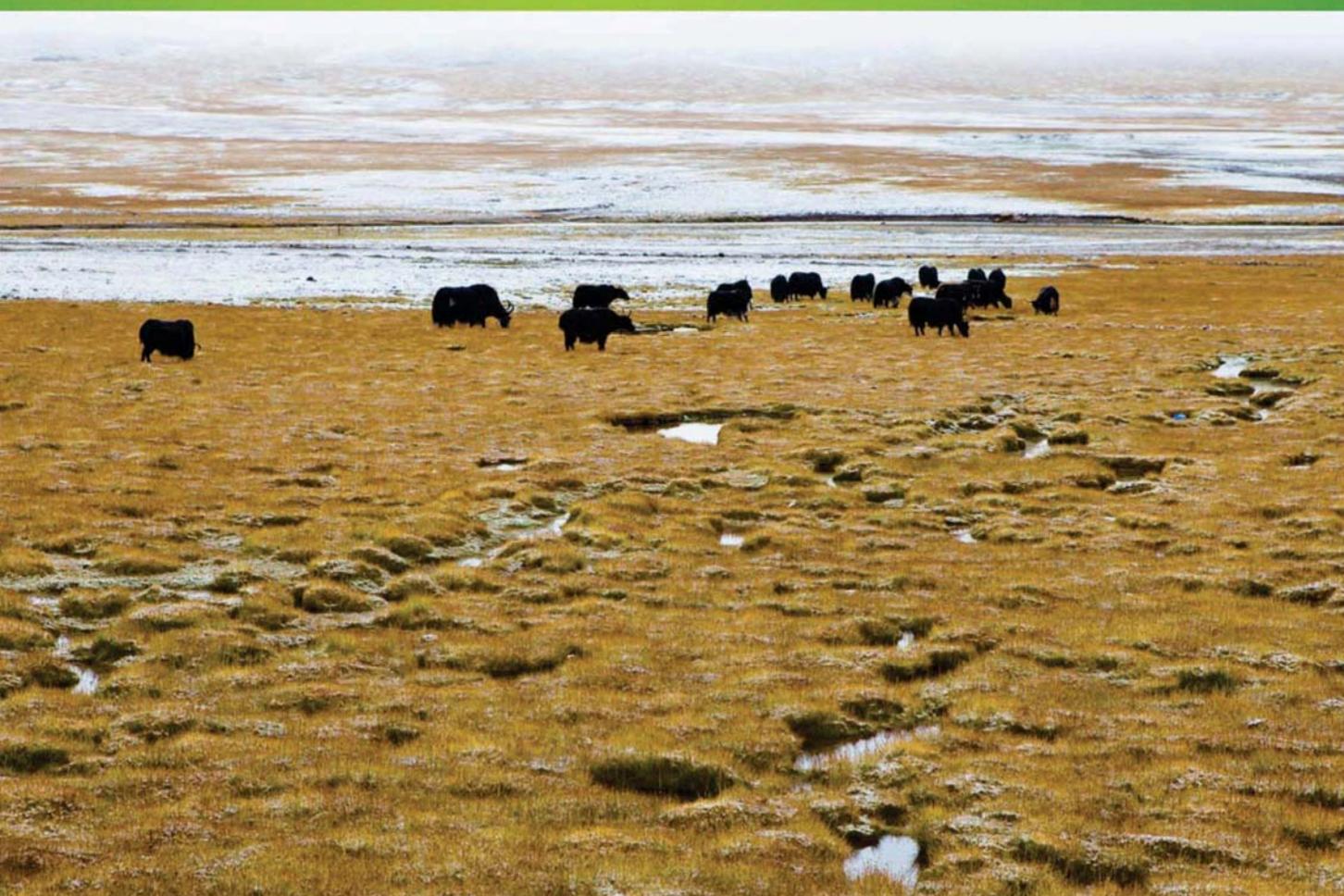


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第16期 Vol.33 No.16 **2013**

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 33 卷 第 16 期 2013 年 8 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 物种分布模型理论研究进展..... 李国庆,刘长成,刘玉国,等 (4827)
- 稀土元素对农田生态系统的影响研究进展..... 金姝兰,黄益宗 (4836)
- 藤壶金星幼虫附着变态机制..... 饶小珍,林 岗,许友勤 (4846)
- 群居动物中的共同决策..... 王程亮,王晓卫,齐晓光,等 (4857)

### 个体与基础生态

- 季风进退和转换对中国褐飞虱迁飞的影响..... 包云轩,黄金颖,谢晓金,等 (4864)
- 两种海星对三种双壳贝类的捕食选择性和摄食率..... 齐占会,王 珺,毛玉泽,等 (4878)
- 新疆巴音布鲁克繁殖期大天鹅的生境选择..... 董 超,张国钢,陆 军,等 (4885)
- 我国特有植物青檀遗传结构的 ISSR 分析..... 李晓红,张 慧,王德元,等 (4892)
- 栽培菊花与菊属-近缘属属间杂种杂交后代耐盐性的遗传分析..... 许莉莉,陈发棣,陈素梅,等 (4902)
- 荒漠区植物光合器官解剖结构对水分利用效率的指示作用..... 张海娜,苏培玺,李善家,等 (4909)
- 水分对番茄不同叶龄叶片光合作用的影响..... 陈凯利,李建明,贺会强,等 (4919)
- 广西猫儿山不同海拔常绿树种和落叶树种光合速率与氮的关系..... 白坤栋,蒋得斌,万贤崇 (4930)
- 施肥对板栗林地土壤 N<sub>2</sub>O 通量动态变化的影响..... 张蛟蛟,李永夫,姜培坤,等 (4939)
- 施肥对红壤水稻土团聚体分布及其碳氮含量的影响..... 刘希玉,王忠强,张心昱,等 (4949)

### 种群、群落和生态系统

- 大兴安岭天然沼泽湿地生态系统碳储量..... 牟长城,王 彪,卢慧翠,等 (4956)
- 基于多时相 Landsat TM 影像的汶川地震灾区河岸带植被覆盖动态监测——以岷江河谷映秀-汶川段  
为例..... 许积层,唐 斌,卢 涛 (4966)
- 不同强度火干扰下盘古林场天然落叶松林的空间结构..... 倪宝龙,刘兆刚 (4975)
- 长江中下游湖群大型底栖动物群落结构及影响因素..... 蔡永久,姜加虎,张 路,等 (4985)
- 千岛湖岛屿社鼠的种群年龄结构和性比..... 张 旭,鲍毅新,刘 军,等 (5000)
- 性信息素诱捕下害虫 Logistic 增长及经济阈值数学模型..... 赵志国,荣二花,赵志红,等 (5008)
- 秋末苏南茶园昆虫的群落组成及其趋色性..... 郑颖姘,钮羽群,崔桂玲,等 (5017)
- 北方常见农业土地利用方式对土壤螨群落结构的影响..... 韩雪梅,李丹丹,梁子安,等 (5026)

### 景观、区域和全球生态

- 基于鸟类边缘种行为的景观连接度研究——空间句法的反规划应用..... 杨天翔,张韦倩,樊正球,等 (5035)
- 西南高山地区土壤异养呼吸时空动态..... 张远东,庞 瑞,顾峰雪,等 (5047)

