

文章编号: 1000-5692(2004)04-0404-04

# 保水剂对土壤养分的保蓄作用

马焕成, 罗质斌, 陈义群, 林文杰

(西南林学院 生态工程研究所, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 保水剂是一种具有超高吸水保水能力的高分子化合物颗粒剂, 它吸收自身质量的数百倍至上千倍的纯水。由于保水剂在雨季能够吸收水分, 并将水分保持于土壤中, 待到旱季来临, 又能够将吸持的水分缓慢释放给植物利用, 从而帮助植物渡过干旱期, 提高造林成活率。通过野外试验和温室试验发现, 保水剂使北美红杉 *Sequoia sempervirens* 和川滇桤木 *Alnus ferdinandi* var. *coburgii* 的氮流失量减少 23.8%~65.2%, 钾流失量减少 19.8%~86.2%。当养分施加量一定时, 养分的流失量随保水剂施加量的增加而减少。田间试验表明, 森林土壤中施加保水剂后, 显著提高了土壤中养分(氮磷钾)的量, 使土壤碱解氮的量提高 133.1%~295.8%, 有效磷提高 10.4%~43.2%, 速效钾提高 124.2%~220.3%。可以认为, 保水剂不仅可以改善土壤水分状况, 而且可以通过减少养分淋失改善土壤养分状况。表 2 参 11

**关键词:** 保水剂; 土壤养分; 保蓄; 田间试验

**中图分类号:** S714.7      **文献标识码:** A

保水剂是利用强吸水性树脂制成的一种具有超高吸水保水能力的高分子化合物颗粒剂。这类物质含有大量结构特异的强吸水基团, 它吸收自身重量的数百倍至上千倍的纯水<sup>[1]</sup>。保水剂在雨季能够吸收水分, 并将水分保持于土壤中, 待到旱季来临, 又能够将吸持的水分缓慢释放给植物利用, 从而帮助植物渡过干旱期, 提高造林的成活率<sup>[2]</sup>。保水剂在林业上的应用主要考虑水分平衡问题, 保水剂的强保水性能已经得到许多关注和报道<sup>[3,4]</sup>。相对而言, 关于保水剂对养分的吸持作用研究较少<sup>[5]</sup>。本文将主要针对丙烯酰胺型保水剂对养分的保蓄作用进行初步分析。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

本实验(试)所用的保水剂由德国 Stockhausen 公司提供, 其产品型号为 STOCKOSORB400K。

### 1.2 室内试验设计

本研究的实验地点设在西南林学院校园塑料大棚温室内, 所用树种为北美红杉 *Sequoia sempervirens* 和川滇桤木 *Alnus ferdinandi* var. *coburgii*。川滇桤木每盒施以 0 g, 20 g, 40 g, 60 g 和 80 g 的保水剂; 北美红杉每盒施以 0 g, 20 g 的保水剂。每个树种每个处理水平种植 5 株, 共 35 株。

---

收稿日期: 2004-04-06; 修回日期: 2004-06-15

基金项目: 中国德国合作项目; 云南省昆明市科学技术局资助项目(200201007)

作者简介: 马焕成(1962—), 男, 湖南武冈人, 教授, 博士, 博士生导师 从事以干热河谷为代表的困难地段造林和植被恢复研究。E-mail: hmna@public.km.yn.cn

将保水剂拌入花盆内的石英砂 15 kg (40 目, 先用蒸馏水冲洗 2 遍) 中, 然后浇灌足够的蒸馏水, 以使保水剂充分吸水。在 2001 年 4 月底, 选用长势和苗高一致 (苗高 30 cm, 地径 1 cm) 的 1 年生北美红杉和川滇桤木营养袋苗, 分别移栽至花盆内。栽植时注意将营养袋拆除并小心除去苗木根部土壤, 用蒸馏水冲洗苗木 3 次。这些盆栽苗木每盆 3 d 浇蒸馏水 100 mL, 定期浇灌 Hoagland 营养液<sup>[6]</sup>。浇灌时营养液浓度以原液为准, 不需稀释, 培养 5 个月。

