

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

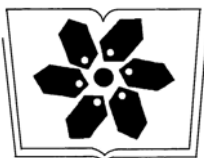
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **2013**

中国生态学会
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 33 卷 第 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘芳, 李晟, 李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平, 宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏, 夏旭, 李银坤, 等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王震, 张利文, 虞毅, 等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓云, 陈辉, 杨小飞, 等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗溟, 李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达, 李蒙, 胡雪琼, 等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响 田慎重, 王瑜, 李娜, 等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳, 严俊鑫, 李霜雯, 等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋, 鄧军锐, 田甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟, 任景玲, 闫丽, 等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良, 何飞, 樊华, 等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼, 孙岳 (7157)
- 啃食性端足类强壮藻钩虾对筲箕湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆, 黄凌风, 李元超, 等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞, 黄炳超, 肖汉祥, 等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡霞, 徐颂军, 陈善浩, 等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民, 宋照亮, 姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎, 赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒, 张秀珍, 胡天华, 等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英, 李小雁, 童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽, 张小彦, 焦菊英, 等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生, 高惠, 滕丽微, 等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳, 朱广伟, 李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

- 艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应..... 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)
- 田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征..... 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

- 光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)
- 棉花节水灌溉气象等级指标..... 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

- 云南红豆杉人工林萌枝特性..... 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)
- 赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响..... 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

- 2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201208051108

王震, 张利文, 虞毅, 杨永华, 朝格吉乐, 高健斌, 高慧敏, 何淑清. 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响. 生态学报, 2013, 33(22): 7078-7087.

Wang Z, Zhang L W, Yu Y, Yang Y H, Chao G J L, Gao J B, Gao H M, He S Q. Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7078-7087.

平茬高度对四合木生长及生理特性的影响

王 震¹, 张利文², 虞 毅^{1,*}, 杨永华³, 朝格吉乐⁴, 高健斌³, 高慧敏⁴, 何淑清⁴

(1. 国际竹藤中心, 北京 100102; 2. 内蒙古环境工程评估中心, 呼和浩特 010011;

3. 内蒙古西鄂尔多斯国家级自然保护区管理局, 鄂托克 016100; 4. 内蒙古鄂尔多斯市林业工作站, 东胜区 017000)

摘要:为改善珍稀濒危植物四合木种群衰退现状, 促进其更新复壮及可持续发展, 对四合木老龄化植株进行了 0、5、10、15 cm (即 A、B、C、D) 4 种平茬高度处理, 以未平茬老龄植株为对照 (CK), 跟踪测定各处理的生长指标和生理指标变化规律, 结果表明: (1) 平茬能够促进四合木老龄化植株更新复壮, 平茬后第 1 生长季各处理组株高生长量极显著大于 CK ($P < 0.01$), 处理 B、C、D 冠幅年生长量极显著大于 CK ($P < 0.01$), 各处理组新生萌条数量大于 CK、萌条基径和萌条枝长极显著大于 CK ($P < 0.01$), 其中处理 B 株高和冠幅生长量分别较对照组增加 241.43% 和 417.21%, 平均萌条数量为 324 枝分别大于处理 A、C、D 和 CK 的 293 枝、229 枝、221 枝和 159 枝; (2) 对照植株净光合速率及蒸腾速率日变化均为双峰曲线, 4 种平茬处理植株平茬后第 1 个生长季 7 月份净光合速率和蒸腾速率为单峰曲线, 而平茬后第 2 个生长季 7 月份变为双峰曲线; (3) 平茬后前两个生长季 7 月份净光合速率日均值排序均为: 处理 B > D > C > A > CK, 其中, 处理 B 日均值分别为 CK 的 2.07 倍和 1.94 倍; (4) 平茬处理改善了四合木植株水分状况, 提高了四合木抵御干旱胁迫的能力, 处理组蒸腾速率和水势均高于对照组; (5) 平茬处理提高了四合木水分利用效率, 其中, 处理 B 提高程度最为明显, 前两个生长季的水分利用效率分别是 CK 的 1.38 倍和 1.42 倍; (6) 在平茬后前两个生长季内, 5 cm 平茬较其他高度平茬在生长和生理特性均有明显优势, 但随平茬年限的增加其状况如何尚需进一步研究。

关键词: 四合木; 平茬; 生长特性; 净光合速率; 蒸腾速率; 水分利用效率; 枝水势

Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons

WANG Zhen¹, ZHANG Liwen², YU Yi^{1,*}, YANG Yonghua³, CHAO Gejile⁴, GAO Jianbin³, GAO Huimin⁴, HE Shuqing⁴

1 International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China

2 The Center of Inner Mongolia Environmental Engineering Evaluation, Hohhot 010011, China

3 West Erdos National Nature Reserve, Inner Mongolia, Etuoke 016100, China

4 Forestry Bureau of Erdos, Dongsheng 017000, China

Abstract: *Tetraena mongolica* Maxim is an ancient relic plant distributed from Bayan Gele of western Inner Mongolia Autonomous Region to Shizui Mountain of eastern Ningxia Province. It is a narrowly monotypic genus of Zygophyllaceae and has a great value of plant genetic resources. In addition, *T. mongolica* play an important role in cropland windbreak construction, soil and water conservation and desert control in western China. However, due to environmental degradation caused by human activities during the past decades, its population declines rapidly and the plant community structure changes substantially. In order to gather information for promoting its regeneration and rejuvenation and restoring a healthy

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目 (2011BAC07B02-03); 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2009CB825103); 鄂尔多斯市林业局资助项目

