

持续干旱胁迫对中宁枸杞水分生理的影响

宋丽华, 高 彬

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:选用 1 a 生中宁枸杞扦插苗为试验材料,在土壤持续干旱胁迫条件下,对中宁枸杞叶片叶绿素含量、质膜相对透性、自由水含量、束缚水含量、相对含水量和水分饱和亏缺、水势进行了测定与比较。结果表明:随着干旱胁迫程度的增加和持续时间的延续,枸杞叶片的叶绿素含量、自由水含量、相对含水量和叶水势均呈明显下降趋势,而质膜相对透性、束缚水含量、水分饱和亏均呈上升趋势,土壤含水量为 3.56% 时进行复水,枸杞叶片仍具有一定的活力,表明中宁枸杞具有很强的抗旱性。

关键词:土壤干旱胁迫;枸杞;生理响应;水势

中图分类号:S567.239.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2010)03-0015-05

Effect of Drought Stress on Water Physiology in *Lycium barbarum*

SONG Li-hua, GAO Bin

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: With one-year seedlings of *Lycium barbarum*, physiological responses of the seedlings to soil persistent drought stress were investigated. The results showed that as intensification of the soil drought stress, the chlorophyll content, free water, relative water content and water potential in seedlings decreased, but membrane permeability, bound water, RWD increased. When water content of soil decreased to 3.56%, *L. barbarum* still kept vitality as the resumption of water supply, indicating the capability of drought resistance of *L. barbarum*.

Key words: soil drought stress; *Lycium barbarum*; physiology response; water potential

水分是树木赖以生存的必要因子之一。树木在干旱胁迫条件下,会产生一系列的生理生化反应,从而影响树木正常的生命活动^[1-3]。因此,研究植物的抗旱机制及培育抗旱品种成为植物生理与育种的研究热点之一^[2-7]。中宁枸杞(*Lycium barbarum*)主要分布在宁夏、内蒙古西部、新疆、甘肃、河北等干旱或半干旱区,具有较强的耐盐和耐旱性^[8]。随着中宁枸杞栽培品种在全国各枸杞产区的引种和大规模栽培,其产量与当地的气候适应性越来越受到人们的关注。在宁夏地区,随着中宁枸杞“南移北扩”工程的实施,枸杞栽培地域面积不断扩大,但宁夏中部干旱区与南部山区因气候干燥少雨,土壤水分蒸发强烈,灌溉水资源有限,水分成为枸杞植株生长乃至

枸杞产业发展的主要限制因素。因此,研究枸杞抗旱生理特性具有重要意义。目前,尚未见关于枸杞抗旱机制研究的详尽报道。采用盆栽持续干旱胁迫的方法探讨干旱胁迫对中宁枸杞生长及水分生理特性的影响,以期枸杞的栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验采用 1 a 生宁杞 1 号扦插苗,于 2008 年 5 月中旬开始,对枸杞苗进行盆栽(35 cm×40 cm),每盆栽 1 株,缓苗 2 周后,于 2008 年 5 月 27 日浇透水,以后不再给水,使土壤自然干旱(持续干旱)。当土壤含水量达到重度干旱时,对处理进行复水。

试验设 2 个处理:正常浇水(CK)和持续干旱,每处理 3 个重复,每重复 6 盆。每隔 8 d 采幼苗的功能叶测定其生理指标,共测定 4 次,试验持续时间 30 d 左右。

1.2 方法

叶片叶绿素含量采用浸提液法测定;叶片膜透性采用电导分析法测定;植物组织中(叶片)自由水和束缚水含量采用阿贝折射仪法测定;相对含水量采用称重法测定;叶水势采用植物压力室测定。

土壤含水量(体积含水量)采用 TSCII 型土壤水分速测仪测定。试验期间连续测定土壤含水量变化(图 1)。

图 1 试验期间土壤含水量变化

Fig.1 Variation of soil water content during testing

1.3 数据处理

所有数据采用 Excel 和 DPS 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 土壤持续干旱对枸杞叶片相对电导率的影响