在实验开始和结束时分别测定土壤和植株养分 (氮和钾的量) 及养分流失量 (氮和钾)。植株全氮用铬粒-重铬酸钾-硫酸消化-蒸馏滴定法<sup>[7]</sup>; 植株全钾用  $H_2SO_4-H_2O_2$  消煮, 火焰光度法。土壤全氮用蒸馏水浸提 (液土比为 1:5), 酚二磺比色法; 土壤全钾用蒸馏水浸提 (液土比为 1:5), 火焰光度法测定<sup>[8]</sup>。流失的养分 (氮和钾), 利用养分平衡方程计算: 施入花盆中的养分 (氮和钾) = 植株吸收的养分 (氮和钾) + 土壤中保存的养分 (氮和钾) + 流失的养分 (氮和钾)。

### 1.3 田间试验设计

试验区位于植被恢复困难的易门县铜厂乡。试验地为阳坡, 海拔 1 590~1 650 m, 坡度为 15°。土壤为山原红壤, 表层土壤有机质质量分数低于  $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 土壤 pH 值 5.6, 养分贫乏, 土壤质地为中壤土。该试验区的气候属亚热带类型, 年均温 15.9 °C, 年降水量 800~900 mm, 年蒸发量 1 900 mm。

试验所用树种为银荆 *Acacia dealbata*。处理水平有 3 个, 在每个造林穴中分别加入 0, 40 和 80 g 的保水剂。选用长势和苗高一致的苗木 (苗高 30 cm, 地径 1 cm), 在雨季来临时进行造林。在每个造林穴中按处理水平加入保水剂和普钙 0.5 kg 与复合肥 0.2 kg。将保水剂与 15 kg 土壤和肥料拌匀, 并一同与造林穴中的土壤拌匀, 尽量让保水剂和肥料保持在苗木的根部。每个处理水平各种植 10 株, 共 30 株。

试验开始前在每块样地上按梅花点取样方式, 在 5 个点取 20~50 cm 土层的土壤样品, 对每个点的土样进行室内分析, 最后将得到的 5 个点的值进行平均得到样地的本底数据。

造林后, 经过雨季的淋溶作用, 在旱季开始时取 20~50 cm 土层土壤样品, 用碱解扩散法测定土壤中碱解氮, 用  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} NaHCO_3$  法测定土壤中有效磷, 用  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} NH_4OAc$  浸提, 火焰光度法<sup>[8]</sup>测定土壤中速效钾。

### 1.4 数据分析

所有数据均采用 SPSS 的方差分析 (ANOVA) 程序进行分析。用 LSD (least significant difference test,  $\alpha = 0.05$ ) 检验进行显著性分析。

## 2 结果与分析

对北美红杉来说 (表 1), 对照每盒流失氮量达 360.34 mg, 占总氮量的 89.1%, 而每盒施加保水剂 20 g, 其流失的氮量为 264.14 mg, 占总氮量的 65.3%, 流失氮量比对照减少 23.8%。对照流失钾量占总钾量的 93.1%, 而每盒施加保水剂 20 g 的北美红杉钾流失量占总钾量的 71.0%, 比对照减少 22.1%。

表 1 温室试验中保水剂对 2 种树种养分流失量的影响

Table 1 The impact of hydrogel on the loss of nutrients in green house experiments

树种	每盒保水剂/g	氮流失情况			钾流失情况		
		每盒氮流失/mg	标准差	氮流失/%	每盒钾流失/mg	标准差	钾流失/%
北美红杉	0	360.34	5.133 3	89.1	421.74	1.275 3	93.1
	20	264.14*	6.107 5	65.3	321.70*	3.882 6	71.0
	0	309.98	4.673 7	85.5	373.97	1.386 7	92.2
	20	200.04*	1.845 4	55.2	293.99	0.991 2	72.4
川滇桤木	40	138.28*	5.637 3	38.2	179.05*	2.265 8	44.1
	60	108.79	7.206 5	30.0	66.78*	5.282 9	16.5
	80	86.64	4.397 0	23.9	24.17	7.856 2	6.0

