

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第4期 Vol.32 No.4 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 4 期 2012 年 2 月 (半月刊)

目 次

固垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响.....	马长安,徐霖林,田伟,等	(1007)
基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价	孙才志,杨磊	(1016)
京郊典型集约化“农田-畜牧”生产系统氮素流动特征	侯勇,高志岭,马文奇,等	(1028)
不同辐射条件下苹果叶片净光合速率模拟.....	高照全,冯社章,张显川,等	(1037)
藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应.....	宋春桥,游松财,柯灵红,等	(1045)
祁连山中段林草交错带土壤水热特征及其对气象要素的响应	唐振兴,何志斌,刘鹄	(1056)
祁连山青海云杉林冠生态水文效应及其影响因素.....	田凤霞,赵传燕,冯兆东,等	(1066)
呼伦贝尔沙地樟子松年轮生长对气候变化的响应.....	尚建勋,时忠杰,高吉喜,等	(1077)
结合激光雷达分析上海地区一次连续浮尘天气过程.....	马井会,顾松强,陈敏,等	(1085)
福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系	田丰歌,徐兆礼	(1097)
香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状.....	张跃环,王昭萍,闫喜武,等	(1105)
东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征.....	李慧,王江涛	(1115)
起始生物量比对 3 种海洋微藻种间竞争的影响.....	魏杰,赵文,杨为东,等	(1124)
不同磷条件下塔玛亚历山大藻氮的生态幅.....	文世勇,宋琍琍,龙华,等	(1133)
秦岭天然次生油松林冠层降雨再分配特征及延滞效应.....	陈书军,陈存根,邹伯才,等	(1142)
伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局.....	田中平,庄丽,李建贵	(1151)
濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较.....	石松利,王迎春,周红兵,等	(1163)
干旱胁迫下黄土高原 4 种乡土禾草抗氧化特性	单长卷,韩蕊莲,梁宗锁	(1174)
施加角担子菌 B6 对连作西瓜土壤微环境和西瓜生长的影响	肖逸,王兴祥,王宏伟,等	(1185)
内蒙古典型草原区芨芨草群落适生境.....	张翼飞,王炜,梁存柱,等	(1193)
盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系.....	管孝艳,王少丽,高占义,等	(1202)
黄土高原水蚀风蚀交错区坡地土壤剖面饱和导水率空间异质性.....	刘春利,胡伟,贾宏福,等	(1211)
松嫩平原玉米带农田土壤氮密度时空格局.....	张春华,王宗明,居为民,等	(1220)
小麦冬性强弱评价体系的建立.....	王鹏,张春庆,陈化榜,等	(1230)
唐家河自然保护区高山姬鼠和中华姬鼠夏季生境选择的比较.....	黎运喜,张泽钧,孙宜然,等	(1241)
西花蓟马在 6 种蔬菜寄主上的实验种群生命表	曹宇,鄧军锐,孔译贤	(1249)
同位素富集-稀释法研究食性转变对鱼类不同组织 N 同位素转化率的影响	曾庆飞,谷孝鸿,毛志刚,等	(1257)
基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别.....	许文雯,孙翔,朱晓东,等	(1264)
珠三角城市绿地 CO ₂ 通量的季节特征.....	孙春健,王春林,申双和,等	(1273)
污染场地地下水渗流场模拟与评价——以柘城县为例.....	吴以中,朱沁园,刘宁,等	(1283)
专论与综述		
湿地退化研究进展.....	韩大勇,杨永兴,杨杨,等	(1293)
绿洲农田氮素积累与淋溶研究述评	杨荣,苏永中,王雪峰	(1308)
问题讨论		
抗辐射菌 <i>Deinococcus radiodurans</i> 的多样性	屠振力,方俐晶,王家刚	(1318)
平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响	杨永胜,卜崇峰,高国雄	(1327)
研究简报		
祁连山典型灌丛降雨截留特征.....	刘章文,陈仁升,宋耀选,等	(1337)
野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法.....	喻梅,周守标,吴晓艳,等	(1347)



封面图说: 遗鸥群飞来——遗鸥意即“遗落之鸥”(几乎是最后才被发现的新的鸥种,因此得名)。1931年,瑞典动物学家隆伯格撰文记述在中国额济纳采到了标本。1987年,中国的鸟类学家在鄂尔多斯的桃力庙获得了一对遗鸥的标本。1990年春夏之交,发现了湖心各岛上大量的遗鸥种群。近年来的每年夏季,大约全球 90% 以上的遗鸥都会到陕西省神木县境内的沙漠淡水湖-红碱淖上聚集。遗鸥——国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201012041730

杨永胜, 卜崇峰, 高国雄. 平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响. 生态学报, 2012, 32(4): 1327-1336.

Yang Y S, Bu C F, Gao G X. Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of *Caragana korshinskii*. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1327-1336.

平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响

杨永胜¹, 卜崇峰^{1,2,*}, 高国雄¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 杨凌 712100)

摘要: 通过对比试验, 研究了平茬措施对柠条的净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率、枝水势, 以及土壤水分含量的影响。结果表明: (1) 平茬措施对柠条生理特征的影响因其生长发育阶段而异。其中, 在花期(6 月份), 平茬柠条日平均净光合速率较对照(未平茬柠条)降低 14.72%, 日平均蒸腾速率提高 27.31%, 水分利用效率较对照低 33.33%; 随着柠条的生长发育(7 月、8 月、9 月), 平茬柠条日平均净光合速率逐渐升高最终高于对照, 日平均蒸腾速率的差距也不断缩小; 相应的其水分利用效率增加较快(对照柠条、平茬柠条增幅分别达 108.3%、222.5%), 至自然生长末期(9 月), 平茬柠条较对照高出 4.76%。(2) 平茬柠条枝水势的日变化和月变化均高于对照。(3) 在整个生长季, 平茬柠条地的平均土壤含水量在 50—240 cm 范围内均明显高于对照, 且平茬措施显著降低了 0—300 cm 剖面各层土壤水分变异情况。(4) 相关分析显示, 平茬措施对柠条生理特征及土壤水分有重要影响。可见, 采取平茬措施的第 1 年, 平茬措施对柠条同时产生消极的生理影响和积极的土壤水分效应。弄清平茬措施的更新复壮机理, 需要开展更多的深入研究工作。

关键词: 平茬; 净光合速率; 蒸腾速率; 水势; 土壤水分

Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of *Caragana korshinskii*

YANG Yongsheng¹, BU Chongfeng^{1,2,*}, GAO Guoxiong¹

1 College of Resources and Environment, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China

Abstract: *Caragana korshinskii* Kom. sprouts readily when the stems are browsed by animals and is widely distributed in the China Loess Plateau and Hexi Corridor. *C. korshinskii* is a very ecologically adaptable shrub with an extensive root system capable of adsorbing large amounts of water and resistant to adverse environmental conditions. It is also very useful as forage and fuel wood. However, *C. korshinskii* degrades after 6—8 years as the branches die back and it is attacked by serious insect pests, decreasing its economic and ecological value. Pruning was used to stimulate regeneration of *C. korshinskii*, and resulted in desirable effects. Leaves and branches of *C. korshinskii* grew rapidly after cutting. However, little is known about the interaction between pruning and the rapid growth, and this lack of knowledge inhibits progress in managing planted shrublands. This study compares unpruned (control) to pruned (treatment) *C. korshinskii* plants to study the effects of pruning on the photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency, the branch water potential for this kind of plant, and soil moisture content. First, the results show the effects of pruning on the physiological characteristics of *C. korshinskii* varied at different stages of growth. During the June flowering season, the net diurnal photosynthetic rate and water use efficiency of pruned *C. korshinskii* declined by 14.72% and 33.33%, respectively, when compared with the control. The corresponding diurnal transpiration rate of pruned plants increased by 27.31% compared

