

土壤干旱和复水对结缕草生理特性的影响

王 微

(重庆文理学院 生命科学与技术学院, 重庆 402160)

摘 要:通过对结缕草在土壤干旱及复水过程中叶片相对含水量(RWC)、游离脯氨酸含量(Pro)、叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量、可溶性糖(TSC)含量等生理指标的测定,研究土壤干旱对结缕草生理特性的影响。结果表明:干旱胁迫引起结缕草的叶片相对含水量明显下降,游离脯氨酸含量、丙二醛含量及可溶性糖含量均随干旱天数的增加呈持续增加的趋势,而叶绿素含量和 SOD 酶活性先增后减。复水后各项生理指标除相对含水量、游离脯氨酸含量外均随着复水时间的增加逐渐恢复至对照水平。干旱胁迫下,结缕草水分平衡的保持、SOD 酶活性及丙二醛含量的增加以及脯氨酸和可溶性糖等渗透调节物质的积累,是结缕草抗旱的重要生理机制。

关键词:结缕草;干旱胁迫;复水;生理特性

中图分类号:S 688.406⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)23-0057-04

我国水资源匮乏,成为制约草坪发展的一个重要因子^[1],干旱胁迫会引起草坪草从内到外发生一系列生理、生化及形态上的变化^[2],因此研究草坪草抗旱生理,对草坪的经营管理具有重要价值。禾本科植物结缕草(*Zoysia japonica*)是我国宝贵的野生植物资源,主要分布于我国的山东省和辽宁省^[3]。结缕草具有发达的地上匍匐茎和地下根状茎,由于其繁殖能力强,生态适应幅度宽,因而被广泛应用于城市各类草坪的建植^[4]。但目前对草坪草抗旱性机理研究多是针对不同类型草坪草有限生理生化指标的比较以及抗旱性品种的选育^[5-9],对于结缕草抗旱性的研究大部分是短期的形态生理方面,而对结缕草对水分胁迫后的恢复研究也不多^[10]。该试验以西南地区广为栽种的结缕草为材料,研究土壤连续干旱及复水过程中生理指标的变化,探讨其对土壤干旱胁迫的生理响应机制,为草坪草抗旱性评价、生理指标筛选、抗旱栽培管理提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试草种为结缕草,为青岛海源草坪有限公司提供。

作者简介:王微(1981-),女,湖北黄冈人,硕士,副教授,现主要从事植物生态学教学与研究工作。E-mail:cqwuwangwei@163.com。
基金项目:重庆市教育委员会科学技术研究资助项目(KJ081212)。

收稿日期:2011-08-29

1.2 试验方法

2011年3月5日将结缕草种子洒播于重庆文理学院星湖校区生物园温室,5月6日进行移栽,采用草皮全铺法种植于盆高30 cm,口径为20 cm的花盆中,装入混合污泥、锯末、腐叶土等成分的中轻壤。待生长到3~4个真叶时进行干旱处理。

草种设3个处理:①CK:对照处理,正常水分管理;②处理I:干旱处理,试验开始起持续不浇水,草坪草由于土壤有效水分亏缺产生萎蔫现象,直至大部分枯黄;③处理II:水分胁迫第12天(即7月2日,50%结缕草出现萎蔫现象)清晨恢复供水,浇透直至盆底有水渗出。每个水平设3个重复。试验于2011年6月20日开始,7月20日结束,共30 d。

1.3 项目测定

1.3.1 叶片相对含水量 先测叶片鲜重 W_f ,再将叶片浸入蒸馏水中数小时,使叶片吸水成饱和状态。取出用吸水纸吸取表面的水分,立即放入已知重量的称瓶中称重,再放入蒸馏水中一段时间后取出吸干外面水分,再称重,直至重量不再增加为止。此时即为叶片吸水饱和时的重量 W_t ,再将样品烘干,求得组织干重 W_d ,从而计算叶片相对含水量(RWC)。相对含水量(RWC) = $(W_f - W_d) / W_t \times 100\%$ 。

1.3.2 游离脯氨酸含量 采用酸性茚三酮显色法^[11]稍加改良。称取0.5 g叶片放入具塞试管,加5 mL 3%磺基水杨酸,于沸水浴中提取10 min,离心,取上清液2 mL加入2 mL冰醋酸、2 mL酸性茚三酮,沸水浴显色30 min,520 nm波长处比色测定。

