复合缓释保水保肥材料对苗木生长的影响

曹远博[1]，王百田[1]，魏婷婷[2]，王瑞君[1]，陈志豪[1]

〔1. 北京林业大学 水土保持学院，北京 100083；2. 中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院，北京 100083〕

摘　要：[目的] 分析复合缓释保水保肥材料对苗木生长的影响，探索适宜苗木生长的复合材料。[方法] (1) 选用 4 个实验组和 1 个对照组的皂角树进行盆栽试验，对苗木的生长和生理指标进行测量分析。[结果] (1) 复合缓释保水保肥材料能够显著提高苗木的地径，增加叶片数量和叶面积，增大新梢长度，增加苗木生物量；(2) 能够显著提高苗木的叶水势以增强水分利用率，提高苗木对肥料的利用效率，维持苗木的叶片叶绿素含量(SPAD)长期处于较高的数值。[结论] 复合缓释保水保肥材料能够显著促进苗木生长。

关键词：保水保肥材料；盆栽；生长指标；差异性

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2015)03-0068-05　　**中图分类号**：S143.5，S147.5

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.018

Effects of Nutrient and Super Absorbent Polymer Compound on Seedling Growth

CAO Yuanbo[1], WANG Baitian[1], WEI Tingting[2], WANG Ruijun[1], CHEN Zhihao[1]

〔1. *College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*; 2. *College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing* 100083, *China*〕

Abstract: [Objective] This paper aimed to understand the effects of a slow release fertilizer that was mainly made of super water and nutrients absorbent polymer compound on seeding growth, in order to find the suitable polymer compound for seedling growth. [Methods] An experiment with four treatments and one control of potted Honey locust tree experiment was carried out. The seedling growth and its physiological indexes were measured and analyzed. [Results] (1) The nutrient and super absorbent polymer compound significantly improved the ground diameter of seedlings, and also the leaf number, leaf area, the length of new tip shoot and the biomass of seedlings were also increased; (2) The compound significantly improved the leaf water potential which may potentially increase the water use efficiency and the nutrient use efficiency. Both may help to maintain a long period of higher seedling leaf chlorophyll content(SPAD) value. [Conclusion] The nutrient and super absorbent polymer compound can significantly promote seedling growth.

Keywords: nutrient and super absorbent polymer compound; bonsai; growth indexes; variation

土地的干旱贫瘠[1]严重制约着造林成活率和林木生长发育，人工造林与植被恢复技术是诸多学者一直深入研究的重要问题。近年保水剂在造林技术中的应用研究成为研究热点[2-4]，特别是以保水剂为基础的多功能复合材料开发[5-7]。在干旱缺水地区，在幼苗期和苗木生长最旺盛期使用适量的保水剂材料能够改善造林立地条件，为苗木抵御短期干旱或缓和干旱胁迫程度提供帮助，以达到提高造林苗木成活率、增强苗木抗逆能力的目的。新型节水材料保水剂与传统的滴管喷灌和地膜等造林措施相比更加清洁[8-9]，但纯施用保水剂不能最大程度的发挥水肥效果[10-11]。如果将保水剂与多种促进植物生长的物质混合形成复合材料，可以达到水肥协调、促进植物生长的效果[12-13]，从而提高使用保水剂的经济效益。为研究复合缓释保水保肥材料对苗木生长的效用，本文采用盆栽控水的方法对皂角树在不同复合材料处理下的生长指标进行分析，以探索适宜其生长的复合材料。

1　研究地概况

试验在北京市西山鹫峰国家森林公园的北京林业大学试验基地进行，试验地区属暖温带大陆性季风气候，冬寒夏热，春季多风，平均风速 4.1 m/s，年平

收稿日期：2014-04-01　　修回日期：2014-04-03

资助项目：中国科学院战略先导专项“暖温带落叶阔叶混交林区域山西中部森林固碳现状、速率和潜力研究”(XDAO5050203-04-01)

