

典型喀斯特地区不同土地利用类型土壤水分性能
对植物生长及其生态特征的影响

赵中秋¹,蔡运龙²,白中科¹,付梅臣¹

(1. 中国地质大学(北京) 土地科学技术学院,北京 100083;
2. 北京大学 环境学院 地表过程与环境模拟教育部重点实验室,北京 100871)

摘 要:我国西南喀斯特地区是典型的生态脆弱区,特殊的地质地貌特征使该地区地表存水能力极差,植被可利用的水资源相对不足,季节性干旱严重。研究了该区两种土地利用类型土壤水分特征对植被的生长及生态特征的影响。在各自最大持水条件下,两种不同土地利用类型土壤上生长的植物 - 黑麦草(*Lolium perenne* L.)生物量差异显著,林地土壤生长的植物总生物量是草地土壤的 3 倍左右;林地土植物的叶片含水量、分蘖数、株高、叶长/叶宽等指标均明显高于草地土植株。可以认为,在西南典型喀斯特地区这一特殊的地质地貌及气候条件下,土壤水分是导致植被生产力差异的主要因素。

关键词:喀斯特地区;季节性干旱;土壤水分性能;植物生长;生态特征
中图分类号:S152.7;P642.25 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2007)06-0037-03

Effects of Soil Water Properties of Different Land Use Types on
Plants' Growth and Ecological Characteristics

ZHAO Zhong-qiu¹,CAI Yun-long²,BAI Zhong-ke¹,FU Mei-chen¹

(1. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Ministry of Education Laboratory for Earth Surface Process, College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: The environment is very fragile in typical karst area in southwest of China. Special geological character causes a bad water-holding capacity of the earth's surface, which result in, consequentially, shortage of the available water resource for plant growth and severe seasonal drought. To study the effects of soils water properties of different land use types on plants' growth and ecological characteristics, a pot experiment was conducted. The biomass of plants ryegrass (*Lolium perenne*) grown on soils of two different land use types were different significantly under soil water condition of 100 % of field capacities respectively, and the leaf water contents, tillers number, plant height and leaf length/ width of plants on soils of forest land were all higher than those on soils of grass land. It can be suggested that, in karst area with special geological character and climatic condition, soil water property is the main factor causing variation of vegetation production.

Key words: karst area; seasonal drought; soil water properties; plant growth; ecological characteristics

土壤水分是土壤 - 植被 - 大气连续体 (Soil-Plant-Atmosphere Continuum, SPAC) 的一个关键因子或中枢纽带,是土壤系统养分循环和流动的载体^[1-3]。它不仅直接影响土壤的特性和植物的生长^[4-5],而且间接影响植物分布和在一定程度上影响小气候的变化^[6-7]。

在干旱半干旱地区,水分状况是限制植被维持和发展的关键因素。喀斯特地区虽然降雨非常丰富,但由于其时间分布上的不均匀性,喀斯特地貌形态特征形成地表漏水严重以及地形破碎、土壤浅薄保水能力差等多种原因的综合作用,使得喀斯特地区地表存水能力极差,植被可利用的水资源相对不足,尤其是少雨的冬季。此外,由于人为的不合理利用,导致植被尤其是森林植被大量被破坏,土壤 - 植被 - 大气系统的一个比较脆弱的水分平衡亦被打破,导致水土流失加

剧,植被生长所需要的水分资源更加严重缺乏。这正是喀斯特地区环境退化和石漠化的根本原因之一。长期以来,对以黄土丘陵区为主的干旱半干旱地区土壤水分的研究是该区水分利用和环境整治的主要内容之一^[3,8-11]。关于喀斯特地区土地利用变化对土壤水分的影响以及土壤水分性能的变化对植被生长及生态特征的研究报道极少,本研究通过盆栽模拟实验对不同土地利用方式下土壤的植被生产力及其生态特征进行了比较研究。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域选择在黔中猫跳河流域上游长顺县的广顺典型喀斯特景观区,为峰丛洼地和丘陵宽谷的交错地带;区内

收稿日期:2007-01-24
基金项目:国家自然科学基金重点项目(40335046);中国地质大学(北京)“土地利用创新团队”项目
作者简介:赵中秋(1975 -),博士,副教授,主要从事土地退化的环境效应及其生态修复研究。

