

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第10期 Vol.31 No.10 **2011**

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 31 卷 第 10 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

大熊猫取食竹笋期间的昼夜活动节律和强度·····	张晋东, Vanessa HULL, 黄金燕, 等 (2655)
高枝假木贼的胎生萌发特性及其生态适应·····	韩建欣, 魏 岩, 严 成, 等 (2662)
准噶尔盆地典型地段植物群落及其与环境因子的关系·····	赵从举, 康慕谊, 雷加强 (2669)
喀斯特山地典型植被恢复过程中表土孢粉与植被的关系·····	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友, 等 (2678)
青藏高原高寒草甸土壤 CO ₂ 排放对模拟氮沉降的早期响应·····	朱天鸿, 程淑兰, 方华军, 等 (2687)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤水分和植被空间格局·····	邱开阳, 谢应忠, 许冬梅, 等 (2697)
雪灾后粤北山地常绿阔叶林优势树种幼苗更新动态·····	区余端, 苏志尧, 解丹丹, 等 (2708)
四川盆地四种柏木林分类型的水文效应·····	龚固堂, 陈俊华, 黎燕琼, 等 (2716)
平茬对半干旱黄土丘陵区柠条林地土壤水分的影响·····	李耀林, 郭忠升 (2727)
连栽杉木林林下植被生物量动态格局·····	杨 超, 田大伦, 胡日利, 等 (2737)
近 48a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征·····	杨建堂, 刘 勤, 严昌荣, 等 (2748)
中型景观尺度下杨树人工林林分特征对树干病害发生的影响——以河南省清丰县为例·····	王 静, 崔令军, 梁 军, 等 (2757)
耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响·····	田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 等 (2768)
官山保护区白颈长尾雉栖息地适宜性评价·····	陈俊豪, 黄晓凤, 鲁长虎, 等 (2776)
花椒园节肢动物群落特征与气象因子的关系·····	高 鑫, 张晓明, 杨 洁, 等 (2788)
沙漠前沿不同植被恢复模式的生态服务功能差异·····	周志强, 黎 明, 侯建国, 等 (2797)
大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价·····	张海波, 崔继哲, 曹甜甜, 等 (2805)
不同耐盐植物根际土壤盐分的动态变化·····	董利苹, 曹 靖, 李先婷, 等 (2813)
短期 NaCl 胁迫对不同小麦品种幼苗 K ⁺ 吸收和 Na ⁺ 、K ⁺ 积累的影响·····	王晓冬, 王 成, 马智宏, 等 (2822)
套袋微域环境对富士苹果果皮结构的影响·····	郝燕燕, 赵旗峰, 刘群龙, 等 (2831)
畜禽粪便施用对稻麦轮作土壤质量的影响·····	李江涛, 钟晓兰, 赵其国 (2837)
土霉素胁迫下拟南芥基因组 DNA 甲基化的 MSAP 分析·····	杜亚琼, 王子成, 李 霞 (2846)
甲藻孢囊在长山群岛海域表层沉积物中的分布·····	邵魁双, 巩 宁, 杨 青, 等 (2854)
湖南省城市群生态网络构建与优化·····	尹海伟, 孔繁花, 祈 毅, 等 (2863)
基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟·····	全 泉, 田光进, 沙默泉 (2875)
城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响·····	李 萍, 王 松, 王亚英, 等 (2888)
专论与综述	
北冰洋微型浮游生物分布及其多样性·····	郭超颖, 王桂忠, 张 芳, 等 (2897)
种子微生物生态学研究进展·····	邹媛媛, 刘 洋, 王建华, 等 (2906)
条件价值评估的有效性与可靠性改善——理论、方法与应用·····	蔡志坚, 杜丽永, 蒋 瞻 (2915)
问题讨论	
中国生态学期刊现状分析·····	刘天星, 孔红梅, 段 靖 (2924)
研究简报	
四季竹耐盐能力的季节性差异·····	顾大彤, 郭子武, 李迎春, 等 (2932)
新疆乌恰泉地震前后泉水细菌群落的变化·····	杨红梅, 欧提库尔·玛合木提, 曾 军, 等 (2940)
两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能·····	黄增玉, 黄林茂, 黄寿山 (2947)
学术信息与动态	
全球变化下的国际水文学研究进展: 特点与启示——2011 年欧洲地球科学联合会会员大会述评·····	卫 伟, 陈利顶 (2953)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-05



封面图说: 藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 属猴科 (*Cercopithecidae*) 猕猴属 (*Macaca*) 又名四川短尾猴、大青猴, 为我国特有灵长类之一, 被列为国家二级保护野生动物; 近年来, 由于人类活动加剧, 栖息环境恶化, 导致藏酋猴种群数量和分布日趋缩小; 本照片摄于四川卧龙国家级自然保护区 (拍摄时间: 2010 年 3 月)。

彩图提供: 中国科学院生态环境研究中心张晋东博士 E-mail: zhangjd224@163.com

平茬对半干旱黄土丘陵区柠条林地土壤水分的影响

李耀林¹, 郭忠升^{2,1,*}

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

摘要: 半干旱黄土丘陵区多年生柠条人工林地发生土壤旱化, 研究柠条林平茬对土壤水分影响对于防治土壤旱化具有重要意义。采用中子仪测定土壤水分, 对未平茬和平茬柠条林地土壤水分进行测定, 分析了平茬对土壤水分的影响。结果表明: 未平茬和平茬柠条林地降雨补给量(R_1, R_2)同降雨量(P)显著正相关($P < 0.05$)。定义降雨耗损量(林冠截留量和地表径流之和)占降雨量的百分比为降雨耗损率, 未平茬林地降雨损耗率(L_1)和平茬柠条林地降雨损耗率(L_2)分别与其降雨前土壤表层(0—20 cm)含水量(S_1, S_2)呈明显指数关系($P < 0.05$): $L_1 = 2.54 \exp(0.22S_1)$, $L_2 = 2.40 \exp(0.27S_2)$, 表层含水量相同时, 平茬林地降雨损耗率明显高于未平茬林地。平茬后, 林地降雨最大入渗深度减小, 土壤水分利用深度减小; 短时间内(2个月左右)林地20—160 cm含水量增加, 之后平茬林地土壤含水量与未平茬林地土壤含水量接近; 丰水年和丰水年后的第一年, 平茬林地含水量低于未平茬林地, 0—400 cm土壤储水量比未平茬林地最多低45.9 mm。平茬后200—400 cm土层土壤水分有少量增加, 但是0—200 cm土层土壤含水量损失更严重。平茬3a后, 平茬对柠条林地土壤水分的影响减弱。

