宁夏半干旱区柠条锦鸡儿灌木林生长特征

程 杰[1], 刘永辉[1], 田 瑛[2]

(1. 国家林业局 西北林业调查规划设计院, 陕西 西安 710048; 2. 宁夏固原市林业局, 宁夏 固原 756000)

摘 要: [目的] 揭示柠条锦鸡儿灌木林最大生长潜力,掌握其生长规律与更新过程,为柠条锦鸡儿林资源合理开发利用提供科学依据。[方法] 针对宁夏半干旱区 24 a 柠条锦鸡儿灌木林生长过程的定位监测资料,用定量分析方法揭示柠条锦鸡儿灌木林生长特征。[结果] (1) 柠条锦鸡儿灌木林的生长变化受水分影响,其变化趋势与土壤水分相吻合,表现为坡下部灌丛生长最好,坡中部次之,坡上部最弱。就坡中上部而言,0—8 m 土壤贮水量对柠条锦鸡儿灌木丛生长具有显著影响。生长中期的柠条锦鸡儿灌木林,其分枝数量、地径和地上生物量在不同生长坡位间表现出显著或极显著的差异性,而到生长的后期,随着生长年限的延长柠条生理生态特性发生了较大变化,植株衰老退化严重; (2) 柠条锦鸡儿灌木林生长除受其自身生物学特性支配外,主要受环境因子和生长指标的双重影响,其生物量在坡下部受分枝数的影响,坡中部受分枝数、地径和株高的共同作用,坡上部则受地径、株高和冠幅的影响; (3) 各生长因子均与积温和土壤蒸发量呈极显著的正相关关系,而积温在各生长坡位均为重要影响因子。[结论] 水热条件是影响柠条锦鸡儿灌木林生长的主要限制因子。

关键词: 半干旱区; 不同坡位; 柠条锦鸡儿; 生长特征

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2016)01-0332-05 **中图分类号**: S157.1, P333.4

文献参数: 程杰, 刘永辉, 田瑛. 宁夏半干旱区柠条锦鸡儿灌木林生长特征[J]. 水土保持通报, 2016, 36(1): 332-336. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.01.059

Growth Characteristics of *Caragana Korshinskii* Shrubbery in Semi-arid Regions of Ningxia Hui Autonomous Region

CHENG Jie[1], LIU Yonghui[1], TIAN Ying[2]

(1. *Northwest Institute of Forest Inventory, Planning and Design, State Forestry Administration, Xi'an, Shaanxi* 710048, *China*; 2. *Forestry Bureau of Guyuan Municipality, Guyuan, Ningxia Hui Autonomous Region* 756000, *China*)

Abstract: [Objective] The objective of this study is to clarify the growth rule (i.e. maximum growth potential) and regenerating process of *Caragana korshinskii* and in order to provide basis for the rational utilization of *C. korshinskii*. [Methods] We evaluated the 24-years in-situ observation records of growth process of *C. korshinskii* in the semi-arid regions of Ningxia Hui Autonomous region using quantitative statistical analysis. [Results] (1) The growth of *C. korshinskii* was mainly impacted by water, especially the soil moisture. The shrubbery at the lower slope always grew better than the ones at the middle and upper slope. Soil water contents at soil layer of 0 m to 8 m in the middle or upper slope significantly influenced the growth of *C. korshinskii*. During the middle period of *C. korshinskii* growth, branching numbers, ground diameter and the aboveground biomass varied significantly among different parts of slopes. However, the senescence of plants was severe at the later stage since the physiological and ecological functions of *C. korshinskii* degraded year by year. (2) Except its biological characters, environmental factors and growth indexes also impacted the growth of *C. korshinskii*. The biomass at the lower slope was influenced by the numbers of branching. The biomass at the middle slope was impacted by the branching number, ground diameter and the plant height, while ground diameter, plant height and crown width controlled the shrub biomass at the upper slope. (3) All growth indexes were significantly positively related with the cumulative temperature and evaporation. The former was important factor at all parts of slopes. [Conclusion] Hydrothermal conditions are the main limitation factors for the growth of *C. korshinskii*.

