

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

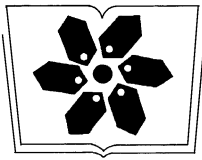
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第15期 Vol.33 No.15 **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 15 期 2013 年 8 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 红树林生态系统遥感监测研究进展..... 孙永光,赵冬至,郭文永,等 (4523)
- 基于能值分析方法的都市代谢过程研究——理论与方法 刘耕源,杨志峰,陈 彬 (4539)
- 关于生态文明建设与评价的理论思考 赵景柱 (4552)

个体与基础生态

- 长江口及邻近海域秋冬季小型底栖动物类群组成与分布..... 于婷婷,徐奎栋 (4556)
- 灌河口邻近海域春季浮游植物的生态分布及其营养盐限制..... 方 涛,贺心然,冯志华,等 (4567)
- 春季海南岛近岸海域尿素与浮游生物的脲酶活性..... 黄凯旋,张云,欧林坚,等 (4575)
- 模拟酸雨对蒙古栎幼苗生长和根系伤流量的影响..... 梁晓琴,刘 建,丁文娟,等 (4583)
- 有机酸类化感物质对甜瓜的化感效应..... 张志忠,孙志浩,陈文辉,等 (4591)
- 稻田土壤氧化态有机碳组分变化及其与甲烷排放的关联性..... 吴家梅,纪雄辉,霍莲杰,等 (4599)
- 双氰胺单次配施和连续配施的土壤氮素形态和蔬菜硝酸盐累积变化..... 王煌平,张 青,翁伯琦,等 (4608)
- 不同类型土壤中分枝杆菌噬菌体分离率的比较..... 徐凤宇,苏胜兵,马红霞,等 (4616)
- 模拟酸雨对小麦产量及籽粒蛋白质和淀粉含量及组分的影响 卞雅姣,黄 洁,孙其松,等 (4623)
- 麻花秦艽种子休眠机理及其破除方法 李兵兵,魏小红,徐 严 (4631)
- 4 种金色叶树木对 SO₂ 胁迫的生理响应 种培芳,苏世平 (4639)
- 硫丹及其主要代谢产物对紫色土中酶活性的影响..... 熊佰炼,张进忠,代 娟,等 (4649)

种群、群落和生态系统

- 群落水平食物网能流季节演替特征..... 徐 军,周 琼,温周瑞,等 (4658)
- 千岛湖岛屿社鼠的种群数量动态特征..... 张 旭,鲍毅新,刘 军,等 (4665)
- 黄土丘陵沟壑区不同植被区土壤生态化学计量特征..... 朱秋莲,邢肖毅,张 宏,等 (4674)
- 青藏高原高寒草甸退化与人工恢复过程中植物群落的繁殖适应对策..... 李媛媛,董世魁,朱 磊,等 (4683)
- 杉木人工林土壤质量演变过程中土壤微生物群落结构变化..... 刘 丽,徐明恺,汪思龙,等 (4692)
- 不同玉米品种(系)对玉米蚜生长发育和种群增长的影响 赵 曼,郭线茹,李为争,等 (4707)
- 伏牛山自然保护区森林冠层结构对林下植被特征的影响..... 卢训令,丁圣彦,游 莉,等 (4715)
- 内蒙古武川县农田退耕还草对粪金龟子群落的影响 刘 伟,门丽娜,刘新民 (4724)
- 铜和营养缺失对海州香薷两个种群生长、耐性及矿质营养吸收的差异影响 柯文山,陈世俭,熊治廷,等 (4737)
- 新疆喀纳斯国家自然保护区植被叶面积指数观测与遥感估算..... 咎 梅,李登秋,居为民,等 (4744)

景观、区域和全球生态

基于 LUCC 的生态系统服务空间化研究——以张掖市甘州区为例 梁友嘉,徐中民,钟方雷,等 (4758)

人工管理和自然驱动下盐城海滨湿地互花米草沼泽演变及空间差异 张华兵,刘红玉,侯明行 (4767)

基于 PCA 的滇西北高原纳帕海湿地退化过程分析及其评价 尚 文,杨永兴,韩大勇 (4776)

基于遥感和地理信息系统的图们江地区生态安全评价..... 南 颖,吉 喆,冯恒栋,等 (4790)

呼中林区森林景观的历史变域模拟及评价..... 吴志丰,李月辉,布仁仓,等 (4799)

降水时间对内蒙古温带草原地上净初级生产力的影响..... 郭 群,胡中民,李轩然,等 (4808)

研究简报

我国中东部不同气候带成熟林凋落物生产和分解及其与环境因子的关系.....

..... 王健健,王永吉,来利明,等 (4818)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-08



封面图说:石质山区的退耕还林——桂西北地区是我国喀斯特集中分布的地区之一,这里的石漠化不仅造成土地退化、土壤资源逐步消失、干旱缺水和土地生产力下降,而且还导致生态系统退化和植被消亡。桂西北严重的地质生态环境问题,威胁着当地居民的基本生存,严重制约了当地社会经济的发展。增加植被覆盖是防治石漠化的重要举措。随着国家退耕还林、生态移民等治理措施的实施,区域植被碳密度显著增加,生态环境有所好转。图为喀斯特地区农民见缝插针用来耕种的鸡窝地(指小、碎、分散的土地),已经退耕还林了。

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/stxb201204270609

张志忠, 孙志浩, 陈文辉, 林文雄. 有机酸类化感物质对甜瓜的化感效应. 生态学报, 2013, 33(15): 4591-4598.

Zhang Z Z, Sun Z H, Chen W H, Lin W X. Allelopathic effects of organic acid allelochemicals on melon. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(15): 4591-4598.

