

# 土壤干旱对油松生长及水分利用的影响<sup>\*</sup>

杨建伟<sup>1, 2</sup>, 梁宗锁<sup>1</sup>, 韩蕊莲<sup>1</sup>, 王培榛<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2 南阳师范学院, 河南 南阳 473061)

**[摘 要]** 在适宜土壤水分(田间持水量的70%)、中度干旱(田间持水量的55%)和严重干旱(田间持水量的40%)3种土壤水分条件下,研究了油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)苗木生长及水分利用特征。结果表明,随着土壤含水量的降低,油松叶水势、叶含水量、生长速率显著下降。油松枝条的快速生长和干物质迅速积累时期主要集中在4~5月;总耗水量和总生物量的大小顺序为:适宜水分>中度干旱>严重干旱;水分利用率(WUE)则表现为中度干旱最高,严重干旱最低;在适宜水分条件下油松的日、旬、月耗水量明显高于中度干旱和严重干旱处理;3种土壤水分处理下,油松耗水高峰期均为5~8月,最高旬耗水量均在7月上旬,最高耗水日均在7月5日,但在不同土壤水分条件下其耗水日进程存在差异;在中度干旱和严重干旱条件下,SOD活性呈现先升后降的规律,在严重干旱条件下,SOD活性高峰期维持时间较短;3种处理下的K<sup>+</sup>含量在胁迫后期均高于胁迫初期,表明K<sup>+</sup>含量与油松抗旱性有一定的相关性。

**[关键词]** 油松;土壤干旱;苗木生长;水分利用率

**[中图分类号]** S791.254.02

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2004)04-0088-06

油松是三北地区尤其是黄土高原地区的重要造林树种,具有耐高温、耐干旱的特性。由于黄土高原地区干旱缺水、降雨集中、水土流失严重<sup>[1,2]</sup>,使油松苗木成活及生长过程极易遭受到持续干旱胁迫的危害,从而限制油松林的成活、生长及经济效益的发挥。关于油松耗水特性的研究已有许多报道<sup>[3,4]</sup>,但主要集中在华北和东北地区,而对严重缺水的黄土高原的常用造林树种油松的研究较少,尤其缺乏在不同土壤干旱条件下,油松生长和水分利用特征的系统研究。本研究针对当前黄土高原大面积人工造林树种选择所面临的问题,以黄土高原已经大面积栽植的油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)为试验材料,在陕北黄土高原的黄绵土上,人工控制土壤水分含量后,模拟该树种生长环境的土壤水分条件,系统地研究了不同土壤水分条件下,油松对环境水分的利用规律,以期为黄土高原人工造林树种的选择、维持和调节生态系统的水分平衡提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与水分处理

本试验以黄土高原常见的造林树种油松(*Pinus*

*tabulaeformis* Carr.)为试材,由中国科学院安塞生态试验站提供1年生的实生苗。试验用土为安塞生态站的黄绵土,田间持水量为21.5%。设置适宜水分、中度干旱、严重干旱3种处理,其土壤含水量分别是田间持水量( $\theta$ )的70%、55%和40%,各处理分别设置5~6盆重复,每盆栽植3~4株苗,待成活后选择大小基本一致的苗木保留2株,于2001-03-06植入口径20 cm高30 cm的生长钵内,放置于中国科学院水土保持研究所的可移动模拟干旱防雨棚内培养,雨天用防雨棚遮雨,晴天露地生长。从移栽次日开始,每天定时用重量法控制土壤含水量,并加水补充其蒸腾损失,为排除土壤蒸发用塑料薄膜覆盖盆面裸土。每次用量杯记录加水量,整个试验持续至10月中旬结束,历时210 d。

### 1.2 测定项目及方法

1.2.1 水分关系与水分利用率 (1)水势的测定。在每月晴朗天气的早上9:00采样,快速带回实验室用小液流法测定<sup>[5]</sup>,每处理3个重复。(2)叶片含水量的测定。选取功能叶,用烘干称重法测定。(3)水分利用率(WUE)计算。公式为:水分利用率=总生物量/生长季总耗水量。