Keywords: **semi-arid regions**; **different parts of slope**; ***Caragana korshinskii***; **growth characteristics**

收稿日期: 2015-05-11 **修回日期**: 2015-10-08

资助项目: 国家自然科学基金重点项目"气候变化背景下黄土高原土地利用影响径流的空间尺度效应"(41230852); 国家林业局项目"全国沙化典型地区定位监测"

第一作者: 程杰(1980—),男(汉族),陕西省蒲城县人,博士,工程师,主要从事森林生态学、森林资源监测研究。E-mail: chengjiesyn@163.com。

柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)为锦鸡儿属,豆科灌木类植物[1-2],是世界欧亚草原亚区的典型灌木植被类型。在中国中西部和东北部地区有人工栽培和自然分布两种类型,在自然分布中常见于草原、荒漠和戈壁等类型中,是黄土高原人工植被建设的主要优良灌木植物,并具有极强的耐旱力和抗逆性。根系发达,也是北方地区水土保持和治沙造林的先锋植物。柠条锦鸡儿灌木热值高,是优良可再生生物能源,茎叶营养丰富,也是畜牧业的主要饲料植物,根系着生有大量根瘤茵,是优质绿肥。枝茎通直、坚韧,花色艳丽,是优良的蜜源、观赏和造纸植物,种子还可以榨油,提取乙醇,是优良的工副业原料,具有较高的生态经济价值,在中国北方农牧交错带具有较大推广应用价值[3-4]。长期以来对柠条锦鸡儿灌木林的生长过程缺乏合理的经营管理措施,造成了林地生产力低下,植株生长衰老加快,退化严重,经济、生态效益低。为合理开发利用,揭示其最大生长潜力,掌握柠条锦鸡儿灌木林生长规律与更新过程,本研究选择宁夏南部半干旱区,通过平茬与定位观测,用定量分析方法揭示柠条锦鸡儿灌木林生长特征,以期为柠条锦鸡儿林资源合理开发利用提供科学依据。

1　研究区自然概况

试验区位于宁夏南部固原市原州区,建立 24 a(1985—2008 年)的柠条锦鸡儿灌木林基地,面积 1 000 hm^2,海拔 1 650～1 900 m,年均降雨量 445 mm,年均降水变异系数为 0.198,丰水年占 25.0%,平水年占 34.5%,干旱年占 40.5%,6—9 月占年降雨量的 65%～75%,且时空分布不均,年均气温 6～7.2 ℃,≥10 ℃积温 2 150～3 100 ℃,年蒸发量为 1 450～2 126 mm,干燥度 1.5～2.0。属森林草原向典型草原的过渡类型,草地植被退化严重,试验前天然植被覆盖度不足 35%,生物量仅 500～750 kg/hm^2,物种不足 40 种,且有毒有害植物生长蔓延,坡面土壤坚硬,降水入渗率低,地面径流易汇集,坡面细沟切割严重。通过人工恢复试验现有植物 160 种,其中人工乔木树种 11 种,占植物总数的 6.9%;灌木 14 种,占植物总数的 8.8%;草本 135 种,占植物总数的 84.3%。其中丛生禾本科植物本氏针茅种群在该区分布广,生长快,繁殖更新能力强,成为群落优势种。柠条锦鸡儿灌木通过工程与生物措施结合带状配置,坡面径流节节拦蓄,土壤水分入渗率高,柠条锦鸡儿植株生长较好,有效控制了坡面水土流失。

2　试验材料与方法

2.1　试验设计

试验选取宁夏南部半干旱区种植的多年生柠条锦鸡儿灌木,1985 年在河川上黄东山半阳坡,分不同坡位,采用水平阶整地方法,阶面宽 80～100 cm,反坡 3°～5°(形成外高内低),水平阶长沿山体水平延伸,水平阶间距 200～300 cm,在水平阶面进行穴播种植,每水平阶种植一行,株距 150 cm,密度为 2 200 株/hm^2。荒坡(对照)选择在于水平阶相同立地条件,相同密度采用穴播不整地种植。