有机酸类化感物质对甜瓜的化感效应

张志忠¹, 孙志浩¹, 陈文辉², 林文雄^{3,*}

(1. 福建农林大学园艺学院, 福州 350002; 2. 福州市蔬菜科学研究所, 福州 350012;

3. 福建农林大学农业生态研究所, 福州 350002)

摘要:以甜瓜种质“新银辉”为材料,用苹果酸、柠檬酸、对羟基苯甲酸、肉桂酸、阿魏酸、水杨酸和香豆酸等 7 种有机酸类化感物质处理甜瓜种子和幼苗,探讨其对甜瓜的化感效应及作用机理。结果表明:苹果酸可以促进甜瓜种子发芽和幼苗胚根生长,抑制植株鲜重增加和胚轴生长;柠檬酸促进发芽,对羟基苯甲酸和肉桂酸抑制发芽,但三者均抑制胚根生长,且对鲜重和胚轴生长表现为低促高抑效应,高浓度肉桂酸对种子发芽和胚轴生长的抑制效应最强,可能是甜瓜重要的化感物质;阿魏酸和香豆酸对发芽表现为低促高抑效应,抑制鲜重、胚根和胚轴生长;水杨酸对发芽和胚轴生长表现为低促高抑效应、抑制鲜重和胚根生长。7 种有机酸处理后过氧化物酶活性均增强,有机酸类物质对甜瓜的化感效应可能和其体内的过氧化氢水平有较高的相关性;苹果酸、肉桂酸、对羟基苯甲酸和水杨酸处理后甜瓜幼苗体内超氧化物歧化酶的活性基本呈下降趋势,柠檬酸、阿魏酸和香豆酸则表现为低促高抑效应;过氧化物酶活性变化较复杂,但基本随处理浓度升高而上升;丙二醛含量大多低于对照。

关键词:甜瓜;有机酸类化感物质;化感作用

Allelopathic effects of organic acid allelochemicals on melon

ZHANG Zhizhong¹, SUN Zhihao¹, CHEN Wenhui², LIN Wenxiong^{3,*}

1 College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

2 Institute of Vegetable Research, Fuzhou 350012, China

3 Institute of Agroecology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: Melon is an important horticultural crop worldwide. In recent years, melon cultivation has been significantly affected by increasingly serious continuous cropping problems. Allelopathy is an important factor in the continuous cropping problems of melon. Organic acids are allelochemicals that are commonly found in *Cucurbitaceae* crops. However, there have been no reports on the isolation and characterization of allelochemicals from melon. In this research, we analyzed the effects of seven organic acid allelochemicals on the melon germplasm ‘New Silverlit’. We evaluated the allelopathic effects of malic acid, citric acid, hydroxybenzoic acid, cinnamic acid, ferulic acid, salicylic acid, and coumaric acid. Seeds and seedlings were treated with different concentrations of the seven organic acids and seed germination percentages, morphological indexes, and changes in protective enzyme systems of melon seedlings were determined. The results showed that the selected organic acids in the experiment affected seed germination and seedling growth to varying degrees. Different concentrations of the same organic acids had different effects. In general, lower concentrations of organic acids showed promoting effects, whereas higher concentrations inhibited seed germination and seedling growth. In some cases, the same concentration of different organic acids had different effects on the various germination and growth parameters. Malic acid

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD07B03);福建省博士后经费资助;福建农林大学园艺学院青年学术骨干培养基金资助(FAFU2012YYPY08)

收稿日期: 2012-04-27; **修订日期:** 2012-11-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wenxiong181@163.com

and citric acid increased the seed germination percentage and germination index. Hydroxybenzoic acid resulted in decreased seed germination percentage and germination index, while ferulic acid and coumaric acid showed a promoting effect on these parameters at low concentrations and an inhibitory effect at high concentrations. Cinnamic acid inhibited seed germination. Salicylic acid promoted seed germination at low concentrations and inhibited it at high concentrations. Seedlings treated with malic acid, ferulic acid, salicylic acid, and coumaric acid showed significantly lower fresh weight compared with the control. Seedlings treated with low concentrations of citric acid, hydroxybenzoic acid, and cinnamic acid showed increased fresh weight compared with the control, but showed lower fresh weight than the control when treated with high concentrations of these organic acids. Malic acid promoted radicle growth but inhibited hypocotyl growth. Hydroxybenzoic acid, citric acid, cinnamic acid, and salicylic acid inhibited radicle growth at low concentrations and inhibited hypocotyl growth at high concentrations. Coumaric acid and ferulic acid inhibited radicle growth and hypocotyl growth. At high concentrations, cinnamic acid showed the strongest inhibitory effect on seed germination and hypocotyl growth among the tested organic acids, suggesting that it may be one of the main allelochemicals of melon. The changes in the protective enzyme system were relatively complex. The activity of superoxide dismutase (SOD) decreased with increasing concentrations of hydroxybenzoic acid and salicylic acid. SOD activity increased in response to low concentrations of citric acid, ferulic acid, and coumaric acid, but decreased in response to higher concentrations of these acids. Cinnamic acid and malic acid treatments tended to cause a decrease in SOD activity. All of the tested organic acids significantly enhanced catalase activity, but the trends in catalase activity differed among the various organic acids. Peroxidase activity did not show a particular trend in response to organic acids. The malondialdehyde contents in melon seedlings treated with the seven organic acids were lower than that in control seedlings. These experimental results partly reveal the allelopathic effect of seven organic acid allelochemicals on melon and the mechanisms involved in the response to these compounds.

Key Words: *Cucumis melo* L.; organic acids allelochemicals; allelopathy

甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 是重要的园艺作物,栽培经济效益明显,目前我国已成为世界上甜瓜栽培面积、产量和消费量最大的国家^[1]。近年来,甜瓜生产的基地化和设施化不断发展,轮作和间套作变得越来越难以实施,连作重茬现象日益严重。甜瓜连作后生长发育不良、病虫害加剧、产量降低、品质劣变甚至绝收,这一情况随着连作茬数的增多而不断加重,严重影响其生产效益^[2-4]。

自毒作用是导致作物连作障碍的主要原因,植物通过向环境中释放化感物质对周围或后茬植物种子萌发和植株生长发育产生抑制作用的现象即为自毒作用。西瓜、甜瓜和黄瓜等瓜类作物的化感物质是其产生自毒作用的主要原因^[5-6],迄今发现的化感物质以有机酸、酚类和萜类化合物最为多见^[7]。有机酸尤其是酚酸类是最主要的一类化感物质,如水杨酸、苯甲酸、阿魏酸和苹果酸等最为常见^[8-10]。在对西瓜的研究中发现自毒作用的强弱与植株浸提液中酚酸类的浓度呈正相关^[10-11],研究并探讨化感物质的作用及其机理是克服瓜类连作障碍的重要途径之一。

