

# 新型抗蒸腾叶面肥对叶片蒸腾速率的影响

邓春娟<sup>1,2</sup>, 郭建斌<sup>1</sup>, 高程达<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083;  
2. 山西省晋中市环境保护局, 山西 晋中 030600)

**摘要:** 在干旱的条件下, 蒸腾作用会引起植物大量丢失水分, 常常会引起水分亏缺和脱水的伤害。我国黄土半干旱地区是退耕还林、林业生态工程建设重点地区。由于当地降水相对不足但潜在蒸散力大的特殊气候条件, 使人工造林遇到了极大的困难, 此时叶面喷施抗蒸腾叶面肥不仅能提供植物生长所需养分, 而且还能抑制植物蒸腾作用, 提高植物水势, 减少植物水分的蒸发量, 一定程度上提高植物生存能力。以黄土高原干旱半干旱地区造林主要树种刺槐、白榆、火炬树为主要研究对象, 以自制的 2 种抗蒸腾叶面肥及市场上已推广施用的叶面肥肥效为主要依据, 探讨自制肥料在降低植物蒸腾作用方面的效果。并最终得出自制 A 或自制 B、白榆、稀释 300~1 200 倍、土壤绝对含水量为 10%~25% 时对降低植物蒸腾速率效果最明显。

**关键词:** 蒸腾速率; 正交试验; 树种; 喷施浓度; 土壤绝对含水量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0113-04

中图分类号: S72

## Effects of New Anti-transpiration Foliar Fertilizer on Transpiration Rate

DENG Chun-juan<sup>1,2</sup>, GUO Jian-bin<sup>1</sup>, GAO Cheng-da<sup>1</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, and Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. Department of Environmental Protection of Jinzhong, Jinzhong, Shanxi 030600, China)

**Abstract:** Under the arid conditions, transpiration of plants can cause substantial loss of water. Semi-arid loss areas are the key areas for the returning farmland to forest and eco-forestry projects. In these areas, however, potential evapotranspiration is stronger and precipitation is less than other areas. Artificial afforestation is confronted with great difficulties. Spraying the new anti-transpiration foliar fertilizer may provide the necessary nutrients, inhibit transpiration, improve plant water potential, and to some extent, improve the viability of plants. The study uses *Rhus typhina*, *Robinia pseudoacacia*, and *Ulmus pumila* to investigate the effects of the three foliar fertilizers. It is found that the best formulation is self-made A or self-made B + *Ulmus pumila* + 300~1 200 times diluted + 10%~25% soil moisture.

**Key words:** transpiration rate; orthogonal experiment; species; spray concentration; absolute water content of soil

蒸腾是植物叶片重要的生理功能之一, 是植物通过气孔及幼嫩的角质层大量散失水分的过程。蒸腾作用基本遵循物理学原理, 但也受植物结构和生理作用的调节, 较一般蒸发过程复杂。蒸腾作用是植物失水过程, 也是植物吸水和物质运转的重要动力之一, 它能促进水分在植物体内的传导和从土壤中吸收矿物质随水上运, 并降低叶面温度, 使其免受强光的灼伤。因此, 蒸腾具有多种生理功能, 是作物生产和适应环境的基础。

如何在水资源严重亏缺的高原黄土丘陵浅山区, 充分利用有限的水分资源, 提高造林成活率、保存率, 促进林木生长, 恢复植被, 改善生态环境, 已成为亟待解决的重要问题。此时在选用抗旱品种的同时, 从生理调控方面, 施用适量抗蒸腾叶面肥可以起到抑制植物蒸腾耗水量, 尤其是抑制蒸腾高峰时的需水量, 使植物建立起一个比较合理的调控体系, 充分利用土壤贮存的水分, 提高植物的耐旱和抗旱能力, 为新栽植苗木提高成活率提供条件, 为经济合理地利用

收稿日期: 2009-06-01

修回日期: 2009-08-18

资助项目: 国家“十一五”科技支撑专题“困难立地工程造林新材料、新产品及应用技术”(2006BAD03A0301)