质膜相对透性的大小是衡量膜结构与功能完整性的可靠性指标,可以反映幼苗在持续干旱胁迫条件下的受害程度^[9]。随着土壤干旱胁迫程度的增加和时间的延续,枸杞叶片的相对电导率发生极显著变化($p<0.01$)变化,并且呈明显上升趋势(图 2)。复水处理后,枸杞叶片的相对电导率与处理前相比呈下降趋势。处理第 1 天时,叶片相对电导率为 22.2%,处理第 8 天时上升到 39.7%,与第 1 天时相比增加了 78.82%;处理第 15 天时为 36.4%,与第 1 天时相比增加了 73.86%;复水处理第 22 天时为 33.6%,与第 1 天时相比增加了 51.35%,与第 8 天、第 15 天时相比下降了 15.4%、7.7%。对照第 1 天时枸杞的相对电导率为 26.7%,第 8 天时上升到 3.0%,与第 1 天时相比增加了 12.35%,第 15 天时为 31%,与第 1 天时相比增加了 16.1%,第 22 天时为 3.27%,与第 1 天时相比增加了 22.47%;处理第 8 天、第 15 天时叶片相对电导率分别比对照增加了

32.3%和 17.4%。复水第 22 天,处理与对照相比增加了 2.7%。说明在持续干旱条件下,枸杞的相对电导率与对照相比增加幅度较大,干旱胁迫对其细胞膜的损害程度较大。试验过程中发现,在处理结束时,个别枸杞叶片已经出现萎蔫现象。

图 2 不同处理下枸杞叶片相对电导率变化

Fig.2 Variation of relative conductivity in leaf of *L. barbarum* under different treatments

2.2 土壤持续干旱对枸杞叶片叶绿素含量的影响

随着土壤干旱胁迫程度的增加和时间的延续,枸杞叶片的叶绿素含量呈极显著变化($p=0.002<0.01$),并且叶绿素含量呈下降趋势,复水处理后,枸杞叶片的叶绿素含量与处理前相比呈上升趋势(图 3)。处理第 1 天时叶绿素含量为 $54.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,处理第 8 天时为 $51.8 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与第 1 天时相比下降了 4.4%;处理第 15 天时为 $51.5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与处理第 1 天时相比下降了 4.4%。复水处理第 22 天时,叶绿素含量为 $58.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与处理第 1 天、第 8 天、第 15 天时相比,分别上升了 7.2%、10.9%、11.44%。对照第 1 天时叶片叶绿素含量为 $60.6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,第 8 天时为 $60.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与第 1 天相比下降 0.6%;第 15 天时为 $57.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与第 1 天时相比下降 5.4%;第 22 天时为 $56 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与第 1 天时相比下降 7.5%。处理第 1 天、第 8 天、第 15 天时叶片叶绿素含量分别较对照下降了 10.6%、13.9%、9.9%。从枸杞叶绿素含量变化幅度可以看出,在土壤持续干旱胁迫条件下,枸杞叶片的叶绿素含量随着干旱程度的增加和时间的延续,呈下降趋势。当土壤含水量达到重度干旱后进行复水,叶绿素含量呈上升趋势。

2.3 土壤持续干旱对枸杞叶片自由水、束缚水含量的影响

植物体内自由水和束缚水含量及其比值常与植物的生长及抗性有密切关系。自由水较多时,代谢活动较强,生长速度也较快,但抗性往往降低;而束缚水含量较高时,则情况相反。所以自由水与束缚水含量

是植物抗性生理的重要指标^[7]。由图 4 和图 5 可知,随着土壤干旱胁迫程度的增加和时间的延续,枸杞叶片的自由水和束缚水含量呈极显著变化($p=0.001<0.01$),并且自由水含量呈明显下降趋势,束缚水含量呈上升趋势。复水处理后,自由水含量呈上升趋势,束缚水含量呈下降趋势。

