

中国百种杰出学术期刊  
中国精品科技期刊  
中国科协优秀期刊  
中国科学院优秀科技期刊  
新中国 60 年有影响力的期刊  
国家期刊奖

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

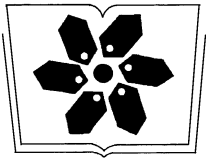
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 5 期  
Vol.31 No.5  
**2011**



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 31 卷 第 5 期      2011 年 3 月      (半月刊)

## 目 次

盐胁迫下 3 种滨海盐生植物的根系生长和分布·····	弋良朋,王祖伟 (1195)
蕙兰病株根部内生细菌种群变化·····	杨 娜,杨 波 (1203)
森林不同土壤层全氮空间变异特征·····	张振明,余新晓,王友生,等 (1213)
基于生态位模型的秦岭山系林麝生境预测·····	罗 翀,徐卫华,周志翔,等 (1221)
黑河胜山自然保护区红松和红皮云杉生长释放判定及解释·····	王晓春,赵玉芳 (1230)
两种大型真菌菌丝体对重金属的耐受和富集特性·····	李维焕,于兰兰,程显好,等 (1240)
2005—2009 年浙江省不同土地类型上空对流层 NO <sub>2</sub> 变化特征 ·····	程苗苗,江 洪,陈 健,等 (1249)
关帝山天然次生针叶林林隙径高比 ·····	符利勇,唐守正,刘应安 (1260)
鄱阳湖湿地水位变化的景观响应·····	谢冬明,郑 鹏,邓红兵,等 (1269)
模拟氮沉降对华西雨屏区撑绿杂交竹凋落物分解的影响·····	涂利华,戴洪忠,胡庭兴,等 (1277)
喷施芳香植物源营养液对梨树生长、果实品质及病害的影响 ·····	耿 健,崔楠楠,张 杰,等 (1285)
不同覆膜方式对旱砂田土壤水热效应及西瓜生长的影响 ·····	马忠明,杜少平,薛 亮 (1295)
干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响 ·····	张仁和,郑友军,马国胜,等 (1303)
不同供水条件下冬小麦叶与非叶绿色器官光合日变化特征 ·····	张永平,张英华,王志敏 (1312)
水分亏缺下紫花苜蓿和高粱根系水力学导度与水分利用效率的关系 ···	李文娆,李小利,张岁岐,等 (1323)
美洲森林群落 Beta 多样性的纬度梯度性 ·····	陈圣宾,欧阳志云,郑 华,等 (1334)
水体泥沙对菖蒲和石菖蒲生长发育的影响·····	李 强,朱启红,丁武泉,等 (1341)
蚯蚓在植物修复芫污染土壤中的作用·····	潘声旺,魏世强,袁 馨,等 (1349)
石榴园西花蓟马种群动态及其与气象因素的关系·····	刘 凌,陈 斌,李正跃,等 (1356)
黄山短尾猴食土行为·····	尹华宝,韩德民,谢继峰,等 (1364)
扎龙湿地昆虫群落结构及动态·····	马 玲,顾 伟,丁新华,等 (1371)
浙江双栉蝠蛾发生与土壤关系的层次递进判别分析·····	杜瑞卿,陈顺立,张征田,等 (1378)
低温导致中华蜜蜂后翅翅脉的新变异 ·····	周冰峰,朱翔杰,李 月 (1387)
双壳纲贝类 18S rRNA 基因序列变异及系统发生 ·····	孟学平,申 欣,程汉良,等 (1393)
基于物理模型实验的光倒刺鲃生态行为学研究 ·····	李卫明,陈求稳,黄应平 (1404)
中国铁路机车牵引能耗的生态足迹变化 ·····	何吉成 (1412)
城市承载力空间差异分析方法——以常州市为例·····	王 丹,陈 爽,高 群,等 (1419)
水资源短缺的社会适应能力理论及实证——以黑河流域为例 ·····	程怀文,李玉文,徐中民 (1430)
寄主植物叶片物理性状对潜叶昆虫的影响·····	戴小华,朱朝东,徐家生,等 (1440)
<b>专论与综述</b>	
C <sub>4</sub> 作物 FACE (free-air CO <sub>2</sub> enrichment) 研究进展 ·····	王云霞,杨连新,Remy Manderscheid,等 (1450)
<b>研究简报</b>	
石灰石粉施用剂量对重庆酸雨区受害马尾松林细根生长的影响·····	李志勇,王彦辉,于澎涛,等 (1460)
女贞和珊瑚树叶片表面特征的 AFM 观察 ·····	石 辉,王会霞,李秧秧,刘 肖 (1471)

## 喷施芳香植物源营养液对梨树生长、果实品质及病害的影响

耿 健<sup>1,2,3</sup>, 崔楠楠<sup>2</sup>, 张 杰<sup>2</sup>, 周志钦<sup>1,3,\*</sup>, 姚允聪<sup>2,\*</sup>

(1. 西南大学园艺园林学院, 重庆 400716; 2. 北京农学院植物科技学院, 北京 102206;  
3. 南方山地园艺学教育部重点实验室, 重庆 400715)

**摘要:**芳香植物源营养液是以芳香植物材料、糖、酵素、水为主要原料,在设定的条件下发酵而成的植物源发酵液,具有营养、杀虫和抑菌等效果。不同芳香植物种类和器官,其发酵液的应用效果不同。为探讨芳香植物源营养液对梨树生长、果实品质、抗病性的影响,选择20年生‘丰水梨/杜梨’成年期大树为试材,以叶面喷施孔雀草(Tr1)、紫苏(Tr2)、神香草(Tr3)、薄荷(Tr4)、香矢车菊(Tr5)等芳香植物叶片制成的营养液及其等配比混合的发酵营养液(Tr6)为处理,喷施南国春叶面肥(Tr7)和清水(Tr8)为对照,测定分析不同处理对梨树生长、叶片矿质养分含量、果实品质的影响及对黑星病、轮纹病、腐烂病的抑菌效果。结果表明:与南国春叶面肥相比,芳香植物源营养液营养成分比例均匀,具有较高的P、Ca、Mg含量、可溶性糖含量、生长素和细胞分裂素含量。叶面喷施芳香植物源营养液能显著促进梨树新梢生长,提高叶面积和叶绿素含量;改善叶片中全氮,全磷,全钾及有效态钙、镁、铁、锰、铜、锌等矿质元素的吸收状况和含量;提高单果重、果实可溶性固形物含量及Vc含量;对梨树黑星病、梨树轮纹病、梨树腐烂病具有显著地抑制效果。其中,神香草营养液(Tr3)和薄荷营养液(Tr4)显著的提高了叶片中各矿质养分的含量;神香草营养液(Tr3)显著的提高了新梢生长量(增幅为64.78%)和叶面积(增幅为115.79%),对于梨树生长发育的促进作用较明显;薄荷营养液(Tr4)较大程度的提高了单果重(增幅为52.74%),果实可溶性固形物的含量(增幅为32.92%),降低了果实硬度(降幅为45.21%),对于果实品质的提高效果较好;孔雀草营养液(Tr1)、薄荷营养液(Tr4)对梨树黑星病,轮纹病,腐烂病的抑制作用显著增强。综合分析认为,芳香植物源营养液含有丰富的矿质元素,有机营养及生长素、细胞分裂素、脱落酸等激素。叶面喷施能显著促进树体的营养生长,提高叶片矿质养分含量,改善果实品质,有效抑制梨树黑星病、轮纹病、腐烂病的发生。

**关键词:**芳香植物源营养液;‘丰水梨’树;生长;果实品质;病害抑制

## Effect of aromatic plant-derived nutrient solution on the growth, fruit quality and disease prevention of pear trees

GENG Jian<sup>1,2,3</sup>, CUI Nannan<sup>2</sup>, ZHANG Jie<sup>2</sup>, ZHOU Zhiqin<sup>1,3,\*</sup>, YAO Yuncong<sup>2,\*</sup>