作者简介: 邓春娟(1984—), 女(汉族), 山西省平遥县人, 硕士研究生, 主要研究方向为生态环境工程。E-mail: dcj198401@163.com。

通信作者: 郭建斌(1962—), 男(汉族), 北京市人, 副教授, 主要研究方向为生态环境工程、林业生态工程及水土保持研究。E-mail: jianbinguo@bjfu.edu.cn。

水资源提供理论依据。在研究中,对前期抗蒸腾叶面肥配方进行改良,并最终以 N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo 和抗蒸腾剂、稀土、络合剂、表面活性剂、复合氨基酸、微生物菌剂、植物生长剂等进行科学复配研制抗蒸腾叶面肥。

## 1 研究区概况

研究地点为北京市鹫峰森林公园,地理位置 40°03'54"N, 116°05'45"E。公园南连太行山,北接燕山山脉,总面积 866.67 hm<sup>2</sup>。公园四季气候明显,具暖温带的气候特征。年降水量为 650~750 mm,夏季降水量占年降水量的 74%,年平均气温 12℃,10℃ 积温在 4 200℃ 左右,无霜期 190~200 d。

该试验所需温室位于鹫峰国家森林公园牡丹园基地内,温室坐北朝南为不锈钢框架结构,以玻璃为主要建筑材料。除温室两侧具有的通风口外,面向南的温室一侧安装有一排窗户以利于通风。

该温室透光性良好,从试验开始利用 BoxCar Pro 4.3 温湿度数据采集器对温室温度、湿度、光照强度等进行跟踪观测。在试验期内温室温度在 20~38℃ 之间变化,但在 7 月份出现了 9 d 温度高于 40℃ 的极端高温现象。温室内空气相对湿度在 25%~100% 之间,且日变化差异显著,其中以 7 月份空气湿度最大。为避免温室内温度过高 6 月份铺设遮阴网,温室内光照强度在 0~1 100 lx 之间波动,呈明显的日变化曲线。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

本试验采用山西方山国营苗圃两年生火炬树、刺槐、白榆作为试验用苗,于 2008 年 3 月移栽于北京市鹫峰国家森林公园温室内。根据实验需要,用黄绵土配以少量腐殖质作为苗木生长基质,该土壤理化性质如下:碱解 N 含量为 173.60 mg/kg,速效磷含量为 61.97 mg/kg,速效钾含量为 299.67 mg/kg,有机质含量为 32.07 g/kg,pH 为 7.89,电导率为 0.40 mS/cm。选取生长状况基本相同的苗木将其栽在上口径为 40 cm,下口径为 30 cm,高 35 cm 的塑料盆容器中,装入盆中的土约 90% 满,并做压实处理,使盆内的土壤容重接近自然状态(约 1.20 g/cm<sup>3</sup>)。苗木定植后给每盆浇上充足的水,使之成活并正常生长。

### 2.2 实验设计

采用 5 因素 4 水平正交试验设计,其中 5 因素包括:肥料、树种、喷施浓度、土壤绝对含水量、误差;肥料设置 4 种水平:自制肥料 a,自制肥料 b,市场肥料

c,清水对照 d;树种设置 4 种水平:火炬树(*Rhus typhina*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、白榆(*Ulmus pumila*)、火炬树重复;喷施浓度设置 4 种水平,分别为稀释 300,600,900,1 200 倍;土壤绝对含水量设置 4 个水平:分别为 10%,15%,20%,25%。详见表 1—2。

表 1 正交实验因素与水平表

水平	因素 A 肥料	因素 B 树种	因素 C 喷施浓度	因素 D 土壤 绝对含水量	因素 E 误差
1	自制 a	火炬树	300	10%	E <sub>1</sub>
2	自制 b	刺槐	600	15%	E <sub>2</sub>
3	市场 c	白榆	900	20%	E <sub>3</sub>
4	清水 d	火炬树重复	1 200	25%	E <sub>4</sub>

