

# 脱水与复水过程中湿地匍灯藓的生理生化响应

李朝阳, 田向荣, 陈 军, 李 菁\*

(湖南吉首大学 生物资源与环境科学学院, 湖南 吉首 416000)

**摘要:** 研究了脱水与复水过程中湿地匍灯藓的渗透调节能力、抗氧化保护系统以及 DNA 损伤与修复的影响。结果表明:(1)在脱水过程中,游离脯氨酸、可溶性糖、还原性糖含量均出现明显增加,脱水 12 h 时达到最大;细胞膜透性上升;超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶活性均持续上升,抗坏血酸含量则逐渐降低;DNA 损伤明显加大,脱水 24 h 时 DNA 已全部降解为低分子量片段。(2)在复水过程中,以上各项指标变化趋势与脱水处理时刚好相反。表明湿地匍灯藓具备复苏植物的典型特征,在含水量变化(变水)过程中具有较强的抗干(旱)性,其抗逆性主要体现为修复能力。

**关键词:** 湿地匍灯藓; 渗透调节; 抗氧化系统; DNA 的损伤与修复

**中图分类号:** Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)01-0139-04

## Physiological response of *Plagiomnium acutum* during desiccation and rehydration process

LI Zhao-Yang, TIAN Xiang-Rong, CHEN Jun, LI Jing\*

(College of Biology and Environmental Science, Jishou University, Jishou 416000, China)

**Abstract:** Ability of osmo-regulation, changes of protective enzymes activities and ascorbic acid content and DNA damage/repair were studied in *Plagiomnium acutum* during desiccation and rehydration process. Results showed that: (1) on the desiccation phase, content of proline, soluble sugar and reducing sugar increased obviously, and got the peak at 12 h; permeability of membrane raised; activities of protective enzymes, such as SOD, CAT and POD, increased continually, thus the content of antioxidative substrate AsA decreased gradually at the same time, DNA degraded gradually, only some low molecular weight fragments existed at the end. (2) all the indexes mentioned above showed an opposite tendency on the rehydration phase. Based on these, it can be concluded that *P. acutum* has the typical characteristic of resurrection plant, possess a strong ability on anti-dry(drought) during the variation of moisture content, and it mainly attributes to the ability of repairing.

**Key words:** *Plagiomnium acutum*; osmo-regulation; antioxidative system; DNA damage/repair

湿地匍灯藓(*Plagiomnium acutum*)属于匍灯藓属,喜阴湿,多见于林下土壤、溪沟近旁的土坡或岩石表面的薄土层上,是五倍子蚜虫冬寄主藓类植物。传统上认为多数苔藓植物属于典型的变水植物,控水能力弱,极易失去水分。而多数苔藓植物虽生长于潮湿的环境,却能在长期缺水情况下生存,且大部分具有不同程度上忍耐失水和干旱的能力。一

旦环境的水分条件适宜,又能迅速地吸收水分,恢复正常的生理代谢活动(李燕红,1998),是典型的复苏植物(resurrection plant)特征。到目前为止,已有大量关于变水条件下植物体内生理生化响应的研究,但多集中于对种子植物尤其是复苏被子植物和种子的研究上,对苔藓植物此方面的研究却非常少。本文以湿地匍灯藓为材料,研究其在脱水一再水化

收稿日期:2007-08-20 修回日期:2008-07-12

基金项目:国家自然科学基金(30470181)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(30470181)]

作者简介:李朝阳(1969-),女,湖南古丈人,硕士,副教授,主要从事生物化学与分子生物学研究,(E-mail)lizy0000@sina.com.cn.