江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素..... 赵明松,张甘霖,李德成,等 (5058)

基于林业清查资料的桂西北植被碳空间分布及其变化特征..... 张明阳,罗为检,刘会玉,等 (5067)

### 资源与产业生态

基于能值分析方法的都市代谢过程——案例研究 ..... 刘耕源,杨志峰,陈彬 (5078)

基于 PSR 模型的耕地生态安全物元分析评价 ..... 张锐,郑华伟,刘友兆 (5090)

保水剂对煤矸石基质上高羊茅生长及营养吸收的影响 ..... 赵陟峰,王冬梅,赵廷宁 (5101)

### 城乡与社会生态

生态保护价值的距离衰减性——以三江平原湿地为例..... 敖长林,陈瑾婷,焦扬,等 (5109)

### 研究简报

广东山区土壤有机碳空间变异的尺度效应..... 姜春,吴志峰,钱乐祥,等 (5118)

室内养殖雌性松鼠秋季换毛期被毛长度和保温性能变化..... 荆璞,张伟,华彦,等 (5126)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 306 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 32 \* 2013-08



**封面图说:** 高寒草甸牦牛群——三江源区位于青藏高原腹地,平均海拔 4200m,是长江、黄河、澜沧江三条大河的发源地,也是全球气候变化最敏感的地区。三江源区高寒草甸植被状况对该区的生态环境、草地资源合理利用和应对全球气候变化具有十分重要的意义。2005 年以来,国家投资 70 多亿元启动三江源生态保护工程。监测显示,近年来,三江源湖泊湿地面积逐步扩大,植被覆盖度得到提高,三江源区高寒草甸的生态恶化趋势得到遏制。图为冒着风雪在三江源高寒草甸上吃草的牦牛群。

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/stxb201211261673

赵陟峰, 王冬梅, 赵廷宁. 保水剂对煤矸石基质上高羊茅生长及营养吸收的影响. 生态学报, 2013, 33(16): 5101-5108.

Zhao Z F, Wang D M, Zhao T N. The effect of super absorbent polymer on the growth and nutrition absorption of *Festuca arundinacea* L. on an improved gangue matrix. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(16): 5101-5108.

## 保水剂对煤矸石基质上高羊茅生长及营养吸收的影响

赵陟峰, 王冬梅\*, 赵廷宁

(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

**摘要:**为探索保水剂对煤矸石废弃地上高羊茅生长及营养特征的影响,按煤矸石与土壤质量比设 3 种基质梯度,每种基质分别添加 3 种质量的保水剂,设对照(CK),共 10 种处理。观测和分析不同处理下高羊茅的生长高度、生物量、营养特征及 SPAD 值(相对叶绿素含量),结果显示:保水剂主要影响高羊茅地上部分的生物量,而煤矸石与土壤的质量比主要影响地下部分的生物量;煤矸石与土壤质量比相同条件下,添加 1 g/kg 的保水剂即可促进高羊茅的生长,添加 2 g/kg 保水剂能使高羊茅尽快适应基质环境,使其日均生长率在出苗后第 2 周达到峰值。煤矸石基质中添加保水剂能促使高羊茅将煤矸石基质中的营养元素从植株地下部分向地上部分转移,供植株生长需要,基质中添加 1 g/kg 保水剂时高羊茅对磷的吸收效果最好。此外,添加保水剂能使叶片的 SPAD 值增加。综合比较不同处理下高羊茅的株高、生物量、营养特征及叶片的 SPAD 值认为,处理 6(煤矸石与土壤质量比为 750:250、基质中添加 2 g 保水剂)与处理 8(煤矸石与土壤质量比为 500:500、基质中添加 1 g 保水剂)是适合煤矸石废弃地上高羊茅生长的较好配比。

**关键词:** 保水剂; 煤矸石基质; 生物量; 营养特征; SPAD 值

## The effect of super absorbent polymer on the growth and nutrition absorption of *Festuca arundinacea* L. on an improved gangue matrix

ZHAO Zhifeng, WANG Dongmei\*, ZHAO Tingning

College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

**Abstract:** Super absorbent polymers (SAPs) can absorb water up to a few hundred or even a few thousand times their own mass. Their special physical structure, unique chemical composition, and characteristics of high water absorption capacity allow super absorbent polymers to be widely used in agriculture, horticulture, forestry and other industries to relieve drought and reserve water for farmland, seedling protection, and crop yield improvement. However, the amount of super absorbent polymers applied is an important parameter to evaluate. Applying the incorrect amount can result in either no effect, or soil permeability may be compromised if excess amounts are used. This can cause plant roots to have difficulty breathing or to have root rot. To explore the influence of super absorbent polymers on the growth and nutritional characteristics of *Festuca arundinacea* L. on gangue waste, three matrix gradients were set up with different weight ratios of gangue/soil. The matrix of each gradient was added into the super absorbent polymer in three different qualities. Ten treatments in total, including CK, were set up in this paper. The height growth, biomass, nutritional characteristics and SPAD (Soil and Plant Analyzer Development) value of *Festuca arundinacea* L. under different treatments were observed. The effects of different treatments on the gangue matrix and on *Festuca arundinacea* L. growth were analyzed to determine the reasonable dosage of super absorbent polymer to be added to the gangue wasteland for vegetation recovery. This provides a theoretical basis and

**基金项目:** 国家林业公益性行业科研专项项目(200904030); 国家自然科学基金项目(30872075)

**收稿日期:** 2012-11-26; **修订日期:** 2013-05-29

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dmwang@126.com

technical support for this practical application. The results show that adding super absorbent polymers helps strengthen the gangue matrix's ability to hold water, increasing the water available to the plants, which promotes plant growth and biomass increase. The super absorbent polymer mainly impacts aboveground biomass, while the underground biomass is mainly affected by the weight ratio of the gangue/soil; for treatments where the weight ratio of gangue/soil is the same, adding 1 g/kg super absorbent polymer accelerates *Festuca arundinacea* L. growth; adding 2 g/kg super absorbent polymer to the matrix helps *Festuca arundinacea* L. quickly adapt to the matrix environment and the daily average growth rate reaches peak value 2 weeks after the seedling emergence. Adding super absorbent polymer to a gangue matrix enhances the gangue's ability to hold fertilizer and to supply nutrients to plants. *Festuca arundinacea* L. can promote growth by transferring nutrients in the gangue matrix from underground plant parts to aerial parts. Phosphorus absorption was most efficient when 1 g/kg super absorbent polymer was added. Super absorbent polymers affect photosynthesis parameters of blade leaves by imposing impact on plant water use efficiency. Therefore, adding super absorbent polymers can increase the SPAD value of the blade leaf. From comprehensive comparisons of plant height, biomass, nutrition characteristics and leaf SPAD values of *Festuca arundinacea* L. under different treatments, treatment No. 6 (weight ratio of gangue/soil is 750:250, with 2 g super absorbent polymer) and treatment No. 8 (weight ratio of gangue/soil is 500:500, with 1 g super absorbent polymer) were the optimal conditions found to help *Festuca arundinacea* L. grow on gangue waste.