关键词: 半干旱黄土丘陵区; 柠条; 平茬; 土壤水分; 土壤旱化

Effect of cutting management on soil moisture in semi-arid Loess Hilly region

LI Yaolin¹, GUO Zhongsheng^{2,1,*}

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

2 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi, 712100, China

Abstract: Soil drying has been an environmental problem in perennial artificial *Caragana* shrub land in the semi-arid Loess Hilly region. Cutting management was expected to have an effect on improving soil moisture regulation and thus preventing the problem. In this study, soil water conditions were measured using neutron probes for a long-term investigation stand of *Caragana korshinsk* Kom in the Shanghuang experimental station in northwestern China, and the effect of cutting management on soil moisture was analyzed. The results showed that the depth of soil water recharge increased with the precipitation amount, and the recharge depth in cut plot was close to that of control when the precipitation was relatively low (within 45.9 mm). However, when the rainfall was heavy enough, the recharge depth in cut plot was lower than control. The amounts of water recharge in both control (R_1) and cut (R_2) plots were positively related to precipitation (P) ($P < 0.05$), being fitted by the relationship formulae of $R_1 = 0.70P + 2.13$ and $R_2 = 0.54P + 5.01$, respectively. This suggests that the rain recharge rate (the percentage of rain recharge in the total amount of rainfall) in control plot is higher than in cut plot. Defining rainfall loss as the sum of interception and runoff, and rainfall loss rate as the percentage of rainfall loss in the total amount of rainfall, then the rainfall loss rates in control (L_1) and cut (L_2) plots were exponentially related to their surface soil moisture contents (S_1, S_2) before the rain as $L_1 = 2.54 \exp(0.22S_1)$ and $L_2 = 2.40 \exp(0.27S_2)$, respectively. When soil moisture contents in the surface layer were equal in the two plots before the rain event, the rainfall loss rate in cut plot was higher than that of control. The largest water recharge depth and the increased amount of soil water storage resulting from rain were lower in cut plot than control in a corresponding period. However, the water use depth and the decreased amount of water storage in dry months were also lower than control. These suggest that cutting can reduce the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41071193)

收稿日期: 2010-10-25; 修订日期: 2011-01-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhongshengguo@sohu.com

water consumption of the *Caragana* shrub, but at the same time, the water supply is also reduced in the cut land, which may be caused by increased surface runoff due to the lower vegetation cover. The soil moisture in 20—160 cm increased for a short period (about two months in this study) after cutting. Then the soil moisture in cut plot was close to that in control plot. In rainy year and the year after rainy year (2003—2004 in this study), soil moisture in cut land was lower than control and the soil water storage in 0—400 cm soil layer was up to 45.9 mm lower than that in control plot. Cutting recovered soil moisture in the 200—400 cm soil layer but the water loss in the upper layer of 0—200 cm was more significant. Along with the growth of the coppice and the increase in vegetation cover in the cut land, the surface runoff declined, whereas the water consumption of the coppice forest increased. Consequently, the effect of cutting on soil moisture became weak after three years.

Key Words: Semi-arid Loess Hilly region; *Caragana korshinskii* Kom; cutting; soil moisture; soil drying

黄土高原大部分地区水资源缺乏,土壤水分是植物生长的主要水分来源^[1]。人工林草植被虽然能够迅速覆盖地表,起到保持水土的作用,但是多年生林草地也可能会造成土壤旱化^[2]和形成土壤干层^[3],有可能进一步引起土壤和植被退化^[2],最终导致植物群落衰败和生态系统的退化^[4]。因此如何缓解林地土壤水分压力,防止深层土壤旱化成为一个值得研究的问题。在半干旱黄土丘陵区,植物利用土壤水分具有一定限度,当人工柠条林地 0—290 cm 土层的土壤储水量下降到 249.4 mm 时^[5],就需要采取有效措施,调控植物水关系^[6],否则在人工柠条林地会出现永久土壤干层。防止黄土高原土壤旱化的主要措施是根据土壤水分承载植被的能力控制林草地密度和生产力^[4]。虽然工程整地可以有效的积蓄天然降水,减轻土壤旱化^[7],但是工程措施一般投入较大,难以大面积推广。平茬是林业生产上常用的提高林分生产力的措施,但是平茬对土壤水分影响的报道较少。

柠条(*Caragana korshinskii* Kom)为豆科锦鸡儿属落叶灌木,根系发达,抗旱、耐热、抗寒冷,耐贫瘠,耐盐碱,不怕风沙,是水土保持和固沙造林的重要树种之一。本文通过对多年生柠条林和平茬柠条林地土壤水分和林分生长的长期动态监测和分析,旨在揭示平茬对林地土壤水分的影响,为柠条林地土壤水分管理和植被建设以及土壤旱化防治提供理论依据和技术支撑。

1 研究地区概况

实验地位于半干旱黄土丘陵区的上黄生态试验站(宁夏固原),该站位于北纬 35°59′—36°02′,东经 106°26′—106°30′。区内沟沿线以下坡度大于 25°,海拔高度约 1 534—1 824 m。年降水量变化在 634.7 mm (1984 年)—259.9 mm (1991 年),平均为 414.9 mm,降水年变率为 24.6%,无霜期 152 d,土壤为黄绵土,植被类型为灌丛草原。实验林地位于黑刺岭东坡中部,坡度为 10°—15°,海拔约 1 650 m。研究对象为 16 年生人工柠条林,平均冠幅 102.9 cm×87.2 cm,高 103.3 cm,地径 11.2 mm,分枝数 34 个,密度为 8700 丛/hm²。林下草本植物有长芒草(*Stipa bungeana* Trin)、阿尔太狗娃花(*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr)、芨芨蒿(*Artemisia giraldii* Pamp)、百里香(*Thymus mongolicus* Ronn)等。

2 研究方法

2.1 气象资料

气象资料来源于上黄简易气象站,海拔 1 602 m。实验地在气象站西北,相距 50 m。

2.2 实验设计

平茬对土壤水分影响的定位观测连续进行了 5 a (2002—2006 年)。所选柠条林为 1987 年营造。在本研究之前首先对柠条林进行面上踏查,选择立地条件和林分条件基本一致的代表性地段建立平茬对土壤水分影响的实验地。实验设 2 个处理,未平茬柠条林(CK)和平茬柠条林。实验小区面积为 5 m (宽)×20 m (长),平茬于 2002 年 5 月 15 日进行,全部平茬。在小区中心地带分别安置中子仪铝合金套管,管长 4 m,每个小区安置 2 个作为重复,采用 CNC503A (DR) 型智能中子水分仪测定剖面土壤水分。测定前对中子仪进行标定,标

定方程为: $y = 55.76x + 1.89$, 式中 y 为容积含水量, x 为中子仪读数。测定土壤水分时, 每 20 cm 记录 1 次, 中子仪计数时间为 16 s, 测定深度为 0—400 cm, 表层土壤含水量用烘干法进行校正。同时, 在未平茬小区, 根据树冠大小, 选 10 个样丛, 在每个样丛选 4 个样枝, 共 40 个柠条样枝, 连续测定株高和基径; 当萌生柠条林株高大于 5 cm 时, 在平茬柠条林地选 10 个样丛, 每个样丛选 4 个样枝, 40 个柠条样枝, 连续测定株高和基径。在生长季节, 同步测定柠条林生长和土壤水分, 每半个月进行 1 次, 同时测定降雨前后 2 个处理林地土壤含水量。

