) was the tolerance limit.

**Keywords:** *Mirabilis himalaica* (Edegw.) Heim.; drought stress; osmotic; protective enzyme; membrane lipid peroxidation