

土壤干旱对辽东栎、大叶细裂槭 幼苗生长及水分利用的影响^x

王海珍^{1,2}, 韩蕊莲¹, 梁宗锁^{1*}, 樊鸿章³

(1 中国科学院、水利部 水土保持研究所, 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西杨陵 712100; 2 塔里木农垦大学 植物科技学院, 新疆阿拉尔 843300; 3 杨凌职业技术学院, 陕西杨陵 712100)

摘要: 在盆栽条件下研究了不同土壤干旱条件对辽东栎和大叶细裂槭幼苗生长及水分利用率的影响。结果表明, 随干旱胁迫程度加剧, 两树种叶水势均下降, 随胁迫时间延长水势又有一回升趋势, 显示出树种自身的调节能力, 大叶细裂槭调节水势的能力强于辽东栎。叶水势与叶片含水量关系密切, 水势的高低决定叶片水分状况, 水分含量又决定了幼苗的生长状况。大叶细裂槭新梢在 5、6 月增长增粗迅速, 而辽东栎在 4 月、5 月生长迅速及叶面积扩展快, 适宜水分下增粗可持续至 9 月份。不同土壤水分处理下两树种水分利用效率差异明显。在中度干旱下整体 WUE 有所上升, 尤其是辽东栎提高约 10%; 大叶细裂槭的根冠比在重度干旱下可达 2 以上, 说明它对干旱的适应性很强, 在严重干旱胁迫下也能长期维持生命, 成活率高于辽东栎, 接近 100%, 可见其适应性强于辽东栎。

关键词: 辽东栎; 大叶细裂槭; 干旱胁迫; 生长; 水分利用效率

中图分类号: Q945.17 文献标识码: A

Effect of soil drought stress on the shoot growth and water use efficiency of *Quercus liaotungensis* and *Acer stenolobum* var. *megalophyllum*

WANG Hai-zhen^{1,2}, HAN Rui-lian¹, LIANG Zong-suo^{1*}, FAN Hong-zhang³

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, College of Life Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Plants Science and Technology of Tarim Agriculture Reclamation University, Alar, Xinjiang 843300, China; 3 Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Water status of two species of tree of Loess Plateau was studied under different soil water content. Results showed that leaf water potential of two species of tree is descended with drought stress increased and leaf water potential begin to ascend with stress days extended that it display *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* has higher itself regulation capacity than that of *Quercus liaotungensis*. Leaf water potential is relating to leaf water content and it decided the leaf water state which decided seeding growth. New shoots of *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* increased length and diameter with high speed on May to June and that of *Quercus liaotungensis* has same characteristic on April to May and it had sustainable increased diameter to September under controlled water content. Two species of trees is significant different

X 收稿日期: 2003-02-25; 修改稿收到日期: 2003-05-05

基金项目: 中国科学院西部之光人才基金项目(2001); 中国科学院知识创新项目(KZCX01-6)

作者简介: 王海珍(1971-), 女(汉族), 甘肃成县人, 硕士, 主要从事植物水分与抗旱生理机制研究。

* 通讯联系人。Correspondence to: LIANG Zong-suo. E-mail: Liangzs_819@163.net

under different water content of soil. Whole WUE of two species has little ascended; especially *Quercus liaotungensis* could improve about 10%. Root/shoot ratio of *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* could surpass 2 that illustrate it has large ecological adaptability and continue to keep alive under serious water stress for long time. *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* has high survival rate approaching to 100% than *Quercus liaotungensis* that showed *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* has higher adaptability than *Quercus liaotungensis*.

Key words: *Quercus liaotungensis*; *Acer stenolobum* var. *megalophyllum*; drought stress; growth; WUE

黄土高原自然条件复杂恶劣,加上人为因素的干扰,使得该地区造林成活率很低、保存率更低,致使水土流失严重、生态环境退化^[1]。要想从根本上解决生态退化问题,必须细致深入地研究当地生态条件和选择适宜的树种才能切实提高造林质量,恢复植被。当前制约黄土高原植被建设的关键因素是水分问题。干旱不仅影响造林成活率,而且使现有人工林的生长不良,出现大面积“小老树”现象。由此可见在黄土高原选择适宜的抗旱节水造林树种尤为重要,因为它直接关系到造林的成败,保持水土效益以及林业可持续发展等重大问题。长期的造林实践表明,仅仅依靠少数引进种是无法实现的,而乡土树种在环境条件长期作用下形成了各自的适应机制,与环境达到了一种“生态平衡”,“平衡”维系着植被生存和演替,促进环境正向演替,这是提出造林采用乡土树种的基础^[2]。乡土树种在植被建设中具有不可替代的作用。