<sup>\*</sup> [收稿日期] 2003-02-21

[基金项目] 国家自然科学基金项目(90302005);中国科学院知识创新基金项目(KZCX1-06)。

[作者简介] 杨建伟(1965-),女,河南西峡人,副教授,硕士,主要从事植物抗旱及水分生理研究。

[通讯作者] 梁宗锁(1965-),男,陕西扶风人,研究员,博士,主要从事植物抗旱及水分生理研究。E-mail: liangzs819@163.net

1.2.2 新生枝条生长及干物质月增量的测定 每隔 15 d, 定时用毫米刻度尺定位测量新生枝条长度的变化, 计算新生枝条单位时间的生长速率。从移栽后每月选取有代表性的枝条烘干称重, 计算干物质月增量。试验结束时苗木的总干重再减去栽前干重, 即为总生物量。

1.2.3 耗水量的测定 每天定时称盆重, 在排除土壤蒸发和苗重的增量后, 以盆重的减少量为树种的当日耗水量, 并加水补充至设定土壤含水量。旬耗水量为当月每旬每日的耗水量总和, 月耗水量为当月每日耗水量的总和, 总耗水量为整个生长季每天加水量与试验前后土壤含水量变化的差值。耗水日进程采用称重法测定, 从早上 7:00 到下午 19:00, 每隔 2 h 称盆重 1 次。

1.3.4 SOD 活性与  $K^+$  含量的测定 每月选择晴朗天气于 8:00~10:00 采样, 用分光光度法测定

SOD 活性, 每处理重复 3 次<sup>[5]</sup>。每月选择晴朗无云天气于 8:00~10:00 取样烘干保存, 待试验结束时统一用火焰分光光度计法测定  $K^+$  含量, 每处理重复测定 3 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤含水量对油松叶水势及叶含水量的影响

图 1 表明, 在 3 种土壤水分条件下, 油松叶水势随时间延长均有不同程度的下降, 且在严重干旱时叶水势下降幅度最为显著。在 3 种水分条件下, 油松水势分别从 -0.6, -0.8, -1.0 MPa 下降至 -1.3, -1.9, -2.7 MPa。图 2 表明, 油松的叶含水量在适宜水分条件下变化不大, 始终维持在 66% 左右, 在中度干旱时略有下降(从 64% 降至 60%), 在严重干旱时下降幅度较大(从 64% 降至 52%)。

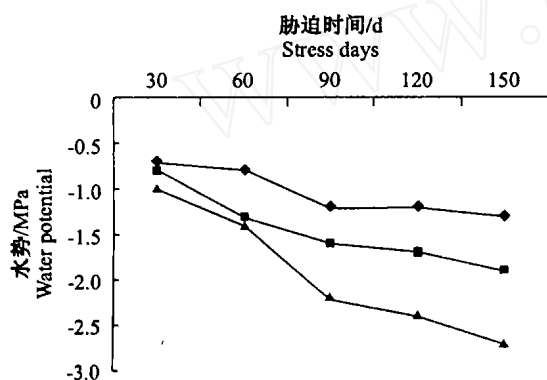
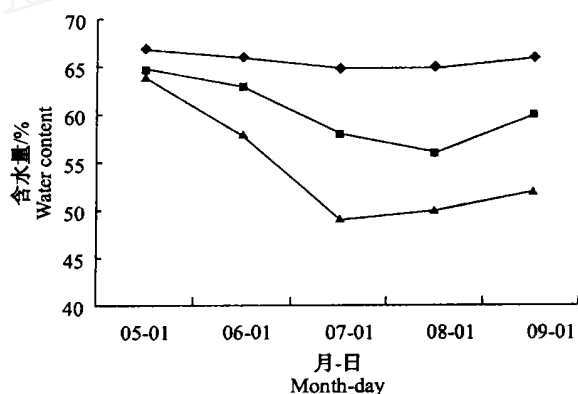