在本研究地区, 降雨是林地土壤水分的主要补给源。雨水经过林冠截留到达地面后, 部分以地表径流的方式流失, 其余进入土壤。进入土壤的水分向下入渗, 并随着时间的推移在土壤中形成再分布。因为降雨过程持续时间较短, 而且在降雨过程中, 温度较低, 空气湿度较大, 土壤水分蒸发小, 林地土壤又没有深层渗漏^[8], 因此, 降雨前后两次测得剖面储水量之差可以近似地作为次降雨的土壤水分补给量, 土壤水分补给量占降雨量的比值为水分补给率; 降雨量与土壤水分补给量的差值, 即林冠截留量与地表径流量的总和, 可以作为降雨损耗量, 降雨损耗量占降雨量的百分比为降雨损耗率。

2.3 实验数据处理

实验数据采用 Excel 进行处理和分析, 用 SAS 软件进行回归分析, 用 Sigmaplot 软件绘图。

储水量计算公式为:

$$D_w = \sum_{i=1}^n VSWC_i \times H_i / 10$$

式中, D_w 为土壤储水量 (mm), $VSWC$ 为每层土壤容积含水量 (%), H 代表土层厚度 (cm), i 为土层数, n 为土层总数。本实验 $H = 20$ cm, $n = 20$ 。

土壤水分入渗深度确定 绘制次降雨前后 2 次测定的剖面土壤水分变化图, 2 次测定的剖面土壤含水量的交点至地表的距离为次降雨土壤水分入渗深度^[9]。

水分利用深度确定 根据一定时期始末剖面两条土壤水分垂直变化曲线的交点处距地表的距离, 即为植物利用土壤水分最大深度^[10]。

3 结果与分析

3.1 平茬对林地土壤水分入渗的影响

3.1.1 平茬对次降雨入渗深度与补给量的影响

土壤水分补给深度随次降雨量的增加而增加 (表 1)。由于中子仪测定的是 20 cm 土层的土壤水分平均值, 当次降雨量小于等于 49.5 mm, 未平茬林地和平茬林地补给深度差别较小; 如果降雨量大于 49.5 mm, 降雨历时较长, 未平茬林地的土壤水分补给深度大于平茬林地。

表 1 不同降雨量下的降雨补给深度与补给量

Table 1 The recharge depth and recharge amount of different rainfall

测定时间 Date	降雨量 Precipitation /mm	雨前表层含水量 Soil surface moisture before rain/%		补给深度 Recharge depth/cm		补给量 Recharge amount/mm		损耗量 Loss amount/mm	
		CK	平茬	CK	平茬	CK	平茬	CK	平茬
2003-06-29	19.4	7.2	7.8	40	40	16.9	17.1	2.5	2.3
2003-07-15	28.4	13.7	13.2	40	40	12.8	4.9	15.6	23.5
2003-05-05/06	29.6	6.4	6.0	40	40	26.1	22.4	3.5	7.2
2002-06-20	49.5	7.8	8.0	60	60	42.4	46.9	7.1	2.6
2003-08-21/26	137.6	11.2	9.6	120	100	97.2	76.4	40.4	61.2

2003-06-29、2003-07-15、2002-06-20 降雨时间短, 在降雨当天测定了雨前和雨后土壤含水量, 其它两次雨前雨后土壤含水量测定不在同一天, 如 2003-5-5/6 表示在 2003 年 5 月 5 日测定雨前土壤含水量, 而在 5 月 6 日测定雨后含水量; 降雨前后土壤含水量测定深度均为 400 cm

通过对林地降雨土壤水分补给量和降雨量资料的分析, 两个处理林地土壤水分补给量都随降雨量增加而增大。未平茬柠条林地土壤水分补给量 (R_1) 和降雨量 (P) 关系为: $R_1 = 0.70P + 2.13$ ($r = 0.985$, $P < 0.01$); 平

荏林地土壤水分补给量(R_2)和降雨量(P)关系为: $R_2 = 0.54P + 5.01$ ($r = 0.922, P < 0.05$)。由此可见,降雨补给量和降雨量呈显著正相关关系;未平荏柠条林地土壤水分补给率大于平荏林地。

对比未平荏林地和平荏林地表层土壤含水量和降雨损耗率可以发现,随着地表土壤含水量的增加,降雨损耗率也增大,二者呈指数关系。未平荏林地降雨损耗率(L_1)与表层土壤含水量(S_1)关系为: $L_1 = 2.54 \exp(0.22S_1)$ ($r = 0.998, P < 0.01$);平荏林地降雨损耗率(L_2)与表层土壤含水量(S_2)关系: $L_2 = 2.40 \exp(0.27S_2)$ ($r = 0.920, P < 0.05$)。当表层土壤含水量相同时,平荏林地降雨损耗率大于未平荏林地。

3.1.2 平荏对降雨最大入渗深度的影响

2003 年为丰水年,受降雨的影响,林地土壤含水量增加,水分不断向深层补充,但是未平荏林地土壤水分入渗深度大于平荏林地(图 1)。从 2003 年 8 月 15 日开始,到 11 月 1 日,未平荏林地土壤水分入渗深度达到 240 cm,而平荏林地土壤水分入渗深度只有 200 cm。对比同期土壤储水量差值,未平荏林地 0—400 cm 土壤储水量增加了 145.0 mm,而平荏林地只增加了 104.4 mm。虽然 2004 年是干旱年,受丰水年(2003 年)向深层补给的土壤水分的影响,储存在较深土层的土壤水分一方面被植物根系吸收、利用而消耗;另一方面继续向深层补充。到 2004 年 4 月 1 日和 2004 年 6 月 15 日,未平荏林地土壤水分入渗深度分别达到 260 cm、280 cm,而平荏林地土壤水分入渗深度只有 220 cm、240 cm。2004 年 6 月 15 日,未平荏林地土壤水分最大入渗深度接近 280 cm,而平荏仅接近 240 cm。由于平荏消除了林冠对土壤水分蒸发和地表径流的影响,萌生柠条林覆盖度较低,土壤蒸发和地表径流都比较强烈,故平荏林地土壤水分入渗深度和储水量增加值都小于未平荏林地。

