

干旱胁迫对中国石蒜叶片形态和部分生理指标的影响

江淑琼, 周守标, 刘 坤, 程龙玲

(安徽师范大学 生命科学学院 安徽省重要生物资源保护与利用重点实验室, 安徽 芜湖 241000)

摘 要: 通过盆栽试验, 研究了干旱胁迫下中国石蒜(*Lycoris chinensis*)叶片的形态特征和部分生理指标的变化。结果表明: 随着干旱胁迫的加剧, 叶片生长速度减慢; 表皮细胞变小; 气孔长宽比变大; 气孔密度和气孔指数降低; 相对含水量呈下降趋势; 膜透性、POD 和 CAT 活性均表现为先上升后下降趋势。除 CAT 活性外, 上述指标在干旱胁迫下均有显著性差异($P < 0.05$)。综合分析表明中国石蒜叶片对干旱胁迫具有一定的耐受性。

关键词: 中国石蒜; 干旱胁迫; 叶片; 形态指标; 生理指标

中图分类号: S 682.2⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)07-0016-04

中国石蒜(*Lycoris chinensis*) 属石蒜科(Ayilidaceae) 石蒜属(*Lycoris* Herb.) 为多年生具鳞茎喜荫草本植物, 富含经济价值, 并有很高的观赏和药用价值。还具有适应性强、管理粗放, 对土壤要求不严等特性。目前许多学者已经对石蒜属植物从分类学^[1-7] (如花粉形态、核型、同工酶和分子标记等)、繁殖和栽培技术^[8] (如组织培养、无性繁殖等)、育种^[9-10] 等方面进行了大量的研究。然而对它的抗性研究, 仅见于抗寒性研究^[11] 及其抗盐性研究^[12], 关于其抗旱生理特性的研究还未见报道。现以中

国石蒜为试材, 测定了其干旱胁迫下叶片的形态指标及部分生理指标, 以期了解石蒜属植物在干旱胁迫下的耐受情况, 从而为更好的引种栽培石蒜科植物提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以琅琊山中国石蒜种源为试材, 以安徽师范大学校园后山原土为盆栽基质, 盆土为土、河沙和腐殖质的混合物(土:河沙:腐殖质=1:3:1)。

1.2 试验方法

2009 年 2 月将中国石蒜栽种于直径 30.5 cm、高 24 cm 塑料底部有孔花盆中, 盆装基质土壤为 7.5 kg 每个花盆栽种 10 个大小一致鳞茎。设 4 个处理, 每种处理栽植 5 盆, 共计 20 盆; 然后置于室内进行定期浇水和常规管理。从 2009 年 3 月 6 日叶片长出后, 开始干旱胁迫处理, 具体为对照(T1)、轻度胁迫(T2)、中度胁迫(T3)、重度胁迫(T4)。通过控制浇水使土壤相对含水量(土壤

第一作者简介: 江淑琼(1983), 女, 在读硕士, 现从事植物生理生态学研究。E-mail: kqiong1@126.com。

通讯作者: 周守标(1963), 男, 教授, 现从事植物分类学教学与研究工作。E-mail: zhoushoubiao@vip.163.com。

基金项目: 生物环境与生态安全重点实验室资助项目(2004sys003); 安徽师范大学大分子进化重点实验室资助项目。

收稿日期: 2009-12-20

Effects of Temperature on Sugar Accumulation and Sucrose-metabolizing Enzymes in Muskmelon

REN Lei, ZOU Zhi-rong, LI Peng-fei

(College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: This paper studied the effects of different temperature on sugar accumulation and sucrose-metabolizing enzymes in muskmelon. The results showed that the stronger the temperature was the fructose and soluble sugar contented in the fruits were higher, while the activity of zymose also increases with the increase in light intensity. Sucrose content, sucrose phosphate synthase activity, as well as sucrose synthase activity share the same trend when the temperature change. During the early and middle development stage, the values of these three indexes decrease when the temperature was stronger. But in the mature period, values of these three indexes increase with the higher temperature. There was a significant difference between the treatments of natural temperature +6~7℃ and natural light while the difference between the treatment of natural temperature +3~4℃ and natural light was not obvious.