1.3.3 叶绿素含量 采用分光光度法^[11]。

1.3.4 超氧化物歧化酶活性 采用核黄素-NBT 法,以抑制氯化硝基氮蓝四唑(NBT)光化还原 50% 为 1 个酶活性单位^[12]。

1.3.5 丙二醛(MDA)含量 采用李合生^[11]的硫代巴比妥酸(TBA)显色法。

1.3.6 可溶性糖的含量 称取叶片 0.1 g,采用蒽酮乙酸酯比色法^[12]。从试验开始后的 3、6、9、12、15、20、24、27、30 d 上午 8:00 于生物园温室,分别采集处理和对照组植株叶片进行各项指标的测定。各项指标每 3 d 测 1 次。对不同处理对生理指标的影响采用单因素方差分析(one-way ANOVA),由 Spss 11.0 统计软件来完成。

2 结果与分析

2.1 叶片相对含水量

由图 1 可知,对照组在试验期间的叶片相对含水量都在一个很小的范围内变化,变化范围为 62.12%~67.36%,而处理组 I 和 II 与对照相比叶片相对含水量的变化较大,变化范围分别为 31.25%~67.68% 和 49.33%~66.58%。随着干旱胁迫天数的增加,结缕草叶片相对含水量逐渐下降,初期变化缓慢,但在干旱胁迫的第 15 天(叶片相对含水量值为 59.34%)后含水量下降的幅度加大,显著低于对照组($P<0.05$),持续干旱 21 d 时为 53.99%,30 d 时为 31.25%。干旱 12 d 进行复水后,结缕草叶片 RWC 明显上升,复水 6 d 内测得的 RWC 值和对照组差异不显著($P>0.05$),6 d 后 RWC 值则持续缓慢下降,虽然下降幅度较处理组 I 小,但都没能完全恢复到干旱胁迫前的水平。

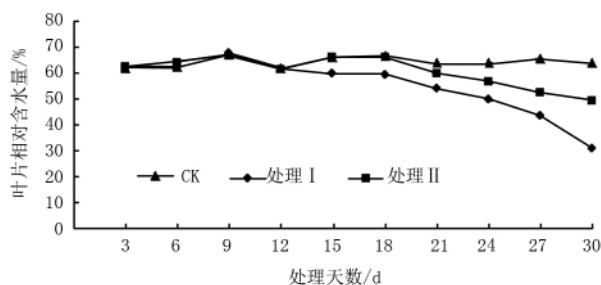


图 1 干旱与复水过程中叶片相对含水量的变化

注:CK:对照处理;处理 I:持续干旱;处理 II:水分胁迫第 12 天恢复供水。下同。

2.2 游离脯氨酸含量

由图 2 可知,对照处理的结缕草叶片游离脯氨酸(Pro)含量较低,变化波动小。处理 I 中游离脯氨酸含量随干旱天数增加呈持续增加的趋势。在干旱胁迫的第 12 天,处理 I 中游离脯氨酸含量为 14.715 $\mu\text{g/g}$,较 CK 组(10.573 $\mu\text{g/g}$)显著增大($P<0.05$),在胁迫的第 27 天(7 月 17 日)游离脯氨酸含量达到最高值 39.554 $\mu\text{g/g}$,为对照组的 3.3 倍。证明了在水分胁迫下会造

成体内游离脯氨酸的积累这一结论^[13]。处理 II 在复水 3 d 后游离脯氨酸含量迅速下降为 9.713 $\mu\text{g/g}$,和对照组值非常接近,而后有缓慢上升的趋势。在复水期的前 9 d 游离脯氨酸含量与对照组相比,差异均不显著($P>0.05$),后期则高于对照。

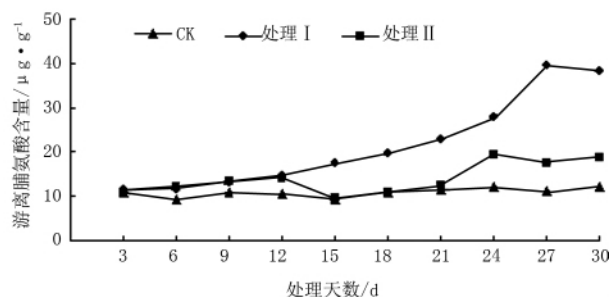


图 2 干旱与复水过程中游离脯氨酸含量的变化

2.3 叶绿素含量

色泽是草坪质量的一个主要评价指标,而外观的变化是植物适应性的直接表现^[14]。由图 3 可知,试验期间对照组叶绿素含量变化不大,保持在 1.5 mg/g 左右,随着干旱胁迫的加剧,处理 I 叶绿素含量先增加后减少,由胁迫第 3 天的 1.149 mg/g 上升到胁迫第 12 天的最高值 1.596 mg/g ,以后持续下降,在胁迫 30 d 时降低到 1.049 mg/g 。这是由于在干旱胁迫的前期,叶片的含水量虽然减少但叶绿素的合成不受影响,则其含量增加;在干旱胁迫的后期叶绿素合成速度小于分解速度,则其含量减少。处理 II 中,叶绿素含量也在胁迫第 12 天出现最高值 1.632 mg/g ,结束胁迫进行复水,叶绿素含量在此值以下波动,但均高于处理 I,复水 12 d 后(即试验的第 21 天),叶绿素含量与处理 I 相比,有显著差异($P<0.05$)。

