

4 种薰衣草属植物抗旱性综合评价

陈淑燕^{1,2}, 毛培春¹, 田小霞¹, 孟林^{1*}, 张德罡²

(1. 北京市农林科学院北京草业与环境研究发展中心, 北京 100097; 2. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 采用负水头供水控水装置控制盆土体积含水量, 对轻度、中度和重度干旱胁迫 0、10、20、30 d 和 40 d 后 4 种薰衣草属植物叶片相对含水量(RWC)、丙二醛(MDA)、可溶性糖(SSC)、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT) 5 个抗旱生理指标的变化规律开展研究, 旨在对其抗旱性进行综合评价。结果表明: 随干旱胁迫强度和时间的增加, 4 种薰衣草的 RWC 均呈下降趋势, 且轻度干旱胁迫的 RWC 显著高于中度和重度干旱胁迫($P < 0.05$), 其中, 干旱发生至重度胁迫时, 普罗旺斯薰衣草的 RWC 最高, 为 56.56%, 孟士德薰衣草仅为 39.02%; 而 MDA 和 SSC 则呈上升趋势, 且随胁迫程度的增强而增加, 其中, 胁迫至 40 d 时, 普罗旺斯薰衣草的 MDA 较 0 d(CK) 各处理水平增加幅度达 118.67%, 而其 SSC 含量显著高于其它 3 种薰衣草。4 种薰衣草的 SOD 和 CAT 活性呈先升后降的变化趋势, 均于胁迫至 20 d 时达到最高值, 且轻度干旱胁迫下的 SOD 和 CAT 活性高于中度和重度胁迫, 其中, 孟士德薰衣草的 SOD 和 CAT 活性最低。根据模糊数学隶属函数法综合评价分析得出, 4 种薰衣草抗旱性强弱依次为: 狭叶薰衣草 > 普罗旺斯薰衣草 > 蝴蝶薰衣草 > 孟士德薰衣草。

关键词: 薰衣草; 抗旱性; 叶片相对含水量; 丙二醛; 可溶性糖; 超氧化物歧化酶; 过氧化氢酶

中图分类号: Q945.17 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0152-07

Comprehensive evaluation of drought resistance of four lavender species

CHEN Shu-yan^{1,2}, MAO Pei-chun¹, TIAN Xiao-xia¹, MENG Lin^{1*}, ZHANG De-gang²

(1. Beijing Research and Development Center for Grass and Environment, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

2. College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: By investigating the change of five drought resistant indexes, including leaf relative water content (RWC), malondialdehyde (MDA), soluble sugar content (SSC), and activity of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) under light, moderate and severe drought stress for 0, 10, 20, 30 d and 40 d using the negative pressure water supplying and controlling device to control soil volumetric moisture content, the drought resistance of four lavender species was evaluated comprehensively. The results showed that, with the increase of drought stress intensity, the RWC of the four lavender species tended to decline, and the RWC under light drought stress was significantly higher than that under moderate and severe drought stress after 40 days ($P < 0.05$). The RWC of *Lavandula angustifolia* cv. Munstead was only 39.02%, but that of *L. angustifolia* cv. Provence Blue was up to 56.56%, which was the highest among the four species. The contents of MDA and SSC in the four species were significantly increased with the intensification of drought stress. The MDA in *L. angustifolia* cv. Provence Blue was increased by 118.67%, but the SSC in it was significantly higher than that in the other three species under drought stress for 40d, compared with 0 d (CK). The activities of SOD and CAT in the four species showed an increasing-summit-decreasing trend under drought stress from 0 to 40 d, and the peak values appeared at 20 d. The activities of SOD and CAT in the four species under light drought stress were higher than the ones under moderate and severe drought stress, and those in *L. angustifolia* cv. Munstead were the lowest at 20 d. The values of the above five indexes (RWC, MDA, SSC, SOD and CAT) were analyzed comprehensively using the subordinate function method, and it was indicated that the drought resistance of the four lavender species was sequenced

收稿日期: 2013-06-20

基金项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJXC201101003; KJXC201201001); 北京市农林科学院草业中心人才培养基金项目

作者简介: 陈淑燕(1988—), 女, 甘肃定西人, 硕士, 主要从事草业资源研究。E-mail: csy119685@163.com。

* 通信作者: 孟林(1966—), 男, 内蒙古乌兰察布人, 研究员, 主要从事草业资源研究。E-mail: menglin9599@sina.com。

as: *L. vera* > *L. angustifolia* cv. Provence Blue > *L. stoechas* cv. Pedunculata > *L. angustifolia* cv. Munstead.

