

## 黄土丘陵半干旱区沙棘生长对土壤水分及养分影响<sup>\*</sup>

卢建利<sup>1</sup>, 陈云明<sup>1,2</sup>, 张亚莉<sup>3</sup>, 李卓<sup>1</sup>, 徐敬华<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 3. 陕西省黄陵县林业工作站, 陕西 黄陵 727300)

**摘要:** 为以沙棘为主的人工植被建设评价提供依据, 在黄土丘陵半干旱区选择 4, 8, 12, 15 a 沙棘林地进行土壤水分、养分测定, 结果表明: 在测定年份不同林龄沙棘林地 0–600 cm 土层含水量差异较小, 150–400 cm 土层存在明显干层, 平均含水量仅为 5.48%, 400–600 cm 土层含水量有明显随林龄增加而减小的规律; 不同林龄沙棘林地土壤养分均富集在 0–10 cm 土层, 养分含量随着土层深度增加明显减小, 林龄对土壤养分含量具有一定影响, 有随林龄增加养分含量增加的趋势。

**关键词:** 沙棘林; 土壤含水量; 土壤养分; 黄土丘陵区

中图分类号: S152.7; S153.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)03-0137-04

## Effect of Seabuckthorn Growth on Soil Moisture and Soil Nutrient in Loess Hilly Region

LU Jian-li<sup>1</sup>, CHEN Yun-ming<sup>1,2</sup>, ZHANG Ya-li<sup>3</sup>, LI Zhuo<sup>1</sup>, XU Jing-hua<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Forestry Station in Huangling County of Shaanxi Province, Huangling, Shaanxi 727300, China)

**Abstract:** In order to provide the basis of assessing the benefits of seabuckthorn as main shrub species artificial vegetation, four seabuckthorn stands afforested 4, 8, 12, 15 years respectively are chosen for soil moisture and soil nutrient measurements in semi arid loess hilly region. Results indicate that there is little discrepancy of soil moisture among the four stands in soil profile of 0–600 cm because of less annual precipitation in the measured year. There is an obvious dry soil layer in soil profile of 150–400 cm and average soil moisture is only 5.48%. There is a visible regulation that soil moisture decreased gradually with the increase of seabuckthorn shrub ages in 400–600 cm soil layer. Much more soil nutrient enriched in the layer of 0–10 cm soil in the measured stands, soil nutrient content decreases gradually with the increase of soil depth. Seabuckthorn shrub age has definite effect on the change of soil nutrient content in the stands, which shows a trend of soil nutrient content increasing slowly with seabuckthorn age increasing.

**Key words:** Seabuckthorn forest; soil moisture; nutrient content; loess hilly region

黄土丘陵半干旱区因气候干旱和水土流失严重而成为我国生态恢复的重点地区。由于水土流失严重, 导致了生态环境持续恶化, 气候干旱而增加了该区以植被为核心的生态恢复重建难度。因此, 这一地区植被恢复重建的关键就是要选择抗逆性较强, 特别是抗旱和抗瘠薄性强, 且能够在现有土壤水分和养分条件下正常生长、成林的树种。已有的研究发现, 胡颓子科 (Elaeagnaceae) 沙棘属 (*Hippophae*) 植物中国沙棘 (*H. rhamnoides* L. subsp. *Sinensis* rousi) 生态适应范围较广, 在黄土高原地区的多种立地条件下均能成活并生长, 具有较强的抗旱、抗瘠薄适应性和自我繁衍能力<sup>[1]</sup>。自1998年以来, 国家在黄土高原地区实施退耕还林还草工程, 沙棘因其较强的适应性而得到大面积栽植, 发挥了保持水

土、改善环境的重要作用。

国内有关沙棘水土保持、水文作用的研究很多, 对于了解沙棘林水土保持作用及其理水机理具有重要作用, 但有关沙棘生长过程中对土壤水分、养分环境影响的研究还相对较少<sup>[2]</sup>。本研究通过对黄土丘陵典型区不同林龄沙棘林地土壤水分、养分测定, 探讨不同林龄沙棘林地土壤水分、养分变化规律, 以期黄土丘陵半干旱区人工沙棘林管理提供理论依据。