目前关于甜瓜的自毒作用研究只局限于对其形态学指标变化的观察^[2-4],其深度远不及黄瓜等其他瓜类作物^[6,10-12],相较水稻^[12]等大田作物的研究而言更是有极大的差距。对化感物质的分离、鉴定及其作用机理的研究是自毒作用研究中的主要内容,由于甜瓜的化感物质分离和鉴定存在一定困难,迄今对于哪些物质在甜瓜自毒作用中起主要作用尚无确切结论。本实验以目前瓜类作物中已鉴定出的常见有机酸类化感物质为研究对象,探讨其对甜瓜的化感效应,为明确其作用机理和生产中克服甜瓜自毒作用提供参考。

1 材料与方法

1.1 植物材料

甜瓜 (*Cucumis melo* L.): 品种名称“新银辉”,种子购于福建农嘉种业股份有限公司。

1.2 化感物质溶液的配制

实验中选取的 7 种有机酸类化感物质分别为苹果酸、柠檬酸、对羟基苯甲酸、肉桂酸、阿魏酸、水杨酸和香豆酸,试剂均为分析纯,购于上海生工生物工程有限公司。各种有机酸先用适当溶剂溶解后,分别用无菌双蒸水稀释配制成 1×10^{-5} 、 1×10^{-4} 、 1×10^{-3} 、 1×10^{-2} mol/L 的浓度梯度备用。

1.3 甜瓜种子发芽、幼苗生长和相关保护酶活性的测定

挑选饱满且大小一致的甜瓜种子,室温下浸种 24h 后置于无菌培养皿($\Phi=9$ cm)中,培养皿中事先铺 2 层无菌滤纸,每皿均匀摆放 30 粒种子,分别添加不同浓度的各种有机酸类化感物质溶液 4 mL。试验选取 7 种有机酸类化感物质,4 个处理浓度梯度,共计 28 个组合,以无菌双蒸水处理作为对照。将培养皿放置在恒温箱中,25 ℃ 培养,每天补加适量无菌双蒸水,保持滤纸湿润,观测和记录种子萌发和幼苗生长情况。每 2d 更换 1 次滤纸并添加相应浓度的化感物质溶液;培养 2 周后测量胚根长、胚轴长、幼苗鲜重和保护酶活性指标。以连续 7 d 不再有新种子发芽作为试验结束的标记,计算发芽率。种子发芽标准为种子露白长度达到种子长度一半。种子数发芽指数(GI)= $\sum(Gt/Dt)$,式中 Gt 为播种后第 t 天的发芽数, Dt 为相应的发芽日数;保护酶活性测定方法参照文献^[14]进行,以植株第 2、3 片新鲜功能叶为材料。试验重复 3 次。

1.4 数据统计分析

数据处理采用 Excel 2003 进行;数据显著性分析利用 DPSv 9.50 软件进行。

2 结果与分析

2.1 7 种有机酸化感物质对甜瓜种子发芽的影响

7 种有机酸处理对甜瓜种子发芽率的影响见表 1,其中苹果酸和柠檬酸对发芽率基本表现为促进效应,对羟基苯甲酸抑制了发芽率,阿魏酸和香豆酸对发芽率的影响表现为低促高抑,但发芽率峰值出现的浓度不一致;肉桂酸和水杨酸处理没有表现出明显的规律性。在高浓度下(1×10^{-2} mol/L)对发芽率抑制最严重的是肉桂酸,比对照相下降了 35%,存在显著差异,其次是水杨酸和阿魏酸;对发芽率促进作用最强的是 1×10^{-3} mol/L 浓度的香豆酸,比对照增加了 7%,差异显著。

表 1 7 种有机酸类化感物质对甜瓜种子发芽率的影响/%

Table 1 Effects of seven kinds of organic acid allelochemicals on melon seed germination rate/%

有机酸种类 Kinds of organic acid	处理浓度 Treatment concentrations/(mol/L)				
	0	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-2}
苹果酸 Malic acid	89 b	92 b	88 b	96 a	92 b
柠檬酸 Citric acid	89 b	96 a	84 c	96 a	96 a
对羟基苯甲酸 4-Hydroxybenzoic acid	89 a	84 b	84 b	88 a	88 a
肉桂酸 Cinnamic acid	89 b	92 a	84 b	88 b	54 c
阿魏酸 Ferulic acid	89 b	96 a	94 a	92 b	84 c
水杨酸 Salicylic acid	89 b	96 a	88 b	92 b	80 c
香豆酸 Coumaric acid	89 b	96 a	96 a	98 a	86 b

不同字母代表 $p=0.05$ 水平下的差异显著

由表 2 可知,苹果酸和柠檬酸对甜瓜种子的发芽指数基本表现为促进作用,仅苹果酸在 1×10^{-4} mol/L 浓度时发芽指数低于对照, 1×10^{-5} mol/L 浓度的柠檬酸对发芽指数的促进作用在所有处理中最强,较对照高出 10.32%。肉桂酸和对羟基苯甲酸明显抑制了发芽指数,抑制程度随处理浓度增加而加强,其中肉桂酸的抑制作用最强,在 1×10^{-2} mol/L 浓度下比对照降低了 78.9%,存在显著差异。阿魏酸、水杨酸和香豆酸对发芽指数影响均表现为低促高抑效应,均在 1×10^{-5} mol/L 浓度时达到峰值,此后逐步下降,且低于对照,阿魏酸在高浓度下的抑制效应仅次于肉桂酸。