1 College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400716, China

2 Plant Science and Technology College, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China

3 Key Laboratory of Horticulture Science for Southern Mountainous Regions, Ministry of Education, Chongqing 400715, China

**Abstract:** In recent years organic fertilizer application has been paid more and more attention. The benefits of application of organic materials lie in its biological regulation to fruit trees through organic management in orchard systems. It has been demonstrated that organic fertilizers can improve growth and development of plants and heighten fruit qualities. Although a variety of foliar fertilizers such as extracted solution, distilled solution and fermented solutions from diverse plants are widely applied in agricultural system, a relatively little information is known about the mechanism of foliar fertilizer application to enhance the growth of shoot and leaf, promote fruit development, and alleviate stresses from pests and diseases. Aromatic plant-derived nutrient solution was made from aromatic plant material, sugar, ferment agent and water, among which

**基金项目:**国家科技支撑重大项目(2008BAD92B08);北京市自然科学基金项目(6102004)

**收稿日期:**2010-08-03; **修订日期:**2011-01-19

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yaoyc\_20@126.com; zqzhoubj@yahoo.com.

aromatic plant materials came from intercrops in orchard, and fermented in some specific conditions. It has many functions, such as nutrition, insect resistance and antibacterial. Due to the characteristics of different organs and tissues, ferment solutions have different applications. In order to explore effects of aromatic plant-derived nutrient solution on the growth, fruit quality and prevention of disease in fruit plant, 20 years old ‘Fengshui’ pear trees were selected as materials for treatments of foliar application with plant-derived nutrient solutions. The treatments were as follows: *Tagetes patula* (Tr1), *Perilla frutescens* (Tr2), *Hyssopus officinalis* (Tr3), *Mentha canadensis* (Tr4), *Centaurea cyanu* (Tr5), as well as their proportional mixture (Tr6), respectively. And bio-bacterial manure ‘Nanguochun’, a kind of foliar fertilizers (Tr7) and water (Tr8) as controls. We found that in compared with ‘Nanguochun’ foliar fertilizer, all aromatic plant-derived nutrient solutions in the present experiment were in proper proportion of mineral elements, and contained higher available P, Ca, Mg contents, greater soluble sugar, solid materials and Vc contents, as well as well-proportioned hormones including upper indole-3-acetic acid (IAA) and cytokinin (CK) contents. The foliar application of both plant-derived nutrient solutions and ‘Nanguochun’ remarkably promoted new shoots growth, leaf area and chlorophyll contents, and leaves’ absorption of mineral nutrients. Furthermore, single fruit weight, soluble sugar content, soluble solid materials content and Vc content increased significantly in pear fruits. And also, the foliar application of both plant-derived nutrient solutions displayed preventive effects on *Venturia Pirina* Aderh, *Phylospora pinicola* Nose and *Valisa mali* in leaves and fruits of pear plant. In terms of compared effects of different treatments, Tr3 and Tr4 greatly increased mineral nutrient contents in leaves, and Tr3 largely improved the growth of new tips and leaf area; in addition, Tr3 obviously hastened the growth and development of pear trees. Differing from Tr3, Tr4 markedly enhanced single fruit weight, soluble solid content and sugar/acids ratio, resulting in improvement of fruit quality. Besides the above functions, both Tr1 and Tr4 still showed well prevention of 3 pear diseases. In conclusion, the investigation suggested that there were large amount of mineral elements, organic nutrition and hormones in aromatic plant-derived nutrient solutions, as well as well-proportioned nutrition factors. These comprehensive ingredients perhaps help to improve growth of trees, mineral nutrient contents in leaves and fruit quality, and simultaneously played a role in the prevention of diseases of leaves and fruits of pear trees.

**Key Words:** aromatic plant-derived nutrient solution; ‘Fengshui’ pear; growth; fruit quality; prevention of disease

随着果树有机化栽培的开展,生产者越来越重视通过施用有机肥来改善果园土壤状况和树体营养状况,进而提高果品产量与质量<sup>[1]</sup>。植物源营养液是利用天然植物材料或经济作物的残体,配以糖、酵素等辅料,在设定的条件下进行人工提取和发酵而制成的有机制剂,具有营养、杀虫和抑菌的功效及制作简单,易于操作,无公害、低成本、效果显著的特点<sup>[2-3]</sup>。

近年来,一些研究者对植物源营养液及其应用效果进行了研究。喻大昭等<sup>[4]</sup>用 49 种植物源粗提液对黄瓜灰霉菌的活性抑制效果进行了分析,发现不同种类的植物源粗提液对灰霉菌具有不同程度的抑制作用。尉芹等<sup>[5]</sup>用苹果枝条制作木醋液,发现其对细菌、霉菌及病原菌有不同程度的抑制作用。徐学农等<sup>[6]</sup>用不同浓度的竹醋液在黄瓜上进行西方花蓟马抑制效果实验,发现高浓度的竹醋液对西方花蓟马的抑制作用更加显著。韦强等<sup>[7]</sup>采用室内抑菌实验与田间防治相结合的方法,发现 100 倍竹醋液喷施黄瓜可有效抑制霜霉病孢子的萌发,降低田间黄瓜霜霉病的侵害。代明亮等<sup>[8]</sup>以梨花,槐花,梨幼果,藜嫩芽,芹菜为材料分别制得植物源营养液,认为这 5 种营养液均能不同程度地促进‘雪青梨’生长,改善果实品质;其中以梨花营养液的效果最为显著。喷施苹果幼果源营养液能够明显提高幼树生长,改善果实品质,减少 a-法呢烯的含量,降低苹果虎皮病的发生率。对苹果轮纹病菌、腐烂病菌有显著的抑制效果。

芳香植物是兼具药用植物和香料植物功能的植物类群<sup>[9]</sup>。在果园中间作芳香植物,可有效趋避病虫害<sup>[10-11]</sup>,改善土壤肥力<sup>[1-2]</sup>,提高土壤有机质含量、水分含量和矿质元素含量<sup>[13]</sup>。但以芳香植物为材料的营养液的制作工艺、营养成分、营养液的应用效果如何尚不清楚。为此,本研究以 20 年生‘丰水梨/杜梨’为试

材,通过叶面喷施孔雀草、薄荷、神香草、香矢车菊、紫苏及其等配比混合的发酵营养液,测定分析不同种类营养液的养分状况,及其对梨树生长、叶片矿质养分含量、果实品质的影响以及对梨树黑星病、轮纹病、腐烂病的抑菌效果。旨在丰富有机果品生产技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以 20 年生‘丰水梨 (*P. pyrifolia* Nakai. cv. Hosui)/杜梨 (*Pyrus betulaefolia* Bunge)’为供试材料。供试果园为北京市大兴区贾尚果园。园地栽植株行距为 5 m×6 m、南北行向;树形为二层开心形,长势基本一致,负荷量相似。果园土壤为沙壤土,土壤 pH 7.59、有机质含量 1.59 %、全氮含量为 1839.8 mg/kg、碱解氮 52.41 mg/kg、有效磷 32.32 mg/kg、有效钾 60.55 mg/kg、交换性钙 2400.1 mg/kg、交换性镁 178.2 mg/kg、有效铁 5.58 mg/kg、有效锰 3.50 mg/kg、有效铜 3.28 mg/kg、有效锌 2.50 mg/kg。

供试芳香植物为孔雀草 (*Tagetes patula*)、紫苏 (*Perilla frutescens*)、神香草 (*Hyssopus officinalis*)、薄荷 (*Mentha canadensis*)、香矢车菊 (*Centaurea cyanus*)。间作于梨园果树行间。待植株生长超过 40 cm 时刈割地上部分,取其叶片作为营养液制作的原材料。本试验采用正交试验设计方法,筛选出芳香植物:赤砂糖:绿洲酵素 4 号:水=1000 g(鲜重):75 g:15 g:800 mL 配比,按照此比例分层置于陶缸内,在自然条件下,半封闭进行有氧发酵 25d 后,在发酵过程中检测主要成分变化,待表面有一层白色薄膜产生,芳香植物变为黄绿色时,滤去植物残渣,得到营养液,分装保存;混合营养液为 5 种芳香植物材料等配比混合后,按同样的方法制得。芳香植物种子来自于中国农业科学院,南国春叶面肥购于北京市昌平区京北贸易市场。