### 1 研究区概况

研究区位于中国科学院安塞水土保持综合试验站植被恢复重建试验示范区 (109°19'E, 36°51'N) 内。该区地处黄土高原中部, 属典型的梁峁状丘陵沟壑区, 海拔高度 1 010 ~

\* 收稿日期: 2008-04-09

基金项目: 国家科技支撑重点项目 (2006BAD09B03)

作者简介: 卢建利 (1982–), 男, 陕西宝鸡人, 硕士生, 主要从事水土保持植被恢复研究。E-mail: nddom0623@163.com

通信作者: 陈云明 (1967–), 男, 陕西澄城人, 研究员, 主要从事生态恢复与水文研究。E-mail: ymchen@ms.iswc.ac.cn

1 431 m; 沟壑密度 4.2~ 8.0 km/km<sup>2</sup>, 平均土壤侵蚀模数 13 500 t/(km<sup>2</sup>·a); 属暖温带半干旱气候, 多年平均降水量 497 mm, 年内分布不均, 有明显的干湿季之分, 6~ 9 月降水量占年总量的 70% 左右; 年平均气温 8.8℃, 极端最低气温为- 23.6℃, ≥10℃积温 3 113.9℃, 平均无霜期 160 d; 日照充足, 热量资源丰富, 年总辐射量为 132 kJ/cm<sup>2</sup>。主要土壤类型为黄绵土, 地带性土壤为黑垆土, 现仅零星分布, 黄绵土分布面积占总面积的 77.1%。植被地带属森林草原区, 天然森林已全遭破坏, 灌木呈零星分布, 形成以中旱生草本植物群落占绝对优势的植被, 荒坡主要为铁杆蒿 (*Artemisia gmelinii*)、长芒草 (*Stipa bungeana*)、白羊草 (*Bothrichloa ischaemum*)、芨芨蒿 (*Artemisia giraldii*)、达乌里胡枝子 (*Lespedeza dahurica*)、菊叶委陵菜 (*Potentilla taneetifolia*) 等组成的处于不同演替阶段的草灌植物群落。

2 研究方法

2.1 样地基本情况

选取 4, 8, 12, 15 a 四个林龄段的沙棘林地进行同步测定土壤水分和养分, 所选林地的基本情况见表 1。

表 1 供试的人工沙棘林地基本情况

| 林龄/a | 地貌类型 | 坡位 | 坡向/(°) | 坡度/(°) | 盖度   |
|------|------|----|--------|--------|------|
| 4    | 梁峁坡  | 上部 | 北偏东 30 | 23     | 0.72 |
| 8    | 梁峁坡  | 上部 | 北偏东 30 | 23     | 0.70 |
| 12   | 梁峁坡  | 中部 | 北偏东 30 | 24     | 0.65 |
| 15   | 梁峁坡  | 下部 | 北偏东 30 | 25     | 0.60 |

2.2 研究方法

在 4 种不同林龄沙棘林下, 随机设置调查样方, 面积为 10 m×10 m, 在生长季 4~ 11 月对林地的土壤水分、养分等指标进行测定。

2.2.1 土壤水分

土壤水分测定采用土钻取样, 烘干法测定。4 种林地的测定深度均为 0~ 600 cm 土层, 每隔 20 cm 土层深度取土样 1 次, 3 次重复, 测定时间为 2006 年 4~ 11 月份每月中旬。野外采土样后, 迅速拿回室内称其湿重 ( $W_r$ ), 并在 105℃ 烘干至恒重, 称其干重 ( $W_d$ ), 计算土壤含水量。