**Key Words:** super absorbent polymer; gangue matrix; biomass; nutritional characteristics; SPAD value

煤矸石是煤矿生产过程中产生的废渣<sup>[1]</sup>,产生量一般占原煤的10%—20%<sup>[2]</sup>。据有关部门统计,我国累计堆放的煤矸石总量约为45亿t,年排出量约为3亿t。巨量煤矸石自然堆放,既浪费资源,又占压大量土地,还会导致社会问题和环境问题。煤矸石废弃地作为一种特殊的采矿废弃地类型,物理结构不良、高温、高地热、持水保肥能力极差<sup>[3-4]</sup>,直接在煤矸石山上进行植物栽植很难成活,即使成活也难以养护管理,因此煤矸石山的植被恢复工程必须进行基质改良,通过基质改良最终使得煤矸石山能够满足植物生长的需要<sup>[5]</sup>。保水剂(SAP)是一类高分子吸水树脂,属高分子聚合物。其吸持和释放水分的胀缩性,可使周围土壤变疏松,从而在一定程度上改善土壤结构;保水剂吸存大量水,具有一定的保温作用,减少了土壤环境温度的变化。保水剂的施用还能减缓土壤释放水的速度<sup>[6]</sup>,在很大程度上抑制水分蒸发,具有抗旱保墒<sup>[7]</sup>、改良土壤、水土保持<sup>[8]</sup>等多项功能。自20世纪80年代初美国农业部北部研究中心最先开发应用以来,保水剂因其特殊的化学成分、物理结构和吸水性能,在农田抗旱保水<sup>[9]</sup>、作物保苗增产<sup>[10-13]</sup>等方面取得了良好的效果。目前,在部分煤矸石山废弃地植被建设中也已采用保水剂<sup>[14]</sup>,并取得了一定的成果。但保水剂用量过低,起不到应有的作用;而用量过高时,又严重影响土壤通透性,造成根系呼吸困难甚至导致根系腐烂<sup>[15]</sup>。本研究在煤矸石碎屑中添加不同比例的土壤,得到不同的基质,并在基质中添加不同质量的保水剂。通过观测不同基质和添加不同保水剂条件下高羊茅的生长状况和养分含量等,分析不同处理对煤矸石基质改良和对高羊茅生长的影响,以期找出煤矸石废弃地植被恢复中添加保水剂的合理用量,为保水剂在煤矸石废弃地植被恢复中的应用提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

供试草种为高羊茅(*Festuca arundinacea* L.),高羊茅是禾本科羊茅属多年生草本植物。一般养护管理较粗放,是常见冷季型栽植草皮草中抗热、耐旱性最强的草种<sup>[16]</sup>,因而被广泛应用于植被护坡、园林绿化、水土保持等诸多领域。保水剂是由北京汉力森新技术有限公司提供的聚丙烯酰胺-丙烯酸型高吸水性树脂。供试煤矸石取自北京市门头沟区上辛房,煤矸石碎屑最大粒径为3cm,粒径小于0.2cm的占总体积比的45.50%。煤矸石的pH值为8.82,全氮含量0.17%,有机质含量15.92%,速效磷含量3.53mg/kg,速效钾含量78.29mg/kg。供试土壤取自北京林业大学苗圃地30—40cm厚的土层,土壤类型为褐土,pH值8.05,全

氮含量 0.15%, 有机质含量 1.31%, 速效磷含量 48.68 mg/kg, 速效钾含量 195.11 mg/kg。实验以装土 1 kg 的塑料花盆为培养容器, 在北林科技温室中进行。

## 1.2 实验设计

本实验采用盆栽法进行。实验按煤矸石与土壤质量比设 3 种基质梯度, 分别是  $A_1$  (1000:0)、 $A_2$  (750:250)、 $A_3$  (500:500); 同种基质条件下分别添加 3 种不同质量的保水剂, 分别为  $B_1$  (不添加)、 $B_2$  (添加 1 g)、 $B_3$  (添加 2 g); 设对照 (CK) 试验做对比, 对照处理中煤矸石与土壤质量比为 0:1000, 不添加保水剂 (表 1)。本实验共 10 种处理, 每种处理设 3 个重复, 生长期试验共 9 周。播种的前一天将高羊茅种子用 10%  $H_2O_2$  浸泡 10 min 进行表面消毒, 然后用蒸馏水冲洗干净置于湿润的滤纸上, 在 25 °C 恒温培养箱催芽, 种子露白即可播种, 播后用基质覆盖, 覆盖厚度 1—2 cm。为了保证植物生长期间不受缺 N、K 营养的胁迫, 播种前以溶液的形式向培养基质中添加适量的底肥 (在种植植物前将  $NH_4NO_3$ 、 $KH_2PO_4$  和  $K_2SO_4$  按 N 100 mg/kg, P 30 mg/kg, K 15 mg/kg 的用量均匀混入土壤中), 加入肥料后混合均匀, 平衡 1 周。

表 1 试验分组

Table 1 Groups of experiment

编号 No.	因素 A factor A 煤矸石与土壤质量比/g Weight ratio of gangue to soil	因素 B factor B 保水剂/g Super Absorbent Polymer (added)	编号 No.	因素 A factor A 煤矸石与土壤质量比/g Weight ratio of gangue to soil	因素 B factor B 保水剂/g Super Absorbent Polymer (added)
1	$A_1$ (1000:0)	$B_1$ (不添加)	2	$A_1$ (1000:0)	$B_2$ (添加 1g)
3	$A_1$ (1000:0)	$B_3$ (添加 2 g)	4	$A_2$ (750:250)	$B_1$ (不添加)
5	$A_2$ (750:250)	$B_2$ (添加 1g)	6	$A_2$ (750:250)	$B_3$ (添加 2 g)
7	$A_3$ (500:500)	$B_1$ (不添加)	8	$A_3$ (500:500)	$B_2$ (添加 1g)
9	$A_3$ (500:500)	$B_3$ (添加 2 g) CK (对照)	0:1000	不添加	

## 1.3 指标测定

**苗高测定** 不同处理盆钵内各选幼苗 5 株, 用钢卷尺定期测定苗高并计算日均生长率、净生长高度等。从出苗第 2 周开始观测生长高度, 作为背景值。其中: 日均生长率 (cm/d) = 幼苗净生长高度 / 处理日数; 净生长高度 (cm) = 后一次测量幼苗绝对生长高度 - 前一次测量幼苗绝对生长高度。

**生物量的测定** 采用烘干法。实验测定结束后, 将获取的植物从根颈处截断, 分成地上部分和地下部分, 称量鲜重, 然后放在烘箱中烘至恒重, 用分析天平称量, 分别计算地下和地上生物量。

**SPAD 值 (相对叶绿素含量) 的测定** SPAD 值也称绿色度, 是一个相对叶绿素含量读数。SPAD-502 叶绿素仪可在几秒钟内测量植物叶片单位面积叶片当前叶绿素的相对含量, 即 SPAD 值。选择天气晴朗的时间, 利用 SPAD-502 型便携式叶绿素仪测定高羊茅叶片的 SPAD 值, 每个叶片重复测定 3 次, 记载并计算其平均值<sup>[17]</sup>。