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071192); 中国科学院西部之光(B28013200); 西北农林科技大学科研专项(QN2009085)

收稿日期: 2010-12-04; 修订日期: 2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: buchongfeng@163.com

with the control. With the onset of the growing season, July to September, the net photosynthetic rates of pruned *C. korshinskii* gradually increased and finally exceeded the rate of the control. At the same time, the difference between the transpiration rates of the two groups decreased. Water use efficiency of the pruned plants increased quickly during the growing season, by 222.5% overall, while water use efficiency of the control increased by only 108.3%. By September, the water use efficiency of the pruned plants was 4.76% higher than the control. Second, the branch water potential of the treated plants was higher than the control during the entire growing season, both daily and monthly. Third, during the entire growing season except for May, the average soil moisture remained higher for the pruned plants when compared with the control treatment at a depth of 50—240 cm, while the variation of soil moisture was minor at the depths of 0—50 cm and at 240—300 cm. Fourth, the correlation coefficients between net photosynthetic rate and transpiration rate of both the pruned and unpruned plants increased from the beginning of the flowering season (June) through the growing season into September. The correlation analysis shows pruning significantly and negatively affects the physiological properties of *C. korshinskii* while positively affecting soil moisture during the first growing season after pruning. More research is needed to understand the mechanisms involved in increasing the vegetative re-growth capacity of pruned *C. korshinskii*.

Key Words: pruning; photosynthetic rate; transpiration rate; water potential; soil water

柠条 (*Caragana korshinskii*) 是生长在干旱和半干旱地区典型的萌蘖植物,在我国主要分布于黄土高原、河西走廊等地。柠条具有生态适应性强、根系发达、吸水力强、抗逆性强等特点^[1],可以作为优良的饲用灌木,以及农牧民的薪炭材^[2]。然而,柠条在生长 6—8 a 后,就会出现生长缓慢、枯枝等衰退现象,随之病虫害现象加重^[3],它的经济效益、生态效益不断下降。在生产实际中,技术人员运用平茬措施对柠条进行更新复壮。近年来,相关科研人员就平茬措施对柠条的影响进行了有益探索,方向文等人认为,地上部分枝条去除后柠条具有一定的生殖补偿能力^[4]。郑士光等人通过研究平茬措施对柠条根系的影响,认为平茬可以大幅度提高柠条根系的生长^[5]。然而,有关柠条平茬的研究报道,多集中于平茬措施对柠条的生态效益和生物产量的影响,以及平茬复壮技术等宏观方面^[6-8]。有关平茬措施对柠条生理、土壤水分等机理方面影响的探讨还鲜有报道。

20 世纪 50 年代以来,国内外很多学者对于采食、火烧或刈割对植物生长的影响进行了多方面的研究^[9-10]。Parsons 研究了火烧对桉树的影响,认为火烧有利于桉树幼苗的成活^[11]。大量研究认为无光竞争的环境^[12]、增加冠层透光度^[13],以及根冠比的变化^[14],能够显著提高植物的光合能力。同时,相关研究也认为在地上组织受到破坏的早期首先供应地上部分生长^[15-16],伴随着较高的叶片光合速率,使地上生物量快速恢复^[6]。但是,面对各种各样的放牧、刈割或采食压力,不同植物采取不同的生态对策^[4]。牧草、苜蓿等植物的研究结论和成果能否直接适用于柠条是有待深入研究的问题。本研究通过野外定位观测试验,研究平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响,探索柠条平茬后迅速再生的生理生态学机制,为柠条的人工灌木经营提供了科学依据,在指导生产实践方面具有重要意义。

1 研究方法

1.1 实验区概况

试验地位于陕西省安塞县纸坊沟小流域,属于黄土丘陵沟壑区第二副区,是延河支流杏子河下游的一级支流,流域面积 8.27 km²,海拔 1010—1431 m。流域地处暖温带半湿润气候向半干旱气候过渡的地区,年日照总时数为 2415 h,年辐射总量为 493 kJ/cm²,年平均气温 8.8 °C。多年平均降水量为 549.1 mm,降水年际变率大,枯水年只有 300 mm 左右,丰水年达 700 mm 以上,且年内分配不均,7—9 月占全年降水的 61.1%。土壤类型以黄绵土为主。柠条是该地区广泛的人工栽植的水土保持树种,也是当地农户家畜的补充饲料。试验区域撂荒地土壤水分情况见表 1。

表 1 试验区域撂荒地土壤水分情况

Table 1 The status of soil water in the fallow land plot

指标 Index	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	总计 Total
平均含水量 Average moisture content/%	11.66	12.73	11.47	10.61	10.02	10.10	
土壤储水量 Soil moisture reserve/mm	391.7	427.6	385.5	356.5	336.7	339.5	
有效储水量 Effective soil water/mm	240.5	276.4	234.3	205.3	185.5	188.3	
水分亏缺量 Water deficit/mm	226.6	190.6	232.8	261.7	281.5	278.7	
降水量 Precipitation/mm	40.2	32.1	98.3	202.5	49.4	69.8	492.3
土壤水变化 Soil moisture variation/mm		36.0	-42.1	-29.0	-19.8	2.8	-52.1
总耗水量 Total water consumption/mm		-3.9	140.4	231.5	69.2	67.0	544.4

1.2 测定内容与方法

1.2.1 光合与蒸腾

在纸坊沟小流域内选择 15 年龄的人工柠条林,坡向为南偏西 15° ,坡位为下坡,坡度为 20° 。土层厚度在 4 m 以上,土质为黄绵土,灌层盖度为 82%,植株密度为 4000—4500 丛/hm²。平茬柠条平茬时间为 2001 年 12 月上旬,平茬方式为全部平茬,平茬高度为 10 cm,对对照地不采取平茬。平茬样地与对照样地相距 100m,样地面积均为 10 m×10 m。利用 CI—301PS 光合作用测定系统,于 2002 年 6—9 月每月下旬晴天条件下,测定平茬柠条和对照的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(E)等生理指标,同时得到胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)、气温(T_a)、叶温(T_l)、大气 CO_2 浓度(C_a)、空气相对湿度(RH)、光合有效辐射(PAR)等参数。考虑到叶片发育状况和所处位置对光合作用影响较大,因此选取灌丛中上部向阳健康叶片进行定株定位测定,每 2 h 取样 1 次,每次 3 个样本,每个样本 2 次重复,日变化测定时间为当地时间 8:00—18:00。