图 3 不同处理下枸杞叶绿素含量变化
Fig. 3 Variation of chlorophyll content in leaf of *L. barbarum* under different treatments

由水含量下降了 22.4%,束缚水含量上升了 60.5%;处理第 15 天时,自由水含量为 40.86%,束缚水含量为 39.14%,与第 1 天相比,自由水含量下降了 30.1%,束缚水含量上升了 81.5%;复水处理第 22 天时,自由水含量为 57.73%,束缚水含量为 22.27%,与第 1 天相比,自由水含量下降了 1.2%,束缚水含量上升了 3.3%;复水处理第 22 天时,自由水含量与第 8 天、第 15 天时相比分别增加了 27.2%和 41.3%,束缚水含量分别下降了 55.4%和 75.8%。

对照第 1 天时,叶片自由水含量为 59.22%,束缚水含量为 20.78%,第 8 天时自由水含量为 57.80%,束缚水含量为 22.20%,与第 1 天相比,自由水含量下降了 2.4%,束缚水含量上升了 6.8%;第 15 天时自由水含量为 58.34%,束缚水含量为 21.66%,与第 1 天相比,自由水含量下降了 1.5%,束缚水含量上升了 4.2%;第 22 天时自由水含量为 57.91%,束缚水含量为 22.09%,与第 1 天相比,自由水含量下降了 2.2%,束缚水含量上升了 6.3%。处理第 8 天、第 15 天时枸杞叶片自由水含量与对照相比,分别减少了 21.5%和 30.0%,束缚水含量与对照相比,分别上升了 55.9%和 80.7%。

2.4 土壤持续干旱对枸杞叶片相对含水量和水分饱和和亏的影响

水是植物生长的重要条件,而植物吸收水分的主要部位是根系。在干旱胁迫时,土壤中的可利用水减少,导致植物根系吸水困难,从而造成苗木含水量降低^[1]。由图 6 和图 7 可知,随着土壤干旱胁迫程度的增加和时间的延续,枸杞叶片的相对含水量和水分饱和亏发生极显著($p=0.001<0.01$)变化,并且相对含水量呈明显下降趋势,叶片水分饱和亏呈上升趋势。复水处理后,枸杞叶片的相对含水量呈上升趋势,叶片水分饱和亏呈下降趋势。

处理第 1 天时,枸杞叶片相对含水量为 90.12%,水分饱和亏为 9.87%,处理第 8 天时相对含水量为 86.52%,水分饱和亏为 13.48%,与处理第 1 天时相比,相对含水量下降了 3.9%,水分饱和亏上升了 36.58%;处理第 15 天时,相对含水量为 82.23%,水分饱和亏为 17.77%,与处理第 1 天相比,相对含水量下降了 8.7%,水分饱和亏上升了 80.47%;复水处理第 22 天时,相对含水量为 88.23%,水分饱和亏为 11.76%,与第 1 天相比,相对含水量下降了 2.1%,水分饱和亏上升了 19.15%;复水处理第 22 天时,枸杞叶片相对含水量较处理第 8 天、第 15 天时分别上升了 1.9%和 6.8%,水分饱和亏下降了 14.6%和 51.1%。

图 4 枸杞叶自由水含量变化

Fig. 4 Variation of free water content in *L. barbarum* leaf

图 5 枸杞叶束缚水含量变化

Fig. 5 Variation of bond water content in *L. barbarum* leaf

处理第 1 天时,枸杞叶片自由水含量为 58.43%,束缚水含量为 21.56%,处理第 8 天时,自由水含量为 45.39%,束缚水含量为 34.61%,与第 1 天时相比,自

图 6 不同处理下枸杞叶片相对含水量变化

Fig. 6 Variation of relative water content in leaf of *L. barbarum* under different treatments