2.2.2 土壤养分

野外采样调查分析采用土钻法。即在所选的样地内以 S 形布设 5 个点, 每个点挖取一个剖面, 每个剖面分 5 层 (0~ 5, 5~ 10, 10~ 15, 15~ 20, 20~ 30 cm) 进行采样, 测定时间为 2006 年 4 月 11 日。在室内测定分析部分, 有机质的测定采用重铬酸钾氧化—外加加热法, 全氮采用半微量开氏法, 水解氮采用碱解扩散法, 全磷采用氢氧化钾碱熔—钼锑抗比色法, 速效磷采用碳酸氢钠浸提—Olsen 法<sup>[3]</sup>。

3 结果与分析

3.1 沙棘林地土壤含水量

3.1.1 不同林龄林地土壤含水量的垂直分布特征

由图 1 可看出, 不同林龄沙棘林地土壤含水量在 0~ 400 cm 土层的变化规律相似且土壤含水量差异很小, 说明该层次

是沙棘林水分消耗的主要层次, 其中 0~ 150 cm 土层含水量随深度增加急剧降低, 土壤含水量变化在 8.55%~ 4.63% 范围内, 说明该层是降水易补充层次; 150~ 400 cm 土层含水量较低, 变化范围为 4.70%~ 6.12%, 平均含水量为 5.48%, 存在明显的干层, 一般降水难于补充。400~ 600 cm 土层的土壤含水量不同林龄之间差异较大, 土壤含水量减小程度随林龄增加而增大。就 0~ 600 cm 土层的平均含水量而言, 4, 8, 12, 15 a 的土壤含水量分别为 12.43%, 10.33%, 9.96%, 7.6%, 表现出明显的随林龄增加而减少的趋势。

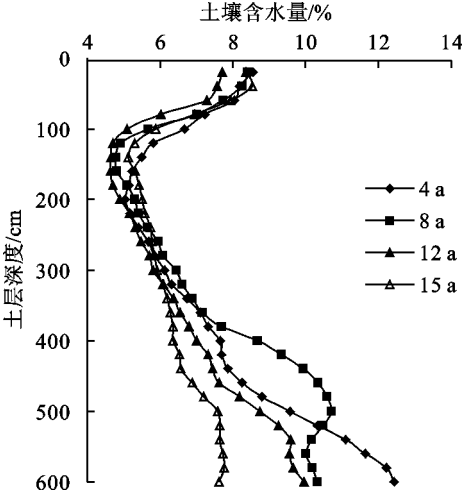


图 1 不同林龄沙棘林地土壤含水量垂直分布

3.1.2 土壤水分的季节变化

由图 2 可以看出沙棘林地土壤含水量随着林龄的增大, 在整个生长季的 0~ 150, 150~ 400, 400~ 600 cm 土层均减小。4~ 6 月为该区旱季, 也是沙棘由开始生长到旺盛生长的重要时期, 由于降水对土壤水分的补充不足, 土壤储存的水分消耗剧烈, 不同林龄下 0~ 400 cm 土层的含水量均很低, 土壤含水量在 6.0% 左右变化; 但其对深层水分的利用随林龄增加而增大, 4, 8, 12, 15 a 沙棘林地在 400~ 600 cm 土层的含水量分别为 10.2%, 10.1%, 8.6%, 7.2%。7~ 9 月份雨热同季, 降水量占了年降水量 60% 左右, 因沙棘生长旺盛, 蒸腾耗水强烈, 0~ 150 cm 土层水分因补充和消耗而剧烈变化, 说明雨季对该层水分含量影响较大, 但从整个土壤剖面看, 与旱季比较土壤含水量并未明显增加。10~ 11 月份沙棘逐渐停止生长, 林地土壤水分进入补偿恢复期, 但因 2006 年同期降水量仅为 10.2 mm, 所消耗的土壤水分几乎没有被补充, 土壤含水量变化与 7~ 9 月相似, 0~ 150, 150~ 400 cm 土层水分含量较低; 400~ 600 cm 土层水分含量相对较高, 4, 8, 12, 15 a 沙棘林地分别为 10.4%, 9.1%, 7.5%, 7.4%。进一步分析表明, 2006 年降水量为 430 mm 左右, 为该区降水较少年份, 不同林龄沙棘林均对土壤水消耗强烈, 部分掩盖了生长年限对土壤水分的影响, 但仍表现出随林龄增加土壤储水减少的特征。