\*通讯作者(Author for correspondence, E-mail:lkj@jssu.edu.cn)

的变水过程中的生理生化响应,以期为藓类耐旱(旱)机制的研究提供理论依据。

### 1 材料与方 法

供实验的材料采于湖南省吉首市以西约 20 km 的德夯风景区雷公洞下小溪边的石头表面和草丛中,位于 28°30' N,109°40' E,海拔 300~400 m。材料采集后,温室培养。材料共分 7 组,分别为对照(1 组),不同脱水程度(3 组)和不同复水程度(3 组),每组 3 个重复。每 1 个重复分别取 30 个长势一致,健壮的枝条进行各项生理生化指标的检测。脱水采用饱和氯化钠溶液脱水法,材料悬于 Φ30 cm 干燥器中,将饱和氯化钠溶液置干燥器底部(RH75%)进行脱水(伍贤进等,2001)。脱水 24 h 后,于去离子水中进行复水培养。

植株相对含水量(RWC)用饱和含水量法;可溶性糖含量用蒽酮比色法测定(林炎坤,1989);游离脯氨酸含量用茚基水杨酸法测定(张殿忠等,1990);质膜相对透性用电导仪法测定(刘应迪等,2001);超氧化物歧化酶(SOD)活性用 NBT 光还原法测定(石进校等,2002);过氧化物酶(POD)活性用愈创木酚法测定(刘应迪等,2001);抗坏血酸(AsA)含量用 2,4-二硝基苯肼法测定(袁叶飞等,2006);过氧化氢酶(CAT)活性测定用高锰酸钾滴定法(赵亚华,2000)。植物总 DNA 的提取用改良的 CTAB 法(李朝阳等,2006),0.9%的琼脂糖电泳检测总 DNA 降解情况。

### 2 结果与分 析

#### 2.1 脱水与复水处理对湿地匍灯藓相对含水量和质膜透性的影响

正常湿地匍灯藓植株含水量约为 77.14%,随脱水处理时间的增加,植株含水量逐渐下降,24 h 时达该脱水方式的最低含水量值 18.26%;当进行复水处理时,含水量迅速恢复,6 h 时已接近对照水平为 64.26%(图 1);而其质膜相对透性则随脱水程度加深显著增加,在脱水 12 h 达最大,随后逐渐降低。

#### 2.2 脱水与复水处理对湿地匍灯藓渗透调节能力的影响

实验结果表明(图 2),随脱水处理时间的增加,湿地匍灯藓的可溶性糖、还原性糖及游离脯氨酸含

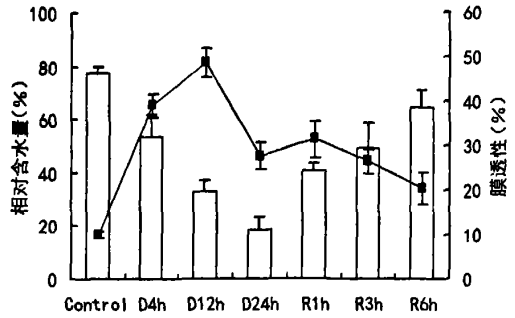


图 1 脱水与复水处理对湿地匍灯藓相对含水量及细胞膜相对透性的影响

Fig.1 Effects of desiccation and rehydration process on relative water content and membrane permeability in *P. acutum*

量明显增加,在脱水 12 h 达到最高,12 h 后上述物质的含量不增反降,脱水 24 h 明显降低。在复水期间,随处理时间增加,上述物质含量持续降低,其中游离脯氨酸含量降低更显著。

#### 2.3 脱水与复水处理对湿地匍灯藓保护体系的影响

湿地匍灯藓抗坏血酸(AsA)含量随脱水时间延长显著降低,作为植物防御活性氧伤害的重要保护酶类,湿地匍灯藓超的氧化物歧化酶(SOD)、CAT 和 POD 的活性则随脱水时间延长持续上升(图 3)。复水后,AsA 含量随复水时间延长逐渐回升,各保护酶活性则逐渐降低。