图 1 不同土壤水分条件下 5~9 月油松叶水势的变化

- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - △ - 严重干旱

Fig 1 Changes of water potential of *Pinus tabulaeformis* under different soil water stress from May to September

- - - Fitted soil water content; - □ - Medium drought;  
- △ - Serious drought



2 不同土壤水分条件下油松 5~9 月叶片含水量的变化

- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - △ - 严重干旱

Fig 2 Changes of water content of *Pinus tabulaeformis* under different soil water stress from May to September

- - - Fitted soil water content; - □ - Medium drought;  
- △ - Serious drought

### 2.2 土壤含水量对油松枝条生长速率和月干物质增量的影响

从图 3 可以看出, 3 种水分处理条件下, 油松的枝条生长量在整个生长季均表现出 S 形大周期现象, 其生长速率表现为适宜水分 > 中度干旱 > 严重干旱。其中 3 月份生长较慢, 4 月上旬以后各处理的生长速率急剧加快, 以 4 月上旬~6 月上旬增速最快。图 4 表明, 在各水分处理条件下, 干物质积累主要在 3~6 月进行, 其中干物质快速增加期集中在 4~5 月, 在严重干旱条件下, 油松枝条的伸长量和干物质增加量明显下降。

### 2.3 不同土壤含水量对油松耗水量的影响

水分是限制植物分布和生长的最主要因子之一, 在干旱半干旱地区, 植物对水分的消耗主要受大气蒸发、土壤可利用水量及物种特性的影响<sup>[6]</sup>。从图 5 可以看出, 在油松整个生长季中, 3~4 月和 9~10 月耗水处于最低水平, 5~8 月为耗水高峰期, 其最高耗水月在 7 月, 各处理均在 07-05 达到最高日耗水值。从表 1 可以看出, 3 种土壤水分处理下, 油松最高旬耗水量均在 7 月上旬。从 5 月树叶完全展开到 10 月上旬落叶前为止, 在每月晴朗无云的天气里, 对油松的日耗水变化进行跟踪测定 2~3 次, 发现在不同的测定日, 油松耗水动态存在明显差异。以

08-21(图 6)的耗水日变化为例,在 12: 00 左右为耗水高峰且为单峰曲线,在严重干旱条件下的日耗水量

量显著低于适宜水分和中度干旱条件下的日耗水量。

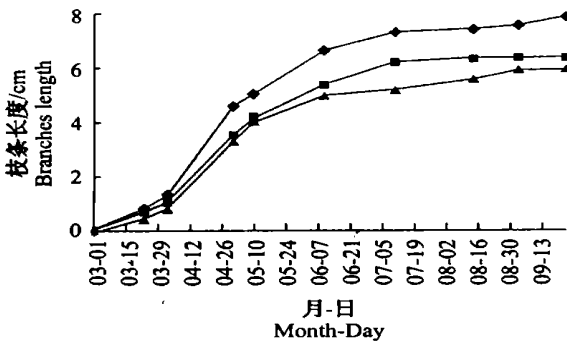


图 3 不同土壤水分条件下 3~ 10 月油松枝条的生长速率  
- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - - - 严重干旱

Fig 3 Growth rate of *Pinus tabulaeformis* in March to October

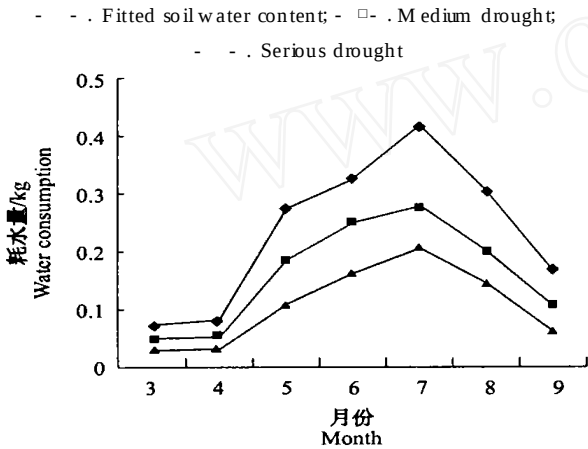


图 5 不同土壤水分条件下 3~ 9 月油松的逐月耗水变化  
- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - - - 严重干旱