2.2 7 种有机酸类化感物质对甜瓜幼苗生长的影响

由表 3 可知,苹果酸、阿魏酸、水杨酸和香豆酸均抑制了甜瓜幼苗鲜重的增加,其中水杨酸和香豆酸随处

理浓度提高抑制程度不断加深,在 1×10^{-2} mol/L 浓度下二者分别比对照降低了 66.5% 和 50.7%,均达到了显著差异水平。柠檬酸、对羟基苯甲酸和肉桂酸对幼苗鲜重表现为低促高抑效应,但鲜重峰值出现时的浓度略有差异,其中柠檬酸在浓度为 1×10^{-4} mol/L 时对幼苗鲜重的促进效应是实验中所有处理中最强的,较对照高出 21.42%,肉桂酸在浓度为 1×10^{-2} mol/L 时抑制效应最强,较对照下降了 72.2%。实验中 7 种有机酸处理只有苹果酸可以促进甜瓜幼苗胚根生长,随处理浓度的增加其促进效应不断增强,在 1×10^{-2} mol/L 浓度时促进效应是实验所有处理中最强的,比对照高出 45.10%。 1×10^{-2} mol/L 浓度的阿魏酸在所有处理中抑制作用最强,比对照下降了 96.9%;对羟基苯甲酸、肉桂酸、水杨酸和香豆酸基本上随处理浓度的增加抑制程度不断加强。

表 2 7 种有机酸类化感物质对甜瓜种子发芽指数的影响

Table 2 Effects of seven kinds of organic acid allelochemicals on melon seed germination index

有机酸种类 Kinds of organic acid	处理浓度 Treatment concentrations/(mol/L)				
	0	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-2}
苹果酸 Malic acid	10.79 b	11.80 a	10.23 b	12.14 a	11.62 a
柠檬酸 Citric acid	10.79 b	12.01 a	10.96 b	11.92 a	11.66 a
对羟基苯甲酸 4-Hydroxybenzoic acid	10.79 a	10.46 a	10.13 a	10.29 a	7.47 b
肉桂酸 Cinnamic acid	10.79 a	9.15 b	6.46 b	4.06 c	2.27 d
阿魏酸 Ferulic acid	10.79 a	10.84 a	10.64 a	5.60 b	3.98 c
水杨酸 Salicylic acid	10.79 a	11.10 a	10.16 a	7.98 b	5.48 c
香豆酸 Coumaric acid	10.79 a	11.17 a	9.09 b	5.85 c	5.89 c

表 3 7 种有机酸类化感物质对甜瓜幼苗生长情况的影响

Table 3 Effects of seven kinds of organic acid allelochemicals on melon seedling growth

有机酸种类 Kinds of organic acid	形态指标 Morphological indexes	处理浓度 Treatment concentrations/(mol/L)				
		0	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-2}
苹果酸 Malic acid	鲜重 Fresh weight/g	5.93 a	5.23 a	5.77 a	5.66 a	4.83 b
	胚根长 Radicle length/cm	6.23 b	6.80 b	6.87 b	9.04 a	6.66 b
	胚轴长 Hypocotyl length/cm	4.54 a	3.15 b	3.37 b	3.48 b	2.85 b
柠檬酸 Citric acid	鲜重 Fresh weight/g	5.93 b	6.29 b	7.20 a	5.27 b	4.13 c
	胚根长 Radicle length/cm	6.23 a	6.14 a	5.29 b	6.08 a	4.13 c
	胚轴长 Hypocotyl length/cm	4.54 a	4.64 a	4.82 a	3.39 b	2.77 c
对羟基苯甲酸 4-Hydroxybenzoic acid	鲜重 Fresh weight/g	5.93 a	6.94 a	6.49 a	4.26 b	3.47 b
	胚根长 Radicle length/cm	6.23 a	6.13 a	5.93 a	5.75 a	2.02 b
	胚轴长 Hypocotyl length/cm	4.54 a	5.78 a	4.93 a	2.50 b	2.32 b
肉桂酸 Cinnamic acid	鲜重 Fresh weight/g	5.93 a	6.48 a	6.34 a	2.72 b	1.65 c
	胚根长 Radicle length/cm	6.23 a	5.98 a	5.49 a	2.74 b	0.46 c
	胚轴长 Hypocotyl length/cm	4.54 a	4.87 a	4.04 a	1.51 b	0.78 c
阿魏酸 Ferulic acid	鲜重 Fresh weight/g	5.93 a	4.78 a	4.93 a	4.16 b	2.07 c
	胚根长 Radicle length/cm	6.23 a	4.89 b	5.22 b	3.68 b	0.19 c
	胚轴长 Hypocotyl length/cm	4.54 a	3.31 b	3.30 b	2.39 b	1.25 c
水杨酸 Salicylic acid	鲜重 Fresh weight/g	5.93 a	5.60 a	5.12 a	4.77 b	2.92 c
	胚根长 Radicle length/cm	6.23 a	4.19 b	2.15 c	0.91 d	0.68 d
	胚轴长 Hypocotyl length/cm	4.54 a	4.81 a	4.42 a	3.44 b	2.33 b
香豆酸 Coumaric acid	鲜重 Fresh weight/g	5.93 a	4.86 b	3.04 c	1.96 d	1.99 d
	胚根长 Radicle length/cm	6.23 a	5.51 b	6.57 a	3.37 c	0.81 d
	胚轴长 Hypocotyl length/cm	4.54 a	3.31 b	2.54 c	1.09 d	1.27 d

7 种有机酸高浓度处理情况下甜瓜幼苗胚轴的生长几乎均被抑制了(表 3),其中苹果酸所有处理浓度均

可抑制胚轴生长,柠檬酸、对羟基苯甲酸、肉桂酸和水杨酸处理对胚轴的生长表现出明显的低促高抑效应, 1×10^{-5} mol/L 的对羟基苯甲酸处理促进效应最强,比对照高出 27.31%。阿魏酸和香豆酸处理的抑制作用基本上随处理浓度的升高而不断增强。 1×10^{-2} mol/L 浓度的肉桂酸抑制作用在 7 种有机酸中最强,比对照下降了 82.8%,存在显著差异。