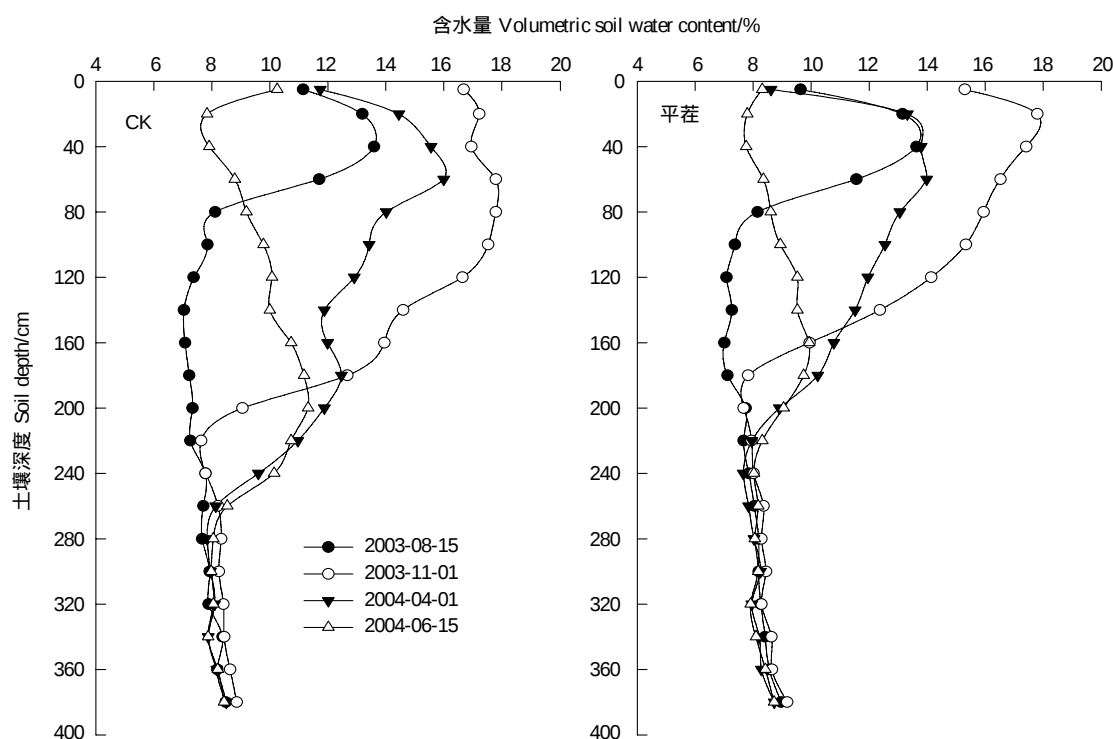


图 1 平荏对降雨最大入渗深度的影响

Fig. 1 The effect of cutting on the largest water infiltration depth

3.2 平荏对林地土壤水分储存的影响

3.2.1 平荏对林地土壤含水量的影响

2002 年平荏 45 d 之后(6 月底),平荏处理的土壤含水量(20—160 cm)明显高于未平荏处理,但到 10 月中旬二者几乎没有了差异(图 2)。此后数年,不论是生长季初期、中期,还是末期,未平荏柠条林地表层土壤

含水量几乎都高于平茬柠条林地。2003 年 4 月 13 日和 2003 年 8 月 15 日,除表层土壤外,两个处理土壤含水量没明显差别,但是随着 8 月份以后降雨量增加,平茬对土壤水分的影响程度增加。到 2003 年生长季末(11 月 1 日),未平茬林地 0—220 cm 土层水分含量明显高于平茬林地。2004 年是干旱年,受到前一季雨水补给的影响,生长前期 2 个处理林地含水量都较高,且未平茬林地土壤含水量高于平茬林地。随着时间推移,柠条林地土壤含水量降低,处理间差异也逐渐变小。由此表明:在丰水年份,平茬林地土壤含水量增加值小于未平茬林地;在干旱年份,平茬林地土壤含水量降低值也小于未平茬林地。2005 降雨量(379 mm)与 2002 年接近,2002 年平茬林地土壤水分入渗达到 160 cm,而 2005 年平茬林地水分只入渗到 80 cm 土层附近,说明经过 3 年生长,柠条林地不断干旱化,平茬对土壤含水量的影响程度减弱。2006 年是干旱年,林地水分含量变化较小,80 cm 土层以下土壤含水量几乎没有变化。

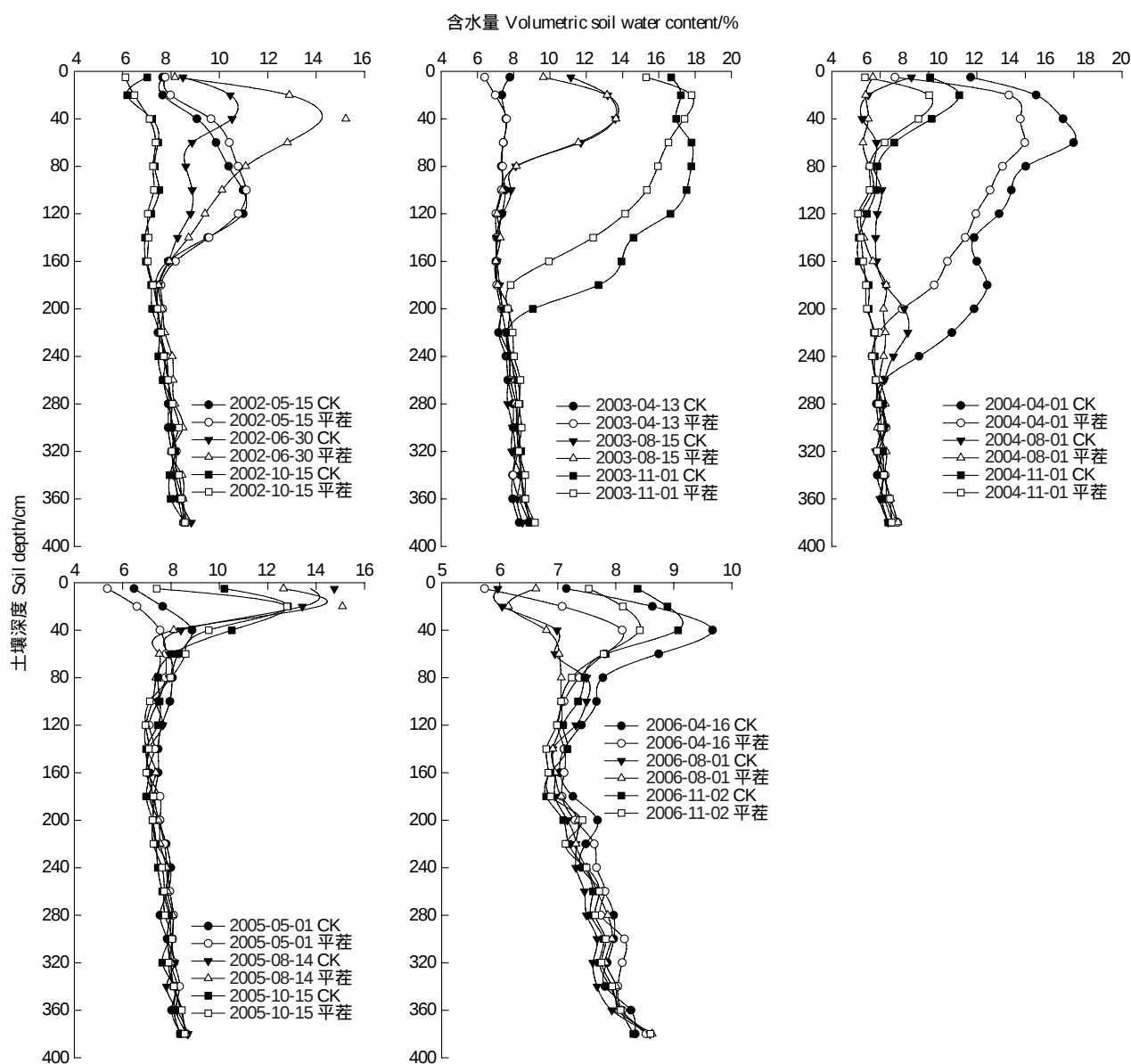


图 2 平茬和未平茬林地土壤水分动态变化(2002—2006 年)

Fig. 2 The dynamic of soil moisture in control plot and cut woodland with date after cutting