### 1.2 试验处理

试验共设置 8 个处理:处理 1 (Tr1)喷施孔雀草营养液;处理 2 (Tr2)喷施紫苏营养液;处理 3 (Tr3)喷施神香草营养液;处理 4 (Tr4)喷施薄荷营养液;处理 5 (Tr5)喷施香矢车菊营养液;处理 6 (Tr6)喷施混合营养液;处理 7 (Tr7)喷施南国春叶面肥;处理 8 (Tr8)清水 (CK)。于 2008 年自梨树盛花期后开始喷施,每隔 2 周喷施 1 次,每棵树每次喷施量为 3 L,使之均匀迷雾整个树冠,直到采收前 10d (9 月 19 日),共计喷施 8 次。随机区组试验设计,5 次重复,单株小区。

### 1.3 测试指标及方法

#### 1.3.1 芳香植物源营养液成分含量测定

营养液中氮的含量采用凯氏定氮法测定<sup>[14]</sup>;磷的含量采用钒钼黄比色法测定<sup>[14]</sup>(营养液中正磷酸根与偏钒酸和钼酸生成黄色的三元杂多酸,溶液中黄色的深度与磷含量成正比,与磷标准溶液相比较,可计算出磷的含量);钾、钙、镁、锰、铁、锌、铜的含量采用原子吸收分光光度法测定<sup>[14]</sup>。氨基酸总量采用茚三酮比色法测定<sup>[15]</sup>。可溶性总糖含量采用蒽酮比色法测定<sup>[16]</sup>。pH 值用 pH-25 型酸度计测定。生长素、细胞分裂素、赤霉素、脱落酸等激素含量用酶联免疫吸附法测定<sup>[17]</sup>。其具体操作步骤如下:

①营养液中激素的提取 取 2 mL 待测营养液,加等体积提取液,冰浴匀浆,4 ℃ 提取 4 h,3500 r/min 离心 8 min,取其上清。上清液过 C-18 固相萃取柱,用氮吹仪除去甲醇后保存待测。

②激素含量的测定 包被(加入包被抗原,37 ℃ 下静置 3 h),洗板(室温平衡后甩掉包被液,用洗涤液进行洗涤),竞争(加入标样、待测样及抗体),洗板(注意洗涤液需由标准曲线的低浓度一侧向高浓度一侧加,同时酶标板需向高浓度一侧倾斜),加二抗(加入酶标羊抗兔抗体),加底物显色,比色,计算激素含量。

#### 1.3.2 叶片养分含量测定

8 月下旬,取健壮枝条中部 5—10 节位叶片,测定叶片养分含量:叶片全氮、全磷含量用硫酸-过氧化氢煮法<sup>[18]</sup>测定;全钾含量用火焰光度计法<sup>[18]</sup>测定;有效态钙、镁、铁、锰、铜、锌含量用原子吸收分光光度法<sup>[18]</sup>测定。

#### 1.3.3 植株生长指标测定

8 月下旬,在每株供试植株的第 1 层主枝(树距地面 1—1.5 m)上,随机测量 20 个枝条,直尺法测量新梢

长度<sup>[19]</sup>;随机选取枝条中部节位的叶片,用 LI-3000 A 型叶面积仪测量单叶面积,烘干后测量单叶重量,计算比叶重(叶片干重/叶面积)<sup>[19]</sup>。用 UV-2100 型紫外分光光度计测定叶片中叶绿素含量<sup>[17]</sup>。

### 1.3.4 果实品质指标测定

果实纵横径用游标卡尺测定;果形指数=果实纵径/果实横径。果实硬度用 KM-5 硬度计测定。可溶性固形物含量用 WYT-4 型手持糖量仪测定。可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定<sup>[20]</sup>。维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定<sup>[21]</sup>。可溶性总糖含量采用蒽酮法测定<sup>[20]</sup>。

### 1.3.5 对梨树叶片和果实病害的测定

8 月下旬,采用随机取样法,每株取 20 片叶片,每处理共取 100 片叶片,调查喷施芳香植物源营养液对梨树叶片病害的抑制效果。病情分级:0 级无病斑;1 级病斑面积占叶片面积的 10% 以下;3 级病斑面积占叶片面积的 11%—25%;5 级病斑面积占叶片面积的 26%—40%;7 级病斑面积占叶片面积的 41%—65%;9 级病斑面积占叶片面积的 65% 以上<sup>[22-23]</sup>。

9 月 29 日果实完全成熟时,采取随机取样法,每株梨树取 25 个果实,每处理共取 125 个果实,调查喷施芳香植物源营养液对梨树果实病害的抑制效果。0 级果实上无病斑;1 级果实上有病斑 1—2 个;3 级果实上有病斑 3—4 个;5 级果实上有病斑 5—6 个;7 级果实上有病斑 7—10 个,部分病斑相连,占果面积 1/5 左右;9 级果实上有病斑 10 个以上,病斑相连占果面积 1/4 以上<sup>[22-23]</sup>。统计方法:(1)病情指数(%)=∑(各级病叶数×相对级数值)/(调查总叶数×最高病级)×100%。(2)防治效果(%)=(对照病情指数-处理病情指数)/对照病情指数×100%

## 1.4 数据分析

原始数据采用 Microsoft Excel 2003 和 DPSv8.01 版软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 芳香植物源营养液养分含量分析

不同种类芳香植物制作的营养液,其矿质养分含量不同。从表 1 中可以看出,供试的 5 种芳香植物源营养液中大量元素和微量元素的含量均不相同。其中薄荷营养液(MT)的氮、磷、铁、镁含量最高,神香草营养液(H)的钾含量最高,孔雀草营养(F)的钙、铜、锌含量最高。所有芳香植物源营养液的磷、钙、镁含量均显著高于南国春叶面肥。芳香植物源营养液的 pH 在 4.03—4.68 间;均低于南国春叶面肥( $P<0.05$ )。

表 1 不同种类芳香植物源营养液的矿质养分含量

Table 1 The comparison of mineral nutrient contents among different aromatic plant-derived nutrient solution

营养液 Species	N /%	P /(mg/L)	K /(mg/kg)	Ca /(mg/kg)	Mg /(mg/kg)	Fe /(mg/kg)	Mn /(mg/kg)	Cu /(mg/kg)	Zn /(mg/kg)	pH
F	0.20cC	0.25abA	536.99dD	1469.19aA	788.46eD	29.49dB	5.18bB	2.71bB	6.22bB	4.08f
P	0.09dD	0.21cdA	470.27F	643.59eE	953.84bB	21.01gC	4.20cC	2.28bB	3.88dD	4.03g
H	0.19cC	0.23bcA	589.01bB	1124.89cC	815.53dC	27.06eB	5.59bB	2.34bB	5.22cC	4.28d
MT	0.30bB	0.27aA	468.65F	1302.91bB	987.96aA	32.11bB	5.76bB	2.56bB	5.04cC	4.68b
C	0.18cC	0.21cdA	556.37cC	542.22F	461.04fE	21.41fC	2.21dD	2.34bB	4.82cC	4.32c
MX	0.19cC	0.20dA	518.93eE	1024.44dD	818.81cC	29.81cB	4.70cBC	2.39bB	5.10cC	4.25e
NGC	4.08aA	0.03eB	900.00aA	46.53gG	180.00gF	200.00aA	36.00aA	24.00aA	160.00aA	6.50a

大、小写字母不同表示 Duncan new multiple test 1% 及 5% 水平差异显著;F:孔雀草营养液;P:紫苏营养液;H:神香草营养液;MT:薄荷营养液;C:香矢车菊营养液;MX:混合营养液;NGC:南国春叶面肥