2.2　指标测定

从灌木出苗到幼苗木质化后,选择代表性样地 10 hm^2,设样方 3 组,重复 3 次,每组面积 4 m×4 m。在每年灌木生长的 3 月中旬、7 月上旬、10 月上旬定期定株进行分枝、株高、生物量测定,同时结合测定并对周围野生植物以记名样方的方法进行调查测定,记名样方调查测定数量每次为 10 个,样方面积为 1 m×1 m。土壤含水量采用烘干法测定,测定深度 0—8 m,0—3 m 每 20 cm 为一层取样,3—8 m 每 50 cm 为一层取样,计算不同坡位的土壤贮水量。

2.3　统计分析

采用 SPPS 软件对不同坡位,柠条锦鸡儿灌木的株高、分枝数、生物量进行分析,看其差异显著性;用年度降雨量对柠条锦鸡儿灌木的各生长指标进行分析,揭示降雨量与柠条锦鸡儿形态结构的关系;分析柠条锦鸡儿灌木各生长指标之间的联系。

3　结果与分析

3.1　柠条锦鸡儿灌木林各生长因子随生长年限的变化规律

对不同坡位柠条锦鸡儿灌木林植株生长高度、单株分枝数、丛冠幅、单株地径和丛生物量(图 1—5)的年生长变化进行分析,柠条锦鸡儿灌木林年生长各指标的变化趋势,主要是随着生长年限的持续增长出现连续增长的变化趋势。尤其是在柠条锦鸡儿灌木林生长的初期阶段第 1～5 a,受气候、土壤、植被等多重因素的影响,在坡上部、坡中部和坡下部的各生长因子间差异较小。随着植株生长年限的持续增长和灌木林覆盖度的扩大,柠条的生长对环境的适宜性不断增强;在柠条锦鸡儿灌木林生长的中期阶段第 6～20 a,植株基本上呈现出各生长指标在整体上呈上升的变化趋势,但在不同坡位之间各生长指标差异较大,其变化的总趋势为:坡下>坡中>坡上。在柠条锦鸡儿灌木林生长的后期阶段第 20 a 以上,随着生长年限的变化,柠条植株的生理生态学特性发生了很大的变化,其表现形式主要体现在植株不断衰老退化,植株年生长高度缓慢,据调查平茬第 1 a 的柠条锦鸡儿植株生长高度达 60～85 cm,第 2 a 超过 120 cm,比

第 20 a 以上的株高年生长量不同坡位平均提高 11～16 倍。另外，20 a 以上柠条锦鸡儿的分枝数量减少，据调查平茬的第 1 a 植株分枝数量高达 80～115 个，第 2 a 超过 126 个，比第 20 a 以上柠条的分枝数量在不同坡位平均提高 12～15 倍。

