

谐变供水条件下元宝枫幼树叶片中 SOD 活性的变化

李建民¹, 王进鑫¹, 赵广贤²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西省龙草坪林业局, 陕西 武功 712200)

摘要:通过早棚人工控水,以元宝枫的生长阶段作为因素,采用三元二次通用旋转组合设计,对元宝枫不同生长阶段下供水量与供水方式对叶片中超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响进行了研究。结果表明,均恒供水条件下,当土壤相对含水率低于 87.84%时,SOD 酶活性随土壤含水量的增大而增大。当土壤相对含水率超过 87.84%时,生长前期 SOD 酶活性随含水量的增高而增大,在生长盛期和生长后期则随土壤含水量的增高而降低。元宝枫生长期中,SOD 酶活性在生长盛期有所升高,在生长后期酶活性有所下降。谐变供水条件下,幼树叶片中超氧化物歧化酶活性随年均土壤供水能力和幼树各生长阶段供水模式的不同而变化。在单一阶段土壤相对含水率不超过 87.84%时,幼树 SOD 酶活性随生长前期和生长后期随供水量的增大而增大;在单一阶段土壤相对含水率超过 87.84%时,幼树叶片中 SOD 活性在中前期—生长前期和生长盛期随供水量的增加而增大。在土壤供水能力基本相同时,不同生长阶段供水量的分配对元宝枫幼树 SOD 活性有较大影响。综合分析表明,生长前期供水与 SOD 活性呈正相关,生长后期和生长中期供水量与 SOD 活性呈负相关。

关键词:元宝枫;年生长阶段;供水方式;SOD

中图分类号:S792.350.1

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2006)06-0024-04

万方数据

The Change of SOD on Periodic Change Water Supply in Different Growth Stages during Annual Growth Period for *Acer truncatum* Youngling

LI Jian-min¹, WANG Jin-xin¹, ZHAO Guang-xian²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Shaanxi Longcaoping Forestry Bureau, Wugong, Shaanxi 712200, China)

Abstract: Using the artificial water control technique in the shed of free-rain and periodically changing water supply at different growth stages during annual growth period, we examined the SOD activity in leaves of *Acer truncatum* youngling to water stress. The results showed that the SOD activity was affected by the average amount and procedure of water supply at different growth stages over the annual growth period. The SOD activity of *A. truncatum* youngling increased with increasing water supply at the early growth stage and the late growth stage when the relative soil moisture was no more than 87.84% at any growth stage. When the relative soil moisture was more than 87.84% at any single growth stage, the SOD activity of *A. truncatum* youngling increased with increasing water supply at the early growth stage and fast growing stage. The apportionment of water supply among growth stages had a big impact on the SOD activity, showing the highest sensitivity of *A. truncatum* to soil water stress at the early growth stage.

Key words: *Acer truncatum*; annual growth stages; process of water supply; SOD

植物在不同生长发育阶段对水分的需求存在着差异^[1]。目前,涉及栽培植物“生长阶段”的植物与水

分关系的研究,主要集中在农作物和牧草上,对木本植物的研究极少报道。尤其是树木年生长期各生

收稿日期:2006-06-05 修回日期:2006-07-01

基金项目:国家自然科学基金项目(30371151);教育部留学回国人员科研启动基金资助项目资助

作者简介:李建民(1981-),男,河南辉县人,硕士研究生,研究方向为生态环境工程

*通讯作者:王进鑫,男,教授,主要从事旱区人工林生态系统水分运移调控与生物节水理论研究。Email: jxinw03@hotmail.com

长阶段,对不同类型、不同强度节律性干旱胁迫的生理生化反应的相关研究,国内外均缺乏实验性研究^[2]。对这些问题的深入研究,可以进一步从理论上阐明树木对节律性干旱胁迫的生理生化响应机制。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验树种为2a生元宝枫。起苗前对圃地苗木进行调查并逐一标记,起苗后进行挑选,确保苗高、地径与长势一致。苗木定植前除去培养基质,冲洗根系后用吸水纸吸去表面水分,用电子天平称量苗木鲜重。栽培基质为黄绵土,质地轻壤,田间持水量18.75%;风干土过筛,除去石砾、结核及林草根系,充分混匀备用;试验期间栽培基质保持自然肥力,不施肥。