收稿日期: 2012-08-05; 修订日期: 2013-03-04

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

T. mongolica community, we conducted stump treatments on the plants. One transect was set up across the study area and a 20 m × 20 m sampling plot was marked at a interval of 20 m along the transect and a total of 5 plots were established. The plots included the treatments of stubble heights of 0, 5, 10, and 15 cm and a control. This study was conducted between March 2011 and July 2012 and we found that (1) Stumping can promote regeneration and rejuvenation of the plant *T. mongolica* during the first growing season after stumping. Both height growth and crown size increase of the plants at all stumping levels were significantly higher than the control ($P < 0.01$), with an increase of 241.4% of height and 417.2% of crown size under the stump treatment of 5 cm. Both basal diameter and branch length of the plants increased significantly comparing to the control ($P < 0.01$). The number of plant sprouts with the treatment of 5 cm was the largest (324), and the number of plant sprouts with treatments of 0, 10, and 15 cm and the control were 293, 229, 221 and 159 respectively; (2) The diurnal variation of net photosynthesis rate (P_n) and transpiration rate (Tr) of plants in the control fitted a bimodal curve. The diurnal variation of P_n and Tr of stumped plants fitted a single-peak curve in first growing season of July after stumping and then changed to a bimodal curve in the second growing season of July; (3) During the two growing seasons in July, both daily average values of plant P_n had the following order: 5 cm of stubble height > 15 cm > 10 cm > 0 cm > control. The values of P_n in 5 cm treatment in the first and the second growing seasons were 2.07 and 1.94 times the control; (4) Tr and water potential of plants with all the treatments had higher values than the control; and (5) Water use efficiency increased significantly in the two growing seasons after stumping, especially in the treatment of 5 cm which were 1.38 and 1.42 times the control. In our study, we found that the treatment of 5 cm stubble height was the best in term of improving plant growth, photosynthesis, water potential and other physiological indices. Higher Tr indicates that the stumped plants had higher resistance of drought and higher water potential of stumped plants indicates that the drought stress of *T. mongolica* could be lightened through stumping.

Key Words: *Tetraena mongolica*; stumping; growth characteristics; net photosynthesis rate; transpiration rate; water use efficiency; branch water potential

四合木(*Tetraena mongolica* max. m.) 为蒺藜科强旱生肉质叶灌木,是亚洲中部荒漠区东阿拉善-西鄂尔多斯特有单属种和中国特有属植物^[1]。作为荒漠群落的建群种,四合木不仅在植物分类、植物区系研究上具有重要科学意义,同时对当地生态系统稳定及生态环境保护具有不可替代的作用^[2],为生物多样性起源、古植物区系、生物进化和环境演变研究的理想对象。但因其群落结构简单、生态系统脆弱,加之近年来自然地理环境变迁及人类采矿、烧柴、放牧、土地开发及城市化等活动的干扰,致使其种群数量锐减^[1],现已被列为稀有、二级濒危植物^①。

智颖颀等^[3]对四合木种群生态学特征进行了系统分析,指出其种群年龄结构为衰退型,空间分布为聚集型,种群动态在总体上呈衰退趋势。刘果厚等^[4]和王峰等^[5]认为应尽快采取就地保护及人工繁殖、迁地保护措施,并对保护区的土壤进行改良或降低碱性,以促进养分的供应与吸收,然而土壤改良是一项长期又艰巨的工作。同时张颖娟等^[6]指出四合木种群在由种子向幼苗以及幼苗向成株方向转化阶段会出现死亡率高的现象,种子难以萌芽成苗,即使萌芽成苗,但存活困难成为种群衰退的关键阶段。何丽君等^[7]从组织培养技术方面对四合木进行探索,但该技术还不能应用于实践。贾玉华等^[8]对四合木进行了大棚内扦插研究,并取得了较好成果,但恶劣的自然环境又严重制约着此技术在野外的推广。因此,探寻更加及时可靠的保护措施以改善四合木种群衰退状况十分必要。

目前,平茬复壮技术已成为很多地区灌木林更新抚育的重要手段之一。闫志坚、杨持和高天明^[9]研究了3种岩黄芩属植物平茬与未平茬植株的生物学性状差异,结果表明,平茬植株基部新生枝条数比未平茬植株

① [1984] 国环字 第002号,1987年国家环保局、中国科学院植物所修订

增加 1.91 倍,指出平茬是一种有效的灌木更新复壮措施。李应罡、徐新文和李生字等^[10]对老化衰退的沙拐枣(*Calligonum mongolicum* Turcz.)进行平茬研究,指出平茬有利于沙拐枣的再生和防护林生态利用率的提高。姚建成、梁海荣和张松林^[11]指出,不同的平茬高度对萌条数量有显著影响,平茬留茬高度为 5 cm 的萌条数最高。李光仁^[12]指出,白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr)平茬植株当年生枝及其生物量为未平茬植株的 14 倍,白刺平茬后,减少了白刺沙包需水量的消耗。目前,平茬复壮技术已成为很多地区灌木林更新抚育的重要手段之一,但至今尚未见到有关四合木平茬复壮技术研究的报道。本文以衰老四合木的未平茬株作为对照,研究了不同平茬高度对四合木冠幅、株高等生长指标以及对四合木净光合速率、蒸腾速率和水势等生理特征的影响,旨在探寻四合木最佳平茬复壮方式,为四合木衰退种群的更新复壮提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于西鄂尔多斯国家级自然保护区境内的伊克布拉格草原化荒漠生态系统核心区,鄂尔多斯市鄂托克旗蒙西镇伊克布拉格嘎查(40°04'N, 106°106'E)西缘。该地区大陆性气候十分明显,平均年降水量为 139.8 mm,分配极不均匀。春季干旱、多风,降水量仅占全年降水量的 12%—16%,夏季多温热天气,秋季冷空气南下导致气温骤降。7、8 月降水量为全年降水量的 47%,年均蒸发量(3127.7 mm)是年均降水量的 23 倍^[13]。年平均日照总时数为 2792.2 h,年平均气温 7.1—9.2 °C,极端最高气温达 39.4 °C,极端最低气温为 -32.6 °C,地面最高温度达 63.4 °C,湿润系数为 0.13^[14]。研究区为草原化荒漠地带,属超旱生植被类型,以超旱生灌木、半灌木占绝对优势,主要为四合木(*Tetraena mongolica* Maxim.)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylon* Bunge.)及伴生种以半日花(*Helianthemum soongoricum* Schrenk)、绵刺(*Potania mongolica* Maxim.)、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim.) Cheng f.)、蒙古扁桃(*Prunus mongolica* (Maxim.) Ricker)等为主,其中,四合木种群呈现明显的衰退迹象,植株老龄化现象普遍,表现为枝叶干枯、稀少,主枝过长,并有严重的光秃现象;死亡枝下部及主枝基部的休眠芽会发育成徒长枝。