Fig 5 Changes of water consumption monthly *Pinus tabulaeformis* under different soil water stress in March to September

- - - Fitted soil water content; - □ - Medium drought;  
- - - Serious drought

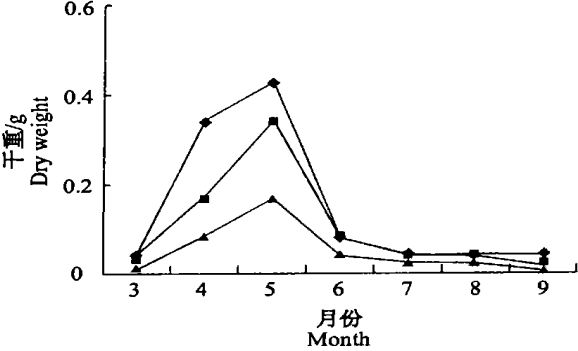


图 4 不同土壤水分条件下 3~ 9 月油松枝条的干重增量  
- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - - - 严重干旱

Fig 4 Changes of dry weight of *Pinus tabulaeformis* in March to September

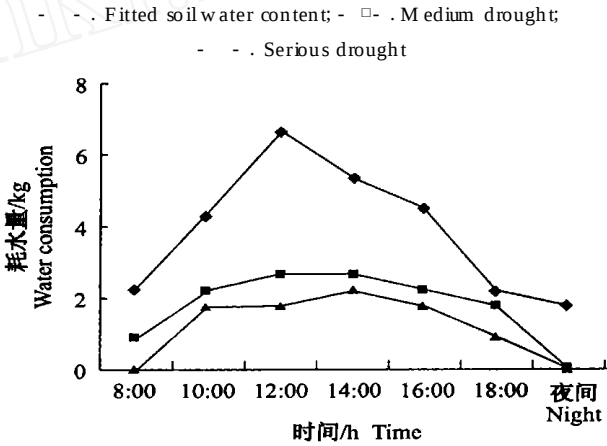


图 6 不同土壤水分条件下 08-21 油松的耗水日变化  
- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - - - 严重干旱

Fig 6 Changes of water consumption of *Pinus tabulaeformis* on August 21

- - - Fitted soil water content; - □ - Medium drought;  
- - - Serious drought

表 1 不同土壤水分条件下 3~ 10 月油松的旬耗水量

Table 1 Water consumption of ten days in every month during March to October of *Pinus tabulaeformis* under different soil water stress

