

DOI:10.11937/bfyy.201622023

# 干旱胁迫对北美丁香生长和部分抗旱生理生化指标的影响

方增玉<sup>1</sup>, 段艳欣<sup>1</sup>, 赵庆柱<sup>2</sup>, 董晓颖<sup>1</sup>, 李培环<sup>1</sup>

(1. 青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109; 2. 潍坊市农业科学院, 山东 潍坊 261000)

**摘要:**以2年生北美丁香“詹姆斯”为试材,用盆栽方法人工模拟土壤干旱胁迫条件,研究了其生长和部分抗旱生理生化指标对水分胁迫的响应。结果表明:丁香苗具有一定的抗旱耐旱潜力,当遭遇干旱胁迫时,其可以通过调节自身的渗透调节物质含量和保护酶活性来减轻干旱伤害。随着干旱胁迫加剧,丁香苗植株高度和茎基生长速率逐渐降低,在重度干旱胁迫下生长几乎停止;随着干旱胁迫强度的增加,其叶片叶绿素和相对含水率(RWC)含量逐渐降低;叶片相对电导率、丙二醛(MDA)和脯氨酸(Pro)含量呈现不断增多的趋势;超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性先升高后降低,在干旱胁迫40 d时活性达到最高,在干旱胁迫50 d后其含量不断降低。

**关键词:**北美丁香;干旱胁迫;生长;生理生化指标

**中图分类号:**S 685.26 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)22-0092-05

环境因素对植物的地理分布、生长发育以及产量形成等均具有明显的影响制约作用。世界上的干旱区遍布于众多的国家,其总面积约占陆地总面积的1/3,且有逐年增长的趋势。就我国而言,约占我国土地总面积45%的华北、西北、内蒙古和青藏高原等绝大部分地区都属于干旱半干旱地区<sup>[1]</sup>。

干旱胁迫对植物正常生长发育的影响已超过其它胁迫的总和。在干旱胁迫条件下,植物的生长发育会因其本身的生理生化改变而遭受巨大影响<sup>[2]</sup>。北美丁香是近几年从国外引进的名贵树种,其一年开花2次,使夏秋无花的现状得到解决,又因其形态优美,花色鲜艳深受大家喜爱<sup>[3]</sup>。关于北美丁香在长期持续干旱胁迫下的抗旱生理状况及调节机制的报道较少,其能否长期适应我国北方干旱和半干旱气候条件是制约其大面积推广应用的重要问题。现以北美丁香“詹姆斯”为试材,通过防雨盆栽控水干旱胁迫试验,研究其生长和部分抗旱生理生化指标在持续干旱胁迫条件下所产生的

影响,以期对北美丁香在我国北方干旱和半干旱地区种植推广提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料北美丁香“詹姆斯”取自山东省潍坊市农业科学院,于2014年春季发芽前选取生长健壮、大小一致的2年生苗,栽植于上口口径30 cm、下口径20 cm、高21 cm的大花盆中,每盆栽1株。使用配比为园土:草炭土=4:1的盆栽基质填充至离花盆顶端2~3 cm处,盆栽土壤pH为7.6。

### 1.2 试验方法

试验于2015年4月至2016年3月在青岛农业大学园艺学院试验园进行。培植阶段保持土壤含水量在17%左右,进行正常的管理,待其生长正常后选取长势相同的30株苗进行干旱胁迫试验。试验从2015年6月6日开始至7月26日结束,试验组使用不同胁迫梯度进行干旱处理,分别为0~10 d土壤含水量保持在15%左右,10~20 d为13%左右,20~30 d为12%左右,30~40 d为10%左右,40~50 d为8%左右,土壤干旱时进行补水,并记录水的加入量,使各个干旱处理达到预定标准范围,对照组保持土壤含水量为17%左右。于干旱处理的第0、10、20、30、40、50天对试验材料进行取样并测定其生长发育和各项生理指标。整个处理过程在露天条件下进行,干旱胁迫期间遇雨进行遮盖防雨。