1.2 试验地平茬处理

四合木于 3 月底 4 月初萌芽,6 月上旬初花,6 月底到 7 月初盛花,8 月进入果期,9 月份果实成熟,10 月份落叶^[6]。实验平茬处理于 2011 年 3 月中旬萌芽前进行。在研究区内设置一条 20 m 宽的样带,沿样带每隔 20 m 设置一个 20 m×20 m 的样方,共设置 5 个样方,分别标记为 I、II、III、IV、V 号。调查样方内所有四合木植株的株高、冠幅和主枝基径(离地 10 cm),根据徐庆^[15-16]等提出的四合木年龄(A)与地径(D)的回归方程: $A=0.14+0.6709D$, ($R=0.91886$, $n=77$, $P<0.05$);以及 21—24 a 四合木处于晩年期,其植株本身生理上发生一些变化,器官在衰老,木质部组织坏死,竞争弱的四合木因缺水大量死亡^[16],将研究区内主枝基径大于 31 mm 以及主枝过长并有严重光秃现象的四合木植株确定为老龄化植株,进行标记。对 I—IV 号样地内老龄化植株分别进行留茬高度为 0、5、10、15 cm(即为 A、B、C、D)的平茬处理,平茬方式为手工平茬,要求茬口光滑,以 V 号样地的老龄化植株为对照(CK)。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 生长指标的测定

2011 年 3—9 月间,每月底对 I—IV 样地内的平茬植株及 V 样地内的老龄化植株的株高、冠幅进行跟踪测定。于 2011 年 10 月四合木生长季结束后,每个处理选择具有代表性的 5 丛进行萌条数量统计。统计时以灌丛中心为原点,分别以东西方向、南北方向为横、纵坐标轴,将灌丛分成 4 个象限,每个象限随机选择 10 个新生枝条进行枝长和基径(紧贴地面)调查。

1.3.2 光合、蒸腾特性与水分利用效率的日变化

分别于 2011 年 7 月中旬和 2012 年 7 月中旬的晴朗无风天气进行试验观测。每个样地选择 3 株长势一致且具有代表性的四合木为试验材料,每株选取向阳中部正常生长的成熟叶片各 3—4 片,利用 LI-6400 便携式光合作用测定系统(LI-6400xp, Licor, USA)测定净光合速率(P_n , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(T_r , $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)等生理指标。

测定时间为每日 8:00—18:00 每隔 2 h 测定 1 次,中午加密(每隔 1 h 测定 1 次),每次测定记录 5 次重复,取其平均值作为该时刻的实测值,测定结束时将所测叶片剪下固定于方格纸上计算叶面积。

分利用效率(WUE)参照石松利等^[14]的公式 $WUE = Pn/Tr$ 计算。

1.3.3 小枝水势日变化

采用王万里^[17]介绍的压力室法,利用 SKP M-1400 便携式数显压力室(SKP M1400-40, Skye Instruments Ltd., UK),选择向阳面顶端带叶小枝从 5:00—19:00,每隔 2 h 测定 1 次水势。Turner 等^[18]证明暴露于空气中的离体枝叶会迅速失水导致测定数值偏低,因此实验中采枝前先用黑色塑料袋将其套住,采枝后迅速进行装测。

1.4 数据处理

采用 SPSS 18.0(SPSS, Chicago, IL, USA)统计分析软件中的单因素方差分析(One-way ANOVA)对同一测定参数不同处理间进行差异显著性检验,用 LSD 法进行多重比较($P < 0.05$, $P < 0.01$);采用 Origin 8.0 作图。

2 结果与分析

2.1 平茬高度对四合木生长特性的影响分析

2.1.1 平茬高度对四合木株高和冠幅的影响

图 1 为四合木在平茬后第一生长季内株高(本文株高定义为通过四合木株冠中心点的自然垂直高度^[19])生长变化规律。通过方差分析可知,各处理与对照之间均具有极显著差异($P = 0.01$)。处理 A 平均株高年生长量最大,达到 14.35 cm,较对照组(3.21 cm)增加了 347.04%,处理 B、C、D 分别为 10.96、8.95、7.21 cm,较对照组分别增加了 241.43%、178.82%、114.61%。

由平茬后第一生长季冠幅生长情况(表 2)可以看出,处理 B 冠幅年生长量最大,达到 0.2224 cm²,较对照组(0.043 cm²)增加了 417.21%,处理 D 次之,较对照组增加了 396.98%,处理 C 和 A 分别较对照组增加了 333.83%和 64.41%。处理 B、C、D 冠幅年生长量极显著大于 CK($P < 0.01$),处理 A 冠幅年生长量显著大于 CK($P < 0.05$)。

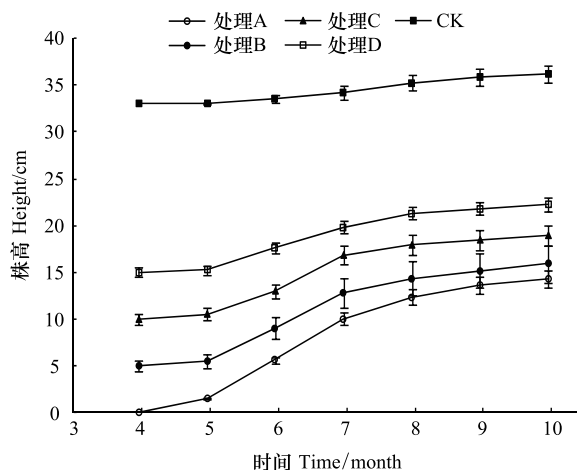


图 1 不同平茬高度四合木株高年生长量变化

Fig.1 The height growth curve of *Tetraena mongolica* under different stubble heights

表 2 平茬后第一生长季冠幅年生长量

Table 2 Situation of canopy growth in first growing season after stubbing

处理 Treatment	月份 Month						幅年生长量/m ² Canopy growth
	4	5	6	7	8	9	
A	0.0092±0.0006	0.0230±0.0013	0.0243±0.0021	0.0104±0.0008	0.0028±0.0003	0.0010±0.0001	0.0707±0.0041
B	0.0133±0.0009	0.0778±0.0043	0.0728±0.0033	0.0227±0.0016	0.0208±0.0009	0.0150±0.0011	0.2224±0.0091
C	0.0097±0.0021	0.0793±0.0015	0.0660±0.0021	0.0182±0.0012	0.0114±0.0007	0.0041±0.0002	0.1887±0.0010
D	0.0062±0.0003	0.0732±0.0028	0.0748±0.0040	0.033±0.0013	0.0210±0.0009	0.0056±0.0004	0.2137±0.0014
CK	0.0060±0.0002	0.0144±0.0008	0.0105±0.0007	0.00667±0.0004	0.0027±0.0002	0.0027±0.0004	0.043±0.0013