| 处理<br>Treatment | 3 月 March                |                           |                         | 4 月 April                |                           |                         | 5 月 May                  |                           |                         | 6 月 July                 |                           |                         | 7 月 June                 |                           |                         | 8 月 August               |                           |                         | 9 月 September            |                           |                         |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                 | 上旬<br>The first ten days | 中旬<br>The second ten days | 下旬<br>The last ten days | 上旬<br>The first ten days | 中旬<br>The second ten days | 下旬<br>The last ten days | 上旬<br>The first ten days | 中旬<br>The second ten days | 下旬<br>The last ten days | 上旬<br>The first ten days | 中旬<br>The second ten days | 下旬<br>The last ten days | 上旬<br>The first ten days | 中旬<br>The second ten days | 下旬<br>The last ten days | 上旬<br>The first ten days | 中旬<br>The second ten days | 下旬<br>The last ten days | 上旬<br>The first ten days | 中旬<br>The second ten days | 下旬<br>The last ten days |
|                 | 0 001                    | 0 01                      | 0 017                   | 0 029                    | 0 027                     | 0 024                   | 0 085                    | 0 089                     | 0 099                   | 0 104                    | 0 111                     | 0 108                   | 0 174                    | 0 146                     | 0 145                   | 0 122                    | 0 096                     | 0 085                   | 0 07                     | 0 052                     | 0 046                   |
| 70% θ           | 0 001                    | 0 01                      | 0 017                   | 0 029                    | 0 027                     | 0 024                   | 0 085                    | 0 089                     | 0 099                   | 0 104                    | 0 111                     | 0 108                   | 0 174                    | 0 146                     | 0 145                   | 0 122                    | 0 096                     | 0 085                   | 0 07                     | 0 052                     | 0 046                   |
| 55% θ           | 0 001                    | 0 01                      | 0 007                   | 0 024                    | 0 016                     | 0 013                   | 0 050                    | 0 066                     | 0 063                   | 0 082                    | 0 085                     | 0 082                   | 0 095                    | 0 092                     | 0 089                   | 0 08                     | 0 063                     | 0 058                   | 0 05                     | 0 028                     | 0 03                    |
| 40% θ           | 0 001                    | 0 006                     | 0 002                   | 0 014                    | 0 010                     | 0 009                   | 0 032                    | 0 044                     | 0 032                   | 0 042                    | 0 058                     | 0 061                   | 0 072                    | 0 066                     | 0 063                   | 0 066                    | 0 042                     | 0 038                   | 0 028                    | 0 013                     | 0 02                    |

从表 2 可以看出,3 种土壤水分条件下,油松 07-05 的最高日耗水量,7 月份的最高月耗水量及总

耗水量有明显差异。3 个处理中,日、旬、月及总耗水量均呈现为适宜水分> 中度干旱> 严重干旱。除中

度干旱和严重干旱间日耗水量差异不显著外, 各处理间月耗水和总耗水量的差异均达到极显著水平。

表 2 不同土壤水分下油松最高日、月、总耗水量及生物量和水分利用率

Table 2 The highest water consumption daily, monthly, all season of *Pinus tabulaeformis* and biomass, water use efficiency under different soil water stress

| 水分处理<br>Water treatment | 最大日耗水量/kg<br>The highest water consumption in a day | 最高月耗水量/kg<br>The highest water consumption monthly | 总耗水量/kg<br>The highest water consumption in growth season | 生物量/g<br>Biomass | WUE/<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| 70% θ                   | 0.027 aA                                            | 0.174 aA                                           | 0.446 aA                                                  | 1.06 aA          | 2.37 bB                         |
| 55% θ                   | 0.020 bA                                            | 0.095 bB                                           | 0.283 bB                                                  | 0.796 bB         | 2.62 aA                         |
| 40% θ                   | 0.018 bA                                            | 0.072 cC                                           | 0.181 cC                                                  | 0.344 cC         | 1.9 cC                          |

注: 同列中大写字母表示差异显著性 $\alpha=0.01$ 水平, 小写字母表示差异显著性 $\alpha=0.05$ 水平, 相同字母表示差异不显著, 不同字母表示差异显著(SSR 检验)。

Note: The capital letters indicate significant difference at  $\alpha=0.01$ . Small letters indicate significant difference at  $\alpha=0.05$ . The same letters indicate difference is not marked. The different letters indicate difference is marked (SSR test).