1.2 年生长阶段划分

根据元宝枫年高生长进程观测资料,采用Logistic生长曲线划分生长阶段^[3]。以70%田间持水量条件下的观测资料为基础,按3段制划分为生长前期(3月20日至5月10日)、生长盛期(5月11日至7月11日)和生长后期(7月12日至9月26日)。

1.3 试验设计与布设

土壤供水采用不同水量谐波供水方式,即将元宝枫年生长阶段作为试验因素,同一处理各生长阶段的土壤供水量和供水强度呈现出有规律性的变化——节律性干旱胁迫^[2]。该供水方式试验采用三因素二次通用旋转组合设计^[4],共20个处理,每一处理重复2次(表1)。土壤湿度采用相对含水率表示,下限为40.00%,上限100%,共设5个水平,分别为相对含水率40.00%、52.16%、70.00%、87.84%、100%。栽培容器为塑料桶,高30cm,口径27cm。土壤平均容重 $1.15\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,保持各容器干土重相同。2月初起苗,去除基质,清洗并称量苗木鲜重后,栽植于容器中,灌水至田间持水量,其后依试验设计逐步调整各处理土壤含水量,使其达到设计水平。为保持各处理土壤水分相对稳定,除每天补充灌水外,土壤表面用蛭石覆盖。每一阶段结束前5d,对土壤含水量由高水平转为较低水平的处理,停止供水并除去蛭石,促使土壤水分快速消耗,达到下一阶段的控制目标,其余处理在下一阶段开始当日直接通过供水,调整到设计的土壤湿度水平。土壤水分含量采用称重法控制,每3d称量1次。

1.4 测定项目与方法

SOD活性测定采用氮蓝四唑比色法^[5]。在每阶段控水处理后期,在树体的各个方位采集成熟叶片。

每个处理所采样品为各重复的均量混合样。将样品液氮速冻后保存在-70℃超低温冰箱中,待全部样品采完后测定。

表1 元宝枫幼树不同生长阶段谐波供水试验方案

Table 1 Design of experiment on periodic change water supply in different growth stages during annual growth period for *Acer truncatum* youngling

处 理 号	生长前期		生长盛期		生长后期	
	因子 编码	土壤相对 含水率/%	因子 编码	土壤相对 含水率/%	因子 编码	土壤相对 含水率/%
1	1	87.84	1	87.84	1	87.84
2	1	87.84	1	87.84	-1	52.16
3	1	87.84	-1	52.16	1	87.84
4	1	87.84	-1	52.16	-1	52.16
5	-1	52.16	1	87.84	1	87.84
6	-1	52.16	1	87.84	-1	52.16
7	-1	52.16	-1	52.16	1	87.84
8	-1	52.16	-1	52.16	-1	52.16
9	1.682	100	0	70.00	0	70.00
10	-1.682	40.00	0	70.00	0	70.00
11	0	70.00	1.682	100	0	70.00
12	0	70.00	-1.682	40.00	0	70.00
13	0	70.00	0	70.00	1.682	100
14	0	70.00	0	70.00	-1.682	40.00
15	0	70.00	0	70.00	0	70.00
16	0	70.00	0	70.00	0	70.00
17	0	70.00	0	70.00	0	70.00
18	0	70.00	0	70.00	0	70.00
19	0	70.00	0	70.00	0	70.00
20	0	70.00	0	70.00	0	70.00

2 结果与分析

2.1 均恒供水条件下,元宝枫叶片中SOD活性的变化

SOD是膜脂过氧化防御系统的主要保护酶,它能够催化活性氧发生歧化反应,产生无毒分子氧和过氧化氢(H_2O_2),防止活性氧的积累,减轻由膜脂过氧化所引起的膜伤害。

均恒供水条件下,当水分处理水平不超过87.84%时,SOD酶活性随土壤含水量的增大而增大。但不同的生长阶段增大幅度不同,在生长前期增大幅度较小,在生长盛期和生长后期增大幅度较大。当土壤水分处理水平超过87.84%时,生长前期SOD酶活性随含水量的增高而增大,在生长盛期和生长后期则随含水量的增高而降低。5个水分处理

水平下元宝枫年生长期中,与生长前期相比较, 所下降(表 2)。SOD 酶活性在生长盛期有所升高,在生长后期均有

表 2 干旱胁迫对元宝枫幼树 SOD 活性的影响

Table 2 Effect of drought stress on SOD activity in the leaves of *Acer truncatum* youngling $U \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$