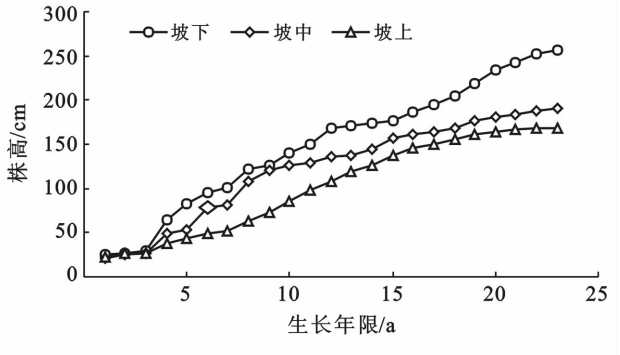


图 1 不同坡位柠条锦鸡儿林株高随生长年限变化特征

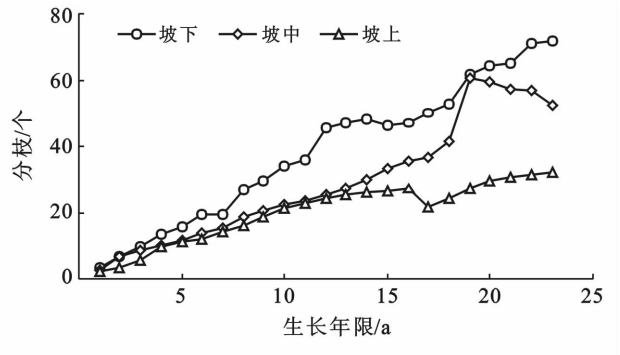


图 2 不同坡位柠条锦鸡儿林分枝数随生长年限变化特征

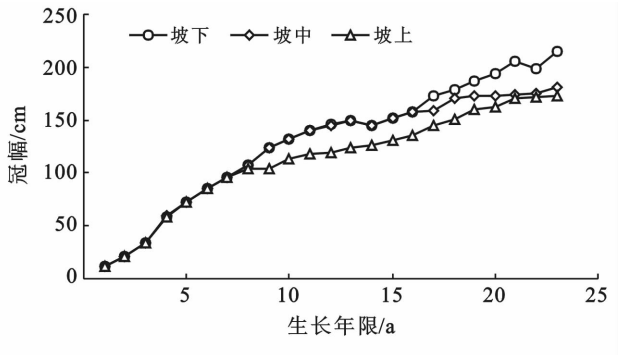


图 3 不同坡位柠条锦鸡儿林冠幅随生长年限变化特征

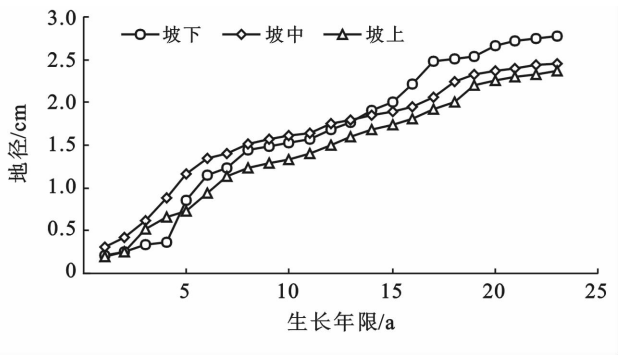


图 4 不同坡位柠条锦鸡儿林地径随生长年限变化特征

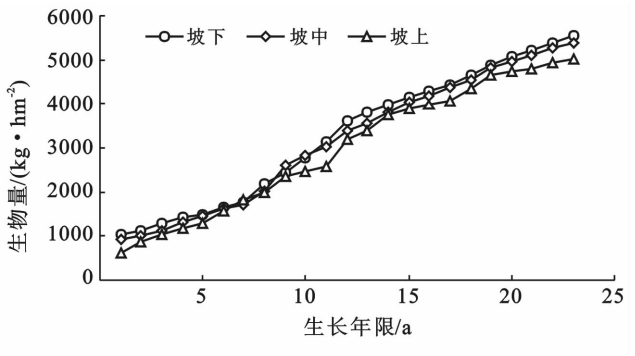


图 5 不同坡位柠条锦鸡儿林生物量随生长年限变化特征

3.2 柠条锦鸡儿灌木林生物量和株高随降雨量和积温增长变化

在不同生长坡位柠条锦鸡儿灌木林的生物量和植株生长高度的变化，主要是受气候因素中降雨量和积温的影响，在不同的生长坡位有 2 个指标（生物量和株高）均出现了较大差异。从图 6 可以看出，在柠条锦鸡儿灌木林生长的中期阶段，生物量的变化主要是受不同生长年降雨量影响差异显著；在柠条灌木林生长的后期受植株衰退和老化的影响差异不显著，而在不同生长坡位间受年降雨量的影响差异显著。从图 7 可以看出，积温对柠条锦鸡儿灌木林生物量形成的影响不甚明显，这进一步表明柠条灌木林生物量的形成，水分是重要的影响因素。另外，从图 8—9 可以看出，柠条锦鸡儿灌木林株高的生长受降雨量的影响在不同生长坡位差异显著，尤其是在生长的初期阶段坡下生物量变化增长幅度大，与坡中和坡上生物量的变化相比差异明显，在柠条灌木林生长的中期和后期阶段，生物量在不同坡位的增长变化，坡下高于坡中和坡上，但在不同坡位间差异较小，从积温的影响变化看，植株的生长高度在不同坡位间差异显著，其生长的初期阶段明显高于中期和后期阶段。另外，柠条锦鸡儿灌木林生物量和株高生长变化，在降雨量和积温的共同作用下，在不同坡位均表现为坡下部生物量还受分枝数量的影响，坡中部生物量受分枝数、地径和株高的共同影响，坡上部生物量主要是受地径、株高和冠幅的共同影响，均表现出不同的差异特点。