**植株中营养元素的测定** 植株中养分测定指标包括硝态氮、磷元素、钾元素, 采用常规分析法测定用<sup>[18]</sup>。

## 1.4 数据处理

用 Microsoft-Excel 进行数据的处理和图表的制作, LSD 多重比较法分析各处理间的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理下高羊茅的生长高度与生物量

#### 2.1.1 不同处理对高羊茅生长高度的影响

图 1 是不同处理下高羊茅生长高度的变化曲线, 由图可知, 各处理下高羊茅生长高度的变化呈现一定的规律性, 即前 3 周生长迅速, 生长高度变化较快, 此后生长速度变慢, 高生长曲线较平缓。不同处理比较, 当基质中煤矸石与土壤质量比不同时, 土壤所占的比例越大, 高羊茅的生长高度越高; 即 3 种基质梯度下高羊茅的生长高度为,  $A_3$  (煤矸石与土壤质量比 500:500) >  $A_2$  (煤矸石与土壤质量比 750:250) >  $A_1$  (煤矸石与土壤质量

比 1000:0)。基质中添加保水剂后持水能力增强,植株可利用的水分增多,而水分充足有利于植株吸收养分,从而促进植株生长<sup>[19]</sup>。煤矸石与土壤质量比相同条件下,基质中添加保水剂处理的高羊茅的生长高度大于基质中未添加保水剂的生长高度,但基质中添加 1g 保水剂( $B_2$ )时高羊茅的生长高度大于基质中添加 2g 保水剂( $B_3$ )的生长高度。可见,基质中添加适量的保水剂即可促进高羊茅的生长。处理 6( $A_2B_3$ )的最高生长高度可达 28.74 cm,比对照提高 10.32%,处理 8( $A_3B_2$ )最高生长高度也比对照提高 9.64%。

### 2.1.2 不同处理下高羊茅生长率的变化

以出苗后首次观测的生长高度作为背景值,计算不同处理下高羊茅的日均生长率。高羊茅日均生长率的变化如图 2 所示,各处理下高羊茅的日均生长率均为出苗初期较大,日均生长率在出苗 2—3 周时达到最大,此后生长率逐渐下降趋于平稳。各处理中最大日均生长率可达 0.83 cm/d(处理 6),处理 3、6 和 9 的日均生长率在出苗后第 2 周达到峰值,而其余处理日均生长率峰值延迟 1 周出现,这是基质中添加 2 g/kg 保水剂对基质结构改良的结果,可见按照 2 g/kg 的比例在煤矸石基质中添加保水剂可以使高羊茅尽快适应基质环境。高羊茅出苗第 3 周以后生长率下降是因为,经过前 3 周的生长,基质中的底肥已大多被植株吸收利用,基质中养分含量逐渐降低,植株生长率下降。各处理下高羊茅的日均生长率在出苗后第 6 周出现小高峰(图 2),这是保水剂将吸附的水分和养分缓慢释放出来,供植物生长需要的结果。

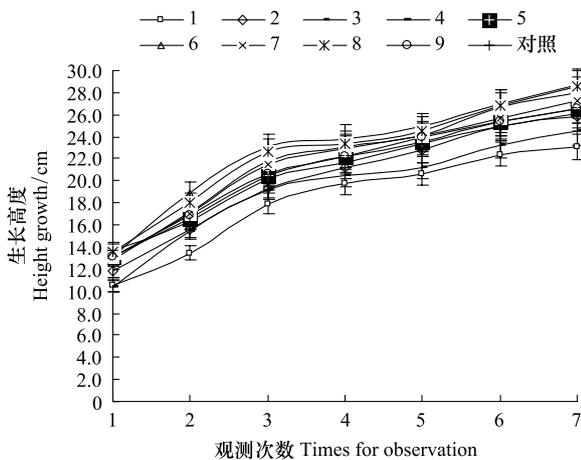


图 1 高羊茅生长高度变化曲线

Fig. 1 Height growth curve of *Festuca arundinacea* L.

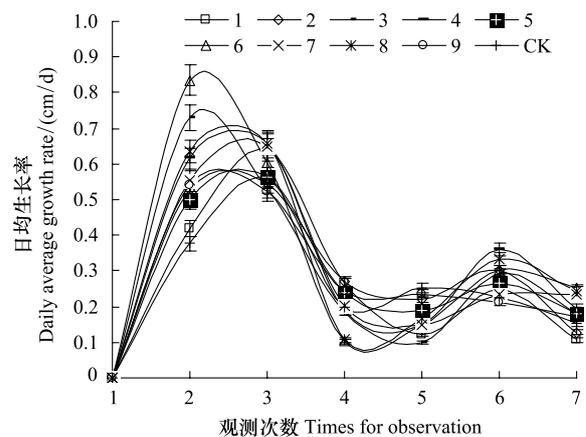


图 2 高羊茅日均生长率

Fig. 2 Average daily growth rate of *Festuca arundinacea* L.

### 2.1.3 不同处理对高羊茅生物量的影响

不同处理下高羊茅植株单株的地上部分鲜重、地下部分鲜重、地上部分干重和地下部分干重如下表(表 2)。高羊茅单株地上部分鲜重在 0.404—0.533 g/株之间,地下部分鲜重在 0.222—0.282 g/株之间。基质中添加保水剂促进了植株生长,使植株的鲜重、干重增加<sup>[20]</sup>,本实验各处理下高羊茅单株总鲜重排序为处理 8( $A_3B_2$ )>处理 9( $A_3B_3$ )>处理 6( $A_2B_3$ )>处理 5( $A_2B_2$ )>对照(CK)>处理 7( $A_3B_1$ )>处理 4( $A_2B_1$ )>处理 3( $A_1B_3$ )>处理 2( $A_1B_2$ )>处理 1( $A_1B_1$ )。煤矸石与土壤质量比相同条件下,高羊茅单株地上部分干重和单株总干重均为添加 2 g 保水剂( $B_3$ )>添加 1g 保水剂( $B_2$ )>不添加保水剂( $B_1$ ),而高羊茅单株地下部分干重表现为基质中土壤所占的比例越大,高羊茅单株地下部分干重越小。可见保水剂对高羊茅生物量的影响主要体现在地上部分,而高羊茅地下部分生物量主要受基质中煤矸石与土壤质量比的影响。

## 2.2 不同处理对高羊茅植株营养特征的影响

### 2.2.1 不同处理下高羊茅植株的氮含量

N 是蛋白质、核酸、磷脂的主要成分,而这三者又是原生质、细胞核和生物膜的重要组成部分<sup>[21]</sup>,还是酶的主要成分之一,它们在生命活动中占有特殊作用。图 3 是不同处理下高羊茅植株地上和地下部分的 N 含

表 2 不同处理下高羊茅单株的生物量

Table 2 The biomass of individual *Festuca arundinacea* L. in different treatments