从表 2 中可以看出,不同种类的芳香植物源营养液氨基酸、可溶性糖等有机养分的含量不同。其中薄荷营养液(MT)中的氨基酸含量最高但小于南国春叶面肥( $P<0.05$ );可溶性糖的含量最高且大于南国春叶面肥( $P<0.05$ )。5 种芳香植物源营养液中,神香草营养液(H)中生长素、细胞分裂素和脱落酸的含量最高,孔雀草营养液(F)中赤霉素的含量最高。混合营养液(MX)中生长素和细胞分裂素含量比其他 5 种营养液的含量

均高。各芳香植物源营养液中的生长素和细胞分裂素含量显著高于南国春叶面肥 ( $P < 0.05$ ), 但赤霉素和脱落酸含量显著低于南国春叶面肥 ( $P < 0.05$ )。激素比例上, 神香草营养液 (H) 的激素比例与其他几种芳香植物源营养液及南国春叶面肥相比有较明显差异。

表 2 不同种类芳香植物源营养液有机养分和激素含量

营养液种类 Species	氨基酸总量 Amino Acid (g/100g)	可溶性糖含量 Soluble Sugar /%	激素种类与含量 Species and contents of hormones					激素比例 IAA : ZR : GA : ABA
			IAA /(ng/mL)	CTK /(ng/mL)	GA /(ng/mL)	ABA /(ng/mL)		
F	0.34c	0.61b	207.68cC	104.88bB	143.95aA	15.50cC	13.4 : 6.8 : 9.3 : 1	
P	0.29d	0.69b	205.99cC	89.64dD	108.27cC	15.78cC	13.1 : 5.7 : 6.9 : 1	
H	0.62b	0.87a	303.77aA	129.98aA	82.03eE	52.94aA	5.7 : 2.5 : 1.5 : 1	
MT	1.02a	0.92a	205.98cC	90.34dD	118.57bB	15.09cC	13.7 : 6.0 : 7.9 : 1	
C	0.76b	0.67b	250.44bB	94.70cC	95.99dD	17.38bB	14.4 : 5.4 : 5.5 : 1	
MX	0.55c	0.35c	305.89aA	131.35aA	71.31fF	17.30bB	17.7 : 7.6 : 4.1 : 1	
NGC	4.05a	0.16f	84.62f	76.10g	4237.98a	132.59a	0.6 : 0.5 : 31.9 : 1	

IAA: 生长素; CTK: 细胞分裂素; GA: 赤霉素; ABA: 脱落酸; 大、小写字母不同表示 Duncan new multiple test 1% 及 5% 水平差异显著; F: 孔雀草营养液; P: 紫苏营养液; H: 神香草营养液; MT: 薄荷营养液; C: 香矢车菊营养液; MX: 混合营养液; NGC: 南国春叶面肥

## 2.2 叶面喷施芳香植物源营养液对梨树生长的影响

从表 3 中可以看出, 叶面喷施不同种类芳香植物源营养液均显著提高了梨树生长量、叶面积、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量。在经不同芳香植物源营养液处理后, 梨树新梢生长量均大于清水对照 (Tr8), 其中增幅最大的神香草营养液处理 (Tr3), 较对照提高了 64.78%; 增幅最小的紫苏营养液处理 (Tr2), 较对照提高了 27.55%; 各处理与对照相比均显著增加了叶面积, 处理效果为: Tr3 > Tr4 > Tr6 > Tr5 > Tr1 > Tr7 > Tr2 > Tr8 (CK) ( $P < 0.05$ ); 各处理植株叶绿素 a、b 含量分别较对照提高了 22.62% (Tr5)—110.71% (Tr6) 和 28% (Tr5)—164% (Tr6), 比叶重处理间无明显差异。

表 3 喷施芳香植物源营养液对梨树新梢生长量和叶片性状的影响

处理 Treatments	新梢生长量 Growth of new tip /cm	叶面积 Leaf area /cm <sup>2</sup>	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content /(mg/g)	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content /(mg/g)	比叶重 Specific leaf weight /(g/cm <sup>2</sup> )
Tr1	13.92bB	56.99bcBC	1.22bAB	0.38bc	0.0082a
Tr2	12.64bB	48.19bcBC	1.06bB	0.44ab	0.0088a
Tr3	16.33aA	76.78aA	1.50aAB	0.44ab	0.0083a
Tr4	16.30aA	71.36bA	1.60aA	0.51a	0.0090a
Tr5	13.52bB	61.21bB	1.03bB	0.32bc	0.0095a
Tr6	13.26bB	61.42bB	1.77aA	0.66a	0.0090a
Tr7	14.01bAB	53.82cC	1.70aA	0.56a	0.0093a
Tr8	9.91cC	35.58dD	0.84cC	0.25c	0.0084a

Tr1: 孔雀草营养液处理; Tr2: 紫苏营养液处理; Tr3: 神香草营养液处理; Tr4: 薄荷营养液处理; Tr5: 香矢车菊营养液处理; Tr6: 混合营养液处理; Tr7: 南国春叶面肥处理; Tr8: 清水对照; 大、小写字母不同表示 Duncan new multiple test 1% 及 5% 水平差异显著

## 2.3 叶面喷施芳香植物源营养液对梨树叶片矿质元素含量影响

从表 4 中可以看出, 叶面喷施芳香植物源营养液提高了梨树新梢叶片中矿质养分的含量。与对照相比各处理均显著提高了叶片全氮含量, 处理效果为: Tr4 (增幅 15.41%) > (Tr5、Tr6) > Tr3 > Tr2 > Tr7 > Tr1 (增幅 5.6%) > Tr8 (CK) ( $P < 0.05$ ); 各处理均显著提高了叶片全磷含量, 处理效果为 Tr7 (增幅 533.33%) > Tr6 > Tr3 > Tr2 = Tr4 > Tr1、Tr5 (增幅 19.44%) > Tr8 (CK) ( $P < 0.05$ ); 除 (Tr7) 南国春肥外, 各处理均显著提高了叶片全钾

含量,处理效果为 Tr1>Tr4>Tr3>Tr6>Tr5>Tr2>Tr7>Tr8(CK) ( $P<0.05$ );各处理植株叶片中有效态钙的含量与对照相比均有显著提高,处理效果以 Tr4、Tr7、Tr3 较显著;叶片中有效态镁含量与对照相比均有显著提高,处理效果以 Tr4、Tr6、Tr3 效果显著;除 Tr1 外,其余处理植株叶片中有效态铁含量与对照相比有显著提高,有效态锰含量、有效态铜含量、有效态锌含量与对照相比有显著提高,处理效果分别为 Tr7>Tr4>Tr6>Tr5>Tr3>Tr2>Tr1>Tr8(CK) ( $P<0.05$ )、Tr3>Tr4>Tr2>Tr6>Tr1>Tr5>Tr7>Tr8(CK) ( $P<0.05$ );和 Tr3>Tr7>Tr4>Tr6>Tr5>Tr1>Tr2>Tr8(CK) ( $P<0.05$ )。

表 4 芳香植物源营养液对梨树新梢叶片矿质元素含量的影响

Table 4 Effect of aromatic plant-derived nutrient solution on the contents of pear leaf's mineral nutrient

处理 Treatments	N /%	P /%	K /%	Ca /%	Mg /%	Fe /(mg/kg)	Mn /(mg/kg)	Cu /(mg/kg)	Zn /(mg/kg)
Tr1	2.26bc	0.07b	4.87a	2.03c	1.43b	179.43dD	22.33deC	22.64bAB	7.84bcBC
Tr2	2.31bc	0.08ab	4.10b	2.24bc	1.25bc	193.28cC	23.50cdBC	23.96bAB	7.38bcBC
Tr3	2.35ab	0.09b	4.38a	3.46a	1.46b	228.73bB	24.47cBC	31.64aA	13.89aA
Tr4	2.53a	0.08b	4.69a	3.72a	2.18a	250.35aA	26.80bAB	26.33bAB	12.33aA
Tr5	2.41ab	0.07b	4.30a	2.24bc	1.28bc	233.67bB	24.81cBC	22.61bcAB	9.46bB
Tr6	2.41ab	0.10b	4.36a	2.54b	1.49b	247.10aA	24.87cBC	23.35bAB	12.09aA
Tr7	2.27bc	0.38a	2.52b	3.65a	1.38b	194.68cC	30.43aA	15.30cC	13.65aA
Tr8	2.14c	0.06b	2.45b	1.60c	0.88c	177.08dD	20.67eCD	9.56dD	5.71cC