1.2.2 枝水势

利用 PMS600 便携式植物压力室,于 2002 年 5—8 月每月下旬的 6:00 和 12:00,取 2—3 年生发育良好的灌木小枝,测定其黎明前枝水势 PWPB (Predawn Water Potential in Branch) 和正午枝水势 MWPB (Mid-day Water Potential in Branch),每次 3 个重复。其中 7 月份从 6:00—18:00,每 2 h 测定 1 次,以观测枝水势 (WPB) 的日变化。

1.2.3 土壤水分

分别于 2002 年 5 月 12 日、6 月 16 日、8 月 5 日、8 月 28 日,对平茬地块和对照地块的土壤水分进行测定,取样点在植株 1 m 范围内,测定深度为 300 cm,其中 0—200 cm 以 10 cm 为间距取样,200—300 cm 以 20 cm 间距取样。利用烘干法测定土壤含水量。各处理样地 2 次重复,取平均值。

2 结果与分析

2.1 平茬措施对光合蒸腾的影响

2.1.1 光合、蒸腾的日变化

从柠条叶片光合作用的日变化曲线(图 1)可以看出:在花期(6 月份),平茬柠条净光合速率在 11:00 前明显低于对照,而在 11:00 后,平茬柠条净光合速率快速恢复并且超过对照,这与何树斌等人对紫花苜蓿的研究结果是一致的^[10];在这一时期,平茬柠条的日平均净光合速率降低了 14.72%。在果期(7 月份),对照净光合速率的变化趋势为“双峰”型,平茬柠条呈现“单峰”型变化趋势。自然生长初期(8 月份),平茬柠条净光合速率峰值比对照组提前 1h 出现,且二者存在极显著的相关性($P<0.01$)。自然生长末期(9 月份),平茬柠条净光合速率值均高于对照,且峰值提高了 15.60%,且相关性极显著($P<0.01$)。结果表明:实施平茬措施初期,柠条净光合速率的日变化趋势、峰值及峰值出现的时间会产生较大变化。

蒸腾速率日变化(图 2)显示:平茬柠条花期、果期(6、7 月)蒸腾速率峰值比对照有极显著提高($P<0.01$),但在自然生长期(8、9 月)蒸腾速率峰值表现出降低的趋势,二者呈现极显著相关性($P<0.01$)。原因

是:生长初期,平茬柠条的新生枝叶再生组织活动强烈,需要消耗大量的同化产物,导致呼吸作用旺盛,蒸腾作用强烈^[17]。至自然生长末期(9月份),再生组织活动减弱,平茬柠条月平均蒸腾速率明显下降,二者的月平均蒸腾速率基本趋于一致。

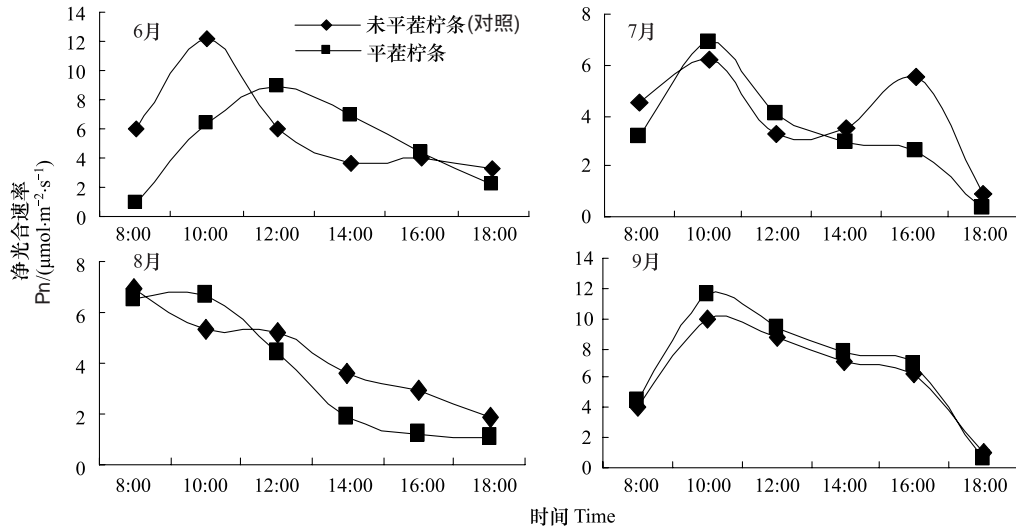


图1 6—9月份净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal changes of net photosynthetic rate of pruned and unpruned *C. korshinskii* from June to September

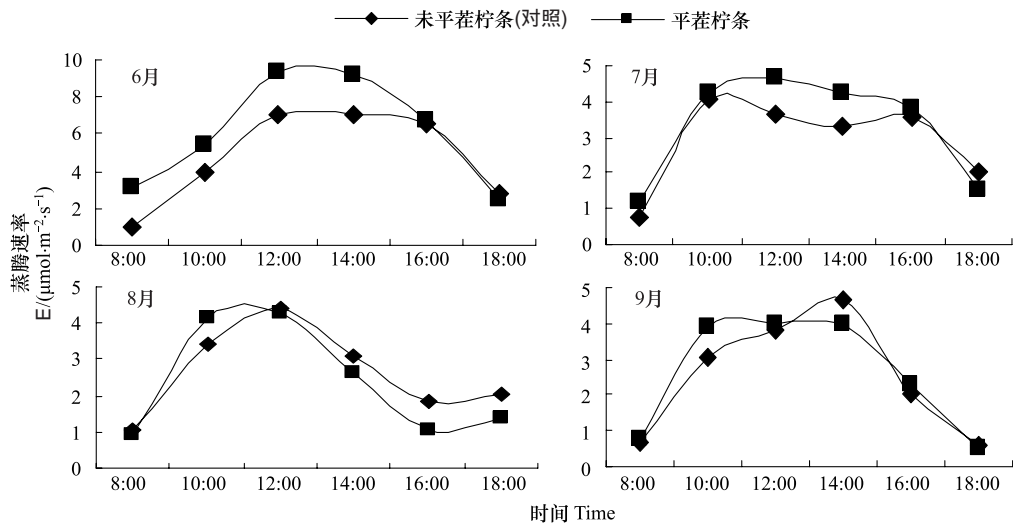


图2 6—9月份蒸腾速率日变化

Fig. 2 Diurnal changes of transpiration rate of pruned and unpruned *C. korshinskii* from June to September

2.1.2 光合、蒸腾的月变化

图3是对照和平茬柠条的净光合速率月变化。可以看出,二者有相似的变化趋势,呈宽口“U”型:在花期(6月)和自然生长末期(9月)二者均有较高的净光合速率值,果期、自然生长初期(7、8月)净光合速率均处于相对较低状态,但二者相关性未达到显著水平($P>0.05$)。据此分析:花期(6月),气温、土壤水分、光照均有利于光合,产生了比较高的光合效率。进入果期、自然生长初期(7、8月),气温不断上升,柠条叶内外水汽压差增大,体内出现水分亏缺,净光合速率明显减小。至自然生长末期(9月),气温出现下降,蒸腾减小,体内水分亏缺有所减缓,净光合速率开始回升。从花期(6月)至自然生长末期(9月),对照和平茬柠条的净光合速率总体上分别增长了5.65%、35.14%,后者是前者的6倍。到自然生长末期(9月),平茬柠条月平均净光