**第一作者简介:**方增玉(1991-),女,山东烟台人,硕士研究生,研究方向为园艺植物抗逆生理。E-mail:18766562983@163.com.

**责任作者:**李培环(1957-),男,山东临朐人,硕士,教授,硕士生导师,现主要从事园艺学教学与科研等工作。E-mail:dxylph@163.com.

**基金项目:**国家林业局948资助项目(2014-4-69)。

**收稿日期:**2016-08-04

### 1.3 项目测定

取深度 10 cm 处土壤使用铝盒烘干法测定土壤含水量;使用游标卡尺测定北美丁香茎基粗度,首次测量的茎基位置作无损伤标记,之后每次测量以此标记做基准点;用直尺测定茎基到主茎尖的拉直长度作为植株高度。叶片相对含水率测定采用饱和称质量法<sup>[4]</sup>;电导率测定采用浸泡法<sup>[5]</sup>;脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮比色法<sup>[6]</sup>、丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸比色法<sup>[7]</sup>。叶绿素含量、过氧化物酶(POD)活性(以  $0.01 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$  表示)、超氧化物歧化酶(SOD)活性(以  $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$  表示)和过氧化氢酶(CAT)活性(以  $0.01 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$  表示)的测定参照文献<sup>[6]</sup>。以上所有测定均以单株为小区,重复 15 次。

### 1.4 数据分析

数据采用 DPS 7.05 软件系统进行方差分析,采用 Duncan 法进行多重比较,图表采用 Origin Pro 8.6 软件制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 北美丁香“詹姆斯”生长受干旱胁迫的影响

#### 2.1.1 北美丁香“詹姆斯”株高增长受干旱胁迫的影响

从表 1 可以看出,随着干旱胁迫时间的延长和胁迫强度增加,试验组“詹姆斯”株高的增长随着干旱胁迫时间增加而减缓,对照组株高在生长的各个阶段保持了较高的增长率且之间相对稳定。在干旱处理 0~10 d,试验组与对照组差别不显著。试验组“詹姆斯”株高增长率、增长量都达到最大值,分别为 2.02%、0.6 cm;在干旱处理 10 d 后,干旱胁迫开始影响株高的生长,干旱处理 20 d 时,试验组的株高增长率明显低于对照,分别为 1.59%、1.94%。干旱处理 30 d 后,试验组“詹姆斯”株高增长量和增长率显著减小,在干旱胁迫 40 d 时株高增长量和增长率达到最小值分别为 0.2 cm、0.38%,40 d 后株高停止增长。试验结果说明长期的干旱胁迫会影响北美丁香苗“詹姆斯”株高的增长。

表 1 北美丁香“詹姆斯”株高受干旱胁迫的影响

Table 1 North America *Syringa vulgaris* L. plant height under drought stress

指标 Index	干旱胁迫时间 Drought stress time/d					
	0	10	20	30	40	50
干旱胁迫株高 Drought stress plant height/cm	24.6	25.2	25.7	26.2	26.4	26.4
对照株高 Plant height of CK/cm	25.2	25.8	26.3	26.9	27.2	27.9
干旱胁迫增长率 Drought stress growth rate/%	0.00	2.02	1.59	1.95	0.38	0.00
对照增长率 Control growth rate/%	0.00	2.38	1.94	2.28	1.12	2.57

#### 2.1.2 北美丁香“詹姆斯”茎基增量受干旱胁迫的影响

由表 2 可知,随着干旱胁迫时间的延长和胁迫强度增加,试验组“詹姆斯”茎基生长受到的抑制越来越明显,对照组茎基在各个时期内均保持较高且稳定一致的增

长率。在干旱处理 0~10 d,试验组“詹姆斯”与对照组差异不明显,其茎基增长率为 23.8%,而对照茎基增长率为 24.7%;干旱处理 20 d 后,植株茎基增长率、生长量明显降低;在干旱处理 50 d 时,试验组“詹姆斯”茎基增长率仅为 0.05%,而对照茎基增长率为 12.5%。