表 2 正交试验分组

编号	因素 A 肥料	因素 B 树种	因素 C 喷施	因素 D 土壤 绝对含水量	因素 E 误差
1	自制 a	火炬树	300	10%	1
2	自制 a	刺槐	600	15%	2
3	自制 a	白榆	900	20%	3
4	自制 a	火炬树重复	1 200	25%	4
5	自制 b	火炬树	600	20%	4
6	自制 b	刺槐	300	25%	3
7	自制 b	白榆	1 200	10%	2
8	自制 b	火炬树重复	900	15%	1
9	市场 c	火炬树	900	25%	2
10	市场 c	刺槐	1 200	20%	1
11	市场 c	白榆	300	15%	4
12	市场 c	火炬树重复	600	10%	3
13	清水 d	火炬树	1 200	15%	3
14	清水 d	刺槐	900	10%	4
15	清水 d	白榆	600	25%	1
16	清水 d	火炬树重复	300	20%	2

### 2.3 测定仪器

根据实验内容,测定生理指标为蒸腾速率,使用美制 LF1600 稳态气孔计,在叶面肥喷施一周药效稳定后选择天气晴朗的一天,从早晨 8 点到下午 18 点,每 2 h 观测 1 次,连续观测一周。要求选择的不同处理的苗木个体相近,在每个植株上选定一片标准叶,每次测定记录 3 个数据。要求每个处理苗木的标准叶大小相近,所处位置大致相同,选择无遮盖,通风好的位置,避免选取植株顶部、底部及背光面的叶片;选择活体枝条上的健康成叶,忌选择新长出的幼叶、老

叶、黄叶和病叶;在选好的标准叶上做好标记,以备下次进行观测。

将试验数据输入电脑,其正交实验处理中的级差分析和方差分析以及图表的生成均采用 Excel 软件完成。相关分析及因素间多重比较利用 SPSS 软件进行分析。

### 3 结果与分析

蒸腾速率是指植物在一定时间内单位叶面积蒸腾的水量。蒸腾速率越大,单位时间内散失的水分越多。本研究发现,在喷施抗蒸腾叶面肥后的第 3 d,不同树种叶片的蒸腾速率均比喷施蒸馏水的对照低,这种低水平能延续 15 d 左右,在以后趋于和对照一致。即该抗蒸腾叶面肥的抗蒸腾特性能维持 15 d。经实验发现该抗蒸腾处理对叶片温度影响不大。现取 7 月初各处理蒸腾速率作为研究对象,分析如下。

从图 1—3 可以看出,无论在供水充足还是在水分胁迫条件下,苗木的蒸腾作用都具有明显的日变化规律。

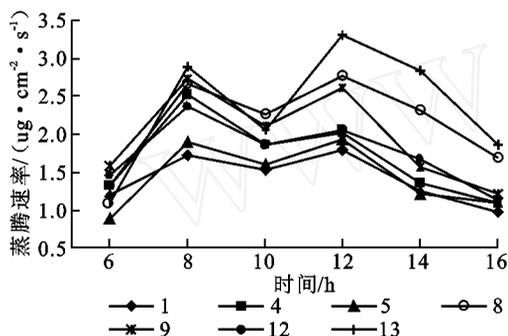


图 1 7 月份各处理下火炬树蒸腾速率日变化

图 1 显示室内盆栽火炬树幼苗喷药 3 d 后蒸腾速率日变化曲线,处理后的叶片蒸腾速率比对照平均值降低 26.8%~64%。以处理 1 和处理 5 降低蒸腾效果最为明显。即自制 a + 稀释 300 倍 + 土壤绝对含水量 10%和自制 b + 稀释 600 倍 + 土壤绝对含水量为 20%。由图 1 可知,火炬树一天中蒸腾速率变化呈“双峰”,分别出现在上午 8 时和中午 12 时左右,且两高峰无明显大小之分。

图 2 显示室内盆栽刺槐幼苗喷药 3 d 后蒸腾速率日变化曲线,由曲线可以看出蒸腾速率比对照平均值降低 43.1%~78.6%,以处理 2 和处理 6 降低蒸腾效果最为明显。即自制 a + 稀释 600 倍 + 土壤绝对含水量为 15%和自制 b + 稀释 300 倍 + 土壤绝对含水量为 25%。由图 2 可知,刺槐一天中蒸腾速率变化呈“双峰”,分别出现在上午 10 时和下午 14 时左右,其中以上午 10 点为大高峰,而下午 14 时为小高峰。