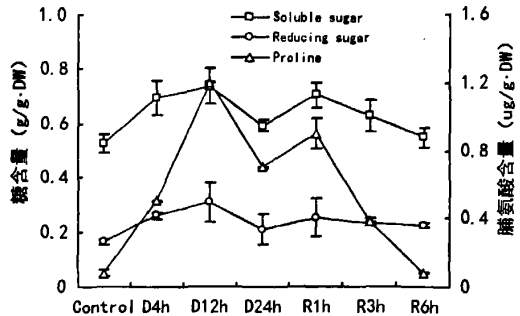


图 2 脱水与复水处理对湿地匍灯藓渗透调节物质含量的影响

Fig.2 Effects of desiccation and rehydration process on osmo-regulation substance contents in *P. acutum*

#### 2.4 脱水与复水处理引起的湿地匍灯藓 DNA 的损伤与修复

湿地匍灯藓对脱水与复水处理的另一重要生理反应是 DNA 的损伤与修复。随脱水时间的增加,DNA 受损伤程度逐渐加大,在电泳图谱上表现为

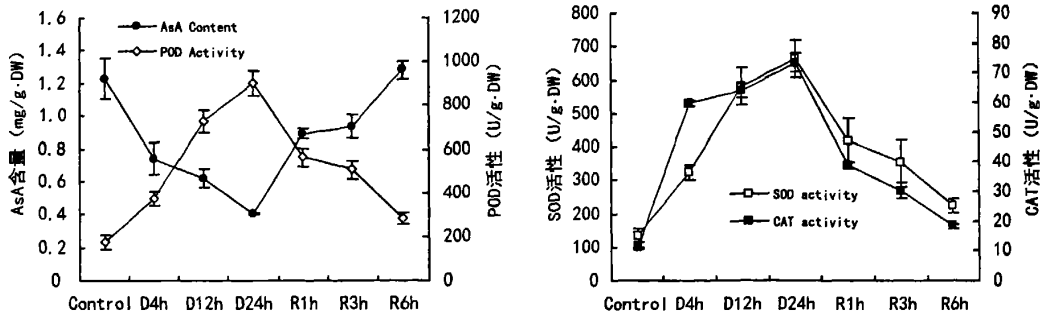


图3 脱水与复水处理对湿地匍灯藓膜保护体系的影响

Fig. 3 Effects of desiccation and rehydration process on membrane protect system in *P. acutum*

DNA 条带的模糊和缺失(图 4),脱水 4 h 时,DNA 电泳检测未见损伤,条带完整。12 h 时损伤明显,除一组尚有成形条带外,另外两组仅有拖尾,24 h 时则全无条带。随复水时间延长,DNA 自我修复能力逐渐增加,复水 6 h,无条带,复水 12 h 后,电泳检测 DNA 已有成形条带,至 24 h 时,已基本接近对照水平。表明湿地匍灯藓对 DNA 损伤修复的能力比较强。

的适应能力。可溶性糖和还原性糖是重要的保护性物质,变水过程中湿地匍灯藓可溶性糖和还原性糖变化与脯氨酸一致,说明抗逆境能力在诱导下得到提高。值得注意的是复水处理 1 h 的可溶性糖含量比脱水 24 h 的含量要高,有可能是湿地匍灯藓在复水初期能与环境迅速建立起更明显的水势梯度以加速水分的运动,使植物更为迅速地吸收水分缘故,这一点与 Santarius(1994)的结论一致。

湿地匍灯藓能较迅速的修复由脱水引起的膜损伤。水分胁迫通常都直接引起细胞内活性氧的大量积累,破坏由抗氧化保护酶和非酶保护物质维持的氧化还原平衡,从而伤害细胞质膜和各种细胞器,以及各种生物大分子,导致细胞死亡。本实验中湿地匍灯藓质膜相对透性在脱水时上升表明脱水处理对湿地匍灯藓造成了相当程度的膜损伤。与此对照,在脱水过程中 SOD、CAT 和 POD 活性都是逐渐上升,结合 AsA 含量的变化看,水分丧失的伤害是通过活性氧的大量产生来起作用的。为了清除这些多余的活性氧,保护酶的活性被诱导而增加,AsA 含量下降。相反,在复水过程中,细胞膜的损伤被逐渐修复。相应的,SOD、CAT 和 POD 活性,AsA 含量等也与脱水时呈相反趋势,表明因活性氧引起的质膜伤害和氧化还原平衡紊乱得到了修复。