3.2 不同林龄沙棘林地土壤养分

3.2.1 全 N 和碱解 N 的变化

由图 3 看出, 随着土层深度的增加, 不同林龄沙棘林地土壤全 N 含量均减小, 但其减小的程度不同, 4, 8, 12, 15 a

沙棘林地的变化范围分别为 0.67~0.57, 0.85~0.33, 0.73~0.36 和 0.99~0.3 g/kg, 15 a 沙棘林地全 N 随土层深度增加变化最大; 随着林龄的增加, 10 cm 以上土层的全 N 含量均呈增加的趋势, 其中 0~5、5~10 cm 土层的变化范

围分别为 0.67~0.99、0.67~0.84 g/kg; 除 20~30 cm 土层外, 10 cm 以下土层全 N 含量则随着林龄增加而减小, 但变化幅度均较小, 其值以 20~30 cm 土层的 15 a 林地最低, 说明沙棘林地全 N 主要富集在 10 cm 以上的表层。

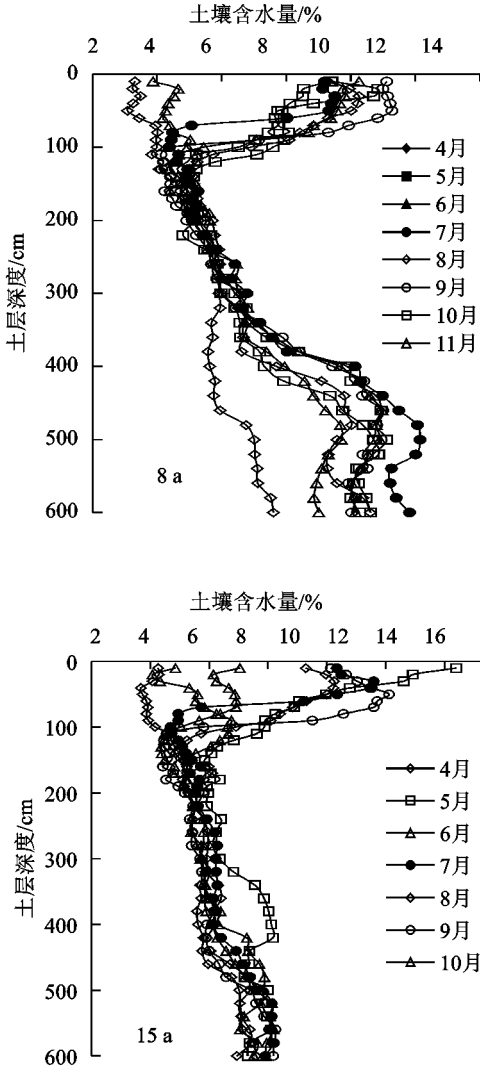
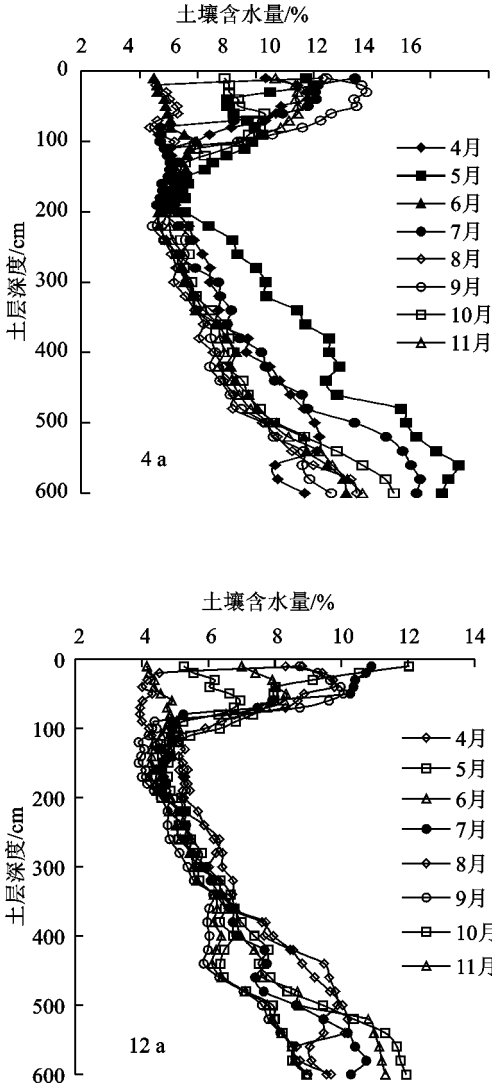