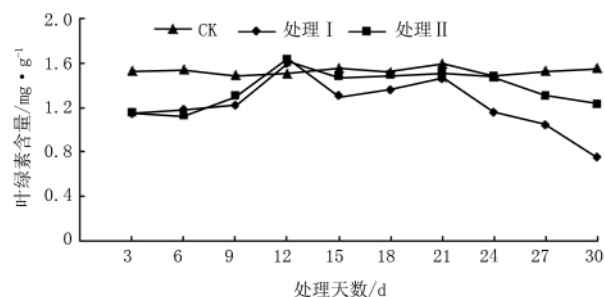


图 3 干旱与复水过程中叶绿素含量的变化

2.4 超氧化物歧化酶活性

由图 4 可知,干旱胁迫条件下超氧化物歧化酶(SOD)活性的整体变化趋势是先升后降。胁迫初期(0~15 d)呈缓慢增加趋势,活性均高于对照,处理 I 在干旱胁迫的第 24 天(7 月 14 日)测得峰值为 153.88 U/g,以后随着胁迫的进一步加深,处理 I 中 SOD 活性不断下降,但显著高于对照。复水处理后 SOD 活性的

变化相对处理I缓慢,与对照差异不显著($P>0.05$)。可以看出适度的干旱处理能提高草坪草 SOD 活性,起到“练苗”的作用。

2.5 丙二醛含量

由图 5 可知,CK 组处于正常的水分管理,丙二醛含量在 $5.522\sim7.608\ \mu\text{mol/g}$ 之间,而处理I由于长期处于干旱土壤中,植物体内水分流失,丙二醛含量呈上升趋势,且在干旱处理的第 27 天(7 月 17 日)测得峰值达到 $23.74\ \mu\text{mol/g}$ 。处理II在干旱胁迫的第 12 天(7 月 2 日)复水后丙二醛含量立即停止上升,由 $10.736\ \mu\text{mol/g}$ 逐渐下降到试验结束时的 $8.11\ \mu\text{mol/g}$ 。试验表明,随着干旱胁迫时间的加剧,结缕草丙二醛含量逐渐上升,复水后有所下降,恢复至起始水平。

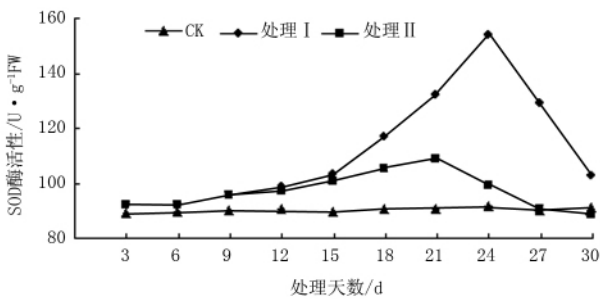


图 4 干旱与复水过程中超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化

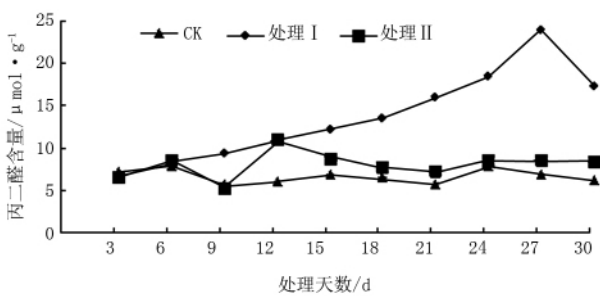


图 5 干旱与复水过程中丙二醛含量的变化

2.6 可溶性糖含量

随着干旱胁迫时间的延长,结缕草可溶性糖含量呈上升趋势,复水后含量有所下降。由图 6 可知,CK 组由于进行正常水分管理,可溶性糖含量在 $3.171\sim5.143\ \text{mg/g}$ 之间波动。处理组I,干旱胁迫下结缕草可溶性糖的含量呈明显上升趋势,由干旱初始(6 月 23 日)时的 $3.371\ \text{mg/g}$ 持续上升到胁迫的第 27 天(7 月 17 日)出现的峰值 $12.230\ \text{mg/g}$ 。处理II在复水后可溶性糖含量即停止上升,并逐渐恢复至对照水平。