表中 N, P, K 为叶片全氮,全磷,全钾含量;Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn 为有效态钙、镁、铁、锰、铜、锌含量; Tr1:孔雀草营养液处理;Tr2:紫苏营养液处理;Tr3:神香草营养液处理;Tr4:薄荷营养液处理;Tr5:香矢车菊营养液处理;Tr6:混合营养液处理;Tr7:南国春叶面肥处理;Tr8:清水对照;大、小写字母不同表示 Duncan new multiple test 1% 及 5% 水平差异显著

#### 2.4 叶面喷施芳香植物源营养液对梨果实品质的影响

从表 5 中可以看出,喷施芳香植物源营养液显著提高了‘丰水梨’果实的品质,与对照相比,各处理均显著提高了单果重,处理效果为 Tr4(增幅 52.74%)>Tr3>Tr6>Tr7>Tr1>Tr5>Tr2(增幅 24.74%)>Tr8(CK) ( $P<0.05$ );各处理均显著降低了果实的硬度,降幅最大的(Tr4)处理其果实硬度较对照降低了 45.21%,最小的(Tr1)处理较对照降低了 17.65%;各处理均显著提高了果实中可溶性固形物的含量,处理效果为 Tr6(增幅 34.83%)>Tr4>Tr3=Tr1>Tr2=Tr7>Tr5(增幅 8.65%)>Tr8(CK) ( $P<0.05$ );各处理的果实可滴定酸含量与对照相比均显著降低,降幅最大的(Tr3)处理较对照降低了 51.43%,最小的(Tr7)处理较对照降低了 22.86%;各处理均显著提高了果实中可溶性总糖的含量,增幅最大的(Tr4)处理较对照提高了 41.24%,最小的(Tr7)处理较对照提高了 13.10%;各处理均显著提高了果实中 Vc 的含量,增幅最大的(Tr4)处理较对照提高了 186.27%,最小的(Tr5)处理较对照提高了 85.84%;果型指数处理间无显著差异。

表 5 芳香植物源营养液对梨树果实品质的影响

Table 5 Effect of aromatic plant-derived nutrient solution on the fruit quality of ‘Fengshui’ pear

处理 Treatments	单果重 Fruit weight /g	果实硬度 Firmness /(kg/cm <sup>2</sup> )	可溶性固形物含量 Soluble solid content/%	果形指数 Fruit shape index	可滴定酸含量 Titration acid content/%	可溶性总糖含量 Dissolve Sugar /%	Vc 含量 Vc content /(mg/100g)
Tr1	399.21bB	7.14ab	11.50 a	0.88a	0.20bc	6.50ab	6.00ab
Tr2	390.91bB	7.12ab	10.67 ab	0.93a	0.23b	6.87ab	5.33ab
Tr3	460.67aA	6.71b	11.50 a	0.94a	0.17c	7.91a	4.67b
Tr4	478.04aA	4.75c	11.83 a	0.92a	0.20bc	8.03a	6.67a
Tr5	420.38abAB	5.71c	9.67 bc	0.94a	0.18bc	6.72ab	4.33b
Tr6	443.22abAB	5.52c	12.00 a	0.92a	0.22b	6.76ab	4.67b
Tr7	423.66abAB	6.63b	10.67 ab	0.97a	0.27b	6.39ab	6.00ab
Tr8	313.39cC	8.67a	8.90 cd	0.90a	0.35a	5.65bc	2.33c

Tr1:孔雀草营养液处理;Tr2:紫苏营养液处理;Tr3:神香草营养液处理;Tr4:薄荷营养液处理;Tr5:香矢车菊营养液处理;Tr6:混合营养液处理;Tr7:南国春叶面肥处理;Tr8:清水对照;大、小写字母不同表示 Duncan new multiple test 1% 及 5% 水平差异显著



## 2.5 叶面喷施芳香植物源营养液对梨果实和叶片的抑菌效果

梨树果实黑星病、轮纹病、腐烂病是危害梨果的主要病害,从图 1 中可以看出,喷施芳香植物源营养液后,梨树果实黑星病、轮纹病、腐烂病的病情指数均有较大程度的降低。其中孔雀草营养液(Tr1)和薄荷营养液(Tr4)处理后果实的病情指数较对照(Tr8)相比降低幅度最大,其腐烂病的病情指数是对照的 12.00% 和 18.15%;轮纹病的病情指数是对照的 11.19% 和 19.31%;黑星病的病情指数是对照的 8.75% 和 18.99%。喷施芳香植物源营养液对梨树果实黑星病、轮纹病、腐烂病均有一定的抑制效果,其中孔雀草营养液(Tr1)和薄荷营养液(Tr4)处理后对病菌的抑制效果较好。与对照相比,对梨树果实腐烂病的抑制效果分别为 88.00% 和 81.85%;对梨树果实轮纹病的抑制效果分别为 88.81% 和 80.69%;对梨树果实黑星病的抑制效果分别为 91.25% 和 81.01%。

从图 1 中可以看出,喷施芳香植物源营养液后,梨树叶片黑星病、轮纹病、腐烂病的病情指数均有较大程度的降低。其中孔雀草营养液(Tr1)和薄荷营养液(Tr4)处理后果实的病情指数较对照(Tr8)相比降低幅度最大,其腐烂病的病情指数是对照的 19.26% 和 20.71%;轮纹病的病情指数是对照的 12.61% 和 19.44%;黑星病的病情指数是对照的 12.30% 和 18.58%。喷施芳香植物源营养液对梨树叶片黑星病、轮纹病、腐烂病均有一定的抑制效果,其中孔雀草营养液(Tr1)和薄荷营养液(Tr4)处理后对病菌的抑制效果较好。与对照相比,对梨树叶片腐烂病的抑制效果分别为 80.74% 和 79.29%;对梨树果实轮纹病的抑制效果分别为 87.39% 和 80.56%;对梨树果实黑星病的抑制效果分别为 87.70% 和 81.42%。

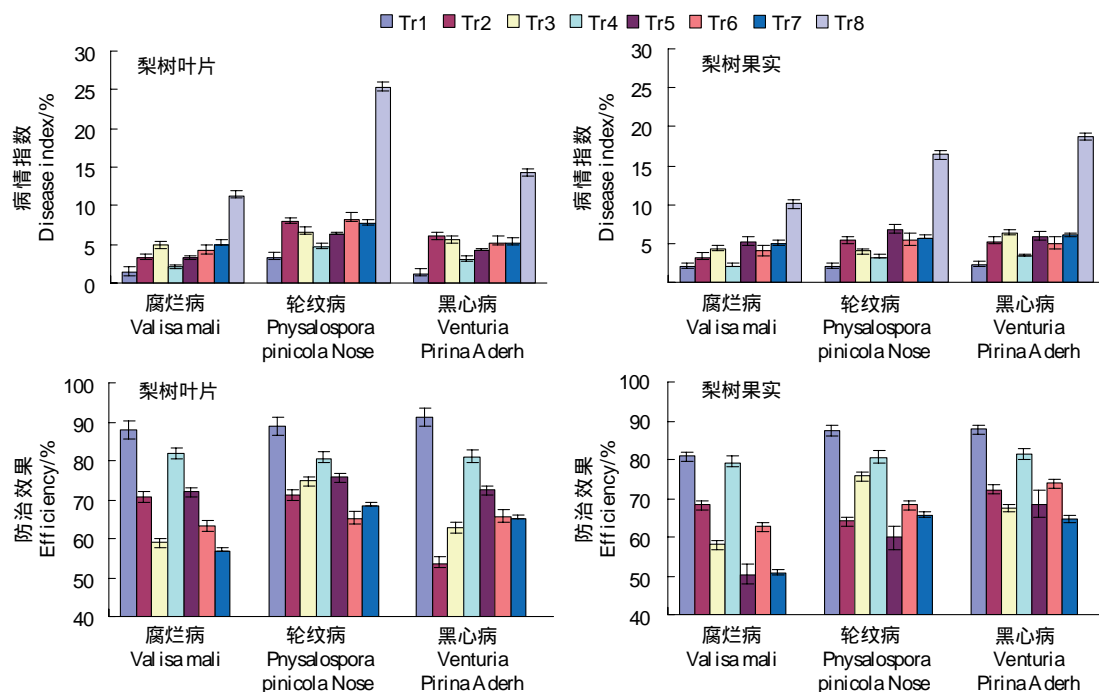


图 1 喷施芳香植物源营养液对梨叶片和果实病害的抑制效果

Fig. 1 Effect of spraying aromatic plant-derived nutrient solution on the disease in leaves and fruits of pear plants