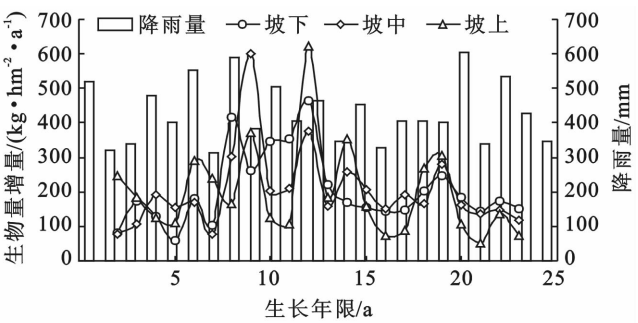


图 6 不同坡位柠条锦鸡儿林生物量增量随降雨量的变化

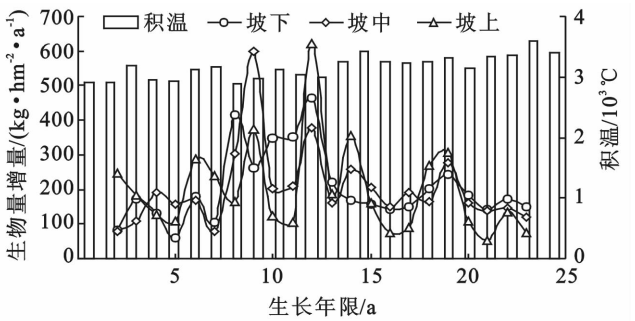


图 7　不同坡位柠条锦鸡儿林生物量增量随积温的变化

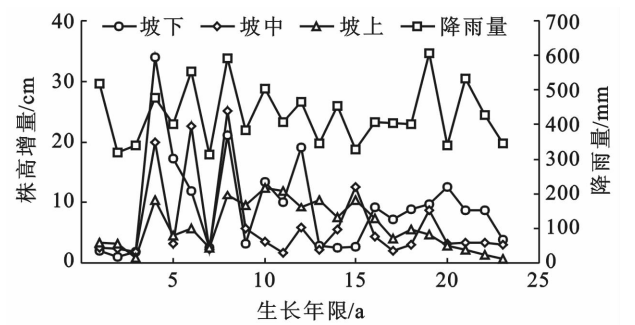


图 8　不同坡位柠条锦鸡儿株高增量随降雨量变化

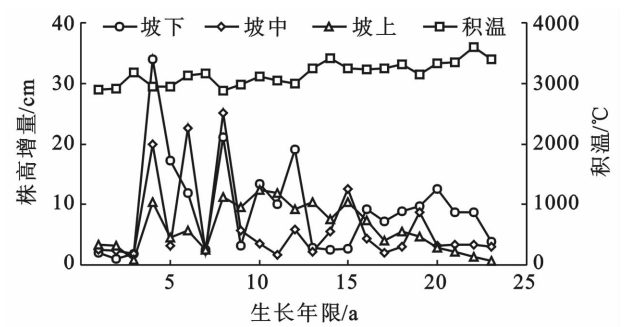


图 9　不同坡位柠条锦鸡儿株高增量随积温的变化

3.3　柠条锦鸡儿灌木林降雨量和积温土壤贮水量随年限的变化

从柠条锦鸡儿灌木林在不同坡位的生长变化,由图 10 可以看出,在柠条锦鸡儿灌木林生长的不同年限,降雨量、蒸发量及其积温的变化对其影响差异显著,在柠条锦鸡儿灌木林生长的 20 a 间,林地气候变化的主要因素,降雨量和积温均呈现出波浪式的变化,而蒸发量受柠条锦鸡儿灌木林生长的影响,在生长的初期阶段和中期阶段变化较为稳定,到生长的后期阶段蒸发量明显降低,原因是在柠条锦鸡儿灌木林间与林下小气候、土壤、植被受其影响发生了较大的变化,为天然草地植被的自然恢复创造了良好的生长与生存条件,尤其是一些耐阴的草本和低等植物,蒿类、苔草来和大量苔藓、地衣覆盖了土壤表面,形成了好的土壤结皮,有效积蓄天然降水,防止土壤水分过量蒸发,促进了天然牧草的旺盛生长,致使群落覆盖度由建造前的 30%提高到目前的 90%。