Keywords: lavender; drought resistance; leaf relative water content (RWC); malondialdehyde (MDA); soluble sugar content (SSC); superoxide dismutase (SOD); catalase (CAT)

干旱胁迫影响植物的形态建成和生理特性,是限制植物生长的重要环境因素^[1]。然而,植物在抵御干旱胁迫中,抗旱性及其对干旱胁迫的响应和适应过程与其自身的抗性紧密联系,并从生化代谢、生理功能、形态适应、生长发育以及生物生产力等多种表现形式表现出来,最终使植物形成了适应干旱环境的形态结构和生理生化调节特征^[2-5]。

薰衣草属植物系唇形科多年生亚灌木,原产于地中海沿岸,其喜温暖、喜光照^[7],是一类有观赏、食用、药用、绿化和可深加工等广泛用途的都市型农业种植新种类。目前,全世界有37个种,100多个品种^[6]。现已开发出相应的精油产品、香囊、香枕等生活用品及药用品和保健品,被称作“香草之后”,其精油是国际十大精油种类之一,具有广阔的市场前景和应用空间,且长期供不应求^[8]。20世纪初,我国从国外引种栽培成功,现主要在新疆、上海、江苏、北京和河南等省区推广种植及精深加工产品的研制和开发。然而,我国北方大部分地区处于干旱半干旱地区,有的地区因受温度、光照、水分等自然环境和生产条件的限制,薰衣草的产量和品质相对较低,限制了其在我国北方地区的广泛引种栽培及其产业化的稳定发展。近年来,国内外有关不同植物抗旱性的研究报道较多,但关于天然香料植物薰衣草抗旱性评价的研究尚未见报道。本研究以4种薰衣草属植物为供试材料,采用负水头供水控水装置控制盆土体积含水量,探讨不同程度干旱胁迫过程中,4种薰衣草生理生化指标的变化规律,旨在为我国北方干旱半干旱地区薰衣草的引种栽培和产业化稳定发展提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

孟士德薰衣草(*Lavandula angustifolia* cv. Munstead)、蝴蝶薰衣草(*L. stoechas* cv. Pedunculata)、狭叶薰衣草(*L. vera*)、普罗旺斯薰衣草(*L. angustifolia* cv. Provence Blue)的种子均由武汉香草花木有限公司提供。

1.2 试验设计

试验于2012年2—7月在北京农林科学院草业中心的半地下式半拱形覆膜日光温室内进行。试验期间该温室透光率约70%,昼/夜平均温度25℃

±3℃/15℃±2℃,昼/夜空气平均相对湿度75%±5%/92%±3%。盆栽育苗基质为大田土:草炭=1:2(体积比)均匀混合而成,基质容重0.7 g·cm⁻³,最大田间持水量36.9%(体积比)。土壤养分含量为全氮0.238%、全磷0.098%、全钾1.979%、有机质2.192%、碱解氮144.86 mg·kg⁻¹、速效磷12.65 mg·kg⁻¹、速效钾98.00 mg·kg⁻¹。试验花盆高27 cm、外径33.5 cm,每盆装育苗基质约12 kg,待实生苗平均长至10 cm时,每盆挑选株高、地径、长势相对较一致的苗,定株10株,待株高20 cm时进行干旱胁迫处理。

试验采用一种负水头供水控水盆栽装置,由盛土盆、供水盘、储水管和负压控制系统组成,其中,负压控制系统由控压管与集气管连接组成,水通过供水管和供水盘之间的出水管进入花盆土壤,由压强原理可知控压管提供给储水管出水口的压力为负压,控压管高度越大,作物吸水越困难^[9]。按Hsiao^[10]关于中生植物水分梯度划分的水分梯度法,设定3个控水高度处理(表1)。每个处理重复5次,于开始控水的前一天浇透水,使每盆的土壤相对含水量基本达到饱和,然后开始控水,试验开始当天用MP-160高级土壤水分测定仪测量盆土体积含水量,然后每天测量1次,确保每盆盆土体积含水量浮动在0~5%之间,水分不足时给储水管中注水,以保证不同盆同一处理之间控水量基本一致。于干旱胁迫达到要求的含水量0 d选取生长健康、部位相同的叶片进行生理生化指标测定,之后每隔10 d测定1次,胁迫处理40 d结束。

表1 水分胁迫处理水平

Table 1 Treatments of drought stress

胁迫水平 Stress level	盆土体积含水量 Soil volumetric moisture content/%	控水高度 Height of water controlling/cm
轻度胁迫 Light stress(LS)	30~50	20
中度胁迫 Moderate stress(MS)	18~25	40
重度胁迫 Severe stress(HS)	4~15	80

1.3 指标测定与方法

按照邹琦^[11]的方法测定叶片相对含水量(RWC)、丙二醛(MDA)、可溶性糖(SSC)、超氧化物歧化酶活性(SOD)和过氧化氢酶活性(CAT),每个生理指标测定3次重复。以下各指标均采用鲜叶测重,

其中:

叶片相对含水量(RWC)采用饱和称重法测定^[12]。

丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸显色法测定^[12]。

可溶性糖(SSC)含量采用蒽酮比色法测定^[12]。

超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定^[12]。

过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法测定^[12]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 15.1 进行数据的统计处理和分析,将干旱胁迫至第 40 d 时上述 5 项生理指标的测定值采用模糊数学中的隶属函数法进行抗旱性综合评价^[13],利用下列公式分别对各指标变量的测定值进行标准化处理:

$$X(\mu) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中, X 为各个生态型的某一指标测定值; X_{\max} 为所用生态型某一指标测定值内的最大值; X_{\min} 为该指标中的最小值。如某一个指标与抗性为负相关,则用反隶属函数值 $X(\mu)$ 反 = $(X_{\max} - X) / (X_{\max} - X_{\min})$ 进行计算,最后把每一个生态型各指标的抗旱隶属值进行累加,求平均数,平均数越大,表示抗旱