## 3 讨论与结论

叶面施肥是补充作物营养,调节作物生长的重要手段之一<sup>[24]</sup>。在本研究中,几种芳香植物源营养液与南国春叶面肥,在不同的矿质养分含量及有机养分含量方面相比各有高低,但叶面喷施后与对照相比均能不同程度的促进新梢生长,增加叶面积;其中神香草营养液(Tr3)对梨树生长的促进作用最明显。陈波浪、蒋平安等<sup>[25]</sup>研究表明:高水平的 K 素营养,能显著促进棉花植株的生长,使株高增加,根体积增大,叶面积增大。李长槐等<sup>[26]</sup>研究表明:高浓度的生长素极显著的增加了中华红叶杨新梢的生长。本研究中通过对 5 种芳香植

物源营养液及其混合营养液综合对比分析可发现,神香草营养液中含有最高量的 K 元素和较高的其他矿质养分,这些矿质养分可以直接被叶片吸收和运转,及时供应植株所需养分,为树体生长提供了必要的物质条件。同时神香草营养液中还含有极高量的生长素,其激素比例也与其它芳香植物源营养液及南国春叶面肥有较明显差异,高含量的生长素及特殊的激素配比,为植株生长提供了有效的调节。因此可以推测,高含量的 K 元素、矿质养分、激素含量以及适度的激素比例可能是神香草营养液显著促进梨树生长的原因。

叶片矿质营养是果树生长发育、产量和品质形成的物质基础<sup>[27]</sup>。在本实验中,叶面喷施芳香植物源营养液及南国春叶面肥与对照相比均能不同程度的提高叶片中矿质元素含量,在所有处理中神香草营养液(Tr3)、薄荷营养液(Tr4)处理后叶片矿质元素提高幅度比较明显。Zeng 等<sup>[28]</sup>研究表明:增施 K 肥可提高阿月浑子(*Pistacia vera* L.)叶片中 K 元素的含量;李亚东等<sup>[29]</sup>研究表明:增施 K 肥,可提高黑穗醋栗叶片中 N 元素的含量,使树体营养更加平衡;陈琳等<sup>[30]</sup>研究表明:提高氮素供应水平,可显著提高西南桦幼苗叶片中 N, P, K 元素的含量。本研究中 5 种芳香植物源营养液及其混合营养液相比,神香草营养液(Tr3)中 K 元素含量最高,薄荷营养液(Tr4)中 N、P、Mg、Fe 元素含量最高,且两种营养液的矿质元素含量比例比较平衡,一方面是高水平的 K, N 及其他矿质元素的供给,提高梨树叶片对矿质养分的吸收,另一方面良好的矿质元素比例促进了养分的吸收与运转,使得梨树叶片矿质元素含量提高。

叶面施肥,各种养分能够很快地被作物叶片吸收,直接从叶片进入植物体,能够有效地促进作物体内各种生理过程的进展,显著提高光合作用的强度和酶的活性,促进有机物的合成、转化和运输,最终可提高产量,改善果实品质,发挥肥料的最大效益<sup>[3]</sup>。本研究结果表明,叶面喷施芳香植物源营养液均能不同程度的提高单果重,果实可溶性固形物含量,降低果实硬度,从而提高果实品质。5 种芳香植物源营养液、混合营养液、南国春叶面肥相比,薄荷营养液(Tr4)对果实品质的提高效果最为明显。涂常青等<sup>[31]</sup>研究表明:沙田柚果实还原糖含量与土壤 N 元素含量呈显著正相关,总酸含量与土壤 N, P, K 元素含量呈显著正相关;朱清华等<sup>[32]</sup>研究表明:适当的提高 N 素供给,可使油桃果实体积增大,平均单果重增加,可溶性固形物含量提高。张林,韩振海等<sup>[33]</sup>等研究表明:增施粉煤灰有机肥能增加果皮中花青苷含量,降低果实中可滴定酸含量,对提高果实品质有明显的促进作用。本研究中 5 种芳香植物源营养液及其混合营养液相比,薄荷营养液不但 N、P、Fe、Mg 等矿质养分含量最高,而且氨基酸,可溶性总糖等有机养分的含量也均为最高。根据前人研究结果,我们推测薄荷营养液中高水平的矿质养分和有机养分含量是其能够显著提高梨树果实品质的原因。

植物是生物活性化合物的天然宝库,其产生的次生代谢产物超过 40 万种,其中的大多数化学物质如萜烯类、生物碱、类黄酮、甾体、酚类、独特的氨基酸和多糖等均具有杀虫或抗菌活性<sup>[34]</sup>。Wilkins 等曾报道有 1389 种植物有可能作为杀菌剂,植物中的抗毒素、类黄酮、罹病相关蛋白质、有机酸和酚类化合物等均具有杀菌或抗菌活性;因此,植物被认为是化学合成杀菌剂替代品最好的开发资源<sup>[10]</sup>。国外学者对植物精油的抗菌、杀菌活性及其化学成分研究报道较多。本实验中将芳香植物进行微生物发酵后,对梨树黑星病、轮纹病、腐烂病也表现出一定的抑菌效果,其中孔雀草营养液(Tr1)和薄荷营养液(Tr4)的抗菌效果较好。这可能是由于芳香植物源营养液中含有不同种类与含量的具有抗菌活性的化学物质造成的。具体是哪些物质对梨树黑星病、轮纹病、腐烂病起到抗菌作用,它们各自的含量有何区别,则有待于进一步研究。

综上所述,芳香植物源营养液含有大量的矿质元素,有机营养,生长素、细胞分裂素,脱落酸以及较特殊的激素比例。叶面喷施能显著促进树体的营养生长,以神香草营养液(Tr3)的效果最好。能提高叶片矿质养分含量,以神香草营养液(Tr3)及薄荷营养液(Tr4)效果最好。能较好的改善果实品质,以薄荷营养液(Tr4)的提高效果最显著。能有效抑制提高梨树黑星病、轮纹病、腐烂病害的发生,以孔雀草营养液(Tr1)和薄荷营养液(Tr4)效果较佳。

## References:

- [1] Zeng X B, Hu X Y, Hu Q X. Present state on China's fertilizer application and its development. Science and Technology Review, 2002, (8): 36-39.