因此,本研究以黄土高原常见的两个树种辽东栎、大叶细裂槭为试验材料,用盆栽的方法模拟不同土壤干旱条件,初步研究了不同土壤干旱对乡土树种幼苗生长及水分利用效率的影响,为黄土高原造林树种的选择提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验选用黄土高原常见的两个乡土树种:¹ 辽东栎(*Quercus liaotungensis*),² 大叶细裂槭(*Acer stenolobum* var. *megalophyllum*)天然实生幼苗,平均株高、地径分别为:52.4 cm、0.82 cm;26.2 cm、0.74 cm。

1.2 试验方法

选择大小基本一致的幼苗于2002年3月27日植入高27 cm、上口径35 cm、下口径22 cm的塑料

桶中,桶中均装过筛原状土14 kg,土壤为黑垆土,含水量10.75%,田间最大持水量(H)26%。在桶栽条件下设置3个水分处理:适宜水分(70%~75%, H)、中度干旱(50%~55%, H)、重度干旱(40%~45%, H),以下分别用I、II、III表示。土壤含水量分别为18.2%~19.5%、13%~14.3%、10.4%~11.7%。各处理重复3次,每桶3株。盆栽桶放置于中国科学院水土保持研究所的可移动防雨棚下,晴天正常照光。栽植苗木后正常浇水使之正常萌芽,待生长两个月后开始按试验设计进行水分处理,不浇水待土壤水分自然消耗至设定标准后,用称重法将土壤含水量控制在设定范围内,并补充其水分消耗,准确记录加水量。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 叶水势 小液流法。定期于9:00~10:00采样测定,3次重复。

1.3.2 叶片相对含水量 烘干称重法。

1.3.3 单叶叶面积扩展速率 连续测量刚展开的新叶长宽变化,系数法换算。

1.3.4 苗木生长量 用刻度尺、游标卡尺准确测定幼苗株高、地径、新梢长度、直径;烘干后称量新梢枝叶干重、根重(3次重复);观察统计幼苗成活率。

1.3.5 耗水量 用电子称(感量5 g)每天称重记录蒸腾失水量,累计求得耗水总量并计算单株耗水量。

1.3.6 光合速率(Pn) 用CID-301PS型便携式光合仪测定,每处理选功能叶,重复3次。

1.3.7 水分利用效率(WUE) 瞬时水分利用率 $WUE_L = Pn / Tr$;整体水分利用率 $WUE = \text{新梢干物质量} / \text{耗水量}$ 。

2 结果与分析

2.1 土壤干旱对两个树种叶水势的影响

植物叶水势代表植物水分运动的能量水平,反

映了植物组织水分状况,它是衡量植物抗旱的一个重要生理指标^[4]。从图 1~2 可见,不同土壤水分处理对两树种叶水势的影响差异显著。大叶细裂槭在中度、重度水分亏缺一个月时均显著下降,而辽东栎叶水势下降幅度不大;随胁迫时间的延长,两树种叶水势又有一回升趋势,随后又均下降,重度亏缺下水势下降幅度大于中度亏缺。大叶细裂槭在胁迫后期水势变化平稳,各处理间差异不明显,均维持较高的水势;而辽东栎在胁迫前期水势变化较平缓,后期则急剧下降,尤其是严重水分亏缺下水势变化趋势呈“M”形。由此可见,不同树种叶水势的变化除受土壤水分含量直接影响外,还受自身调节能力的影响。总的趋势表明大叶细裂槭调节水势的能力强于辽东栎。

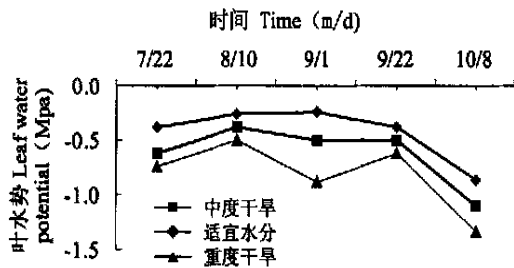


图 1 干旱胁迫下辽东栎叶水势变化

Fig. 1 Changes of water potential of *Quercus liaotungensis* under drought stress