性越强^[14]。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下薰衣草叶片相对含水量(RWC)的变化

由表 2 可知,随干旱胁迫强度和时间的增加,4 种薰衣草的 RWC 均呈持续下降趋势,且 RWC 下降幅度因品种和胁迫强度的不同而表现不同。其中,胁迫至 40 d 时,LS 干旱胁迫下,与 0 d(CK)相比较,RWC 下降较缓慢,下降幅度为 25.66% ~ 50.62%。MS 干旱胁迫下,RWC 下降幅度增大,为 31.06% ~ 54.50%,其中,孟士德薰衣草的 RWC 下降幅度最大,表现出保水能力较差和相对旱敏感的特征;另外,MS 干旱胁迫下,除蝴蝶薰衣草胁迫至 40 d 时的 RWC 显著低于 LS 干旱胁迫下的 RWC ($P < 0.05$) 外,其它 3 种薰衣草胁迫至 40 d 时与 LS 干旱胁迫均无显著性差异 ($P > 0.05$)。HS 干旱胁迫下,孟士德薰衣草 RWC 降至最低,仅为 39.02%,蝴蝶薰衣草、普罗旺斯薰衣草和狭叶薰衣草的 RWC 分别为 43.22%、56.56% 和 53.40%;HS 胁迫至 40 d 与 LS 干旱胁迫相比较,除普罗旺斯薰衣草 RWC 无显著差异外 ($P > 0.05$),其它 3 种薰衣草的 RWC 均显著低于 LS 干旱胁迫下的 RWC ($P < 0.05$)。

表 2 干旱胁迫对薰衣草叶片相对含水量(RWC)的影响/%

Table 2 Influence of drought stress on relative water content in leaves of lavender

品种 Species	处理水平 Treatment	干旱胁迫天数 Days of drought stress				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
蝴蝶薰衣草 <i>L. stoechas</i> cv. Pedunculata	LS	84.06 ± 0.59a	75.13 ± 1.09a	64.57 ± 0.30a	59.62 ± 1.65a	53.61 ± 0.83a
	MS	87.86 ± 1.02a	70.79 ± 0.78b	63.82 ± 0.53a	53.45 ± 0.82b	44.37 ± 1.68b
	HS	82.42 ± 0.20a	65.11 ± 0.27c	62.90 ± 0.97a	53.36 ± 2.23b	43.22 ± 1.17b
普罗旺斯薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Provence Blue	LS	86.02 ± 2.33a	79.54 ± 3.35a	78.63 ± 0.95a	73.32 ± 1.78a	61.22 ± 3.07a
	MS	83.85 ± 1.77a	77.98 ± 3.16a	71.22 ± 1.80b	67.14 ± 2.17ab	54.70 ± 3.11a
	HS	80.77 ± 1.25a	76.67 ± 1.48a	66.69 ± 1.59b	65.62 ± 2.28b	56.56 ± 0.53a
狭叶薰衣草 <i>L. vera</i>	LS	89.14 ± 2.38a	84.24 ± 1.36a	74.26 ± 1.47a	70.04 ± 2.52a	66.27 ± 2.54a
	MS	88.13 ± 2.86a	78.52 ± 1.23ab	73.79 ± 1.75a	68.29 ± 2.08a	60.76 ± 1.00ab
	HS	77.66 ± 1.22b	75.43 ± 2.26b	70.81 ± 1.16a	66.66 ± 1.15a	53.40 ± 2.79b
孟士德薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Munstead	LS	90.97 ± 2.76a	87.48 ± 0.46a	72.56 ± 0.82a	64.31 ± 0.64a	44.92 ± 1.32a
	MS	89.53 ± 0.35a	77.01 ± 0.44b	68.28 ± 0.81b	58.55 ± 1.61b	40.74 ± 1.57ab
	HS	74.25 ± 2.71b	72.48 ± 0.75b	65.89 ± 1.20b	56.90 ± 0.99b	39.02 ± 0.70b

注:不同小写字母表示同一处理时间不同处理水平在 0.05 水平下差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lower-case letters indicate significant difference at 0.05 level among different treatments at the same time. The same as below.