表中数据为平均值±标准误($n=5$);本文冠幅定义为经过株冠中心点的两个直径的乘积^[19]

2.1.2 平茬高度对四合木萌条生长状况的影响

由表 3 可知,不同处理萌条枝长平均值大小关系为:处理 D>B>C>A>CK;不同处理萌条基径平均值大小关系为:处理 D>C>B>A>CK;不同处理每株平均萌条数大小关系为:处理 B>A>C>D>CK。

经多重比较可得,平茬处理组四合木萌条枝长和基径极显著大于对照组 ($P<0.01$)。各平茬处理组之间,处理 D 萌条枝长平均年生长量最大,为 14.51 cm,显著大于其它平茬处理组 ($P<0.05$);处理 A 萌条枝长平均年生长量最小,为 10.73 cm,显著小于其它平茬处理组 ($P<0.05$);处理 C 和处理 B 萌条枝长年生长量差异不显著 ($P<0.05$)。各平茬处理组之间,处理 D 和处理 C 萌条基径平均年生长量分别为 1.67 mm 和 1.63 mm,两者无显著差异,但极显著大于处理 A 和处理 B ($P<0.01$);处理 A 萌条基径年生长量最小,平均值为 1.32 mm,显著小于其它平茬处理组 ($P<0.05$)。

表 3 萌条生长指标统计分析

Table 3 Statistical analysis of coppice shoot growth indexes

处理 Treatment	萌条枝长/cm Size	萌条基径/mm Diameter	萌条数量/枝 Quantity
A	10.73±0.08 ($n=200$) cB	1.32±0.02 ($n=200$) cB	293±14 ($n=5$)
B	12.51±0.07 ($n=200$) bAB	1.43±0.01 ($n=200$) bB	324±17 ($n=5$)
C	12.37±0.08 ($n=200$) bcAB	1.63±0.02 ($n=200$) aA	229±12 ($n=5$)
D	14.51±0.10 ($n=200$) aA	1.67±0.02 ($n=200$) aA	221±12 ($n=5$)
CK	3.56±0.01 ($n=200$) dC	0.99±0.01 ($n=200$) dC	159±22 ($n=5$)

表中数据为平均值±标准误;不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)

2.2 平茬高度对四合木生理特性的影响分析

2.2.1 平茬高度对四合木光合作用的影响

由图 2 可知,两个生长季内 7 月份未平茬四合木净光合速率日变化均呈现“双峰”趋势,“午休”现象明显。

由图 2 可知,2011 年 7 月测定的各处理组净光合速率日变化均呈现“单峰”趋势,峰值出现时间(11:00 左右)较对照组第 1 峰值出现时间(10:00 左右)推迟约 1 h。此后,净光合速率开始下降,处理组未出现第 2 高峰,对照组于 14:00 左右降到谷底,16:00 左右出现第 2 高峰,峰值为 $2.54 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,为此时处理组净光合速率值 ($4.18 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 的 66.77%;处理组的净光合速率值全天均高于 CK,日均值的大小顺序为:处理 B ($5.29 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > D ($5.09 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > C ($4.69 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > A ($4.66 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > CK ($2.55 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),处理 B 是 CK 的 2.07 倍。

由图 2 可知,2012 年 7 月测定的各处理组及对照组净光合速率日变化均呈现“双峰”趋势。第 1 峰值出现时间均为 10:30 左右,此后,净光合速率开始下降,14:00 左右降到谷底,于 16:00 左右到达第 2 高峰,不同平茬处理第 2 峰值基本相同 ($3.98 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),CK 第 2 峰值 ($2.34 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 为处理组的 58.79%;处理组的净光合速率值全天均高于对照组,日均值的大小顺序为:处理 B ($4.90 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > D ($4.61 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > C ($4.46 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > A ($4.27 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > CK ($2.52 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),分别是 2011 年 7 月日均值的 92.50%、90.61%、95.01%、91.76%、99.95%。

2.2.2 平茬高度对四合木蒸腾作用的影响

蒸腾速率是植物水分状况最重要的生理指标,可表明植物蒸腾作用的强弱^[14]。测量结果显示(图 3),2011 年 7 月和 2012 年 7 月未平茬四合木蒸腾速率日变化均呈现“双峰”趋势,“午休”现象明显。

由图 3 可知,2011 年 7 月测定的各处理组蒸腾速率日变化均呈现“单峰”趋势,峰值出现时间(13:00 左右)较对照组第 1 个峰值出现时间(12:00 左右)推迟约 1 h,此后,蒸腾速率开始下降,处理组未出现第 2 高峰,CK 于 14:00 左右降到谷底,16:00 左右出现第 2 高峰,峰值为 $1.81 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,为第 1 峰值的 65.58%;处理组的蒸腾速率值全天均高于 CK,日均值的大小顺序为:处理 D ($3.27 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > A ($3.05 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > C ($2.75 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > B ($2.73 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > CK ($1.84 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),处理 D 是 CK 的 1.78 倍。