表 2 北美丁香“詹姆斯”茎基增量受干旱胁迫的影响

Table 2 North America *Syringa vulgaris* L. stem base affected by drought stress

指标 Index	干旱胁迫时间 Drought stress time/d					
	0	10	20	30	40	50
干旱胁迫茎基 Drought stress stem base/mm	3.32	4.11	4.27	4.33	4.34	4.37
对照茎基 Stem base of CK/mm	3.24	4.04	4.81	5.52	6.22	7.00
干旱胁迫增长率 Drought stress growth rate/%	0.00	23.80	3.16	1.25	0.31	0.05
对照增长率 Control growth rate/%	0.00	24.70	19.10	14.80	12.70	12.50

### 2.2 北美丁香“詹姆斯”叶片相对含水率受干旱胁迫的影响

由图 1 可以看出,随着干旱时间延长和胁迫强度增加,试验组“詹姆斯”叶片相对含水率呈持续下降趋势。在干旱处理 10 d 时,试验组“詹姆斯”叶片相对含水率为 81.95%,与对照之间无显著差异( $P>0.05$ ),仅比对照降低了 2.68%;随着干旱胁迫的加剧,叶片相对含水率开始显著下降,在干旱处理 20~50 d,各干旱处理叶片相对含水率分别为 80.64%、75.97%、69.58%和 66.57%,比对照降低了 3.64%、7.48%、14.36%和 17.97%,与对照间差异极显著( $P<0.01$ )。

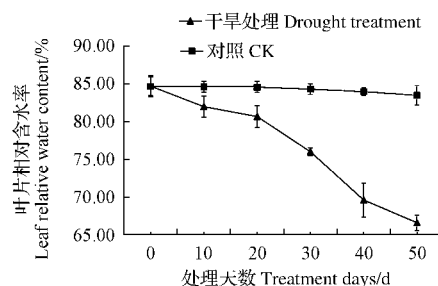


图 1 北美丁香“詹姆斯”叶片相对含水率受干旱胁迫的影响

Fig. 1 Relative water content of North America *Syringa vulgaris* L. affected by drought stress

### 2.3 北美丁香“詹姆斯”叶片细胞膜透性受干旱胁迫的影响

细胞膜透性是细胞质膜功能是否正常运行的重要表现形式<sup>[8]</sup>。从图 2 可知,随着干旱时间延长和胁迫强度增加,试验组“詹姆斯”幼苗的电导率逐渐上升,细胞膜透性逐渐增强,对照组电导率保持较低且稳定状态。叶片初始细胞膜透性为 21.09%;干旱胁迫 10 d 时,试验组“詹姆斯”叶片细胞膜透性为 28.38%,是对照的 1.32 倍,与对照之间差异极显著( $P<0.01$ );在干旱处理 20~50 d,试验组“詹姆斯”细胞膜透性增幅加大,分别为对照的 1.56、1.80、2.08、2.52 倍,极显著高于对照( $P<0.01$ )。

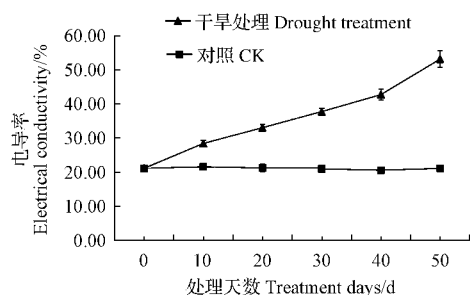


图2 北美丁香“詹姆斯”叶片细胞膜透性受干旱胁迫的影响

Fig. 2 North America *Syringa vulgaris* L. cell membrane permeability of the leaves affected by drought stress