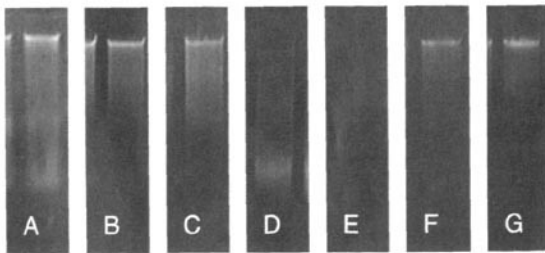


图4 脱水与复水处理引起的湿地匍灯藓 DNA 的损伤与修复

Fig. 4 DNA damage/repair caused by desiccation and rehydration process in *P. acutum*

A: Control DNA; B: DH 4 h; C: DH 12 h; D: DH 24 h; E: RH 6 h; F: RH 12 h; G: RH 24 h.

### 3 讨论

湿地匍灯藓对变水过程有较强的渗透调节能力。渗透调节是植物适应水分胁迫的一种重要机制,渗透调节物质包括脯氨酸和甜菜碱等(李莉等,2000)。湿地匍灯藓在变水过程中游离脯氨酸含量在变水过程中先显著增加后明显降低,表现出较强的渗透调节能力,也表明湿地匍灯藓对干旱有较强

湿地匍灯藓也能迅速修复由脱水引起的 DNA 损伤。许多研究发现,干旱胁迫下植物细胞膜系统受到破坏而引起膜透性增加,膜系统的破坏引起某些物质从细胞区隔中释放出来,可能是激活 DNase、RNase 活性的直接或间接原因之一(郭嵩光等,1994)。此外,脱水处理中增加的活性氧可导致膜脂过氧化,甚至直接损伤核 DNA,剪切破坏 DNA 双螺旋结构,导致 DNA 的降解,对 DNA 分子发生剪

切、降解和修饰,从而使 DNA 分子发生断裂、损伤和破坏。王俊刚等(2001)在研究水分胁迫引起的两种不同生态型芦苇的 DNA 损伤与修复发现,水分胁迫可引起植物体内 DNA 损伤且该损伤与活性氧有关,植物的抗旱性与 DNA 损伤及修复密切相关。旱生芦苇抵抗水分胁迫引起的 DNA 损伤的能力较强,而且复水后 DNA 损伤修复较快且完全。湿地匍灯藓脱水与复水实验表明,随脱水程度增加,湿地匍灯藓的 DNA 损伤明显,脱水 24 h 时已无完整 DNA 片段,说明长时间脱水能导致湿地匍灯藓的 DNA 严重损伤,结合抗氧化系统活性的增加和抗坏血酸的消耗可以说明 DNA 的损伤与活性氧的增加有关。复水后,这种损伤能迅速得到恢复,复水 24 h 时电泳检测得到的条带完整性与对照相差无几,显示湿地匍灯藓对脱水引起的 DNA 损伤有较强的修复能力。