合速率高出对照 9.07%。

由蒸腾速率月变化趋势(图 4)可以看出:花期(6 月),平茬柠条的月平均蒸腾速率高出对照 27.31%。随着柠条的不断生长,二者蒸腾速率的差距在逐渐缩小,且相关性极显著($P < 0.01$)。

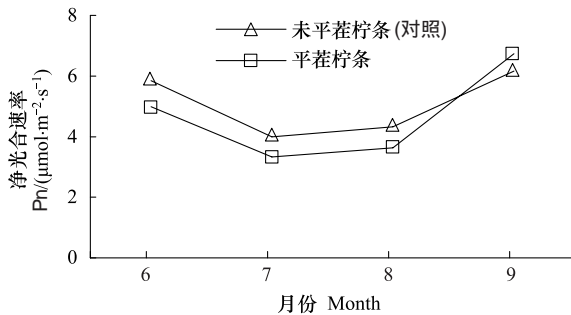


图 3 净光合速率月变化

Fig. 3 Seasonal changes of photosynthetic rate of pruned and unpruned *C. korshinskii*

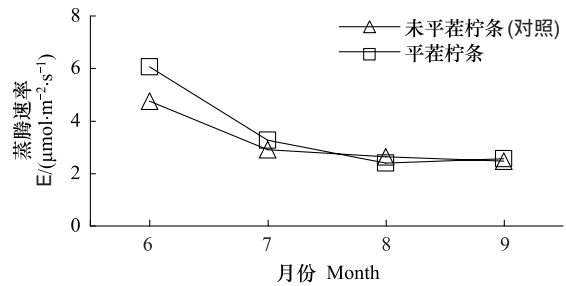


图 4 蒸腾速率月变化

Fig. 4 Seasonal changes of transpiration rate of pruned and unpruned *C. korshinskii*

2.1.3 水分利用效率表现

水分利用效率(WUE)是植物光合与蒸腾特性的综合反映^[18],在植物适宜性评价中被广泛应用。图 5 反映出,从花期(6 月)至自然生长末期(9 月),水分利用效率呈现出逐月增长趋势,并且平茬柠条的增长速率高于对照,二者存在极显著的相关性($P < 0.01$)。在花期(6 月),平茬柠条的水分利用效率低于对照 33.33%,而其水分利用效率增加较快(体现在其斜率较大)。在整个生长季节,对照和平茬柠条水分利用效率分别增加了 108.3%、222.5%,后者是前者的 2 倍。至自然生长末期(9 月),平茬柠条水分利用效率高于对照 4.76%。原因是:在花期(6 月),平茬柠条的光合速率低于对照,而蒸腾速率却又高于对照组,导致平茬柠条的水分利用效率相对较低。至自然生长末期(9 月),平茬柠条的光合速率略高于对照,而二者的蒸腾速率相差不大,使平茬柠条的水分利用效率高于对照。

2.2 平茬措施对枝水势的影响

2.2.1 枝水势的日变化

图 6 显示,平茬措施实施后,平茬柠条和对照枝水势日变化趋势基本一致,6:00 左右枝水势是白天中的最高值(绝对值最小),分别为-0.63 MPa 和-0.83 MPa。随着光照强度、气温的增加,从 8:00 以后二者枝水势急剧下降,对照在 12:00 左右达最低点(在-2.53 MPa 左右),之后到 14:00 以前一直保持着低值,14:00 以后开始逐渐恢复。平茬柠条枝水势则在 14:00 左右达到最低值(-2.43 MPa),未保持较长时间的低值,便逐

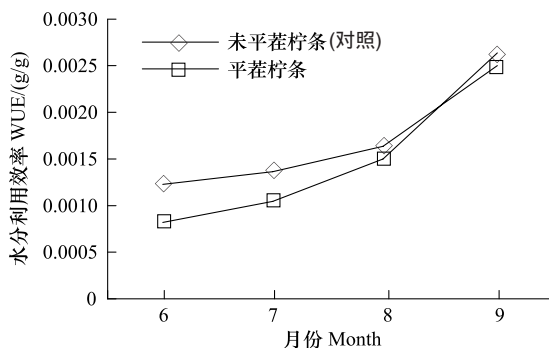


图 5 水分利用效率月动态

Fig. 5 Seasonal changes of WUE of pruned and unpruned *C. korshinskii*

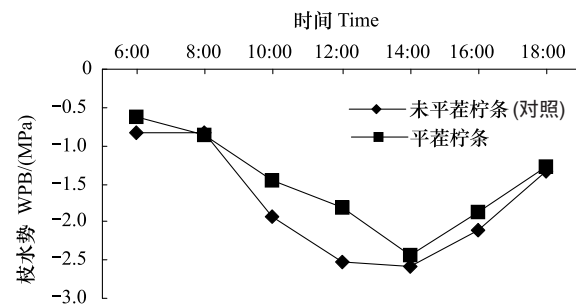


图 6 7 月份枝水势日变化

Fig. 6 Diurnal changes of water potential in branches of pruned and unpruned *C. korshinskii* in July

渐恢复。原因是:从早晨开始,随着光照强度的增加、气温的升高,柠条的光合能力、蒸腾作用逐渐加强。在土壤水分不充足的情况下,一方面生理耗水不断增加导致植物体含水量的下降,同时,植物的生理需水量却在不断增加,从而导致水分紧张度的下降^[19]。14:00以后随着气温下降、光照减弱,植物生理活性随之下降,水分供需矛盾弱化,水势开始不断回升,至次日早晨完成一个变化周期。

图6可以看出:平茬柠条枝水势均高于对照,表明平茬措施提高了柠条枝叶的含水量,减少了其对土壤水分的需求。同时说明,平茬柠条受干旱胁迫的影响较小^[20]。

2.2.2 枝水势的月变化

由图7知:平茬措施的实施,提高了柠条在整个生长期的枝水势,并且,黎明前枝水势 PWPB(6:00)和正午枝水势 MWPB(12:00)都表现出较好的规律性,从花期(5月)到自然生长初期(8月),平茬柠条和对照的枝水势变化都表现出递减趋势,但二者相关性均未达到显著水平($P>0.05$)。用黎明前枝水势 PWPB(6:00)和正午枝水势 MWPB(12:00)差值的绝对值作为植物水势的变化幅度,幅度的大小可以反映植物对干旱环境的适应策略。差值越大表明其越耐旱,值小则表明植物对干旱相对不敏感^[21-22]。平茬柠条枝水势的月变化幅度为1.31 MPa,对照为1.39 MPa。表明平茬措施在一定程度上降低了柠条对干旱的敏感程度,再次证明平茬柠条受干旱胁迫的影响较小。