Key words: muskmelon; temperature; sugar accumulation; sucrose-metabolizing enzymes

相对含水量=土壤含水量/土壤饱和含水量)分别为80%~85%、70%~75%、30%~35%、15%~20%，土壤含水量采用称重法进行控制。在固定时间观察并测量叶片的变化情况，4月14日停止观察记录，称取各处理下植株的鳞茎鲜重，并对其成熟叶片进行微形态观察及各项生理指标测定。试验期间室内平均温度白天为14~20℃，夜间为10~15℃。

1.3 测定指标与方法

叶表皮制片，参照邓传良等^[13]方法，其中气孔大小包括2个保卫细胞和中间的孔。气孔密度是指气孔分布区内单位面积的气孔个数，用每0.25 mm²内气孔个数表示。气孔指数(I)指气孔分布区内单位面积的气孔数(S)乘以100再除以气孔数(S)与表皮细胞数(E)之和，即： $I=100 S/(S+E)$ ；相对含水量(RWC)采用饱和称重法，参照孙艳菊等^[14]方法计算；质膜透性测定按照张杰等^[15]方法；POD和CAT活性按张志良等^[16]方法。以上测量均重复3次。数据处理软件用Excel 2003和SPSS13.0。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对中国石蒜生长情况的影响

干旱初期中国石蒜叶片外观无明显变化，不同程度胁迫下叶片生长均能保持旺盛状态，叶片色泽正常。随着干旱胁迫的进行，叶片出现了相应的变化，在4月14日试验结束时，T3处理叶片由叶尖到叶端逐渐变黄，整

个植株呈现萎蔫状态，T4处理植株萎蔫程度相当明显，叶片严重卷曲，T1、T2处理叶片生长正常。由表1可知，干旱胁迫对中国石蒜单株鳞茎鲜重值影响较大。T1处理鳞茎鲜重值最大，分别是T2、T3和T4的1.02、1.34和1.90倍。其中T2与T1差异不显著，而与T3和T4差异显著。

表1 干旱胁迫对中国石蒜鳞茎鲜重的影响

Table 1 Effects of drought stress on fresh weight in bulb of <i>Lycoris chinensis</i>				
处理 Treatment	T1	T2	T3	T4
鳞茎鲜重 Bulb fresh weight	4.315±0.046a	4.206±0.170a	3.217±0.189b	2.264±0.273c

注：数据为平均值±标准差。同一行内数据后字母不同者表示差异显著(P<0.05)，下同。

Note: The values are means±SD. Treatments with different letters in one row are significantly different at the level (P<0.05), the following table the same.

2.2 干旱胁迫对中国石蒜叶片形态的影响

2.2.1 干旱胁迫对中国石蒜叶长、叶宽变化的影响 由表2可知，干旱胁迫对叶长、叶宽均有较大的影响。随着干旱胁迫的加剧，叶片长度增加速度变慢。T1处理在3月10~12日之间叶片长度变化最大，T2、T3、T4处理则在3月14~18日之间叶片增长最快。干旱胁迫对宽度变化的影响在3月18~21日之前各处理间存在明显差异，之后差异逐渐变小。以上表明干旱胁迫对叶片宽度变化的影响要小于对叶片长度变化的影响。