岩性多为以白云岩为主的比较纯质的碳酸盐岩类,土壤发育状况极差,主要表现为土层较薄、土被破碎、多见基岩裸露,土层厚度多在 20 cm 以下,兼之地下水位低,抗旱能力弱,致使本地区的石漠化现象非常严重;本研究选取 50 a 以上的本底林地和荒山草地 2 种土地利用类型。

1.2 实验方案

风干的林地和草地土样过 10 mm 筛,去除大的植物残体,筛出的石砾再按一定比例混入土壤。混匀的土壤装入套有聚乙烯塑料袋的花盆(15 cm ×15 cm)中,每盆装土 2 kg,放入温室。实验共两个处理,林地土和草地土,每处理 4 个重复。根据 2 种土壤的田间持水量,通过称重法控制土壤含水量分别为各自田间持水量的 100 %。

1.3 植物材料与培养

植物材料为多年生黑麦草(*Lolium perenne* L.)。黑麦草种子用 10 %的 H₂O₂ 消毒 10 min,用自来水冲洗后催芽,发芽的种子均匀地播在每盆土样上,每盆 40 粒。待幼苗长至 2~3 cm,进行间苗,每盆保留 20 株。幼苗每 2~3 d 浇水一次,保持土壤含水量为各自田间持水量的 80 %~100 %。温室维持 25 ℃左右和 14/10 h 的光/暗循环。

1.4 测定指标

测定指标包括植物生物量(鲜重、干重)、分蘖数、株高、叶长、叶宽、叶片含水量、叶绿素含量等。叶片长度、叶片宽度的测量以主茎顶端向下第 3 或第 4 片叶为准,测定叶片最宽处为叶片宽度指标。叶片的采样时间统一在上午 9:00 左

右,采样部位为中上部叶位相同的新鲜叶片,测定重复数皆为 4(*n*=4)。叶片自然含水量(组织含水量)和相对含水量依据 Schonfeld 等^[12]的方法;叶片自然饱和和亏缺参照王晶英等^[13]的方法;叶绿素含量参照李合生等^[14]的方法。

1.5 统计分析

所有数据利用 SPSS 12.0 进行方差分析(ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 生物量

在各自 100 %田间持水量供水条件下,2 种土地利用类型植株生长状况如图 1。草地土植株相对林地土植株,长势较弱,植株矮小。林地土生长的植株地上部和根鲜重均显著大于草地土植株,尤其是地上部鲜重差异更为显著(*P*<0.001)(图 2),分别为 49.2、11.1 g。林地土植株地上部、根部和总鲜重分别为草地土植株的 4.4、2.3 和 3.3 倍。