第一作者：曹远博(1986—)，男(汉族)，新疆自治区昌吉州人，博士研究生，研究方向为水土保持。E-mail:411653109@qq.com。

通信作者：王百田(1958—)，男(汉族)，陕西省富平县人，教授，博士生导师，主要从事水土保持、生态环境工程，林业生态工程教学和科研工作。E-mail:wbaitian@bjfu.edu.cn。

均温度 12.2 ℃，极端最高温 41.6 ℃，极端最低温 −20 ℃；年均降水量 630 mm，降水多集中在 7—8 月占全年降水量的 70%以上，春季降水占全年的 10%左右。春季蒸发量很大，其中 5 月份最高，达 259 mm。植物生长期为 220 d，无霜期 180 d，晚霜在 4 月上旬，早霜在 9 月上旬[14]。

2　试验材料与研究方法

2.1　样品的采集和处理

2.1.1　试验材料　供试苗木选择生长状况良好的 1 年生皂角树(*Gleditsia sinensis*)为了减少试验误差，尽量挑选生长情况一致的苗木。保水剂产自北京汉力淼新技术有限公司，主要成分为聚丙烯酸盐和聚丙烯酰胺共聚体，白色小颗粒(2～3 mm)，吸水倍率为 250，70 min 左右可以达到吸水饱和，在土壤中使用寿命可长达 3～5 a。聚天门冬氨酸产自洛阳采润环保材料有限公司。淡黄色固体颗粒，pH 值 6～8，分子量 5 000～10 000。水溶性仿生聚合物，在农业上作为植物养分吸收促进剂，可有效地促进植物对营养元素的吸收。无机复合肥购于北安河西口植物医院，以尿素、磷铵、硫酸钾为主要组成，尿素〔$(NH_2)_2CO$，含 N46.65%〕，氯化钾(KCl，含 K52.35%)，磷酸铵〔$(NH_4)_3PO_4 \cdot 3H_2O$，含 P19.19%，含 N20.67%〕。硝酸稀土为浅粉色的粉末，极易吸湿潮解，易溶于水，溶于乙醇。3-吲哚丁酸(IBA)购于北京市旭东化工厂，白色结晶固体，易溶于乙醇等有机溶剂，难溶于水，能促进植物主根的发育[15-17]。a-萘乙酸(NAA)购于北京市海淀区微生物培养基制品厂，白色结晶固体，易溶于乙醇等有机溶剂，难溶于水，能促进扦插枝条生根[18-19]。栽培基质是在鹫峰林场就近取土和沙，按 2∶1 的比例混合而成，将保水剂、聚天门冬氨酸、硝酸稀土、复合肥按不同比例均匀混于土壤中(掺入保水剂、聚天门冬氨酸、硝酸稀土、复合肥之前的土称为原土，原土的化学性质详见表 1)。

表 1　试验用原土的化学性质

全氮/%	全磷/%	全钾/%	有机质/%	pH 值	速效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})	碱解氮/(10^{-2} mg·g^{-1})
0.139	0.151	0.601	0.112	7.52	15.790	165.620	29.010

2.1.2　试验方法　试验时间为 2011 年 4—11 月，盆栽前根据设计用不同浓度的 3-吲哚丁酸(IBA)和 a-萘乙酸(NAA)溶液对苗木蘸根处理(表 2)，浸泡半小时后将苗木盆栽。先在盆中装 1/3 的土，把不同类型的复合材料撒入花盆并与土搅拌均匀，然后将苗木栽入盆中，栽完后充分浇水，之后不再浇水。

表 2　盆栽试验设计

处理	植物	重复/盆	株/盆	复合材料	复合材料用量/g	蘸根处理
1	皂角树	5	1	A_1	10	25＋50 mg/L(IBA＋NAA)
2	皂角树	5	1	A_2	10	25＋50 mg/L(IBA＋NAA)
3	皂角树	5	1	A_3	10	25＋50 mg/L(IBA＋NAA)
4	皂角树	5	1	A_4	10	25＋50 mg/L(IBA＋NAA)
CK	皂角树	5	1	0	0	25＋50 mg/L(IBA＋NAA)