3.2.2 平茬对林地土壤储水量的影响

平茬前(2002 年 5 月 15 日),两个处理林地土壤储水量(0—400 cm)接近(图 3),到 2002 年 6 月 21 日,平

茬林地 0—400 cm 储水量为 405.4 mm,比未平茬林地高 32.5mm;8 月 1 日以后,2 个处理间土壤储水量差值逐渐减小,到生长季末 2 个处理储水量趋于一致。2002 年偏旱,降雨量为 384.8 mm,平茬后萌生林林冠消失,从 2002 年 5 月 15 到 7 月 1 日,萌生林株高增长缓慢(图 3),根系吸水和枝叶蒸腾都明显减小,因此土壤储水量比未平茬林地高,7 月份以后,平茬柠条进入迅速生长期,而且两个处理土壤储水量处于较低水平,处理间差距变小。

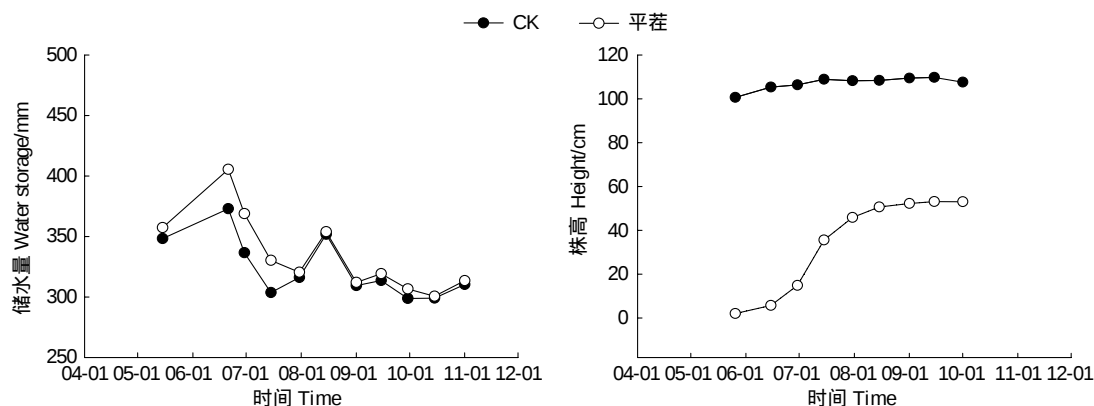


图 3 2002 年林地土壤储水量变化和柠条生长动态

Fig. 3 The change of soil water storage and *Caragana korshinskii* height with date in 2002

2003—2004 年,平茬小区 0—400cm 储水量远低于未平茬林地(图 4),例如 2004 年 4 月 15 日,平茬林地土壤储水量 388.6 mm,比未平茬林地低 45.9 mm。2005—2006 年,2 个处理小区土壤储水量接近。通过对上黄气象站降雨资料和柠条生长资料分析,2003 年为丰水年,降雨量为 623.3 mm,接近 1983 年以来的最大值 634.7 mm(1984 年)。由于 2003 年降雨出现时间晚,8—11 月份降雨量占到全年降雨量的 63%,而受前期土壤干旱的影响,柠条提前落叶,土壤水分消耗量小,土壤储水量不断增加。平茬后林地植被覆盖度低,容易产生径流,同时地表土壤水分蒸发强烈,而未平茬小区植被茂密,覆盖度高,植被保持水土,林冠抑制地表蒸发,故未平茬林地土壤储水量高于平茬林地。虽然 2004 年为干旱年,但是受到 2003 年降雨的影响,2004 年生长季初林地土壤储水量很高,随着柠条生长,大量吸收土壤中水分,2004 年两个处理土壤储水量都迅速减小,处理间差异也逐渐变小。2004 年后,萌生柠条林生物量增大(图 5),平茬对土壤水分的影响程度减弱。由此可见,平茬后 3a 内,平茬的土壤水分效应主要受降雨量影响。降雨量小,平茬林地土壤储水量高于(平茬 2 个月内)或等于(2 个月后至第 2 年雨季)未平茬林地,降雨量大,平茬林地地表径流和蒸发量大,土壤含水量反而小于未平茬林地。平茬 3a 后,萌生林林地覆盖变大,但萌生林耗水量也增加,平茬对土壤水分的影响程度逐渐减弱。

3.2.3 平茬对不同深度土壤储水量的影响

以每个生长季内各层次平均土壤储水量为标准,对比不同深度未平茬和平茬林地土壤储水量(图 6),发现平茬林地 0—100 cm 以及 100—200 cm 土层土壤储水量小于未平茬林地(2002 年除外),200—300 cm 以及 300—400 cm 土层土壤储水量略大于未平茬林地(2004 年 200—300 cm 除外)。说明平茬对 200—400 cm 土层土壤水分有一定恢复作用,但是 0—200 cm 土层土壤水分损失相对更加严重。其中 2002 年天气较干旱,平茬后林地耗水量骤然减小,因此 2002 年平茬林地各个层次土壤水分都得到恢复。2003 年 8 月后降雨量大,到 2003 年 11 月底,未平茬林地土壤水分补给深度超过 200 cm(图 1)。虽然 2004 年是干旱年,由于未平茬林地土壤水分入渗深度大于平茬林地,所以 2004 年未平茬林地 200—300 cm 土层储水量高于平茬林地。

3.3 平茬对林地土壤水分消耗的影响

2004 年初两个处理林地剖面含水量较高,随着柠条生长,柠条林利用土壤水分深度增加,平茬林利用土壤水分深度小于未平茬柠条林地(图 7)。未平茬林利用土壤水分深度从 6 月 15 的 240 cm 增加到 8 月 15 日的