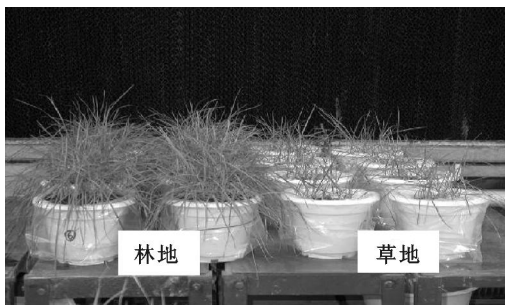


图 1 不同土地利用类型土壤条件下黑麦草植株生长状况

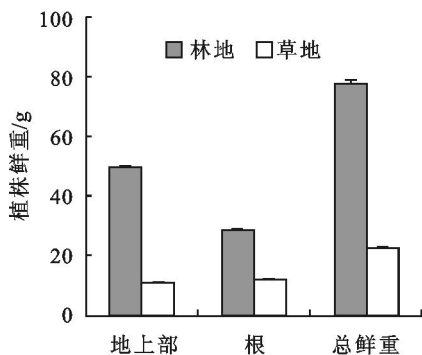


图 2 黑麦草植株鲜重的变化

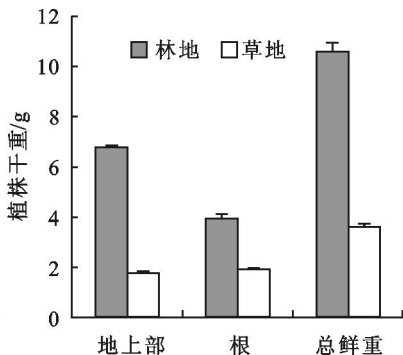


图 3 黑麦草植株干重的变化

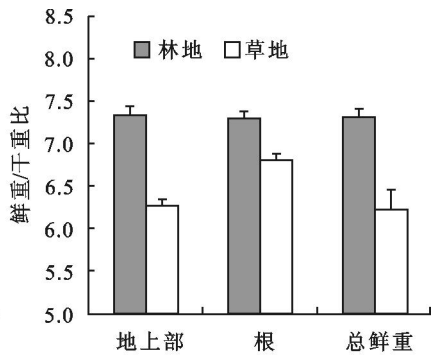


图 4 黑麦草植株鲜重/干重比的变化

2 种土壤生长的植株干重如图 3 所示。林地土植株地上部、根部及植株总干重亦均大于草地土植株(*P*<0.001),分别为草地土植株的 3.9、2.0 和 2.9 倍。

2 种土地利用类型土壤植株的鲜重/干重比如图 4 所示。林地土植株地上部、根和总植株的鲜重/干重比均高于草地土植株,地上部和总植株鲜重/干重比达到了统计显著水平(*P*=0.01 和 *P*=0.02)。

表 1 不同土地利用类型植株生长状况

土地利用类型	分蘖数	株高/cm	叶长/cm	叶宽/cm
林地	139.5	4.9	31.0	3.6
草地	51.3	3.7	23.7	2.8

2.2 分蘖数、株高、叶长、叶宽

2 种土壤生长的植株分蘖数、株高、叶长、叶宽如表 1 所示。林地土和草地土植株分蘖数差异非常显著,林地土是草地土的 2.7 倍。林地土植株株高、叶长、叶宽也明显高于草地土植株。

2.3 叶片含水量

植物组织的一切生命代谢活动均与植物组织的水分状况密切相关。植物组织含水量反映了植物体内水分状况。随土壤含水量增加,叶片相对含水量亦会逐渐增加。水分饱和和亏缺值大小则是反映植物体内水分亏缺程度的重要指标。

本实验测定的叶片含水量指标包括自然含水量、相对含水量、饱和含水量和自然饱和和亏缺,测定结果如图 5 所示。林地土植株叶片自然含水量、相对含水量、饱和含水量均大于草地土植物,而草地土植物的叶片水分自然饱和和亏缺值明显高于林地土植株。

2.4 叶绿素含量

叶绿素含量是植物光合能力的一个重要的基本的指标,它的含量多少反映了土壤的植被生产力。与叶片含水量结果一致,草地土植株叶片的叶绿素含量亦低于林地土植株(图 6),但未达到统计显著水平。这是因为所有植株均为受到水分胁迫,叶绿素的合成并未受到太大影响。

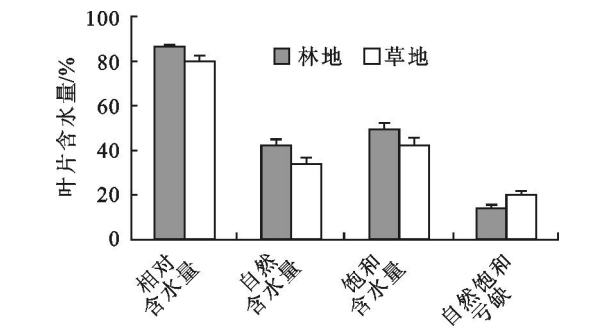


图 5 黑麦草植株叶片含水量的变化

3 讨论与结论

土壤水分特性制约着土壤对水的吸持、贮存,不仅直接影响土壤对植物生长的水分供给能力,同时还通过影响土壤的其它性质影响植物的生长。土壤水分特性的变化必然会导致植被生产力的变化。本实验研究了喀斯特地区林地和草地 2 种土地利用类型土壤在各自的最大供水能力条件下的植物生长状况及生态特征。结果显示,林地土壤植物的生物量、分蘖数、株高、叶长等指标均显著大于草地土植株;叶片的各种含水量、叶绿素含量两种土壤之间差异虽不太显著,但均表现相同的趋势,即林地土植株高于草地土,草地土的植株的叶片自然饱和亏缺值明显高于林地土植株,与叶片含水量结果一致。