注：A_1 为保水剂＋聚天门冬氨酸＋硝酸稀土＋复合肥(质量比 5∶5∶1∶5)；A_2 为保水剂＋聚天门冬氨酸＋硝酸稀土＋复合肥(质量比 8∶3∶1.5∶5)；A_3 为保水剂＋聚天门冬氨酸＋硝酸稀土＋复合肥(质量比 10∶1∶2∶5)；A_4 为保水剂。IBA 为 3-吲哚丁酸，NAA 为 a-萘乙酸。

2.2　数据处理

2.2.1　数据采集　地径使用电子游标卡尺对苗木地径进行南北方向、东西方向进行两次测量取平均值；新梢长度采用钢卷尺在苗木自然伸展情况下测量新梢长度；叶面积采用 LI3100A 叶面积仪(精度为 0.01 cm^2)对同一株植物的上中下 3 层叶片分别进行测量，同时要兼顾阴阳面的选取；叶片数按从上向下依次查数；四个生长指标的观测时间在同一天内，每月观测一次[20]。叶水势采用 Wescor 公司的 Psypro 露点水势仪，于 8 月 9 日进行叶水势观测，观测时间 8:00—18:00，每 2 h 观测 1 次。叶绿素采用 SPAD-502 叶绿素仪进行测定。试验中使用叶片的 SPAD 值来代替叶片叶绿素的含量。

2.2.2　数据处理　数据分析和作图应用 SPSS 19.0，Excel，Origin 8.0 软件，统计方法为单因素方差分析和 LSD 多重比较。

3　结果与分析

3.1　复合材料对苗木的生长指标影响差异性分析

地径是衡量苗木生长状况的重要指标。由图 1

知，在一个生长周期，地径增长的速度在月间存在显著差异，其中以处理 1 和 2 处理在 7—8 月间的增长速度最快，增长率分别为 28%和 29%。一个生长周期后，各处理的地径大小存在显著性差异，大小顺序为：2＞1＞4＞3＞CK，且 2，1，4，3 的地径分别是 CK 的 1.28，1.25，1.15，1.09 倍。

叶是植物光合作用的主要器官。叶片的数量一定程度上决定着植物物质累积量（图 1），叶片数表现为单峰增长，峰值出现在 8 月，最大值为处理 2 的 190 个，在生长周期中各处理的叶片数存在显著性差异，大小顺序依次为：2＞1＞4＞3＞CK，且分别是 CK 的 1.96，1.65，1.44，1.08 倍。处理组与对照组的叶片数在上中下 3 层也存在显著差异性，处理组的叶片多集中于上层和中层，层间存在显著的差异性，对照组的叶片数在上中下 3 层分布较为均匀；处理 2 与 CK 相对应层的叶片数差异性最为显著（表 3）。叶面积的大小影响着植物的光合效率，5 个处理的叶面积在 5—8 月快速增加，8 月后的增长速度显著下降，一个生长周期后，处理间叶面积存在显著性差异，大小顺序依次为：3＞2＞4＞1＞CK，且叶面积分别是 CK 的 1.85，1.73，1.46，1.42 倍。在一定的范围内，苗木的生物量随叶面积指数（$LAI=S_{总}/K_{冠面}$）的增大而提高。单株苗木的叶面积由叶片数量和单叶面积共同决定。由表 4 可知，不同处理的单株叶面积指数随时间有先增后减的变化趋势，拐点在 8 月，且多数表现出显著差异性（$p<0.05$）。在一个生长周期内，处理 2 对苗木的生长影响最为显著，其单株叶面积指数远远大于其他处理，最大值为 8 月的 4.34，是 CK 的 2.06 倍；处理 1，3，4 单株叶面积指数也高于 CK，特别是 7—10 月，各处理与 CK 存在显著性差异。