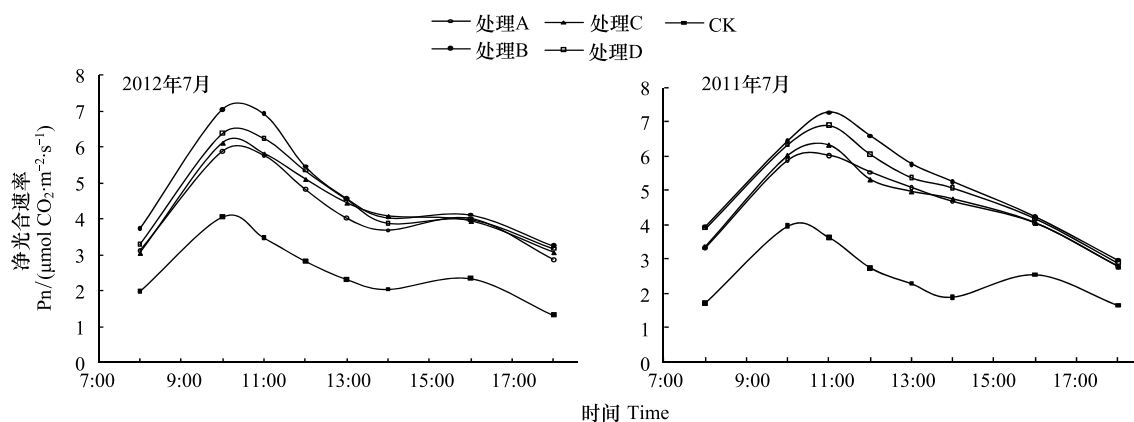


图2 净光合速率日变化曲线

Fig.2 The diurnal variation curve of net photosynthesis rate

由图3还可知,2012年7月测定的各处理组及对照组蒸腾速率日变化规律均呈现“双峰”趋势,第1峰值出现时间均为12:00左右,此后,蒸腾速率开始下降,14:00左右降到谷底,于16:00左右到达第2高峰。处理组的蒸腾速率值全天均高于CK,日均值的大小顺序为:处理D($2.71 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>A($2.58 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>C($2.32 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>B($2.22 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>CK($1.64 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),分别是2011年7月日均值的83.09%、84.50%、84.30%、81.45%、89.14%。

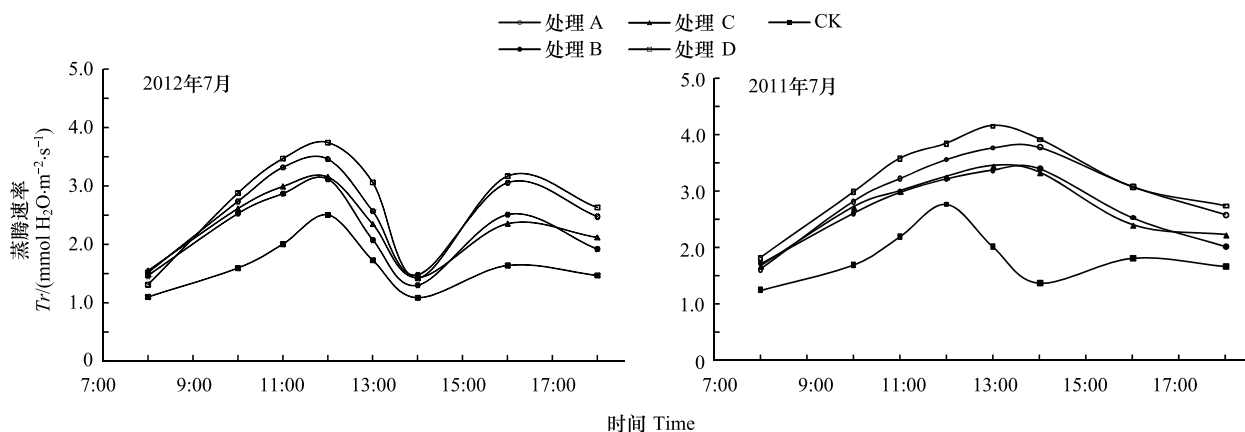


图3 蒸腾速率日变化曲线

Fig.3 The diurnal variation curve of transpiration rate

2.2.3 平茬高度对四合木水分利用效率的影响

水分利用效率以光合速率与蒸腾速率的比值表示^[14],是植物光合和蒸腾特性的综合反映^[20],在植物适宜性评价中被广泛应用^[21]。

由图4可知,未平茬四合木水分利用效率日变化在两次测定中均呈现明显“双峰”趋势。由图4可知,2011年7月测定结果显示,各组水分利用效率速率日变化均呈现“双峰”趋势,但第2峰值极不明显。其中,处理B在11:00左右出现第1峰值,较其它组推迟约1h;各组均在16:00左右出现第2峰值。水分利用效率日均值大小关系为:处理B($1.95 \text{ mmolCO}_2/\text{molCO}_2$)>C($1.72 \text{ mmolCO}_2/\text{molCO}_2$)>D($1.60 \text{ mmolCO}_2/\text{molCO}_2$)>A($1.57 \text{ mmolCO}_2/\text{molCO}_2$)>CK($1.41 \text{ mmolCO}_2/\text{molCO}_2$)。

由图4可知,2012年7月各组水分利用效率日变化均呈现“双峰”趋势,处理A、B、C与CK均于10:00左右达到第1峰值,而处理D于8:00已达较高值(认定该值为第1峰值),处理组及CK均于12:00左右降到谷底,继而上升,于14:00左右达到第2峰值。WUE日均值大小关系为:处理B($2.27 \text{ mmolCO}_2/\text{molCO}_2$)>

C (1.97 mmolCO₂/molCO₂) > D (1.83 mmolCO₂/molCO₂) > A (1.73 mmolCO₂/molCO₂) > CK (1.59 mmolCO₂/molCO₂), 分别为 2011 年 7 月日均值的 1.16、1.14、1.15、1.11、1.13 倍。