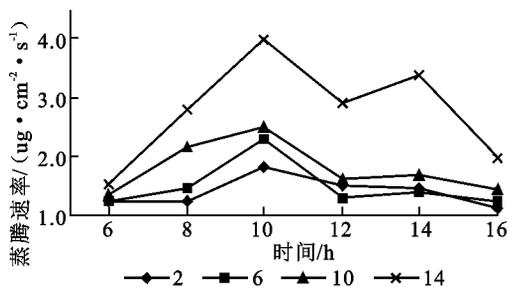


图 2 7 月份各处理下刺槐蒸腾速率日变化

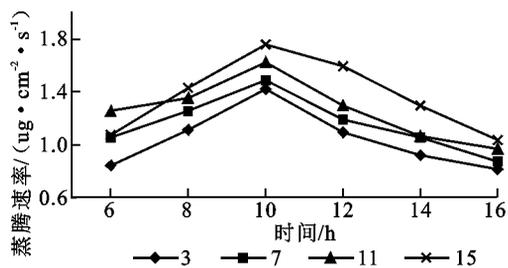


图 3 7 月份各处理下白榆蒸腾速率日变化

图 3 显示室内盆栽白榆幼苗喷药 3 d 后蒸腾速率日变化曲线。由图 3 可见,蒸腾速率比对照平均值降低 9.1%~31.2%,以处理 3 和处理 7 降低蒸腾效果最为明显,即自制 a + 稀释 900 倍 + 土壤绝对含水量为 20%和自制 b + 稀释 1 200 倍 + 土壤绝对含水量为 10%。由图 3 可知,白榆一天中蒸腾速率变化呈“单峰”,出现在上午 10 时左右。取各组 7 月份试验蒸腾速率的平均值作为极差分析的数据源进行分析。

表 3 植物叶片蒸腾速率正交实验极差分析

实验 编号	因素				
	A	B	C	D	E
K <sub>1</sub>	5.561 00	7.170 00	6.622 00	7.087 00	6.746 00
K <sub>2</sub>	6.261 00	7.488 00	5.976 00	7.187 00	6.990 00
K <sub>3</sub>	6.791 00	4.811 00	7.939 00	6.732 00	6.639 00
K <sub>4</sub>	8.925 00	7.056 00	7.001 00	6.532 00	7.163 00
k <sub>1</sub>	1.390 25	1.792 50	1.655 50	1.771 75	1.686 50
k <sub>2</sub>	1.565 25	1.872 00	1.494 00	1.796 75	1.747 50
k <sub>3</sub>	1.697 75	1.202 75	1.984 75	1.683 00	1.659 75
k <sub>4</sub>	2.231 25	1.764 00	1.750 25	1.633 00	1.790 75
R	0.841 00	0.669 25	0.490 75	0.163 75	0.131 00

根据表 3 分析结果可以看出,在本试验中 A 因素肥料对试验树种的蒸腾速率影响作用最大,其次是 B 因素树种,再次是 C 因素肥料浓度,D 因素土壤水分的作用最小。因此试验中各因素的作用顺序由大到小依次为 A > B > C > D > E,根据表 3,作出叶片蒸腾速率指标与因素关系图 4。

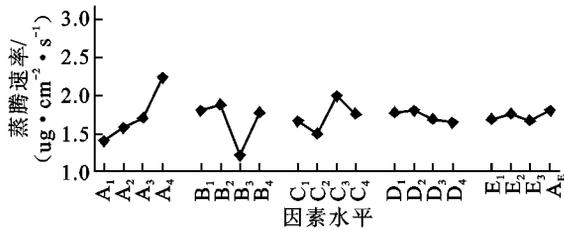


图 4 叶片蒸腾速率指标与各因素的关系

由图 4 可直观归纳为, A 因素肥料是配方中影响蒸腾速率的关键因素, 其对应肥料是自制 a, 而清水对照蒸腾速率最高。

B 因素树种和 C 因素喷施浓度是配方中影响蒸腾速率的重要因素, 其对应树种为白榆, 对应浓度为稀释 600 倍。

D 因素土壤水分对试验影响作用不明显。根据以上分析, 促进植物蒸腾速率降低的理想配方组合为 A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>4</sub>E<sub>2</sub>, 与本试验中处理 3 接近。对肥料、树种、浓度、土壤水分、其它试验所得的生物量进行方差分析及多重比较:

表 4 5 种因素蒸腾速率方差分析

方差来源	SS	f	MS	F	显著性
总	3.732 236	15	0.248 816	17.757 23	
A	1.578 197	3	0.526 066	37.543 71	**
B	1.129 499	3	0.376 500	26.869 63	*
C	0.504 955	3	0.168 318	12.012 38	*
D	0.070 006	3	0.023 335	1.6653 78	
E	0.042 036	3	0.014 012	1	
误差	0.042 036	3	0.014 012		

注:  $F_{0.01}(FA, FW) = F(3, 3) = 29.5$ ;  $F_{0.05}(FA, FW) = F(3, 3) = 9.28$ 。

由表 4 中数据表明, 肥料、树种、浓度、土壤水分、其它 5 种不同因素中, 肥料影响达到极显著差异水平; 树种和浓度影响蒸腾速率达到显著差异水平, 但没达到极显著差异。而其它两个因素则没达到显著差异水平, 为进一步探明显著因素中各水平的差异情况, 进行各水平内部的多重比较(见表 5—7)。

因实验目标中需要有效降低植物蒸腾速率, 所以该指标以低蒸腾速率作为理想结果。以上各水平的多重比较结果表明, A 和 B 是本试验中最重要的因素, C 因素是本试验中重要影响因素。

肥料中最佳选择为自制 a 和自制 b, 树种最佳选择为白榆, 喷施浓度最佳选择范围无显著差异。而土

壤水分也无显著差异, 可以任意选取其中一个水平。因此本实验的最佳配方组合为 A<sub>1</sub>, 2B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>—4D<sub>1</sub>—4E<sub>1</sub>—4, 即自制 a 或自制 b, 白榆, 稀释 300~1 200 倍, 土壤水分为 10%~25% 对降低植物蒸腾速率效果最明显。

表 5 A 因素肥料各水平蒸腾速率的多重比较

水平	蒸腾速率/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
A <sub>4</sub>	2.231 25	a	A
A <sub>3</sub>	1.697 75	a	A
A <sub>2</sub>	1.565 25	ab	A
A <sub>1</sub>	1.390 25	b	A

表 6 B 因素树种各水平蒸腾速率的多重比较

水平	蒸腾速率 ( $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
B <sub>2</sub>	1.872 00	a	A
B <sub>1</sub>	1.792 50	a	A
B <sub>4</sub>	1.764 00	ab	A
B <sub>3</sub>	1.202 75	b	A

表 7 C 因素喷施浓度各水平蒸腾速率的多重比较

水平	蒸腾速率 ( $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
B <sub>3</sub>	1.984 75	a	A
B <sub>4</sub>	1.750 25	a	A
B <sub>1</sub>	1.655 50	a	A
B <sub>2</sub>	1.494 00	a	A

由上述各类分析可得本试验设计中第 3 处理为最佳配方组合, 其叶片蒸腾速率为  $1.036 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ , 这与清水对照处理所得  $1.363 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$  相比, 降低了 22.6%。

## 4 结论

通过试验可以看出, 这 3 种叶面肥均能抑制植物蒸腾作用。市场 c 对苗木蒸腾速率的抑制作用最小, 自制 a 处理对幼苗蒸腾速率的抑制作用最大。在树种方面对抗蒸腾叶面肥最敏感的树种是白榆, 其次是火炬树, 最不敏感的是刺槐。在各个浓度处理中, 稀释 600 倍的处理对幼苗蒸腾速率的下降抑制作用最显著。

(下转第 179 页)

展要求不相符的地方政策法规,为生态功能分区与经济可持续发展的实施提供法律保障。比如生态补偿条例,能很好地解决北部山区保护与发展之间的矛盾。同时应加大部门行政执法和部门间联合执法力度,全面推行执法责任制和责任追究制度。