2.4 土壤含水量对油松单株总耗水量、总生物量及总水分利用率的影响

在适宜水分、中度干旱和严重干旱条件下, 油松总耗水量、总生物量的大小均表现为适宜水分> 中度干旱> 严重干旱(表 2), 表明油松耗水量及生物量的高低与土壤水分含量显著相关; 但其水分利用率则不然, 中度干旱时油松的水分利用率最高, 严重干旱时总生物量和总水分利用率均为最低, 且与其他水分条件的差异均达极显著水平。对油松日耗水量、总耗水量与土壤水分含量的相关性分析表明, 相关系数分别为 0.973 3 和 0.992 3, 达极显著水平, 说明土壤水分含量是决定油松日耗水量和总耗水量的主要因子。

2.5 土壤含水量对油松 SOD 活性及 K<sup>+</sup> 含量的影响

从图 7 可以看出, 在 3 种土壤水分条件下, 油松 SOD 活性的变化趋势明显不同。在适宜水分条件下, SOD 活性的变化幅度较小, 一般维持在 1.802 mg/(g · h) 左右, 后期下降至 0.857 mg/(g · h); 在中度干旱条件下, SOD 活性变化较大, 随胁迫时间增加 SOD 活性逐渐上升, 至胁迫中期(40 d 左右) SOD 活性达最高值(2.688 mg/(g · h)); 在严重干旱条件下, SOD 活性与中度干旱处理有相似之处, 在胁迫前期 SOD 活性略有上升, 约 40 d 左右达最高值 2.401 mg/(g · h), 然后急剧下降, 但 SOD 活性高峰维持时间较中度干旱处理短, 表明长期干旱导致酶活性下降。

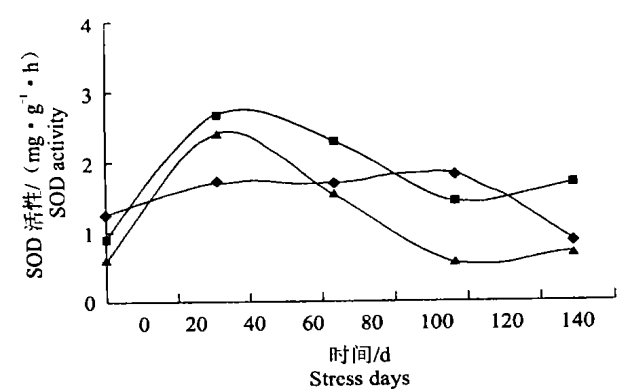


图 7 不同土壤水分含量对油松 SOD 活性的影响  
- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - · - 严重干旱

Fig. 7 Effect of drought stress on SOD activity in the leaves of *Pinus tabulaeformis*  
- - - Fitted soil water content; - □ - Medium drought;  
- · - Serious drought

从图 8 可以看出, 在 3 种水分下, 油松 K<sup>+</sup> 含量差异不大, 其 K<sup>+</sup> 含量表现为中度干旱> 适度水分

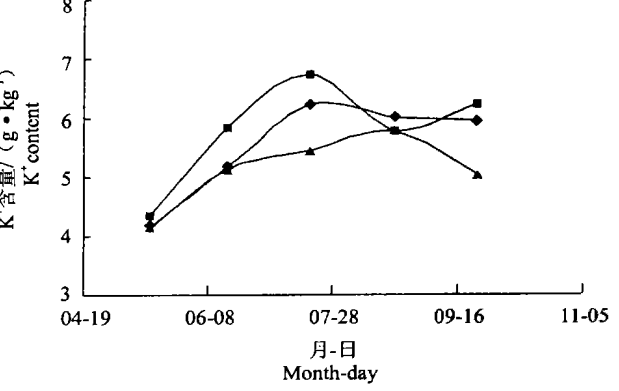


图 8 不同土壤水分条件下油松叶片 K<sup>+</sup> 量的变化  
- - - 适宜水分; - □ - 中度干旱; - · - 严重干旱

Fig. 8 Change of K<sup>+</sup> content in the leaves of *Pinus tabulaeformis* under different soil water content  
- - - Fitted soil water content; - □ - Medium drought;  
- · - Serious drought