- [ 2 ] Li G B. The species and function of foliar fertilizers. *Agricultural Means of Production*, 2000, (4) : 23-26.
- [ 3 ] Fu Z F, Yao Y C. The development and application of plant-derived nutrient solution. Beijing: Forestry Bureau of Beijing, 2004: 11.
- [ 4 ] Yu D Z, Yang X J, Yang L J, Wang S N, Zhang H Y. Bioactivity screening of crude extracts from 49 species of plants to *Botrytis cinerea*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2004,31(2) :217-218.
- [ 5 ] Wei Q, Ma X H, Zhu W H, Zhang S S, Li X M. Comparison of chemical compositions, antimicrobial and antioxidant activities of pyroigneous acids of apple branches. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009,45(12) :16-21.
- [ 6 ] Xu X N, Wang E D, Yue Y D, Wang J. Deterrent effect of bamboo vinegar to western flower thrips. *Plant Protection*, 2008,34(5) :128-131.
- [ 7 ] Wei Q, Du X G, Huang M Q, Chen X N. Study on the effect of bamboo vinegar on controlling downy mildew of cucumber. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006,22(6) :330-332.
- [ 8 ] Dai M L, Li S T, Han Z H, Xu X F, Zhang X Z, Li T Z. Effects of plant-derived nutrient solutions on the growth and fruit quality of 'Xueqing' pear. *Journal of China Agricultural University*, 2008,13(5) :19-23.
- [ 9 ] Hernández T, Canales M, Avila J G, García AM, Martínez A, Caballero J, de Vivar A R, Lira R. Composition and antibacterial activity of essential oil of *Lantana achnanthifolia* Desf. (Verbenaceae). *Journal of Ethnopharmacol*, 2005,96(3) :551-554.
- [ 10 ] Wang J X. The study of intercropping mint technology. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2004, 20(3) :204-205.
- [ 11 ] Wang J X, Guo G L. The experiment of intercropping mint in apple. *China Fruits*, 2003,11(6) :9-10.
- [ 12 ] Sujatha S, Ravi B, Balasimha D, Kannan C. Crop diversification in arecanut plantation through intercropping of medicinal and aromatic plant. *Journal of Plantation Crops*,2006,34(3) :318-322.
- [ 13 ] Wu Z J, Xu Z M, Li C T. Study and summary of aromatic plant. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2005,33(12) :2393-2396.
- [ 14 ] Hao Z B, Cang J, Xu Z. *Plant Physiology Experiment*. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004.
- [ 15 ] Liu H Y, De L G E S, Fang H T. Studied on determinating free-amino acid level of bovine meat by ninhydrin colorimetric method. *Storage and Process*, 2006,6(2) :123-131.
- [ 16 ] Ran X T, An Z X. Effects of bagging on the 'yali' pear fruit quality. *Northern Horticulture*, 1990, (Z2) : 68-72.
- [ 17 ] Hao J J, Kang Z L, Yu Y. *Plant Physiology Experiment Technology*. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [ 18 ] Bao S D. *Agricultural Soil Analysis*. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [ 19 ] Zhang W C. *Fruit Study Methods*. Beijing: China Agriculture Press, 1995.
- [ 20 ] Hou X L, Li J F, Xu X Y. Effects of low light on morphological and physiological indexes of tomato at different growth stages. *Acta Horticulturae Sinica*, 2002,29(2) :123-127.
- [ 21 ] Wu C Y. Mensuration and comparison of vitamin C's content in fruits. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2007,29(3) : 43-48.
- [ 22 ] Li B Z, Liang J, Lei X M, Lei J L, Kang K. The experiment of bactericidal on *Alternaria mali* Roberts of apple. *Northwest Horticulture*, 2002, (2) :12-18.
- [ 23 ] An M L, Li B Z, Zhang L S, Ran B L, Chi Y Z, Liu J H. Bactericidal on the prevention of apple diseases and study on the safety of florescence. *Yantai Fruits*, 2005, (4) :1-3.
- [ 24 ] Xu J. Study on the fertilizer efficiency of Amino-acid foliar fertilizer. Shanghai: *Vegetables*, 2004, (3) : 58-59.
- [ 25 ] Chen B L, Sheng J D, Jiang P A, Ma D Y. Effects of potassium nutrition on growth of cotton on liquid foster. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2008,24(11) :267-271.
- [ 26 ] Li C H, Cao A A, Han A H. Effect of Indole-3-acetic acid on the survival rate, growth and development of Chinese Red-leaf poplar. *Forestry of China*, 2009, (15) :51.
- [ 27 ] Han Z H, Wang Q. Current situation and prospects of research on fruit mineral nutrition in china. *Acta Horticulturae Sinica*, 1995,22(2) : 138-146.
- [ 28 ] Zeng Q P, Brown P H, Holtz B A. Potassium fertilization affects soil K, leaf K concentration, and nut yield and quality of mature pistachio trees. *HortScience*,2001,36(1) :85-89.
- [ 29 ] Li Y D, Zhan Z D, Liu H Z, Hao R. A study on nutrition status of black currant in northeast. *Acta Horticulturae Sinica*, 1993,20(4) :324-328.
- [ 30 ] Chen L, Zeng J, Xu D P, Zhao Z G, Guo J J, Lin K Q, Sha E. Effects of exponential nitrogen loading on growth and foliar nutrient status of betula alnoides seedlings. *Scientia Silvae Sinicae*, 2010,46(5) :35-40.
- [ 31 ] Tu C Q, Wang K F, Wen X R, He J. Relationship between soil nutrient and Shatianyou fruit quality in its main production areas. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2009, 17(6) :1128-1131.
- [ 32 ] Zhu Q H, Li Q L, Gao D S. Effects of Nitrogen application of the quality of nectarine's leaves and fruits in the protected cultivation conditions. *Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science*, 2004,35(1) :43-46.
- [ 33 ] Zhang L, Han Z H, Li T Z, Xu X F. Effect of combined application of fly ash and organic manures on vegetative growth and fruit quality of apple

trees. Northern Horticulture, 2008, (4):20-23.

- [34] Han J H, Zhu M J, Feng J T, Yang Z W, Zhang X. Screening studies on fungistasis of 27 plants. Journal of Northwest Science Technology University of Agriculture and Forest (Nation Science Edition), 2002, 30(6):134-137.

#### 参考文献:

- [1] 曾希柏, 胡学玉, 胡清秀. 我国肥料的施用现状及发展趋势. 科技导报, 2002, (8):36-39.
- [2] 李贵宝. 叶面肥的种类与功能. 农资科技, 2000, (4):23-26.
- [3] 付占芳, 姚允聪. 植物源营养液的开发与应用. 北京:北京市林业局, 2004:11.
- [4] 喻大昭, 杨小军, 杨立军, 王少南, 张汉亦. 49种植物源粗提物对黄瓜灰霉菌的生物活性筛选. 植物保护学报, 2004, 31(2):217-218.
- [5] 尉芹, 马希汉, 朱卫红, 张姗姗, 李晓明. 不同温度段苹果枝木醋液化学组成、抑菌及抗氧化活性比较. 林业科学, 2009, 45(12):16-21.
- [6] 徐学农, 王恩东, 岳永德, 王进. 竹醋液对西方花蓟马的忌避作用. 植物保护, 2008, 34(5):128-131.
- [7] 韦强, 杜相革, 黄漫青, 陈湘宁. 竹醋液对黄瓜霜霉病防治效果的研究. 中国农学通报, 2006, 22(6):330-332.
- [8] 代明亮, 李松涛, 韩振海, 许雪峰, 张新忠, 李天忠. 植物源营养液对‘雪青梨’生长及果实品质的影响. 中国农业大学学报, 2008, 13(5):19-23.
- [10] 王嘉祥. 薄荷间作高产高效栽培技术研究. 中国农学通报, 2004, 20(3):204-205.
- [11] 王嘉祥, 郭广兰. 苹果园间作薄荷试验. 中国果树, 2003, 11(6):9-10.
- [13] 吴卓珈, 徐哲民, 李春涛. 芳香植物的研究进展. 安徽农业科学, 2005, 33(12):2393-2396.
- [14] 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 植物生理实验. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [15] 刘慧燕, 德力格桑, 方海田. 茚三酮比色法测定牛肉中游离氨基酸的试验研究. 保鲜与加工, 2006, 6(2):123-131.
- [16] 冉辛拓, 安宗祥. 套袋对鸭梨果实品质影响. 北方园艺, 1990, (22):68-72.
- [17] 郝建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术. 北京:化学工业出版社, 2007.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [19] 章文才. 果树研究法. 北京:中国农业出版社, 1995.
- [20] 侯兴亮, 李景富, 许向阳. 弱光处理对番茄不同生育期形态和生理指标的影响. 园艺学报, 2002, 29(2):123-127.
- [21] 吴春艳. 水果中维生素C含量的测定及比较. 武汉理工大学学报, 2007, 29(3):43-48.
- [22] 李丙智, 梁俊, 雷小明, 雷俊朗, 康慨. 杀菌剂防治苹果斑点落叶病田间试验. 西北园艺, 2002, (2):12-18.
- [23] 安孟林, 李丙智, 张林森, 阮班录, 池永战, 刘建海. 杀菌剂防治苹果病害及花期使用安全性研究. 烟台果树, 2005, (4):1-3.
- [24] 徐军. 氨基酸叶面肥肥效初探. 上海蔬菜, 2004, (3):58-59.
- [25] 陈波浪, 盛建东, 蒋平安, 马德英. 钾营养对水培棉花生长发育的影响. 中国农学通报, 2008, 24(11):267-271.
- [26] 李长槐, 曹媛媛, 韩爱华. 生长素对中华红叶杨扦插成活率及生长发育的影响. 中国林业, 2009, (15):51.
- [27] 韩振梅, 王倩. 我国果树营养的研究现状和展望. 园艺学报, 1995, 22(2):138-146.
- [29] 李亚东, 张志东, 刘洪章, 郝瑞. 东北地区黑穗醋栗营养状态研究. 园艺学报, 1993, 20(4):324-328.
- [30] 陈琳, 曾杰, 徐大平, 赵志刚, 郭俊杰, 林开勤, 沙二. 氮素营养对西南桦幼苗生长及叶片养分状况的影响. 林业科学, 2010, 46(5):35-40.
- [31] 涂常青, 王开封, 温欣荣, 何江. 沙田柚主产区土壤养分状况与果实品质关系初探. 中国生态农业学报, 2009, 17(6):1128-1131.
- [32] 朱清华, 李宪利, 高东升. 施氮对设施油桃叶片及果实发育的效应. 山东农业大学学报(自然科学版), 2004, 35(1):43-46.
- [33] 张林, 韩振海, 李天忠, 许雪峰. 粉煤灰有机肥配施对苹果生长和果实品质的影响. 北方园艺, 2008, (4):20-23.
- [34] 韩建华, 祝木金, 冯俊涛, 杨之为, 张兴. 27种植物抑菌活性初步筛选. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(6):134-137.