因此,平茬处理提高了四合木水分利用效率,其中,处理 B 提高程度最为明显,前两个生长季的水分利用效率分别是 CK 的 1.38 倍和 1.42 倍。

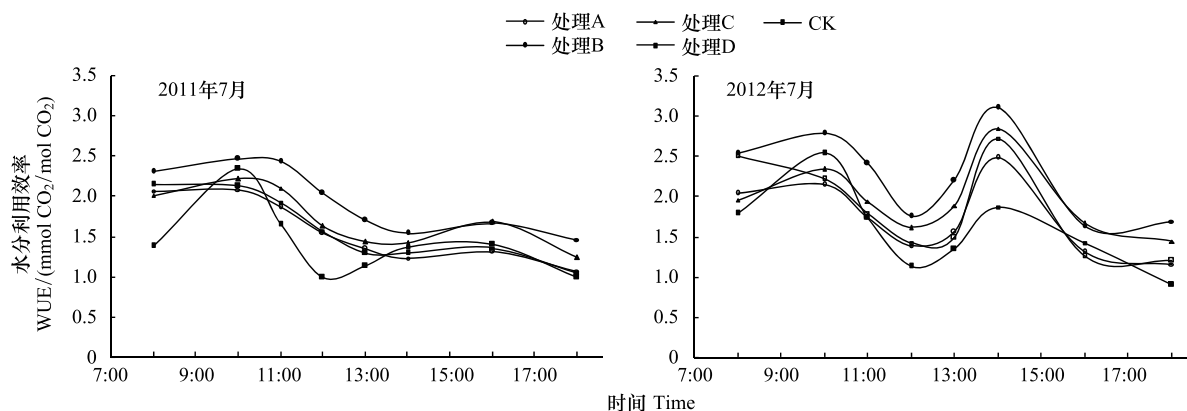


图 4 水分利用效率日变化曲线

Fig.4 The diurnal variation curve of water use efficiency

2.2.4 平茬高度对小枝水势的影响

图 5 显示,2011 年 7 月测得的各组四合木枝水势日变化趋势基本一致,凌晨(5:00 左右)枝水势是白天中的最大值,各处理组均为-2.09 MPa 左右,对照组为-3.00 MPa,随着光照强度、气温的增加,从 7:00 以后枝水势急剧下降,对照组在 13:00 左右到达谷底(-5.15 MPa),各处理组均于 15:00 左右达到最低点,约为-5.07 MPa。图 5 显示,2012 年 7 月测得的各组四合木枝水势日变化趋势基本一致,凌晨 5:00 水势最大,各处理组均为-2.34 MPa 左右,对照组为-3.50 MPa,较 2011 年 7 月有所降低;均于 13:00 左右到达谷底,在该时间点水势大小顺序为:处理 C(-4.74 MPa) > B(-4.84 MPa) > A(-4.93 MPa) > D(-4.99 MPa) > CK(-5.13 MPa)。由图 5 得,不同平茬高度处理组四合木枝水势全体均高于对照,表明平茬措施提高了四合木枝叶的含水量,减少了其对土壤水分的需求^[21],也说明平茬处理后四合木受干旱胁迫的影响较小^[22]。2011 年 7 月枝水势日平均值大小关系:处理 C(-3.70 MPa) > B(-3.80 MPa) > A(-3.86 MPa) = D(-3.86 MPa) > 对照组(-4.35 MPa), 2012 年 7 月枝水势大小关系:处理 C(-3.78 MPa) > B(-3.87 MPa) > A(-3.98 MPa) > D(-4.00 MPa) > CK(-4.35 MPa),分别较 2011 年 7 月降低 2.1%、1.9%、3.5%、3.6%、0。

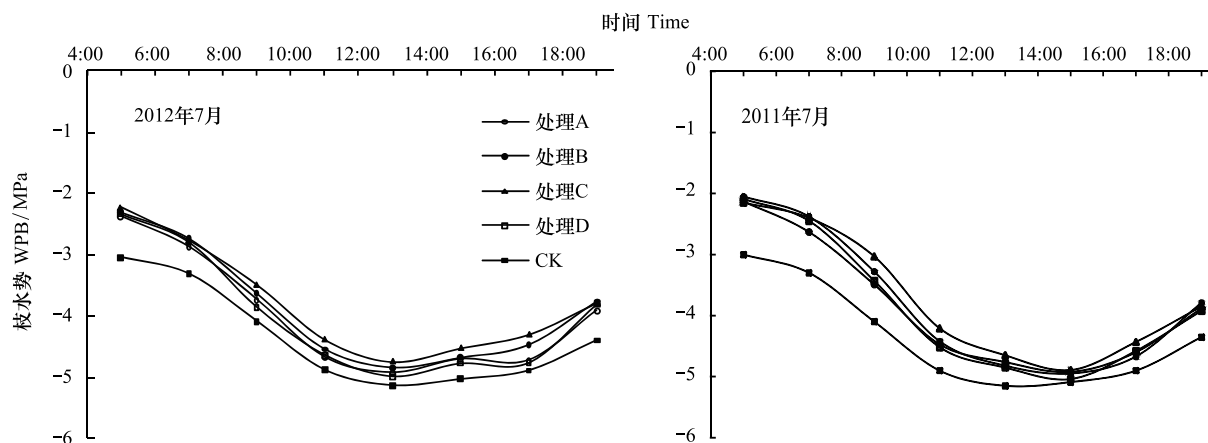


图 5 小枝水势日变化曲线

Fig.5 The diurnal variation curve of small branch potential

3 结论与讨论

3.1 平茬对四合木生长特性影响的差异性讨论

Bond 和 Midgley^[24]指出植物地上部分遭到破坏后会进行补偿性生长, Masc hinski 与 Whitham^[25]指出植物的补偿能力和采食或刈割的强度有关,本研究得出,平茬四合木株高、冠幅、萌条数量、萌条枝长和基径的年生长量较未平茬植株均显著提高,表明平茬能够促进四合木生长,有助于提高单位面积四合木的生物量,这与侯志强等^[23]对沙枣的研究结果以及姚建成等^[11]对沙柳平茬的研究结果一致。处理 A 株高生长量最大是因为新萌枝条多为竖直生长的根萌枝条,其生长直接表现为株高的增长;处理 D 萌条数量最少,来自根部的大量营养物质供应给有限的枝条,以致萌条基径和萌条枝长最为突出^[21];处理 B 以枝萌数量较多,冠幅生长量最大,总萌条数量最多,株高生长仅次于处理 A,萌条枝长和基径仅次于处理 D,处理 B 生物量增加最多。