> 严重干旱, 处理末期 K<sup>+</sup> 含量维持在较初期高的水平上, 表明 K<sup>+</sup> 含量和油松的抗旱性之间有一定

关系。

### 3 讨 论

叶水势是植物缺水最敏感的指示指标之一,叶含水量则可以直接反映植物体内的水分状况。韩蕊莲等<sup>[7]</sup>研究证明,随土壤含水量下降,沙棘叶水势和叶含水量下降明显,并证明沙棘具有低水势的耐旱特征。顾振瑜等<sup>[8]</sup>也报道元宝枫具有低水势的耐旱特征。本研究证明,干旱对油松叶水势和含水率影响较大,在中度干旱和严重干旱条件下,油松叶含水量叶水势均有下降,但以严重干旱时的油松叶水势和叶含水量下降最为显著。和耐旱性较强的沙棘、元宝枫等植物相比,目前在黄土高原广泛栽植的油松同样具有低水势的耐旱特征。

在各种土壤水分条件下,油松的快速生长和干物质积累均在 4~5 月最高,在 3 种土壤水分条件下,油松生长速率和干物质积累的大小顺序是适宜水分> 中度干旱> 严重干旱;水分利用率(WUE)则表现为中度干旱时最高,严重干旱时最低。在黄土高原,有相当多的人工林土壤含水量处于田间持水量的 30% 以下,而大部分的降雨又主要集中在 7~9 月,5~6 月的降水不能满足油松快速生长所需,这可能是黄土高原油松林生长不良的主要原因。

本试验对油松生长季中耗水最高日、耗水最高旬、耗水最高月和 1 d 中耗水最高时段的动态变化

规律进行了系统研究,结果表明在不同的土壤水分条件下,高耗水量出现的先后时间各不相同。在 3 种水分条件下,最高耗水日均出现在 07-05;各处理均以 7 月份为月耗水高峰期,在整个生长季的初期(3~4 月份)和末期(9~10 月份),月耗水处于最低水平。在适宜水分条件下,油松的日、旬、月耗水量明显高于中度干旱和严重干旱处理。

SOD 活性的高低是衡量植物抗旱性的重要指标,在保护系统中处于核心地位。本试验结果表明,在适宜水分条件下,油松 SOD 活性的变化幅度比较小;在中度干旱条件下,SOD 活性变化较大,在胁迫 40 d 左右活性最高;严重干旱条件下的 SOD 活性与中度干旱条件下相似,但其高峰期维持时间较短,表明长期干旱胁迫会造成细胞结构破坏,导致酶活性下降,这与前人的研究结果一致<sup>[9,10]</sup>;李得全等<sup>[11]</sup>研究证明, $K^+$  是小麦渗透调节物质中的一种重要无机离子,在水分胁迫时  $K^+$  含量增加。本试验结果表明,在 3 种土壤水分条件下,油松叶内的  $K^+$  含量变化均比胁迫初期高,表明油松可能通过提高  $K^+$  含量而提高其细胞的保水能力,以抵御干旱环境的胁迫。