#### 4.3 加大公众参与力度

区域生态功能分区与经济可持续发展是全市人民的共同责任,应为公众行使知情权、参与权和监督权创造条件,推动公众广泛参与生态环境保护和建设。比如实行政府环境行为和企业环境行为信息公开化,建立和完善有奖举报等激励机制。再比如建立公众听证制度,让公众参与法规政策制定和环境影响评价,充分表达自己的意见和建议。

#### 4.4 多渠道争取建设资金

吸引资金是落实工程项目,实施经济可持续发展的关键,力争中央、河北省生态环境保护资金、农田基本建设资金、生态公益林补助资金、水土流失治理资金、河道整治与小流域治理资金等专项资金。扩大招商引资,争取有一批开发项目在国家 and 省市政府立项。同时要广泛吸引民间资金和国际赠、贷款。

#### [参 考 文 献]

- [1] 贾良清,欧阳志云,赵同谦,等.安徽省生态功能区划研究[J].生态学报,2005,25(2):254-260.
- [2] 曹小娟,曾光明,张硕辅,等.基于RS和GIS的长沙市生态功能分区[J].应用生态学报,2006,17(7):1269-1273.
- [3] 宋治清,王仰麟,丁艳,等.市域生态功能区划与可持续发展研究:以深圳市为例[J].资源科学,2004,26(5):117-124.
- [4] 曹有挥,陈雯,吴威,等.安徽沿江主体功能区的划分研究[J].安徽师范大学学报,2007,30(3):383-389.
- [5] “河北省生态与灾害研究”课题组.河北省生态区划研究[J].地理与地理信息科学,2003,19(5):82-85.
- [6] 田静毅,耿世刚,王立新,等.秦皇岛市生态安全问题与对策[J].水土保持研究,2007,14(1):126-128.
- [7] 欧阳志云,王效科,苗鸿.中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J].生态学报,2000,20(1):9-12.
- [8] 傅伯杰,刘国华,陈利顶,等.中国生态区划方案[J].生态学报,2001,21(1):1-6.
- [9] 何新东,宋迎昌,王丽明.GIS在区域规划中的应用初探[J].地理信息世界,2008(3):43-47.
- [10] 刘木生,林联盛,郭秋忠.基于GIS的生态功能分区技术方法刍议[J].江西农业学报,2008,20(10):111-113.

(上接第 116 页)

由于本研究的结果来自盆栽试验,而盆栽苗木所处的自然环境条件与林木所处的林分气候条件有较大的差别,即使在试验中尽量保持原土壤条件,但是盆栽苗木的根系状况、土壤温度、空气状况等也会与林分环境有所不同,从而导致不同的生理反应。所以说不存在普遍适用的抗蒸腾剂,调节植物叶片水分的散失要针对植物自身的特点和抗蒸腾剂的特性,选择合适的抗蒸腾剂类型和适宜的施用方法。因此,今后对此研究结果和它与林分实际情况的差异还需做大量的研究。

#### [参 考 文 献]

- [1] 高彦,白海霞.蒸腾抑制剂对组培苗出瓶移栽后成活率的影响[J].植物生理学通讯,1997,33(3):171-173.

- [2] 甘吉生,朱遐龄.抑制蒸腾剂黄腐酸对冬小麦抗寒生理的影响[J].北京农业科学,1995(4):18-31.
- [3] 卢林纲.黄腐酸及其在农业上的应用[J].现代化农业,2001(5):9-10.
- [4] 李合生.现代植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2006:261-263.
- [5] 李茂松,李森,张述义.一种新型FA抗蒸腾剂对春玉米生理调节作用的研究[J].中国农业科学,2003,36(11):1266-1271.
- [6] 梁月.新型抗蒸腾叶面肥对刺槐、核桃苗木生理活性的影响[D].北京:北京林业大学,2008.
- [7] 王书奇.叶面肥料及其特点[J].腐植酸,2001(2):39-40.
- [8] 陈坚.植物及生态基础[M].北京:高等教育出版社,2005.