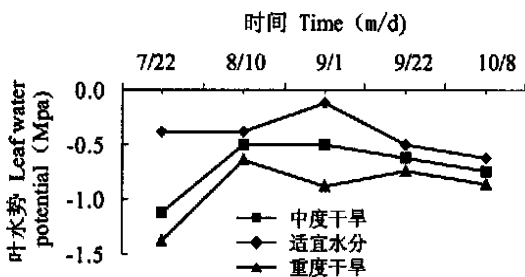


图 2 干旱胁迫下大叶细裂槭叶水势变化

Fig. 2 Changes of water potential of *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* under drought stress

2.2 土壤干旱对两个树种叶片相对含水量的影响

植物叶片含水量的高低反映其在水分胁迫下叶片保水能力的强弱。从图 3、图 4 可见,不同水分处理下叶片含水量有一总的趋势:随生长时间延长叶片含水量呈直线下降趋势,而后随气温下降有所回升。适宜水分下叶片含水量均高于中度干旱及重度干旱下的,但两个树种叶片含水量在不同干旱条件下的变化不同。辽东栎在中度及重度干旱下的叶片

含水量差异不大且与适宜水分下接近,而大叶细裂槭在整个水分胁迫过程中叶片含水量始终高于辽东栎。两个树种叶片含水量有一个共同的特点:即在最热月份(7、8月)均明显下降,而后随气温降低蒸腾减弱,叶片含水量又有所回升,且适宜水分下回升幅度高于水分亏缺下的,至 9 月底各处理叶片含水量几乎相等,但叶水势在各处理间仍然有差异。对比适宜水分发现叶片含水量也明显下降,说明叶片含水量可能还与叶片干物质积累增加有关。

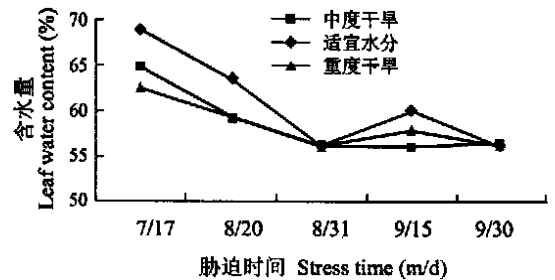


图 3 干旱胁迫下大叶细裂槭叶含水量变化

Fig. 3 Changes of water content of *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* under drought stress

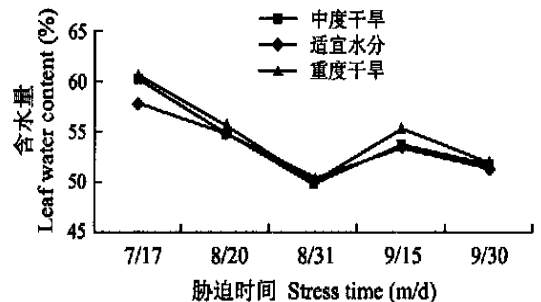


图 4 干旱胁迫下辽东栎叶含水量变化

Fig. 4 Changes of water content of *Quercus liaotungensis* under drought stress

2.3 土壤干旱对两个树种蒸腾、光合速率及瞬时水分利用效率的影响

从表 1 可见,不同土壤水分处理对两树种蒸腾、光合、水分利用率影响不同。土壤含水量对蒸腾速率的影响明显大于对光合速率的影响。大叶细裂槭的瞬时水分利用率(单叶 WUE_L)在中度干旱胁迫下有所提高;而辽东栎随干旱程度加剧无论胁迫时间长短,其 WUE_L 均明显下降,但其光合速率和蒸腾速率却升高,分析其原因可能与胁迫后期温度降低有关,似乎暗示辽东栎属中生植物,幼苗不喜高温强光。大叶细裂槭的光合速率、蒸腾速率高于辽东栎,瞬时水分利用率也较高,表明其对于干旱的适应性强。

表 1 土壤干旱条件下两树种光合作用特性比较

Table 1 Compare the photosynthesis characteristic of two species of tree under soil drought stress