图 2 不同林龄沙棘林地土壤水分季节动态

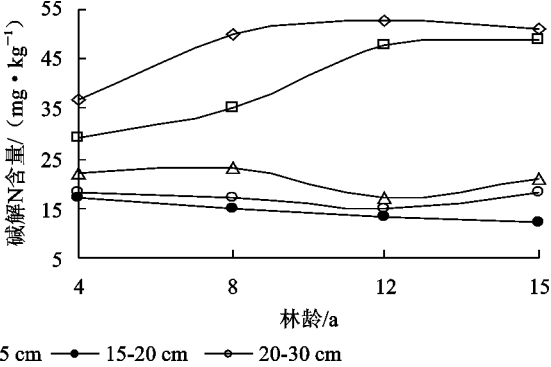
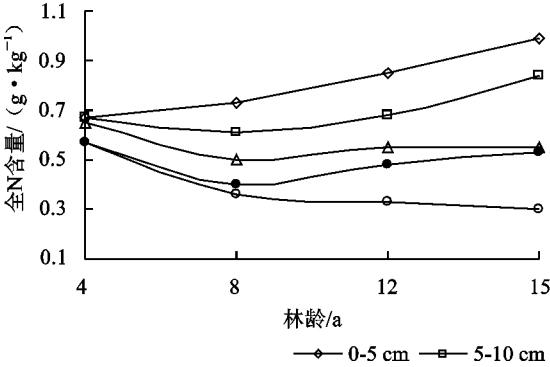


图 3 不同林龄沙棘林地中土壤 N 含量

不同林龄沙棘林地土壤碱解 N 含量随着土层深度增加而减小(图 3), 但随着林龄的增加, 其差值有增大的趋势, 4 个林龄减少幅度分别为 20, 35, 40 和 39 mg/kg; 就不同土层的碱解 N 含量而言, 在 4~8 a 阶段均呈明显增加的趋势, 但

其增加的幅度随土层深度增加而减小, 8 a 以后的增加趋势则不明显, 甚至在较深的土层中有降低的趋势。

3.2.2 全 P 和速效 P

土壤中 P 的含量是反映其养分状况的重要指标。不同

林龄的测定结果表明(图 4),随着土层深度的增加,4 个林龄段的土壤全 P 含量均有减小的趋势,减小的幅度依次达到 8%,8.7%,6.3% 和 3.4%。随着林龄的增加,不同土层沙棘林地土壤全 P 的含量呈不同的变化趋势,0~5 cm 土层逐渐减小,减小幅度为 0.04 g/kg;其它层次则有增加的趋势,由上向下的变化范围依次为 0.45~0.47,0.46~0.47,0.45