上述研究结果表明,油松是一种耗水量小,生长慢但抗旱性强的树种,在黄土高原造林中,尤其是栽植后的第一年要注意春季的抗旱补水,以提高油松的生长速率和干物质的积累。

### [参考文献]

- [1] 侯庆春,韩蕊莲 黄土高原植被建设中的有关问题[J]. 水土保持通报,2000,20(2): 53- 56
- [2] 王俊峰,史 敏,梁宗锁 论水土流失生物治理中的水分平衡问题[J]. 西北植物学报,2000,20(6): 1131- 1135
- [3] 韩蕊莲,梁宗锁 黄土高原适生树种苗木的耗水特性[J]. 应用生态学报,1994,5(2): 210- 213
- [4] 周 平,李吉跃,招礼军 北方主要造林树种苗木蒸腾耗水特性的研究[J]. 北京林业大学学报,2002,24(5,6): 50- 55
- [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 1- 22
- [6] 汤章城 干旱下的植物生理生态研究[J]. 生态学报,1983,3(3): 196- 204
- [7] 韩蕊莲,梁宗锁,邹厚远 在土壤不同干旱条件下沙棘耗水特性的初步研究[J]. 沙棘,1991,(4): 33- 35,38
- [8] 顾振瑜,胡景江,文建雷 元宝枫对干旱适应性的研究[J]. 西北林学院学报,1999,14(2): 1- 6
- [9] Bowler C, Van Moutagu M, Inze D. superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1992, 43: 83- 116
- [10] 郭蔼光,王振镒,罗淑平 水分胁迫对玉米 SOD 和 POD 活力及同工酶的影响[J]. 西北农业大学学报,1989,17(1): 45- 49
- [11] 李德全,邹 琦,程炳高 土壤干旱下不同抗旱性小麦品种的渗透调节和渗透调节物质[J]. 植物生理学报,1992,18(1): 37- 44

(下转第 96 页)

## [参考文献]

- [1] 秦曾煌 电工技术[M]. 第 5 版 北京: 高等教育出版社, 1999
- [2] 李发海, 王 岩 电机与拖动基础[M]. 第 2 版 北京: 清华大学出版社, 1997
- [3] 屈维谦 异步机转速公式及转差率的讨论[J]. 变频器世界, 2003, (4): 19- 21
- [4] 朱鹏程, 康 勇, 张 坚 异步电机直接转矩控制系统研究[J]. 电力电子技术, 2003, (1): 44- 46
- [5] 《新编实用电子电工手册》编写组 新编实用电子电工手册[M]. 北京: 科学普及出版社, 1991

## Study on change regulation of machine power of non-rating operating asynchronous motor

CAO Yu-quan<sup>1</sup>, GAO Wei<sup>1</sup>, YAN Wei-zhong<sup>2</sup>

(1 Department of Automation and Control Engineering, Daqing Petroleum Institute, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

2 Electrical Engineering and Automation School, Harbin University of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, China)

**Abstract:** In this paper, the relation between the machine power of non-rating operating asynchronous motor and its rated power is studied, the formula to calculate the machine power by the rated torque  $T_N$  and rated slip  $s_N$  (or the motor speed  $n_N$ ) is given, the ratio of actual torque to rated torque with the biggest machine power is defined

**Key words:** asynchronous motor; non-rating operation; machine power

(上接第 92 页)

## Growth and water consumption characteristics of Chinese pine under soil drought stress

YANG Jian-wei<sup>1, 2</sup>, LIANG Zong-sou<sup>1</sup>, HAN Rui-lan<sup>1</sup>, WANG Pei-zhen<sup>1</sup>

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry,

Chinese Academy of Science, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Nanyang Normal College, Nanyang, Henan 473061, China)

**Abstract:** Under three soil water levels, which are fitted soil water content, medium drought and serious drought, and account for about 70%, 55% and 40% of field capacity ( $\theta$ ) respectively, we studied Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*)'s water consumption and water use characteristics. The result showed that water potential, water content, growth rate decreased significantly with the soil water content decrease. The period of fast growth and maximal biomass accumulation of Chinese pine were mainly in April and May. Total water consumption and biomass and growth were all fitted soil water contents > medium drought > serious drought. But total water use efficiency was highest at medium drought level, lowest at serious drought level. For three soil water contents, the highest water consumption in a month of Chinese pine was in May and August. The highest water consumption of ten days in a month was in the first ten days of July. The highest water consumption day was in July 5. The changes of water consumption in a day were different at three levels of soil water content. Superoxide dismutase (SOD) activity of Chinese pine went up under medium drought and serious drought but kept short time in serious drought.  $K^+$  content of Chinese pine was higher in the last growth stage under three treatments of soil water content. It showed the relationships were bigger between  $K^+$  content and drought resistant adaptability of Chinese pine.

**Key words:** Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*); soil drought; seedling growth; water use efficiency