2.3 平茬措施的土壤水分效应

平茬柠条和对照在不同月份的土壤水分含量如图8所示。0—100 cm范围内,在花期(5月),与平茬柠条相比,对照土壤含水量的变化很剧烈,二者存在极显著差异。花期(6月)和自然生长初期(8月)二者变化趋势变缓,且在0—280 cm范围内平茬柠条下土壤含水量均高于对照。0—200 cm范围内,土壤水分含量均随着月份呈现比较明显的递减趋势,原因是:花期(5月),土壤含水量较高(表1),且植物生理需水量比较小。随着植物进入自然生长初期(8月),生长量不断提高,叶片面积增大,植物的生理需水量、耗散水量不断增加,蒸腾增大,造成土壤含水量不断降低。在200 cm左右深度,平茬柠条和对照的土壤含水量均有明显降低,且趋于稳定,但是200 cm以下二者的土壤水分含量呈现稳中上升的趋势,在250 cm以下尤为明显,这说明柠条主要的水分利用层在0—200 cm范围内,这与张益望等人对沙棘、柠条等干旱区植物进行水分生态研究结果是一致的^[23]。

由图8还可知,平茬措施在不同生长期对土壤水分的影响不同。其中,在花期(5月),平茬措施明显降低了浅层土壤含水率,在0—60 cm范围内,平茬柠条下土

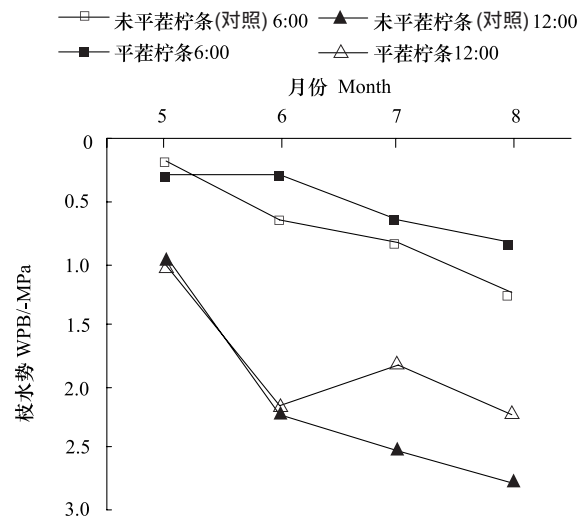


图7 枝水势月动态

Fig. 7 Seasonal changes of water potential in branches of pruned and unpruned *C. korshinskii*

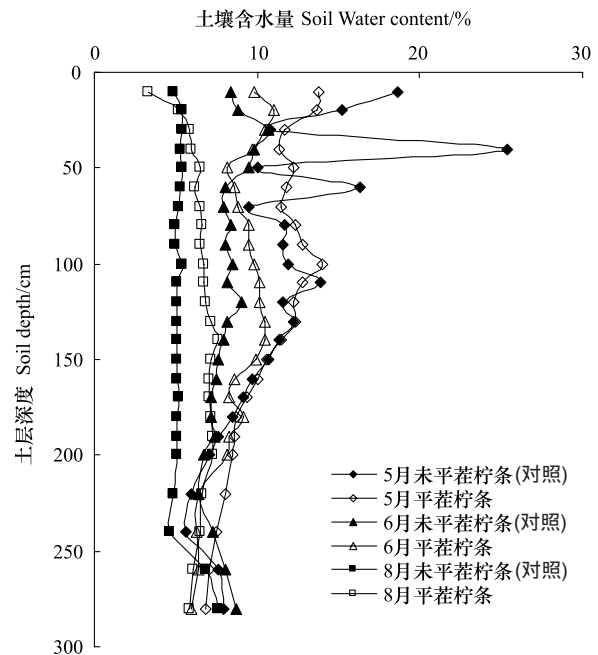


图8 3m 土层剖面土壤水分动态

Fig. 8 The variations of soil water in 3m profile

壤平均含水率较对照样地低 23%,而在花期(6 月)和自然生长初期(8 月),平茬柠条下土壤平均含水率较对照样地高出 5%、4%。

土壤含水量受土壤结构、植物根系分布深度及耗水量、降水等综合因素的影响,在空间分布上存在差异,变异系数 C_v 可以反映这个特征。 C_v 值越大,土壤含水量变化越剧烈; C_v 值越小,土壤含水量越稳定^[24]。由表 2 知:随着土壤深度的增加,变异系数随土壤深度呈现递减趋势,说明对照和平茬柠条的土壤含水量随深度的增加越来越稳定。0—100 cm 范围之内变异系数较大,说明该层的土壤水分变化与外界联系比较紧密,受大气降水、蒸发、径流的作用明显。100 cm 以下,土壤含水量变异系数差异,主要是植物根系分布和耗水规律不同而造成的。50—240 cm 范围内平茬柠条地块土壤平均含水量均高于对照地块,说明平茬措施的实施,改善了这一层次土壤的水分状况。在整个测得的土壤剖面内,对照地块的土壤水分变异系数均大于平茬柠条地块,说明实施平茬措施之后,柠条对土壤水分的消耗量相对下降、耗水深度变浅。

表 2 平茬措施对柠条地土壤水分垂直变化的影响

Table 2 Effect of pruning measure on vertical changes of soil water of *C. korshinskii* field

指标 Index		土层深度 Soil depth/cm					
		0—50	50—100	100—150	150—200	200—240	240—280
平茬柠条	平均含水量 Average moisture content/%	9.24	9.40	9.76	8.21	6.91	6.37
Pruned	标准差 Standard deviation	1.13	0.55	0.48	0.39	0.19	0.21
	变异系数 C_v /%	12.24	5.82	4.87	4.77	2.75	3.35
未平茬柠条	平均含水量 Average moisture content/%	10.24	8.51	8.42	6.89	5.77	7.78
(对照)	标准差 Standard deviation	2.47	0.97	0.60	0.49	0.36	0.41
Unpruned	变异系数 C_v /%	24.16	11.43	7.07	7.04	6.18	5.22

2.4 生理指标及土壤水分相关性分析

从表 3 中可以看出,从花期(6 月)至自然生长末期(9 月),未平茬柠条和平茬柠条净光合速率、蒸腾速率的相关系数在不断提高。净光合速率在自然生长期(8、9 月)相关性极显著,蒸腾速率在整个生长期相关性均极显著($P < 0.01$)。平茬措施对枝水势的影响极显著($P < 0.01$),对生长初期土壤含水量的影响显著($P < 0.05$),相关系数随时间呈降低趋势,表明平茬措施对柠条生理特征及土壤水分含量有重要影响。尤其在实施平茬措施初期,其对柠条蒸腾速率和土壤含水量的影响较显著。

表 3 未平茬柠条和平茬柠条净光合速率、蒸腾速率、枝水势、土壤含水量的相关性

Table 3 Correlation analysis of photosynthetic rate, transpiration rate, water potential and soil water between pruned and unpruned *C. korshinskii*

指标 Index	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September
净光合速率 P_n		0.27	0.76	0.93**	0.99**
蒸腾速率 E		0.93**	0.94**	0.95**	0.96**
枝水势 WPB			0.95**		
土壤含水量 Soil water	0.64**	0.42*		-0.18	