3.2 平茬对四合木生理特性影响的差异性讨论

光合作用是植物体内极为重要的代谢过程,光合作用的强弱对于植物的生长、产量极其抗逆性都具有十分重要的影响,因而,光合作用可作为判断植物生长和抗逆性的指标^[14]。本研究表明,平茬后四合木净光合速率显著提高,方向文^[26]也曾指出平茬后地上部分生物量的快速恢复得益于较高的叶片光合速率。其中处理 B 提高程度最为明显,这主要由于植物部分组织的失去清除了消耗资源的低效组织,为其余组织的生长提供了有利条件,减少了地面覆盖物的积累,土壤水分消耗减少,而较为稀疏的冠层对光的透射增强,加速了植物的光合再循环^[27-28],这与石松利等^[14]在研究四合木光合特性时得出的结论相一致。第 2 生长季 7 月份平茬植株及两个生长季测定的未平茬植株的净光合速率和蒸腾速率日进程均呈“双峰”规律,出现明显的“午休”现象,这是由于午间强光和高温条件下为避免过度的水分散失和光合机构遭受破坏,植物气孔导度降低造成的,体现出荒漠植物在长期进化过程中形成的对付环境胁迫的一种对策^[14];而四合木平茬植株第一生长季 7 月份净光合速率和蒸腾速率日进程均呈“单峰”规律,这主要与平茬后较短时间内新生叶片含水量较高有关,较高的叶片含水量来源于地上组织的破坏减少了整个植株对土壤水分的消耗,以及有庞大的根系吸收水分供给有限地上叶面积^[29]。这是由于午间强光和高温条件下为避免过度的水分散失和光合机构遭受破坏,植物气孔导度降低造成的,体现出荒漠植物在长期进化过程中形成的对付环境胁迫的一种对策^[14];同时杨永胜等^[21]研究柠条(*Caragana korshinskii* K)时发现,在 6 月份,平茬植株日平均净光合速率低于未平茬植株,而 7—9 月份,平茬柠条日平均净光合速率高于对照,作者认为,平茬当年由于四合木地上部分受到破坏进而短时间内完成净光合速率的快速提高,进行超补偿生长^[26],平茬后第 2 生长季相比第 1 生长季四合木净光合速率呈现微弱减小的趋势,这与张萍萍等^[30]在研究平茬年限对沙柳(*Salix cheilophila* Schneid)叶功能特征的影响时得出的结论一致。

平茬后四合木水分利用效率日均值高于对照,处理 B 日均值最大,随平茬年限的增加,四合木水分利用效率有增大的趋势。相同环境条件下,水分利用效率值越大,表明固定单位质量 CO₂所需要的水分越少,植物耐旱能力越强^[14]。各组四合木枝水势呈现“U”型趋势,是因为从凌晨开始,随光照强度增加、气温升高,四合木的光合作用和蒸腾作用逐渐加强,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^[31]。13:00 以后出现气孔关闭,光合作用和蒸腾作用减弱,15:00 以后气温下降,光照减弱,植物生理活性随之下降,水分供需矛盾弱化,水势不断回升^[21]。平茬后四合木枝水势全天均高于未平茬四合木,这是因为平茬使植株地上组织受到破坏,地上叶面积大幅减少,但作为吸收水分和养分的主体(<10 mm)根系会快速大幅度的增加^[32],提高植株的水分可获得性,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^[33],提高了平茬植株的枝水势。因此,平茬减少了植株对土壤水分的需求^[21],减轻了植株受干旱胁迫的影响程度^[22]。

综上所述,平茬措施有利于四合木老龄化植株的更新复壮,四种平茬高度中 5 cm 平茬效果最好。但由于本文仅对四合木平茬后两年的光合、蒸腾和枝水势进行了测定,难以全面揭示随平茬年限增加,四合木生长特性(株高、冠幅、萌条数量)和生理特性(光合、蒸腾、水分利用效率、小枝水势等)的变化规律,因此,要全面弄

清四合木平茬措施的更新复壮机理,还需要持续观测、展开更多更深入的研究工作。

References:

- [1] Zhen J H, Liu G H. Research advance in rare and endemic plant *Tetraena mongolica* Maxim. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19 (2): 433-440.
- [2] Ge X j, Yu Y, Zhao N X. Genetic variation in the endangered Inner Mongolia endemic shrub *Tetraena mongolica* Maxim. (Zygophyllaceae). Biological Conservation, 2003, 111(3): 427-434.
- [3] Zhi Y B, Yang C, Wang Z S. The endangered characteristics and mechanism of the endemic relict shrub *Tetraena mongolica* Maxim. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2): 767-776.
- [4] Liu G H, Zhou S Q, Zhang L. Biological characteristic and endangered reason of *Tetraena mongolica*. Journal of Inner Mongolia Forestry College, 1993, 15(2): 33-39.
- [5] Wang F, Yang C. A study on the natural renewal and onsite conservation of *Tetraena mongolica* Maxim. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol, 2003, 34(2): 196-202.
- [6] Zhang Y J, Yang C. Comparative analysis of genetic diversity in the endangered shrub *Tetraena mongolica* and its related congener *Zygophyllum xanthoxylon*. Acta Phytocologica Sinica, 2000, 24(4): 425-429.
- [7] He L J. Study on tissue culture in rare endangered plant *Tetraena mongolica* Maxim. Inner Mongolia Prataculture, 2001, (2): 7-10.
- [8] Jia Y H, Liu G H, Zhou F D. Study of cutting propagation of *Tetraena mongolica* Maxim. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2006, 27(2): 71-74.
- [9] Yan Z J, Y C, Gao T M. Effects of cutting on biological characteristics of three *Hedy sarum* species. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(12): 2311-2315.
- [10] Li Y G, Xu X W, Li S Y, Zhang J G, Sun S G. Analysis on the Cutting Benefit of *Calligonum arborescens* in Shelterbelt Along the Tarim Desert Highway. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(8): 196-200.
- [11] Yao J C, Liang H R, Zhang S L. Comparison on Different Stubble Height after Stumping for *Salix psammophila*. Journal of Inner Mongolia Forestry Science& Technology, 2009, 35(4): 35-36.
- [12] Li G R. Exploration on Stump Effect of Natural *Nitraria tangtorum* in Arid Areas. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 1999, 24(3): 40-41.
- [13] Yang C, Wang Y C, Liu Q. Conservation Biology of *Tetraena mongolica* Maxim, Beijing: Science Press, 2002: 52-56, 141-150.
- [14] Shi S L, Wang Y C, Zhou H B. Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant *Tetraena mongolica* Maxim. and the closely related *Zygophyllum xanthoxylon* (Bunge) Maxim. Acta Ecologica Sinica. 2012, 32(2): 1163-1173.
- [15] Xu Q, Liu S R, Zang R G, Guo Q S. The Characteristics of Reproductive Ecology of Endemic Species *Tetraena mongolica* Population in CHINA—Reproductive Value and Reproductive Allocation. Scientia Silvae Sinice, 2001, 37(2): 36-41.
- [16] Xu Q, Zang R G, Liu S R, Guo Q S. A Study on the Population Structure and Dynamics of *Tetraena mongolica* Endemic to China. Forest Research, 2000, 13(5): 485-492.
- [17] Wang W L. The application of pressure chamber in the study of water situation in plant. Plant Physiology Communication, 1984, (3): 52-57.
- [18] Turner N C, Long M J. Errors arising from rapid water loss in the measurement of leaf water potential by the pressure chamber. Aust J Plant Physiol, 1980, 7: 527
- [19] Zhen J H, Liu G H. Population structure characteristics of *Tetraena mongolica* in different habitats. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1829-1841.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] Hou Z Q, Peng Z D, Guan R F. Effects of the high level of stumping on *Elaeagnus angustifolia* L.'s coppice shoot growth. HEBEI Journal of Forestry and Orchard Research, 2009, 24(2): 172-175.
- [24] Bond W J, Midgley J J. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. Trends in Ecology and Evolution, 2001, 16(1): 45-51.
- [25] Maschinski J, Whitham T G. The continuum of plant responses to herbivory: the influences of plant association, nutrient availability and timing.