编号 No.	单株地上部分鲜重/g Fresh weight of aerial parts of individual plant	单株地下部分鲜重/g Fresh weight of underground parts of individual plant	单株地上部分干重/g Dry weight of aerial parts of individual plant	单株地下部分干重/g Dry weight of underground parts of individual plant	单株总鲜重/g Total fresh weight of individual plant	单株总干重/g Total dry weight of individual plant
1	0.415±0.017e	0.222±0.018e	0.105±0.026b	0.038±0.020a	0.637±0.035c	0.143±0.015c
2	0.404±0.018e	0.234±0.022de	0.110±0.018ab	0.036±0.016ab	0.638±0.041c	0.146±0.013bc
3	0.455±0.023d	0.225±0.025e	0.121±0.019ab	0.031±0.012ab	0.680±0.012bc	0.152±0.022a
4	0.468±0.014cd	0.251±0.016ab	0.119±0.020ab	0.023±0.009bc	0.719±0.013b	0.142±0.022c
5	0.495±0.018bc	0.272±0.016ab	0.129±0.013ab	0.022±0.012bc	0.767±0.011a	0.151±0.014b
6	0.515±0.012ab	0.264±0.022ab	0.136±0.031ab	0.025±0.011bc	0.779±0.031a	0.161±0.021a
7	0.492±0.030bc	0.232±0.014de	0.119±0.021ab	0.017±0.013c	0.724±0.033b	0.136±0.014d
8	0.512±0.025ab	0.282±0.018a	0.126±0.018ab	0.021±0.006bc	0.794±0.017a	0.147±0.023b
9	0.533±0.013a	0.247±0.009bc	0.142±0.017a	0.017±0.004bc	0.780±0.016a	0.159±0.019a
CK	0.502±0.014ab	0.261±0.012ab	0.137±0.011ab	0.018±0.007c	0.763±0.011a	0.155±0.012ab

量。从图 3 可看出处理 1—6 高羊茅植株地上部分的 N 含量高于地下部分,处理 7、8、9 及对照高羊茅植株地上部分的 N 含量低于地下部分,这说明当基质中土壤比例较低时,保水剂能促使高羊茅将煤矸石基质中的 N 吸收、运输、储存到植株的地上部分,供植株生长需要。这是因为保水剂通过创建和稳定基质中的水稳性团粒结构来吸附和保持养分元素、抑制营养元素的流失<sup>[22]</sup>,这些被吸附的氮养分离子在一定的条件下可以缓慢释放出来供作物使用<sup>[23]</sup>,提高养分的利用率。除对照外,处理 1—9 高羊茅植株地下部分的 N 含量呈现出依次增高的规律,这说明当基质中土壤比例较高时,高羊茅会首先将 N 蓄积在植株的地下部分,等生长需要时再将 N 营养从植株地下部分向地上部分转移,体现了高羊茅对 N 的富集作用。各处理下高羊茅植株(地上部分和地下部分)中 N 含量从高到低依次为:处理 9(A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>)>处理 6(A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>)>处理 5(A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>)>处理 8(A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>)>对照(CK)>处理 4(A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>)>处理 7(A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>)>处理 3(A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>)>处理 2(A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>)>处理 1(A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>)。

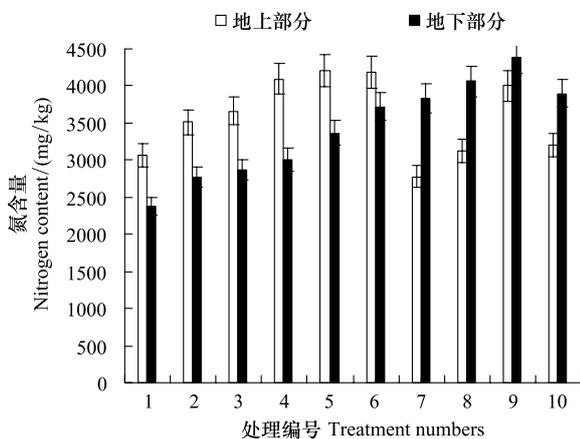


图 3 植株氮含量

Fig. 3 Plant nitrogen content

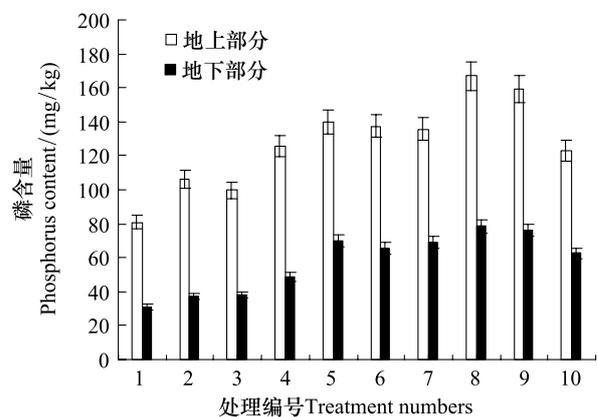


图 4 植株磷含量

Fig. 4 Plant phosphorus content

### 2.2.2 不同处理下高羊茅植株的磷含量

P 元素作为植物生长必不可少的大量元素,在能量转换、呼吸作用和光合作用中都起关键性作用。磷主要以有机磷如核酸、磷脂、植素等的形态存在于植物组织中<sup>[24]</sup>,本实验不同处理下高羊茅植株地上部分和地下部分的 P 含量见图 4,由图可知羊茅植株地上部分的 P 含量在 80.95—167.05 mg/kg 范围内变化,地下部

分的 P 含量在 31.04—78.51 mg/kg 之间。除对照外,当煤矸石与土壤质量比相同条件时,基质中添加保水剂处理的高羊茅植株地上部分和地下部分的 P 含量均大于基质中未添加保水剂的 P 含量,可见,基质中添加保水剂能促进高羊茅对 P 的吸收。因为保水剂可以看作高分子电解质组成的离子和水的构成物,它的网孔可以机械的吸收养分离子、分子及微粒,它的分子表面或断链处羧基的负电荷也可以吸附基质中的养分分子<sup>[25]</sup>,供植物生长需要。但基质中添加 1 g 保水剂(B<sub>2</sub>)时高羊茅植株的 P 含量高于基质中添加 2 g 保水剂(B<sub>3</sub>)的 P 含量,即 B<sub>2</sub>(添加 1 g 保水剂)>B<sub>3</sub>(添加 2 g 保水剂)>B<sub>1</sub>(不添加保水剂)。这说明添加 1 g/kg 的保水剂时对基质中 P 养分的吸附和解吸能力最佳,此时高羊茅对 P 的吸收效果最好。

### 2.2.3 不同处理下高羊茅植株的钾含量

K 是植物体内多种酶的活化剂,在植物碳水化合物代谢、呼吸作用及蛋白质代谢中起重要作用<sup>[26]</sup>。施加保水剂可以起到保肥和缓解肥效的双重作用,图 5 是不同处理下高羊茅植株地上部分和地下部分的 K 含量,K 在高羊茅地上和地下部分的含量差异很大,其中对照处理的高羊茅地上部分 K 含量是地下部分的 6.9 倍;而处理 1—9 中,高羊茅地上部分 K 含量是地下部分的 8.3 倍—9.8 倍。可见,施加保水剂有利用高羊茅将煤矸石基质中的 K 吸收固定并缓慢释放转移到植株的地上部分,供生长需要。添加保水剂基质中不仅存在土壤的化学固定和晶穴固定作用,而且同时存在保水剂的吸收固定和晶穴固定作用、保水剂与土壤胶粒的包闭作用等各种固定作用,使基质的保肥和供肥能力都得到了提高<sup>[27]</sup>,从而提高了植物对养分的利用率。不同处理下高羊茅植株地上部分和地下部分 K 含量排序均为处理 6(A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>)>处理 8(A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>)>处理 4(A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>)>处理 7(A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>)>处理 9(A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>)>处理 5(A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>)>处理 3(A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>)>处理 2(A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>)>处理 1(A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>)>对照(CK)。