表2 干旱胁迫下中国石蒜叶片的长、宽变化

Table 2 Changes on the length and width of leaves in <i>Lycoris chinensis</i> under drought stress								
日期(月. 日) Date	T1		T2		T3		T4	
	叶长 Leaf	叶宽 Leaf	叶长 Leaf	叶宽 Leaf	叶长 Leaf	叶宽 Leaf	叶长 Leaf	叶宽 Leaf
	Length/ mm	width/ mm	Length/ mm	width/ mm	Length/ mm	width/ mm	Length/ mm	width/ mm
3.10~3.12	50.00±2.00a	0.50±0.05a	40.00±4.00b	0.00±0.00b	37.00±1.00b	0.50±0.03a	29.00±3.00c	1.30±0.02c
3.12~3.14	39.00±3.00a	0.90±0.01a	31.00±2.00b	0.90±0.12a	36.00±1.00a	1.60±0.05b	33.00±3.00b	0.70±0.03c
3.14~3.18	27.00±5.00a	0.50±0.15a	48.10±1.60b	2.10±0.15b	60.10±1.50c	0.00±0.00c	60.00±4.00c	0.20±0.01d
3.18~3.21	16.00±2.00a	0.10±0.05a	36.40±1.30b	0.00±0.00b	30.57±3.01c	0.00±0.00b	57.00±3.10d	0.00±0.00b
3.21~3.24	18.00±2.00a	0.00±0.00a	13.50±0.90b	0.00±0.00a	7.00±0.50c	0.70±0.03b	40.00±4.00d	0.00±0.00a
3.24~3.27	9.00±3.00a	0.00±0.00a	18.00±1.00b	0.00±0.00a	14.00±3.00b	0.00±0.00a	8.00±4.00a	0.60±0.01b
3.27~4.02	0.00±0.00a	0.10±0.02a	9.00±2.00b	0.00±0.00b	12.00±1.00bc	0.00±0.00b	14.00±4.00c	0.00±0.00b
4.02~4.08	7.00±2.00a	0.00±0.00a	10.00±1.20b	0.00±0.00a	5.00±0.70a	0.00±0.00a	29.00±0.60c	0.00±0.00a

2.2.2 干旱胁迫对中国石蒜叶片微形态的影响 由表3可知，干旱胁迫下上下表皮形态特征有所不同。其中细胞形状上表皮变化特征为梭形—矩形—多边形，下表皮则为无规则变化。气孔器只有T4处理上表皮变为长椭圆形，其余处理均为椭圆形。经方差分析，细胞大小各处理间存在一定差异(P<0.05)。随着干旱胁迫的加剧细胞面积逐渐变小。气孔是植物进行水分和气体交换的通道，气孔调节是植物抵御逆境胁迫、适应环境的有效策略^[17]。由表4可知，在不同干旱处理下气孔长、气孔宽、气孔长宽比、气孔密度及气孔指数有变化。随着干旱胁迫的加剧，气孔指数降低，气孔长宽及气孔长宽比均增加。方差分析表明，T4处理其气孔数量特征

有几个方面与T1、T2、T3处理均有显著差异。结果表明，干旱胁迫对叶片气孔数量特征产生了一定影响。

2.3 干旱胁迫对中国石蒜生理指标的影响

2.3.1 干旱胁迫对叶片含水量的影响 相对含水量(RWC)和饱和水分亏(WSD)比单纯的含水量更能较为敏感地反映植物水分状况的改变^[8]。由图1可知，随着干旱胁迫的加剧，叶片相对含水量逐渐降低，饱和水分亏逐渐增加。T2、T3和T4处理叶片相对含水量分别比T1处理下降1.18%、8.93%、16.03%。方差分析表明，T3、T4与T1处理差异显著(P<0.05)，T1、T2处理差异不显著(P>0.05)。

表 3 干旱胁迫下中国石蒜叶表皮的微形态特征(表面观)

Table 3 The micromorphological characters of leaf epidermis in *Lycoris chinensis* under drought stress

处理 Treatment	上表皮 Upper epidermis				下表皮 Lower epidermis			
	细胞形状	垂周壁式样	细胞大小	气孔器形状	细胞形状	垂周壁式样	细胞大小	气孔器形
	Cell shape	Anticlinal wall style	Cell size	Stomatal shape	Cell shape	Anticlinal wall style	Cell size	Stomatal shape
T1	梭形	平直	0.4655±0.1176a	椭圆形	梭形	平直	0.5429±0.1168a	椭圆形
T2	矩形	平直	0.4132±0.0606a	椭圆形	矩形	平直	0.4841±0.1956a	椭圆形
T3	矩形	平直	0.3571±0.0672a	椭圆形或多边形	四边形	平直	0.2849±0.0719b	椭圆或梭形
T4	多边形	平直	0.2136±0.0473b	长椭圆形	梭形	平直	0.2377±0.0906b	椭圆形