生长时期 Growth terms	辽东栎 <i>Quercus liaotungensis</i>			大叶细裂槭 <i>Acer stenolobum</i> var. <i>megalophyllum</i>			
	光合速率 Pn ($\text{Lmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	蒸腾速率 Tr ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	WUE _L ($\text{Lmol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	光合速率 Pn ($\text{Lmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	蒸腾速率 Tr ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	WUE _L ($\text{Lmol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	
生长中期(7月) Treatment in medium term (July)	I	6.67	0.96	6.92	15.75	2.15	7.33
	II	5.70	1.07	5.34	14.35	1.84	7.79
	III	2.05	0.49	4.18	13.30	2.09	6.36
生长后期(10月) Treatment in late term (October)	I	10.30	1.40	7.38	12.32	3.04	4.05
	II	8.17	1.72	4.76	11.85	1.85	6.41
	III	3.90	1.21	3.22	10.05	2.94	3.42

2.4 土壤干旱对单叶叶面积、新梢生长速率的影响

由图 5~8 可以看出,水分胁迫明显影响叶面积的扩大及新梢生长。适宜水分下辽东栎新叶面积增加迅速,随后才进行加厚生长;大叶细裂槭叶面积增加持续时间长,增大与增厚同时进行。两个树种新叶面积扩张均随干旱胁迫加剧而下降,大叶细裂槭下降幅度低于辽东栎,表明其对干旱具有较强的适应性。从新梢生长动态图可以看出辽东栎在 4、5 月生长迅速,随夏季高温来临其生长受抑制,幼苗对强光高温适应性差。中度干旱下其加粗生长大于适宜水分下,但伸长生长减慢,加粗生长较伸长生长持续时间长;大叶细裂槭则在 5、6 月生长迅速,先进行伸长生长再进行加粗生长,适宜水分下生长持续时间可达 8 月底,表现出对干旱胁迫有较强的适应能力。

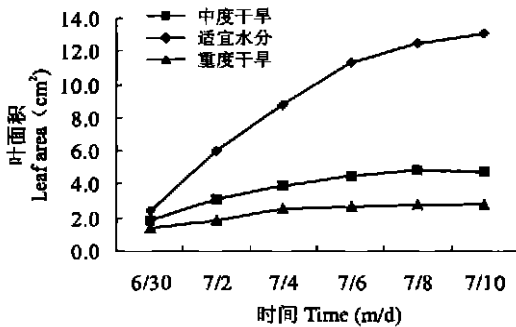


图 5 干旱胁迫下大叶细裂槭单叶面积变化

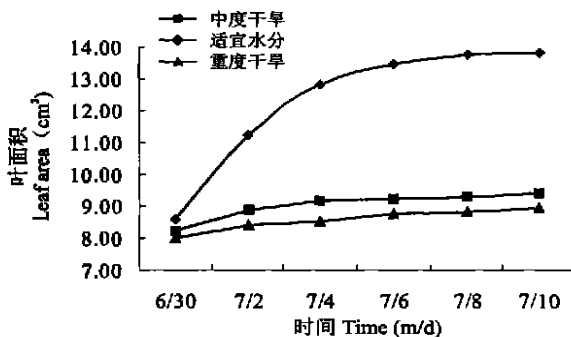
Fig. 5 Changes of an new leaf area in *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* under drought stress

图 6 干旱胁迫下辽东栎单叶面积变化

Fig. 6 Changes of an new leaf area in *Quercus*

liaotungensis under drought stress

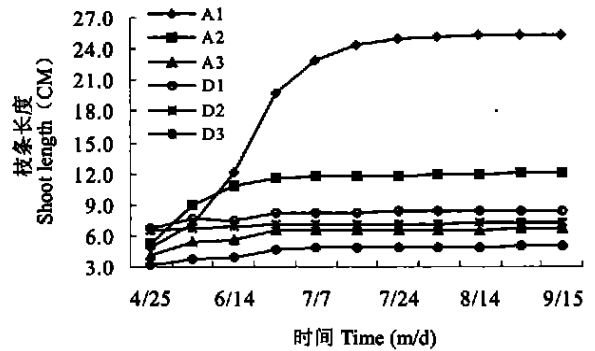


图 7 干旱胁迫下辽东栎、大叶细裂槭新梢长度变化

Fig. 7 Changes of new shoots length in *Quercus liaotungensis* and *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* under drought stress

* A、D 分别代表大叶细裂槭、辽东栎; 1、2、3 分别代表适宜水分、中度胁迫、重度胁迫。图 8 同此。

* A、D represent *Acer stenolobum* var. *megalophyllum*, *Quercus liaotungensis*, respectively; One-two-three represent control, medium water stress, serious water stress, respectively. Fig. 8 is same as this.