### 2.3 不同处理下高羊茅叶片的 SPAD 值

叶绿素与绿色植物的生长状况密切相关,它是光合作用的基础物质,也是植物生长特性、生理变化和营养状况的重要指标。SPAD 值是一个相对叶绿素含量读数(读数范围 0—99.9),与叶绿素含量有显著的正相关性<sup>[28]</sup>,研究表明,叶片的 SPAD 值越大,其实际叶绿素含量越高。SPAD 的高低及变化规律能够反映植物生理活性变化和植物的生长状况<sup>[29-30]</sup>。保水剂通过提高植物的水分利用效率来影响叶片的光合参数,从而使叶片的 SPAD 值增加,本实验各处理下高羊茅叶片的 SPAD 值范围为 39.733—49.633(表 3),不同处理下高羊茅叶片的 SPAD 值从高到低分别为处理 6(A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>)>处理 8(A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>)>处理 4(A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>)>处理 7(A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>)>处理 9(A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>)>处理 5(A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>)>对照(CK)>处理 2(A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>)>处理 3(A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>)>处理 1(A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>),与高羊茅植株的株高排序一致。可见,处理 6(煤矸石与土壤质量比为 750:250、基质中添加 2 g 保水剂)与处理 8(煤矸石与土壤质量比为 500:500、基质中添加 1 g 保水剂)是适合煤矸石基质上高羊茅生长的较好配比。

表 3 各处理下高羊茅叶片的 SPAD 值(相对叶绿素含量)

Table 3 The SPAD (Soil and Plant Analyzer Development) value of individual *Festuca arundinacea* L. in different treatments

编号 No.	SPAD 值 SPAD value	编号 No.	SPAD 值 SPAD value
1	39.733±0.655c	6	49.633±0.732a
2	41.167±1.226c	7	46.968±1.223b
3	40.101±0.432c	8	49.334±0.591a
4	47.566±1.008a	9	46.300±0.804b
5	45.402±0.572b	ck	44.833±0.262b

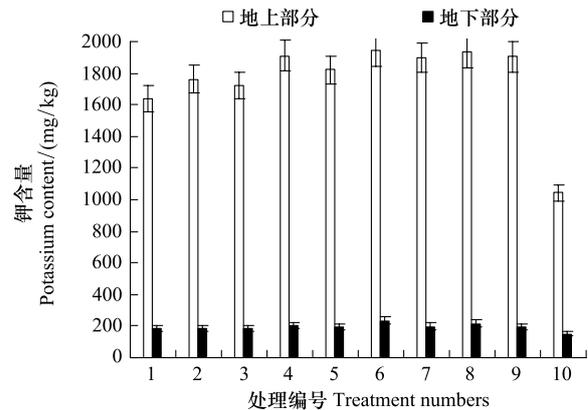


图 5 植株钾含量

Fig. 5 Plant potassium content

### 3 结论

煤矸石基质中添加保水剂可促进植株生长,增加生物量。煤矸石与土壤质量比相同条件下,添加 1 g/kg 的保水剂即可达到促进高羊茅生长的效果;添加 2 g/kg 的保水剂可以使高羊茅尽快适应基质环境,使其在出苗后第 2 周的日均生长率达到峰值。保水剂对高羊茅生物量的影响主要体现在地上部分,而基质中煤矸石与土壤的质量比主要影响高羊茅地下部分的生物量。

煤矸石基质中添加保水剂能够吸附基质中的养分离离子并缓慢释放供植物生长利用。当基质中土壤比例较低时,添加保水剂能促使高羊茅将煤矸石基质中的 N、P、K 从植株地下部分向地上部分转移,供植株生长需要。基质中添加 1 g/kg 的保水剂时高羊茅对磷的吸收效果最好。此外,添加保水剂提高植物的水分利用效率,使叶片的 SPAD 值增加,进而影响植物的光合作用。

综合比较不同处理对高羊茅生长和营养吸收的影响,认为处理 6(煤矸石与土壤质量比为 750:250、基质中添加 2g 保水剂)与处理 8(煤矸石与土壤质量比为 500:500、基质中添加 1g 保水剂)是适合煤矸石废弃地上高羊茅生长的较好配比。

### References:

- [ 1 ] Zhang F C. Coal gangue and its comprehensive utilization. *China Environmental Protection Industry*, 2004, 10(1): 14-15.
- [ 2 ] Hu Z Q. Coal gangue Mountain Reclamation. Beijing: Coal Industry Press, 2006.
- [ 3 ] Wei Z Y, Hu Z Q, Bai Z K. The loose-heaped-ground method of soil reconstruction on the stack piles of open-pit coal mine. *Journal of China Coal Society*, 2001, 26(1): 18-21.
- [ 4 ] Wang B, Zhao G D, Su T C, Li G, Bai X L. A Study on vegetation restoration technique in extreme difficult Sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(1): 151-154, 180-180.
- [ 5 ] Cheng G L, Chen Y C. The hazards of coal refuse piles and their ecological reconstruction. *Coal Geology and Exploration*, 2009, 37(4): 54-56.
- [ 6 ] Mu J, Li Z B, Li P, Hu L, Cheng S D. A study on vegetation restoration technology of abandoned dreg site of hydropower station in the dry-hot valley areas. *Journal of Basic Science and Engineering*, 2010, 18(2): 245-252.
- [ 7 ] Chen B Y, Guan N, Huang X R, Ge J P. Effects of super absorbent polymers on water eco-physiological characteristics of parthenocissus tricuspidata and populus langfangensis seedlings underwater stress. *Journal of Northeast Forestry University*, 2007, 35(4): 7-11.
- [ 8 ] Mu J, Li Z B, Li P, Yu G Q, Zhang X X. Applied effect of water retaining agent upon vegetation restoration of abandoned dreg site of hydropower station in the dry-hot valley areas. *Journal of Xi'an University of Technology*, 2009, 25(2): 151-155.
- [ 9 ] Zhuang W H, Wu P T, Feng H, Xu F L, Li B F, Ning R C. Effects of super absorbent polyer of sodium polyacrylate used in soil on the growth and yield of winter wheat. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008, 24(5): 37-41.
- [ 10 ] Feng Y Z, Yang P L, Zhong X C, Li P, Ma X W, Zhou B, Yang T. Study on the effects of multifunctional water absorbant on Xinhai 16 long-fibre cotton. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2007, 44(3): 322-325.
- [ 11 ] Yang Y H, Wu P T, Wu J C, Zhao X N, Huang Z B, He F. Response of photosynthetic parameters of winter wheat before and after Re-watering to different rates of water-retaining agent. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(7): 116-123.
- [ 12 ] Li Y, Wang B T. Influence of superabsorbent polymers on sandy soil physical properties and corn growth. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(1): 76-82.
- [ 13 ] Yue Z W, Wang B T, Wang H L, Yang H. Application of nutrient and super absorbent polymer compound and effect of fertilizer slow-release. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(8): 56-62.
- [ 14 ] Li Y G, Jiang G M. Ecological restoration of mining wasteland in both China and abroad: an over review. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 95-100.
- [ 15 ] Wang C M, Sun H, Chen J Z, Chen K M. Effects of absorbent polymers on soil moisture conservation for reforestation in dry valleys. *Chinese Journal of Applied Environmental Biology*, 2001, 7(3): 197-200.
- [ 16 ] Yu G J, Lin Q T, Ke Q M, Wu F R, Lin W X. Progress and prospects of tall fescue turfgrass. *Pratacultural Science*, 2005, 22(7): 77-82.
- [ 17 ] Minolta Camera Co. Ltd. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Japan: Osaka, 1989.
- [ 18 ] Bao S D. Soil and Agricultural Chemistry Analysis. 3rd ed. Beijing: China Agricultural Press, 2000: 14-38.
- [ 19 ] Zhuang W H, Feng H, Wu P T. Development of super absorbent polymer and its application in agriculture. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(6): 265-270.
- [ 20 ] Yun X F, Wu P T, Feng H. Role of polyacrylamide on soil structure and increasing yield. *Research of Soil and Water Conservation*, 2002, 9(2): 55-58.
- [ 21 ] Wang Z. Plant Physiology. Beijing: China Agriculture Press, 2010.
- [ 22 ] Dong Y, Guo S H, Zhan Y L. Polyacrylamide effects on soil amendments. *Polymer Bulletin*, 2004, (5): 83-87.