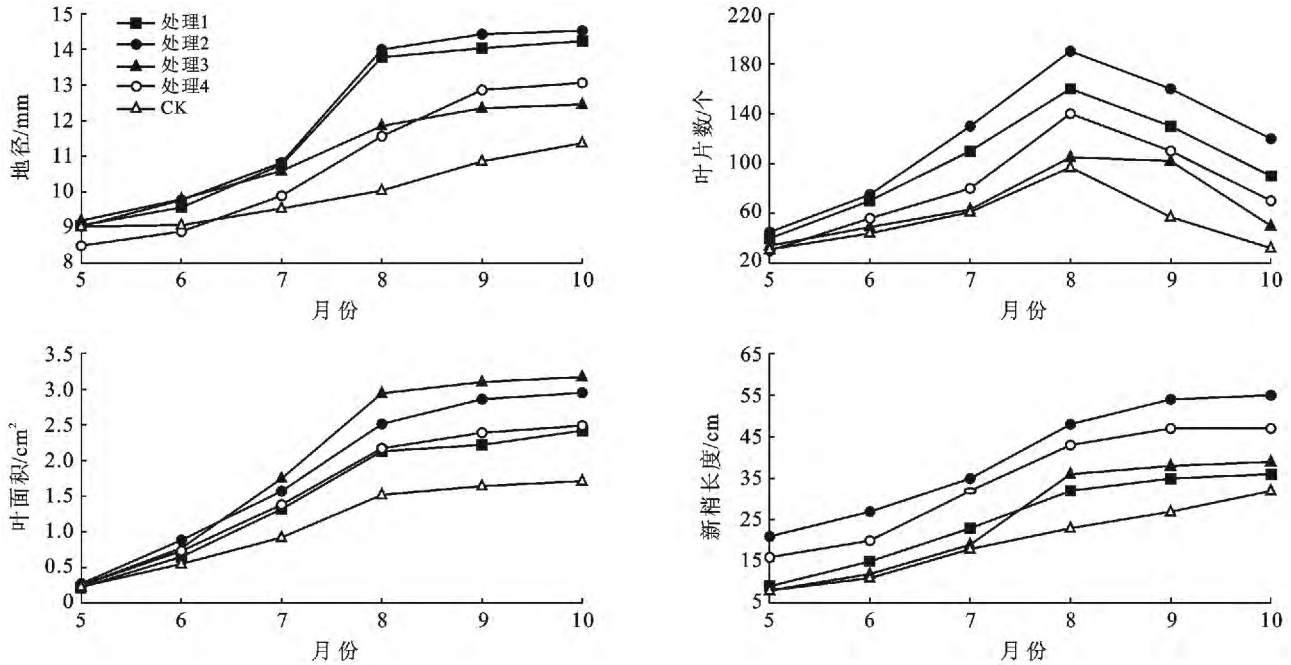


图 1 不同处理下苗木生长指标变化

表 3 处理 2 与 CK 各层叶片数差异性分析

月份	处理 2			CK		
	下层	中层	上层	下层	中层	上层
5 月	20.2 ± 0.1^{aA}	14.2 ± 0.2^{bA}	11.2 ± 0.3^{cA}	8.2 ± 0.2^{aB}	10.0 ± 0.1^{abA}	13.4 ± 0.1^{bA}
6 月	25.0 ± 0.1^{aA}	19.2 ± 0.3^{bA}	31.4 ± 04^{cA}	14.2 ± 0.1^{aB}	15.2 ± 0.2^{aB}	15.4 ± 0.2^{aB}
7 月	34.6 ± 0.3^{aA}	46.2 ± 0.2^{bA}	50.2 ± 0.5^{cA}	22.0 ± 0.1^{aB}	21.2 ± 0.3^{aB}	18.0 ± 0.1^{bB}
8 月	48.2 ± 0.4^{aA}	60.0 ± 0.7^{bA}	82.0 ± 0.6^{cA}	33.4 ± 0.5^{aB}	35.4 ± 0.4^{aB}	29.6 ± 0.5^{bB}
9 月	32.2 ± 0.1^{aA}	50.4 ± 0.2^{bA}	77.6 ± 03^{cA}	18.4 ± 0.2^{aB}	22.2 ± 0.1^{bB}	17.0 ± 0.2^{aB}
10 月	26.4 ± 0.6^{aA}	41.2 ± 0.1^{bA}	53.6 ± 0.2^{cA}	11.2 ± 0.1^{abB}	12.2 ± 0.0^{aB}	9.4 ± 0.1^{bB}