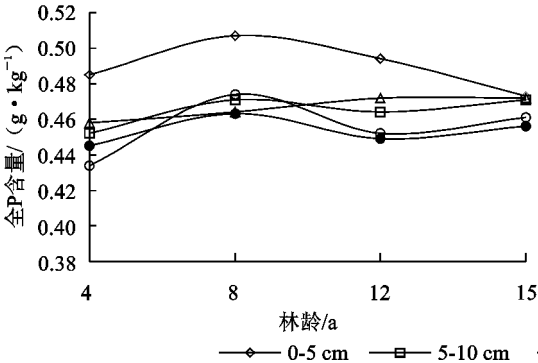


图 4 不同林龄沙棘林地中土壤 P 含量

3.2.3 有机质含量与 pH 值

测定结果(图 5)表明,与 N、P 的变化相似,不同林龄沙棘林地有机质含量随土层深度增加而明显减小,地表 0~5 cm 土层由于枯落物、腐殖质等的影响,有机质含量最高,达到 12.3 g/kg,其它土层含量自上而下依次为 7.0,5.1,3.6,3.2 g/kg,说明沙棘林对土壤有机质有显著影响,但其影响的程度随土层增加而减弱;在同一土层,不同林龄沙棘林之间的有机质含量差异不显著,可能是因为沙棘成林较快,4 a

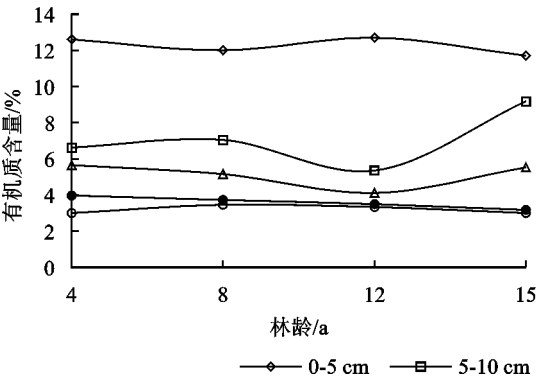


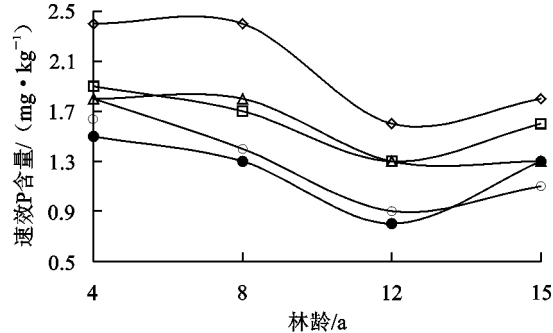
图 5 沙棘林地土壤有机质含量

4 结 论

(1) 不同林龄沙棘林地土壤含水量在 0~400 cm 土层差异很小,是沙棘林水分消耗的主要层次,其中 0~150 cm 土层含水量变化在 8.55%~4.63% 范围内,是降水易补充层次;150~400 cm 土层含水量较低,变化范围为 4.70%~6.12%,存在明显的干层,一般降水难于补充,400~600 cm 土层的土壤含水量不同林龄间差异较大,4,8,12,15 a 沙棘林生长季在 0~600 cm 土层的含水量分别为 12.43%,10.33%,9.96% 和 7.6%,表现出明显的随林龄增加而有减少的趋势。

(2) 沙棘林养分主要富集在 0~10 cm 土层。随着土层深度增加,林地土壤全 N、碱解 N、全 P、速效 P、有机质含量减小;随着林龄的增加,10 cm 以上土层的全 N 含量均呈增

~0.46 和 0.43~0.46 g/kg。随着土层深度的增加,不同林龄沙棘林地土壤速效 P 含量有减小的趋势,减小幅度依次为 37.5%,45.8%,50% 和 38.9%。随着林龄的增加,不同土层沙棘林地速效 P 的含量呈减小的趋势,各层的变化范围分别为 2.4~1.6,1.9~1.3,1.8~1.3,1.5~0.8,1.8~0.9 mg/kg。



林地表层就积累了丰富的枯落物,掩盖了林龄增加对有机质含量的影响。

土壤酸碱性是土壤许多化学性质特别是盐基状况的综合反映,它对土壤的一系列其它性质有深刻影响。对 pH 值的分析表明(图 6),沙棘林地土壤呈碱性,pH 值为 8~8.6,不同林龄之间的 pH 值变异较小,增减幅度都在 1% 左右;林龄相同时,pH 值随土层深度增加呈减小趋势,也说明沙棘林对 pH 值的影响是表层大于下层。