- [23] He X S, He Y S, Zou S W. Super absorbent polymers as controlled release carriers of nutrient in fertilizers. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2008, (4): 5-9.
- [24] Ma X Q, Liang X. Research advances in mechanism of high phosphorus use efficiency of plants. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(4): 712-716.
- [25] Long M J, Zhang H W, Xie F, Zeng F S. Studies on polymeric soil structure amendments II effect of polymeric soil amendments on the adsorption of fertilizer on soil. *Soils and Fertilizers*, 2000, (5): 13-18.
- [26] Shen F K, Wei Z, Wang L, Yin Y Q, Pan W L, Gu M H. Effects of plant growth regulator on absorption, circulation and contents of potassium in flue-cured tobacco. *Agricultural Science and Technology*, 2011, 12(12): 1877-1880.
- [27] He X S, Liao Z W, Huang P Z, Ge R S, Li H B, Zhao J H. Interactions of hydrogels with fertilizers and outlook on slow/controlled-release water-storing fertilizers research. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(4): 799-804.
- [28] Pinkard E A, Patel V, Mohammed C. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* using a non-destructive meter *Forest Ecology and Management*, 2006, 223(1): 211-217.
- [29] Yamamoto A, Nakamura T, Adu-Gyamfi J J, Saigusa, M. Relationship between chlorophyll content in leaves of sorghum and pigeon pea determined by extraction method and by chlorophyll meter (SPAD-502). *Journal of Plant Nutrition*, 2002, 25(10): 2295-2301.
- [30] Abdelhamid M, Horiuchi T, Oba S. Evaluation of the SPAD value in faba bean (*Vicia faba* L.) leaves in relation to different fertilizer applications. *Plant Production Science*, 2003, 6(3): 185-189.

#### 参考文献:

- [1] 张凤辰. 煤矸石及其综合利用. *中国环保产业*, 2004, 10(1): 14-15.
- [2] 胡振琪. 煤矸石山复垦. 北京: 煤炭工业出版社, 2006.
- [3] 魏忠义, 胡振琪, 白中科. 露天煤矿排土场平台“堆状地面”土壤重构方法. *煤炭学报*, 2001, 26(1): 18-21.
- [4] 王兵, 赵广东, 苏铁成, 李刚, 白秀兰. 极端困难立地植被综合恢复技术研究. *水土保持学报*, 2006, 20(1): 151-154, 180-180.
- [5] 程功林, 陈永春. 煤矸石山的危害及植被生态重建途径探讨. *煤田地质与勘探*, 2009, 37(4): 54-56.
- [6] 穆军, 李占斌, 李鹏, 胡琳, 程圣东. 干热河谷水电站弃渣场植被恢复技术研究. *应用基础与工程科学学报*, 2010, 18(2): 245-252.
- [7] 陈宝玉, 关楠, 黄选瑞, 葛剑平. 水分胁迫下保水剂对爬山虎和廊坊杨苗木水分生理生态特性的影响. *东北林业大学学报*, 2007, 35(4): 7-11.
- [8] 穆军, 李占斌, 李鹏, 于国强, 张晓霞. 保水剂在干热河谷水电站弃渣场植被恢复中的应用效果研究. *西安理工大学学报*, 2009, 25(2): 151-155.
- [9] 庄文化, 吴普特, 冯浩, 徐福利, 李百凤, 宁荣昌. 土壤中施用聚丙烯酸钠保水剂对冬小麦生长及产量影响. *农业工程学报*, 2008, 24(5): 37-41.
- [10] 冯耀祖, 杨培林, 钟新才, 李磐, 马兴旺, 周勃, 杨涛. 多功能保水剂在新海 16 号上的施用效果研究. *新疆农业科学*, 2007, 44(3): 322-325.
- [11] 杨永辉, 吴普特, 武继承, 赵西宁, 黄占斌, 何方. 复水前后冬小麦光合生理特征对保水剂用量的响应. *农业机械学报*, 2011, 42(7): 116-123.
- [12] 李杨, 王百田. 高吸水性树脂对沙质土壤物理性质和玉米生长的影响. *农业机械学报*, 2012, 43(1): 76-82.
- [13] 岳征文, 王百田, 王红柳, 杨浩. 复合营养长效保肥保水剂应用及其缓释节肥效果. *农业工程学报*, 2011, 27(8): 56-62.
- [14] 李永庚, 蒋高明. 矿山废弃地生态重建研究进展. *生态学报*, 2004, 24(1): 95-100.
- [15] 王春明, 孙辉, 陈建中, 陈克明. 保水剂在干旱河谷造林中的应用研究. *应用与环境生物学报*, 2001, 7(3): 197-200.
- [16] 余高镜, 林奇田, 柯庆明, 吴福荣, 林文雄. 草坪型高羊茅的研究进展与展望. *草业科学*, 2005, 22(7): 77-82.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版). 北京: 中国农业出版社, 2000: 14-38.
- [18] 庄文化, 冯浩, 吴普特. 高分子保水剂农业应用研究进展. *农业工程学报*, 2007, 23(6): 265-270.
- [19] 员学锋, 吴普特, 冯浩. 聚丙烯酰胺(PAM)的改土及增产效应. *水土保持研究*, 2002, 9(2): 55-58.
- [20] 王忠. 植物生理学. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [21] 董英, 郭绍辉, 詹亚力. 聚丙烯酰胺的土壤改良效应. *高分子通报*, 2004, (5): 83-87.
- [22] 何绪生, 何养生, 邹绍文. 保水剂作为肥料养分缓释载体的应用. *中国土壤与肥料*, 2008, (4): 5-9.
- [23] 马祥庆, 梁霞. 植物高效利用磷机制的研究进展. *应用生态学报*, 2004, 15(4): 712-716.
- [24] 龙明杰, 张宏伟, 谢芳, 曾繁森. 高聚物土壤结构改良剂的研究 II 高聚物对土壤肥料的作用. *土壤肥料*, 2000, (5): 13-18.
- [25] 何绪生, 廖宗文, 黄培钊, 葛仁山, 李洪波, 赵建华. 保水剂与肥料互作及保水缓/控释肥料研究展望. *土壤通报*, 2006, 37(4): 799-804.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33 ,No. 16 Aug. ,2013( Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Advances in theoretical issues of species distribution models ..... LI Guoqing, LIU Changcheng, LIU Yuguo, et al (4827)
- A review on rare earth elements in farmland ecosystem ..... JIN Shulan, HUANG Yizong (4836)
- A review on the mechanism of attachment and metamorphosis in barnacle cyprids ... RAO Xiaozhen, LIN Gang, XU Youqin (4846)
- Decision making in group living animals ..... WANG Chengliang, WANG Xiaowei, QI Xiaoguang, et al (4857)