表 4 干旱胁迫下中国石蒜叶表皮气孔数量特征

Table 4 The stomata quantitative traits of leaf epidermis in *Lycoris chinensis* under drought stress

处理 Treatment	特征 Characteristics				
	气孔长	气孔宽度	气孔长宽比	气孔指数	气孔密度
	Stomatal length/ mm	Stomatal width/ mm	Length to width ratio of stomata	Stomatal index/ I	Stomatal density/ 个·(0.25mm ²) ⁻¹
上表皮 Upper epidermis					
T1	0.2947±0.0330a	0.3703±0.0509a	0.7958±0.1579a	23.64±16.18a	2.00±1.34a
T2	0.3256±0.0122b	0.3299±0.0230b	0.9870±0.0463b	16.82±8.52b	1.38±0.55b
T3	0.2808±0.0260a	0.3545±0.0209ab	0.7922±0.1090a	18.68±15.73b	1.55±1.22b
T4	0.3305±0.0088b	0.3285±0.0269b	1.006±0.1029b	16.28±13.90b	1.40±1.14b
下表皮 Lower epidermis					
T1	0.2485±0.0196a	0.3319±0.0198a	0.7511±0.0621a	31.89±8.40a	3.57±1.67a
T2	0.2755±0.0411a	0.3556±0.0215ab	0.7781±0.0902a	27.35±15.91a	2.89±1.48b
T3	0.2842±0.0119a	0.3202±0.0240a	0.8889±0.0417b	23.82±7.83b	2.46±0.84b
T4	0.3200±0.0249b	0.3680±0.0603b	0.8793±0.1491b	26.98±19.32ab	2.87±1.52b

2.3.2 干旱胁迫对叶片细胞膜透性的影响 由图 2 可知,随着干旱胁迫的加剧,叶片的相对电导率先迅速升高,后有所降低。方差分析表明,T2、T3、T4 处理和 T1 处理均有显著性差异($P<0.05$)。这说明在干旱胁迫下,中国石蒜细胞膜受到了一定伤害,但是 $T4<T3<T2$ 又表明中国石蒜对干旱胁迫有一定的抵御能力。

3、图 4 分别显示了干旱胁迫后 POD 以及 CAT 活性的变化情况。POD 活性整体呈现先升高后降低的趋势,CAT 活性则呈现先增加后减少又增加的趋势。方差分析表明,POD 活性 T1 处理和 T2、T3 处理存在显著差异($P<0.05$),与 T4 处理差异不显著,CAT 各处理间差异不显著($P>0.05$)。

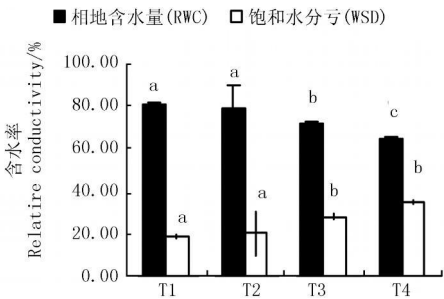


图 1 干旱胁迫下中国石蒜叶片的含水量变化
Fig.1 The change of water contents of leaves in *Lycoris chinensis* under drought stress

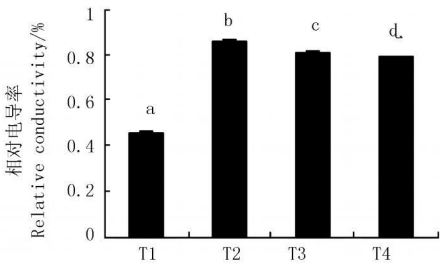


图 2 干旱胁迫下中国石蒜相对电导率的变化
Fig.2 The change of Relative conductivity of *Lycoris chinensis* under drought stress