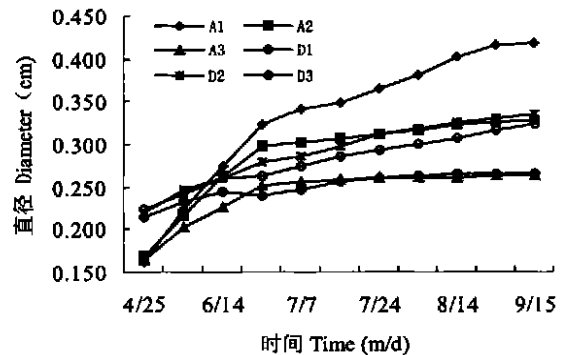


图 8 干旱胁迫下辽东栎、大叶细裂槭新梢直径变化

Fig. 8 Changes of new shoots diameter in *Quercus liaotungensis* and *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* under drought stress

2.5 土壤干旱对辽东栎、大叶细裂槭幼苗生长的影响

由表 2 可以看出,长时间不同程度的干旱胁迫对辽东栎和大叶细裂槭幼苗生长有明显的影响。随胁迫程度加剧,幼苗的茎叶干重、株高、地径增量减

少,尤其是大叶细裂槭株高增量在中度和重度干旱下分别比对照降低了 47.36% 及 68.10%,地径增量降低了 24.14% 及 48.06%;辽东栎株高增量在中度和重度干旱下分别比对照降低了 13.04% 及 25.72%,地径增量降低了 23.02% 及 54.72%。这表明大叶细裂槭增高生长对水分亏缺较辽东栎更敏感,增粗生长差异不大。根冠比随干旱程度加剧而增

大,表明这两个乡土树种对干旱均有一定的适应性,尤其是大叶细裂槭在重度干旱下的根冠比高达 2 以上,说明它可以通过强大的根系增加吸水度过严重的土壤干旱,提高幼苗成活率;辽东栎相对来说成活率较低,即使在适宜水分下也仅为 77.8%,说明还有其它因素影响辽东栎的幼苗成活率。

表 2 干旱胁迫对辽东栎、大叶细裂槭幼苗生长的影响

Table 2 Effect of drought stress on *Quercus liaotungensis* and *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* seedlings growth

树种 Species	处理 Treatment	茎叶干重 Dry weight of shoots	根干重 Dry weight of roots	根/冠 Root/ shoot	株高增量 Increment of plant height (cm)	地径增量 Increment of stem diameter (cm)	成活率 Survival rate (%)
辽东栎 <i>Quercus</i> <i>liaotungensis</i>	I	7.78	6.96	0.89	6.90	0.22	77.80
	II	7.60	7.85	1.03	6.00	0.17	55.00
	III	2.75	3.79	1.38	5.13	0.10	44.00
大叶细裂槭 <i>Acer stenolobum</i> var. <i>megalophyllum</i>	I	4.36	5.05	1.16	21.77	0.48	100.00
	II	2.93	5.20	1.78	11.46	0.36	100.00
	III	1.76	3.70	2.11	6.94	0.25	100.00

2.6 土壤干旱对辽东栎、大叶细裂槭整体水分利用效率的影响

由表 3 可知,适宜水分条件下两个树种幼苗新枝生长量、干物质积累较多。干旱胁迫使幼苗生长速率降低,干物质积累减少,尤其是严重干旱下幼苗生长严重受抑,生长几乎停止。用当年新梢枝叶干重与其耗水量计算整体水分利用率可见,辽东栎在中度

干旱下的水分利用效率有所提高,提高了 10% 以上,表明适度的水分亏缺可提高其 WUE,从而节约水资源,但大叶细裂槭随土壤水分含量减少,水分利用率也随之降低。由此可见,不同树种对水分亏缺的反应不同,水分利用率亦有差异,这是树种选择中应该考虑的。