3 结论与讨论

该试验对西南地区广为栽种的结缕草进行持续干旱和干旱后复水处理,分析叶片相对含水量、游离脯氨酸、叶绿素、超氧化物歧化酶、丙二醛、可溶性糖的生理

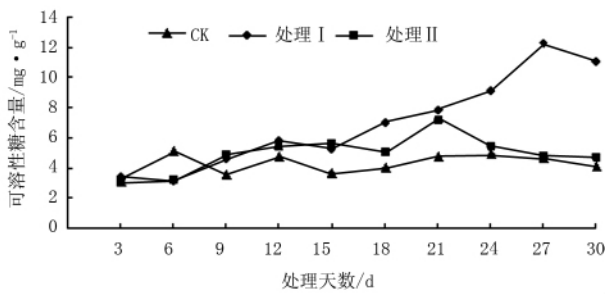


图 6 干旱与复水过程中叶片可溶性糖含量的变化

指标变化趋势。结缕草在干旱胁迫下各项生理指标都有所变化,且各项生理指标的变化进程不一致。游离脯氨酸含量、丙二醛及可溶性糖的含量指标变化突出,随着干旱天数的增加呈持续增加的趋势,且均在干旱胁迫处理的第 27 天(7 月 17 日)达到峰值。处理II即在干旱胁迫的第 12 天恢复供水,复水后土壤水分得以补充,干旱胁迫情况也都得以缓解,结果显示,在复水 3 d 后,结缕草生长情况有所改善,各项生理指标也有所恢复,丙二醛含量的变化最为显著,在复水 3 d 后(7 月 2 日)丙二醛含量停止上升趋势,并有所恢复,说明丙二醛对土壤干旱胁迫非常敏感。质膜相对透性的大小是膜伤害的重要标志,丙二醛是脂质过氧化的主要产物之一,其积累是活性氧毒害作用的表现,它的含量常被作为判断膜脂过氧化作用的一种主要指标^[15]。丙二醛含量随着干旱胁迫时间的延长和胁迫程度的加剧而明显上升,表明干旱胁迫打破了自由基生成和酶保护反应之间的动态平衡^[16],细胞膜遭到严重破坏,膜脂过氧化严重。复水后丙二醛含量停止上升趋势恢复到起始含量水平,而其它生理指标随着复水时间的增加也逐渐恢复。

游离脯氨酸和可溶性糖等是植物体内重要的渗透调节物质。研究表明,脯氨酸含量(Pro)变化可作为衡量草坪草抗旱能力的生理指标,以 Pro 高峰期出现的早晚及此时的含量高低可以较好地反应抗旱能力,即高峰期出现迟且含量高者为抗旱力强,反之抗旱力弱^[13]。与同类研究比较,土壤持续干旱下,结缕草 Pro 高峰期出现晚,表现出较强的抗旱特性。该研究结果表明,结缕草在土壤干旱胁迫后,可溶性糖等渗透调节物质含量都极显著增加。可溶性糖等渗透物质在细胞内累积,提高细胞液浓度,使植物在较低叶片水势下维持气孔开张和光合作用,阻止叶片卷曲和死亡,保证低水势时根的生长,因而有利于植物适应逆境,是植物自我保护生理途径的重要环节^[17-18]。可见,持续干旱条件下结缕草体内渗透调节作用的加强是其耐干旱的主要生理机制之一。

试验中,干旱胁迫条件下超氧化物歧化酶(SOD)活性的整体变化趋势是先升后降,活性均显著高于对

照,而复水处理后 SOD 活性又可逐渐恢复至对照水平。SOD 是细胞抵御活性氧伤害的酶保护系统,在清除超氧自由基、控制膜脂的过氧化作用、保护细胞膜正常代谢等方面起重要作用^[19]。结缕草在干旱胁迫条件下,植物体内会积累活性氧,而 SOD 酶的活性的增加,提高对活性氧的清除能力,从而减轻了活性氧对细胞的伤害。复水后,MDA 含量明显下降也说明结缕草具有一定的耐旱适应能力。叶片相对含水量是一个综合生理指标,它间接反映了各生理指标的强弱。