CONTENTS

Root system characters in growth and distribution among three littoral halophytes ..... YI Liangpeng, WANG Zuwei (1195)

Population dynamics of endophytic bacteria isolated from the roots of infected *Cymbidium faberi* ..... YANG Na, YANG Bo (1203)

Spatial variability of forest soil total nitrogen of different soil layers ..... ZHANG Zhenming, YU Xinxiao, WANG Yousheng, et al (1213)

Habitat prediction for forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Qinling mountain range based on niche model ..... LUO Chong, XU Weihua, ZHOU Zhixiang, et al (1221)

Growth release determination and interpretation of Korean pine and Koyama spruce in Shengshan National Nature Reserve, Heilongjiang Province, China ..... WANG Xiaochun, ZHAO Yufang (1230)

Growth tolerance and accumulation characteristics of the mycelia of two macrofungi species to heavy metals ..... LI Weihuan, YU Lanlan, CHENG Xianhao, et al (1240)

Characters of the OMI NO<sub>2</sub> column densities over different ecosystems in Zhejiang Province during 2005—2009 ..... CHENG Miaomiao, JIANG Hong, CHEN Jian, et al (1249)

The forest gap diameter height ratio in a secondary coniferous forest of Guan Di Mountain ..... FU Liyong, TANG Shouzheng, LIU Yingan (1260)

Landscape responses to changes in water levels at Poyang Lake wetlands ..... XIE Dongming, ZHENG Peng, DENG Hongbing, et al (1269)

Effect of simulated nitrogen deposition on litter decomposition in a *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocala mopsi* plantation, Rainy Area of West China ..... TU Lihua, DAI Hongzhong, HU Tingxing, et al (1277)

Effect of aromatic plant-derived nutrient solution on the growth, fruit quality and disease prevention of pear trees ..... GENG Jian, CUI Nannan, ZHANG Jie, et al (1285)

Influences of different plastic film mulches on temperature and moisture of soil and growth of watermelon in gravel-mulched land ..... MA Zhongming, DU Shaoping, XUE Liang (1295)

Effects of drought stress on photosynthetic traits and protective enzyme activity in maize seedling ..... ZHANG Renhe, ZHENG Youjun, MA Guosheng, et al (1303)

Photosynthetic diurnal variation characteristics of leaf and non-leaf organs in winter wheat under different irrigation regimes ..... ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, WANG Zhimin (1312)

The root system hydraulic conductivity and water use efficiency of alfalfa and sorghum under water deficit ..... LI Wenrao, LI Xiaoli, ZHANG Suiqi, et al (1323)

Latitudinal gradient in beta diversity of forest communities in America ..... CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1334)

Influence of silts on growth and development of *Acorus calamus* and *Acorus tatarinowii* in turbid water ..... LI Qiang, ZHU Qihong, DING Wuquan, et al (1341)

Roles of earthworm in phytoremediation of pyrene contaminated soil ..... PAN Shengwang, WEI Shiqiang, YUAN Xin, et al (1349)

Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) along with analysis on the meteorological factors influencing the population in pomegranate orchards ..... LIU Ling, CHEN Bin, LI Zhengyue, et al (1356)

Geophagy of *Macaca Thibetana* at Mt. Huangshan, China ..... YIN Huabao, HAN Demin, XIE Jifeng, et al (1364)

The structure and dynamic of insect community in Zhalong Wetland ..... MA Ling, GU Wei, DING Xinhua, et al (1371)

Analysis of layer progressive discriminant relations between the occurrence of *Bipectilus zhejiangensis* and soil ..... DU Ruiqing, CHEN Shunli, ZHANG Zhengtian, et al (1378)

New mutations in hind wing vein of *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae) induced by lower developmental temperature ..... ZHOU Bingfeng, ZHU Xiangjie, LI Yue (1387)

18S rRNA gene variation and phylogenetic analysis among 6 orders of Bivalvia class ..... MENG Xueping, SHEN Xin, CHENG Hanliang, et al (1393)

Laboratory study on ethology of *Spinibarbus hollandi* ..... LI Weiming, CHEN Qiuwen, HUANG Yingping (1404)

Dynamic change in ecological footprint of energy consumption for traction of locomotives in China ..... HE Jicheng (1412)

Approach to spatial differences analysis of urban carrying capacity: a case study of Changzhou City ..... WANG Dan, CHEN Shuang, GAO Qun, et al (1419)

Social adaptive capacity for water resource scarcity in human systems and case study on its measuring ..... CHENG Huaiwen, LI Yuwen, XU Zhongmin (1430)

Effects of physical leaf features of host plants on leaf-mining insects ..... DAI Xiaohua, ZHU Chaodong, XU Jiasheng, et al (1440)

**Review and Monograph**

Progresses of free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) researches on C<sub>4</sub> crops: a review ..... WANG Yunxia, YANG Lianxin, Remy Manderscheid, et al (1450)

**Scientific Note**

Influence of limestone powder doses on fine root growth of seriously damaged forests of *Pinus massoniana* in the acid rain region of Chongqing, China ..... LI Zhiyong, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1460)

Leaf surface microstructure of *Ligustrum lucidum* and *Viburnum odoratissimum* observed by Atomic force microscopy (AFM) ..... SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang, LIU Xiao (1471)

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 5 期 (2011 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 5 2011

**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** 冯宗炜  
**主 管** 中国科学技术协会  
**主 办** 中国生态学会  
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@cspg.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

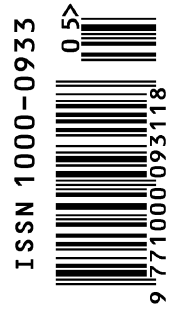
**Editor-in-chief** FENG Zong-Wei  
**Supervised** by China Association for Science and Technology  
**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**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@cspg.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 70.00 元