以上的讨论支持作为变水植物的湿地匍灯藓具备复苏植物的典型特征,有较强的抗干(旱)性,且其抗性主要体现为修复能力。

#### 参考文献:

- 李燕红. 1998. 苔藓植物生理生态学[A]. 吴鹏程. 苔藓植物生物学[M]. 北京:科学出版社,131-147
- 赵亚华. 2000. 生物化学实验技术教程[M]. 广州:华南理工大学出版社,153-154
- Guo AG(郭蔼光), Zhang H(张慧), Wang BL(王保莉), et al. 1994. Effect of drought stress on the RNase activity and de novo synthesis in wheat leaves(干旱胁迫对小麦叶片核糖核酸酶活力及合成的影响)[J]. *Acta Agric Nucl Sin(核农学报)*, 8(2): 75-79
- Li L(李莉), Zhong ZC(钟章成). 2000. The physiological and biochemical responses and adaptive capacity to water stress in *Orchophragmus violaceus*(诸葛菜对水分胁迫的生理生化反应和调节适应能力)[J]. *J Southwest China Normal Univ(Nat Sci)*(西南师范大学学报·自然科学版), 25(1): 33-37
- Lin YK(林炎坤). 1989. Comparison and improvement of several common nthrone-colorimetric methods for sugar content in plant(常用的几种蒽酮定糖法的比较和测定)[J]. *Plant Physiol Commun(植物生理学通讯)*, (4): 53-55
- Li ZY(李朝阳), Jiang YF(姜业芳), Tian XR(田向荣), et al. 2006. Identification of difference between *Dolichomitriopsis* and *Isothecium* by using molecular mark(分子标记在鉴别拟船叶藓属和猫尾藓属中的应用)[J]. *Life Sci Res(生命科学研究)*, 10(3): 233-237
- Liu YD(刘应迪), Cao T(曹同), Xiang F(向芬), et al. 2001. Effect of high temperature stress on the activity of peroxidase of two species of mosses(高温胁迫下两种藓类植物过氧化物酶活性的变化)[J]. *Guihaia(广西植物)*, 21(3): 255-258
- Santarius KA. 1994. Apoplasmic water fractions and osmotic water potentials at full turgidity of some Bryidae[J]. *Planta*, 19(3): 32-37
- Shi JX(石进校), Li YD(刘应迪), Chen J(陈军), et al. 2002. Activation of SOD and content of MDA in *Epimedium grandiflorum* Morr leaves under waterlogging stress in soil(土壤涝渍胁迫对淫羊藿叶片膜脂过氧化和 SOD 活性的影响)[J]. *Life Sci Res(生命科学研究)*, 2: 29-31
- Wang JG(王俊刚), Zhang CL(张承烈). 2001. DNA damage and repair of two ecotypes of phragmites communis subjected to water stress(水分胁迫引起的两种不同生态型芦苇的 DNA 损伤与修复)[J]. *Acta Bot Sin(植物学报)*, 43(5): 490-494
- Wu XJ(伍贤进), Song SQ(宋松泉), Qian CM(钱春梅), et al. 2001. Effects of drying at different rates on desiccation sensitivity and membrane lipid peroxidation in Chinese Wampee *Clausena lansium* Axes(脱水速率对黄皮胚轴脱水敏感性及其膜脂过氧化的影响)[J]. *Acta Photophysiol Sin(植物生理学报)*, 27(5): 407-412
- Yuan YF(袁叶飞), Zhen HS(甄汉深), Ou XH(欧贤红). 2006. Determination of vitamin C content in *Ziziphus jujuba* by spectrophotometry(分光光度法测定大枣中的维生素 C 含量)[J]. *J Anhui Trad Chin Med Coll(安徽中学院学报)*, 25(2): 40-41
- Zhang DZ(张殿忠), Wang PH(汪沛洪), Zhao HX(赵会贤). 1990. Determination of the content of free proline in wheat leaves(测定小麦叶片游离脯氨酸的方法)[J]. *Plant Physiol Commun(植物生理学通讯)*, (4): 62-65

# 脱水与复水过程中湿地匍灯藓的生理生化响应

作者: [李朝阳](#), [田向荣](#), [陈军](#), [李菁](#), [LI Zhao-Yang](#), [TIAN Xiang-Rong](#), [CHEN Jun](#), [LI Jing](#)  
作者单位: [湖南吉首大学, 生物资源与环境科学学院, 湖南, 吉首, 416000](#)  
刊名: [广西植物](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
英文刊名: [GUIHAIA](#)  
年, 卷(期): 2009, 29(1)  
被引用次数: 18次