图 7 不同处理下枸杞叶片水分饱和和亏变化

Fig. 7 Variation of RWD in leaf of *L. barbarum* under different treatments

对照第 1 天枸杞叶片的相对含水量为 89.85%，水分饱和亏为 10.15%，第 8 天时相对含水量为 88.47%，水分饱和亏为 11.53%，与第 1 天相比，相对含水量下降了 1.5%，水分饱和和亏上升了 13.6%；第 15 天时，相对含水量为 88.54%，水分饱和和亏为 11.46%，与第 1 天时相比，相对含水量下降了 1.5%，水分饱和和亏上升了 12.9%；第 22 天时相对含水量为 89.63%，水分饱和和亏为 10.37%，与第 1 天时相比，相对含水量下降了 0.2%，水分饱和和亏上升了 2.1%。处理第 8 天和第 15 天时枸杞叶片相对含水量与对照相比，分别下降了 2.2%和 7.1%，水分饱和和亏分别上升了 16.9%和 55.1%。

2.5 土壤持续干旱对枸杞叶水势的影响

水势是植物水分状况的一个重要指标，也是反映植物抗旱生理特性的指标之一，它的高低表明植物从土壤或相邻细胞中吸收水分以确保其进行正常的生理活动的能量水平^[10]。植物叶片水势代表植物水分运动的能量水平，能反映植物在生长季节各种生理活动受环境水分条件的制约程度。

由图 8 可知，随着土壤干旱胁迫程度的增加和

时间的延续，枸杞叶片的水势呈极显著($p=0.001<0.01$)变化，水势呈下降趋势。处理第 1 天时叶片水势为-2.3 MPa，第 8 天时为-2.2 MPa，较第 1 天上升了 4.5%；处理第 15 天时为-3.0 MPa，较第 1 天下降了 30.4%，较第 8 天下降了 36.3%。复水处理第 22 天时未测出水势。对照第 1 天时枸杞水势为-2.2 MPa，第 8 天时为-2.4 MPa，与第 1 天相比下降了 9.1%；第 15 天时为-2.3 MPa，与第 1 天相比降低了 4.5%。由此可知，持续干旱胁迫，对枸杞叶片的水势影响较大。

图 8 不同处理下枸杞水势变化

Fig. 8 Variation of water potential in twigs of *L. barbarum* under different treatments

3 结 论

随着干旱胁迫的加剧和时间的延续，枸杞叶片的叶绿素含量不同程度的减少，干旱胁迫对叶绿素含量有一定的影响，从而直接或间接影响了枸杞的光合速率，也影响了枸杞的正常生长；枸杞叶片的相对电导率呈上升趋势，这可能是对细胞膜产生了一定的伤害，导致渗透物质外流，引起相对电导率上升。持续干旱使枸杞叶片相对含水量减少，水分饱和和亏增大。干旱胁迫条件下，枸杞叶片失水增加，叶片出现萎蔫，叶片萎蔫程度与水分胁迫程度成正比。随着干旱程度的加剧，枸杞叶片的水分亏缺严重，自由水含量减少，束缚水含量上升；自由水含量随着干旱胁迫程度的加剧，下降幅度增大。持续干旱到土壤含水量为 3.56%时复水后发现，枸杞叶片仍具有一定的活力，表明枸杞具有很强的抗旱性。

参考文献：

[1] 师晨娟,刘勇,张林玉. 苗木抗旱生理及抗旱调控技术[J]. 世界林业研究,2006,19(3):33-37.
SHI C J, LIU Y, ZHANG L Y. Drought-resistance physiology and regulation technology of seedlings[J]. World Forestry Research, 2006,19(3):33-37.

[2]

刘淑明,陈海滨,孙长忠,等. 黄土高原主要造林树种的抗旱性研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(4):149-153.
LIU S M, CHEN H B, SUN C Z, *et al.* A study of the drought resistance of the main forestation trees in Loess Plateau[J]. Journal of Northwest University of Agricultural and Forestry: Nature Science Edition, 2003,31(4):149-153.