**Autecology & Fundamentals**

- Influence of monsoon's advancing, retreating and conversion on migrations of *Nilaparvata lugens* (Stål) in China .....  
..... BAO Yunxuan, HUANG Jinying, XIE Xiaojin, et al (4864)
- Prey selection and feeding rate of sea stars *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* on three bivalves .....  
..... QI Zhanhui, WANG Jun, MAO Yuze, et al (4878)
- Habitat selection of Whooper Swan at Bayanbulak in Xinjiang of China ..... DONG Chao, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (4885)
- The genetic structure of endemic plant *Pteroceltis tatarinowii* by ISSR markers .....  
..... LI Xiaohong, ZHANG Hui, WANG Deyuan, et al (4892)
- Genetic analysis of salt tolerance of F<sub>1</sub> progenies between chrysanthemum and the intergeneric hybrid of chrysanthemum and  
crossostephium ..... XU Lili, CHEN Fadi, CHEN Sumei, et al (4902)
- Indicative effect of the anatomical structure of plant photosynthetic organ on WUE in desert region .....  
..... ZHANG Haina, SU Peixi, LI Shanjia, et al (4909)
- Effects of water on photosynthesis in different age of tomato leaves ..... CHEN Kaili, LI Jianming, HE Huiqiang, et al (4919)
- Photosynthesis-nitrogen relationship in evergreen and deciduous tree species at different altitudes on Mao'er Mountain, Guangxi .....  
..... BAI Kundong, JIANG Debing, WAN Xianchong (4930)
- Effect of fertilization on the dynamic of soil N<sub>2</sub>O fluxes in Chinese chestnut stands .....  
..... ZHANG Jiaojiao, LI Yongfu, JIANG Peikun, et al (4939)
- Effects of long-term fertilization on aggregate dynamics and organic carbon and total nitrogen contents in a reddish paddy soil .....  
..... LIU Xiyu, WANG Zhongqiang, ZHANG Xinyu, et al (4949)

**Population, Community and Ecosystem**

- Carbon storage of natural wetland ecosystem in Daxing'anling of China ..... MU Changcheng, WANG Biao, LU Huicui, et al (4956)
- Monitoring the riparian vegetation cover after the Wenchuan earthquake along the Minjiang River valley based on multi-temporal  
Landsat TM images; a case study of the Yingxiu-Wenchuan section ..... XU Jiceng, TANG Bin, LU Tao (4966)
- A dynamic analysis of spatial distribution pattern of *Larix gmelinii* natural forest in Pangu farm under varying intensity of fire  
disturbance ..... NI Baolong, LIU Zhaogang (4975)
- Structure of macrozoobenthos in lakes along the Yangtze River and relationships with environmental characteristics .....  
..... CAI Yongjiu, JIANG Jiahu, ZHANG Lu, et al (4985)
- The research on the age structure and sex ratio of *Niviventer confucianus* in Thousand Island Lake .....  
..... ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (5000)
- Mathematical model of insect Logistic increasing and economic threshold based on sex pheromone trap .....  
..... ZHAO Zhiguo, RONG Erhua, ZHAO Zhihong, et al (5008)
- Community composition and phototaxis of insects in tea plantations in Southern Jiangshu Province during late fall .....  
..... ZHENG Yingcha, NIU Yuqun, CUI Guiling, et al (5017)
- Effect of agricultural land use types on soil mite communities in north China .....  
..... HAN Xuemei, LI Dandan, LIANG Zian, et al (5026)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Exploring the space syntax under negative planning; a case study of landscape connectivity based on the behaviors of avian edge  
species ..... YANG Tianxiang, ZHANG Weiqian, FAN Zhengqiu, et al (5035)
- Temporal-spatial variation of heterotrophic respiration in alpine area of southwestern China .....  
..... ZHANG Yuandong, PANG Rui, GU Fengxue, et al (5047)

- Variability of soil organic matter and its main factors in Jiangsu Province ..... ZHAO Mingsong, ZHANG Ganlin, LI Decheng, et al (5058)
- Spatial distribution and change of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China on the basis of vegetation inventory data ..... ZHANG Mingyang, LUO Weijian, LIU Huiyu, et al (5067)
- Resource and Industrial Ecology**
- Urban metabolism process based on emergy synthesis; a case study of Beijing ..... LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin (5078)
- Evaluation on cultivated land ecological security based on the PSR model and matter element analysis ..... ZHANG Rui, ZHENG Huawei, LIU Youzhao (5090)
- The effect of super absorbent polymer on the growth and nutrition absorption of *Festuca arundinacea* L. on an improved gangue matrix ..... ZHAO Zhifeng, WANG Dongmei, ZHAO Tingning (5101)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- The effect of distance on the ecological conservation value; a case study of Sanjiang Plain Wetland ..... AO Changlin, CHEN Jinting, JIAO Yang, et al (5109)
- Research Notes**
- Scaling effect on spatial variation of soil organic carbon in mountainous areas of Guangdong Province ..... JIANG Chun, WU Zhifeng, QIAN Lexiang, et al (5118)
- The changes of hair length and pelage thermal insulation in captive female squirrel, *Sciurus vulgarize manchuricus*, during autumn molting period ..... JING Pu, ZHANG Wei, HUA Yan, et al (5126)

# 《生态学报》2013 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,300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 王克林 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16期 (2013年8月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 16 (August, 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

主编 王如松  
主管 中国科学技术协会  
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

出版 科学出版社  
地址:北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

印刷 北京北林印刷厂  
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@espg.net

订购 全国各地邮局  
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

广告经营 京海工商广字第8013号  
许可证

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

Editor-in-chief WANG Rusong  
Supervised by China Association for Science and Technology  
Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China  
Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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