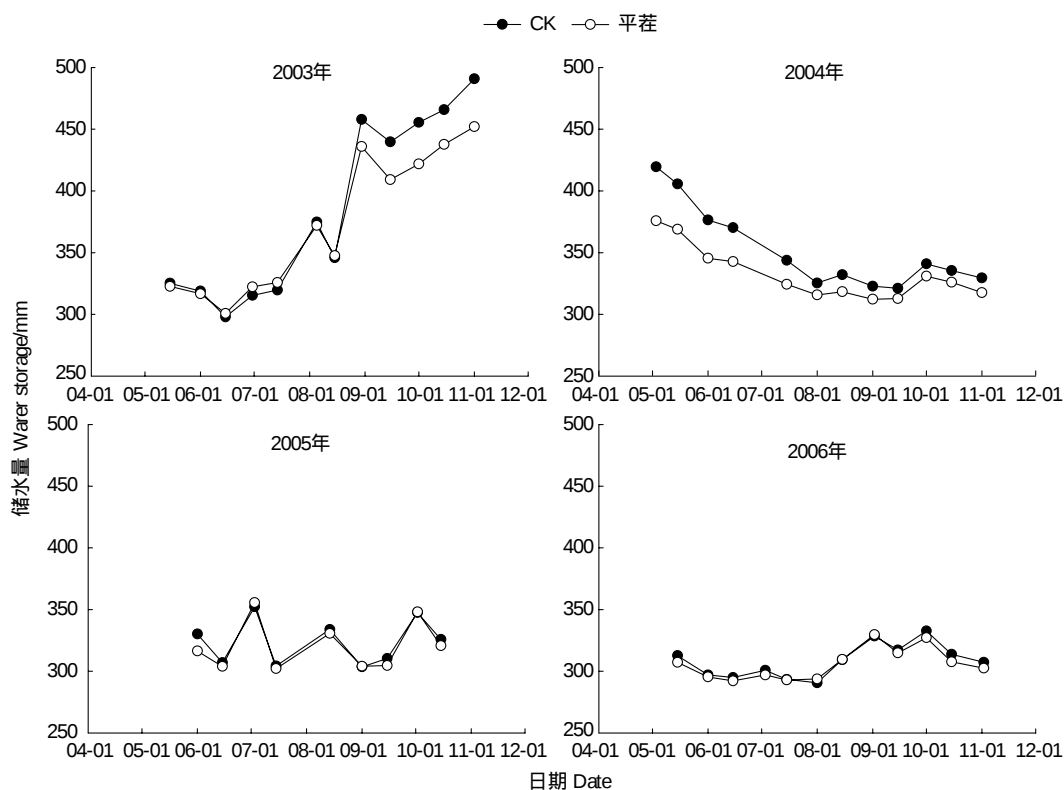


图4 2003—2006 土壤储水量变化

Fig.4 The change of soil water storage in 0 to 400 cm in the period 2003—2006

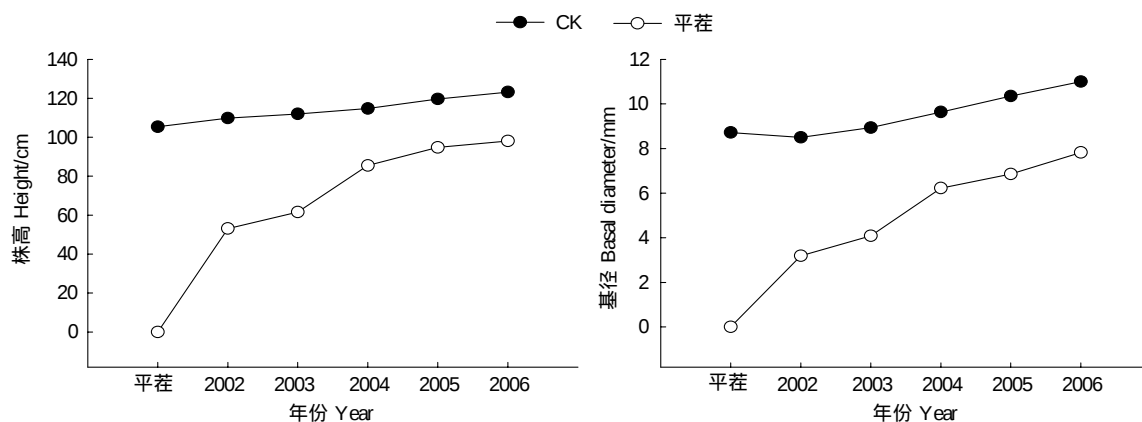


图5 平茬后柠条林株高和基径生长

Fig.5 The change of height and basal diameter for *Caragana* shrub and cutting *Caragana* shrub with time after cutting

260 cm,而平茬林利用土壤水分深度从6月15日的200 cm增加到8月15日的220 cm。4月15日到6月15日和6月15日到8月15日期间,未平茬林地0—400 cm 储水量降低值分别为64.4 mm,38.1 mm,而平茬林地土壤储水量分别下降45.8 mm,24.4 mm,低于未平茬林地。由于2004年是干旱年,植物主要吸收2003年补给到0—280 cm 土层的土壤水分维持生长,平茬后萌生的柠条植株矮小,地上部分生物量小,土壤水分消耗减少。由于上个生长季降雨对平茬林地土壤水分补给深度小于未平茬林地,因此平茬林地土壤水分利用深度较浅。