说明: \*表示保水剂处理与对照间的差异显著。

?1994-2014 China Academic Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

对川滇桤木来说(表1),对照每盒流失氮为309.98 mg,占总氮量的85.5%,而每盒施加保水剂20 g,其流失的氮量为200.04 mg,占总氮量的55.2%,流失氮量比对照减少30.3%。每盒对照流失的钾量为373.97 mg,占总钾量的92.2%,每盒施加保水剂20 g,其流失钾量为293.99 mg,占总钾量的72.4%,流失钾量比对照减少19.8%。而每盒施加保水剂80 g,其流失的氮量为86.64 mg,占总氮量的23.9%,流失氮量比对照减少65.2%;每盒流失的钾量为24.17 mg,占总钾量的6.0%,流失钾量比对照减少86.2%。显著性分析表明,与对照相比,每盒施加保水剂20 g的北美红杉的氮和钾流失量显著减少。施加保水剂各处理水平的川滇桤木的氮和钾流失量与对照间的差异均达显著水平;同时各保水剂处理水平的川滇桤木的氮和钾流失量间的差异均达到显著水平。

对森林土壤碱解氮来说(表2),对照的碱解氮质量分数为51.88  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,每穴施加保水剂40 g的碱解氮质量分数为120.94  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比对照提高了133.1%;每穴施加保水剂80 g的碱解氮质量分数为205.36  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比对照提高了295.8%。对土壤有效磷来说,对照的有效磷质量分数为459.60  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,每穴施加保水剂40 g的有效磷质量分数为507.60  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比对照提高了10.4%;每穴施加保水剂80 g的有效磷质量分数为658.2  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比对照提高了43.2%。对土壤速效钾来说,对照的速效钾质量分数为113.50  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,每穴施加保水剂40 g的速效钾质量分数为254.43  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比对照提高了124.2%;每穴施加保水剂80 g的速效钾分数为363.53  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比对照提高了220.3%。与每穴施加保水剂40 g相比,每穴施加保水剂80 g的森林土壤碱解氮提高了69.8%,有效磷提高了29.7%,速效钾提高了42.9%。

表2 保水剂对森林土壤养分含量的影响分析

Table 2 The impact of hydrogel on the loss of nutrients in forest soil

每穴保水剂/g	土壤碱解氮		土壤有效磷		土壤速效钾	
	平均值/ $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	标准差	平均值/ $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	标准差	平均值/ $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	标准差
0	51.88	1.780 1	459.60	2.328 4	113.50	5.509 2
40	120.94 **	0.798 0	507.60 **	3.790 4	254.43 **	2.436 9
80	205.36 **	1.393 4	658.27 **	2.550 6	363.53 **	2.860 3

说明: \*\*表示保水剂处理与对照间的差异极显著

SPSS统计分析表明,与对照相比,每穴施加保水剂40 g显著提高了土壤养分氮磷钾的量,每穴施加保水剂80 g亦如此。与每穴施加保水剂40 g相比,每穴施加保水剂80 g亦显著提高了土壤养分氮磷钾的量。温室试验表明,对土壤养分氮磷钾的量而言,保水剂的各处理水平间差异显著。田间试验表明,对土壤养分氮磷钾量而言,保水剂的各处理水平间差异达到极显著水平。

由此可见,施加保水剂后,它对土壤养分氮磷钾有明显的保蓄作用,保水剂对土壤中养分的保蓄作用随保水剂用量的增加而增强。施加保水剂可显著提高森林土壤中碱解氮有效磷和速效钾的量。