生长阶段	土壤相对含水率/%				
	40.00	52.16	70.00	87.84	100
生长前期	1 150.0	1 156.8	1 162.7	1 163.4	1 165.7
生长盛期	1 141.4	1 158.0	1 170.1	1 186.5	1 182.6
生长后期	983.3	990.0	1030.5	1 162.6	1 025.0

2.2 不同生长阶段谱变供水条件下叶片中 SOD 活性的变化

气候的季节性变化及树种不同生长阶段的异速生长特性,使得同一树种不同生长阶段对土壤水分有着特定的需求。图 1 是回归通用旋转组合设计试验中,各生长阶段具有明显谱变供水特点的几个处理叶片中 SOD 活性的变化,其中,每 3 个相邻的直方图(下图)代表一个试验处理,该处理对应的幼树

叶片中超氧化物歧化酶活性位于其正上方(上图)直方图。从图 1 可以看出,在土壤供水总量基本一致的情况下,幼树超氧化物歧化酶活性随各生长阶段供水模式的不同而变化,在单一阶段土壤相对含水率低于 87.84% 时,幼树 SOD 酶活性随生长前期和生长后期供水量的增大而增大;在单一阶段土壤相对含水率超过 87.84% 时,幼树 SOD 酶活性随中前期一生长盛期和生长前期供水量的增加而增大。

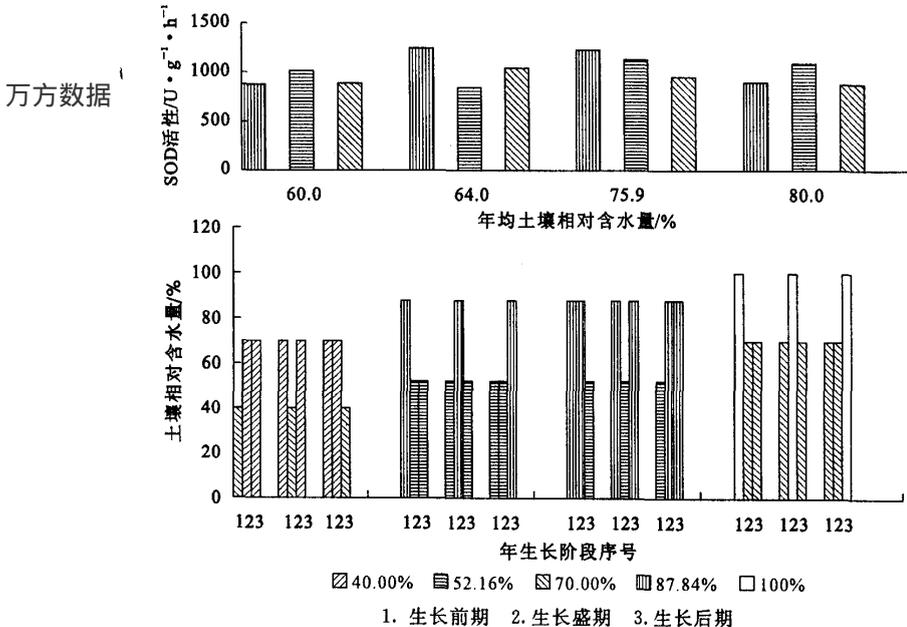


图 1 土壤含水量与谱变供水模式对幼树超氧化物歧化酶活性的影响

Fig. 1 Impact of the amount and type of soil water supply on SOD activity by individual *Acer truncatum* youngling

通过对 20 个处理幼树叶片中超氧化物歧化酶与各生长阶段土壤供水状况综合分析,求得各因子编码的多元非线性模型为:

$$Y = 1002.7 + 71.2X_1 - 6.6X_2 - 1.9X_3 + 29.7X_1X_2 - 43.2X_1X_3 + 12.4X_2X_3 - 12.4X_1^2 + 45.7X_2^2 - 13.4X_3^2$$

式中:Y 为幼树生长期超氧化物歧化酶活性, X_1 、 X_2

和 X_3 分别为生长前期、生长盛期和生长后期土壤含水率的编码值。

经检验该回归模型相关系数 ($R = 0.740, R_{0.01} = 0.734$), 回归关系极显著。由于正交设计消除了各回归系数间的相关性。因此,一次项编码回归系数的大小即表明了各生长阶段供水因素对 SOD 活性的作用程度。很明显,生长前期供水量对超氧化物歧化