本实验研究结果与我们对 2 种土地利用类型的土壤水分特性(待发)的分析结果一致。对土壤水分特性的分析结果表明,林地土的土壤持水能力和供水能力均远高于草地土,土壤水分是植物生长的重要调控因子,意味着单从土壤水分条件因素来看,林地土更有利于植物的生长,具有更高的植被生产力和更好的生态学特征。从本实验植物的生长条件来看,除控制了 2 种土壤的水分条件外,对 2 种土壤的其它物理化学性质如土壤养分含量均很难用实验条件来控制,因此,2 种土壤生长的植物生物量差异并非完全是由土壤水分所形成,应该还包括其它土壤性质的影响。但对于喀斯特地区而言,土壤水分退化是土壤退化的一个关键过程,其它特性如对植物生长亦有重要影响的土壤养分的退化与土壤水分退化有着密不可分的联系,土壤水分特性的劣化,如持水能力和渗透性能的下降等导致水土流失的加剧,进而导致土壤养分退化^[15],二者的综合作用使土壤的植被生产力大大下降。从这个意义上讲,可以认为,在西南典型喀斯特地区这一特殊的地质地貌及气候条件下,土壤水分是导致植被生产力差异的主要因素。

参考文献:

[1] Wainwright J,Parsonsw A J ,Schlesingerz W H ,et al. Hydrology-vegetation interactions in areas of discontinuous flow on a semi-arid bajada , Southern New Mexico [J] . Journal of Arid Environments ,2002 ,51 : 319 - 338.

[2] Kirkham M B. Principles of Soil and Plant Water Rela-

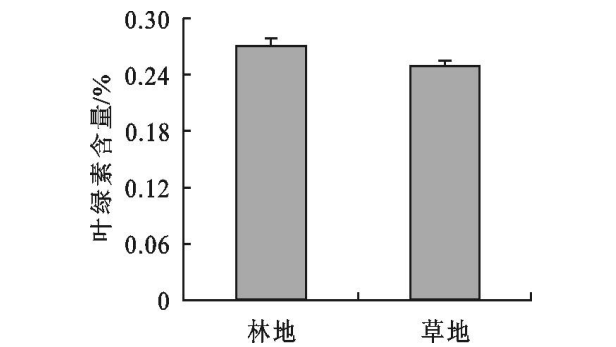


图 6 黑麦草叶绿素含量的变化

tions [M] . USA : Burlington , MA , Elsevier Academic Press ,2005.

[3] 张北赢,徐学选,刘江华. 黄土丘陵沟壑区不同土地利用方式的土壤水分效应[J]. 水土保持通报,2005 ,25 (6) :5 - 9.

[4] FlCnet F,Bouniols A ,Saraiva C. Sunflower response to a range of soil water contents[J] . European Journal of Agronomy ,1996 ,5 :161 - 167.

[5] Slama I,Messedi D ,Ghnaya T ,et al. Effects of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum* [J] . Environmental and Experimental Botany ,2006 ,56(3) :231 - 238.

[6] Porporato A ,Laio F ,Ridolfi L ,Rodriguez Iturbe. Plants in water-controlled ecosystems: active role in hydrologic processes and response to water stress . Vegetation water stress [J] . Advances in water resources ,2001 ,24 :725 - 744.

[7] 何其华,何永华,包维楷. 干旱半干旱区山地土壤水分动态变化[J]. 山地学报,2003 ,21(2) :149 - 156.

[8] 王孟本,李洪建. 晋西北黄土区人工林土壤水分动态的定量研究[J]. 生态学报,1995 ,15(2) :178 - 184.

[9] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 黄土丘陵小流域土地利用变化对生态环境的影响 - 以延安市羊圈沟流域为例[J]. 地理学报,1999 ,54(3) :241 - 247.

[10] 邱扬,傅伯杰,王军,等. 黄土丘陵小流域土壤水分的空间异质性及其影响因子[J]. 应用生态学报,2001 ,12(5) :715 - 720.

[11] 杨文治,邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京:科学出版社,2000 :95 - 97.

[12] Schonfeld M A ,Johnson R C ,Carver B F ,et al. Water relations in winter wheat as drought resistance indicator[J] . Crop Science ,1988 ,28 :526 - 531.

[13] 王晶英,敖红,张杰. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2003.

[14] 李合生,孙群,赵士杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

[15] 赵中秋,后立胜,蔡运龙. 西南喀斯特地区土壤退化过程与机理探讨[J]. 地学前缘,2006 ,13(3) :185 - 189.