叶绿体色素含量不仅影响草坪草的色泽,而且影响其光合作用,进而影响其生长。该试验中,结缕草叶片叶绿素含量在干旱胁迫 12 d 后持续下降,说明土壤持续干旱对植物光合色素造成了一定破坏作用,但是,由于干旱下结缕草体内细胞膜保护酶系统酶活性的增强,及时清除过多的生物自由基,增强了植物体内抗氧化防御系统,保护了膜系统;同时由于细胞内渗透物质的累积,加强了植物体的渗透调节作用,以及植物内源激素含量的增加,提高了植物适应高温环境的能力。试验期间观察到萎蔫症状出现的较晚,进一步说明结缕草适应能力强,耐粗放管理。

该试验仅从常见的生理生化指标对结缕草的生理适应与土壤水分关系进行了初步的研究,并未涉及到干旱胁迫下结缕草根系的生理生化及其对地上部分的调控的研究,这对深入探讨干旱胁迫下草坪草水分关系具有重要的意义,有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] 隋媛,尹伟伦,夏新莉,等. 草坪草抗旱机制研究现状[J]. 北方园艺,2006(5):142-144.
- [2] 石永红,万里强,刘建宁,等. 干旱胁迫对 6 个坪用多年生黑麦草品

种抗旱性的影响[J]. 草地学报,2009,17(1):52-57.

- [3] 董厚德,宫利君,王艳,等. 中国结缕草生态学及其资源开发与应用[M]. 北京:中国林业出版社,2001:34-35.
- [4] 孙吉雄. 草坪学[M]. 北京:中国农业大学出版社,1995:6-65,127.
- [5] 胡化广,刘建秀,周志芳,等. 结缕草属植物抗旱生理机理[J]. 草地学报,2008,16(2):141-144.
- [6] 胡化广,刘建秀,宣继萍,等. 结缕草属植物的抗旱性初步评价[J]. 草业学报,2007,16(1):47-51.
- [7] 葛晋刚,宋刚,韩艳丽,等. 7 种暖季性草坪草抗旱性的评价及其生理机制的研究[J]. 江苏林业科技,2004,31(2):12-15.
- [8] 孙彦,杨青川,张英华. 不同草坪草种及品种苗期干旱性比较[J]. 草地学报,2001,9(1):16-20.
- [9] 周兴元,曹福亮,陈国庆. 四种暖季性草坪草几种生理指标与抗旱性的关系研究[J]. 草原与草坪,2003(4):29-32.
- [10] 王齐,孙吉雄,安渊. 水分胁迫对结缕草种群特征和生理特性的影响[J]. 草业学报,2009,18(2):33-38.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:134-137,258-261.
- [12] 邹琪. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:111-112,163-164.
- [13] 周兴元,曹福亮,刘国华. 两种暖季型草坪禾草对土壤持续干旱胁迫的生理反应[J]. 草业学报,2004,13(1):84-88.
- [14] 王玉刚,阿不来提,齐曼. 3 种成坪草坪草抗旱节水评价[J]. 草业科学,2005,22(9):82-85.
- [15] 苏梦云,范铭庆. 渗透胁迫和钙处理对杉木幼苗膜脂过氧化及保护酶活性的影响[J]. 林业科学研究,2000,13(4):391-396.
- [16] 金忠民. 干旱胁迫对三种冷季型草坪草保护酶的影响[J]. 北方园艺,2008(9):120-122.
- [17] Flowers T J, Troke P F, Yeo A R. The mechanism of salt tolerance in halophytes [J]. Annu. Rev. Plant Physiol., 1977,28:89-121.
- [18] Cakmak I, Horst W J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tips of soybean(*Glycine max*) [J]. Physiol. Plant, 1991,83:463-468.
- [19] 邵艳军,山仑. 植物耐旱机制研究进展[J]. 中国生态农业学报,2006,14(4):16-20.

Effects of Drought Stress and Rewatering on Physiological Characteristic of *Zoysia japonica*

WANG Wei

(College of Life Sciences and Technology, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402160)

Abstract: The effects of drought on the physiological characteristics of *Zoysia japonica*, the dynamic changes of leaf relative water content (RWC), content of proline (Pro), chlorophyll, malondialdehyde (MDA), total soluble carbohydrates(TSC) and superoxide dismutase(SOD) activity of *Zoysia japonica* were studied under drought stress and rewatering conditions in this study. The results showed that drought stress caused obvious declines in RWC, but the content of PRO, MDA and TSC were increased as water stress prolonged, and chlorophyll content and SOD activity increased at first then declined. All physiological indexes, except the contents of leaf relative water and proline, restored to the control check levels after rewatering. In summary, the ability to keep water balance, increased SOD activity, MDA content and accumulation of osmotic adjustment materials(PRO and TSC) could be the physiological mechanism of drought resistance for *Zoysia japonica*.

Key words: *Zoysia japonica*; drought stress; rewatering; physiological characteristic