酶活性的贡献最大,生长后期和生长中期供水量与超氧化物歧化酶活性呈负相关。

3 结论与讨论

在水分胁迫条件下保护酶活性的变化已有较多的报道^[6~9],一般认为耐旱植物在水分胁迫时,SOD 酶活性的变化有的表现为先升后降,有的则表现为维持恒定或略有增高的趋势。在均恒供水条件且土壤相对含水量低于 87.84%的情况下,元宝枫幼树叶片中 SOD 酶活性随胁迫程度的增高而下降;这与胡景江等^[10]对元宝枫抗旱性的研究一致。当土壤相对含水量超过 87.84%时,SOD 酶活性轻微下降,这可能是土壤含水量太高,植物正常代谢受到干扰所致。在同一水分处理水平下,元宝枫整个生长阶段中,SOD 酶活性表现为先升后降。

近年来,有关水分补偿效应的研究开始从农艺指标转向生理生化指标,并试图用生理生化指标的变化解释前者的补偿规律。前期水分胁迫补偿效应的后效性,可能是水分胁迫抑制叶片发育,导致作物叶片年龄发生变化所致^[11,12],也可能与水分胁迫改变了作物体内酶的活性有关^[13,14]。在谐变供水条件下,对元宝枫幼树叶片中 SOD 活性变化的研究表明,当某一生长阶段土壤相对含水量不超过 87.84%时,幼树 SOD 酶活性随生长前期和生长后期供水量的增大而增大;当土壤相对含水量高于 87.84%时,幼树叶片中超氧化物歧化酶活性随中前期一生长前期和生长盛期供水量的增加而增大。

通过对 20 个处理幼树叶片中超氧化物歧化酶与各生长阶段土壤供水状况综合分析,求得各因子编码的多元非线性模型,结果显示生长前期供水量

与超氧化物歧化酶活性呈正相关,生长后期和生长中期供水量与超氧化物歧化酶活性呈负相关。

参考文献:

- [1] North G B, Nobel P S. Heterogeneity in water availability alters cellular development and hydraulic conductivity along roots of a desert succulent[J]. *Annals of Botany*, 2000, 85: 247-255.
- [2] 王进鑫,黄宝龙,王明春,等. 侧柏幼树不同生长阶段对水分的敏感性与蒸腾效率[J]. *生态学报*, 2005, 25(4): 711-718.
- [3] 李秋元,孟德顺. Logistic 曲线的性质及其在植物生长分析中的应用[J]. *西北林学院学报*, 1993, 8(3): 81-86.
- [4] 白厚义,肖俊璋. 试验研究及统计分析[M]. 西安:世界图书出版西安分公司, 1998. 239-248.
- [5] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司, 2000.
- [6] 蒋明义,荆家海. 水分胁迫与膜脂过氧化[J]. *西北农业大学学报*, 1991, 19(2): 88-93.
- [7] 孙昌祖. 渗透胁迫对青杨叶片氧自由基伤害及膜脂过氧化影响[J]. *林业科学*, 1993, 29(2): 104-108.
- [8] 姚允聪. 不同浇水处理过程中柿树 SOD、CAT 和膜脂过氧化作用的变化[J]. *北京农学院学报*, 1996, 22(5): 451-455.
- [9] 王茅雁. 水分胁迫对玉米保护酶活力及膜系统结构的影响[J]. *华北农学报*, 1995, 10(2): 43-49.
- [10] 胡景江,顾振瑜. 水分胁迫对元宝枫膜脂过氧化作用的影响[J]. *西北林学院学报*, 1999, 14(2): 7-11.
- [11] 郭相平. 水分胁迫的滞后效应[D]. 南京:河海大学, 2002.
- [12] Ludlow M M, Ng T T. Water stress suspends leaf aging[J]. *Plant Science Letters*, 1974(3): 235-240.
- [13] Van C W, Willekens H, Bower C, et al. Elevated levels of superoxide dismutase protect transgenic plants against ozone damage[J]. *Bio. Technology*, 1994, 12: 165-168.
- [14] Zhang J X, Kirkham M B. Drought stress induced changes in activities of superoxide dismutase catalase and peroxidase in wheat species[J]. *Plant Cell Physiol*, 1994, 35(5): 785-791.