[3]

白洁冰,王志刚,陈飞,等. 食松、油松和樟子松抗旱水分生理比较研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(1): 10-13.
BAI J B, WANG Z G, CHEN F, *et al.* Water physiology of *Pinus edulis* Engelm., *P. tabulaeformis* and *P. sylvestris* var. *mongolica* under drought stress[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008,23(1): 10-13.

[4]

张道远,尹林克,潘伯荣. 桤柳属植物抗旱性能研究及其应用潜力评价[J]. 中国沙漠,2003,23(3):252-256.
ZHANG D Y, YIN L K, PAN B R. Study on drought-resisting mechanism of *Tamrix* L. and assessing of its potential application[J]. Journal of Desert Research, 2003,23(3):252-256.

[5]

孙志虎,王庆成. 应用 PV 技术对北方 4 种阔叶树抗旱性的研究[J]. 林业科学,2003,39(2):33-38.
SUN Z H, WANG Q C. The drought resistance of four broad-leaved species in the north of china with PV technique[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2003,39(2):33-38.

[6]

周朝彬,宋于洋,王炳举,等. 干旱胁迫对胡杨光合和叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北林学院学报,2009,24(4): 5-9.
ZHOU C B, SONG Y Y, WANG B J, *et al.* Effects of drought stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of *Populus euphratica* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009,24(4): 5-9.

[7]

李彦瑾,赵忠,孙德祥,等. 干旱胁迫下柠条锦鸡儿的水分生理特征[J]. 西北林学院学报,2008,23(3):1-4.
LI Y Y, ZHAO Z, SUN D X, *et al.* Hydrological physiological characteristics of *Caragana korshinskii* under water stress [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008,23(3): 1-4.

[8]

郑国琦,胡正海. 宁夏枸杞的生物学和化学成分的研究进展[J]. 中草药,2008,39(5):796-800.
ZHENG G Q, HU Z H. The research progress of biology and chemical compounds in *Lycium barbarum* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2008,39(5):796-800.

[9]

党青,韩刚,孙德祥,等. 干旱胁迫下杨柴的抗氧化防御系统研究[J]. 西北林学院学,2008,23(4):1-4.
DANG Q, HAN G, SUN D X, *et al.* Antioxidation defence system of *Hedysarum mongolicum* Turcz. under drought stress[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008,23(4):1-4.

[10]

李继文,王进鑫,张慕黎,等. 干旱及复水对刺槐叶水势的影响[J]. 西北林学院学,2009,24(3):33-36.
LI J W, WANG J X, ZHANG M L, *et al.* Effect of drought and rewater on leaf water potential of *Robinia pseudoacacia* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009,24(3): 33-36.

(上接第 14 页)

[6]

周海光,刘广全. 黄土高原水蚀风蚀复合区几种树木蒸腾耗水特性[J]. 生态学报,2008,28(9):4568-4572.
ZHOU H G, LIU G Q. Characteristic of trees' water-consume in loess-altiplano water-erode area [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008,28(9):4568-4572.

[7]

任庆福,孟平. 华北平原农田毛白杨防护林蒸腾变化规律及其与气象因子的关系[J]. 林业科学研究,2008,21(6):797-802.
REN Q F, MENG P. Analysis on water-consume and meteorologic elements of *Populous tomentosa* in the North plain of China[J]. Forest Research, 2008,21(6):797-802.

[8]

王得祥,康博文,刘建军,等. 主要城市绿化树种苗木耗水特性研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(4):20-23.
WANG D X, KANG B W, LIU J J, *et al.* Study on characteristic water-consume of mostly garden-trees [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004,19(4):20-23.

[9]

闫文德,田大伦. 樟树人工林小气候特征研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(2):30-34.
YAN W D, TIAN D L. Study on characteristic of meteorologic element in man-made forest of camphor [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006,21(2):30-34.