#### 2.4 北美丁香“詹姆斯”叶片游离脯氨酸含量受干旱胁迫的影响

细胞内游离脯氨酸的增多在降低胞内溶质渗透势、调控细胞内外的渗透强度、保护胞内各种酶正常的构象、结构和功能、减少细胞内可溶性蛋白质的沉淀等方面都具有重要作用<sup>[9]</sup>。由表3可知,干旱胁迫的“詹姆

表3 北美丁香“詹姆斯”叶片生理指标在干旱胁迫下的变化

Table 3 North America *Syringa vulgaris* L. leaf physiological indexes change under drought stress

生理指标 Physical index	处理 Treatment	干旱胁迫时间 Drought stress time/d					
		0	10	20	30	40	50
脯氨酸含量 Proline content/( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	干旱胁迫	1.45±0.17eC	2.17±0.28dC	3.15±0.05cB	4.87±0.31abA	5.14±0.17aA	4.31±0.07bA
	对照	1.51±0.10aA	1.52±0.08aA	1.56±0.10aA	1.55±0.07aA	1.43±0.11aA	1.43±0.09aA
叶绿素含量 Chlorophyll content/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	干旱胁迫	1.82±0.05aA	1.80±0.03aA	1.72±0.04aAB	1.60±0.02bBC	1.47±0.03cCD	1.34±0.01dD
	对照	1.81±0.02aA	1.79±0.03aA	1.81±0.02aA	1.81±0.04aA	1.80±0.01aA	1.80±0.03aA
丙二醛含量 MDA content/( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ )	干旱胁迫	5.45±0.02fE	5.63±0.03eE	5.81±0.05dD	6.15±0.03cC	6.62±0.04bB	7.89±0.06aA
	对照	5.44±0.03aA	5.40±0.05aA	5.41±0.02aA	5.41±0.04aA	5.46±0.04aA	5.45±0.01aA
过氧化物酶活性 POD activity/( $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ FW)	干旱胁迫	1 637.24±48.15cC	1 712.85±49.69cC	2 257.75±49.43bB	2 694.27±102.61aA	2 153.84±173.75bB	632.08±71.00cBC
	对照	1 673.26±47.29aA	1 675.39±32.35aA	1 705.19±33.54aA	1 683.04±30.68aA	1 755.76±42.45aA	1 700.60±26.12aA
超氧化物歧化酶活性 SOD activity/( $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ FW)	干旱胁迫	8.88±0.39fF	11.96±0.66eE	19.32±0.54dD	43.76±0.52aA	40.96±0.86bB	28.39±0.68cC
	对照	8.72±0.46aA	8.44±0.28aA	8.89±0.24aA	8.83±0.12aA	8.47±0.27aA	8.76±0.24aA
过氧化氢酶活性 CAT activity/( $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ FW)	干旱胁迫	21 105.33±665.71eD	25 713.32±500.09dC	29 802.40±379.77cB	32 079.02±454.66bB	42 270.10±1 048.40cA	30 463.76±721.98cB
	对照	21 126.28±448.65aA	21 650.42±349.07aA	21 234.72±416.86aA	21 235.77±497.86aA	21 192.66±313.09aA	21 299.03±658.32aA

#### 2.6 北美丁香“詹姆斯”叶片丙二醛含量受干旱胁迫的影响

丙二醛不仅作为细胞膜功能的正常运行的重要指标,也是干旱胁迫对植物造成伤害的重要参考因子,细胞在干旱胁迫作用下,细胞膜的氧化分解造成MDA的大量积累<sup>[10]</sup>。由表3可知,随着干旱胁迫的时间、强度增加,试验组“詹姆斯”叶片的MDA含量呈现逐渐增高的趋势。各干旱处理期间MDA含量分别比对照增加了0.01、0.23、0.40、0.74、1.16、2.44  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ,与对照差异极显著( $P<0.01$ )。干旱处理10 d时,MDA含量增加较小,在干旱胁迫10 d后,MDA含量及增幅逐渐加大,在干旱处理50 d时,MDA含量达到最大值。