注：上标小写字母表示同一试验组不同层间的多重比较，上标大写字母表示不同试验组同层的多重比较（$p<0.05$），相同字母表示差异不显著，不同字母表示差异显著；表中数字是由平均值±标准差组成。下同。

表 4　不同处理单株叶面积指数随时间的变化

月份	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	CK
5	0.88±0.03^{a}	1.01±0.07^{b}	0.85±0.05^{a}	0.75±0.04^{c}	0.71±0.04^{c}
6	2.28±0.11^{a}	3.14±0.13^{b}	1.99±0.04^{c}	2.04±0.07^{c}	1.86±0.07^{c}
7	2.30±0.07^{a}	3.32±0.06^{b}	2.16±0.07^{a}	2.21±0.03^{a}	1.87±0.05^{c}
8	3.41±0.14^{a}	4.34±0.17^{b}	3.15±0.16^{c}	3.30±0.06^{ac}	2.11±0.12^{d}
9	2.62±0.09^{a}	3.81±0.11^{b}	3.01±0.14^{c}	2.68±0.11^{a}	1.17±0.10^{d}
10	1.93±0.10^{a}	2.88±0.13^{b}	1.47±0.05^{c}	1.71±0.07^{d}	0.64±0.08^{e}

新梢长度为生长周期内苗高的新增高度，是体现苗木生长状况最直观的一个的指标。观测结果表明，新梢在整个生长周期都在增长，增长速度较快的多集中于 5—8 月；处理 2 生长速度和增长量均大于其他处理，一个生长周期新梢增长量达到 55 cm；一个生长周期后，各处理的新梢长度有大到小表现为：2＞4＞3＞1＞CK，且分别是 CK 的 1.72，1.47，1.22，1.13 倍。生物量是植物经过一系列同化和异化过程后物质的累积量，其数值能够说明在所处环境的植物生产力。各处理生物量有大到小表现为：2＞3＞4＞1＞CK，除处理 3 和处理 4 外，其他处理间均存在显著性差异（图 2）。

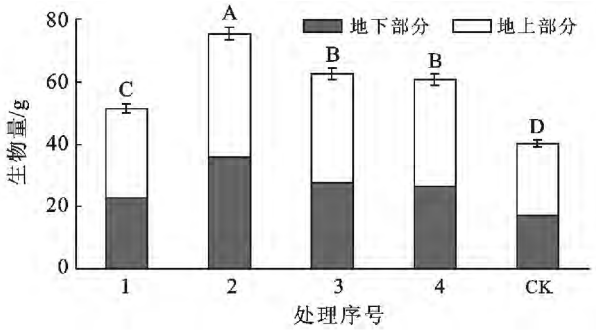


图 2　不同处理下的苗木生物量

3.2　复合材料对苗木的生理指标影响差异性

由图 3 可以看出，5 种处理下皂角叶水势的日变化特征，在早上与傍晚叶水势高于其他时间段，且在中午 12：00 左右达到全天最低值，此结果与王文静对山杏叶水势研究一致[21]，5 种处理在白天的叶水势变化趋势表现为：早晨 8:00 的水势最高，其后逐渐下降，中午时分达到一天的最低值，而后缓慢增高，18:00左右达到白天最高值。叶水势大小顺序依次为：2＞4＞3＞1＞CK，5 个处理间存在显著差异性，处理 2 全天都处于较高的叶水势，CK 最低且在测量时间段内的最大叶水势出现在 8:00，在 14:00 后水势回升速度明显小于其他 4 种处理。