## 参考文献(13条)

1. [李燕红](#) [苔藓植物生理生态学](#) 1998
2. [赵亚华](#) [生物化学实验技术教程](#) 2000
3. [郭尧光](#), [张慧](#), [王保莉](#), [冯献忠](#) [干旱胁迫对小麦叶片核糖核酸酶活力及合成的影响](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 1994(2)
4. [李莉](#), [钟章成](#), [缪世利](#), [龙云](#) [诸葛菜对水分胁迫的生理生化反应和调节适应能力](#)[期刊论文]-[西南师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2000(1)
5. [林炎坤](#) [常用的几种蒽酮定糖法的比较和测定](#) 1989(04)
6. [李朝阳](#), [姜业芳](#), [田向荣](#), [陈军](#), [陈良碧](#), [李菁](#) [分子标记在鉴别拟船叶藓属和猫尾藓属中的应用](#)[期刊论文]-[生命科学研究](#) 2006(3)
7. [刘应迪](#), [曹同](#), [向芬](#), [彭春晖](#) [高温胁迫下两种藓类植物过氧化物酶活性的变化](#)[期刊论文]-[广西植物](#) 2001(3)
8. [Santarius KA](#) [Apoplasmic water fractions and osmotic water potentials at full turgidity of some Bryidae](#) 1994(03)
9. [石进校](#); [刘应迪](#); [陈军](#) [土壤渍涝胁迫对淫羊藿叶片膜脂过氧化和SOD活性的影响](#) 2002(02)
10. [王俊刚](#), [张承烈](#) [水分胁迫引起的两种不同生态型芦苇的DNA损伤与修复](#)[期刊论文]-[植物学报](#) 2001(5)
11. [伍贤进](#), [宋松泉](#), [钱春梅](#), [陈玲](#), [傅家瑞](#) [脱水速率对-黄皮胚轴脱水敏感性及其膜脂过氧化的影响](#)[期刊论文]-[植物生理学报](#) 2001(5)
12. [袁叶飞](#), [甄汉深](#), [欧贤红](#) [分光光度法测定大枣中的维生素C含量](#)[期刊论文]-[安徽中医学院学报](#) 2006(2)
13. [张殿忠](#); [汪沛洪](#); [赵会贤](#) [测定小麦叶片游离脯氨酸的方法](#) 1990(04)

## 本文读者也读过(10条)

1. [包维楷](#), [王春明](#), [吴宁](#) [青藏高原东部针叶林下8种藓类植物的持水和保水能力比较研究](#)[期刊论文]-[自然资源学报](#) 2004, 19(2)
2. [吴海辉](#), [乙引](#), [谢爱林](#), [龙健](#) [细枝赤齿藓\(Grythrodontium leptothallum\)水分吸收特征](#)[期刊论文]-[贵州师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2003, 21(2)
3. [罗在荣](#), [张显强](#), [唐金刚](#), [卢文芸](#), [乙引](#) [高温胁迫对鳞叶藓失水量与可溶性糖含量变化的影响](#)[期刊论文]-[贵州师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2003, 21(4)
4. [黄锦文](#), [陈冬梅](#), [郑红艳](#), [骆娟](#), [林争春](#), [林文雄](#), [HUANG Jin-Wen](#), [CHEN Dong-Mei](#), [ZHENG Hong-Yan](#), [LUO Juan](#), [LIN Zheng-Chun](#), [LIN Wen-Xiong](#) [暖季型草坪草对高温胁迫的生理响应](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2009, 17(5)
5. [李佑稷](#), [李菁](#), [陈军](#), [黄国文](#) [不同含水量下尖叶拟船叶藓光合速率对光温的响应及其模型](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2004, 15(3)
6. [吴楠](#), [魏美丽](#), [张元明](#) [生物土壤结皮中刺叶赤藓质膜透性对脱水、复水过程的响应](#)[期刊论文]-[自然科学进展](#) 2009, 19(9)
7. [吴虹玥](#) [五种林地地表锦丝藓的13种元素含量比较研究](#)[学位论文] 2004