#### 2.7 北美丁香“詹姆斯”叶片过氧化物酶(POD)活性受不同程度干旱胁迫的影响

POD是植物体内主要的氧化还原酶,能催化 $\text{H}_2\text{O}_2$

斯”在0~30 d,随着胁迫时间的延长呈增长的趋势,分别为对照的0.96、1.43、2.02、3.14倍,与对照之间差异显著( $P<0.05$ ),但其游离脯氨酸含量并未随着时间的延长继续升高而是开始下降,在干旱胁迫40 d时游离脯氨酸含量达到最高为5.14  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,为对照的3.59倍,在50 d时降为4.31  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,为对照的3.01倍,与对照之间差异极显著( $P<0.01$ )。

#### 2.5 北美丁香“詹姆斯”叶片叶绿素含量受干旱胁迫的影响

由表3可以看出,随着干旱时间延长和胁迫强度增加,“詹姆斯”叶绿素含量呈持续下降趋势。在开始控水时,其叶绿素含量最大,达到1.82  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,在干旱处理10 d时,叶绿素含量开始下降,为1.80  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,但与对照之间无显著差异( $P>0.05$ );随着干旱胁迫的加剧,叶片叶绿素含量呈下降趋势,在干旱处理20~50 d,各干旱处理时期叶片叶绿素含量分别为1.72、1.60、1.47、1.34  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,分别比对照降低了0.09、0.21、0.33、0.46  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,与对照间差异极显著( $P<0.05$ )。

氧化其它底物后产生 $\text{H}_2\text{O}$ 。从表3可以看出,随着干旱时间延长和胁迫强度增加,试验组“詹姆斯”叶片的POD活性呈先升高后降低的趋势。在干旱处理0~10 d内,其POD活性仅比对照升高了2.24%,二者差异不显著( $P>0.05$ ),随着干旱胁迫加剧,其POD活性开始迅速升高,在干旱处理30 d时,POD活性升高到最大,为2 694.27  $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  FW,比对照升高了60.08%,与对照间差异极显著( $P<0.01$ ),随着干旱胁迫继续加剧,POD活性开始急剧下降。说明在一定干旱胁迫下,POD活性与植物的抗旱性息息相关。

#### 2.8 北美丁香“詹姆斯”叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性受不同程度干旱胁迫的影响

从表3可以看出,随着干旱时间延长和胁迫强度增加,试验组“詹姆斯”叶片的SOD活性呈先升高后降低的趋势。干旱处理30 d时,其SOD活性升到最大值,为

43.76 U·g<sup>-1</sup> FW,比对照升高了 395.58%,与对照间差异极显著( $P<0.01$ ),随着干旱胁迫继续加剧,在干旱处理 40~50 d 期间,SOD 活性开始急剧下降至 28.39 U·g<sup>-1</sup> FW,与对照差异极显著( $P<0.01$ )。

## 2.9 北美丁香“詹姆斯”叶片过氧化氢酶(CAT)活性受不同程度干旱胁迫的影响

由表 3 可知,“詹姆斯”叶片的 CAT 活性随干旱胁迫加剧呈先升高后降低的趋势。在干旱处理 0~30 d,其 CAT 活性增加较慢,干旱胁迫 30 d 时,比对照升高了 51.06%;在干旱处理 40 d 时达到最大,为 42 270.10 U·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> FW,比对照升高了 99.46%,差异极显著( $P<0.01$ );在干旱处理 50 d 时,CAT 活性开始降低,为 30 463.76 U·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> FW,比对照升高了 43.03%,与对照仍存在显著差异( $P<0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 北美丁香“詹姆斯”生长受干旱胁迫的影响