** 表明相关性极显著($P < 0.01$), * 表明相关性显著($0.01 < P < 0.05$)

3 讨论

大多数研究认为,平茬措施会在较短时间内提高植物的光合速率^[4,10,12]。本研究中柠条净光合速率在花期(6 月)的变化规律与前人研究的结果是一致的。然而从整个生长期而言,实施平茬措施后柠条净光合速率的整体提高(9 月份)需要经过一个不断变化(7、8 月份)的过程,并不是在短期内能够完成的。在花期,平茬措施的实施使柠条枝叶被大量剪除,净光合速率下降,然而由于植物刈割后气孔导度明显加大,保证了 CO_2 的充分供应,为净光合速率的提高打下了物质基础^[10]。其次,刈割也导致根冠比失调和源库关系发生改变、剩余叶片中叶绿素含量^[25]及细胞分裂素和光合酶的活性增加等因素^[26],引起叶片光合能力的增强。同时,平

茬措施的实施,使柠条根冠比严重失调,进而使平茬柠条单位叶面积有较高的含氮量和含水量^[14],增加叶片的含氮能显著增加植物的光合能力^[27],促使植物对光的利用效率提高。最后,平茬后冠层透光度增加,在无光竞争的环境中,植物能对叶片去除进行补偿作用^[12],促使在整个生长期,平茬柠条净光合速率快速提高,至生长末期,其净光合速率高于对照。

相关研究表明,萌蘖植物经过平茬之后,新生枝叶的分生组织活动强烈,细胞分裂速度较快,需要消耗大量的同化产物,而这一需求只能通过旺盛的呼吸作用来满足^[17],导致平茬柠条蒸腾速率相对较高,符合本实验的研究结果。进入自然生长期,新生枝叶强烈的分生组织活动会逐渐趋于稳定,此外伴随着气温上升,植物体内的水分状况不断恶化,引起水分亏缺,气孔关闭以防止水分散失^[28],平茬柠条蒸腾速率随之下降,二者蒸腾速率日变化将趋于一致。

植物通过根系吸收土壤水分和养分,平茬措施使柠条地上组织受到很大破坏,地上叶面积大幅减少,使光和同化产物向根系的分配减少,进而导致根系生物量的减少^[29-30],但作为吸收水分和养分的主体($< 10\text{ mm}$)根系会快速大幅度的增加^[5],提高植株的水分可获得性^[31],使植物根系吸收的大量水分供应有限的地上叶面积,导致植物单位叶面积的含水量增加^[4],提高了植株的枝水势。另外,平茬之后,相对于平茬柠条,对照所受干旱胁迫较为严重,为获取维持正常生理功能的水分,其通过脯氨酸的累积来维持较低的水势^[4],导致平茬柠条枝水势相对较高。同时由于柠条地上组织需水总量减小,使土壤积累更多的水分,导致土壤含水量增加^[32],这与本实验研究结果相一致。

相关研究人员就平茬柠条更新复壮的原因进行了研究。郑世光等人通过研究柠条平茬之后根系和数量的分布情况之后,认为平茬措施使柠条根系大幅度增加是柠条地上部分加速生长的重要原因之一。高天鹏等则通过研究浇水前后平茬柠条和未平茬柠条光合参数及调渗物质的变化情况^[20],提出平茬后水分条件的改善是萌蘖株地上生物量迅速恢复的主要机制之一的观点,本实验中土壤水分6月、8月的研究结果显示,平茬措施明显改善了土壤水分状况,这间接证实了高天鹏等人的观点。而土壤水分5月份的研究结果表明,平茬措施降低了0—100 cm处的土壤平均含水量,尤其在40 cm和60 cm处。有研究认为40—90 cm为柠条细根的主要分布区和生长活跃区^[33],据此推断,柠条细根系会在40—90 cm大幅度增加,加大对土壤水分的吸收,这又支持了郑世光等人的观点。因此,要全面弄清平茬措施的更新复壮机理,还需要开展更多的深入研究工作。

4 结论

(1)平茬措施对柠条生理特征的影响因其生长发育阶段(花期、果期、自然生长期)而异。在花期(6月份),平茬柠条日平均净光合速率较对照(未平茬柠条)降低14.72%,日平均蒸腾速率提高27.31%,水分利用效率较对照低33.33%;在果期(7月)、自然生长期(8、9月),平茬柠条日平均净光合速率逐渐升高并最终高于对照,日平均蒸腾速率的差距也不断缩小;相应的其水分利用效率增加较快(对照柠条、平茬柠条增幅分别达108.3%、222.5%),至自然生长末期(9月),平茬柠条较对照高出4.76%。总体上,采取平茬措施的第一年,平茬措施对柠条的生理特征产生明显的负面影响。

(2)平茬措施提高了柠条枝叶的含水量,降低了柠条对土壤水分的绝对耗水量,减小了干旱胁迫的影响。表现在采取平茬措施的柠条枝水势日均值和月均值都明显升高,同时其黎明前枝水势和正午枝水势绝对值差值的变化幅度缩小。

(3)实施平茬措施之后,柠条地块的土壤水分消耗量相对下降、耗水深度变浅,平茬措施产生了积极的土壤水分效应。在整个生长季,平茬措施下柠条地的平均土壤含水量在50—240 cm范围内明显高于对照组。同时,平茬措施显著降低了0—300 cm剖面各层土壤水分变异情况。

致谢:感谢中国科学院水利部水土保持研究所安塞水土保持综合试验站对工作提供的一切便利条件。

References:

- [1] Zhu M, Zhang Y Z, Jiao Y. The adaptability analysis of *Caragana intermedia* in Kuerle. *Pratacultural Science*, 2008, 25(8): 148-149.