2.3 7 种有机酸类化感物质对甜瓜幼苗保护酶活性的影响

7 种有机酸处理对甜瓜幼苗体内保护酶活性的影响见表 4。苹果酸和肉桂酸处理后超氧化物歧化酶(SOD)活性均低于对照,但其变化趋势没有明显规律性;对羟基苯甲酸和水杨酸处理后 SOD 活性大致随处理浓度增加而逐步下降,但在低浓度下抑制作用不明显,只有浓度达到或超过 1×10^{-3} mol/L 时才表现出显著性抑制。柠檬酸、阿魏酸和香豆酸对 SOD 活性基本表现为低促高抑效应,高浓度阿魏酸对 SOD 活性的抑制作用是实验中最强的,在 1×10^{-2} mol/L 浓度时 SOD 活性无法检出。有机酸处理后过氧化物酶(POD)的活性变化较为复杂。苹果酸和水杨酸随处理浓度升高呈现出升-降-升趋势;柠檬酸、肉桂酸和阿魏酸表现出先降后升趋势;对羟基苯甲酸则为降-升-降趋势,且各处理间 POD 活性波动幅度极大;香豆酸对 POD 活性的影响不明显。7 种有机酸在高浓度处理条件下均显著增强了甜瓜幼苗体内过氧化氢酶(CAT)活性,但 CAT 活性出现峰值时的处理浓度不一致,苹果酸、肉桂酸和香豆酸为 1×10^{-3} mol/L,柠檬酸、对羟基苯甲酸、阿魏酸和水杨酸为 1×10^{-2} mol/L 时。除苹果酸外其余 6 种有机酸在低浓度条件下 CAT 活性增幅不大,当处理浓度达到或超过 1×10^{-3} mol/L 时 CAT 活性开始大幅上升,其中肉桂酸的增幅最大,为对照的 273.69%。

表 4 7 种有机酸类化感物质对甜瓜幼苗保护酶活性的影响

Table 4 Effects of seven kinds of organic acid allelochemicals on defensive enzymes activity of melon seedlings

有机酸种类 Kinds of organic acid	保护酶种类 kinds of defensive enzyme	处理浓度 Treatment concentrations/(mol/L)				
		0	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-2}
苹果酸 Malic acid	SOD	282 a	208 c	258 b	144 d	250 b
	POD	138.6 c	163.2 a	146.8 b	158.9 a	163.0 a
	CAT	3.46 c	5.53 b	4.57 b	6.67 a	4.97 b
柠檬酸 Citric acid	SOD	282 b	310 a	328 a	240 c	158 d
	POD	138.6 a	125.1 b	115.4 c	139.9 a	145.9 a
	CAT	3.46 b	3.94 b	3.18 c	4.75 a	5.08 a
对羟基苯甲酸 4-Hydroxybenzoic acid	SOD	282 a	283 a	274 a	186 c	208 b
	POD	138.6 a	81.0 d	104.9 c	146.7 a	130.0 b
	CAT	3.46 c	3.84 c	3.92 c	4.71 b	6.23 a
肉桂酸 Cinnamic acid	SOD	282 a	250 b	267 a	164 c	219 b
	POD	138.6 a	103.5 c	122.5 b	122.2 b	141.9 a
	CAT	3.46 c	4.09 b	4.41 b	9.47 a	9.27 a
阿魏酸 Ferulic acid	SOD	282 b	316 a	229 b	125 c	0 d
	POD	138.6 a	128.2 b	120.9 b	95.7 c	142.0 a
	CAT	3.46 d	4.36 c	3.63 d	6.05 b	9.61 a
水杨酸 Salicylic acid	SOD	282 a	279 a	260 a	261 a	221 b
	POD	138.6 a	149.8 a	147.4 a	121.6 b	146.1 a
	CAT	3.46 d	2.70 d	4.31 c	5.46 b	8.32 a
香豆酸 Coumaric acid	SOD	282 a	303 a	264 b	206 c	230 b
	POD	138.6 a	141.4 a	136.8 a	144.6 a	143.5 a
	CAT	3.46 b	3.63 b	3.83 b	9.47 a	9.03 a

SOD 活性单位 U/ μ g 鲜重;POD 活性单位 $\Delta 470$ g⁻¹ 鲜重 min⁻¹;CAT 活性单位 mg H₂O₂ g⁻¹ 鲜重 min⁻¹

2.3 7 种有机酸类化感物质对甜瓜幼苗丙二醛含量的影响

7 种有机酸处理后甜瓜幼苗体内丙二醛(MDA)含量变化较为复杂(表 5)。苹果酸处理甜瓜幼苗体内

MDA 含量均低于对照。柠檬酸和阿魏酸处理除最高浓度外 MDA 含量均显著性低于对照。对羟基苯甲酸和水杨酸处理均在 1×10^{-5} mol/L 时出现了一个略高于对照的峰值,其他浓度均显著性低于对照。肉桂酸和香豆酸处理后所有浓度均低于对照。总体而言 7 种有机酸中只有 5 个处理组合的 MDA 含量高于对照,仅占所有处理组合的 17.85%。

表 5 7 种有机酸类化感物质对甜瓜幼苗 MDA 含量的影响/($\mu\text{mol/g}$ 鲜重)

Table 5 Effects of seven kinds of organic acid allelochemicals on MDA content of melon seedlings/($\mu\text{mol/g}$ FW)

有机酸种类 Kinds of organic acid	处理浓度 Treatment concentrations/(mol/L)				
	0	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-2}
苹果酸 Malic acid	5.20 a	3.86 c	4.68 b	2.69 d	2.87 d
柠檬酸 Citric acid	5.20 b	3.69 c	3.59 c	3.04 d	8.36 a
对羟基苯甲酸 4-Hydroxybenzoic acid	5.20 a	5.37 a	3.88 b	2.95 c	2.53 d
肉桂酸 Cinnamic acid	5.20 a	1.79 c	1.64 c	1.74 c	3.35 b
阿魏酸 Ferulic acid	5.20 b	3.39 c	3.17 c	3.49 c	7.77 a
水杨酸 Salicylic acid	5.20 a	5.56 a	4.22 b	2.31 c	2.63 c
香豆酸 Coumaric acid	5.20 a	2.53 b	2.87 b	2.64 b	4.91 a