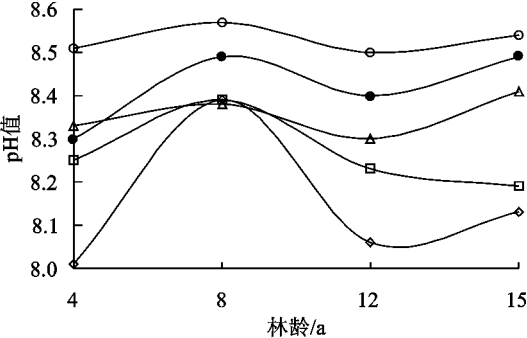


图 6 沙棘林地土壤 PH 值的变化

加的趋势,除 20~30 cm 土层外,10 cm 以下土层全 N 含量则随着林龄增加而减小,但变化幅度很小,不同土层全 P 含量呈不同的变化趋势,0~5 cm 土层逐渐减小,其它层次则有增加趋势,不同土层沙棘林地速效 P 含量则有减小的趋势,同一土层不同林龄沙棘林有机质含量差异不显著。沙棘林地土壤呈碱性,pH 值在 8~8.6 变化,不同林龄之间的 pH 值变异较小,增减幅度都在 1% 左右。

参考文献:

[1] 阮成江,李代琼.黄土丘陵区沙棘群落特性及林地水分、养分分析[J].应用生态学报,2002,13(9):1061-1062.

源, 保护好农用地, 尤其是保护好基本农田和城乡结合部的优质菜田; 通辽市、赤峰市是内蒙古重要粮食生产基地, 农业水土资源开发利用程度高, 必须高度重视和协调好农业水土资源可持续利用的发展能力。乌海市、巴彦淖尔市和阿拉善盟可持续利用潜力指数分别为 1.025, 1.207, 1.226, 水土资源可持续利用潜力指数很低, 农业进一步开发对水土资源可持续利用构成极大压力, 农业水土资源已不具备过多的“开源”潜力, 主要依靠“节流”来发展农业。其中, 乌海市属工矿区, 在全区 12 个盟市中农业水土资源可持续利用潜力指数最低, 水土资源开发利用已达到极限; 巴彦淖尔市属粮食主产区, 主要靠引黄河水客水灌溉, 自身水资源的再生能力低, 农业水土资源可持续利用能力不强; 阿拉善盟属荒漠化地区, 只能靠黄河客水在局部地区发展少量农业, 农业水土资源自身不具备可持续发展能力。

从表 5 对内蒙古各流域农业水土资源可持续利用潜力的评价结果看, 松花江、嫩江和海河流域潜力指数较大, 可进一步加大农业水土资源的开发力度, 增加耕地面积, 发展灌溉农业, 提高粮食生产能力。黄河、西北诸河、辽河流域水资源可持续利用潜力指数分别为 2.060, 2.667 和 2.178, 农业水土资源开发利用潜力有限, 应高度重视和协调好农业水土资源可持续利用的发展能力, 从区域间、部门间、代际间加强农业水土资源可持续利用的协调与平衡, 保护好农用地, 慎重开发利用水资源。

#### 4 结 论

根据模糊数学理论, 建立了农业水土资源可持续利用潜力评价模型。利用该模型, 对内蒙古地区农业水土资源可持续利用潜力进行了计算, 结果表明:

(1) 内蒙古 12 个盟市农业水土资源可持续利用潜力指数变化范围在 1.025~ 3.252。其中, 呼伦贝尔市潜力指数最大, 达到 3.252; 乌海市潜力指数最小, 为 1.025。内蒙古 5 个流域农业水土资源可持续利用潜力指数变化范围在 2.060

~ 3.182。其中, 松花江、嫩江流域潜力指数最大, 为 3.182; 黄河流域潜力最小, 为 2.06。

(2) 模型计算结果与内蒙古农业水土资源开发利用实际情况相符, 说明以模糊数学理论为基础建立的农业水土资源可持续利用潜力评价模型可靠、可行, 可用于评价分析区域农业水土资源可持续利用状况, 协调解决区域农业水土资源利用中的问题, 从而为科学决策提供理论依据。

#### 参考文献:

[ 1 ] 蒋业放, 梁季阳. 水资源可持续利用规划耦合模型与应用[ J ]. 地理研究, 2000, 19( 1 ): 37-44.