- [2] Wang Z H, Xia X L, Yin W L. The developmental status of *Caragana* drought resistance. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2006, 21(4): 388-391.
- [3] Qiao C H. The machine cutting and tending technique on *Caragana*. Contemporary Farm Machinery, 2009, (6): 70-71.
- [4] Fang X W, Ecophysiological Compensatory Mechanisms of *Caragana korshinskii* Kom. Following Aboveground Tissue Removal. Lanzhou: Lanzhou University, 2006: 66-67.
- [5] Zheng S G, Jia L M, Pang W Q, Li R. Stumping effects on number and distribution of roots of *Caragana microphylla* Lam. plantation. Journal of Beijing Forestry University, 2010, 32(3): 64-69.
- [6] Fang X W, Wang W P, He X Q, Wang G. A study on vegetative compensatory growth of shrub, *Caragana korshinskii*, under different clipping treatments in disturbance environment. Journal of Plant Ecology, 2006, 30(5): 810-816.
- [7] Li Y, Zhang Z Y, Li D T, Huang W, Liu Z Q. Research on establishment the quality evaluation indicator system for cutting stubble surface of *Caragana*. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, (11): 169-172.
- [8] Wu Y M. The cutting and rejuvenation technology. Inner Mongolia Forestry Science and Technology, 2001, (S1): 63-64.
- [9] Wang H Y, Du G Z, Ren J J. The impacts of population density and fertilization on compensatory responses of *Elymus nutans* to mowing. Acta Phytocologica Sinica, 2003, 27(4): 477-483.
- [10] He S B, Liu G X, Yang H M. Changes and mechanism in response of photosynthetic rates of lucerne residue to cutting under different water treatments. Acta Prataculturae Sinica, 2009, 18(6): 192-197.
- [11] Parsons R F. An introduction to the regeneration of mallee eucalypts. Proceedings of the Royal Society of Victoria, 1968, 81: 59-68.
- [12] Mabry C M, Wayne P W. Defoliation of the annual herb *Abutilon theophrasti*: mechanisms underlying reproductive compensation. Oecologia, 1997, 111(2): 225-232.
- [13] Rice S A, Bazzaz F A. Growth consequences of plasticity of plant traits in response to light conditions. Oecologia, 1989, 78(4): 508-512.
- [14] Thomson V P, Cunningham S A, Ball M C, Nicotra A B. Compensation for herbivory by *Cumumis sativus* through increased photosynthetic capacity and efficiency. Oecologia, 2003, 134(2): 167-175.
- [15] Bowen B J, Pate J S. The significance of root starch in post-fire shoot recovery of the resprouter *Stirlingia latifolia* R. Br. (Proteaceae). Annals Botany, 1993, 72(1): 7-16.
- [16] van der Heyden F, Stock W D. Regrowth of a semiarid shrub following simulated browsing: the role of reserve carbon. Functional Ecology, 1996, 10(5): 647-653.
- [17] Gao Y B, Ren A Z, Wang W, Wang J L. A comparative study on photosynthesis and morphological characteristics of *Salix gordejewii* between regenerated shoots and standing shoots. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(10): 1758-1764.
- [18] Li W H, Zhu Q K, Lai Y F, Li H S, Xu H T, Liu G Q. Photosynthetic characteristics of *Caragana* in Northern Shaanxi. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2007, 31(2): 37-41.
- [19] Bu C F, Liu G B, Chen Y F. Comparative study on eco-physiological characteristics and their effects on soil water between *Sophara viciifolia* and *Caragana korshinskii*. Journal of Beijing Forestry University, 2005, 27(2): 28-33.
- [20] Gao T P, Fang X W, Li J H, Li F M, Wang Y F. Effect of water on photosynthetic parameters and osmotic solute of sprouting and its intact plants of *Caragana korshinskii*. Pratacultural Science, 2009, 26(5): 103-109.
- [21] Chai B F, Li C. A study on main water parameters of *malus micromalus* and *Robinia pseudoacacia*. Journal of Shanxi University: Natural Science Edition, 1997, 20(1): 91-95.
- [22] Li H J, Wang M B. A study on water potential characteristics in four tree species in Loess region. Bulletin of Botanical Research, 2001, 21(1): 223-227.
- [23] Zhang Y W, Cheng J M, He X L. Study on plant growth and water ecology of some artificial forestry in semi-arid region of loess plateau. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2006, 26(3): 18-22.
- [24] Bai G M, Qi J S, Liu X S, Chang S G, Liu Z B. Changes of soil moisture in slope *Caragana* land and wasteland in the hilly and gullied area of Northern Shaanxi. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2007, 27(6): 45-49.
- [25] Tian L Z, Dong Z R, Shen J, Zhao B, Li C A, Li Y Y. Effects of mowing and topdressing of nitrogen on photosynthetic characteristics in triticale. Journal of Anhui Agricultural University, 2004, 31(1): 72-75.
- [26] Von Caemmerer S, Farquhar G D. Effects of partial defoliation, changes of irradiance during growth, short-term water stress and growth at enhanced p (CO_2) on the photosynthetic capacity of leaves of *Phaseolus vulgaris* L. Planta, 1984, 160(4): 320-329.
- [27] Niinemets U, Portsmouth A, Truus L. Leaf structural and photosynthetic characteristics and biomass allocation to foliage to relation to foliage content and tree in three *betula* species. Annals of Botany, 2002, 89(2): 191-204.
- [28] Zhang L P, Wang X P, Liu L C, Huang Z C, Liu X M. Study on gas exchange characteristics of main constructive plants *A. ordosica* and *C.*

- korshinskii in Shaptoou region. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(2): 133-137.
- [29] Ohyama T, Harper J E. Effects of shoot removal on N₂ fixation and assimilation in nodulation mutant and wide-type soybean. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1991, 37: 471-476.
- [30] Ofosu-Budu K G, Sanecka H, Fujita K. Analysis of factors controlling dinitrogen fixation and nitrogen release in soybean using pod removal stem girdling and defoliation. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1995, 41: 407-416.
- [31] Wellington A B. Leaf water potentials, fire and the regeneration of malice eucalypts in semi-arid, south-eastern Australia. *Oecologia*, 1984, 64(3): 360-362.
- [32] Zimmer W J. Plant invasions in the mallee. *Victoria Naturalist*, 1940, 56: 143-147.
- [33] Xun J J, Li J Y, Chen J W, Shi J W, Wang M B. Relationships of fine root standing length of *Caragana Korshinskii* seedlings with environmental factors. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2009, 33(4): 764-771.

参考文献:

- [1] 朱岷, 张义智, 焦阳. 柠条在库尔勒的适应性分析. *草业科学*, 2008, 25(8): 148-149.
- [2] 王志会, 夏新莉, 尹伟伦. 我国柠条抗旱性研究现状. *河北林果研究*, 2006, 21(4): 388-391.
- [3] 乔成龙. 柠条机械平茬抚育技术. *当代农机*, 2009, (6): 70-71.
- [4] 方向文. 地上组织去除后柠条补偿生长的生理生态机制. 兰州: 兰州大学, 2006: 66-67.
- [5] 郑士光, 贾黎明, 庞琪伟, 李锐. 平茬对柠条林地根系数量和分布的影响. *北京林业大学学报*, 2010, 32(3): 64-69.
- [6] 方向文, 王万鹏, 何小琴, 王刚. 扰动环境中不同刈割方式对柠条营养生长补偿的影响. *植物生态学报*, 2006, 30(5): 810-816.
- [7] 李岩, 张志毅, 李丹婷, 黄伟, 刘志强. 建立柠条平茬端面质量评价指标体系的研究. *农机化研究*, 2008, (11): 169-172.
- [8] 郭玉明. 柠条锦鸡儿平茬复壮技术. *内蒙古林业科技*, 2001, (S1): 63-64.
- [9] 王海洋, 杜国祯, 任金吉. 种群密度与施肥对垂穗披碱草刈割后补偿作用的影响. *植物生态学报*, 2003, 27(4): 477-483.
- [10] 何树斌, 刘国利, 杨惠敏. 不同水分处理下紫花苜蓿刈割后残茬的光合变化及其机制. *草业学报*, 2009, 18(6): 192-197.
- [17] 高玉葆, 任安芝, 王巍, 王金龙. 科尔沁沙地黄柳再生枝与现存枝形态和光合特征的比较. *生态学报*, 2002, 22(10): 1758-1764.
- [18] 李文华, 朱清科, 赖亚飞, 李宏生, 徐怀同, 刘广全. 陕北柠条的光合特性. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2007, 31(2): 37-41.
- [19] 卜崇峰, 刘国彬, 陈玉福. 狼牙刺与柠条生理生态及土壤水分效应的比较研究. *北京林业大学学报*, 2005, 27(2): 28-33.
- [20] 高天鹏, 方向文, 李金花, 李凤民, 王一峰. 水分对柠条萌蘖株和未平茬株光合参数及调渗物质的影响. *草业科学*, 2009, 26(5): 103-109.
- [21] 柴宝峰, 李鑫. 海红和刺槐水分参数的研究. *山西大学学报: 自然科学版*, 1997, 20(1): 91-95.
- [22] 李洪建, 王孟本. 黄土区4个树种水势特征的研究. *植物研究*, 2001, 21(1): 100-105.
- [23] 张益望, 程积民, 贺学礼. 半干旱区人工林生长与水分生态研究. *水土保持通报*, 2006, 26(3): 18-22.
- [24] 白光明, 齐金生, 刘新生, 常善刚, 刘志兵. 陕北丘陵区陡坡柠条林地与荒坡土壤水分变化研究. *水土保持通报*, 2007, 27(6): 45-49.
- [25] 田灵芝, 董召荣, 沈洁, 赵波, 李长安, 李焰焰. 刈割-追氮对小黑麦抽穗后光合特性的影响. *安徽农业大学学报*, 2004, 31(1): 72-75.
- [28] 张利平, 王新平, 刘立超, 黄子琛, 刘新民. 沙坡头主要建群植物油蒿和柠条的气体交换特征研究. *生态学报*, 1998, 18(2): 133-137.
- [33] 荀俊杰, 李俊英, 陈建文, 史建伟, 王孟本. 幼龄柠条细根现存量与环境因子的关系. *植物生态学报*, 2009, 33(4): 764-771.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 4 February, 2012 (Semimonthly)
CONTENTS