2.2 干旱胁迫下薰衣草丙二醛(MDA)的变化

随着干旱胁迫时间的延长,普罗旺斯薰衣草的 MDA 呈持续上升趋势(表 3),其它 3 种薰衣草均呈

先降后升的趋势。其中,胁迫 10 d 时,在 LS 干旱胁迫下,蝴蝶薰衣草、狭叶薰衣草和孟士德薰衣草的 MDA 降至最低,分别为 13.91、7.70 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 5.36

$\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$,说明这3种薰衣草对干旱胁迫有一定的抵抗能力;随着干旱胁迫时间和强度的增加,3种薰衣草MDA均有明显的增加。当干旱胁迫至40d时,从HS胁迫与LS胁迫下的MDA的变化倍数可以看出,狭叶薰衣草的变化幅度最大,达1.25倍;普罗旺斯薰衣草、孟士德薰衣草、蝴蝶薰衣草分别是LS

的1.14倍、1.12倍和1.07倍,细胞膜受迫害不明显。蝴蝶薰衣草和孟士德薰衣草各处理无显著性差异($P > 0.05$);HS干旱胁迫下,狭叶薰衣草和普罗旺斯薰衣草的MDA均显著高于LS干旱胁迫下的MDA($P < 0.05$)。

表3 干旱胁迫对薰衣草丙二醛(MDA)含量的影响/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1})$

Table 3 Influence of drought stress on MDA content in leaves of lavender

品种 Species	处理水平 Treatment	干旱胁迫天数 Days of drought stress				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
蝴蝶薰衣草 <i>L. stoechas</i> cv. Pedunculata	LS	15.51 ± 0.52a	13.91 ± 0.66b	19.98 ± 0.62a	20.30 ± 0.16a	21.32 ± 0.33a
	MS	15.81 ± 1.01a	20.03 ± 0.59a	20.66 ± 1.19a	21.56 ± 0.69b	22.68 ± 0.49a
	HS	16.30 ± 0.21a	21.21 ± 0.40a	21.47 ± 0.45a	22.53 ± 0.44b	22.80 ± 2.66a
普罗旺斯薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Provence Blue	LS	8.74 ± 0.18b	10.19 ± 0.17b	10.22 ± 0.28b	23.62 ± 0.83a	24.97 ± 0.51b
	MS	9.35 ± 0.83b	11.57 ± 1.05ab	12.51 ± 0.64ab	24.60 ± 1.52a	25.44 ± 0.74b
	HS	13.07 ± 0.32a	14.06 ± 0.90a	14.20 ± 1.27a	24.81 ± 2.02a	28.58 ± 1.24a
狭叶薰衣草 <i>L. vera</i>	LS	11.26 ± 0.37a	7.70 ± 0.86a	11.53 ± 0.31b	14.36 ± 0.28a	20.78 ± 0.89b
	MS	12.88 ± 1.10a	8.68 ± 0.62a	13.30 ± 0.28a	14.56 ± 0.50a	25.30 ± 1.14a
	HS	12.94 ± 1.42a	9.44 ± 0.69a	13.82 ± 0.35a	14.66 ± 0.38a	25.91 ± 0.20a
孟士德薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Munstead	LS	9.08 ± 0.84a	5.36 ± 0.46b	10.72 ± 0.87b	11.29 ± 0.44a	13.07 ± 0.80a
	MS	9.66 ± 0.61a	5.96 ± 0.52ab	12.44 ± 0.84ab	12.71 ± 0.70a	14.10 ± 0.54a
	HS	13.24 ± 2.60a	7.31 ± 0.21a	13.46 ± 0.55a	13.91 ± 0.53a	14.61 ± 0.96a

2.3 干旱胁迫下薰衣草可溶性糖(SSC)含量的变化

4种薰衣草各处理SSC随干旱胁迫时间和干旱胁迫强度变化整体上表现升高的趋势,但变化规律各有不同(表4)。胁迫10d时,与0d(CK)相比,除蝴蝶薰衣草SSC在LS和MS干旱胁迫下略有降低,其它3种薰衣草均持续上升。胁迫至40d时,蝴蝶薰衣草SSC上升幅度最小,LS、MS和HS干旱胁迫分别较0d(CK)上升了38.36%、9.10%和80.05%;孟士德薰衣草SSC上升幅度最大,LS、MS和HS比0d(CK)分别上升了294.85%、250.61%和186.15%,上升幅度显著高于其它3种薰衣草;而普罗旺斯薰衣草SSC含量最高,LS、MS和HS干旱胁迫下分别达到45.03、46.09 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和47.47 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$;狭叶薰衣草仅次于普罗旺斯薰衣草,分别为39.04、42.04 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和44.85 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。蝴蝶薰衣草和狭叶薰衣草HS干旱胁迫下的SSC显著高于LS干旱胁迫的SSC($P < 0.05$),其它两种薰衣草各处理均无显著性差异($P > 0.05$)。

2.4 干旱胁迫对薰衣草膜系统保护酶活性的影响

2.4.1 干旱胁迫对超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响 由表5可见,4种薰衣草各处理的SOD活性在胁迫20d时均达到峰值。其中,胁迫至20d与0

d(CK)相比,LS干旱胁迫下,4种薰衣草的SOD活性上升幅度为10.18%~66.83%;MS干旱胁迫时,上升幅度为6.70%~65.17%,且蝴蝶薰衣草的SOD活性显著低于LS干旱胁迫下的SOD活性($P < 0.05$);HS干旱胁迫下,上升幅度为3.70%~69.42%,其中,普罗旺斯薰衣草的变化幅度最小。胁迫至30d,SOD活性逐渐降低,至40d时,相比于20d时的峰值,HS干旱胁迫下SOD活性下降幅度较大,其中,蝴蝶薰衣草、普罗旺斯薰衣草、狭叶薰衣草和孟士德薰衣草分别下降了45.43%、21.40%、12.88%和16.15%。在整个胁迫过程中,SOD酶活性的大小顺序均为:LS > MS > HS,说明LS干旱胁迫下可诱导SOD酶活性的升高。