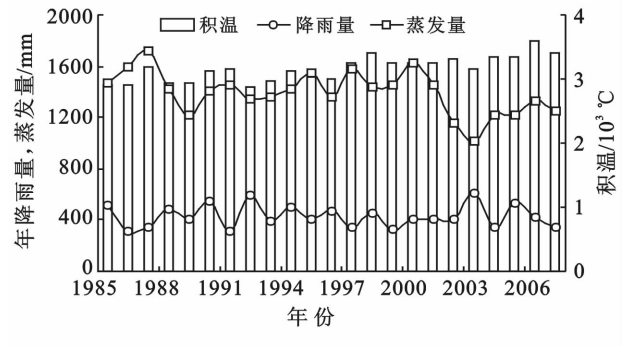


图 10　降雨量、蒸发量和积温的变化动态

在柠条群落中土壤贮水量也发生了较大的变化,从图 11 可以看出,在柠条锦鸡儿灌木林生长的不同坡位土壤贮水量变化差异显著,总体的变化趋势是随着柠条锦鸡儿灌木林生长年限的持续延长,各生长指标的不断增长,土壤贮水量在 0—8 m 土层中的变化均呈逐渐下降的趋势,一般是在不同坡位柠条锦鸡儿灌木林生长的初期阶段和中期阶段对土壤贮水量产生了显著影响,而在生长的后期阶段,土壤贮水量在坡下部远高于坡中部和坡上部,同时,柠条锦鸡儿灌木林的各生长指标与土壤贮水量均呈现为正相关关系,表明柠条锦鸡儿灌木林在生长的初期阶段主要是靠天然降雨量的影响,而到生长的中期阶段和后期阶段主要是靠天然降雨量和土壤水分的双重影响。

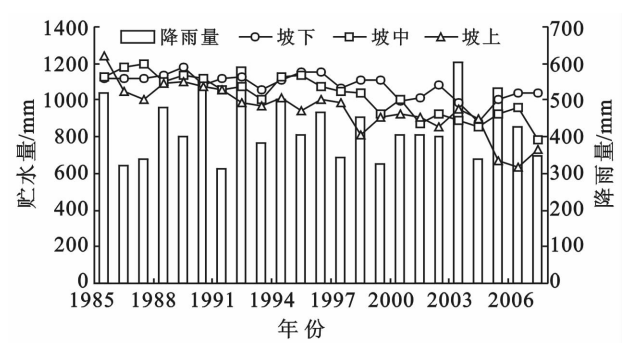


图 11　不同坡位柠条锦鸡儿林土壤 0—8 m 贮水量与降雨量关系

4　结果与讨论

(1) 柠条锦鸡儿灌木林在生长的初期阶段各生长指标增长缓慢,到生长的中期阶段,各生长指标均呈现出整体快速增长的变化趋势,而不同坡位之间差异较大,其变化的趋势与土壤水分相吻合坡下>坡中>坡上。但在柠条锦鸡儿灌木林生长的后期,随着生长年限的不断延长柠条锦鸡儿灌木林的生理生态特

性发生了较大变化，各生长指标逐渐下降，植株衰老退化严重，因此，建议在柠条锦鸡儿灌木生长的后期要及时进行平茬复壮。

(2) 柠条锦鸡儿灌木林生物量和株高的生长变化，在降雨量和积温的共同作用下，不同生长坡位间的差异显著，表现为坡下生物量积累受植株分枝数量的影响，坡中生物量积累受植株分枝数量、地径和株高生长的共同影响，坡上生物量积累受地径、株高和株丛冠幅的共同影响。