- The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat MA Changan, XU Linlin, TIAN Wei, et al (1007)
- Ecological health assessment of groundwater in the lower Liaohe River Plain using an ArcView-WOE technique SUN Caizhi, YANG Lei (1016)
- Nitrogen flows in intensive "crop-livestock" production systems typically for the peri-urban area of Beijing HOU Yong, GAO Zhiling, MA Wenqi, et al (1028)
- The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy GAO Zhaoquan, FENG Shezhang, ZHANG Xianchuan, et al (1037)
- Phenological variation of typical vegetation types in northern Tibet and its response to climate changes SONG Chunqiao, YOU Songcai, KE Linghong, et al (1045)
- Soil moisture and temperature characteristics of forest-grassland ecotone in middle Qilian Mountains and the responses to meteorological factors TANG Zhenxing, HE Zhibin, LIU Hu (1056)
- Eco-hydrological effects of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) canopy and its influence factors in the Qilian Mountains TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (1066)
- Response of tree-ring width of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* to climate change in Hulunbuir sand land, China SHANG Jianxun, SHI Zhongjie, GAO Jixi, et al (1077)
- Analysis of a dust case using lidar in Shanghai MA Jinghui, GU Songqiang, CHEN Min, et al (1085)
- Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses TIAN Fengge, XU Zhaoli (1097)
- Phenotypic traits of both larvae and juvenile *Crasstrea hongkongensis* and *C. gigas* ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (1105)
- Inter-specific competition between *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* LI Hui, WANG Jiangtao (1115)
- Effects of initial biomass ratio on the interspecific competition outcome between three marine microalgae species WEI Jie, ZHAO Wen, YANG Weidong, et al (1124)
- On the ecological amplitude of nitrate of *Alexandrium tamarense* at different initial phosphate concentrations in laboratory cultures WEN Shiyong, SONG Lili, LONG Hua, et al (1133)
- Time lag effects and rainfall redistribution traits of the canopy of natural secondary *Pinus tabulaeformis* on precipitation in the Qinling Mountains, China CHEN Shujun, CHEN Cungen, ZOU Bocai, et al (1142)
- The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern TIAN Zhongping, ZHUANG Li, LI Jianguo (1151)
- Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant *Tetraena mongolica* Maxim. and the closely related *Zygophyllum xanthoxylon* (Bunge) Maxim. SHI Songli, WANG Yingchun, ZHOU Hongbing, et al (1163)
- Antioxidant properties of four native grasses in Loess Plateau under drought stress SHAN Changjuan, HAN Ruilian, LIANG Zongsuo (1174)
- The effects of the addition of *Ceratobasidium stevensii* B6 and its growth on the soil microflora at a continuously cropped water-melon (*Citrullus lanatus*) site in China XIAO Yi, WANG Xingxiang, WANG Hongwei, et al (1185)
- Suitable habitat for the *Achnatherum splendens* community in typical steppe region of Inner Mongolia ZHANG Yifei, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1193)
- Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district GUAN Xiaoyan, WANG Shaoli, GAO Zhanyi, et al (1202)
- Spatial heterogeneity of soil saturated hydraulic conductivity on a slope of the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau LIU Chunli, HU Wei, JIA Hongfu, et al (1211)
- Spatial and temporal variations of total nitrogen density in agricultural soils of the Songnen Plain Maize Belt ZHANG Chunhua, WANG Zongming, JU Weimin, et al (1220)
- The evaluation system of strength of winteriness in wheat WANG Peng, ZHANG Chunqing, CHEN Huabang, et al (1230)
- A comparison of summer habitats selected by sympatric *Apodemus chevrieri* and *Apodemus draco* in Tiangjiahe Nature Reserve, China LI Yunxi, ZHANG Zejun, SUN Yiran, et al (1241)
- Life tables for experimental populations of *Frankliniella occidentalis* on 6 vegetable host plants CAO Yu, ZHI Junrui, KONG Yixian (1249)
- Effect of diet switch on turnover rates of tissue nitrogen stable isotopes in fish based on the enrichment-dilution approach ZENG Qingfei, GU Xiaohong, MAO Zhigang, et al (1257)
- Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing XU Wenwen, SUN Xiang, ZHU Xiaodong, et al (1264)
- Seasonal characteristics of CO₂ fluxes above urban green space in the Pearl River Delta, China SUN Chunjian, WANG Chunlin, SHEN Shuanghe, et al (1273)
- Simulation and evaluation of groundwater seepage in contaminated sites: case study of TuoCheng County WU Yizhong, ZHU Qinyuan, LIU Ning, LU Genfa, DAI Mingzhoet al (1283)
- Review and Monograph**
- Recent advances in wetland degradation research HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, LI Ke (1293)
- A review concerning nitrogen accumulation and leaching in agro-ecosystems of oasis YANG Rong, SU Yongzhong, WANG Xuefeng (1308)
- Discussion**
- The diversity of the radio-resistant bacteria *Deinococcus radiodurans* TU Zhenli, FANG Lijing, WANG Jiagang (1318)
- Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of *Caragana korshinskii* YANG Yongsheng, BU Chongfeng, GAO Guoxiong (1327)
- Scientific Note**
- Characteristics of rainfall interception for four typical shrubs in Qilian Mountain LIU Zhangwen, CHEN Rensheng, SONG Yaoxuan, et al (1337)
- Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild *Cryptotaenia japonica* YU Mei, ZHOU Shoubiao, WU Xiaoyan, et al (1347)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 4 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 4 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@esp.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@esp.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元