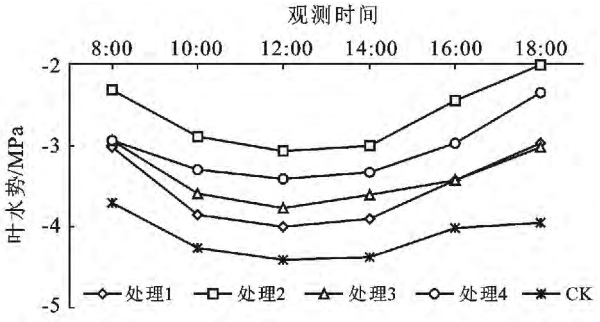


图 3　不同处理下苗木的叶水势日变化

SPAD 值是衡量一株植物叶绿素相对含量的一个参数，能够准确的表达植物叶绿色状态。由图 4 可知，一个生长周期，5 种处理的 SPAD 值表现出单峰趋势，峰值均出现在 8 月，在峰值时大小顺序表现为：2＞3＞1＞4＞CK。处理 1，处理 2 与其他 3 种处理比较，除了 5—8 月具有快速增长的特点，在 8—10 月 SPAD 值的递减速度也小于其他 3 种处理。

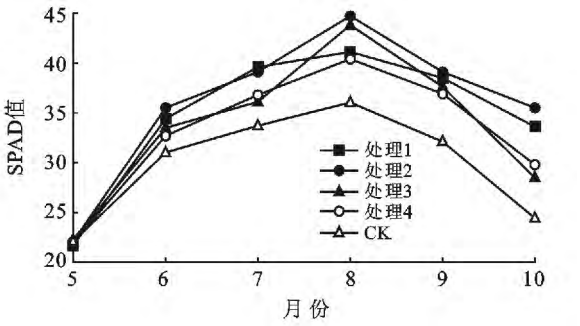


图 4　不同处理下苗木的 SPAD 变化趋势

4　结论与讨论

（1）在干旱区造林遇到最大困难就是水肥的有效供给[14]，水分的缺失制约着苗木的成活率，肥料的流失影响着苗木的“生长质量”，本试验配置的 4 种复合缓释保水保肥材料能够提高苗木对干旱胁迫的抗性，并有效地提高了苗木的各项生长生理指标。

（2）复合缓释保水保肥材料对苗木的生长指标具有显著的促进作用，最优处理组的地径、叶片数、叶

面积、新梢长度、生物量分别是 CK 的 1.28,1.96,1.85,1.72,1.88 倍,且 5 种处理下皂角的生长指标多数存在显著差异性,在自然条件相同的情况下,只有复合材料存在差异,表明影响苗木生长指标差异性的是复合材料。在几项生长指标中,除叶面积之外,处理 2 的生长优势最明显,可以认为复合材料 A_2 更适合施用于皂角。A_2 为保水剂+聚天门冬氨酸+硝酸稀土+复合肥(质量比 8∶3∶1.5∶5),与其他复合材料相比,并非越高的保水剂含量对苗木的生长促进越大,也并非施用肥料越多,苗木的生长越旺盛。通过对生物量差异性分析可以进一步说明复合材料可以提高苗木的生长优势,且处理 2 最适于皂角树。

(3) 复合缓释保水保肥材料不能改变苗木的叶水势日变化整体趋势,但是可以通过改变土壤供水方式从而提高了水分利用率,在结果上表现为施用复合材料的试验组在日变化范围相对减小并全天的叶水势显著高于对照组。午后,处理组的叶水势回升速度显著高于对照组,处理组在应对干旱胁迫具有更强烈的"敏锐性",其应对机制更加迅速,这与崔建恒[22]等的研究结果一致。复合材料不仅减少了水分从土壤表层的蒸发量[23],而且在增大苗木叶水势的同时增加有效蒸发,提高了水分的利用效率。苗木的 SPAD 值能够准确的描述苗木叶绿状态[24],SPAD 值越高,说明试验材料对苗木的作用效果更优,或者说苗木对肥料的利用效率更高(SPAD-502 叶绿素仪工作原理)。处理组的 SPAD 值在整个生长周期始终高于对照组,表明复合材料能够促进苗木对肥料吸收。

(4) 分析结果表明,试验设计的复合材料具有改善苗木生长环境、促进水肥利用效率、提高生长生理优势的作用。

[参 考 文 献]

[1] 岳征文,王百田,王红柳,等. 复合营养长效保肥保水剂应用及其缓释节肥效果[J]. 农业工程学报,2011,27(8):56-62.