生长量不仅是植物对干旱胁迫的综合反应,也是对抗旱能力及耐胁迫程度进行评估的可靠标准。大量研究表明,干旱胁迫条件下,植物的生长受抑制,且受到的胁迫程度越强,受抑制的影响越显著<sup>[11]</sup>。该研究结果表明,长期持续的干旱胁迫使北美丁香“詹姆斯”形态发生变化,且令其株高和茎基的生长量与对照产生一定差距,抑制其生长。但在一定的干旱范围内,“詹姆斯”仍保持一定的生物量增加,维持其缓慢生长,表明通过不断调整其生长和生物量的分配可促使丁香苗适应干旱胁迫环境。

### 3.2 北美丁香“詹姆斯”生理生化指标受干旱胁迫的影响

植物外在形态的变化与理化指标二者相互作用抵抗逆境<sup>[12]</sup>。叶片相对含水量(RWC)是指植物组织实际含水量在组织饱和含水量中所占有的比例,可以用来说明丁香苗在干旱条件下保水能力的强弱。研究表明,植物保水能力随着叶片的相对含水量下降幅度变小而增强,反之则减弱。

细胞膜系统是干旱胁迫伤害的最初位置。逆境胁迫下,相对电导率的大小可以用来表示植物细胞膜透性的大小和受损伤程度<sup>[13]</sup>。细胞膜受到的损害随着相对电导率的升高而越来越大。该试验结果与前人的研究结果相似。

通常情况下,植物细胞内自由基如·OH、O<sub>2</sub><sup>-</sup>·,会破坏植物细胞的结构和功能,其在细胞内的产生与清除处于一种平衡状态,有研究表明,细胞膜相对电导率升高,膜内矿质含量升高,细胞膜结构遭到破坏,体内电解质外渗,自由基含量会大量升高,植物体内的活性氧产生与清除的平衡状态遭到破坏,从而诱发膜脂过氧化作用。其产物 MDA 又可以直接对细胞产生毒害作用,因

此 MDA 是可以作为评价植物的受伤害程度的指标<sup>[14]</sup>,其含量的高低代表膜脂过氧化以及膜透性的程度,膜脂过氧化程度越严重,膜透性越大 MDA 含量越高<sup>[15]</sup>。试验过程中,当对“詹姆斯”进行干旱胁迫作用时,其叶片中 MDA 含量因干旱胁迫程度的增强而不断升高。由此说明在干旱胁迫下“詹姆斯”发生了明显的膜脂过氧化作用,表明 MDA 的积累与干旱胁迫程度呈正相关。这与王玉珏等<sup>[16]</sup>对黄瓜、梁新华等<sup>[17]</sup>对光果甘草的研究结果类似。

植物体内存在清除活性氧的酶促氧化系统如 SOD、CAT 和 POD。在干旱胁迫下,完善的酶促反应系统可清除超氧阴离子自由基、过氧化氢和过氧化物以及阻止或减少羟基自由基形成,保持细胞内活性氧产生和清除的平衡,使植物细胞膜和敏感分子免受活性氧的伤害,使其得到保护<sup>[18-20]</sup>。通过自我补偿调节作用,降低受损害的程度<sup>[21]</sup>。该试验中,在干旱胁迫下“詹姆斯”叶片中 POD、SOD 和 CAT 活性均随着干旱胁迫加剧呈先升高后降低的趋势,且明显高于对照并维持在较高水平。此现象表明,长时间的胁迫会对植物造成一定的伤害,但在一定的胁迫范围内,这 3 种保护酶具有较强的清除活性氧的能力,且在干旱胁迫处理的末期,这 3 种保护酶的活性仍然维持在较高的水平,从而将活性氧对植物的伤害限制在一定的范围之内,对“詹姆斯”起到一定的保护作用。因此可通过调整干旱胁迫程度,使“詹姆斯”苗的抗氧化能力逐渐衰退,从而使丁香表现出较强的干旱适应能力,这与桑子阳等<sup>[22]</sup>对红花玉兰的研究结果一致。