(3) 柠条锦鸡儿灌木林在生长的初期阶段和中期阶段，0—8 m 土壤贮水量在不同生长坡位均产生了显著影响，而在生长的后期阶段坡下土壤贮水量远高于坡中和坡上，同时，柠条锦鸡儿灌木林的各生长指标与土壤贮水量均呈正相关关系。表明柠条锦鸡儿灌木林在生长的初期阶段主要是靠天然降雨量的影响，而到生长的中期阶段和后期阶段主要是靠天然降雨量和土壤水分的双重影响。

(4) 在柠条锦鸡儿灌木林生长的不同区域受水热条件的变化影响，研究结果均有一定差异[5-7]。本研究在黄土高原半干旱地区的结果表明，水热条件是影响柠条锦鸡儿灌木林生长的主要限制因子，因此，通过生物量与气候因子、生长因子，贮水量与气候因子的分析表明，气候因子和土壤贮水量对生物量的增长影响明显[8-9]，这对指导黄土高原半干旱地区柠条锦鸡儿灌木林的生长及生物量估测无疑具有重要的实用意义和参考价值。

[参 考 文 献]

[1] 牛西午，张强，杨治平. 柠条人工林对晋西北土壤理化性质变化的影响研究[J]. 西北植物学报，2003，23(4)：628-632.

[2] 程积民，杜峰，万惠娥. 黄土高原半干旱区集流灌草立体配置与水分调控[J]. 草地学报，2000(3)：210-219.

[3] 程积民，万惠娥，王静. 半干旱区柠条生长与土壤水分消耗过程研究[J]. 林业科学，2005，41(2)：37-41.

[4] 王力，邵明安，王全九. 林地土壤水分运动研究述评[J]. 林业科学，2005，41(2)：147-153.

[5] 周择福，洪玲霞. 不同林地土壤水分入渗和入渗模拟的研究[J]. 林业科学，1997，33(1)：9-17.

[6] 郭建平，高素华，刘玲. 气候变坏对红松气候生产力的影响研究[J]. 中国生态农业学报，2003，11(2)：129-131.

[7] 张彩琴，杨持. 几种不同生活型草原植物生长动态的比较研究[J]. 内蒙古大学学报：自然科学版，2007，38(9)：557-564.

[8] 胡宏友，林鹏，杨志伟. 宽叶雀稗群落生物量和生长规律的研究[J]. 福建农业学报，2002，17(4)：226-230.

[9] 王倩，程积民，万惠娥. 环境因素影响草地柠条生长的主成分及典型相关分析[J]. 草地学报，2009，17(3)：321-326.

(上接第 331 页)

[9] Pang Huan, Dai Wei, Wang Bing. Organic carbon content and mineralization characteristics of soil in a subtropical *Pinus massoniana* forest[J]. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2013, 5(12): 1363-1369.

[10] 国家林业局. 森林土壤分析方法[M]. 北京：中国标准出版社，1999.

[11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京：中国农业出版社，2000.

[12] Zou Xiaoming, Ruan Honghua, Fu Yun. Estimating soil labile organic carbon and potential turnover rates using a sequential fumigation incubation procedure[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2005, 37(10): 1923-1928.

[13] 李艳忠，罗格平，许文强，等. 天山北坡三工河流域中山带森林发育与气候土壤的关系[J]. 山地学报. 2011，29(1)：33-42.

[14] 张于光，张小全，肖烨. 米亚罗林区土地利用变化对土壤有机碳和微生物量碳的影响[J]. 应用生态学报，2006，17(11)：2030-2033.

[15] 石培礼，于贵瑞. 拉萨河下游河谷不同土地利用方式下土壤有机碳储量格局[J]. 资源科学，2003，25(5)：96-102.

[16] 黄从德，冉华. 岷江上游不同森林类型土壤有机碳含量及密度特征[J]. 四川林业科技，2010，31(2)：36-38.

[17] Collins H P, Rasmussen P E, Douglas C L. Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics[J]. Soil Science Society of America, 1991, 56(3): 783-788.

[18] Davidson E A, Janssens I A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change[J]. Nature, 2006, 440(7081): 165-173.

[19] Hopkins D W, Sparrow A D, Elberling B, et al. Carbon, nitrogen and temperature controls on microbial activity in soils from an Antarctic dry valley[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2006, 38(10): 3130-3140.