American Naturalist, 1989, 134: 1-9.

- [26] 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.
- [27] McNaughton S J. Compensatory plant growth as a response to herbivore. Oikos, 2001, 92: 515.
- [28] Holechek J I. Livestock grazing impacts on public lands: A viewpoint. Wildlife Management, 1994, 58(1): 28-30.
- [29] Zhang H N. Ecophysiology Compensatory Mechanisms of *Caragana korshinskii* After Clipping. Dissertation. Gansu: Gansu Agriculture University, 2011.
- [30] Zhang P P, Li Y Y, Shao M A. Effects of sandy land water habitat and years after rejuvenation pruning on leaf functional traits of *Salix psammophila*. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(9): 2240-2246.
- [31] Bu C F, Liu G B, Chen Y F. Comparative study on eco-physiological characteristics and their effects on soil water between *Sophora viciifolia* and *Caragana korshinskii*. Journal of Beijing Forestry University, 2005, 27(2): 28-33.
- [32] Zheng S G, Jia L M, Pang Q W, Li R. Stumping effects on number and distribution of roots of *Caragana microphylla* Lam. plantations. Journal of Beijing Forestry University, 2010, 32(3): 64-69.
- [33] Fang X W. Ecophysiological compensatory mechanisms of *Caragana korshinskii* Kom. following aboveground tissue removal. Lanzhou: Lanzhou University, 2006: 66-67.

参考文献:

- [1] 甄江红, 刘果厚. 珍稀特有植物四合木研究进展. 应用生态学报, 2008, 19(2): 433-440.
- [3] 智颖飙, 杨持, 王中生. 孑遗植物四合木(*Tetraena mongolica*)的濒危肇因与机制. 生态学报, 2008, 28(2): 767-776.
- [4] 刘果厚, 周世权, 张力. 四合木的生物学特性及濒危原因的研究. 内蒙古林学院学报, 1993, 15(2): 33-39.
- [5] 王峰, 杨持. 四合木自然更新及就地保护途径的研究. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 2003, 34(2): 196-202.
- [6] 张颖娟, 杨持. 濒危物种四合木与近缘种霸王遗传多样性的比较研究. 植物生态学报, 2000, 24(4): 425-429.
- [7] 何丽君. 濒危植物四合木组织培养的研究. 内蒙古草业, 2001, (2): 7-10.
- [8] 贾玉华, 刘国厚, 周峰冬. 四合木扦插繁殖的研究. 内蒙古农业大学学报, 2006, 27(2): 71-74.
- [9] 闫志坚, 杨持, 高天明. 平茬对岩黄芩属植物生物学性状的影响. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2311-2315.
- [10] 李应罡, 徐新文, 李生字, 张建国, 孙树国. 沙漠公路防护林乔木状沙拐枣的平茬效益分析. 干旱区资源与环境, 2008, 22(8): 196-200.
- [11] 姚建成, 梁海荣, 张松林. 沙柳平茬不同平茬高度对比实验. 内蒙古林业科技, 2009, 35(4): 35-36.
- [12] 李光仁. 干旱区天然白刺平茬效应初探. 甘肃林业科技, 1999, 24(3): 40-41.
- [13] 杨持, 王迎春, 刘强. 四合木保护生物学. 北京: 科学出版社, 2002: 88-94, 97-99.
- [14] 石松利, 王迎春, 周红兵. 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. 生态学报, 2012, 32(2): 1163-1173.
- [15] 徐庆, 刘世荣, 臧润国, 郭泉水, 郝玉光. 中国特有植物四合木种群的生殖生态特征——种群生殖值及生殖分配研究. 林业科学, 2001, 37(2): 36-41.
- [16] 徐庆, 臧润国, 刘世荣, 郭泉水. 中国特有植物四合木种群结构及动态研究. 林业科学研究, 2000, 13(5): 485-492.
- [17] 王万里. 压力室 (pressure chamber) 在植物水分状况研究中的应用. 植物生理学通讯, 1984, (3): 52-57.
- [19] 甄江红, 刘果厚. 不同生境条件下四合木种群结构特征. 生态学报, 2008, 28(4): 1829-1841.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 侯志强, 彭祚登, 关瑞芳. 平茬高度对沙枣萌条生长的影响. 河北林果研究, 2009, 24(2): 172-175.
- [26] 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.
- [29] 张海娜. 柠条锦鸡儿平茬后补偿的生理生态机制. 甘肃: 甘肃农业大学, 2011.
- [30] 张萍萍, 李秧秧, 邵明安. 沙地生境和平茬年限对沙柳叶功能特性的影响. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2240-2246.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymantria dispar* larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems: a case study to Jiaxing Paddy Field LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xinhua, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
..... LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
..... PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
..... WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
..... LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
..... CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
..... QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
..... ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wande, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
..... SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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 90 元/册,全年定价 2160 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

本期责任副主编 杨志峰

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 33 卷 第 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 22 (November, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.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 90.00 元