2.4.2 干旱胁迫对过氧化氢酶(CAT)活性的影响

CAT活性变化趋势与SOD活性变化趋势保持一致。胁迫0~20d时CAT活性逐渐增强,且胁迫至20d时4种薰衣草的CAT活性均达到最高值,之后随胁迫时间的延长,CAT活性均降低,但下降幅度有一定差异。胁迫至20d时,在同一干旱胁迫条件下,蝴蝶薰衣草CAT活性上升幅度最高;胁迫至40d时,孟士德薰衣草则下降最快,且LS干旱胁迫下CAT活性上升最快,HS干旱胁迫下CAT的下降幅度高于LS和MS(表6)。

表 4 干旱胁迫对薰衣草可溶性糖(SSC)含量的影响/(mg·g⁻¹)

Table 4 Influence of drought stress on soluble sugar content in leaves of lavender

品种 Species	处理水平 Treatment	干旱胁迫天数 Days of drought stress				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
蝴蝶薰衣草 <i>L. stoechas</i> cv. Pedunculata	LS	10.74 ± 0.65c	8.55 ± 0.18c	11.83 ± 1.32b	14.09 ± 0.35b	14.86 ± 0.45b
	MS	13.74 ± 0.69b	9.87 ± 0.25b	13.89 ± 1.91b	14.25 ± 0.35b	14.99 ± 0.52b
	HS	16.39 ± 0.77a	23.18 ± 0.38a	24.13 ± 0.02a	26.64 ± 1.11a	29.51 ± 1.44a
普罗旺斯薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Provence Blue	LS	23.24 ± 0.23b	27.99 ± 0.67a	29.66 ± 3.54a	36.67 ± 2.74a	45.03 ± 0.24a
	MS	24.83 ± 2.00ab	29.85 ± 2.80a	30.37 ± 1.83a	41.70 ± 0.23a	46.09 ± 0.65a
	HS	29.60 ± 1.31a	33.47 ± 3.18a	34.29 ± 1.63a	43.84 ± 2.13a	47.47 ± 2.32a
狭叶薰衣草 <i>L. vera</i>	LS	13.55 ± 3.65a	19.54 ± 1.18a	27.94 ± 0.36a	28.61 ± 0.29a	39.04 ± 1.48b
	MS	13.77 ± 0.99a	22.17 ± 1.70a	33.61 ± 2.00a	33.73 ± 0.63a	42.04 ± 0.02ab
	HS	17.71 ± 2.63a	22.62 ± 2.00a	34.00 ± 2.16a	37.31 ± 2.34a	44.85 ± 0.34a
孟士德薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Munstead	LS	7.96 ± 0.47b	20.24 ± 0.28b	24.14 ± 0.54a	27.30 ± 0.47b	31.43 ± 5.26a
	MS	8.97 ± 0.19b	23.40 ± 0.74ab	26.36 ± 1.33a	27.70 ± 0.55ab	31.45 ± 1.41a
	HS	11.84 ± 0.20a	25.70 ± 1.77a	27.20 ± 2.73a	29.09 ± 0.03a	33.88 ± 1.31a

表 5 干旱胁迫对薰衣草超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响/(U·g⁻¹)

Table 5 Influence of drought stress on SOD activity in leaves of lavender

品种 Species	处理水平 Treatment	干旱胁迫天数 Days of drought stress				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
蝴蝶薰衣草 <i>L. stoechas</i> cv. Pedunculata	LS	87.82 ± 1.18a	114.90 ± 1.60a	146.51 ± 1.85a	103.39 ± 0.96a	96.20 ± 1.64a
	MS	87.62 ± 1.40a	97.82 ± 1.66b	144.72 ± 1.72a	86.11 ± 1.90b	84.17 ± 0.13b
	HS	79.95 ± 3.34b	92.60 ± 2.06b	135.45 ± 1.54b	84.34 ± 2.15b	73.92 ± 0.73c
普罗旺斯薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Provence Blue	LS	106.52 ± 2.06a	116.99 ± 3.09a	117.48 ± 2.21a	101.20 ± 2.60a	83.20 ± 1.52ab
	MS	105.34 ± 0.82ab	107.15 ± 1.55b	112.40 ± 1.89b	96.94 ± 0.20a	85.08 ± 1.33a
	HS	97.58 ± 3.25b	99.30 ± 0.80c	101.19 ± 1.84c	88.88 ± 0.23b	79.54 ± 1.24b
狭叶薰衣草 <i>L. vera</i>	LS	96.46 ± 2.21a	109.66 ± 0.48a	141.64 ± 1.27a	127.46 ± 1.40a	98.53 ± 0.14a
	MS	93.98 ± 1.04ab	100.94 ± 2.39b	131.19 ± 0.61b	109.54 ± 0.43b	98.07 ± 0.94a
	HS	89.49 ± 1.63b	96.31 ± 1.95b	111.17 ± 2.74c	104.86 ± 0.96c	96.85 ± 0.23a
孟士德薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Munstead	LS	99.97 ± 5.57a	104.27 ± 4.80a	110.15 ± 4.01a	108.30 ± 2.13a	98.22 ± 1.24a
	MS	94.12 ± 6.10a	97.46 ± 1.79a	109.32 ± 1.59a	100.17 ± 1.58b	92.86 ± 1.01ab
	HS	90.30 ± 5.01a	95.88 ± 2.30a	105.64 ± 3.32a	91.07 ± 1.13c	88.58 ± 4.30a