表 3 土壤干旱下辽东栎、大叶细裂槭苗木的水分利用效率

Table 3 Water use efficiency of *Quercus liaotungensis* and *Acer stenoldum* var. *megalophyllum* under drought stress

树种 Species	处理 Treatment	耗水量 Water consumption (kg)	新枝生长量 New shoot length (cm)	新枝干重 Dry weight of new shoots (g)	水分利用率 WUE (g/kg)
辽东栎 <i>Quercus</i> <i>liaotungensis</i>	I	12.498	91.60	7.189	0.575
	II	9.926	85.43	5.525	0.557
	III	6.721	38.90	2.750	0.409
大叶细裂槭 <i>Acer stenolobum</i> var. <i>megalophyllum</i>	I	10.602	46.18	4.36	0.411
	II	7.622	38.38	2.93	0.384
	III	5.282	22.80	1.76	0.333

3 讨论

为了恢复黄土高原的生态环境,综合治理水土流失,就要退耕还林还草并大面积地植树造林种草,而选择适宜的林草品种能达到事半功倍的作用。因此,研究不同土壤干旱条件下黄土区乡土树种的生

理生态适应性,有助于选择适宜的乡土树种用于造林,提高造林成活率。本研究结果表明,辽东栎、大叶细裂槭对干旱胁迫均有一定的适应性,特别是大叶细裂槭可以通过建立强大的根系增加根冠比来维持较高的叶水势和叶片含水量,长时期地保持较高的光合速率和蒸腾速率,水分利用效率在不同土壤干

旱条件下变化不大,对干旱的适应性强于辽东栎,其幼苗成活率很高,接近 100%。辽东栎属中生植物,其特点是萌芽早,生长迅速,叶面积大,干物质积累多,对中度干旱有较强的适应性,整体水分利用率 WUE₂ 最高,但其幼苗不耐强光高温,即使在适宜水分下其成活率也不高,说明还有其它影响因素,主要是光强和温度。重度干旱对辽东栎的生长及水分利用影响较大,其幼苗成活率仅为 44%。中度干旱胁

迫下两个树种的水分利用效率并不都高于适宜水分下的,这与前人的研究结果不一致^[7];重度干旱对辽东栎的影响比大叶细裂槭严重,这与其属中生植物有关。这一结果表明,适度的水分亏缺有助于提高植物水分利用效率的观点在实际应用中应慎重,应考虑具体植物种对水分亏缺的耐受程度,才能更合理地利用水资源和植物资源。

参考文献:

- [1] WU Q X(吴钦孝), YANG W ZH(杨文治). Forest and grassland and vegetation construction and its sustainable development in Loess Plateau[M]. Beijing: The Science Press(科学出版社), 1998: 54.
- [2] HAN R L(韩蕊莲), HOU Q CH(侯庆春). Drought-resistance technology of afforestation and grass in coal mine region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation(水土保持通讯), 1999, 19(6): 49- 53(in Chinese).
- [3] HU L J(胡良军), SHAO M A(邵明安). Review on water eco-environment in vegetation restoration in Loess Plateau[J]. Chin. J. App. Ecol. (应用生态学报), 2002, 13(8): 1 045- 1 048(in Chinese).
- [4] YANG W ZH(杨文治), MA Y XI(马玉玺), HAN SH F(韩仕峰), YANG X M(杨新民). Soil water ecological regionalization of Afforestation in Loess Plateau[J]. Journal of Soil and Water Conservation(水土保持学报), 1994, 8(1): 1- 9(in Chinese).
- [5] WANG L(王力), SHAO M A(邵明安), HOU Q CH(侯庆春), YANG G M(杨岗民). The analysis of dried soil layer of artificial Robinia pseudacacia foestry land in the Yanpan experimental area[J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin. (西北植物学报), 2001, 21(1): 101 - 106(in Chinese).
- [6] WANG K Q(王克勤), WANG B T(王百田), WANG B R(王斌瑞), GAO H P(高海平). Studies on the growth of forests with different density in the system of afforestation by water-harvesting[J]. Sci. Silvae Sin. (林业科学), 2002, 38(2): 54- 60(in Chinese).
- [7] WANG J F(王俊峰), SHI M(史敏), LIANG Z S(梁宗锁). On water balance to bring soil and water erion in control by biological measure[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica. (西北植物学报), 2000, 20(6): 1 131- 1 135(in Chinese).