3 讨论

3.1 有机酸类化感物质对甜瓜种子发芽的影响

试验中 7 种有机酸类化感物质均能影响甜瓜种子发芽和幼苗生长情况,这种影响与化感物质类型和处理浓度密切相关。低浓度下有机酸类化感物质可表现出抑制或促进作用,但高浓度下则几乎均表现为抑制作用,只是抑制程度不同,这和前人的研究结果类似^[15-17]。种子萌发过程中的各种参数是衡量化感效应的最常用指标^[18],植株生物量和形态学指标也被广泛采用^[19]。种子发芽被抑制可以分为种子不发芽和种子延迟发芽两种情况,采用种子发芽率来衡量不同物质的化感效应显然无法很好的反应后一种抑制情况,田间栽培情况下发芽迟缓的种子在竞争中无疑处于劣势地位,即使最终能够发芽也往往生长羸弱,难以形成壮苗。实验中甜瓜种子发芽率受到的影响较小,而发芽指数的变化更为敏感,采用种子发芽指数指标可以更好的反应不同有机酸物质的化感效应。

3.2 有机酸类化感物质对甜瓜幼苗生长的影响

同一化感物质处理甜瓜幼苗后鲜重和胚轴长变化趋势类似,幼苗胚轴部分在鲜重中所占比例较大可能是其原因之一。高浓度处理下胚根长指标的变化幅度更大,说明有机酸类化感物质对胚根的影响更显著,这与其他研究者利用不同植物获得的结果类似^[15,17,19]。在植株生长期间,化感物质要发挥作用首先要被植株吸收,根系是首先被影响到的植物器官,其受到的影响也会较其他部分更加显著。抑制胚轴过快生长的同时促进胚根生长无疑会进一步增加植株的根冠比,这对于甜瓜培育壮苗,抑制徒长是极为有利的,实验中苹果酸对甜瓜种子发芽率和发芽指数的持续促进作用可能与此有关。同样,在低浓度处理条件下肉桂酸、阿魏酸和香豆酸的这一比值也基本高于对照,当处理浓度进一步上升时,胚根生长被严重抑制,这一比值大幅下降,这一规律和三者对发芽率和发芽指数的低促高抑效应相吻合。上述这些化感物质,采用合适的浓度添加到育苗基质中,对于培育甜瓜壮苗进而提高幼苗对不良环境的抵抗能力是否有益是值得进一步探讨的问题。

由发芽指标和幼苗生长的相关形态指标可以看出,有机酸类化感物质对甜瓜的化感效应基本符合低促高抑规律,按照其变化规律的相似程度可分为 3 组。肉桂酸、阿魏酸和香豆酸均属于苯丙烯酸衍生物,化学结构的类似性可能是三者处理后对甜瓜种子发芽率和发芽指数均表现为低促高抑效应的原因。苹果酸和柠檬酸均是植物三羧酸循环的重要物质,三羧酸循环是植物糖类、脂类和氨基酸代谢联系的枢纽和最终代谢通路,也是产生能量的重要途径。种子由休眠状态进入此后的萌发过程和幼苗生长过程期间各种代谢由开始的几乎停滞到不断活跃^[20],苹果酸和柠檬酸可能促进并广泛参与了这一过程,导致甜瓜种子发芽率和发芽指数上升。水杨酸处理对发芽率和发芽指数也表现低促高抑效应,对羟基苯甲酸处理则表现为抑制,二者化学结构类似,

但表现略有差异,其原因值得进一步深入研究。

3.3 有机酸类化感物质对甜瓜植株保护酶系统和 MDA 含量的影响

植株受到外来胁迫时通常会调动保护酶活性,增强其清除氧自由基的能力,保持细胞膜的稳定性,抵抗外界胁迫的不良影响。甜瓜幼苗体内 SOD 活性在 7 种有机酸类化感物质处理后整体呈下降趋势,这可能说明有机酸类化感物质会通过抑制其酶活性进而加重氧自由基对植物的危害。在对西瓜的研究中也有类似的结论,肉桂酸处理后的西瓜体内 SOD 活性也表现为下降趋势^[21]。POD 通常在老化组织中活性较高,是组织老化的一个重要生理指标,实验中随着胁迫浓度的增加植株生长受到的抑制作用越来越明显,组织老化程度不断加深,POD 活性大多表现为持续升高。CAT 活性在 7 种有机酸类化感物质处理后全部升高,且活性峰值大多出现在高浓度处理下条件,增加幅度均达到显著水平,这种大幅上升可能说明实验中选取的有机酸类化感物质对甜瓜的化感效应和其体内的过氧化氢水平相关程度较高。有机酸类化感物质对植物保护酶活性的影响较为复杂,不同研究结果间差异较大,如研究表明香草酸和对羟基苯甲酸处理可以使新疆甜瓜体内 SOD、POD 和 CAT 活性均上升^[22];高浓度肉桂酸处理使西瓜体内 SOD 活性降低,POD 活性升高^[21];抗坏血酸处理后蚕豆的 POD 活性下降了^[23]。这意味着对于不同植物种类即使是相同的化感物质在同样处理浓度条件下也会产生差异极大的影响,对其活性氧代谢系统各相关指标进行综合分析才有可能得出合理的结论。

MDA 含量高低常用来衡量膜系统的伤害程度,实验中 7 种有机酸处理后甜瓜体内 MDA 含量大多低于对照,上述保护酶活性的变化可能是其原因之一。化感物质处理后保护酶活性的升高使得植株体内活性氧的清除能力增加,膜脂过氧化程度整体呈下降趋势。在不同的研究中化感物质对植株体内 MDA 含量变化产生的影响差异较大,这一方面可能是由于研究者采用的植物材料不同所致,另一方面 MDA 只是膜脂过氧化产物之一,单一根据其含量变化来衡量化感效应的强弱不够全面。化感物质可以通过对植物各种生理生化代谢过程的全方位影响而发挥作用,对于保护酶系统的影响只是其中的一部分,还可以通过影响水分代谢、矿质元素的吸收和光合作用等其他方面最终对植物的生长发育产生影响,同样植物也可以通过除保护酶系统外的其他途径缓解化感抑制作用,这是一个错综复杂的调控体系,单一通过研究保护酶系统的变化尚不足以解释这一复杂的情况,需要对化感物质处理后植物的各种代谢途径变化做深入研究才可能进一步明确其作用机理。