游离脯氨酸含量是植物抗逆性机理之一,植物可通过积累游离脯氨酸来提高自身的抗旱性。植物在干旱胁迫积累脯氨酸作为渗透调节物质来提高植物的适应性,维持植物正常的生命活动,在植物的渗透调节中起重要作用。正常情况下,植物体内脯氨酸含量并不高,脯氨酸含量会随着外界环境的变化而变化<sup>[23]</sup>,如遇到水分胁迫、盐胁迫及干旱胁迫。在干旱胁迫下,游离脯氨酸增快了与蛋白质的结合,增强了其水合作用,提高了原生质胶体的稳定性<sup>[24]</sup>,增加了蛋白质的可溶性沉淀,因此脯氨酸含量可能与可溶性蛋白质含量成反比。该研究表明,干旱胁迫过程中丁香叶片中的游离脯氨酸高于对照,且随着胁迫时间的延长有逐渐增高的趋势,这与田丰等<sup>[25]</sup>的研究结果一致。盐胁迫 50 d 后脯氨酸含量有所下降,胁迫后期,脯氨酸合成酶活性受抑制而减少,这一结果与崔豫川等<sup>[26]</sup>对栓皮栎幼苗研究一致。

干旱胁迫可直接造成植物叶绿素含量和光合特性的改变。干旱胁迫下,植物体内会发生各种生理反应如植物叶片叶绿素含量的降低、叶绿素荧光参数的降低等<sup>[26]</sup>。该研究结果表明,植物在缺水时会抑制叶绿素的生物合成,干旱胁迫程度越重,胁迫时间越长,丁香叶片

的叶绿素含量下降得越快。说明丁香幼苗可通过降低叶片中光合色素含量来抵御干旱胁迫,表现出较强的适应性。

#### 4 结论

综合分析表明,干旱胁迫强度对北美丁香“詹姆斯”苗的生长和生理生化反应均产生了显著的影响,但“詹姆斯”幼苗能通过调整自身生长和保护酶活性、叶绿素含量和丙二醛、脯氨酸含量等来提高其抗旱性,从而有效防止了膜脂过氧化对植株的伤害,表现出一定的耐旱潜力。