2.5 抗旱性综合评价

植物抗旱性是由多种因素相互作用而构成的一个较为复杂的综合性状,采用单项指标(因素)进行评定的抗旱性与品种实际抗旱能力有一定误差。为了弥补这些缺陷,近年来较多地采用几个指标综合评价植物的抗旱性^[15-17],从而使评定结果与实际抗旱能力更为接近。本试验采用模糊数学隶属函数法对 4 种薰衣草抗旱能力进行综合评价,由表 7 可以看出,4 种薰衣草的平均隶属值均较高,说明抗旱能力均较强,但实际抗旱能力仍存在差别,从强到弱的次序为:狭叶薰衣草 > 普罗旺斯薰衣草 > 蝴蝶薰衣草 > 孟士德薰衣草。

3 结论与讨论

水分是维持植物体正常生理作用的基础,RWC 可以反映植物体内水分亏缺程度,干旱胁迫下植物 RWC 越高,叶片持水力越强,植物抗旱性越强^[18-20]。本试验中,在 HS 干旱胁迫下,普罗旺斯薰衣草和狭叶薰衣草仍具有相对较高的 RWC 和较强的抗旱性;而孟士德薰衣草的 RWC 仅为 39.02%,降至最低,叶片萎蔫程度严重,说明其叶片保水性较差,抗旱性相对较弱。

MDA 含量的高低是逆境生理研究中的一项重要指标^[21],这在苔草^[22]、弯叶画眉草和狼尾草等 3

种观赏草^[23]、茶树^[24]等植物的研究中均得到证明。本试验中,在干旱胁迫至 10 d 时,蝴蝶薰衣草、狭叶薰衣草和孟士德薰衣草的 MDA 均略有降低,表现出对于干旱胁迫的适应,此时 MDA 的降低对于干旱胁迫的

危害有一定的积极作用,且抗旱性较强的狭叶薰衣草在干旱胁迫时 MDA 含量增长较迟缓,说明干旱对其细胞膜造成的伤害较小。

表 6 干旱胁迫对薰衣草过氧化氢酶(CAT)活性的影响/(mg·g⁻¹·min⁻¹)

Table 6 Influence of drought stress on CAT activity in leaves of lavender

品种 Species	处理水平 Treatment	干旱胁迫天数 Days of drought stress				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
蝴蝶薰衣草 <i>L. stoechas</i> cv. Pedunculata	LS	8.54 ± 0.52a	35.36 ± 1.63a	78.41 ± 0.56a	52.14 ± 2.75a	42.17 ± 1.70a
	MS	8.27 ± 0.55a	29.74 ± 1.37b	72.85 ± 1.11b	51.05 ± 2.46a	38.05 ± 0.63a
	HS	7.50 ± 0.30a	28.66 ± 0.98b	66.63 ± 2.15c	49.86 ± 1.99a	37.25 ± 1.69a
普罗旺斯薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Provence Blue	LS	21.99 ± 1.45a	37.58 ± 1.09a	52.78 ± 2.36a	31.38 ± 3.35a	27.66 ± 1.32a
	MS	21.86 ± 0.19a	33.22 ± 1.38a	50.99 ± 1.40a	24.31 ± 1.24ab	23.05 ± 2.73ab
	HS	16.27 ± 0.88b	23.41 ± 1.59b	38.57 ± 0.72b	19.15 ± 0.15b	18.24 ± 1.03b
狭叶薰衣草 <i>L. vera</i>	LS	7.73 ± 0.73a	24.69 ± 0.35a	43.46 ± 1.11a	37.12 ± 3.63a	25.63 ± 1.55a
	MS	6.41 ± 0.26ab	24.55 ± 0.99a	42.32 ± 1.40a	35.75 ± 1.43a	25.12 ± 1.60a
	HS	5.22 ± 0.60b	12.52 ± 0.70b	33.13 ± 1.31b	29.75 ± 0.99a	19.15 ± 0.10b
孟士德薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Munstead	LS	36.26 ± 2.53a	39.00 ± 0.73a	43.93 ± 5.48a	29.81 ± 1.81a	26.13 ± 1.44a
	MS	27.70 ± 2.60b	30.06 ± 0.78b	35.86 ± 3.21ab	29.41 ± 1.28a	14.38 ± 1.39b
	HS	19.30 ± 1.00c	19.55 ± 2.13c	26.46 ± 1.34b	15.43 ± 1.35b	11.22 ± 1.09b