4 结论

苹果酸、柠檬酸、对羟基苯甲酸、肉桂酸、阿魏酸、水杨酸和香豆酸等 7 种有机酸类化感物质均能影响甜瓜种子发芽和幼苗的生长。低浓度的不同种类有机酸化感物质产生的作用不同,但高浓度下则几乎均表现为抑制效应。肉桂酸的抑制效应最强,可能是甜瓜的主要化感物质。有机酸化感物质处理后通过种子发芽率受到的影响较小,发芽指数变化更为敏感,采用发芽指数可以更好的衡量不同物质的化感效应。不同有机酸处理后甜瓜幼苗体内 SOD 和 POD 活性的变化规律不明显,CAT 活性均随处理浓度增加而增强,有机酸类物质对甜瓜的化感效应可能和其体内的过氧化氢水平有较高的相关性。

References:

- [1] Bie Z L. Situation and development strategy of grafted nursery industry of watermelon and muskmelon in China. *China Cucurbits And Vegetables*, 2011, 24(2): 68-71.
- [2] Wen L. Continuous cropping obstacle and control measures in melon protected cultivation. *Northern Horticulture*, 2007, (7): 122.
- [3] Zhuang J H, Yang C C, Gao Z G, Tang S, Zheng Y N, Wei H L. Simulation of allelopathy of melon under continuous cropping. *Plant Protection*, 2008, 34(5): 137-139.
- [4] Cheng Y, Bai S F, Zhuang J H, Gao Z G, Liu Z H. Promotive effects of muskmelon survival on *Fusarium Wilt*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(8): 217-221.
- [5] Yu J Q; Du Y S. Soil-sickness Problem in the sustainable development for the protected production of vegetables. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2000, 31(1): 124-126.
- [6] Hao, Z P, Wang, Q, Christie, P, Li X L. Allelopathic potential of watermelon tissues and root exudates. *Scientia Horticulturae*, 2007, 112(3): 315-320.

- [7] Rice E L. Allelopathy(Second Edition). Orlando: Academic Press Inc, 1984: 5-7
- [8] Uddin M R, Li X, Won O J, Park S U, Pyon J Y. Herbicidal activity of phenolic compounds from hairy root cultures of *Fagopyrum tataricum*. *Weed Research*, 2012, 52(1): 25-33.
- [9] Bezuidenhout S R, Reinhardt C F, Whitwell M I. Cover crops of oats, stooling rye and three annual ryegrass cultivars influence maize and *Cyperus esculentus* growth. *Weed Research*, 2012, 52(2): 153-160.
- [10] Chen S L, Zhou B L, Lin S S, Li X Y, Xue L. Accumulation of cinnamic acid and vanillin in eggplant root exudates and the relationship with continuous cropping obstacle. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10(14): 2659-2665.
- [11] Yu J Q, Shou S Y, Qian Y R, Zhu Z J, Hu W H. Autotoxic potential of cucurbit crops. *Plant and Soil*, 2000, 223 (1/2): 147-151.
- [12] Wang Q. The autotoxicity and mechanism of phenolic acids effects in watermelon(*Citrullus lanatus* Thunb.) monoculture problem. Beijing: China Agriculture University, 2002.
- [13] Lin W X, He H B, Xiong J, Shen L H, Wu M H, Lin R Y, He H Q. Advances in the investigation of rice allelopathy and its molecular ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2687-2694.
- [14] Li H S. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment. BeiJing: Higher Education Press, 2000:142-187.
- [15] Ghareib H R, Abdelhamed M S, Ibrahim O H. Antioxidative effects of the acetone fraction and vanillic acid from chenopodium murale on tomato plants. *Weed Biology and Management*, 2010, 10(1): 64-72.
- [16] Chen S L, Zhou B L, Lin S S. Accumulation of cinnamic acid and vanillin in eggplant root exudates and the relationship with continuous cropping obstacle. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10(14): 2659-2665.
- [17] Ahrabi F, Enteshari S, Moradshahi A. Allelopathic potential of para-hydroxybenzoic acid and coumarin on canola; Talaieh cultivar. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2011, 5(20): 5104-5109.
- [18] Philippe S, Craig C S, Michael A S, Michael P R, Gyles W R, Paul R P, Tom R H, Steve R Q, Doug R S. Alfalfa Autotoxicity: effects of reseeding delay, original stand age, and cultivar. *Agronomy Journal*, 2002, 94(4): 775-781.
- [19] Hesammi E. Effect of allelopathic weeds on characteristics seed growth in maize (*Zea mays* L). *Advances in environmental biology*, 2012, 6(1): 297-301.
- [20] Shahldul I. Physiological and biochemical variations in seed germination of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars. *American Journal of Plant Physiology*, 2010, 5(1): 22-30.
- [21] Sun H J, Wang Q. Effect of benzoic acid and cinnamic acid on watermelon seeding root cell protective enzymes and membrane permeability. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2007, 16(6): 142-145.
- [22] Xu S L, Chen Q Y, Chen X Q, Li S H, Gao J S. Effects of phenolic acids on growth and activities of membrane protective enzymes of muskmelon grafted on black-seed pumpkin. *Journal of Fruit Science*, 2004, 21(5): 451-455.
- [23] Niakan M, Mazandrani N. Allelopathic effects of ascorbic acid and canola on germination and antioxidant enzyme activity in soybean seedlings. *Allelopathy Journal*, 2009, 24(2): 283-290.