### 3 讨论

在室内实验中,我们所用的保水剂产品对  $\text{K}^+$  和  $\text{NO}_3^-$  都有较强的吸附作用,从而降低了其流失量,并且在一定的范围内随着保水剂用量的增加,养分流失量减少。这与肖厚军、刘友云等<sup>[9]</sup>的研究结果相似<sup>[9]</sup>。国内外实践证明,保水剂可协调水肥耦合环境,提高氮、钾肥利用率,拌土施加保水剂可节肥30%<sup>[10,11]</sup>。

在所进行的研究中发现随保水剂用量的增加,植株的平均高、地径和叶片数均有所提高<sup>[2]</sup>。这也就是说,保水剂对养分的保蓄作用是有效的。一方面,在土壤中的养分较充分时,它吸附养分,起保蓄作用。另一方面,当植物生长需要土壤供给养分时,保水剂将其吸附的养分通过交换作用供给植物。由此可以看出,通过施用土壤保水剂,使土壤中养分的供给与植物对养分的需求更加同步。

综上所述,可以认为保水剂不仅可以改善土壤水分状况,而且可以通过减少养分淋失改善土壤养分状况。

## 参考文献:

- [1] Janardan S, Singh J. Effect of stockosorb polymers ad potassium levels on potato and onion [J]. *J Potassium Res*, 1998, 4 (1): 78—82.
- [2] 马焕成, Nelles S E. 保水剂在干热河谷植被恢复中的应用研究 [M]. 昆明: 云南科学技术出版社, 2004.
- [3] 崔凤萍, 李晋军, 刘志玲. 抗旱保水剂在农林生产中的应用 [J]. 山西水土保持科技, 2000, 4 (1): 35—37.
- [4] 梁俊, 陈萍, 郭鹏, 等. 土壤保水剂对旱地果树生长特性的研究 [J]. 西北农业学报, 2000, 9 (3): 79—82.
- [5] 李长荣, 邢玉芬, 朱健康, 等. 高吸水性树脂与肥料相互作用的研究 [J]. 北京农业大学学报, 1989, 15 (2): 187—191.
- [6] 潘瑞炽, 董惠得. 植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1983.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [8] 南京农业大学. 土壤农化分析 [M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [9] 肖厚军, 刘友云, 徐大地. 坡地黄壤施用保水剂的效果研究 [J]. 耕作与栽培, 2000, (1): 51—52.
- [10] 蔡典雄, 赵兴宝. 浅谈保水剂在南方果树区的应用及前景 [J]. 中国南方果树, 2000, 29 (2): 50.
- [11] 陈学仁. 保水剂在农村水利领域开发和应用的探索 [J]. 中国农村水利水电, 2000, (6): 19—24.

## Hydrogel's role in retention of nutrients in soil

MA Huan-cheng, LUO Zhi-bin, CHEN Yi-qun, LIN Wen-jie

(Institute of Ecological Engineering, Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China)

**Abstract:** The hydrogel is a super absorbent macromolecule compound that can absorb pure water up to hundred or thousand times of its dead weight. Since the hydrogel can absorb water in the rainy season and slowly release water for plant use in dry season, it can help plants to survive under dry condition and increase the survival rate of afforestation. So far, most studies of hydrogel are on the properties of water retention, there are few reports on its nutrients retention properties. Data in the field trials and greenhouse experiments showed the hydrogel could significantly decrease the loss of nitrogen and potassium. The loss of nitrogen of *Sequoia sempervirens* and *Alnus ferdinandi* var. *coburgii* decreased by 23.8%—65.2% and that of potassium decreased by 19.8%—86.2% compared to the controlled group. When the added nutrients were kept in a fixed quantity, the loss of nutrients decreased with the increase of hydrogel. The field trials showed the hydrogel application increased the contents of potential nitrogen by 133.1%—295.8%, phosphorus by 10.4%—43.2% and potassium by 124.2%—220.3% in the forest soil. Thus, we can conclude that application of hydrogel improves not only the soil moisture condition but also the nutrients status through decreased nutrient leaching. [Ch, 2 tab. 11 ref.]

**Key words:** hydrogel; soil nutrients; retention; field test