2.3.3 干旱胁迫对中国石蒜叶片内保护酶活性变化的影响 CAT、POD 是细胞膜系统的保护酶,在植物受到水分胁迫时对保持体内代谢平衡有重要作用^[19-20]。图

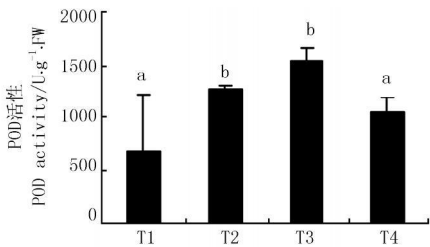


图 3 干旱胁迫对中国石蒜叶片内 POD 活性的影响
Fig. 3 Effects of drought stress on POD activity in leaf of *Lycoris chinensis*

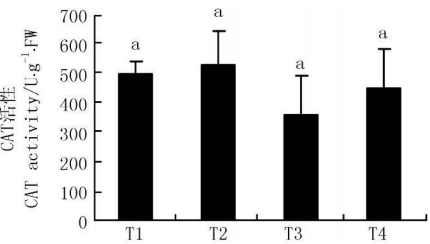


图 4 干旱胁迫对中国石蒜叶片内 CAT 活性的影响
Fig. 4 Effects of drought stress on CAT activity in *Lycoris chinensis*

3 结论与讨论

处于干旱条件下的植株叶片与处于水分适宜下的叶片相比,其在形态结构,生理适应和行为上都会有所变异用以适应干旱环境^[21]。中国石蒜在干旱胁迫下出现了叶片卷曲、变黄甚至枯死等植物失水后的一贯特

征,这与罗琦^[1]对石蒜抗盐性研究结果相似。叶片细胞面积变小,这与杨世杰等^[2]报道的植物表皮细胞体积会在长期高温、干旱的条件下变小结果一致。中国石蒜在干旱胁迫下其叶长叶宽变化及气孔数量特征变化正是其为了更好的适应逆境而表现出来的行为上的反应。

植物含水量的变化常被用作水分平衡的指标,叶片含水量则可以直接反映植物体内的水分状况^[3]。中国石蒜在轻度胁迫过程中,叶片相对含水量下降幅度并不大,这表明其可以适应一定程度的干旱胁迫。据 Paul M 报道处于干旱逆境中的植物有一个共同的特征就是膜系统受到破坏,质膜相对透性增加,离子大量外渗。叶片相对电导率是反映细胞膜结构的完整性的一个指标。中国石蒜在干旱胁迫下相对电导率先升高后下降,这是其叶片通过内部自身调节,用来避免其保护膜不受破坏从而适应干旱胁迫这种逆境。POD 和 CAT 活性在强度的胁迫试验中,酶活性一般随胁迫增加而增加,或者是先增加后降低的基本势态^[4]。试验中中国石蒜 POD 和 CAT 活性表现为先升高后下降趋势表明其可以适应一定程度干旱胁迫,但其忍耐范围有限。

试验结果表明,中国石蒜叶片对于干旱胁迫具有一定的耐受性,该结果为更好的栽培和引种石蒜属植物提供了一定的理论依据。然而抗旱机制本身是一个相当复杂的过程,中国石蒜为什么会具有抗旱性,其抗旱性是否与其有变态发达的鳞茎有关这还需作进一步研究。

参考文献

- [1] 任秀芳. 中国石蒜属植物花粉形态的研究[J]. 云南植物研究, 1995, 17(2): 182-186.
- [2] 徐炳声. 玫瑰红石蒜的染色体核型分析[J]. 植物分类学报, 1984, 22(1): 46-48.
- [3] 徐炳声. 安徽石蒜和中国石蒜染色体核型的分析[J]. 云南植物研究, 1984, 6(1): 79-83.
- [4] 刘琰, 徐炳声. 石蒜属的核型研究[J]. 植物分类学报, 1989, 27(4):

257-264.