[ 2 ] 薛小杰, 于长生, 黄强, 等. 水资源可持续利用模型及其应用研究[ J ]. 西安理工大学学报, 2000, 16( 3 ): 301-305.

[ 3 ] 吴全, 朝伦巴根, 王桂华, 等. 内蒙古土地整理与水土资源可持续利用研究[ J ]. 干旱区资源与环境, 2005, 19( 7 ): 166-173.

[ 4 ] 吴全, 王东平. 内蒙古生态环境状况与可持续发展[ J ]. 内蒙古畜牧科学, 2002, 23( 3 ): 10-11.

[ 5 ] 陈守煜. 区域水资源可持续利用评价理论模型与方法[ J ]. 中国工程科学, 2001, 3( 2 ): 33-38.

[ 6 ] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[ M ]. 北京: 科学出版社, 2003: 165-207.

[ 7 ] 吴正. 风沙地貌学[ M ]. 北京: 科学出版社, 1987: 167-183.

[ 8 ] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[ M ]. 大连: 大连理工大学出版社, 1994.

[ 9 ] 谢小良. 基于模糊综合评判下的决策模型[ J ]. 统计与决策, 2005( 11 ): 57-58.

[ 10 ] 李毓唐, 刘为民, 林琳. 应用模糊集合理论与模型构造的决策支持系统[ J ]. 微机处理, 1995( 3 ): 37-40.

( 上接第 140 页 )

[ 2 ] 陈云明, 刘国彬, 徐炳成, 等. 我国沙棘水土保持功能研究进展与展望. 中国水土保持科学, 2004, 2( 2 ): 88-92.

[ 3 ] 焦菊英, 焦峰, 温仲明. 黄土丘陵沟壑区不同恢复方式下植物群落的土壤水分和养分特征[ J ]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12( 5 ): 667-674.

[ 4 ] 魏宇昆, 梁宗锁, 王俊峰, 等. 黄土丘陵区不同立地条件沙棘水分特征与生物量研究[ J ]. 沙棘, 2001, 14( 4 ): 5-8.

[ 5 ] 陈云明, 刘国彬, 侯喜录. 黄土丘陵半干旱区人工沙棘林水土保持和土壤水分生态效益分析[ J ]. 应用生态学报, 2002, 13( 11 ): 1389-1393.

[ 6 ] 张玉斌, 吴发启, 曹宁, 等. 泥河沟流域不同土地利用土壤养分分析[ J ]. 水土保持通报, 2005, 25( 2 ): 23-26.

[ 7 ] 姚月锋, 满秀玲. 毛乌素沙地不同林龄沙柳表层土壤水分空间异质性[ J ]. 水土保持学报, 2007, 21( 2 ): 112-114.

[ 8 ] 岳庆玲, 常庆瑞, 刘京. 黄土丘陵沟壑区不同人工林地土壤肥力变化研究[ J ]. 干旱地区农业研究, 2007, 25( 3 ): 99-101.

[ 9 ] 马建军, 李青丰, 张树礼. 沙棘与不同类型植被配置下土壤微生物养分特征及相关性研究[ J ]. 干旱区资源与环境, 2007, 21( 6 ): 163-165.

[ 10 ] 李代琼, 梁一民, 侯喜禄, 等. 沙棘改善环境的生态功能及效益试验研究[ J ]. 国际沙棘研究与开发, 2006, 2( 2 ): 7-8.

[ 11 ] 刘增文, 王乃江. 森林生态系统稳定性的养分原理[ J ]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34( 12 ): 130-132.

[ 12 ] 张希彪, 上官周平, 赵爱萍. 黄土丘陵区沙棘群落天然化发育过程中植物物种多样性研究[ J ]. 山地学报, 2007, 25( 3 ): 326-332.