[2] 刘瑞凤,张俊平,王爱勤. PAM-atta 复合保水剂的保水性能及影响因素研究[J]. 农业工程学报,2005,21(9):47-50.

[3] 左广玲,叶红勇,杜朝军,等. 大豆秸秆基保水剂对南阳烟田土壤物理性状及烟叶生长的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(2):15-19.

[4] 李海燕,张芮,王福霞. 保水剂对注水播种玉米土壤水分运移及水分生产效率的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(3):37-42.

[5] 李云开,杨培岭,刘洪禄. 保水剂农业应用及其效应研究进展[J]. 农业工程学报,2002,18(2):182-187.

[6] 庄文化,冯浩,吴普特. 高分子保水剂农业应用研究进展[J]. 农业工程学报,2007,23(6):265-270.

[7] 何绪生,廖宗文,黄培钊,等. 保水缓/控释肥料的研究进展[J]. 农业工程学报,2006,22(5):184-190.

[8] 白文波,宋吉青,李茂松,等. 保水剂对土壤水分垂直入渗特征的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(2):18-23.

[9] 张富仓,康绍忠. BP 保水剂及其对土壤与作物的效应[J]. 农业工程学报,1999,15(2):74-78.

[10] 刘晓莉. 保水剂的保肥性能研究[D]. 安徽 合肥:安徽农业大学,2006.

[11] 李常亮. 保水剂保水持肥特征及作物效应研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2010.

[12] 杨永辉. 营养型抗旱保水剂与氮肥配施对土壤与作物的效应研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2011.

[13] 孙哲,毕军,夏光利,等. 保水肥料对温室黄瓜生长与产量品质的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(31):252-255.

[14] 王婷,王百田,王红,等. 保水剂与外源物质复合配方对苗木蒸腾速率和叶水势的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(2):692-696.

[15] 李慧娟,高日,廉美兰,等. IBA,NAA 和蔗糖浓度对东北刺人参不定根增殖生长的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(05):281-283.

[16] 宫彦章,吴彩琼,曹武艳. IBA+NAA、国光生根剂对香樟根系的影响[J]. 广东林业科技,2011,27(4):46-49.

[17] 张亚莉,王宏宇,刘桂芹,等. 沼液和保水剂配合蘸根对黄瓜生长发育的影响[J]. 北方园艺,2011(8):36-37.

[18] 张雨. 几种园林植物扦插繁殖技术研究[D]. 内蒙古 呼和浩特:内蒙古农业大学,2011.

[19] 赵晓杰. IBA,NAA、光质对匍枝筋骨草生长及 β-蜕皮甾酮含量的影响[D]. 黑龙江 哈尔滨:东北林业大学,2011.

[20] 高俊萍,牟鹏,霍勤,等. 葡萄新梢长度与叶面积的关系[J]. 果树学报,2004,21(1):70-72.

[21] 王文静,王百田,吕钊,等. 聚合物类保水剂对山杏水肥利用效应的影响[J]. 水土保持通报,2013,33(5):280-284.

[22] 崔建恒,周海燕,张铜会. 沙地春玉米叶片水势与土壤水肥关系的研究[J]. 中国沙漠,2000(20):64-65.

[23] 王百田,马丰斌,张府娥,等. 凝胶状保水剂使用效果研究[J]. 水土保持学报,2005,19(2):65-68.

[24] 吴良欢,陶勤南. 水稻叶绿素计诊断追氮法研究[J]. 浙江农业大学学报,1999,25(2):135-138.