4 讨论

次降雨柠条林地土壤水分补给量与降雨量显著正相关,这与郭忠升等研究结果一致^[9]。理论上讲,如果

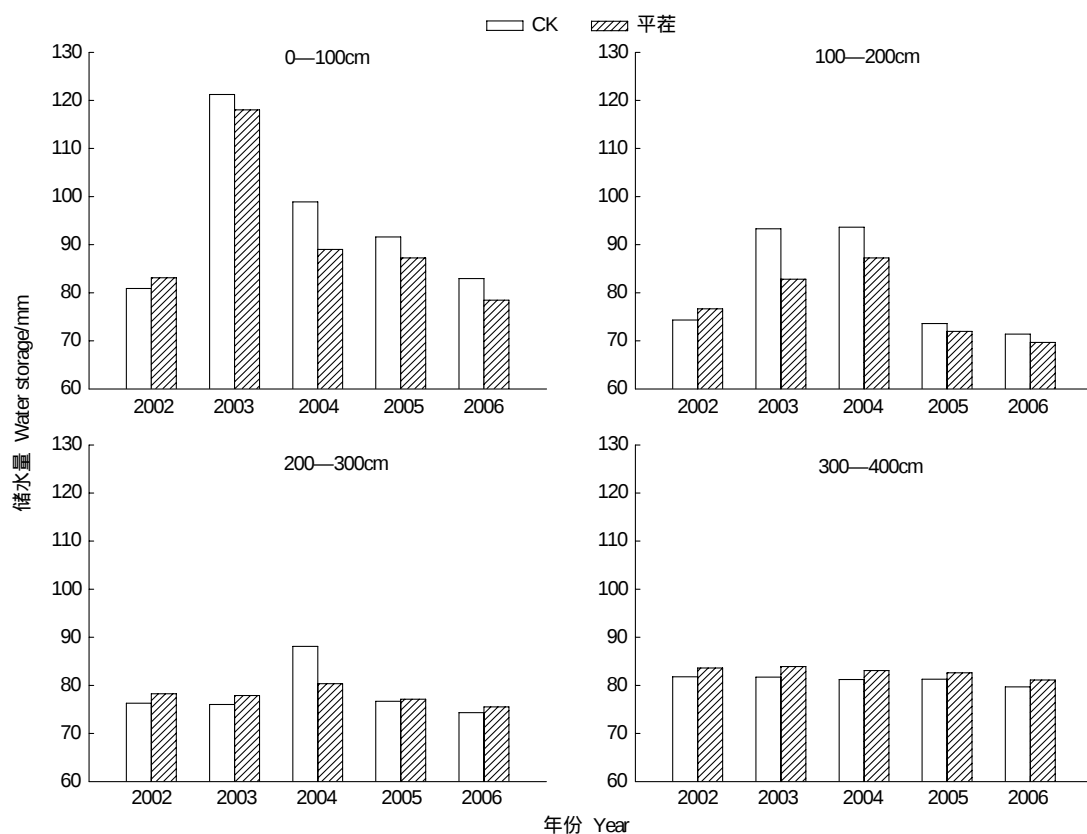


图6 平茬对不同深度土壤储水量的影响

Fig. 6 The effect of cutting on soil water storage in different soil depth

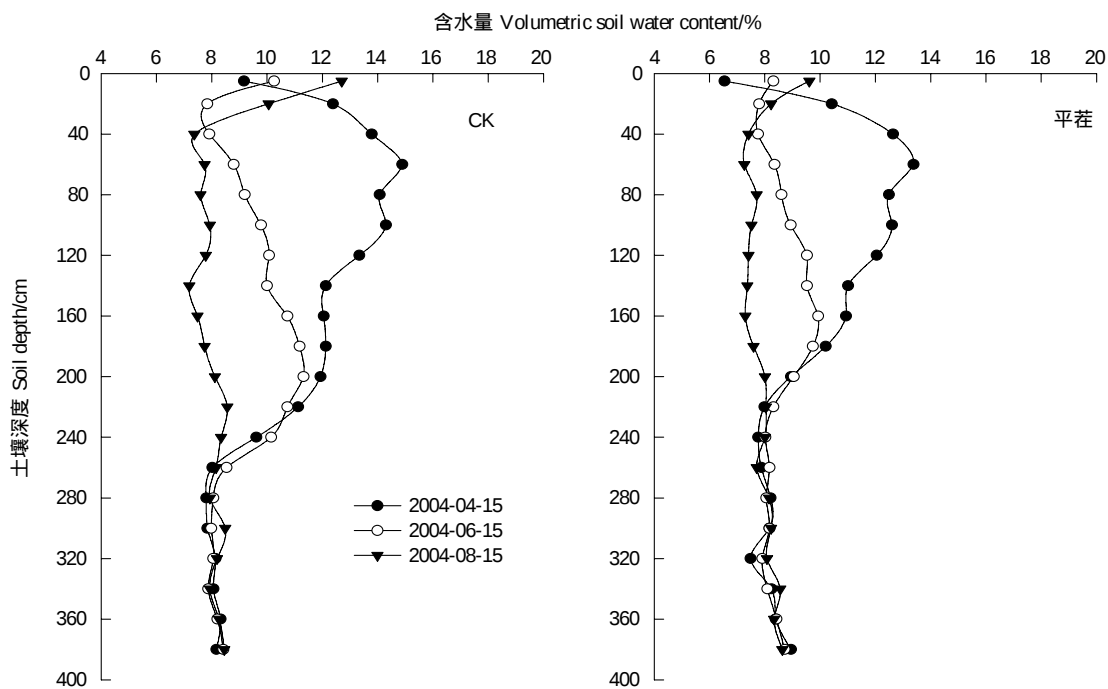


图7 平茬对林地土壤水分利用深度的影响

Fig. 7 The effect of cutting on water use depth

降雨量较小,降雨会被林冠截留,只有当降雨达到一定量时,才会有降雨补给量,所以降雨补给量与降雨量回归直线应该有一个负的截距项,但是本文中拟合的直线截距项为正,这可能是因为本文土壤水分补给量均在降雨量较大时测得,只是土壤水分补给量与降雨量关系曲线的一部分。土壤水分损耗率与雨前林地表层土壤含水量呈指数关系,这是因为表层土壤含水量与入渗速率负相关^[11],表层土壤含水量越大,越容易产生地表径流,降雨损耗率也就越大。平茬林地次降雨土壤水分补给率小于未平茬林地;土壤水分损耗率大于未平茬林地。丰水年,平茬林地土壤水分最大入渗深度小于未平茬柠条林,相同期间土壤储水量增加值也小于未平茬林地。植被覆盖能够降低坡面降雨侵蚀^[12],因为平茬除去林冠,林地地表覆盖度低,降雨损耗大,因而平茬林地次降雨土壤水分补给量小于未平茬林地。

在平茬 3a 内,萌生柠条林个体小,生物量小,对土壤水分吸收较小,但是地表覆盖度低,蒸发和地表径流强烈,该时期土壤水分恢复情况主要取决于降雨量。在干旱年和平水年,平茬林地土壤含水量高于或等于未平茬林地;丰水年,平茬林地反而比未平茬林地土壤含水量低并且这种趋势一直持续到丰水年之后一年。这是由于土壤蒸发和地表径流引起,还是植物本身迅速生长耗水所致,还需进一步研究。平茬 3a 后,柠条生物量变大,地表覆盖度增加,林地土壤蒸发和地表径流减小,但是植物耗水量也增加,2 个处理林地土壤含水量趋于一致。平茬对不同深度土壤水分影响程度不同,对林地深层(200—400 cm)土壤水分有轻微恢复作用,但是浅层土壤(0—200 cm)水分的消耗相对更严重。这可能是因为平茬后地表裸露,覆盖度降低,地表温差、风速较大,土壤水分蒸发和径流量大,以及平茬后林地浅层根系迅速生长吸水所致^[13]。

由于平茬后萌生柠条对水分的消耗量远小于未平茬柠条,平茬 3a 内,如遇干旱年,平茬柠条林土壤水分利用深度和相同时间土壤储水量降低值均低于未平茬林地。3a 后,平茬对土壤水分影响程度减弱。

综上所述,在半干旱黄土地区,平茬可以在很短的时期(在 2 个月内)内改善土壤水分环境,而大部分时间则恶化了土壤水分环境,特别是上层土壤水分的恶化更为明显,因此,不提倡全部平茬,可以根据土壤水分植被承载力,沿等高线进行带状平茬,在减少水土流失的同时改善林地土壤水分环境。

References:

- [1] Li Y S. Functions of soil reservoir. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1983, (5): 27-30.
- [2] Yang W X. The preliminary discussion on soil desiccation of artificial vegetation in the northern regions of China. *Scientia Silvae Sinicae*, 1996, 32(1): 78-85.
- [3] Li Y S. Effects of forest on water circle on the Loess Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(5):427-432.
- [4] Guo Z S, Shao M A. Soil water carrying capacity of vegetation and soil desiccation in artificial forestry and grassland in semi-arid regions of the Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8):1640-1647.
- [5] Guo Z S. Soil water resource use limit in semi-arid loess hilly area. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(12):3029-3035.
- [6] Guo Z S, Li Y L. Initiation stage to regulate the *Caragana* growth and soil water in the semiarid area of loess hilly region, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10):5721-5729.
- [7] Cheng J M, Wan H E, Wang J, Yong S P. Growth of *Caragana korshinskii* and depletion process of soil water in semi-arid region. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(2):37-41.
- [8] Guo Z S, Shao M A. Soil water infiltrating process in afforested land on slopes of the semiarid region of Loess Plateau. *Acta Pedologica Sinica*, 2009, 46(5):953-958.
- [9] Guo Z S, Shao M A. Dynamics of soil water supply and consumption in artificial *Caragana* shrub land. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(2):119-123.
- [10] Guo Z S. Using depth of soil water and water consumption by littleleaf peashrub in the semiarid area of loess hilly region. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2009, 29(5):69-73.
- [11] Chen H S, Shao M A, Wang K L. Effects of initial water content on hillslope rainfall infiltration and soil water redistribution. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(1):44-47.
- [12] Zhu B B, Li Z B, Li P, You Z. Effect of grass coverage on sediment yield of rain on slope. *Acta Pedologica Sinica*, 2010, 47(3):401-407.
- [13] 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.