#### 参考文献

- [1] 杨敏生,裴保华. 树木抗旱性研究进展[J]. 河北林果研究,1997(1): 87-93.
- [2] 刘友良. 植物水分逆境生理[M]. 北京:农业出版社,1992.
- [3] 常英俏,徐文远,穆立善,等. 干旱胁迫对3种观赏灌木叶片解剖结构的影响及抗旱性分析[J]. 东北林业大学学报,2012,40(3):36-40.
- [4] 张以顺,黄霞,陈云凤. 植物生理学实验教程(BZ)[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
- [5] 陈建勋. 植物生理学实验指导[M]. 广州:华南理工大学出版社,2002.
- [6] 刘家尧,刘新. 植物生理学实验教程[M]. 北京:高等教育出版社,2010.
- [7] 郝再彬. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社,2002.
- [8] 陈少裕. 膜脂过氧化与植物逆境胁迫[J]. 植物学报,1989,6(4):211-217.
- [9] 杨涓,许兴. 盐胁迫下植物有机渗透调节物质积累的研究进展[J]. 宁夏农学院学报,2003,24(4):86-91.
- [10] 严美玲,李向东,林英杰,等. 苗期干旱胁迫对不同抗旱花生品种生理特性、产量和品质的影响[J]. 作物学报,2007,33(1):113-119.
- [11] 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.
- [12] PIERRET A,DOUSSAN C,CAPOWIEZ Y,et al. Root functional architecture;a framework for modeling the interplay between roots and soil[J]. Vadose Zone Journal,2007,6(2):269-281.
- [13] MCKAY H M,MASON W L. Physiological indicators of tolerance to cold storage in sitka spruce and douglas-fir seedlings[J]. Canadian Journal Forest Research,1991,21(6):890-901.
- [14] 胡学俭,孙明高,夏阳,等. NaCl 胁迫对无花果与海棠膜脂过氧化作用及保护酶活性的影响[J]. 西北植物学报,2005,25(5):937-943.
- [15] 王启明,徐心诚,马原松,等. 干旱胁迫下大豆开花期的生理生化变化与抗旱性的关系[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(4):98-102.
- [16] 王玉珏,付秋实,郑禾,等. 干旱胁迫对黄瓜幼苗生长、光合生理及气孔特征的影响[J]. 中国农业大学学报,2010,15(5):12-18.
- [17] 梁新华,史大刚. 干旱胁迫对光果甘草幼苗根系 MDA 含量及保护酶 POD、CAT 活性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(3):108-110.
- [18] 王玉魁,闫艳霞,余新晓,等. 干旱胁迫下灰白滨藜保护酶活性及抗旱生理特性研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(10):122-126.
- [19] 邹春静,徐文铎,靳牡丹,等. 干旱胁迫对沙地云杉生态型保护酶活性的影响[J]. 干旱区研究,2007,24(6):810-814.
- [20] SERGI M B,LEONOR A. Drought-induced changes in the redox state of alpha-tocopherol,ascorbate, and the diterpene carnosic acid in chloroplasts of Labiatae species differing in carnosic acid contents[J]. Plant Physiology, 2003,131(4):1816-1825.
- [21] 陈信玉. 植物的自我补偿调节[J]. 生物学通报,1991(7):17-20.
- [22] 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]. 西北植物学报,2011,31(1):109-115.
- [23] 魏传斌,张萍,张凤银,等. 龙牙百合在干旱胁迫下的生理变化及耐旱性评价研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(4):1814-1816.
- [24] 陆健. 蛋白质纯化技术及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [25] 田丰,张永成,张凤军,等. 不同品种马铃薯叶片游离脯氨酸含量、水势与抗旱性的研究[J]. 作物杂志,2009(2):73-76.
- [26] 崔豫川,张文辉,王校锋. 栓皮栎幼苗对土壤干旱胁迫的生理响应[J]. 西北植物学报,2013,33(2):364-370.

### Effect of Drought Stress on Growth and Drought-resistant Physiological Index of North America *Syringa vulgaris* L. Seedlings

FANG Zengyu<sup>1</sup>, DUAN Yanxin<sup>1</sup>, ZHAO Qingzhu<sup>2</sup>, DONG Xiaoying<sup>1</sup>, LI Peihuan<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 2. Weifang Academy of Agricultural Sciences, Weifang, Shandong 261000)

**Abstract:** Two-year-old seedlings of North America *Syringa vulgaris* L. ‘James’ were used to study the effects of drought stress on growth and partical drought-resistant physiological and biochemistry indexes, which were controlled by pot plant to simulate soil drought stress. The results indicated that the North America *Syringa vulgaris* L. ‘James’ had the certain potential of resistance to drought tolerance, and osmotic adjustment substance and the antioxidant enzyme activities content increased significantly under drought stress of *Syringa vulgaris* L. to relieve the damage from the soil drought stress. With the intensity of drought stress increasing, the growth of the *Syringa vulgaris* L. seedlings height and its stem bottom gradually decreased, and they almost stopped growing under severe drought stress. As drought stress was intensified, leaf chlorophyll and the relative water content gradually decreased. And the leaf electrical conductivity, the MDA and Pro contents increased little by little; while the SOD, CAT and POD activity rised at first and went down latter. The activities of the SOD, CAT and POD reached the maximum on the 40<sup>th</sup> day and dropped gradually after 50 days of soil drought stress.

**Keywords:** North America *Syringa vulgaris* L.; soil drought stress; growth; physiological indexes