- [5] 聂刘旺, 张定成. 安徽产石蒜属植物三种酶同工酶的分析[J]. 生物学杂志, 2003, 20(2): 27-29.
- [6] Tae K H, Sung C K. Relationship of the Korean Lycoris (Amaryllidaceae) using the Korean[J]. Journal of Plant Taxonomy, 2000, 27(3): 349-358.
- [7] 张露, 蔡友铭. 石蒜属种间亲缘关系 RAPD 分析[J]. 遗传学报, 2002, 29(10): 915-921.
- [8] 张露, 曹福亮. 石蒜属植物栽培技术研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 375-378.
- [9] 林中箴. 石蒜属的育种试验[J]. 杭州植物园通讯, 1986(3): 40-46.
- [10] 徐炳声. 石蒜属概论[J]. 杭州植物园通讯, 1995(1~2): 47-51.
- [11] 王燕, 张义, 项任科, 等. 石蒜科植物的抗寒生理特性研究[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(6): 792-794.
- [12] 罗琦. 石蒜属植物鳞茎发育生理及盐胁迫下叶片生理变化研究[D]. 芜湖: 安徽师范大学, 2007: 27-28.
- [13] 邓传良, 周坚. 石蒜属植物叶微形态特征研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 355-362.
- [14] 孙艳菊, 孙明高. 干旱胁迫对黄栌幼苗几个生理指标的影响[J]. 中南林业学院学报, 2006, 26(4): 43-46.
- [15] 张杰, 胡永红, 李海英, 等. 轻型屋顶绿化景天属植物的耐旱性研究[J]. 北方园艺, 2007(1): 122-124.
- [16] 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: 123-124; 67-69; 274-276; 258-259.
- [17] Gray J E, Hetherington A M. Plant development; YODA the stomatal switch[J]. Curr. Biol., 2004, 14: 488-490.
- [18] 焦玲, 赵颖, 李丽萍. 现代苗木质量评价的生理指标[J]. 内蒙古林业科技, 2003(1): 40-44.
- [19] 王爱国, 罗广华, 邵从本, 等. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J]. 植物生理学报, 1983, 9(1): 77-84.
- [20] 李柏林, 梅慧生. 燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系[J]. 植物生理学报, 1989, 15(1): 6-12.
- [21] 蒋高明. 植物生理生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 23-24.
- [22] 杨世杰. 植物生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 9-22.
- [23] 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): 20-26.
- [24] 任安芝, 高玉堡, 刘爽. 青菜幼苗体内几种保护酶的活性对 Pb、Cd、Cr 胁迫的反应研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(4): 510-512.

Effects of Drought Stress on Morphology and Partial Physiological Indexes of Leaves in *Lycoris chinensis*

JIANG Shu-qiong, ZHOU Shou-biao, LIU Kun, CHENG Long-ling

(Key Lab of Biological Resources Conservation and Utilization, College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000)

Abstract: In order to explore the physiological foundations for drought tolerant in *Lycoris chinensis*, effects of drought stress on morphology and several physiological indexes of *Lycoris chinensis* leaves were studied in pot experiments. The results show that with the intensification of drought stress, *Lycoris chinensis* leaf growth rate slowed down, the size of surface cells became smaller. As for the size of stomas the change was the opposite, stomatal density and stomatal index were all reduced under drought stress, as the stress of drought was intensified, the relative water content declined. Peroxidase activity (POD), and catalase activity (CAT) all took on an increasing and then declining trend, and thus was the plasma membrane permeability. In addition to CAT activity, the above mentioned indices were significantly influenced under drought stress. The comprehensive analysis indicated *Lycoris chinensis* had a certain tolerance with drought tolerance.

Key words: *Lycoris chinensis*; drought stress; leaf; morphological indexes; physiological indexes