参考文献:

- [1] 李玉山. 土壤水库的功能和作用. 水土保持通报, 1983(5): 27-30.
- [2] 杨维西. 试论我国北方地区人工植被的土壤干化问题. 林业科学, 1996, 32(1): 78-85.
- [3] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究. 自然资源学报, 2001, 16(5): 427-432.
- [4] 郭忠升, 邵明安. 半干旱区人工林草地土壤旱化与土壤水分植被承载力. 生态学报, 2003, 23(8): 1640-1647.
- [5] 郭忠升. 黄土丘陵半干旱区土壤水资源利用限度. 应用生态学报, 2010, 21(12): 3029-3035.
- [6] 郭忠升, 李耀林. 植物生长与土壤水关系调控起始期. 生态学报, 2009, 29(10): 5721-5729.
- [7] 程积民, 万惠娥, 王静, 雍绍萍. 半干旱区柠条生长与土壤水分消耗过程研究. 林业科学, 2005, 41(2): 37-41.
- [8] 郭忠升, 邵明安. 半干旱区人工林地土壤入渗过程分析. 土壤学报, 2009, 46(5): 953-958.
- [9] 郭忠升, 邵明安. 人工柠条林地土壤水分补给和消耗动态变化规律. 水土保持学报, 2007, 21(2): 119-123.
- [10] 郭忠升. 半干旱区柠条林利用土壤水分深度和耗水量. 水土保持通报, 2009, 29(5): 69-73.
- [11] 陈洪松, 邵明安, 王克林. 土壤初始含水率对坡面降雨入渗及土壤水分再分布的影响. 农业工程学报, 2006, 22(1): 44-47.
- [12] 朱冰冰, 李占斌, 李鹏, 游珍. 草本植被覆盖对坡面降雨径流侵蚀影响的试验研究. 土壤学报, 2010, 47(3): 401-407.
- [13] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 10 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Circadian activity pattern of giant pandas during the bamboo growing season	ZHANG Jindong, Vanessa HULL, HUANG Jinyan, et al (2655)
The vivipary characteristic of <i>Anabasis elatior</i> and its ecological adaptation	HAN Jianxin, WEI Yan, YAN Cheng, et al (2662)
Relationships between plant community characteristics and environmental factors in the typical profiles from Dzungaria Basin	ZHAO Congju, KANG Muyi, LEI Jiaqiang (2669)
The relationship between pollen assemblage in topsoil and vegetation in karst mountain during different restoration period of typical vegetation community	HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyong, et al (2678)
Early responses of soil CO ₂ emission to simulating atmospheric nitrogen deposition in an alpine meadow on the Qinghai Tibetan Plateau	ZHU Tianhong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al (2687)
Spatial pattern of soil moisture and vegetation attributes along the critical area of desertification in Southern Mu Us Sandy Land	QIU Kaiyang, XIE Yingzhong, XU Dongmei, et al (2697)
Dynamics of dominant tree seedlings in montane evergreen broadleaved forest following a snow disaster in North Guangdong	OU Yudian, SU Zhiyao, XIE Dandan, et al (2708)
A comparative analysis of the hydrological effects of the four cypress stand types in Sichuan Basin	GONG Gutang, CHEN Junhua, LI Yanqiong, et al (2716)
Effect of cutting management on soil moisture in semi-arid Loess Hilly region	LI Yaolin, GUO Zhongsheng (2727)
Dynamics of understory vegetation biomass in successive rotations of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) plantations	YANG Chao, TIAN Dalun, HU Yueli, et al (2737)
Spatial and temporal variation of solar radiation in recent 48 years in North China	YANG Jianying, LIU Qin, YAN Changrong, et al (2748)
Impact of stand features of short-rotation poplar plantations on canker disease incidence at a mesoscale landscape: a case study in Qingfeng County, Henan Province, China	WANG Jing, CUI Lingjun, LIANG Jun, et al (2757)
Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) field	TIAN Xinxin, BO Cunyao, LI Li, et al (2768)
Habitat suitability evaluation of Elliot's pheasant (<i>Syrnaticus ellioti</i>) in Guanshan Nature Reserve	CHEN Junhao, HUANG Xiaofeng, LU Changhu, et al (2776)
Relationships between arthropod community characteristic and meteorological factors in <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens	GAO Xin, ZHANG Xiaoming, YANG Jie, et al (2788)
The differences of ecosystem services between vegetation restoration models at desert front	ZHOU Zhiqiang, LI Ming, HOU Jianguo, et al (2797)
Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages	ZHANG Haibo, CUI Jizhe, CAO Tiantian, et al (2805)
Dynamic change of salt contents in rhizosphere soil of salt-tolerant plants	DONG Liping, CAO Jing, LI Xianting, et al (2813)
Effect of short-term salt stress on the absorption of K ⁺ and accumulation of Na ⁺ , K ⁺ in seedlings of different wheat varieties	WANG Xiaodong, WANG Cheng, MA Zhihong, et al (2822)
Effects of the micro-environment inside fruit bags on the structure of fruit peel in 'Fuji' apple	HAO Yanyan, ZHAO Qifeng, LIU Qunlong, et al (2831)
Enhancement of soil quality in a rice-wheat rotation after long-term application of poultry litter and livestock manure	LI Jiangtao, ZHONG Xiaolan, ZHAO Qiguo (2837)
MSAP analysis of DNA methylation in <i>Arabidopsis</i> (<i>Arabidopsis thaliana</i>) under Oxytetracycline Stress	DU Yaqiong, WANG Zicheng, LI Xia (2846)
Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from Changshan Archipelago in the North Yellow Sea	SHAO Kuishuang, GONG Ning, YANG Qing, et al (2854)
Developing and optimizing ecological networks in urban agglomeration of Hunan Province, China	YIN Haiwei, KONG Fanhua, QI Yi, et al (2863)
Dynamic simulation of Shanghai urban expansion based on multi-agent system and cellular automata models	QUAN Quan, TIAN Guangjin, SHA Moquan (2875)
"Micro-canyon effect" of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles	LI Ping, WANG Song, WANG Yaying, et al (2888)
Review and Monograph	
The abundance and diversity of nanoplankton in Arctic Ocean	GUO Chaoying, WANG Guizhong, ZHANG Fang, et al (2897)
Advances in plant seed-associated microbial ecology	ZOU Yuanyuan, LIU Yang, WANG Jianhua, et al (2906)
Improving validity and reliability of contingent valuation method through reducing biases and errors: theory, method and application	CAI Zhijian, DU Liyong, JIANG Zhan (2915)
Discussion	
The analysis of Chinese ecological academic journals	LIU Tianxing, KONG Hongmei, DUAN Jing (2924)
Scientific Note	
Seasonal variations in salt tolerance of <i>Oligostachyum lubricum</i>	GU Daxing, GUO Ziwu, LI Yingchun, et al (2932)
Variation of a spring bacterial community from Wuqia Sinter in Xinjiang during the pre- and post-earthquake period	YANG Hongmei, OTKUR Mahmut, ZENG Jun, et al (2940)
Comparison of the effect of two prey species on the population growth of <i>Orius similis</i> Zheng and the implications for the control of <i>Tetranychus urticae</i> Koch	HUANG Zengyu, HUANG Linmao, HUANG Shoushan (2947)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 10 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 10 2011

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 70.00 元