8. [马姜明](#), [刘世荣](#), [史作民](#), [张远东](#), [陈宝玉](#), [MA Jiang-ming](#), [LIU Shi-rong](#), [SHI Zuo-min](#), [ZHANG Yuan-dong](#), [CHEN Bao-yu](#) 川西亚高山暗针叶林恢复过程中不同恢复阶段的定量分析[期刊论文]-[应用生态学报](#)2007, 18(8)
9. [吴玉环](#), [顾艳红](#), [刘鹏](#), [Zoltón Tuba](#), [WU Yu-huan](#), [GU Yan-hong](#), [LIU Peng](#), [Zoltón Tuba](#) UV-B辐射增强对长白山五种藓类植物生长的影响[期刊论文]-[应用生态学报](#)2007, 18(9)
10. [罗在柒](#), [乙引](#), [Luo Zaiqi](#), [Yi Yin](#) 喀斯特适生植物鳞叶藓水分生理适应性研究[期刊论文]-[贵州林业科技](#) 2006, 34(3)

#### 引证文献(14条)

1. [张显强](#), [李超](#), [王世杰](#), [孙敏](#) 喀斯特石生穗枝赤齿藓抗氧化防御系统对干旱胁迫的响应[期刊论文]-[广西植物](#) 2015(02)
  2. [张显强](#), [曾建军](#), [谏金吾](#), [罗正伟](#), [孙敏](#) 石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性[期刊论文]-[生态学学报](#) 2012(12)
  3. [张静](#), [张元明](#) 模拟降雨对齿肋赤藓(*Syntrichia*) *caninervis*) 生理特性的影响[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2014(02)
  4. [胡国霞](#) PEG预处理对水分胁迫下水稻抗氧化系统的影响[学位论文]硕士 2011
  5. [陈文佳](#), [张楠](#), [杭璐璐](#), [王媛](#), [季梦成](#) 干旱胁迫与复水过程中遮光对细叶小羽藓的生理生化影响[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2013(01)
  6. [斯琴巴特尔](#), [田桂泉](#), [包斯日古冷](#), [魏先君](#) 皇甫川流域两种优势藓类光合特性的比较研究[期刊论文]-[内蒙古大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(04)
  7. [胡国霞](#), [马莲菊](#), [陈强](#), [赵贵林](#), [褚妍](#), [任菲](#), [李雪梅](#) 植物抗氧化系统对水分胁迫及复水响应研究进展[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2011(03)
  8. [张显强](#), [曾建军](#), [谏金吾](#), [罗正伟](#), [孙敏](#) 石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性[期刊论文]-[生态学学报](#) 2012(12)
  9. [杜晓濛](#), [田向荣](#), [李菁](#), [曹丹](#), [胡荣](#), [魏玉晶](#) 藓类植物脱水耐性与生理生态适应性的研究进展[期刊论文]-[吉首大学学报\(自然科学版\)](#) 2013(04)
  10. [杜晓濛](#) 尖叶拟船叶藓耐脱水生理生态适应性的研究[学位论文]硕士 2013
  11. [吴楠](#), [魏美丽](#), [张元明](#) 生物土壤结皮中刺叶赤藓质膜透性对脱水、复水过程的响应[期刊论文]-[自然科学进展](#) 2009(09)
  12. [任菲](#) 预处理对水分胁迫下水稻幼苗抗氧化酶和内源激素的影响[学位论文]硕士 2012
  13. [包斯日古冷](#) 沙地与黄土丘陵区生物结皮层优势藓类植物褶叶青藓生理特性的研究[学位论文]硕士 2011
  14. [沈嘉](#) 烟草对UV-B辐射和干旱的生理响应及其与烟叶品质的关系[学位论文]博士 2013
- 引用本文格式: [李朝阳](#), [田向荣](#), [陈军](#), [李菁](#), [LI Zhao-Yang](#), [TIAN Xiang-Rong](#), [CHEN Jun](#), [LI Jing](#) 脱水与复水过程中湿地匍灯藓的生理生化响应[期刊论文]-[广西植物](#) 2009(1)