参考文献:

- [1] 别之龙. 我国西瓜甜瓜嫁接育苗产业发展现状和对策. *中国瓜菜*, 2011, 24(2): 68-71.
- [2] 温玲. 甜瓜设施栽培土壤连作障碍及防治措施. *北方园艺*, 2007(7): 122.
- [3] 庄敬华, 杨长成, 高增贵, 唐树戈, 郑雅楠, 魏汉莲. 连作对甜瓜化感作用的模拟试验. *植物保护*, 2008, 34(5): 137-139.
- [4] 程莹, 白寿发, 庄敬华, 高增贵, 刘志恒. 甜瓜残茬腐解物对镰孢枯萎病的助长作用. *中国农学通报*, 2011, 27(8): 217-221.
- [5] 喻景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题. *沈阳农业大学学报*, 2000, 31(1): 124-126.
- [12] 王倩. 西瓜连作障碍中的自毒作用及酚酸类物质作用机理的研究. 北京: 中国农业大学, 2002.
- [13] 林文雄, 何海斌, 熊君, 沈荔花, 吴敏鸿, 林瑞余, 何华勤, 梁义元, 李兆伟, 陈婷. 水稻化感作用及其分子生态学研究进展. *生态学报*, 2006, 26(8): 2687-2694.
- [14] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000:142-187.
- [21] 孙会军, 王倩. 苯甲酸、肉桂酸对西瓜根细胞保护酶及膜透性的影响. *西北农业学报*, 2007, 16(6): 142-145.
- [22] 徐胜利, 陈青云, 陈小青, 李绍华, 高疆生. 酚酸类物质对嫁接伽师瓜植株生长及保护酶活性的影响. *果树学报*, 2004, 21(5): 451-455.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 15 Aug. ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- A review on the application of remote sensing in mangrove ecosystem monitoring SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, GUO Wenyong, et al (4523)
- Urban metabolism process based on emergy synthesis: Theory and method LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin (4539)
- Theoretical considerations on ecological civilization development and assessment ZHAO Jingzhu (4552)

Autecology & Fundamentals

- Assemblage composition and distribution of meiobenthos in the Yangtze Estuary and its adjacent waters in autumn-winter season Yu Tingting, XU Kuidong (4556)
- Ecological distribution and nutrient limitation of phytoplankton in adjacent sea of Guanhe Estuary in spring FANG Tao, HE Xinran, FENG Zhihua, et al (4567)
- The distribution of urea concentrations and urease activities in the coastal waters of Hainan Island during the spring HUANG Kaixuan, ZHANG Yun, OU Linjian, et al (4575)
- Effects of simulated acid rain on growth and bleeding sap amount of root in *Quercus mongolica* LIANG Xiaoqin, LIU Jian, DING Wenjuan, et al (4583)
- Allelopathic effects of organic acid allelochemicals on melon ZHANG Zhizhong, SUN Zhihao, CHEN Wenhui, et al (4591)
- Fraction changes of oxidation organic carbon in paddy soil and its correlation with CH₄ emission fluxes WU Jiamei, JI Xionghui, HUO Lianjie, et al (4599)
- Changes of soil nitrogen types and nitrate accumulation in vegetables with single or multiple application of dicyandiamide WANG Huangping, ZHANG Qing, WENG Boqi, et al (4608)
- Comparison of isolation rate of mycobacteriophage in the different type soils XU Fengyu, SU Shengbing, MA Hongxia, et al (4616)
- Effects of different acidity acid rain on yield, protein and starch content and components in two wheat cultivars BIAN Yajiao, HUANG Jie, SUN Qisong, et al (4623)
- The causes of *Gentiana straminea* Maxim. seeds dormancy and the methods for its breaking LI Bingbing, WEI Xiaohong, XU Yan (4631)
- Physiological responses of four golden-leaf trees to SO₂ stress CHONG Peifang, SU Shiping (4639)
- Influence of endosulfan and its metabolites on enzyme activities in purple soil XIONG Bailian, ZHANG Jinzhong, DAI Juan, et al (4649)

Population, Community and Ecosystem

- Seasonal dynamics of food web energy pathways at the community-level XU Jun, ZHOU Qiong, WEN Zhourui, et al (4658)
- Population dynamics of *Niviventer confucianus* in Thousand Island Lake ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (4665)
- Soil ecological stoichiometry under different vegetation area on loess hilly-gully region ZHU Qiulian, XING Xiaoyi, ZHANG Hong, et al (4674)
- Adaptation strategies of reproduction of plant community in response to grassland degradation and artificial restoration LI Yuanyuan, DONG Shikui, ZHU Lei, et al (4683)
- Effect of different *Cunninghamia lanceolata* plantation soil qualities on soil microbial community structure LIU Li, XU Mingkai, WANG Silong, et al (4692)
- Effects of different maize hybrids (inbreds) on the growth, development and population dynamics of *Rhopalosiphum maidis* Fitch ZHAO Man, GUO Xianru, LI Weizheng, et al (4707)
- Effects of forest canopy structure on understory vegetation characteristics of Funiu Mountain Nature Reserve LU Xunling, DING Shengyan, YOU Li, et al (4715)

- Influence of restoring cropland to grassland on dung beetle assemblages in Wuchuan County, Inner Mongolia, China LIU Wei, MEN Lina, LIU Xinmin (4724)
- Cu and nutrient deficiency on different effects of growth, tolerance and mineral elements accumulation between two *Elsholtzia haichouensis* populations KE Wenshan, CHEN Shijian, XIONG Zhiting, et al (4737)
- Measurement and retrieval of leaf area index using remote sensing data in Kanas National Nature Reserve, Xinjiang ZAN Mei, LI Dengqiu, JU Weimin, et al (4744)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- An spatial ecosystem services approach based on LUCC: a case study of Ganzhou district of Zhangye City LIANG Youjia, XU Zhongmin, ZHONG Fanglei, et al (4758)
- Spatiotemporal characteristics of *Spartina alterniflora* marsh change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities ZHANG Huabing, LIU Hongyu, Hou Minghang (4767)
- Process analysis and evaluation of wetlands degradation based on PCA in the lakeside of Napahai, Northwest Yunnan Plateau SHANG Wen, YANG Yongxing, HAN Dayong (4776)
- On eco-security evaluation in the Tumen River region based on RS&GIS NAN Ying, JI Zhe, FENG Hengdong, et al (4790)
- Evaluation and simulation of historical range of variability of forest landscape pattern in Huzhong area WU Zhifeng, LI Yuehui, BU Rencang, et al (4799)
- Effects of precipitation timing on aboveground net primary productivity in inner mongolia temperate steppe GUO Qun, HU Zhongmin, LI Xuanran, et al (4808)
- Research Notes**
- Litter production and decomposition of different forest ecosystems and their relations to environmental factors in different climatic zones of mid and eastern China WANG Jianjian, WANG Yongji, LAI Liming, et al (4818)

《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 赵景柱

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 15 期 (2013 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 15 (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	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
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



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