表 7 四种薰衣草抗旱能力的综合评价

Table 7 Comprehensive appraisal of drought resistance of four lavender species

项目 Item	蝴蝶薰衣草 <i>L. stoechas</i> cv. Pedunculata	孟士德薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Munstead	普罗旺斯薰衣草 <i>L. angustifolia</i> cv. Provence Blue	狭叶薰衣草 <i>L. vera</i>
相对含水量 Relative water content	0.705	0.907	0.322	0.225
丙二醛含量 MDA content	0.593	0.055	0.855	0.704
可溶性糖含量 SSC content	0.151	0.533	0.961	0.832
超氧化物歧化酶活性 SOD activity	0.441	0.784	0.353	0.971
过氧化氢酶活性 CAT activity	0.903	0.195	0.380	0.390
累积抗旱隶属值 Cumulative subordinate value	2.792	2.474	2.871	3.122
平均抗旱隶属值 Mean subordinate value	0.558	0.495	0.574	0.624
抗旱能力排序 Sequence of drought resistance	3	4	2	1

SSC 是植物体内的渗透调节物质,在干旱胁迫下细胞内渗透调节物质的增加可以降低渗透势,有利于植物在干旱条件下吸收水分,从而提高其抗旱能力。李禄军^[25]研究报道 SSC 作为重要的渗透调节物质之一,对植物抗旱性影响较大,可作为抗旱鉴定指标。本试验中,随干旱胁迫程度和时间的增加,4 种薰衣草的 SSC 总体上呈上升趋势,且 HS 干旱胁迫下上升幅度最大,增强了薰衣草的抗旱性。其中,蝴蝶薰衣草在 LS 和 MS 干旱胁迫 20 d 时 SSC 略有降低,可能是由于在胁迫初期薰衣草并没有受到干旱的影响,植株本身是正常生长的状态,因此初期干旱时植株不需要生成更多的可溶性糖,胁迫 20 d 后植株的生长感应到了旱情,自身合成可溶性糖来起到渗透调节的作用,SSC 则持续上升,这与李燕^[26]、

高小燕^[27]的研究结果趋势基本一致。随干旱胁迫程度的增强,狭叶薰衣草和普罗旺斯薰衣草具有较高的 SSC 含量,且 HS 胁迫下可溶性糖含量升高幅度较大,表明重度干旱胁迫发生时,可溶性糖调节作用相对较强。

SOD、CAT 和 POD 是植物抗氧化防御系统中的关键酶,当植物遭受逆境胁迫时,细胞内产生了生物自由基,主要是活性氧,过剩的活性氧导致膜脂过氧化,损害植物细胞膜系统的结构和功能,三者协同作用保护膜的结构。而水分胁迫下 POD 活性的变化则比较复杂,没有统一的变化模式,且其与植物抗旱性的关系目前尚没有完全一致的认识,因而本试验未采用此项生理指标^[28-29]。

在本试验中,4 种薰衣草各处理的活性氧清除

酶(SOD和CAT)活性随干旱胁迫程度和时间的增加均呈先升后降的变化趋势,不同品种各处理水平下降幅度和时间有一定差异。其中,抗旱性较强的狭叶薰衣草SOD和CAT活性变化幅度均不明显,且具有较高的SOD和CAT活性,而耐旱性较弱的孟士德薰衣草SOD和CAT活性则最低。4种薰衣草在保护酶活性方面均表现出一定的抗旱性。在干旱胁迫0~20d时SOD和CAT活性均呈上升趋势,这种增加是植物在干旱胁迫条件下,维持细胞内活性氧累积与清除系统平衡的一种适应性调节,是减轻细胞伤害的一种反馈性代谢变化。但随干旱胁迫时间的延长和胁迫程度的加剧,SOD和CAT活性大幅度下降,这是因为超氧化物自由基的过量生成超过了抗氧化酶系统的清除能力,以及后期叶片含水量的降低导致歧化反应产生的 O_2^- 不能及时释放而抑制了SOD和CAT的活性,这与韦吉^[30]、姚正阳^[31]、孔兰静^[23]等得到的研究结果基本一致。

植物抗旱机理比较复杂,利用单一指标评价有失偏颇,采用多指标隶属函数法,可以对多个品种的多个性状进行综合分析,进而对各品种作出全面评价,得出的结果比较准确、可靠,进而客观地评价植物的抗逆性。栗燕等^[32]、刘松涛等^[33]和张微等^[34]采用多指标隶属函数法对多种苗木的抗旱性进行了评价,取得了较客观准确的结果,证明该方法具有一定的适用性。因此,本试验以RWC、MDA、SSC、SOD、CAT等5个生理指标为依据,应用隶属函数法对4种薰衣草的多种指标参数进行综合评价,用每一品种各项指标隶属度的平均值作为抗旱能力综合评价标准进行比较,平均值越大,抗旱能力就愈强,4种薰衣草抗旱性从强到弱顺序为:狭叶薰衣草>普罗旺斯薰衣草>蝴蝶薰衣草>孟士德薰衣草。

参考文献:

- [1] 刘晓东,李洋洋,何森,等.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):691-692.
- [2] 罗大庆,薛会英,权红,等.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):121-127.
- [3] 杨帆,苗灵凤,胥晓.干旱胁迫对植物的影响研究进展[J].应用与环境生物学报,2007,13(4):586-589.
- [4] 鲁萍,桑卫国,马克平.外来入侵种飞机草在不同环境胁迫下抗氧化酶系统的变化[J].生态学报,2006,26(11):3578-3585.
- [5] 赵丽英,邓西平,山仑.活性氧的清除系统对干旱胁迫的响应机制[J].西北植物学报,2005,25(2):413-418.
- [6] 裴鉴,陈守良,方文哲,等.中国植物志第65卷2分册[M].北京:科学出版社,1979,248.
- [7] 郝俊蓉,姚雷,袁关心,等.精油类和观赏类薰衣草的生物学性状和精油成分对比[J].上海交通大学学报(农业科学版),2006,24(2):146-151.
- [8] 孟林,田小霞,毛培春,等.香草资源开发利用前景分析[J].北方园艺,2011,(10):177-180.
- [9] 李绍,薛绪掌,郭文善,等.负水头供水控水盆栽装置及灌溉系统的研究与应用[J].上海交通大学学报(农业科学版),2008,26(5):479.
- [10] Hsiao T C. Plant responses to water stress[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1973, (24):519-570.
- [11] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [12] 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,2000.
- [13] 谢贤健,兰代萍,白景文.三种野生岩生草本植物的抗旱性综合评价[J].草业学报,2008,18(4):75-80.
- [14] 曲涛,南志标.作物和牧草对干旱胁迫的响应及机理研究进展[J].草业学报,2008,17(2):126-135.
- [15] 高鹏,刘遵春,刘砚璞.4个葡萄品种对水分胁迫的响应及其抗旱性评价[J].河南农业科学,2009,(3):79-81.
- [16] 陈荣敏,杨学举,梁凤山,等.利用隶属函数法综合评价冬小麦的抗旱性[J].河北农业大学学报,2002,25(2):7-9.
- [17] 孟祥丽,徐坚,陈文荣,等.4种砧木樱桃的抗旱生理特性及抗旱性评价[J].浙江农业学报,2011,23(3):533-537.
- [18] 刘建宁,石永红,侯志宏,等.4份菊苣种质材料苗期抗旱性评价[J].草业学报,2012,21(2):241-248.
- [19] 张冬玲,刘建宁,王运琦,等.羊茅种质资源苗期抗旱生理响应及综合评价[J].山西农业科学,2010,38(10):20-25.
- [20] 高悦,朱永铸,杨志民,等.干旱胁迫和复水对冰草相关抗性生理指标的影响[J].草地学报,2012,20(2):340-341.
- [21] 杨学军,武菊英,滕文军,等.负水头亏缺灌溉下4种苔草耗水量及抗旱性研究[J].草地学报,2011,19(4):608-611.
- [22] 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):40-44.
- [23] 杨华,唐茜,黄毅,等.名山白毫对干旱胁迫的生理生态响应[J].西南农业学报,2010,23(5):1497-1503.
- [24] 张玉霞,杜晓艳,张玉芹,等.PEG胁迫对苔草渗透调节特性的影响[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2008,23(3):289-292.
- [25] 李禄军,蒋志荣,李正平,等.3树种抗旱性的综合评价及其抗旱指标的选取[J].水土保持研究,2006,12(6):253-254.
- [26] 李燕.水分胁迫对三种地被植物生理生化特性的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [27] 聂华堂,陈竹生,计玉.水分胁迫下柑橘的生理生化变化与抗旱性的关系[J].中国农业科学,1991,24(4):14-18.
- [28] Dhiddsa R S, Matowe W. Drought tolerance in two mosses: correlated with enzymatic defense against lipid peroxidation[J]. J Exp Bot, 1981,32:79-91.
- [29] 高小燕.几种景天科植物抗旱性及其生理机制的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [30] 韦吉,黎军平,罗燕春,等.干旱对黄秋葵的影响[J].安徽农业科学,2008,36(14):5727-5731.
- [31] 姚正阳,张秋良.干旱胁迫对鞑靼忍冬生理生化指标的影响[J].安徽农业科学,2009,37(11):5199-5203.
- [32] 栗燕,黎明,袁晓晶,等.干旱胁迫下菊花叶片的生理响应及抗旱性评价[J].石河子大学学报(自然科学版),2011,29(1):30-34.
- [33] 刘松涛,赵喜茹,曹雯梅.应用模糊数学法综合评判旱地小麦新品种[J].安阳工学院学报,2008,(4):94-96.
- [34] 张微,李春艳,曹连甫,等.春性小黑麦材料抗旱性的比较研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2009,27(5):529-535.